

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

LUIZA RODEGHERI JACONDINO

TANINO E TOCOFEROL DIETÉTICOS SOBRE
DESEMPENHO, PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA E QUALIDADE DA CARNE E
CARÇA DE CORDEIROS

Porto Alegre

2021

LUIZA RODEGHERI JACONDINO

**TANINO E TOCOFEROL DIETÉTICOS SOBRE
DESEMPENHO, PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA E QUALIDADE DA CARNE E
CARÇA DE CORDEIROS**

Dissertação apresentada como requisito para
obtenção do Grau de Mestre em Zootecnia,
na Faculdade de Agronomia, da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Cesar Henrique Espírito Candal Poli

Coorientadora: Raquel Fraga e Silva Raimondo

Porto Alegre

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Jacondino, Luiza Rodegheri
Tanino e tocoferol dietéticos sobre desempenho,
peroxidação lipídica e qualidade da carne e carcaça de
cordeiros / Luiza Rodegheri Jacondino. -- 2021.
77 f.

Orientador: Cesar Henrique Espírito Candal Poli.

Coorientadora: Raquel Fraga e Silva Raimondo.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Compostos fenólicos . 2. Vitamina E. 3.
Estabilidade oxidativa. 4. Vida de prateleira . 5.
Ovinos. I. Poli, Cesar Henrique Espírito Candal,
orient. II. Raimondo, Raquel Fraga e Silva, coorient.
III. Título.

Luiza Rodegheri Jacondino
Médica Veterinária

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovada em: 30.03.21
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 05/05/2021
Por



CESAR HENRIQUE ESPÍRITO CANDAL POLI
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



DANILO PEDRO STREIT JR.
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



Renius Mello
UFSM



Marta Lizandra Leal
UFSM



Gladis Corrêa
UNIPAMPA



CARLOS ALBERTO BISSANI
Diretor da Faculdade de Agronomia

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família: ao meu pai Luiz Antônio Ribeiro Jacondino, que é a minha maior inspiração; à minha mãe, Mariléa Rodegheri (*in memoriam*), que é a dona do meu sorriso e sempre me iluminará; e ao meu irmão Guilherme Rodegheri Jacondino, obrigada por estarem sempre comigo, vocês são a força para seguir sempre em frente.

Ao Maurício Ataíde, pelo companheirismo e apoio incondicional, e a toda sua família, por todo o incentivo em mais essa etapa.

Ao meu orientador Cesar Poli e a minha coorientadora Raquel Raimondo pela dedicação, confiança, amizade e estímulo.

Aos integrantes do Centro de Ensino e Pesquisa em Ovinocultura (CEPOV) com quem tive o prazer de conviver durante essa jornada: Jalise, Joseane, Lívia, Andressa, Marina, Juliano, Fernando, Aline, Henrique, e a todos os estagiários.

Às professoras Beatriz Riet Corrêa e Enefer Orbest e a todos os integrantes no Núcleo RuminAção.

À Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) Campus Dom Pedrito, em especial a professora Gladis Corrêa e todos os membros do Núcleo de Pesquisa em Pequenos Ruminantes (NUPPER), sem vocês esse projeto não seria possível.

A Nathália por me acolher e que, juntamente com a Betina, fizeram eu me sentir em casa em Dom Pedrito e me ajudaram a levar tudo de forma mais leve.

À Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), pelo acesso ao Núcleo Integrado de Desenvolvimento em Análises Laboratoriais (NIDAL), ao Laboratório de Bromatologia e Nutrição de Ruminantes (LABRÚMEN) e ao Hospital Veterinário Univer-sitário (HVU). Com especial agradecimento a Sabrina por todo o auxílio no HPLC, a Taís pela ajuda no TBARS, aos professores Gilberto Kozloski e Renius Mello e as professoras Cinthia Melazzo e Marta Lizandra Leal.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, pelo ensino gratuito e de qualidade; ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos de Mestrado.

“Digo: o real não está na saída nem na chegada:
ele se dispõe pra gente é no meio da travessia.”

João Guimarães Rosa

TANINO E TOCOFEROL DIETÉTICOS SOBRE DESEMPENHO, PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA E QUALIDADE DA CARNE E CARÇAÇA DE CORDEIROS

Autora: Luiza Rodegheri Jacondino

Orientador: Cesar Henrique Espírito Candal Poli

Coorientadora: Raquel Fraga e Silva Raimondo

Resumo: Objetivou-se avaliar com o presente estudo os efeitos da suplementação de dietas de cordeiros com α -tocoferol, extrato taninífero de *Acácia negra* (*Acacia mearnsii*) e a associação desses dois antioxidantes sobre o desempenho produtivo, oxidação lipídica sérica e qualidade da carne e carcaça. Foram utilizados 40 cordeiros, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos, alimentados durante 62 dias com: 1) Controle - dieta base sem adição de antioxidante; 2) Tocoferol - dieta controle com α -tocoferol (400 mg/kg de MS); 3) Tanino - dieta controle com extrato taninífero de *Acácia negra* (4% MS da dieta) e 4) Tanino + tocoferol - dieta controle com α -tocoferol e extrato taninífero de *Acácia negra*, nas mesmas quantidades dos tratamentos anteriores. O consumo diário foi mensurado pela manhã e pela tarde e pesou-se os animais a cada 14 dias. Durante o período experimental foram realizadas 5 coletas de sangue para avaliação da peroxidação lipídica. Os cordeiros foram destinados ao abate com peso vivo médio final de $30,22 \pm 3,83$ kg. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0.05$) nas variáveis de desempenho animal: peso vivo inicial, ganho médio diário e eficiência alimentar. A inclusão de taninos de *Acacia mearnsii* em ambas as dietas (tratamentos 3 e 4) reduziu o peso de carcaça fria ($P < 0.05$) e também houve uma tendência do consumo de matéria seca, do peso vivo final e da espessura de gordura subcutânea serem menores nesses tratamentos ($P = 0.0727$, $P = 0.0637$ e $P = 0.0587$, respectivamente). O estado de engorduramento da carcaça foi menor no tratamento tanino ($P < 0.05$), que também apresentou tendência a uma menor conformação da carcaça ($P = 0.0659$). A área de olho de lombo teve tendência a ser menor no tratamento tanino + tocoferol em comparação ao controle ($P = 0.0644$). A concentração de α -tocoferol no músculo *longissimus thoracis et lumborum* foi maior nos animais suplementados com vitamina E (tratamentos 2 e 4), enquanto os tratamentos 1 e 3 apresentaram maior deposição de γ -tocoferol ($P < 0.05$). Não houve diferença no colesterol entre os tratamentos. As análises de estabilidade oxidativa foram realizadas em amostras de carne após 0, 7 e 14 dias de armazenamento refrigerado. A oxidação lipídica após 7 dias de armazenamento foi significativamente menor ($P < 0.05$) nos cordeiros suplementados com α -tocoferol. Não houve diferença no pH final, nos descritores de cor e na formação de metamioglobina entre os tratamentos dietéticos. Houve uma tendência da concentração de malondialdeído sérico ser menor em ambos os tratamentos com tanino ($P = 0.0677$). Conclui-se que a suplementação de cordeiros em terminação com vitamina E é capaz de reduzir a oxidação lipídica da carne, e a suplementação com tanino é capaz de melhorar o status antioxidante do animal. A redução no consumo e em algumas características da carcaça devido a adição de tanino na dieta indicam a necessidade de mais estudos.

Palavras-chave: compostos fenólicos; estabilidade oxidativa; ovinos; vida de prateleira; vitamina E

¹Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (77 p.) Março, 2021.

DIETETIC TANNIN AND TOCOPHEROL ON PERFORMANCE, LIPID PEROXIDATION AND MEAT AND CARCASS QUALITY OF LAMBS

Author: Luiza Rodegheri Jacondino

Supervisor: Cesar Henrique Espírito Candal Poli

Co-supervisor: Raquel Fraga e Silva Raimondo

Abstract: The aim of this study was to evaluate the effects of supplementing lambs' diets with α -tocopherol, tannin extract of black wattle (*Acacia mearnsii*) and the association of these two antioxidants on the growth performance, serum lipid peroxidation and meat and carcass quality. Forty male lambs Crioula Lanada crosses, 150 days old and initial live weight of 22.53 ± 3.77 kg were used. The experiment had a total duration of 62 days. The animals were randomly assigned to four treatments: 1) Control – diet without the addition of antioxidants; 2) Tocopherol - control diet with α -tocopherol (400 mg/kg dry matter); 3) Tannin - control diet with tannin extract of black wattle (4% DM of the diet) and 4) Tannin + tocopherol - control diet with α -tocopherol and tannin extract of black wattle, in the same amounts of the previous treatments. Feed and leftovers were weighed daily to determine dry matter intake and feed efficiency. The animals were weighed at the beginning of the experiment and every 14 days to monitor performance. During the experimental period, 5 blood samples were taken to assess lipid peroxidation. Lambs were slaughter with an average final live weight of 30.22 ± 3.83 kg. No significant differences ($P > 0.05$) were found in the growth performance variables: initial live weight, average daily gain and feed efficiency. The inclusion of *Acacia mearnsii* tannins in both diets (treatments 3 and 4) reduced the cold carcass weight ($P < 0.05$) and there was also a trend in the dry matter intake, of the final live weight and the subcutaneous fat are lower in these treatments ($P = 0.0727$, $P = 0.0637$ and $P = 0.0587$, respectively). The carcass fatness score was lower in the tannin treatment ($P < 0.05$), which also showed a tendency towards a lower carcass conformation ($P = 0.0659$). The rib eye area tended to be smaller in the tannin + tocopherol treatment compared to the control ($P = 0.0644$). The concentration of α -tocopherol in the muscle *longissimus thoracis et lumborum* was higher in animals supplemented with vitamin E (treatments 2 and 4), while treatments 1 and 3 showed greater deposition of γ -tocopherol ($P < 0.05$). There was no difference in cholesterol between treatments. The oxidative stability analyzes were performed on meat samples after 0, 7 and 14 days of refrigerated storage. Lipid oxidation after 7 days of storage was significantly lower ($P < 0.05$) in lambs supplemented with α -tocopherol. Diet had no effect on final pH, color coordinates and metmyoglobin formation. There was a tendency for the malondialdehyde concentration in serum to be lower in both treatments with tannin ($P = 0.0677$). In conclusion, the supplementation of vitamin E is able to reduce the lipid oxidation of meat, and the addition of tannin improved the antioxidant status of lambs. Reduction in intake and in some characteristics of the carcass due to the addition of tannin in the diet warrant further research.

Keywords: oxidative stability; phenolic compounds; sheep; shelf life; vitamin E

¹Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (77 p.) March, 2021.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Ingredientes e composição química das dietas experimentais.....39
- Tabela 2.** Efeito da inclusão de tocoferol e tanino dietéticos no desempenho produtivo e características de carcaça de cordeiros em sistema de confinamento.....44
- Tabela 3.** Efeito da inclusão de tocoferol e tanino na dieta de cordeiros confinados e diferentes tempos de armazenamento sobre as variáveis de estabilidade oxidativa da carne.....45
- Tabela 4.** Oxidação lipídica (TBARS mg MDA/kg de carne) durante 14 dias de armazenamento.....45
- Tabela 5.** Concentração de tocoferóis e colesterol no músculo LTL de cordeiros suplementados com extrato taninífero de *Acacia mearnsii* e α -tocoferol..... 46
- Tabela 6.** Efeito da suplementação dietética com extrato taninífero de *Acacia mearnsii* e α -tocoferol nos valores de malondialdeído (MDA) no soro de cordeiros.....46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AOL – área de olho de lombo

CMS – consumo de matéria seca

DMb - desoximioglobina

g – grama

GMD – ganho médio diário

EA – eficiência alimentar

EGS – espessura de gordura subcutânea

ER - espécies reativas

Kg – quilograma

LTL - *longissimus thoracis et lumborum*

Mb – mioglobina

MDA – malondialdeído

mg - miligrama

mL - mililitros

MMb - metamioglobina

MS - matéria seca

nm - nanômetros

OMb- oximioglobina

PVI – peso vivo inicial

PVF – peso vivo final

TBARS - substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico

TBA - ácido 2-tiobarbitúrico

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	12
1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 Qualidade da carne ovina	14
2.1.1 Cor	14
2.1.2 Processos oxidativos	16
2.2 Antioxidantes naturais	17
2.2.1 Tocoferol	19
2.2.1.1 Efeitos do tocoferol na qualidade da carne	20
2.2.2 Taninos	22
2.2.2.1 Efeitos dos taninos na qualidade da carne	26
2.2.3 Interação entre tocoferol e tanino	29
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS	32
CAPÍTULO II	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE – Normas da revista Meat Science	73
VITA	76

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

A produção de carne ovina apresenta grande importância econômica e social em diversas regiões do mundo, e vem despertando atenção da sociedade científica e do mercado consumidor, tanto em relação aos aspectos quantitativos como qualitativos (SILVA et al., 2008). A aparência visual, juntamente com a textura e o sabor são importantes atributos de qualidade que influenciam o consumidor quanto ao poder de compra de produtos cárneos (LEAL et al., 2020). Porém, alterações bioquímicas que ocorrem *post-mortem*, como a oxidação lipídica e da mioglobina, podem levar ao desenvolvimento de sabor, cor e odor desagradáveis na carne, afetando negativamente a qualidade, o tempo de prateleira do produto e sua aceitação pelo consumidor (LIMA JÚNIOR et al., 2013). Portanto, incrementar a estabilidade oxidativa da carne tem sido o objetivo principal da indústria, que cada vez mais vem desenvolvendo alternativas para estender a vida útil da carne de cordeiro (LEAL et al., 2020), com maior segurança e menores custos possíveis.

O uso de antioxidantes naturais vem sendo proposto como alternativa aos sintéticos, pois estes últimos não são completamente aceitos pelos consumidores devido a preocupações com a saúde (ZHANG et al., 2010). A administração dietética de antioxidantes naturais representa uma estratégia eficaz para inibir reações oxidativas e, portanto, oferecer um produto com maior qualidade e prazo de validade prolongado (BELLÉS et al., 2019). Além disso, o uso de antioxidantes naturais contribui para a promoção de sistemas de produção de baixo insumo baseados no uso de forragens locais e subprodutos agroindustriais naturalmente ricos em moléculas bioativas (VASTA; LUCIANO, 2011).

Dentre os antioxidantes naturais com potencial de melhoria na qualidade da carne de cordeiros, destaca-se a vitamina E (principalmente o α -tocoferol) e extratos de plantas ricas em taninos condensados. A suplementação de dietas com α -tocoferol já foi estabelecida há muito tempo por apresentar grande potencial na melhoria da resistência da carne à deterioração oxidativa (FAUSTMAN et al., 1998). Mais recentemente, os taninos condensados, compostos fenólicos provenientes do metabolismo secundários de plantas, também vem demonstrando capacidade de gerar efeitos antioxidantes no músculo (LOBÓN et al., 2017; LUCIANO et al., 2009, 2011).

Além disso, foi proposto que as atividades antioxidantes dos compostos fenólicos poderiam proteger outros antioxidantes da oxidação, com um efeito

poupador em importantes moléculas bioativas, como a vitamina E (HALLIWELL; RAFTER; JENNER, 2005; VASTA; LUCIANO, 2011; YAMAMOTO et al., 2006). A suplementação de dietas com extratos vegetais ricos em polifenóis é capaz de aumentar os níveis de α -tocoferol em produtos de ruminantes (JERÓNIMO et al., 2020), sugerindo o possível papel sinérgico entre os taninos dietéticos e a vitamina E no músculo (VALENTI et al., 2018).

Apesar das características promissoras, não existem relatos de estudos avaliando a suplementação dietética de cordeiros com vitamina E, tanino condensado e sua associação nos atributos de qualidade e estabilidade da carne. O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da suplementação de dietas de cordeiros com α -tocoferol e extrato taninífero de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) e a associação desses dois antioxidantes sobre o desempenho produtivo, oxidação lipídica sérica e qualidade da carne e carcaça.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Qualidade da carne ovina

A produção de carne ovina apresenta grande importância econômica e social em diversas regiões do mundo e destaca-se por ser a carne que representa a maior porcentagem dos intercâmbios comerciais entre países, além de ser uma das carnes que menos apresenta proibições religiosas (OLETTA; SAÑUDO, 2009). A carne de cordeiro é definida como um produto de alta qualidade e considerada uma iguaria em diversos países.

Os principais atributos de qualidade da carne são: segurança, valor nutricional, flavor, odor, textura, capacidade de retenção de água, cor, conteúdo e composição lipídica, estabilidade oxidativa e uniformidade (DESCALZO; SANCHO, 2008). Estas características variam de acordo com a espécie, raça, idade, sexo, alimentação, manejo *post-mortem* e as condições e tempo de conservação do produto (OSÓRIO; OSÓRIO; SAÑUDO, 2009).

O aumento exponencial do consumo de carne ovina no mercado mundial tem levado ao uso de técnicas mais racionais de criação, abate e comercialização que garantam o padrão de qualidade almejada pelo mercado consumidor. Dada a pressão mercadológica por produtos benéficos à saúde humana, pesquisas principalmente com compostos naturais vêm sendo realizadas (ROCHA, 2014). Dentre eles, a vitamina E e os taninos estão em evidência, pois retardam o início dos processos oxidativos, preservando a qualidade da carne até sua chegada ao consumidor, além de agregar função nutracêutica ao produto.

2.1.1 Cor

A cor da carne é o atributo sensorial mais importante que afeta as decisões de compra do consumidor, devido a correlação da coloração vermelho brilhante com frescor e qualidade superior (BELLÉS et al., 2019). A mioglobina, metaloproteína envolvida nos processos de oxigenação do músculo, caracteriza-se como principal pigmento responsável pela cor da carne (LIMA JÚNIOR et al., 2013). Sendo assim, a cor do músculo é determinada pela quantidade de mioglobina e pelas proporções relativas

desse pigmento, que pode ser encontrado na forma reduzida (desoximioglobina, de cor vermelho púrpura), oxigenada (oximioglobina, de cor vermelho brilhante) ou oxidada (metamioglobina, de cor marrom pardo) (OSÓRIO; OSÓRIO; SAÑUDO, 2009).

A descoloração da carne compromete sua aparência e se deve à conversão de oximioglobina (OMb) para metamioglobina (MMb) (FAUSTMAN et al., 2010). A estabilidade da cor da carne é principalmente limitada pela oxidação da mioglobina e o consequente acúmulo de metamioglobina ao longo do tempo. Este processo é responsável pelo escurecimento da carne e causa a variação progressiva dos descritores de cor medidos na carne ao longo do tempo de armazenamento (INSERRA et al., 2014).

Os mecanismos de oxidação, a atividade redutora do músculo e a velocidade de consumo de oxigênio incidem sobre esta estabilidade. O efeito do pH sobre a estabilidade da coloração é importante. Os pH baixos, as débeis pressões de oxigênio e as temperaturas elevadas associados a maior presença de ácidos graxos insaturados nas membranas intracelulares favorecem a oxidação. A adição de vitamina E e outros antioxidantes são capazes de aumentar a estabilidade da cor (OSÓRIO; OSÓRIO; SAÑUDO, 2009). Além disso, a cor da carne pode ser afetada pela dieta, gordura da carcaça, pH final da carne, idade do animal, peso da carcaça e teor de gordura intramuscular.

Para determinação da cor de forma objetiva utiliza-se colorímetros com os descritores: L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho), b* (intensidade de amarelo), C* (chroma ou intensidade da cor) e H* (ângulo da matiz) do sistema CIEL*a*b* (Commission Internationale de l'Eclairage). As formas de mioglobina podem ser calculadas por meio de comprimentos de onda selecionados, de acordo com Krzywicki (1979). A desoximioglobina e a MMb são determinadas e a OMb é calculada indiretamente subtraindo suas porcentagens combinadas de 100%. O método é baseado nas medições de atenuação reflexa da luz incidente nos comprimentos de onda 473, 525 e 572 e 730 nm (AMSA), 2012).

Os valores médios para as coordenadas cromáticas da carne ovina descritos como dentro dos padrões para a espécie são L* (luminosidade) de 30,03 a 49,47; a* (intensidade de vermelho) de 8,24 a 23,53; e b* (intensidade de amarelo) de 3,34 a 11,10. Enquanto as médias para C* (Chroma) variam de $17,86 \pm 3,29$ e H* (ângulo da matiz) de 5,89 a 27,9 (PEREIRA, 2016).

Em particular, a diminuição na vermelhidão e saturação da carne (valores a^* e C^* , respectivamente) e o aumento no ângulo de matiz (H^*) são comumente usados para descrever a deterioração da cor da carne por sua relação positiva com a concentração de metamioglobina na carne e com a avaliação sensorial da descoloração da carne (LUCIANO et al., 2011). Quando 60% do pigmento da carne é oxidado em metamioglobina uma coloração amarelada pode ser percebida na superfície da carne (RIPOLL; JOY; MUÑOZ, 2011).

Embora os possíveis mecanismos que ligam a oxidação de lipídios e mioglobina ainda estejam em debate, tem sido frequentemente relatado que estratégias para reduzir a oxidação de lipídios geralmente têm um resultado positivo em termos de estabilidade de cor (FAUSTMAN et al., 2010). No entanto, alguns estudos relataram uma falta de correspondência entre lipídios e estabilidade de cor (LUCIANO et al., 2011). Nestes casos, os efeitos pronunciados na oxidação dos lipídeos não corresponderam a diferenças marcantes na estabilidade da cor.

Geralmente, um incremento no status antioxidante do músculo resulta em menor extensão da oxidação da mioglobina e consequente maior estabilidade da cor da carne. Por exemplo, antioxidantes dietéticos, como a vitamina E, são capazes de estender a estabilidade oxidativa da carne, melhorando o status antioxidante geral do músculo, reduzindo a formação de alguns marcadores de oxidação e estendendo, assim, a estabilidade da cor da carne (DESCALZO; SANCHO, 2008). Diversos compostos são capazes de exercer efeitos antioxidantes em substratos biológicos e tecidos animais, dentre os antioxidantes naturais mais conhecidos, o interesse pelos compostos fenólicos, como os taninos, vem crescendo nos últimos anos (LUCIANO et al., 2011).

2.1.2 Processos oxidativos

A oxidação é uma das principais causas da deterioração da carne de cordeiros, o que explica os grandes esforços que têm sido feitos para resolver esse problema (BELLÉS et al., 2018). As reações oxidativas na carne levam a descoloração, desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, formação de compostos tóxicos e perda de nutrientes, comprometendo a qualidade nutricional, a integridade e a segurança do alimento (BELLÉS et al., 2019).

Os produtos da oxidação lipídica são responsáveis pelo aparecimento de *off-flavors* e *off-odors*, enquanto a oxidação da mioglobina, e o consequente acúmulo de metamioglobina na superfície da carne é a principal causa de descoloração. Esses processos muitas vezes parecem estar ligados, e a oxidação de um leva à formação de espécies químicas que podem exacerbar a oxidação do outro (FAUSTMAN et al., 2010).

Em sistemas biológicos, a oxidação ocorre devido à ação dos radicais livres no organismo. Estas moléculas são extremamente reativas, pois possuem um elétron isolado, livre para se ligar a qualquer outro elétron. Os radicais livres podem ser gerados por fontes endógenas ou exógenas e irão causar alterações nas células, agindo diretamente sobre alguns componentes celulares. Os ácidos graxos insaturados são as estruturas mais suscetíveis ao processo oxidativo, havendo uma dependência direta entre o grau de insaturação e a susceptibilidade à oxidação (SOARES, 2002).

A estabilidade oxidativa da carne depende do equilíbrio entre componentes antioxidantes e pró-oxidantes no músculo (LUO et al., 2019). A oxidação lipídica do músculo também pode estar parcialmente relacionada ao conteúdo de α -tocoferol (GONZÁLEZ-CALVO et al., 2014) e aos polifenóis (VASTA; LUCIANO, 2011) no músculo, uma vez que o conteúdo de cada um na dieta reduz a oxidação lipídica na carne de cordeiro (FRANCISCO et al., 2015; LIU et al., 2016).

A estabilidade do armazenamento da carne pode ser estendida através de tecnologias de embalagem, pela adição exógena de antioxidantes diretamente nos produtos cárneos ou via dieta dos animais, através da adoção de sistemas de alimentação capazes de melhorar o status antioxidante do músculo (INSERRA et al., 2014).

2.2 Antioxidantes naturais

As substâncias que eliminam radicais livres são conhecidas como antioxidantes e atuam como doadores de elétrons que estabilizam os radicais e impedem ou diminuem o desencadeamento das reações oxidativas (LIMA JÚNIOR et al., 2013; SOARES, 2002). Na indústria de alimentos, a oxidação lipídica é inibida por sequestradores de radicais livres, tais como o butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA) e butilhidroxiquinona terciária (TBHQ), porém, estudos toxicológicos têm demonstrado possíveis efeitos adversos (BOZKURT, 2006). Tendo em vista os indícios

de problemas que podem ser provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, as pesquisas têm-se dirigido no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, os quais permitirão substituir os sintéticos ou fazer associações entre eles, com o intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos (SOARES, 2002).

A aplicação de antioxidantes diretamente na dieta dos animais, visando prolongar a vida de prateleira, vem recebendo bastante atenção principalmente os antioxidantes naturais. Por exemplo, a suplementação de dietas de animais com vitamina E é um método eficaz para aumentar a resistência da carne a deterioração oxidativa (FAUSTMAN et al., 1998). Além disso, diversos compostos secundários das plantas, tais como compostos fenólicos, possuem propriedades antioxidantes e, portanto, seu uso como antioxidantes naturais na alimentação animal pode ser promovido (VASTA; LUCIANO, 2011).

A adição de compostos naturais com atividade antioxidante através da dieta dos animais tem se mostrado uma estratégia promissora para inibir reações oxidativas e, portanto, oferecer um produto com maior qualidade e prazo de validade prolongado (BELLÉS et al., 2019). Além disso, são opções sustentáveis para o desenvolvimento e intensificação da pecuária, com menor custo de produção. A utilização de antioxidantes naturais na dieta dos ovinos, tais como taninos e tocoferóis e outras substâncias solúveis em óleo presentes em extratos vegetais, vêm apresentando resultados satisfatórios (LIMA JÚNIOR et al., 2013).

Para a avaliação dos efeitos da oxidação lipídica em carnes, o método mais utilizado é o TBARS (substâncias reativas ao ácido 2-tiobarbitúrico) ou teste de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico). Esse teste quantifica o malondialdeído (MDA), um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos dos ácidos graxos poli-insaturados, formado durante o processo oxidativo (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005). Apesar da carne de ruminantes apresentar baixos teores de ácidos graxos insaturados, o teste de TBA é de grande utilidade para determinação da vida de prateleira desses produtos, pois é bastante acurado na comparação de um único material em diferentes estágios de oxidação (LIMA JÚNIOR et al., 2013). Quando os valores de TBARS ultrapassam o limite de 2 mg MDA/kg, os consumidores já podem perceber sabores estranhos e ranço na carne (HOWES et al., 2015).

2.2.1 Tocoferol

O termo genérico vitamina E engloba diversos compostos com atividade antioxidante similar (JENSEN; LAURIDSEN, 2007). Esses compostos compreendem os tocoferóis (α , β , γ e δ) e tocotrienóis (α , β , γ e δ) (COLOMBO, 2010). Entre os compostos tocoferóis, o α -tocoferol é apontado como sendo o mais potente em sua ação antioxidante (YOSHIDA; NIKI; NOGUCHI, 2003).

A vitamina E é um nutriente essencial que desempenha um papel significativo em muitas funções biológicas, como reprodução e imunidade (BELLÉS et al., 2019). Ela atua na membrana plasmática das células, doando elétrons e impedindo a lesão das membranas por substâncias reativas (LIMA JÚNIOR et al., 2013). Uma dosagem de 20 mg de vitamina E/kg de alimento têm sido recomendado para cordeiros para o funcionamento normal do corpo (NRC, 2007). É o principal antioxidante lipossolúvel capaz de prevenir danos em animais vivos, e seus efeitos antioxidantes também estão presentes *post-mortem* (BELLÉS et al., 2019). O α -tocoferol, especificamente, foi há muito tempo reconhecido como um antioxidante lipídico solúvel em gordura para produtos cárneos desde antes de 1989 (FAUSTMAN et al., 1989), e seu uso via dieta foi significativamente mais eficaz do que sua adição exógena (MITSUMOTO et al., 1993).

A suplementação de vitamina E deve levar em consideração a ampla variação da concentração de α -tocoferol nos alimentos, o status dessa vitamina no animal no início do período de suplementação, a duração do período de suplementação, diferenças no peso ao abate e na raça do animal (BELLÉS et al., 2019). Sua inclusão via dieta tem demonstrado grande potencial para reduzir o efeito negativo das reações oxidativas na qualidade da carne de cordeiros, pois é uma estratégia consistente para aumentar o conteúdo de α -tocoferol nos tecidos (LEAL et al., 2018), o que, por sua vez, retarda a oxidação lipídica e melhora a estabilidade da cor da carne (LAUZURICA et al., 2005; LÓPEZ-BOTE et al., 2001), aumentando assim a vida útil dos produtos.

O aumento da vitamina E na dieta não afeta o desempenho ou as características da carcaça se os requisitos mínimos para o crescimento forem satisfeitos, no entanto, pode influenciar no perfil de ácidos graxos da carne. Aumentar o conteúdo de tocoferol muscular é um meio eficaz para proteger os ácidos graxos poliinsaturados e proteínas da oxidação, além de retardar a descoloração, afetando indiretamente o aroma da carne de cordeiro (BELLÉS et al., 2019).

2.2.1.1 Efeitos do tocoferol na qualidade da carne

Composição muscular

A deposição de tocoferol no músculo depende da dosagem, da fonte e do período de suplementação. Porém, a vitamina E sintética tem um custo elevado, portanto é muito importante otimizar a sua taxa de suplementação. Uma concentração semelhante de tocoferol muscular pode ser obtida com diferentes taxas de suplementação. Sendo assim, diferentes combinações de dose e tempo de ingestão foram desenvolvidas (BELLÉS et al., 2019).

Kasapidou et al. (2012) obtiveram uma concentração de 3,73 mg de α -tocopherol/kg de músculo com um nível moderado de suplementação (500 mg/kg) durante 63 dias. Já Bellés et al. (2018) verificaram uma concentração muscular de 3,91 mg de α -tocopherol/kg em cordeiros suplementados com altos níveis (1000 mg/kg) de vitamina E, por 14 dias. Jose et al. (2016) estabeleceram uma concentração de 3,5–4,0 mg de α -tocopherol/kg de tecido como o limite acima do qual nenhum benefício adicional sobre a cor da carne pode ser esperado.

Reações oxidativas

A oxidação da carne compreende reações oxidativas de lipídeos e proteínas. A oxidação lipídica inicia a nível de membrana, nas frações fosfolipídicas como um mecanismo de reação em cadeia autocatalítica na qual os pró-oxidantes interagem com os ácidos graxos insaturados levando a liberação de radicais livres e a propagação da cadeia oxidativa. Em relação a oxidação das proteínas, ela pode ser promovida pela interação com espécies reativas de oxigênio ou reações indiretas com produtos secundários do estresse oxidativo (FAUSTMAN et al., 2010; ZHAO et al., 2013).

Existe uma forte correlação entre o conteúdo de α -tocopherol no músculo e sua capacidade de proteção contra as reações oxidativas. Concentrações de α -tocopherol entre 1.87 e 2.37 mg/kg de carne se mostraram eficazes em relação a redução da oxidação de lipídios e pigmentos durante longos períodos de conservação (ÁLVAREZ et al., 2008). Já em estudo de Kasapidou et al. (2012), o nível mínimo de vitamina E necessário para prevenir a oxidação lipídica foi de 1,9 mg/kg de músculo.

Discordâncias na concentração alvo podem estar relacionadas a diferenças na susceptibilidade da carne à oxidação, que depende da composição do músculo, tais como conteúdo de lipídios insaturados e pigmentos heme (FALOWO; FAYEMI; MUCHENJE, 2014). Por outro lado, variáveis extrínsecas como iluminação e composição da atmosfera durante a exibição também influenciam na oxidação lipídica. Assim, parece difícil estabelecer uma concentração mínima de tocoferol muscular para evitar completamente a oxidação lipídica, uma vez que, existem vários fatores que participam dessas reações (BELLÉS et al., 2019).

A oxidação de lipídios e proteínas da carne contribui amplamente para a deterioração do sabor dos produtos cárneos (CAMPO et al., 2006). O TBARS é um ótimo indicador no desenvolvimento de ranço e *off-flavors*. A eficácia da vitamina E na redução da oxidação lipídica na carne de cordeiro já foi demonstrada (RIPOLL; JOY; MUÑOZ, 2011), no qual os tratamentos suplementados com vitamina E mantiveram baixos valores de TBARS (0.1-0.23 mg MDA/kg), enquanto o tratamento controle alcançou valores maiores de 1.5 mg/kg. A suplementação dietética com vitamina E também é capaz de reduzir os níveis plasmáticos de malondialdeído (SIMITZIS et al., 2019).

A ação da vitamina E também pode afetar indiretamente o desenvolvimento do aroma da carne de cordeiro, pela redução da oxidação de proteínas e lipídios (RIVAS-CAÑEDO et al., 2013), sendo uma ferramenta eficaz para preservar o frescor e as propriedades sensoriais da carne, reduzindo a formação de odores e sabores rançosos (GUERRA-RIVAS et al., 2016; MUÍÑO et al., 2014).

Cor

A suplementação de cordeiros com vitamina E pode atrasar a formação de metamioglobina, melhorando assim a aparência da carne. Porém, o mecanismo pelo qual a vitamina E inibe a conversão da mioglobina em sua forma oxidada não está completamente claro. A ação antioxidante do α -tocoferol na proteção dos lipídios da membrana poderia reduzir a formação de compostos primários e secundários da oxidação lipídica, retardando indiretamente a oxidação da mioglobina. Também existem hipóteses de que a vitamina E poderia prevenir a oxidação da mioglobina de forma direta (BELLÉS et al., 2019). Além disso, existe um efeito dependente entre a cor e a

concentração de α -tocoferol muscular, quanto maior a concentração de α -tocoferol no músculo, maior estabilidade de cor (HOPKINS et al., 2013).

Kasapidou et al. (2012) avaliaram que a suplementação de α -tocoferol na dieta de cordeiros aumentou o seu conteúdo no músculo semimembranoso e preveniu a descoloração da carne, com valores mais altos de C^* e a^* . A suplementação de vitamina E reduziu a oxidação lipídica e a formação de metamioglobina, durante 9 dias de armazenamento, e levou a uma maior porcentagem de ácidos graxos poliinsaturados (BELLÉS et al., 2018).

2.2.2 Taninos

Os taninos são compostos polifenólicos de origem vegetal e elevado peso molecular que possuem a capacidade de interagir e precipitar proteínas e outras macromoléculas a um pH neutro (CORDÃO et al., 2010). Oriundos do metabolismo secundário das plantas, os taninos são principalmente encontrados nos vacúolos, e interferem no metabolismo vegetal somente após lesão ou morte das mesmas, atuando como mecanismo de defesa contra patógenos, insetos, herbívoros e condições ambientais hostis (ACAMOVIC; BROOKER, 2005). Os compostos bioativos vegetais mais estudados na alimentação animal são os compostos fenólicos, principalmente os taninos condensados (VASTA; LUCIANO, 2011).

Apesar de possuírem características químicas heterogêneas, os taninos podem ser classificados em dois principais grupos: taninos hidrolisáveis e taninos condensados (MAKKAR, 2003). Os taninos hidrolisáveis contêm ácido gálico e seus produtos de oxidação (MUELLER-HARVEY, 2006) e são suscetíveis à hidrólise por ácidos, bases ou enzimas, portanto podem ser facilmente degradados e absorvidos no trato digestivo, podendo causar potenciais efeitos tóxicos em herbívoros (HUANG et al., 2018). Os taninos condensados, ou proantocianidinas, são complexos de oligômeros e polímeros de flavanóides, não susceptíveis à degradação por hidrólise e, portanto, não são absorvidos pelo trato gastrointestinal (CORDÃO et al., 2010).

Os taninos estão amplamente distribuídos na natureza, especialmente em leguminosas, árvores e arbustos, podendo afetar de diversas maneiras a nutrição e o desempenho animal (MIN et al., 2003). Quando utilizados na alimentação animal, podem agir de forma adversa ou benéfica, dependendo da sua concentração, estrutura

química, grau de polimerização, estado fisiológico do animal e de características inerentes à dieta, especialmente quanto a concentração de proteína bruta (MUELLER-HARVEY et al., 2019; RUFINO-MOYA et al., 2020).

Por muito tempo, os taninos presentes nos alimentos foram principalmente considerados como compostos anti-nutritivos e até mesmo tóxicos (REED, 1995). A partir de então, diversos mecanismos foram propostos para explicar como os taninos dietéticos podem prejudicar o desempenho animal (MAKKAR, 2003; MUELLER-HARVEY, 2006). Esses mecanismos foram relacionados a redução no consumo voluntário, normalmente observada quando os taninos estão presentes em altas concentrações na dieta (>50 g/kg de MS) (ACAMOVIC; BROOKER, 2005; MIN et al., 2003).

A redução da palatabilidade, devido a adstringência causada pela formação de complexos entre taninos e glicoproteínas salivares, foi proposta como um dos fatores responsáveis pela redução no consumo (FRUTOS et al., 2002; MUELLER-HARVEY, 2006). Os taninos podem impactar de forma negativa a produtividade animal também através da redução da digestibilidade, mediante a interação dos taninos com enzimas e bactérias ruminais, com maiores efeitos na disponibilidade da proteína (JERÓNIMO et al., 2016). A diminuição da atividade microbiana ruminal e inibição da atividade enzimática (HUANG et al., 2018), leva a um conseqüente decréscimo na absorção de nutrientes (WALTON et al., 2001). Além de gerar prejuízos nas funções do trato gastrointestinal, pela ação destrutiva nas vilosidades intestinais (ROBINS; BROOKER, 2005).

Por outro lado, quando presentes em níveis baixos a moderados na dieta (20-40 g/kg de MS), os taninos podem exercer efeitos neutros ou até mesmo benéficos sobre o metabolismo dos ruminantes (ACAMOVIC; BROOKER, 2005; MIN et al., 2003), com potencial impacto sobre os índices produtivos, reprodutivos e sanitários e na sustentabilidade ambiental (WAGHORN, 2008).

O principal efeito benéfico sobre o desempenho animal é sobre a melhor eficiência na utilização da proteína pelo trato gastrointestinal, pois devido a intensa afinidade com proteínas, os taninos podem atuar na redução da degradação ruminal da proteína dietética (HUANG et al., 2018), com conseqüente aumento do fluxo de aminoácidos essenciais para o intestino (FRUTOS et al., 2002). Efeitos positivos sobre o

desempenho produtivo e reprodutivo também foram citados, como o aumento da produção de lã (MIN et al., 2003; OTERO; HIDALGO, 2004), tendência de aumento da produção de leite e no teor de proteínas (VASTA et al., 2008) e incremento nas taxas de ovulação e parição (MIN et al., 2003).

Os taninos podem atuar ainda na prevenção do timpanismo (HUANG et al., 2018) e no controle sobre ectoparasitas (miíases) devido a redução da produção de matéria fecal (ROBERTSON et al., 1995) e endoparasitas (OTERO; HIDALGO, 2004), sendo um importante aliado no bem-estar animal. Diversos trabalhos demonstraram uma redução da parasitose gastrointestinal em animais suplementados com taninos (CENCI et al., 2007).

Também são uma alternativa natural aos antibióticos na alimentação, pois a membrana celular microbiana é o principal local de ação inibitória dos taninos (LIU et al., 2013), através da agregação celular e ruptura das membranas e funções celulares. Os taninos condensados também podem ser utilizados para mitigação de metano e potenciais emissões de nitrogênio gasoso (CARULLA et al., 2005) devido a menor degradação da proteína ruminal, com conseqüente redução da concentração de amônia ruminal e da excreção urinária de nitrogênio (MUELLER-HARVEY, 2006).

Inúmeras atividades biológicas foram demonstradas, além da ação antiparasitária e antimicrobiana, também são citadas propriedades antiviral, anti-inflamatória, imunomoduladora e antioxidante. Dentre elas, as propriedades antioxidantes dos taninos têm despertado grande atenção, especialmente porque sugere-se que o aumento do status antioxidante seja um dos maiores benefícios da alimentação com taninos para o bem-estar e desempenho dos animais (HUANG et al., 2018).

Os compostos fenólicos de ocorrência natural foram há muito tempo reconhecidos como eficazes antioxidantes (RICE-EVANS; MILLER; PAGANGA, 1996). Devido à sua distribuição quase ubíqua no reino vegetal, a contribuição dos compostos fenólicos para a ingestão dietética de antioxidantes, que se estima ser superior à da vitamina E, é de grande interesse para a nutrição humana (LUCIANO et al., 2011). Além disso, a propriedade antioxidante dos polifenóis possui ampla aplicação na indústria de alimentos e no campo médico através da prevenção de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, doenças cardiovasculares, câncer e osteoporose (SCALBERT et al., 2002).

Os compostos fenólicos formam um dos grupos mais numerosos e quimicamente heterogêneos de compostos secundários de plantas, que vão desde moléculas simples - como ácidos fenólicos e flavanóides - até os taninos altamente polimerizados (HAGERMAN; RIEDL; RICE, 1999; SOOBRAATTEE et al., 2005). A atividade antioxidante dos compostos fenólicos depende da possibilidade de sua absorção no trato gastrointestinal, que é fortemente afetada pelo grau de polimerização (DEPREZ et al., 2001). A complexidade molecular dos compostos fenólicos influencia na sua biodisponibilidade, pois os fenólicos simples monoméricos são facilmente absorvidos pelo intestino, enquanto os com maior grau de polimerização não (MANACH et al., 2005).

O número de grupos hidroxila e o grau de polimerização dos compostos fenólicos são positivamente relacionados com suas habilidades em eliminar radicais livres, o que torna os taninos antioxidantes potencialmente importantes (HAGERMAN; RIEDL; RICE, 1999). Os taninos consistem em um ou mais anéis aromáticos com um ou mais grupos hidroxila, que podem se combinar com radicais livres e formar radicais estáveis (LIU et al., 2016). De fato, os taninos hidrolisáveis e condensados de relativamente alto peso molecular exibiram maior atividade antioxidante do que os fenólicos simples (HAGERMAN; RIEDL; RICE, 1999).

A atividade antioxidante direta de um composto dietético assumiria sua absorção ao longo do trato gastrointestinal e consequente deposição nos tecidos (LUCIANO et al., 2011). Os taninos hidrolisáveis são degradados no trato gastrointestinal antes da absorção, contudo, não está claro até que ponto os organismos microbianos metabolizam os taninos condensados (LÓPEZ-ANDRÉS et al., 2013). Portanto o mecanismo antioxidante dos taninos em tecidos animais ainda é desconhecido (HUANG et al., 2018). Foi proposto que os efeitos antioxidantes induzidos pelos taninos da dieta não estão relacionados à sua absorção e deposição, e sim a mecanismos antioxidantes indiretos (LÓPEZ-ANDRÉS et al., 2013).

Os taninos de alto peso molecular, formam complexos fortes com proteínas e são resistentes à degradação, por isso é provável que permaneçam no trato digestivo e não são absorvidos e transportados para outros tecidos. Por estarem localizados no trato digestivo, os taninos podem proteger proteínas, carboidratos e lipídios de danos oxidativos durante a digestão, ou poupar outros antioxidantes e, assim, aumentar indiretamente os níveis de antioxidantes em outros tecidos (HAGERMAN; RIEDL; RICE, 1999).

Sendo assim, a suplementação de taninos na dieta é capaz de induzir efeitos antioxidantes nos tecidos através de um mecanismo indireto, possivelmente pela melhora do sistema antioxidante endógeno, capaz de exercer efeitos protetores no trato gastrointestinal através da remoção ou quelação de compostos pró-oxidantes e redução da peroxidação lipídica (HALLIWELL; RAFTER; JENNER, 2005; KEREM et al., 2006). Além disso, poderiam proteger outros antioxidantes da oxidação, com um efeito poupador em importantes moléculas bioativas, como a vitamina E (YAMAMOTO et al., 2006).

O potencial dos taninos como antioxidantes biológicos tem sido indicado em muitos estudos *in vitro* e *in vivo*. As atividades antioxidantes *in vivo* dos taninos foram demonstradas em diferentes tecidos animais: soro, plasma, fígado e músculo (LIU et al., 2016; LÓPEZ-ANDRÉS et al., 2013; LUCIANO et al., 2009, 2011; PENG et al., 2016) melhorando o status antioxidante e a estabilidade da cor da carne. No entanto, a eficácia dos taninos é inconsistente e diversos fatores, tais como dose e propriedades estruturais, suas interações com a dieta basal e o estado metabólico do animal podem influenciar a capacidade antioxidante dos taninos dietéticos (VALENTI et al., 2018).

2.2.2.1 Efeitos dos taninos na qualidade da carne

O uso de plantas ricas em compostos secundários ou sua suplementação através de extratos puros na dieta de pequenos ruminantes tem se configurado como uma estratégia promissora, pois os consumidores vêm exigindo alimentos mais saudáveis e obtidos em sistemas de produção sustentáveis (VASTA; LUCIANO, 2011). Os taninos, em particular, ainda são capazes de incrementar a qualidade do produto final, podendo afetar as propriedades nutricionais e organolépticas da carne, através da alteração no perfil lipídico, sabor, cor e, conseqüentemente, prolongando a vida de prateleira do produto (PRIOLO et al., 2005; VASTA et al., 2009; VASTA; LUCIANO, 2011).

Portanto, os taninos podem representar uma estratégia promissora para melhorar a estabilidade oxidativa da carne. De fato, a administração dietética de plantas e extratos vegetais ricos em polifenóis e taninos melhorou a estabilidade oxidativa da carne (LARRAÍN et al., 2008; LUCIANO et al., 2011). Porém, os mecanismos pelos

quais os compostos antioxidantes presentes nos extratos vegetais podem afetar a deterioração oxidativa da carne ainda não são claros (GUERRA-RIVAS et al., 2016).

O efeito dos polifenóis da dieta sobre a estabilidade oxidativa da carne pode ser indireto, por meio da interação entre os fenóis e outros compostos antioxidantes ou pró-oxidantes presentes na carne. Além disso, considerando outros efeitos dos compostos fenólicos da dieta, como sua capacidade de modificar a composição de ácidos graxos da carne em ruminantes (VASTA et al., 2009), ou de aumentar os níveis de enzimas antioxidantes em tecidos (LIU et al., 2016), pode ser difícil distinguir entre seus efeitos diretos e indiretos na resistência da carne aos danos oxidativos. Portanto, a capacidade dos taninos da dieta de afetar a estabilidade oxidativa da carne é contraditória, com alguns estudos demonstrando eficácia antioxidante, enquanto outros não relataram efeitos.

Cor

Os compostos fenólicos dietéticos podem auxiliar na estabilidade oxidativa da carne e prevenir a descoloração, prolongando assim a vida útil do produto (VASTA; LUCIANO, 2011). No entanto, os mecanismos de ação pelos quais os taninos podem afetar a concentração da mioglobina e seu estado redox, com reflexos na cor da carne ainda não são claros (LUCIANO et al., 2009; VASTA et al., 2008).

As funções fisiológicas dos taninos sobre coloração da carne podem ser atribuídas às suas propriedades antioxidantes (LIU et al., 2016), devido ao atraso na oxidação da mioglobina na carne (LUCIANO et al., 2009; ZHONG et al., 2009) ou pela redução na biossíntese microbiana de vitamina B12, que é precursora da síntese de pigmentos heme (PRIOLO; VASTA, 2007).

Luciano et al. (2009) relataram que a suplementação de 8,9% de taninos condensados de Quebracho (*Schinopsis lorentzii*) na dieta retardou a deterioração da cor da carne, com menor formação de metamioglobina e menor aumento no ângulo da matiz (H^*), durante 14 dias de armazenamento. Também houve melhoria nos descritores de cor (maior a^* e menor b^*). Em outro estudo, Luciano et al. (2011) também verificaram que os taninos de Quebracho melhoraram a estabilidade da cor do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros, com menores taxas de aumento no ângulo da

matiz (H*) e nas porcentagens de metamioglobina (MMb%), ao longo de 7 dias de armazenamento aeróbio refrigerado (LUCIANO et al., 2011).

Da mesma forma, Biondi et al. (2019) encontraram que a formação de metamioglobina foi reduzida pela suplementação de taninos condensados de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) em comparação a carne de cordeiros que não receberam taninos ou que receberam taninos hidrolisáveis de Tara (*Caesalpinia spinosa*).

Sabor

A carne de cordeiro possui um sabor peculiar e odor típico que foi atribuído à presença de alguns ácidos graxos de cadeia ramificada e de escatol, um composto originado no rúmen pela descarboxilação do aminoácido triptofano pelos microrganismos ruminais (SHEAT; COULON; YOUNG., 2001). Quando presente na carne em baixa concentração, o escatol confere um acentuado sabor pastoral (YOUNG et al., 2003), enquanto em concentrações mais elevadas confere um sabor fecal (SCHREURS et al., 2007), reduzindo assim a aceitabilidade da carne pelos consumidores.

A suplementação com taninos na dieta pode melhorar o sabor dos produtos, através da redução da biossíntese ruminal de escatol e do seu acúmulo na carne e leite (VASTA; LUCIANO, 2011). Priolo et al. (2009) descobriram que os taninos do Quebracho (8,9%) diminuíram a formação de escatol no rúmen e seu acúmulo na gordura de cordeiros, com reflexo positivo na análise sensorial.

Oxidação lipídica

Os efeitos inibitórios dos taninos sobre a oxidação lipídica da carne podem ser explicados por dois mecanismos: primeiro, os taninos podem interferir no metabolismo dos ácidos graxos, resultando em uma melhora indireta da estabilidade antioxidante do animal (LIU et al., 2016; VASTA et al., 2007, 2009). Em segundo lugar, os taninos podem aumentar o sistema de defesa antioxidante endógeno ou participar na regeneração de outros compostos antioxidantes (LÓPEZ-ANDRÉS et al., 2013; SGORLON et al., 2006).

Os taninos mostraram ser capazes de prevenir a formação de superóxidos e a peroxidação lipídica, LIU et al. (2016) observaram que a suplementação de taninos de Castanha (*Castanea sativa*) na dieta reduziu a concentração de malondialdeído (MDA) na carne, soro e fígado de cordeiros. Lobón et al. (2017) avaliaram que a inclusão de taninos condensados de Quebracho (10% na MS da dieta) no concentrado de ovelhas reduziu a oxidação lipídica e aumentou o conteúdo de α -tocoferol no músculo, prolongando a vida útil da carne dos cordeiros lactentes em mais de um dia. Gesteira et al. (2018) também avaliaram que a inclusão de taninos condensados de *Acacia mearnsii* na dieta promoveu um efeito antioxidante na carne de bovinos, com diminuição da oxidação lipídica aos 25 e 50 dias.

Aumento do sistema antioxidante endógeno

A suplementação de taninos na dieta pode aumentar a atividade de enzimas antioxidantes, através da indução seletiva da expressão de genes (LIU et al., 2016). Sgorlon et al. (2006) descobriram que a suplementação de ovelhas com extrato de casca de uva, rico em polifenóis e taninos condensados, aumentou a expressão da enzima superóxido dismutase (SOD) no plasma, que está envolvida no sistema de defesa antioxidante endógeno. A adição de taninos de Castanha (*Castanea sativa*) aumentou a atividade da SOD e da glutathiona peroxidase (GPx) no soro e no fígado de cordeiros sob estresse térmico (LIU et al., 2016).

A suplementação dietética de taninos também pode melhorar a capacidade antioxidante dos tecidos do animal. López-Andrés et al. (2013) observaram que os taninos de Quebracho (6,4% na MS da dieta) aumentaram a capacidade antioxidante (FRAP e Folin-Ciocalteu) do plasma e do fígado de cordeiros. Luciano et al. (2011) verificaram que os taninos de Quebracho (8,9% na MS da dieta) melhoraram o status antioxidante muscular de cordeiros, com concentrações mais altas de compostos fenólicos totais e dos testes do poder antioxidante redutor férrico (FRAP) e capacidade antioxidante equivalente ao Trolox (TEAC).

2.2.3 Interação entre tocoferol e tanino

Sobre o mecanismo de ação antioxidante dos compostos fenólicos *in vivo*, alguns autores sugerem um efeito antioxidante indireto dos compostos fenólicos que

são mal absorvidos no intestino (VASTA; LUCIANO, 2011). Este efeito seria mediado por atividades antioxidantes diretas de compostos fenólicos no trato gastrintestinal, onde eles poderiam quelar metais pró-oxidantes, eliminando espécies reativas de oxigênio e cloro, e reduzir a produção de peróxidos lipídicos e compostos tóxicos com uma melhoria geral do status antioxidante do animal (HALLIWELL; RAFTER; JENNER, 2005; KEREM et al., 2006).

Os compostos fenólicos dietéticos parecem ser capazes de interagir positivamente com antioxidantes exógenos em tecidos animais (VASTA; LUCIANO, 2011). Dentre os efeitos antioxidantes dos polifenóis, também foi sugerido um efeito protetor contra a degradação oxidativa de outros componentes do sistema antioxidante, como o α -tocoferol. Essa interação redox é sugerida como sendo de grande contribuição para a eficiência antioxidante (IGLESIAS et al., 2012). Sendo assim, os compostos fenólicos podem poupar o α -tocoferol por meio de um mecanismo de cooperação antioxidante, através da restauração da vitamina E de sua forma oxidada ou na proteção da vitamina E da oxidação (DECKERT et al., 2002).

Foi proposto um mecanismo de ação complementar da vitamina E e dos compostos fenólicos, provavelmente como consequência de suas respectivas propriedades lipofílicas e hidrofílicas (GOBERT et al., 2010). Os compostos fenólicos são antioxidantes solúveis em água, capazes de limitar a iniciação da oxidação lipídica, enquanto a vitamina E, localiza-se nas frações lipídicas e atua como antioxidante de quebra de cadeia. Por estarem localizados perto da superfície das membranas fosfolipídicas, os compostos fenólicos podem eliminar as espécies reativas de oxigênio e, assim, evitar o consumo de vitamina E (YAMAMOTO et al., 2006). Deckert et al. (2002) sugeriram que a combinação de compostos fenólicos solúveis em água juntamente com o α -tocoferol hidrofóbico pode ser uma abordagem promissora, em preferência a suplementação de α -tocoferol sozinho. Isso é de especial relevância, porque mesmo um leve aumento na concentração de tocoferol no músculo (de 0,6 para 0,9 mg/kg carne) demonstrou diminuir substancialmente a oxidação lipídica em 5 e 7 dias de exibição (GONZÁLEZ-CALVO et al., 2014).

De fato, diversos estudos encontraram uma concentração mais alta de tocoferol em tecidos de animais após a inclusão dietética de extratos vegetais ricos em polifenóis. Gladine et al. (2007) encontraram maiores níveis de vitamina E no fígado de

ratos suplementados com extrato de uva e alecrim. A combinação de um extrato vegetal rico em polifenóis com α -tocoferol resultou em maior deposição de α -tocoferol na carne bovina do que o α -tocoferol sozinho (GOBERT et al., 2010).

A administração dietética com extrato de taninos de Quebracho (*Schinopsis lorentzii*) em ovelhas aumentou a concentração de α -tocoferol no leite e, consequentemente, na carne de cordeiros lactentes (LOBÓN et al., 2017). Jerónimo et al. (2020) verificaram que a suplementação de cordeiros com *Cistus ladanifer*, que contém taninos condensados, aumentou o conteúdo de α -tocoferol muscular. Valenti et al. (2018) e Biondi et al. (2019) relataram aumento da concentração de γ -tocoferol no músculo de cordeiros alimentados com extrato de tanino de *Caesalpinia spinosa*.

Em contraste, Larraín et al. (2008) encontraram uma menor deposição de vitamina E no músculo após administração de dieta rica em taninos em novilhos. Portanto, os mecanismos sobre a interação entre taninos e a vitamina E no músculo ainda não estão claros e devem seguir sendo estudados. O tipo de taninos e a dose incluída na dieta pode modificar seu efeito na deposição de tocoferol (LOBÓN et al., 2017).

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

A hipótese do trabalho é que cordeiros alimentados com compostos antioxidantes (taninos, α -tocoferol e sua combinação) podem apresentar benefícios no desempenho produtivo, na oxidação lipídica sérica e na geração de carne e carcaça de melhor qualidade.

Objetivo geral: Avaliar o efeito da suplementação de extrato taninífero de Acácia negra e α -tocoferol na dieta de cordeiros confinados em terminação sobre o desempenho produtivo, oxidação lipídica sérica e qualidade da carne e carcaça.

Objetivos específicos:

- 1) Avaliar a estabilidade oxidativa da carne de cordeiros alimentados com antioxidantes (taninos e α -tocoferol) em relação a coloração da carne e a oxidação lipídica.
- 2) Determinar os efeitos do tanino de acácia e α -tocoferol fornecidos artificialmente a cordeiros em sistema de alimentação confinado em relação a concentração de tocoferóis e de colesterol na carne.
- 3) Correlacionar o efeito do tanino de acácia e α -tocoferol fornecido artificialmente a cordeiros em sistema de alimentação confinado com o consumo de alimento, desempenho e rendimento da carcaça.
- 4) Avaliar a interação entre tanino de acácia e α -tocoferol sobre o desempenho e qualidade da carne de cordeiros.
- 5) Avaliar a peroxidação lipídica sérica dos cordeiros durante o fornecimento de antioxidantes na dieta.

A dissertação será composta por dois capítulos. No primeiro capítulo são apresentadas a introdução geral, a revisão bibliográfica e as hipóteses e objetivos da pesquisa. No segundo capítulo está apresentado o artigo científico com os principais resultados encontrados na presente pesquisa. Ao final do trabalho, encontram-se as considerações finais e as referências bibliográficas utilizadas para a dissertação.

CAPÍTULO II

Artigo elaborado de acordo com as normas da Revista Meat Science

TANINO E TOCOFEROL DIETÉTICOS SOBRE DESEMPENHO, PEROXIDAÇÃO LIPÍDICA E QUALIDADE DA CARNE E CARÇA DE CORDEIROS

Autores: Luiza Jacondino, Cesar Henrique Espírito Candal Poli, Jalise Tontini, Gladis Corrêa, Sabrina Somacal, Renius Mello, Marta Leal, Raquel Raimondo

RESUMO: Objetivou-se avaliar com o presente estudo os efeitos da suplementação de dietas de cordeiros com α -tocoferol, extrato taninífero de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) e a associação desses dois antioxidantes sobre o desempenho produtivo, oxidação lipídica sérica e qualidade da carne e carcaça. Foram utilizados 40 cordeiros, distribuídos aleatoriamente em quatro tratamentos, alimentados durante 62 dias com: 1) Controle - dieta base sem adição de antioxidante; 2) Tocoferol - dieta controle com α -tocoferol (400 mg/kg de MS); 3) Tanino - dieta controle com extrato taninífero de Acácia negra (4% MS da dieta) e 4) Tanino + tocoferol - dieta controle com α -tocoferol e extrato taninífero de Acácia negra, nas mesmas quantidades dos tratamentos anteriores. O consumo diário foi mensurado pela manhã e pela tarde e pesou-se os animais a cada 14 dias. Durante o período experimental foram realizadas 5 coletas de sangue para avaliação da peroxidação lipídica. Os cordeiros foram destinados ao abate com peso vivo médio final de $30,22 \pm 3,83$ kg. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0.05$) nas variáveis de desempenho animal: peso vivo inicial, ganho de peso médio diário e eficiência alimentar. A inclusão de taninos de *Acacia mearnsii* nas dietas reduziu o peso de carcaça fria ($P < 0.05$) e também houve uma tendência do consumo de matéria seca, do peso vivo final e da espessura de gordura subcutânea serem menores nesses tratamentos ($P = 0.0727$, $P = 0.0637$ e $P = 0.0587$, respectivamente). O estado de engorduramento da carcaça foi menor no tratamento tanino ($P < 0.05$), que também apresentou tendência a uma menor conformação da carcaça ($P = 0.0659$). A área de olho de lombo teve tendência a ser menor no tratamento tanino + tocoferol em comparação ao controle ($P = 0.0644$). A concentração de α -tocoferol no músculo *longissimus thoracis et lumborum* foi maior nos animais suplementados com vitamina E, enquanto os não suplementados apresentaram maior deposição de γ -tocoferol ($P < 0.05$). Não houve diferença no colesterol entre os tratamentos. As análises de estabilidade oxidativa foram realizadas em amostras de carne após 0, 7 e 14 dias de armazenamento refrigerado. A oxidação lipídica após 7 dias de

armazenamento foi significativamente menor ($P < 0.05$) nos cordeiros suplementados com α -tocoferol. Não houve diferença no pH final, nos descritores de cor e na formação de metamioglobina entre os tratamentos dietéticos. Houve uma tendência da concentração de malondialdeído sérico ser menor em ambos os tratamentos com tanino ($P = 0.0677$) aos 56 dias pós suplementação. Conclui-se que a suplementação de cordeiros em terminação com vitamina E é capaz de reduzir a oxidação lipídica da carne, e a suplementação com tanino demonstrou ter um potencial efeito na redução da peroxidação lipídica sérica. A redução no consumo e em algumas características da carcaça devido a adição de tanino na dieta indicam a necessidade de mais estudos.

Palavras-chave: compostos fenólicos; estabilidade oxidativa; ovinos; vida de prateleira; vitamina E

INTRODUÇÃO

A produção de carne ovina apresenta grande importância econômica e social em diversas regiões do mundo, e vem despertando atenção da sociedade científica e do mercado consumidor, tanto em relação aos aspectos quantitativos como qualitativos (Silva, 2008). A aparência visual, juntamente com a textura e o sabor são importantes atributos de qualidade que influenciam o consumidor quanto ao poder de compra de produtos cárneos (Leal et al., 2020).

Porém, alterações bioquímicas que ocorrem *post-mortem*, como a oxidação lipídica e da mioglobina, podem levar ao desenvolvimento de sabor, cor e odor desagradáveis na carne, afetando negativamente a qualidade, a vida de prateleira do produto e a sua aceitação pelo consumidor (Lima Júnior, Rangel, Urbano, & Moreno, 2013). Portanto, incrementar a estabilidade oxidativa da carne tem sido o objetivo principal da indústria, que cada vez mais vem desenvolvendo alternativas para estender a vida útil da carne de cordeiro (Leal et al., 2020), com maior segurança e menores custos possíveis.

O uso de antioxidantes naturais vem sendo proposto como alternativa aos sintéticos, pois estes últimos não são completamente aceitos pelos consumidores devido a preocupações com a saúde (Zhang, Xiao, Samaraweera, Lee, & Ahn, 2010). A administração dietética de antioxidantes naturais representa uma estratégia eficaz para inibir reações oxidativas e, portanto, oferecer um produto com maior qualidade e prazo de validade prolongado (Marc Bellés, Campo, Roncalés, & Beltrán, 2019). Além disso, contribui para a promoção de sistemas de produção de baixo insumo baseados no uso de forragens locais e subprodutos agroindustriais naturalmente ricos em moléculas bioativas (Vasta & Luciano, 2011).

Dentre os antioxidantes naturais com potencial de melhoria na qualidade da carne de cordeiros, destaca-se a vitamina E (principalmente o α -tocoferol) e extratos de plantas ricas em taninos condensados. A suplementação de dietas com α -tocoferol já foi estabelecida há muito tempo por apresentar grande potencial na melhoria da resistência da carne à deterioração oxidativa (Faustman, Chan, Schaefer, & Havens, 1998). Mais recentemente, os taninos condensados, compostos fenólicos provenientes do metabolismo secundários de plantas, também vem demonstrando capacidade

de gerar efeitos antioxidantes no músculo (Lobón, Sanz, Blanco, Ripoll, & Joy, 2017; Luciano et al., 2009, 2011).

Além disso, foi proposto que as atividades antioxidantes dos compostos fenólicos poderiam proteger outros antioxidantes da oxidação, com um efeito poupador em importantes moléculas bioativas, como a vitamina E (Barry Halliwell, Rafter, & Jenner, 2005; Vasta & Luciano, 2011; Yamamoto et al., 2006). A suplementação de dietas com extratos vegetais ricos em polifenóis se mostrou capaz de aumentar os níveis de α -tocoferol em produtos de ruminantes em diversos trabalhos (Jerónimo et al., 2020), sugerindo um possível papel sinérgico entre os taninos dietéticos e a vitamina E no músculo (Valenti et al., 2018).

Apesar das características promissoras, não existem relatos de estudos avaliando a suplementação dietética de cordeiros com vitamina E, tanino condensado e sua associação nos atributos de qualidade e estabilidade da carne. O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da suplementação de dietas de cordeiros com α -tocoferol e extrato taninífero de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) e a associação desses dois antioxidantes sobre o desempenho produtivo, oxidação lipídica sérica e qualidade da carcaça e carne.

MATERIAL E MÉTODOS

O confinamento foi desenvolvido no setor de ovinocultura da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Campus de Dom Pedrito, durante 27 de dezembro de 2019 a 11 de março de 2020. O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (CEUA-UFRGS), sob o protocolo n° 36468.

Animais, delineamento e tratamentos

Foram utilizados 40 cordeiros machos castrados, mestiços da raça Crioula Lanada, com aproximadamente 150 dias de idade e peso vivo inicial de $22,53 \pm 3,77$ kg. Os animais foram distribuídos aleatoriamente, mantendo a média de peso, em quatro tratamentos dietéticos em um delineamento experimental inteiramente casualizado

com 10 repetições. Os cordeiros permaneceram alojados em baias individuais de madeira (3 m²) e cama de areia, contendo comedouro e bebedouro.

Antes do início do experimento todos os animais receberam tratamento anti-helmíntico com Albendazol (Albendathor[®] 10%, 5 mg/kg), foram vacinados contra clostridioses (Ourovac[®] 10 TH, 2 mL), tosquiados e adaptados as baias e a dieta nos primeiros oito dias. Nesse período de adaptação, os animais receberam oferta crescente da dieta base a 1; 1,5; 2 e 4% do peso vivo no primeiro, terceiro, quinto e sétimo dia, respectivamente. Após esse período, os cordeiros passaram a ser alimentados com suas respectivas dietas experimentais *ad libitum*, duas vezes ao dia, às 8h 30 e às 18h 30, com água sempre disponível.

Todos os tratamentos foram compostos por uma dieta base (Tabela 1), formulada para atender as exigências de crescimento dos animais em 200 g/animal/dia (NRC, 2007), acrescidas das fontes antioxidantes por meio de uma pré-mistura específica: 1) tratamento controle - dieta base; 2) tratamento tocoferol – dieta base com α -tocoferol (400 mg/kg de MS); 3) tratamento tanino – dieta base com extrato taninífero de Acácia negra (40 g/kg de MS) e 4) tratamento tanino + tocoferol – dieta base com α -tocoferol (400 mg/kg de MS) e extrato taninífero de Acácia negra (40 g/kg de MS).

O α -tocoferol foi manipulado e o extrato taninífero de Acácia negra (*Acacia mearnsii*) foi fornecido pela empresa SETA[®] (Estância Velha/RS, Brasil).

A oferta foi ajustada todos os dias durante o período experimental de maneira a proporcionar sobras diárias de aproximadamente 20%. As quantidades ofertadas e recusadas de ração eram registradas diariamente para mensurar o consumo de matéria seca (CMS). Os cordeiros foram pesados em balança digital a cada 14 dias, com jejum prévio de sólidos de 12 horas.

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas experimentais.

	Controle	Tocoferol	Tanino	Tanino + tocoferol
Ingredientes (g/kg)				
Casca de soja	75	75	75	75
Farelo de soja	14	14	14	14
Milho	10	10	10	10
Sal mineral	1	1	1	1
Extrato de acácia negra (g/kg)	0	0	40	40
α -tocoferol (mg/kg)	0	400	0	400
Composição química (% MS)				
Matéria seca (%)	91.02	89.82	90.61	89.79
Proteína bruta	15.5	14.5	15.5	14.3
Fibra em detergente neutro	61.73	60.78	64.60	66.54
Fibra em detergente ácido	42.0	45.2	40.5	40.7
Cinzas	5.0	4.9	4.7	4.8
Extrato etéreo	2.5	1.9	2.6	2.3
Compostos fenólicos (g/kg MS)				
Fenóis totais*	3.1	3	46.1	25.9
Taninos totais*	1.3	1.1	43	22.4
Taninos condensados	0.12	0.2	16.7	9.4
Tocoferóis (mg/kg MS)				
γ -tocoferol	1.27	3.26	1.08	4.35
α -tocoferol	1.82	241.52	1.85	363.66

*Expressos como g de equivalente de ácido tânico por kg de matéria seca.

Análises da dieta

Amostras das dietas experimentais foram coletadas em 4 momentos e armazenadas a -30°C . A amostra da dieta para análise foi obtida pela mistura de quantidades iguais das subamostras coletadas. Foram realizadas análises químicas para determinação dos teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB) conforme metodologia da AOAC (1995), fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com Van Soest, Robertson, & Lewis (1991), e fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering & Van Soest (1970).

Para análise de vitamina E, α e γ -tocoferóis foram extraídos e analisados nas rações de acordo com metodologia de Prates, Quaresma, Bessa, Fontes, & Alfaia (2006). A análise de tocoferóis da ração foi realizada da mesma forma como descrito abaixo para carnes.

Os compostos fenólicos totais e taninos totais (método de Folin-Ciocalteu), bem como a concentração de taninos condensados (método de HCl-butanol) foram quantificados nas rações após extração com acetona aquosa (70%, v/v), seguindo os

procedimentos de Makkar (2000). As análises foram realizadas em duplicata. Para as análises de fenóis totais e taninos totais, o ácido tânico foi usado como padrão, enquanto a concentração de taninos condensados foi calculada como equivalente de leucocianidina por meio da equação $[\text{Abs } 550 \text{ nm} \times 78.26 \times \text{fator de diluição}] / \% \text{MS}$ (MAKKAR, 2000).

Coleta e análises sanguíneas

Para análises da peroxidação lipídica, coletas de sangue foram realizadas a cada 14 dias, mediante punção da veia jugular externa, utilizando-se o sistema Vacutainer® por meio de agulhas 25x8 em tubos de sorologia sem anticoagulante. Após a coleta, as amostras foram centrifugadas, transferidas para microtubos de 2 mL e congeladas a -20°C para posterior análise.

A medida das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foi realizada segundo metodologia de Jentzsch, Bachmann, Fürst, & Biesalski (1996) para avaliar a oxidação lipídica no soro. O soro (200 uL) foi diluído com 550 uL de água destilada, 1 mL de ácido ortofosfórico (0,2 M) e 250 uL de ácido 2-tiobarbitúrico-TBA (0,1 M). As amostras foram homogeneizadas e incubadas em banho maria a 90°C por 45 min e a leitura foi realizada em espectrofotômetro a 532 nm. A dosagem e determinação das proteínas foi realizada de acordo com método descrito por Bradford (1976). Todas as análises foram realizadas em duplicata e os resultados foram expressos em nmol malondialdeído (MDA)/mg de proteína.

Abate e amostragem muscular

Os cordeiros foram abatidos 62 dias após o início dos tratamentos dietéticos em um abatedouro comercial (Frigorífico Estância - Santana do Livramento/RS), de acordo com as normas do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal – RIISPOA (Brasil, 2000). Após 12 horas de jejum e dieta hídrica, os animais foram insensibilizados com pistola pneumática penetrante e sangrados pela secção dos grandes vasos do pescoço. As carcaças foram pesadas 24 h após refrigeração a 4°C. Após esse período, avaliou-se visualmente a conformação (OSÓRIO et al., 1998), e o estado de engorduramento (CAÑEQUE, SAÑUDO, 2000) das carcaças. A área de olho de lombo (AOL) foi medida através de um corte entre a 12ª

e a 13ª vértebra torácica, expondo a superfície transversal do músculo *Longissimus dorsi*, no qual foi traçado o contorno do músculo em papel vegetal. A determinação da AOL foi feita por meio de imagens digitalizadas através do software DDA - Determinador Digital de Áreas (FERREIRA et al., 2008). A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi mensurada através da utilização de um paquímetro.

O músculo *longissimus thoracis et lumborum* (LTL) foi removido do lado direito de cada carcaça, seccionado em porções de aproximadamente 2 cm de espessura, embaladas em papel alumínio e a vácuo, congeladas em nitrogênio líquido e preservadas a - 80°C até a realização das análises de estabilidade oxidativa e dos teores de tocoferóis e colesterol.

Análises na carne

Para a avaliação da estabilidade oxidativa da carne, as amostras do músculo LTL foram retiradas do papel alumínio, descongeladas, dispostas em bandejas embaladas com filme de PVC e armazenadas a 4°C, simulando as condições de varejo. A oxidação lipídica, a estabilidade da cor da carne e o pH final foram mensurados no dia 0, 7 e 14 dias de armazenamento refrigerado, utilizando-se uma porção de LTL para cada dia de armazenamento.

A oxidação lipídica foi avaliada por meio da quantificação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), de acordo com o método descrito por Vyncke (1970). Amostras de carne (2,5 g) foram homogeneizadas com 0,250 mL de BHT (0,2%) e 10 mL de ácido tricloroacético (7,5%), usando um homogeneizador de tecidos Ultra-Turrax (Tecnal®) a 18000 rpm por 1 minuto. As amostras homogeneizadas foram filtradas e centrifugadas por 5 min à 3500 rpm em temperatura de 5°C (Centrifuge 5804 R®). Após, 3 mL do centrifugado foram adicionados a 3 mL de ácido tiobarbitúrico (0,02 M) em tubos de vidro e submetidos a vórtex. Os tubos foram incubados em banho maria a 80°C por 40 min, e a absorbância de cada amostra foi lida a 538 nm usando um espectrofotômetro (Servylab®). As amostras foram analisadas em duplicata. A curva padrão de 1,1,3,3-tetraetoxipropano foi usada para calcular a concentração de TBARS e os resultados foram expressos como mg de malondialdeído (MDA)/kg de carne.

A avaliação instrumental da cor foi realizada diretamente na superfície da carne, após 30 min de exposição ao ar. Utilizou-se um colorímetro Minolta® CM-700D

(Konica Minolta, Japão), com iluminante A, diâmetro de área medida de 3 mm, ângulo de observação 10° e componente especular incluído (SCI). Cada valor foi a média de seis determinações por amostra. Os descritores registrados de acordo com o sistema CIELab foram luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*), saturação (C^*) e tonalidade (H^*), de acordo com a American Meat Science Association (AMSA, 2012). Os espectros de refletância de comprimento de onda de 360 a 740 nm também foram registrados para o cálculo da formação de metamioglobina (MMb) (AMSA, 2012).

O pH foi mensurado eletronicamente com um potenciômetro digital calibrado em solução tampão com pH 4,0 e 7,0.

A análise de colesterol, alfa (α) e gama (γ) tocoferóis foi realizada simultaneamente no músculo LTL de acordo com o procedimento descrito por Prates, Quaresma, Bessa, Fontes, & Alfaia (2006). As amostras de carne (1 g) foram saponificadas (solução de KOH 11% em solução de etanol 55%) a 80°C por 15 minutos e homogeneizadas com solução de hexano com BHT (0,05 mg/mL). Os tocoferóis e o colesterol foram extraídos com n-hexano e secos sob fluxo de N₂.

A análise foi realizada usando um Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho CBM-20A Prominence HPLC (Shimadzu, Kyoto, Japão) equipado com desgaseificador (proeminência DGU20A5, Shimadzu, Japão), forno de coluna (proeminência CTO-20A, Shimadzu, Japão) e acoplado a um detector UV/Vis (Proeminência SPD-20AV, Shimadzu, Japão) e um detector de fluorescência (proeminência RF-20A, Shimadzu, Japão) em série. A separação foi realizada em uma coluna C-18 Agilent Microsorb-MV 100-5 C de fase reversa (tamanho de partícula de 5 μ m, 250 mm, 4,6 mm) a 30°C. O volume de injeção foi de 20 μ L e a fase móvel foi uma mistura de acetonitrila/metanol/MTBE (65:25:10 v/v) a uma taxa de fluxo de 0,8 mL/min. Os cromatogramas foram obtidos usando detecção UV-Vis para colesterol (202 nm) e detecção de fluorescência para tocoferóis (excitação em 295 nm e emissão em 325 nm). Curvas de calibração para colesterol ($y = 14850x - 495778$; $r = 0,987$); α -tocoferol ($y = 2066141x + 73218$; $r = 0,999$) e γ -tocoferol ($y = 15801905x - 63905$; $r = 0,999$) foram construídos usando padrões de referência da Sigma-Aldrich (Saint Louis, MI, EUA) (colesterol, C8667; α -tocoferol, T3251 e γ -tocoferol, T1782). O limite de detecção (LoD) e o limite de quantificação (LoQ) para colesterol, α e γ tocoferóis foram, respectivamente, 0,830 e 2,516 ppm; 0,052 e 0,159 ppm e 0,005 e 0,014 ppm.

O conteúdo de colesterol foi expresso em mg/100 g de amostra e o conteúdo de tocoferóis foi expresso em mg/kg de amostra.

Análise estatística

Os resultados foram analisados como um delineamento completamente ao acaso com dez repetições. Cada animal foi considerado como a unidade experimental. Foram realizadas análises de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo Teste de Tukey ao nível de significância de 5 %. Os dados de estabilidade oxidativa (descritores de cor, metamioglobina, pH final e TBARS) na carne foram analisados usando o procedimento MIXED do software SAS 9.4. Os fatores fixos no modelo foram dieta (controle, tocoferol, tanino e tanino + tocoferol), tempo de armazenamento (Tempo: dias 0, 7, 14) e sua interação (Dieta × Tempo). O animal foi incluído como efeito aleatório no modelo.

RESULTADOS

Desempenho animal e características de carcaça

Os resultados sobre as variáveis de desempenho e características de carcaça são apresentados na Tabela 2. O peso inicial, ganho de peso médio diário e eficiência alimentar não diferiram entre os tratamentos. A inclusão de taninos de *Acacia mearnsii* em ambas as dietas (tanino e tanino + tocoferol) reduziu o peso e o rendimento de carcaça fria ($P < 0.05$), também houve uma tendência do consumo de matéria seca (CMS), do peso vivo final (PVF) e da espessura de gordura subcutânea (EGS) serem menores nesses tratamentos ($P = 0,0727$, $P = 0.0637$ e $P = 0.0587$, respectivamente). O estado de engorduramento da carcaça foi menor ($P < 0.05$) no tratamento tanino que também apresentou tendência a uma menor conformação da carcaça ($P = 0.0659$). A área de olho de lombo (AOL) teve tendência a ser menor no tratamento tanino + tocoferol em comparação ao controle ($P = 0.0644$).

Tabela 2. Efeito da inclusão de tocoferol e tanino na dieta sobre o desempenho produtivo e características de carcaça de cordeiros em sistema de confinamento.

Variável	Dieta				Média	P valor	Erro padrão	CV, %
	Controle	Tocoferol	Tanino	Tanino + tocoferol				
Peso inicial (kg)	23.48	22.5	22.09	22.14	22.53	0.8543	0.26	16.56
Peso final (kg)	32.74	30.82	28.50	29.08	30.22	0.0637	0.27	12.56
Ganho de peso médio diário (g/d)	149	134	103	111	124	0.1177	74.3	37.41
Consumo de matéria seca (kg/d)	1.12	1.04	0.94	0.98	1.02	0.0727	0.02	15.88
Conversão alimentar	8.05	9.18	10.01	9.19	9.13	0.5608	0.47	31.94
Eficiência alimentar	0.13	0.12	0.10	0.11	0.12	0.3838	0.005	28.47
Peso de carcaça fria (kg)	16.02 ^a	14.68 ^{ab}	13.07 ^b	13.41 ^b	14.25	0.0131	0.16	15.74
Conformação	3.27	3.10	2.80	3.00	3.04	0.0659	0.02	13.15
Rendimento de carcaça fria (%)	48.86 ^a	47.65 ^{ab}	45.75 ^b	45.98 ^b	47.02	0.0495	0.20	6.02
AOL (cm ²)	13.37	11.49	12.10	10.92	11.94	0.0664	0.33	17.69
Engorduramento	3.16 ^a	2.95 ^{ab}	2.55 ^b	2.65 ^{ab}	2.82	0.0137	0.03	16.83
EGS (mm)	5.10	4.91	3.42	3.36	4.18	0.0587	0.13	44.68

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha denotam diferença estatística ($P < 0.05$).

Eficiência alimentar (kg ganho/kg alimento ingerido)

EGS = espessura de gordura subcutânea

AOL = área de olho de lombo

Estabilidade oxidativa

A Tabela 3 mostra as variáveis de estabilidade oxidativa mensuradas na carne dos quatro tratamentos dietéticos durante 14 dias de armazenamento aeróbio refrigerado. Os descritores de cor da carne não foram afetados pela dieta, mas todos foram afetados pelo tempo de armazenamento ($P < .0001$), com valores de tonalidade (H^*) aumentando ao longo do tempo enquanto os valores de luminosidade (L^*), vermelhidão (a^*), palidez (b^*) e saturação (C^*) diminuíram.

Os valores de TBARS, pH e metamioglobina aumentaram ($P < .0001$) ao longo do tempo de armazenamento. O pH não foi afetado pela dieta fornecida aos cordeiros.

Quando se considerou o efeito da oxidação lipídica (TBARS) no músculo ao longo do tempo foi possível observar uma tendência ($P = 0.0685$) de diferença entre as dietas, com valores de TBARS menores nos cordeiros do tratamento tocoferol em relação ao tratamento tanino. Resultado semelhante foi encontrado quando se analisou apenas o efeito da oxidação lipídica após 7 dias de armazenamento. Nesse caso, a oxidação lipídica foi menor ($P = 0.0035$) nos cordeiros suplementados com α -tocoferol (Tabela 4).

Tabela 3. Efeito da inclusão de tocoferol e tanino na dieta de cordeiros confinados e diferentes tempos de armazenamento sobre as variáveis de estabilidade oxidativa da carne.

Variáveis	Dieta (D)				Tempo de armazenamento (T)			P valor			Erro padrão	CV, %
	Controle	Tocoferol	Tanino	Tanino + tocoferol	0	7	14	D	T	DxT		
pH	5.88	5.78	5.81	5.89	5.59 ^c	5.73 ^b	6.21 ^a	0.6923	<.0001	0.1767	0.04	6.99
L*	39.30	39.79	40.93	41.09	40.29 ^b	42.06 ^a	38.56 ^c	0.4480	<.0001	0.0088	0.33	8.80
a*	13.88	14.11	14.24	14.23	16.36 ^a	14.08 ^b	11.92 ^c	0.8894	<.0001	0.9955	0.22	17.20
b*	11.71	12.24	12.62	12.55	12.39 ^b	13.19 ^a	11.30 ^c	0.3687	<.0001	0.0821	0.17	15.03
C*	18.26	18.77	19.12	19.07	20.55 ^a	19.32 ^b	16.57 ^c	0.5197	<.0001	0.6143	0.23	13.33
H*	40.19	41.08	41.67	41.64	37.08 ^b	43.10 ^a	43.34 ^a	0.6710	<.0001	0.4225	0.50	13.27
OMb%	46.60	47.84	46.52	45.08	53.58 ^a	47.58 ^b	38.37 ^c	0.6253	<.0001	0.9798	0.87	20.18
DMb%	18.88	16.05	17.82	18.84	21.84 ^a	12.11 ^b	19.74 ^a	0.7400	<.0001	0.5064	0.98	59.66
MMb%	34.51	36.11	35.65	36.08	24.57 ^b	40.31 ^a	41.89 ^a	0.9454	<.0001	0.7988	1.20	36.33
TBARS ^a	0.54	0.42	0.76	0.58	0.20 ^b	0.40 ^b	1.13 ^a	0.0685	<.0001	0.3650	0.05	103.15

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha denotam diferença estatística entre os tempos ($P < 0.05$). L* = luminosidade; a* = vermelhidão; b* = palidez; C* = saturação; H* = tonalidade; OMb = oximioglobina, DMb = desoximioglobina, MMb = metamioglobina. ^aOxidação lipídica, medida como valores de TBARS (mg MDA/kg carne)

Tabela 4. Oxidação lipídica (TBARS mg MDA/kg de carne) durante 14 dias de armazenamento.

Tempo de armazenamento	Dieta				Média	P valor	Erro padrão	CV, %
	Controle	Tocoferol	Tanino	Tanino + tocoferol				
Dia 0	0.18	0.19	0.23	0.20	0.20	0.5818	0.09	45.15
Dia 7	0.45 ^{ab}	0.25 ^b	0.63 ^a	0.32 ^b	0.41	0.0035	0.26	63.86
Dia 14	1.01	0.83	1.45	1.22	1.13	0.2657	0.73	64.49

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha denotam diferença estatística ($P < 0.05$).

Vitamina E muscular e colesterol

A concentração de tocoferóis e colesterol total na carne para as dietas estão apresentados na Tabela 4. As concentrações de α -tocoferol na carne dos cordeiros alimentados com tocoferol e tanino + tocoferol foram maiores ($P < .0001$) em relação as demais dietas. A concentração muscular de γ -tocoferol foi maior ($P < .0001$) nos animais não suplementados com tocoferol (dietas controle e tanino). As dietas não afetaram ($P > 0.05$) os teores de colesterol.

Tabela 5. Concentração de tocoferóis e colesterol no músculo LTL de cordeiros suplementados com extrato taninífero de *Acacia mearnsii* e α -tocoferol.

Variáveis	Dietas				Média	P valor	Erro padrão	CV, %
	Controle	Tocoferol	Tanino	Tanino + tocoferol				
Colesterol (mg/100g)	59.07	60.01	60.41	59.07	59.70	0.9162	0.80	7.75
Tocoferóis (mg/kg)								
γ -tocoferol	0.08 ^a	0.02 ^b	0.08 ^a	0.03 ^b	0.06	<.0001	0.005	50.72
α -tocoferol	0.98 ^b	4.07 ^a	0.80 ^b	4.36 ^a	2.55	<.0001	0.33	71.13

Médias seguidas de letras distintas na mesma linha denotam diferença estatística ($P < 0.05$).

Peroxidação lipídica

Quanto as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) que avalia a peroxidação lipídica sérica, houve uma tendência ($P = 0.0677$) das concentrações de malondialdeído (MDA), aos 56 dias de experimento, serem menores em ambos os tratamentos contendo extrato de tanino de *Acacia mearnsii* (tanino e tanino + tocoferol) (Tabela 5).

Tabela 6. Efeito da suplementação dietética com extrato taninífero de *Acacia mearnsii* e α -tocoferol nos valores de malondialdeído (MDA) no soro de cordeiros.

Tempo (T)	Dietas (D)				Média	P valor	Erro padrão	CV, %
	Controle	Tocoferol	Tanino	Tanino + tocoferol				
	TBARS, nmol MDA/mg ptn							
Dia 0	10.94	11.41	11.20	10.77	11.09	0.9810	0.565	31.83
Dia 14	6.76	8.81	9.87	8.06	8.42	0.3658	0.619	45.92
Dia 28	9.16	8.84	9.66	9.96	9.42	0.8930	0.544	36.08
Dia 42	6.14	7.67	6.91	7.65	7.12	0.4394	0.370	32.46
Dia 56	6.26	7.80	5.41	5.52	6.25	0.0677	0.367	36.77

DISCUSSÃO

Desempenho e características de carcaça

O tanino de Acácia negra, o α -tocoferol, ou ambos antioxidantes fornecidos na dieta de cordeiros não demonstraram ter um efeito direto e sinérgico importante no desempenho dos animais (ganho de peso médio diário, consumo e eficiência alimentar). Outros trabalhos também avaliaram que a suplementação de taninos de *Acacia mearnsii* não apresentaram efeito significativo nas variáveis de desempenho

(Biondi et al., 2019; Sinz, Liesegang, Kreuzer, & Marquardt, 2019; Valenti et al., 2018). Da mesma forma, um grande número de estudos (Berthelot, Broudiscou, & Schmidely, 2014; Lauzurica et al., 2005; Leal et al., 2018; Zhao et al., 2013) demonstraram que a ingestão acima do requerimento nutricional de tocoferol não exerce nenhum efeito sobre o ganho de peso médio diário, peso vivo, consumo de ração ou eficiência alimentar de cordeiros.

Além disso, esses trabalhos sugerem que nem a conformação da carcaça nem a gordura são afetadas pela vitamina E da dieta. De acordo com Bellés et al. (2019), a suplementação de vitamina E na dieta de cordeiros maduros não afeta o desempenho ou as características de carcaça quando os requerimentos mínimos para o crescimento e saúde já estão satisfeitos. Os efeitos benéficos da adição de vitamina E no desempenho produtivo normalmente são observados somente em animais muito jovens/lactentes (Maiorano et al., 2007).

Quanto as características de carcaça, Louvandini et al. (2014) relataram que a suplementação de cordeiros com taninos de *Acacia mearnsii* não afetou o peso de carcaça nem a cobertura de gordura. No entanto, no nosso estudo observou-se um menor peso de carcaça fria nos cordeiros suplementados com extrato tânico de *Acacia mearnsii*. Esse resultado deve ser devido ao menor consumo de matéria seca nestas dietas que, embora não significativo, apresentaram tendência a ser menor ($P = 0.0727$). Da mesma forma, Krueger et al. (2010) relataram menor peso de carcaça quente em bovinos suplementados com tanino de *Acacia mearnsii*. Então, a suplementação com tanino pode, potencialmente, gerar um efeito negativo na produção.

Vários mecanismos foram propostos para explicar por que os taninos da dieta podem prejudicar o desempenho dos ruminantes (Makkar, 2003). Sabe-se que pode haver uma relação negativa entre a concentração de taninos na dieta e a ingestão de matéria seca, dependendo da origem e dosagem dos taninos (Aerts, Barry, & McNabb, 1999; Byeng Ryel Min & Solaiman, 2018). Sugere-se que níveis altos de taninos nas dietas (>5%) podem exercer efeitos prejudiciais, enquanto que níveis moderados (2 a 4%) podem resultar em efeitos neutros ou mesmo positivos (Min, Barry, Attwood, & McNabb, 2003). No presente trabalho a adição de 4% de extrato tânico estaria dentro do intervalo considerado seguro, porém a atividade biológica dos taninos condensados não pode ser determinada apenas pela sua concentração na dieta, esta atividade está relacionada a outros fatores como a capacidade das moléculas em

precipitar proteínas, peso molecular e suas características estruturais relacionadas a estereoquímica (Tontini, Poli, Hampel, Minho, & Muir, 2019). A menor ingestão pode estar relacionada ao sabor adstringente dos taninos, que também foi proposto como um dos fatores responsáveis pela redução no consumo (Mueller-Harvey, 2006). Por outro lado, esse estudo demonstrou que o tocoferol não reduziu ou minimizou os efeitos negativos do tanino.

Oxidação lipídica

No presente estudo, a suplementação de vitamina E na dieta foi eficaz na prevenção da formação de MDA muscular durante o armazenamento aeróbio refrigerado, uma vez que menores valores de TBARS foram encontrados a partir do dia 7 em relação aos outros tratamentos. Esses achados foram consistentes com os resultados encontrados por outros autores (Lauzurica et al., 2005; Muíño et al., 2014; Ripoll, Joy, & Muñoz, 2011) que demonstraram a eficácia da vitamina E na redução da oxidação lipídica na carne de cordeiros.

Sabe-se que a oxidação de lipídios e proteínas da carne contribui amplamente para a deterioração do sabor dos produtos cárneos (Campo et al., 2006), sendo que o TBARS é um bom indicador no desenvolvimento de ranço e *off-flavors*. Destaca-se que os valores de TBARS estiveram abaixo do limite de 1 mg MDA/kg, no qual os consumidores podem perceber sabores estranhos e ranço na carne (Ripoll et al., 2011) em ambos os tratamentos suplementados com vitamina E, mesmo após 7 dias de armazenamento.

Alguns trabalhos demonstraram que os taninos também possuem a capacidade de prevenir a peroxidação lipídica. Liu, Li, Mingbin, Zhao, & Xiong (2016) observaram que a suplementação de taninos de Castanha (*Castanea sativa*) na dieta reduziu a concentração de malondialdeído (MDA) na carne de cordeiros. Lobón, Sanz, Blanco, Ripoll, & Joy (2017) avaliaram que a inclusão de taninos de Quebracho no concentrado de ovelhas reduziu a oxidação lipídica no músculo dos cordeiros lactentes. No entanto, outros estudos suplementando cordeiros com taninos de *Acacia mearnsii* (Biondi et al., 2019; Valenti et al., 2018) também não encontraram efeitos na oxidação lipídica. Esses resultados reforçam o fato de que o tanino de Acácia não possui efeito na redução da oxidação lipídica em carne de animais ruminantes. Possivelmente, as transformações do tanino que ocorrem no rúmen e na digestão e

metabolização desse antioxidante não permite utilizá-lo através da dieta para reduzir a oxidação da carne em ovinos. O presente estudo demonstra também que não há um efeito sinérgico entre os dois antioxidantes dietéticos (tanino e tocoferol) na redução da oxidação da carne.

Cor, metamioglobina e pH da carne

Apesar de estudos demonstrarem a capacidade tanto da vitamina E (Bellés, Alonso, Roncalés & Beltrán, 2017) quanto dos taninos (Biondi et al., 2019; Luciano et al., 2009, 2011) de proteger a carne da descoloração, no presente estudo não houve efeito dos tratamentos dietéticos quanto a formação de metamioglobina e os descritores de cor. Lobón et al. (2017) verificaram que a inclusão de taninos de Quebracho na dieta de cordeiros não produziu efeitos sobre os descritores de cor e a formação de metamioglobina, e mencionaram que a fonte de taninos pode influenciar seu efeito na cor da carne. Outros trabalhos também não encontraram alteração da cor da carne de cordeiros quando alimentados com diferentes tipos de taninos (Francisco et al., 2015; Valenti et al., 2018). No entanto, Biondi et al. (2019) encontraram uma menor porcentagem de metamioglobina na carne de cordeiros suplementados com *Acacia mearnsii* (4% na MS da dieta).

Outra variável que não mostrou ser afetado pelo tanino dietético é o pH final da carne. Lobón et al. (2017) também observaram que a inclusão de taninos de Quebracho no concentrado de cordeiros em terminação não afetou o pH da carne. Além do tanino, observou-se que a suplementação com α -tocoferol na dieta não teve efeitos no pH da carne de cordeiros. Esse resultado também foi observado em outros trabalhos (Ortuño, Serrano, & Bañón, 2015). Pode-se concluir que o pH da carne de cordeiros não é afetado por antioxidantes dietéticos, como tanino e tocoferol.

Concentração de vitamina E muscular e colesterol

De forma diferente do α -tocoferol, encontrou-se uma maior concentração de γ -tocoferol no músculo dos cordeiros do tratamento controle e do tanino. Biondi et al. (2019) e Valenti et al. (2018) relataram aumento da concentração de γ -tocoferol no músculo de cordeiros alimentados com extrato de tanino de Tara (*Caesalpinia spinosa*), sugerindo que os taninos possuem a capacidade de interagir positivamente

com a vitamina E no músculo, embora os mecanismos não possam ser explicados. Valenti et al. (2018) afirmam que esse efeito pode ser devido ao fato de o extrato de Tara conter taninos hidrolisáveis que, ao contrário dos taninos condensados, podem ser degradados e absorvidos e poderia, portanto, exercer um efeito protetor sobre vitamina E tanto no trato gastrointestinal quanto nos tecidos. Porém, apesar do aumento de γ -tocoferol, não houve uma melhora na estabilidade oxidativa. Esse resultado pode ser parcialmente explicado pela concentração muito baixa de γ -tocoferol em comparação com os outros isômeros da vitamina E e a sua menor ação antioxidante quando comparada ao α -tocoferol (Biondi et al., 2019).

A concentração média de α -tocoferol muscular (0.89 mg α -tocoferol/kg) dos animais não suplementados está de acordo com outros trabalhos avaliando a concentração de vitamina E muscular de cordeiros, com valores entre 0.73 a 0.95 mg α -tocoferol/kg (Álvarez et al., 2008; Kasapidou et al., 2012; Lauzurica et al., 2005). Em comparação, a suplementação da dieta com vitamina E (tratamentos tocoferol e tanino + tocoferol) aumentou a concentração de α -tocoferol na carne ($P < .001$), atingindo uma média de 4.22 mg α -tocoferol/kg. Nesse caso, a concentração de vitamina E muscular foi 4,7 vezes maior nos cordeiros suplementados com esta vitamina em relação aos não suplementados. Em nosso estudo, esse valor se mostrou capaz de reduzir efetivamente a oxidação lipídica da carne aos 7 dias de armazenamento refrigerado.

Existe uma forte correlação entre o conteúdo de α -tocoferol no músculo e sua capacidade de proteger contra as reações oxidativas. Concentrações de α -tocoferol entre 1.87 e 2.37 mg/kg de carne se mostraram eficazes em relação a redução da oxidação de lipídios e pigmentos durante longos períodos de conservação (Álvarez et al., 2008). Já em estudo de Kasapidou et al. (2012), o nível mínimo de vitamina E necessário para prevenir a oxidação lipídica foi de 1,9 mg/kg de músculo. Entretanto, discordâncias na concentração alvo podem ocorrer devido a diferenças na susceptibilidade da carne à oxidação, que depende da composição do músculo, tais como conteúdo de lipídios insaturados e pigmentos heme (Falowo, Fayemi, & Muchenje, 2014). Por outro lado, variáveis extrínsecas como iluminação e composição da atmosfera também influenciam na oxidação lipídica. Assim, parece difícil estabelecer uma concentração mínima de tocoferol muscular para evitar completamente a oxidação lipídica, uma vez que existem vários fatores que participam dessas reações (Bellés et al., 2019).

Aumento da concentração de α -tocoferol nos tecidos após sua suplementação dietética em cordeiros foi relatado em estudos anteriores (Guidera, Kerry, Buckley, Lynch, & Morrissey, 1997; López-Bote, Daza, Soares, & Berges, 2001). No entanto, a deposição de tocoferol no músculo depende da dosagem, da fonte e do período de suplementação (Marc Bellés et al., 2019). No presente trabalho, a suplementação de dietas de cordeiros com 400 mg/kg de MS de vitamina E durante 62 dias resultou em um conteúdo de α -tocoferol médio no músculo *longissimus thoracis et lumborum* de 4.07 e 4.37 mg α -tocoferol/kg nos tratamentos tocoferol e tanino + tocoferol, respectivamente. De forma semelhante, Kasapidou et al. (2012) suplementando cordeiros durante o mesmo período, obtiveram uma concentração menor de 3.73 mg de α -tocoferol/kg no músculo semimembranoso, mesmo com um nível de suplementação mais alto (500 mg/kg). O presente estudo também não demonstrou existir uma ação conjunta entre o tocoferol e o tanino na concentração de tocoferol no músculo. Esses resultados confirmam que a relação entre níveis de tocoferol e sua deposição no músculo não é linear (Marc Bellés et al., 2019) e que a deposição de tocoferol muscular pode ser afetada por diferentes condições.

Apesar da vitamina E ser lipossolúvel e estar principalmente depositada em tecidos gordurosos do corpo, essa vitamina demonstrou não estar relacionada com a molécula lipídica de colesterol. Esse resultado confirma essa dissociação demonstrada por Salvatori et al. (2004) com cordeiros. Esses autores também não observaram diferenças significativas entre o grupo controle e o grupo suplementado com Vitamina E no nível de colesterol na carne. Da mesma forma que o α -tocoferol, o tanino não demonstrou ter efeito sobre os níveis de colesterol na carne. Esse resultado confirma o que também foi reportado por Brogna et al. (2014) com tanino de Quebracho. Eles não observaram efeitos na concentração de colesterol da carne de cordeiros suplementados com extrato de tanino.

Peroxidação lipídica sérica

Ambos os tratamentos suplementados com taninos de *Acacia mearnsii* (tanino e tanino + tocoferol) apresentaram uma tendência na redução das concentrações séricas de malondialdeído no pré-abate (aos 56 dias). Essa redução mostra um potencial efeito benéfico na peroxidação lipídica. O status oxidativo de um animal desempenha um papel importante na regulação e manutenção das funções

fisiológicas e imunológicas (Chauhan et al., 2014). O estresse oxidativo ocorre como resultado do excesso da produção de espécies reativas (ER) de oxigênio ou nitrogênio e/ou da capacidade antioxidante deficiente do organismo (Gaschler & Stockwell, 2017), podendo causar efeitos deletérios em lipídios, proteínas e DNA (Halliwell, 2007). Em ruminantes, o estresse oxidativo está envolvido em diversos processos patológicos, incluindo sepse, mastite, enterite, pneumonia, doenças respiratórias e articulares (Lykkesfeldt & Svendsen, 2007), com impacto na produção e bem-estar animal. A peroxidação lipídica pode causar efeitos deletérios nas membranas celulares, afetando a saúde animal e a qualidade de seus produtos (carne/leite), portanto a suplementação com antioxidantes na dieta representa uma ferramenta útil para manter a homeostase redox (Chauhan et al., 2014).

No presente estudo, o tanino demonstrou ter um potencial de reduzir a peroxidação lipídica sérica. Já foi demonstrado que a suplementação de taninos na dieta é capaz de induzir efeitos antioxidantes nos tecidos (Gladine et al., 2007; López-Andrés et al., 2013; Peng et al., 2016) possivelmente através de um mecanismo indireto, capaz de exercer efeitos protetores no trato gastrointestinal através da remoção ou quelação de compostos pró-oxidantes e redução da peroxidação lipídica, resultando em uma melhora geral do status antioxidante do animal (Halliwell et al., 2005; Kerem, Chetrit, Shoseyov, & Regev-Shoshani, 2006). Portanto, a melhoria da saúde animal e do desempenho produtivo estão intimamente associados ao aumento da capacidade antioxidante de animais alimentados com dietas contendo antioxidantes (Kumar et al., 2009; Sahin, Sahin, & Kucuk, 2003; Wang, Yang, Wang, Yang, & Cui, 2011). Entretanto o presente estudo demonstra que para que ocorra alguma redução na oxidação lipídica sérica pelo tanino há a necessidade de fornecer tanino por no mínimo 56 dias. Esse foi o mesmo período de suplementação utilizado por Liu et al. (2016) que também verificaram que a adição de taninos de Castanha (*Castanea sativa*) na dieta proporcionou uma menor concentração de malondialdeído no soro, carne e fígado de cordeiros sob estresse térmico. A extensão da peroxidação lipídica também foi reduzida em cordeiros suplementados com taninos de *Ficus infectoria* (Dey, Dutta, & Sharma, 2015) e em bovinos suplementados com taninos condensados provenientes de folhas de *Ficus bengalensis* (Dey & De, 2014), melhorando o status antioxidante desses animais.

López-Andrés et al. (2013) observaram que a suplementação com taninos de Quebracho aumentaram a capacidade antioxidante do plasma e do fígado em ovinos.

Gladine, Rock, Morand, Bauchart, & Durand (2007) observaram uma redução da peroxidação de lipídeos plasmáticos e uma melhoria do estado antioxidante total do plasma de ovelhas após a administração de extratos de plantas ricos em polifenóis. A inclusão de forragem contendo taninos condensados melhorou o status antioxidante de bovinos, caprinos e ovinos, aumentando a atividade antioxidante sérica (Dey & De, 2014; Dutta et al., 2012; Q. Q. Huang et al., 2015; Peng et al., 2016). Isso é de especial importância porque o aumento do status antioxidante é sugerido como um dos maiores benefícios da alimentação com taninos sobre o desempenho e bem-estar animal (Huang, Liu, Zhao, Hu, & Wang, 2018).

Estabilidade oxidativa da carne

A estabilidade oxidativa da carne depende do equilíbrio entre os substratos oxidáveis do músculo (como os ácidos graxos poliinsaturados) e as defesas antioxidantes, tais como os compostos exógenos como a vitamina E (Bekhit, Hopkins, Fahri, & Ponnampalam, 2013). A vitamina E é um poderoso antioxidante lipofílico, que pode efetivamente atrasar a deterioração da carne durante o armazenamento (M. Bellés et al., 2018), sendo que existe uma forte correlação entre o conteúdo de α -tocoferol no músculo e sua capacidade de proteger contra as reações oxidativas de lipídeos e pigmentos. De fato, no presente estudo os cordeiros suplementados com vitamina E (tratamentos tocoferol e tanino + tocoferol) apresentaram maior deposição de α -tocoferol muscular e menor oxidação lipídica (TBARS). No entanto, não houve efeito quanto a prevenção da oxidação da mioglobina. Esse resultado mostra que o efeito benéfico das altas concentrações de α -tocoferol na oxidação lipídica do músculo não se expressa da mesma forma que na oxidação da mioglobina. Pode-se verificar com os resultados desse estudo que níveis de tocoferol de 400 mg/kg na dieta não são suficientes para evitar a oxidação da mioglobina, mas podem ser suficientes para restringir a extensão da oxidação lipídica (Kasapidou et al., 2012).

Estudos anteriores relataram que a suplementação de taninos na dieta de ruminantes tem efeitos positivos sobre a estabilidade oxidativa da carne (Luciano et al., 2009, 2011). Esse efeito, ao contrário do tocoferol, age principalmente contra a descoloração da carne, sem corresponder em uma melhora na estabilidade lipídica. No entanto, no presente estudo, esses efeitos desejados dos taninos da dieta não foram observados. Essas diferenças podem ser devido a muitos fatores, como o tipo

de taninos, a dose utilizada e a interação com a dieta basal (Biondi et al., 2019). Pesquisas recentes demonstraram que os efeitos antioxidantes dos taninos da dieta podem ser salientados em condições que desafiam as defesas antioxidantes dos animais *in vivo*. Por exemplo, Liu et al. (2016) observaram que o extrato de taninos de Castanha melhorou a estabilidade oxidativa da carne apenas quando os cordeiros foram submetidos ao estresse térmico. De fato, o presente estudo mostra que o tanino de Acácia negra reduz a peroxidação lipídica sérica quando incluso na dieta por 56 dias, mas esse efeito não foi observado na carne. Além disso, não se observou nenhum efeito sinérgico entre tocoferol e tanino na oxidação da mioglobina.

Em termos gerais, a presente pesquisa demonstra que a associação de dois antioxidantes, tanino e tocoferol, na dieta de cordeiros pode ter um efeito positivo na redução da peroxidação lipídica sérica e na qualidade da carne de cordeiros. O tocoferol tem um efeito mais pronunciado na redução da oxidação lipídica da carne, enquanto o tanino mostrou ter um potencial efeito na redução da peroxidação lipídica sérica. Entretanto, não se observou um efeito de um antioxidante no outro e nem ocorreu um efeito associativo positivo ou negativo entre eles.

Alguns autores sugeriram que pode haver uma interação entre o tanino e o tocoferol, pois os compostos fenólicos dietéticos poderiam ter um efeito protetor contra a degradação oxidativa de outros componentes do sistema antioxidante, como o α -tocoferol, através da restauração da vitamina E de sua forma oxidada ou na proteção da vitamina E da oxidação (Deckert et al., 2002). Foi proposto um mecanismo de ação complementar da vitamina E e dos compostos fenólicos, provavelmente como consequência de suas respectivas propriedades lipofílicas e hidrofílicas (Gobert et al., 2010). Os compostos fenólicos são antioxidantes solúveis em água capazes de limitar a iniciação da oxidação lipídica, enquanto a vitamina E, localiza-se nas frações lipídicas e atua como antioxidante de quebra de cadeia. Por estarem localizados perto da superfície das membranas fosfolipídicas, os compostos fenólicos podem eliminar as espécies reativas de oxigênio e, assim, evitar o consumo de vitamina E (Yamamoto et al., 2006).

De fato, diversos estudos encontraram uma concentração mais alta de tocoferol em tecidos de animais após a inclusão dietética de extratos vegetais ricos em polifenóis. A combinação de um extrato vegetal rico em polifenóis com α -tocoferol resultou em maior deposição de α -tocoferol na carne bovina do que o α -tocoferol sozinho (Gobert et al., 2010). A administração dietética com extrato de taninos de Quebracho

(*Schinopsis lorentzii*) em ovelhas aumentou a concentração de α -tocoferol no leite e, conseqüentemente, na carne de cordeiros lactentes (Lobón, Sanz, Blanco, Ripoll, & Joy, 2017). Jerónimo et al. (2020) verificaram que a suplementação de cordeiros com *Cistus ladanifer*, que contém taninos condensados, aumentou o conteúdo de α -tocoferol muscular. Em contraste, (Larraín, Schaefer, Richards, & Reed, 2008) encontraram uma menor deposição de vitamina E no músculo após administração de dieta rica em taninos em novilhos. Portanto, os mecanismos sobre a interação entre taninos e a vitamina E no músculo ainda não estão claros e o tipo de taninos e a dose incluída na dieta pode modificar seu efeito na deposição de tocoferol (Lobón, Sanz, Blanco, Ripoll, & Joy, 2017).

CONCLUSÕES

O nosso estudo mostra que o uso conjunto de vitamina E e tanino na dieta de cordeiros é uma alternativa capaz de reduzir a oxidação lipídica da carne com potencial de reduzir a peroxidação lipídica sérica. A suplementação de cordeiros com Vitamina E melhora a estabilidade oxidativa da carne, através do incremento significativo na deposição de α -tocoferol muscular e redução na oxidação lipídica ao longo de 7 dias de armazenamento, porém não foram observados efeitos sobre a estabilidade da cor. Por outro lado, a inclusão de taninos de *Acacia mearnsii* na dieta não produziu nenhum efeito na estabilidade oxidativa da carne, mas apresentou uma tendência na redução da concentração de malondialdeído sérico aos 56 dias de suplementação, o que pode incrementar a proteção de membranas contra a oxidação. Além disso, não foram observados efeitos antioxidantes sinérgicos do tanino de acácia negra sobre o tocoferol, e vice-versa, na carne e no sangue de cordeiros.

REFERÊNCIAS

- American Meat Science Association (AMSA). (2012). *Meat Color Measurement Guidelines*. <https://doi.org/10.1007/s11786-018-0341-9>
- Association of official analytical chemists (AOAC). (1995). *Official methods of analysis*. 16th ed. Washington, DC: AOAC.
- Aerts, R. J., Barry, T. N., & McNabb, W. C. (1999). *Review Paper Polyphenols and agriculture: beneficial effects of proanthocyanidins in forages*. Aerts et al. / *Agriculture, Ecosystems and Environment* (Vol. 75).
- Álvarez, I., De La Fuente, J., Díaz, M. T., Lauzurica, S., Pérez, C., & Cañeque, V. (2008). Estimation of α -tocopherol concentration necessary to optimise lamb meat quality stability during storage in high-oxygen modified atmosphere using broken-line regression analysis. *Animal*, 2(9), 1405–1411. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002590>
- Bekhit, A. E. D. A., Hopkins, D. L., Fahri, F. T., & Ponnampalam, E. N. (2013). Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and remedies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(5), 565–597. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12027>
- Bellés, M., Alonso V., R. P. and B. J. . (2017). Display stability of fresh and thawed lamb supplemented with vitamin E or sprayed with an antioxidant borage seed extract. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Bellés, M., Leal, L. N., Díaz, V., Alonso, V., Roncalés, P., & Beltrán, J. A. (2018). Effect of dietary vitamin E on physicochemical and fatty acid stability of fresh and thawed lamb. *Food Chemistry*, 239, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.076>
- Bellés, M., Campo, M. del M., Roncalés, P., & Beltrán, J. A. (2019). Supranutritional doses of vitamin E to improve lamb meat quality. *Meat Science*, 149(November 2018), 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.002>
- Berthelot, V., Broudiscou, L., & Schmidely, P. (2014). Effect of vitamin E supplementation on fatty acid composition of muscle and adipose tissues of indoor lambs with special attention on rumen-derived trans monounsaturated fatty acids. *Meat Science*, 96(3), 1281–1288. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.026>
- Biondi, L., Randazzo, C. L., Russo, N., Pino, A., Natalello, A., Van Hoorde, K., & Caggia, C. (2019). Dietary supplementation of tannin-extracts to lambs: Effects on meat fatty acids composition and stability and on microbial characteristics. *Foods*, 8(10). <https://doi.org/10.3390/foods8100469>
- Bradford, M. M. (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72, 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.04.003>
- Brasil. (2000). Instrução normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000., 3–10. Retrieved from <http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/bem-estar-animal/arquivos/arquivos-legislacao/in-03-de-2000.pdf>

- Brogna, D. M. R., Tansawat, R., Cornforth, D., Ward, R., Bella, M., Luciano, G., Villalba, J. (2014). The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control. *Meat Science*, 96(2), 744–749. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.019>
- Cañeque, V., Sañudo, C. (2000). *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Madrid: INIA, 255p.
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>
- Chauhan, S. S., Celi, P., Ponnampalam, E. N., Leury, B. J., Liu, F., & Dunshea, F. R. (2014). Antioxidant dynamics in the live animal and implications for ruminant health and product (meat/milk) quality: Role of vitamin E and selenium. *Animal Production Science*, 54(10), 1525–1536. <https://doi.org/10.1071/AN14334>
- Deckert, V., Desrumaux, C., Athias, A., Duverneuil, L., Palleau, V., Gambert, P., ... Lagrost, L. (2002). Prevention of LDL α -tocopherol consumption, cholesterol oxidation, and vascular endothelium dysfunction by polyphenolic compounds from red wine. *Atherosclerosis*, 165(1), 41–50. [https://doi.org/10.1016/S0021-9150\(02\)00189-2](https://doi.org/10.1016/S0021-9150(02)00189-2)
- Dey, A., & De, P. S. (2014). Influence of condensed tannins from *Ficus bengalensis* leaves on feed utilization, milk production and antioxidant status of crossbred cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27(3), 342–348. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13295>
- Dey, A., Dutta, N., & Sharma, K. (2015). Antioxidant status, metabolic profile and immune response of lambs supplemented with tannin rich *Ficus infectoria* leaf meal. *Japanese Journal of Veterinary Research*, 63(1), 15–24. <https://doi.org/10.14943/jjvr.63.1.15>
- Dutta, N., Dubey, M., Banerjee, P. S., Pattanaik, A. K., Sharma, K., Kumar, P., & Narang, A. (2012). Effect of supplementing tanniferous tree leaves mixture on immune response and GI nematodes in kids. *Livestock Research for Rural Development*, 24(2).
- Falowo, A. B., Fayemi, P. O., & Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*, 64, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.06.022>
- Faustman, C., Chan, W. K. M., Schaefer, D. M., & Havens, A. (1998). Beef Color Update: The Role for Vitamin E. *Journal of Animal Science*, 76(4), 1019–1026. <https://doi.org/10.2527/1998.7641019x>
- Ferreira, O. G. L., Ross, F. D., Andrighetto, C. (2008). *DDA: Software para determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo – versão 1.2*. Santo Augusto.
- Francisco, A., Dentinho, M. T., Alves, S. P., Portugal, P. V., Fernandes, F., Sengo, S., ... Santos-Silva, J. (2015). Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. *Meat Science*, 100, 275–282.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.014>

- Gaschler, M. M., & Stockwell, B. R. (2017). Lipid peroxidation in cell death. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 482(3), 419–425. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2016.10.086>
- Gladine, C., Morand, C., Rock, E., Gruffat, D., Bauchart, D., & Durand, D. (2007). The antioxidative effect of plant extracts rich in polyphenols differs between liver and muscle tissues in rats fed n-3 PUFA rich diets. *Animal Feed Science and Technology*, 139(3–4), 257–272. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.01.015>
- Gladine, Cécile, Rock, E., Morand, C., Bauchart, D., & Durand, D. (2007). Bioavailability and antioxidant capacity of plant extracts rich in polyphenols, given as a single acute dose, in sheep made highly susceptible to lipoperoxidation. *British Journal of Nutrition*, 98(4), 691–701. <https://doi.org/10.1017/S0007114507742666>
- Gobert, M., Gruffat, D., Habeanu, M., Parafita, E., Bauchart, D., & Durand, D. (2010). Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. *Meat Science*, 85(4), 676–683. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.03.024>
- Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). *U.S. Department of Agriculture*, (379), 20.
- Guerra-Rivas, C., Vieira, C., Rubio, B., Martínez, B., Gallardo, B., Mantecón, A. R., ... Manso, T. (2016). Effects of grape pomace in growing lamb diets compared with vitamin E and grape seed extract on meat shelf life. *Meat Science*, 116, 221–229. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.022>
- Guidera, J., Kerry, J. P., Buckley, D. J., Lynch, P. B., & Morrissey, P. A. (1997). The effect of dietary vitamin E supplementation on the quality of fresh and frozen lamb meat. *Meat Science*, 45(1), 33–43. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(96\)00086-1](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(96)00086-1)
- Halliwell, B. (2007). Biochemistry of oxidative stress. *Biochemical Society Transactions*, 35(5), 1147–1150. <https://doi.org/10.1042/BST0351147>
- Halliwell, Barry, Rafter, J., & Jenner, A. (2005). Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects? Antioxidant or not? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1 Suppl), 268–276. <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.268s>
- Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. (2018, June 1). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*. KeAi Communications Co. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.09.004>
- Huang, Q. Q., Jin, L., Xu, Z., Barbieri, L. R., Acharya, S., Hu, T. M., ... Wang, Y. (2015). Effects of purple prairie clover (*Dalea purpurea* Vent.) on feed intake, nutrient digestibility and faecal shedding of *Escherichia coli* O157: H7 in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 207, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.06.009>

- Jentzsch, A. M., Bachmann, H., Fürst, P., & Biesalski, H. K. (1996). Improved analysis of malondialdehyde in human body fluids. *Free Radical Biology and Medicine*, *20*(2), 251–256. [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02043-8](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02043-8)
- Jerónimo, E., Soldado, D., Sengo, S., Francisco, A., Fernandes, F., Portugal, A. P. V., ... Bessa, R. J. B. (2020). Increasing the α -tocopherol content and lipid oxidative stability of meat through dietary *Cistus ladanifer* L. in lamb fed increasing levels of polyunsaturated fatty acid rich vegetable oils. *Meat Science*, *164*(February), 108092. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108092>
- Kasapidou, E., Wood, J. D., Richardson, R. I., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G., & Enser, M. (2012). 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*, *90*(4), 908–916. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.031>
- Kerem, Z., Chetrit, D., Shoseyov, O., & Regev-Shoshani, G. (2006). Protection of lipids from oxidation by epicatechin, trans-resveratrol, and gallic and caffeic acids in intestinal model systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *54*(26), 10288–10293. <https://doi.org/10.1021/jf0621828>
- Krueger, W. K., Gutierrez-Bañuelos, H., Carstens, G. E., Min, B. R., Pinchak, W. E., Gomez, R. R., ... Forbes, T. D. A. (2010). Effects of dietary tannin source on performance, feed efficiency, ruminal fermentation, and carcass and non-carcass traits in steers fed a high-grain diet. *Animal Feed Science and Technology*, *159*(1–2), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.05.003>
- Kumar, N., Garg, A. K., Dass, R. S., Chaturvedi, V. K., Mudgal, V., & Varshney, V. P. (2009). Selenium supplementation influences growth performance, antioxidant status and immune response in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, *153*(1–2), 77–87. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2009.06.007>
- Larraín, R. E., Schaefer, D. M., Richards, M. P., & Reed, J. D. (2008). Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum or a mix of both: Color and lipid oxidation in beef. *Meat Science*, *79*(4), 656–665. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.032>
- Lauzurica, S., De La Fuente, J., Díaz, M. T., Álvarez, I., Pérez, C., & Cañeque, V. (2005). Effect of dietary supplementation of vitamin e on characteristics of lamb meat packed under modified atmosphere. *Meat Science*, *70*(4), 639–646. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.013>
- Leal, L. N., Jensen, S. K., Bello, J. M., Den Hartog, L. A., Hendriks, W. H., & Martín-Tereso, J. (2018). Bioavailability of α -tocopherol stereoisomers in lambs depends on dietary doses of all-rac- or RRR- α -tocopheryl acetate. *Animal*, *13*(9), 1874–1882. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003373>
- Leal, L. N., Beltrán, J. A., Marc, B., Bello, J. M., den Hartog, L. A., Hendriks, W. H., & Martín-Tereso, J. (2020). Supplementation of lamb diets with vitamin E and rosemary extracts on meat quality parameters. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *100*(7), 2922–2931. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10319>
- Lima Júnior, D. M., Rangel, A. H. do N., Urbano, S. A., & Moreno, G. M. B. (2013). Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. *Acta Veterinaria Brasilica*, *7*(1),

14–28.

- Liu, H., Li, K., Mingbin, L., Zhao, J., & Xiong, B. (2016). Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat Science*, *116*, 236–242. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.024>
- Lobón, S. Sanz, A. Blanco, M. Ripoll, G. Joy, M. (2017). The type of forage and condensed tannins in dams' diet: Influence on meat shelf life of their suckling lambs. *Small Ruminant Research*, *154*(June), 115–122. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.005>
- Lobón, S., Blanco, M., Sanz, A., Ripoll, G., Bertolín, J. R., & Joy, M. (2017). Meat quality of light lambs is more affected by the dam's feeding system during lactation than by the inclusion of quebracho in the fattening concentrate. *Journal of Animal Science*, *95*(11), 4998–5011. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1595>
- López-Andrés, P., Luciano, G., Vasta, V., Gibson, T. M., Biondi, L., Priolo, A., & Mueller-Harvey, I. (2013). Dietary quebracho tannins are not absorbed, but increase the antioxidant capacity of liver and plasma in sheep. *British Journal of Nutrition*, *110*(4), 632–639. <https://doi.org/10.1017/S0007114512005703>
- López-Bote, C. J., Daza, A., Soares, M., & Berges, E. (2001). Dose-response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light-weight lambs. *Animal Science*, *73*(3), 451–457. <https://doi.org/10.1017/S1357729800058422>
- Louvandini, H., Cenci, F. B., Issakowicz, J., Sampaio, A. C. K., Paim, T. D. P., De Araújo, S. C., ... McManus, C. (2014). Carcass Traits in Sheep Receiving Acacia mearnsii Condensed Tannin Extract to Control Endoparasites. *Journal of Agricultural Science*, *6*(10). <https://doi.org/10.5539/jas.v6n10p128>
- Luciano, G., Monahan, F. J., Vasta, V., Biondi, L., Lanza, M., & Priolo, A. (2009). Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Science*, *81*(1), 120–125. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.006>
- Luciano, G., Vasta, V., Monahan, F. J., López-Andrés, P., Biondi, L., Lanza, M., & Priolo, A. (2011). Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of longissimus dorsi muscle from lambs fed a tannin-containing diet. *Food Chemistry*, *124*(3), 1036–1042. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.070>
- Lykkesfeldt, J., & Svendsen, O. (2007). Oxidants and antioxidants in disease: Oxidative stress in farm animals. *Veterinary Journal*, *173*(3), 502–511. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2006.06.005>
- Maiorano, G., Cavone, C., McCormick, R. J., Ciarlariello, A., Gambacorta, M., & Manchisi, A. (2007). The effect of dietary energy and vitamin E administration on performance and intramuscular collagen properties of lambs. *Meat Science*, *76*(1), 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.11.001>
- Makkar, H. P. S. (2000). Quantification of Tannins in Tree Foliage. *FAO/IAEA*, *18*(3), 26. <https://doi.org/10.1353/pbm.1975.0034>
- Makkar, H. P. S. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich

- feeds. In *Small Ruminant Research* (Vol. 49, pp. 241–256). Elsevier.
[https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00142-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00142-1)
- Min, B. R., Barry, T. N., Attwood, G. T., & McNabb, W. C. (2003, April 21). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: A review. *Animal Feed Science and Technology*. Elsevier.
[https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(03\)00041-5](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(03)00041-5)
- Min, Byeng Ryel, & Solaiman, S. (2018). Comparative aspects of plant tannins on digestive physiology, nutrition and microbial community changes in sheep and goats: A review. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(5), 1181–1193. <https://doi.org/10.1111/jpn.12938>
- Mueller-Harvey, I. (2006). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 86, pp. 2010–2037). <https://doi.org/10.1002/jsfa.2577>
- Muñoz, I., Apeleo, E., de la Fuente, J., Pérez-Santaescolástica, C., Rivas-Cañedo, A., Pérez, C., ... Lauzurica, S. (2014). Effect of dietary supplementation with red wine extract or vitamin E, in combination with linseed and fish oil, on lamb meat quality. *Meat Science*, 98(2), 116–123.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.009>
- National Research Council (NRC). (2007). *Nutrient requirements of sheep*. Washington, D.C.: National Academy Press, 408p.
- Ortuño, J., Serrano, R., & Bañón, S. (2015). Antioxidant and antimicrobial effects of dietary supplementation with rosemary diterpenes (carnosic acid and carnosol) vs vitamin E on lamb meat packed under protective atmosphere. *Meat Science*, 110, 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.011>
- Osório, J.C., Osório, M.T., Jardim, P. et al. (1998). *Produção de carne ovina: alternativa para o Rio Grande do Sul*. Pelotas: UFPEL, 166 p.
- Peng, K., Shirley, D. C., Xu, Z., Huang, Q., McAllister, T. A., Chaves, A. V., ... Wang, Y. (2016). Effect of purple prairie clover (*Dalea purpurea* Vent.) hay and its condensed tannins on growth performance, wool growth, nutrient digestibility, blood metabolites and ruminal fermentation in lambs fed total mixed rations. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 100–110.
<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.012>
- Prates, J. A. M., Quaresma, M. A. G., Bessa, R. J. B., Fontes, C. M. G. A., & Alfaia, C. M. P. M. (2006). Simultaneous HPLC quantification of total cholesterol, tocopherols and β -carotene in Barrosã-PDO veal. *Food Chemistry*, 94(3), 469–477. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.021>
- Ripoll, G., Joy, M., & Muñoz, F. (2011). Use of dietary vitamin E and selenium (Se) to increase the shelf life of modified atmosphere packaged light lamb meat. *Meat Science*, 87(1), 88–93. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.09.008>
- Sahin, K., Sahin, N., & Kucuk, O. (2003). Effects of chromium, and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high ambient temperature (32°C). *Nutrition Research*, 23(2), 225–238. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(02\)00513-4](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(02)00513-4)

- Salvatori, G., Pantaleo, L., Di Cesare, C., Maiorano, G., Filetti, F., & Oriani, G. (2004). Fatty acid composition and cholesterol content of muscles as related to genotype and vitamin E treatment in crossbred lambs. *Meat Science*, 67(1), 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.09.004>
- Silva, N. V. et al. (2008). Características De Carcaça E Carne Ovina: Uma Abordagem Das Variáveis Metodológicas E Fatores De Influência. *Acta Veterinaria Brasilica*, 2(4), 103–110. <https://doi.org/10.21708/avb.2008.2.4.801>
- Sinz, S., Liesegang, A., Kreuzer, M., & Marquardt, S. (2019). Do supplements of Acacia mearnsii and grapeseed extracts alone or in combination alleviate metabolic nitrogen load and manure nitrogen emissions of lambs fed a high crude protein diet? *Archives of Animal Nutrition*, 73(4), 306–323. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2019.1615359>
- Tontini, J. F., Poli, C. H. E. C., Hampel, V. S., Minho, A. P., & Muir, J. P. (2019). Nutritional values and chemical composition of tropical pastures as potential sources of α -tocopherol and condensed tannin. *African Journal of Range and Forage Science*, 36(4), 181–189. <https://doi.org/10.2989/10220119.2019.1679883>
- Valenti, B., Natalello, A., Vasta, V., Campidónico, L., Roscini, V., Mattioli, S., ... Luciano, G. (2018). Effect of different dietary tannin extracts on lamb growth performances and meat oxidative stability: Comparison between mimosa, chestnut and tara. *Animal*, 13(2), 435–443. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001556>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Vasta, V., & Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*, 101(1–3), 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.035>
- Vyncke, W. (1970). Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. *Fette Seifen Anstrichmittel*, 72(12), 1084–1087.
- Wang, H. fang, Yang, W. ren, Wang, Y. xi, Yang, Z. bin, & Cui, Y. hua. (2011). The Study on the Effects of Chinese Herbal Mixtures on Growth, Activity of Post-Ruminal Digestive Enzymes and Serum Antioxidant Status of Beef Cattle. *Agricultural Sciences in China*, 10(3), 448–455. [https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(11\)60024-2](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(11)60024-2)
- Yamamoto, M., Miyamoto, S., Moon, J. H., Murota, K., Hara, Y., & Terao, J. (2006). Effect of dietary green tea catechin preparation on oxidative stress parameters in large intestinal mucosa of rats. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70(1), 286–289. <https://doi.org/10.1271/bbb.70.286>
- Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., & Ahn, D. U. (2010, September). Improving functional value of meat products. *Meat Science*.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.018>

Zhao, T., Luo, H., Zhang, Y., Liu, K., Jia, H., Chang, Y., ... Gao, W. (2013). Effect of vitamin E supplementation on growth performance, carcass characteristics and intramuscular fatty acid composition of Longissimus dorsi muscle in “Tan” sheep. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(4), 358–365.
<https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400005>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A demanda por carne ovina é crescente e os consumidores estão cada vez mais interessados em obter carne de qualidade, principalmente provenientes de sistemas de produções sustentáveis. Eles buscam alimentos mais saudáveis, com melhor perfil lipídico, cor, sabor e maciez, características que são fortemente influenciadas pelo regime alimentar dos animais.

Os antioxidantes naturais (taninos e tocoferóis), quando presentes na alimentação de ruminantes, tem o potencial de modificar a cor e a oxidação lipídica da carne, alterando o tempo de prateleira. A ingestão de carne com maior nível de antioxidante também tem o potencial de interferir diretamente na saúde humana.

Espera-se que os resultados do presente trabalho auxiliem no incentivo e na produção de carne de cordeiro de qualidade, favorável à indústria, à saúde do consumidor e que seja rentável aos produtores.

Pesquisas futuras seriam interessantes para investigar os efeitos *in vivo* dos taninos de Acácia negra na expressão de enzimas antioxidantes em cordeiros, tais como a catalase, superóxido dismutase e glutathione peroxidase. Também seria interessante investigar o efeito da suplementação desses antioxidantes em ovinos criados em campo nativo, que é o sistema de produção predominante no estado do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

- ACAMOVIC, T.; BROOKER, J. D. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v. 64, n. 3, p. 403–412, 2005.
- ÁLVAREZ, I. *et al.* Estimation of α -tocopherol concentration necessary to optimise lamb meat quality stability during storage in high-oxygen modified atmosphere using broken-line regression analysis. **Animal**, Cambridge, v. 2, n. 9, p. 1405–1411, 2008.
- AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat color measurement guidelines**. Champaign: AMSA, 2012.
- BELLÉS, M. *et al.* Effect of dietary vitamin E on physicochemical and fatty acid stability of fresh and thawed lamb. **Food Chemistry**, London, v. 239, p. 1–8, 2018.
- BELLÉS, M. *et al.* Supranutritional doses of vitamin E to improve lamb meat quality. **Meat Science**, Oxford, v. 149, p. 14–23, 2019.
- BIONDI, L. *et al.* Dietary supplementation of tannin-extracts to lambs: effects on meat fatty acids composition and stability and on microbial characteristics. **Foods**, Basel, v. 8, n. 10, [art.] 469, 2019.
- BOZKURT, H. Utilization of natural antioxidants: green tea extract and *Thymbra spicata* oil in Turkish dry-fermented sausage. **Meat Science**, Oxford, v. 73, n. 3, p. 442–450, 2006.
- CAMPO, M. M. *et al.* Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Oxford, v. 72, n. 2, p. 303–311, 2006.
- CARULLA, J. E. *et al.* Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Australian Journal of Agricultural Research**, East Melbourne, v. 56, n. 9, p. 961–970, 2005.
- CENCI, F. B. *et al.* Effects of condensed tannin from *Acacia mearnsii* on sheep infected naturally with gastrointestinal helminthes. **Veterinary Parasitology**, Amsterdam, v. 144, n. 1/2, p. 132–137, 2007.
- COLOMBO, M. L. An update on vitamin E, tocopherol and tocotrienol-perspectives. **Molecules**, Basel, v. 15, n. 4, p. 2103–2113, 2010.
- CORDÃO, M. A. *et al.* Taninos e seus efeitos na alimentação animal - Revisão bibliográfica. **Pubvet**, Maringá, v. 4, n. 32, [art.] 924-930, 2010.
- DECKERT, V. *et al.* Prevention of LDL α -tocopherol consumption, cholesterol oxidation, and vascular endothelium dysfunction by polyphenolic compounds from red wine. **Atherosclerosis**, Limerick, v. 165, n. 1, p. 41–50, 2002.
- DEPREZ, S. *et al.* Transport of proanthocyanidin dimer, trimer, and polymer across

monolayers of human intestinal epithelial Caco-2 cells. **Antioxidants & Redox Signaling**, Larchmont, v. 3, n. 6, p. 957-967, 2001.

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**, Oxford, v. 79, n. 3, p. 423-436, 2008.

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**, New York, v. 64, p. 171-181, 2014.

FAUSTMAN, C. *et al.* Beef color update: the role for vitamin E. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, n. 4, p. 1019-1026, 1998.

FAUSTMAN, C. *et al.* Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. **Meat Science**, Oxford, v. 86, n. 1, p. 86-94, 2010.

FRANCISCO, A. *et al.* Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. **Meat Science**, Oxford, v. 100, p. 275-282, 2015.

FRUTOS, P. *et al.* Condensed tannin content of several shrub species from a mountain area in northern Spain, and its relationship to various indicators of nutritive value. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 95, n. 3/4, p. 215-226, 2002.

GESTEIRA, S. M. *et al.* Physicochemical quality, fatty acid composition, and sensory analysis of nellore steers meat fed with inclusion of condensed tannin in the diet. **Journal of Food Science**, Malden, v. 83, n. 5, p. 1366-1372, 2018.

GLADINE, C. *et al.* The antioxidative effect of plant extracts rich in polyphenols differs between liver and muscle tissues in rats fed n-3 PUFA rich diets. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 139, n. 3/4, p. 257-272, 2007.

GOBERT, M. *et al.* Plant extracts combined with vitamin E in PUFA-rich diets of cull cows protect processed beef against lipid oxidation. **Meat Science**, Oxford, v. 85, n. 4, p. 676-683, 2010.

GONZÁLEZ-CALVO, L. *et al.* The relationship between muscle α -tocopherol concentration and meat oxidation in light lambs fed vitamin E supplements prior to slaughter. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 95, n. 1, p. 103-110, 2014.

GUERRA-RIVAS, C. *et al.* Effects of grape pomace in growing lamb diets compared with vitamin E and grape seed extract on meat shelf life. **Meat Science**, Oxford, v. 116, p. 221-229, 2016.

HAGERMAN, A. E.; RIEDL, K. M.; RICE, R. E. Tannins as biological antioxidants. *In*: GROSS, G. G. (ed.). **Plant polyphenols 2: chemistry, biology, pharmacology, ecology**. Boston: Springer, 1999. (Basic Life Sciences Book Serie, v. 66). p. 495-505.

- HALLIWELL, B.; RAFTER, J.; JENNER, A. Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects? Antioxidant or not? **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, p. 268–276, 2005. Supl. 1.
- HOPKINS, D. L. *et al.* Examination of the effect of ageing and temperature at rigor on colour stability of lamb meat. **Meat Science**, Oxford, v. 95, n. 2, p. 311–316, 2013.
- HOWES, N. L. *et al.* Opportunities and implications of pasture-based lamb fattening to enhance the long-chain fatty acid composition in meat. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, London, v. 14, n. 1, p. 22–36, 2015.
- HUANG, Q. *et al.* Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. **Animal Nutrition**, Beijing, v. 4, n. 2, p. 137–150, 2018.
- IGLESIAS, J. *et al.* Antioxidant mechanism of grape procyanidins in muscle tissues: redox interactions with endogenous ascorbic acid and α -tocopherol. **Food Chemistry**, London, v. 134, n. 4, p. 1767–1774, 2012.
- INSERRA, L. *et al.* Dietary citrus pulp reduces lipid oxidation in lamb meat. **Meat Science**, Oxford, v. 96, n. 4, p. 1489–1493, 2014.
- JERÓNIMO, E. *et al.* Tannins in ruminant nutrition: impact on animal performance and quality of edible products. *In*: COMBS, C. A. (ed.). **Tannins: biochemistry, food sources and nutritional properties**. New York: Nova Publishers, 2016. cap. 5, p. 121–168.
- JERÓNIMO, E. *et al.* Increasing the α -tocopherol content and lipid oxidative stability of meat through dietary *Cistus ladanifer* L. in lamb fed increasing levels of polyunsaturated fatty acid rich vegetable oils. **Meat Science**, Oxford, v. 164, [art.] 108092, [p. 1–7], 2020.
- JOSE, C. G. *et al.* Short term supplementation rates to optimise vitamin E concentration for retail colour stability of Australian lamb meat. **Meat Science**, Oxford, v. 111, p. 101–109, 2016.
- 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**, Oxford, v. 90, n. 4, p. 908–916, 2012.
- KEREM, Z. *et al.* Protection of lipids from oxidation by epicatechin, trans-resveratrol, and gallic and caffeic acids in intestinal model systems. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v. 54, n. 26, p. 10288–10293, 2006.
- KRZYWICKI, K. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. **Meat Science**, Oxford, v. 3, n. 1, p. 1–10, 1979.
- LARRAÍN, R. E. *et al.* Finishing steers with diets based on corn, high-tannin sorghum

or a mix of both: color and lipid oxidation in beef. **Meat Science**, Oxford, v. 79, n. 4, p. 656–665, 2008.

LAUZURICA, S. *et al.* Effect of dietary supplementation of vitamin e on characteristics of lamb meat packed under modified atmosphere. **Meat Science**, Oxford, v. 70, n. 4, p. 639–646, 2005.

LEAL, L. N. *et al.* Bioavailability of α -tocopherol stereoisomers in lambs depends on dietary doses of all-rac- or RRR- α -tocopheryl acetate. **Animal**, Cambridge, v. 13, n. 9, p. 1874–1882, 2018.

LEAL, L. N. *et al.* Supplementation of lamb diets with vitamin E and rosemary extracts on meat quality parameters. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 100, n. 7, p. 2922–2931, 2020.

LIMA JÚNIOR, D. M. *et al.* Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 7, n. 1, p. 14–28, 2013.

LIU, H. *et al.* Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. **Meat Science**, Oxford, v. 116, p. 236–242, 2016.

LIU, X. L. *et al.* Anti-Escherichia coli O157:H7 properties of purple prairie clover and sainfoin condensed tannins. **Molecules**, Basel, v. 18, n. 2, p. 2183–2199, 2013.

LOBÓN, S. *et al.* The type of forage and condensed tannins in dams' diet: influence on meat shelf life of their suckling lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 154, p. 115–122, 2017.

LÓPEZ-ANDRÉS, P. *et al.* Dietary quebracho tannins are not absorbed, but increase the antioxidant capacity of liver and plasma in sheep. **British Journal of Nutrition**, Wallingford, v. 110, n. 4, p. 632–639, 2013.

LÓPEZ-BOTE, C. J. *et al.* Dose-response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light-weight lambs. **Animal Science**, Cambridge, v. 73, n. 3, p. 451–457, 2001.

LUCIANO, G. *et al.* Dietary tannins improve lamb meat colour stability. **Meat Science**, Oxford, v. 81, n. 1, p. 120–125, 2009.

LUCIANO, G. *et al.* Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of longissimus dorsi muscle from lambs fed a tannin-containing diet. **Food Chemistry**, London, v. 124, n. 3, p. 1036–1042, 2011.

LUO, Y. *et al.* Meat quality, fatty acids, volatile compounds, and antioxidant properties of lambs fed pasture versus mixed diet. **Food Science and Nutrition**, Malden, v. 7, n. 9, p. 2796–2805, 2019.

MAKKAR, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 49, n. 3, p. 241–256, 2003.

MANACH, C. *et al.* Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 81, p. 230–242, 2005. Supl. 1.

MIN, B. R. *et al.* The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 106, n. 1/4, p. 3-19, 2003.

MITSUMOTO, M. *et al.* Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 71, n. 7, p. 1812–1816, 1993.

MUELLER-HARVEY, I. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 86, n. 13, p. 2010–2037, 2006.

MUELLER-HARVEY, I. *et al.* Benefits of condensed tannins in forage legumes fed to ruminants: importance of structure, concentration, and diet composition. **Crop Science**, Madison, v. 59, n. 3, p. 861-885, 2019.

MUÍÑO, I. *et al.* Effect of dietary supplementation with red wine extract or vitamin E, in combination with linseed and fish oil, on lamb meat quality. **Meat Science**, Oxford, v. 98, n. 2, p. 116–123, 2014.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of sheep**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 408 p.

OLETTA, J. L.; SAÑUDO, C. La carne ovina. *In*: SAÑUDO, C., CEPERO, R. **Ovinotecnia**: producción y economía en la especie ovina. Zaragoza: Prensas de la Universidad de Zaragoza, 2009. p. 327-336.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. TBA test applied to meats and their products: traditional, modified and alternative methods. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 655–663, 2005.

OSÓRIO, J. C.; OSÓRIO, M. T. M.; SAÑUDO, C. Características sensoriais da carne ovina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 1, p. 292–300, 2009.

OTERO, M. J.; HIDALGO, L. G. Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 16, n. 2, p. 56–74, 2004.

PENG, K. *et al.* Effect of purple prairie clover (*Dalea purpurea* Vent.) hay and its condensed tannins on growth performance, wool growth, nutrient digestibility, blood metabolites and ruminal fermentation in lambs fed total mixed rations. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 222, p. 100–110, 2016.

PEREIRA, C. C. O. **Principais métodos de avaliação da carcaça ovina**: revisão

de literatura. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

PRIOLO, A. *et al.* Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 59, n. 2/3, p. 281–288, 2005.

PRIOLO, A. *et al.* Meat odour and flavour and indoles concentration in ruminal fluid and adipose tissue of lambs fed green herbage or concentrates with or without tannins. **Animal**, Cambridge, v. 3, n. 3, p. 454–460, 2009.

PRIOLO, A.; VASTA, V. Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality. **Italian Journal of Animal Science**, Pavia, v. 6, p. 527-530, 2007. Supl. 1.

REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 5, p. 1516–1528, 1995.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v. 20, n. 7, p. 933–956, 1996.

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**, Oxford, v. 87, n. 1, p. 88–93, 2011.

RIVAS-CAÑEDO, A. *et al.* Effect of dietary supplementation with either red wine extract or vitamin E on the volatile profile of lamb meat fed with omega-3 sources. **Meat Science**, Oxford, v. 93, n. 2, p. 178–186, 2013.

ROBERTSON, H. A. *et al.* The effect of six herbages on liveweight gain, wool growth and faecal egg count of parasitised ewe lambs. **Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production**, v. 55, p. 199–201, 1995.

ROBINS, C.; BROOKER, J. D. The effects of *Acacia aneura* feeding on abomasal and intestinal structure and function in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 121, n. 1/2, p. 205–215, 2005.

ROCHA, D. V. **Qualidade e estabilidade da carne de ovinos alimentados com dietas contendo bixina**. 2014. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2014.

RUFINO-MOYA, P. J. *et al.* Carotenoids and liposoluble vitamins in the plasma and tissues of light lambs given different maternal feedings and fattening concentrates. **Animals**, Basel, v. 10, n. 10, [art.] 1813, 2020.

SCALBERT, A. *et al.* Absorption and metabolism of polyphenols in the gut and impact on health. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, Paris, v. 56, n. 6, p. 276–282, 2002.

SCHREURS, N. M. *et al.* Skatole and indole concentration and the odour of fat from lambs that had grazed perennial ryegrass/white clover pasture or *Lotus corniculatus*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 138, n. 3/4, p. 254–271, 2007.

SGORLON, S. *et al.* Biochemical and molecular responses to antioxidant supplementation in sheep. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 64, n. 1/2, p. 143–151, 2006.

SILVA, N. V *et al.* Características de carcaça e carne ovina: uma abordagem das variáveis metodológicas e fatores de influência. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 2, n. 4, p. 103–110, 2008.

SIMITZIS, P. E. *et al.* Antioxidant status, meat oxidative stability and quality characteristics of lambs fed with hesperidin, naringin or α -tocopheryl acetate supplemented diets. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 99, n. 1, p. 343–349, 2019.

SOARES, S. E. Phenolic acids as antioxidants. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 1, p. 71–81, 2002.

SOBRATTEE, M. A. *et al.* Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. **Mutation Research**, Amsterdam, v. 579, n. 1/2, p. 200–213, 2005.

VALENTI, B. *et al.* Effect of different dietary tannin extracts on lamb growth performances and meat oxidative stability: comparison between mimosa, chestnut and tara. **Animal**, Cambridge, v. 13, n. 2, p. 435–443, 2018.

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

VASTA, V. *et al.* Alternative feed resources and their effects on the quality of meat and milk from small ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 147, n. 1/3, p. 223–246, 2008.

VASTA, V. *et al.* $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. **Meat Science**, Oxford, v. 82, n. 3, p. 357–364, 2009.

VASTA, V.; LUCIANO, G. The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 101, n. 1/3, p. 150–159, 2011.

WAGHORN, G. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production-progress and challenges. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 147, n. 1/3, p. 116–139, 2008.

WALTON, J. P. *et al.* Influence of condensed tannins on gut morphology in sheep fed

Lotus pedunculatus. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 81, n. 4, p. 605-607, 2001.

YAMAMOTO, M. *et al.* Effect of dietary green tea catechin preparation on oxidative stress parameters in large intestinal mucosa of rats. **Bioscience, Biotechnology and Biochemistry**, Tokyo, v. 70, n. 1, p. 286–289, 2006.

YOSHIDA, Y.; NIKI, E.; NOGUCHI, N. Comparative study on the action of tocopherols and tocotrienols as antioxidant: chemical and physical effects. **Chemistry and Physics of Lipids**, Limerick, v. 123, n. 1, p. 63–75, 2003.

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.

ZHANG, W. *et al.* Improving functional value of meat products. **Meat Science**, Oxford, v. 86, n. 1, p. 15-31, 2010.

ZHAO, T. *et al.* Effect of vitamin E supplementation on growth performance, carcass characteristics and intramuscular fatty acid composition of Longissimus dorsi muscle in “Tan” sheep. **Chilean Journal of Agricultural Research**, Chillán, v. 73, n. 4, p. 358–365, 2013.

ZHONG, R. Z. *et al.* Effect of dietary tea catechins supplementation in goats on the quality of meat kept under refrigeration. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 87, n. 1/3, p. 122–125, 2009.

APÊNDICE – Normas da revista *Meat Science*

AUDIENCE: Meat scientists, food technologists, food manufacturers, agricultural chemists and research workers.

IMPACT FACTOR: 2019: 3.644 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2020

All pages must be numbered, and all lines must be numbered consecutively throughout the manuscript.

Subdivision - numbered sections Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Title: Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

Abstract: A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself. Each paper should be provided with an abstract of about 100-160 words, reporting concisely on the purpose and results of the paper.

Keywords: Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Introduction: State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods: Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published

method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Results: Results should be clear and concise.

Discussion: This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

Conclusions: The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Tables: Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association. You are referred to the Publication Manual of the American Psychological Association, Seventh Edition, ISBN 978-1-4338-3215-4, copies of which may be ordered online.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication: Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number: Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2018). The art of writing a scientific article. *Heliyon*, 19, Article e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book: Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style* (4th ed.). Longman (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). E-Publishing Inc.

Reference to a website: Powertech Systems. (2015). Lithium-ion vs lead-acid cost analysis. Retrieved from <http://www.powertechsystems.eu/home/tech-corner/lithium-ion-vs-lead-acid-cost-analysis/>. Accessed January 6, 2016

Reference to a dataset: [dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., & Nakashizuka, T. (2015). Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. Mendeley Data, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to a conference paper or poster presentation: Engle, E.K., Cash, T.F., & Jarry, J.L. (2009, November). The Body Image Behaviours Inventory-3: Development and validation of the Body Image Compulsive Actions and Body Image Avoidance Scales. Poster session presentation at the meeting of the Association for Behavioural and Cognitive Therapies, New York, NY.

VITA

Luiza Rodegheri Jacondino, filha de Luiz Antônio Ribeiro Jacondino e Mariléa Rodegheri, nascida em 14 de novembro de 1991 em Porto Alegre - RS. Estudou no Colégio João XXIII, em Porto Alegre, durante o ensino fundamental e médio. Em 2011 ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Durante a graduação realizou estágio na Prefeitura Municipal de Porto Alegre (PMPA), junto a Secretaria Especial dos Direitos Animais (SEDA). Também atuou como bolsista de monitoria nas disciplinas: Inspeção e Tecnologia de Leite e derivados, Ovos e Mel e Medicina de Pequenos Ruminantes. Foi membro-fundadora do Núcleo RuminAção, ensino, pesquisa e extensão em ruminantes, sob orientação das Professoras Raquel Fraga e Silva Raimondo, Beatriz Riet Correa e Enefer Orbest. Formou-se em dezembro de 2016. De 2017 a 2019 realizou residência multiprofissional em área da saúde, ênfase em Clínica de Ruminantes, na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O trabalho de conclusão da residência foi intitulado: Destino dos resíduos pecuários oriundos de propriedades rurais nos municípios do Rio Grande do Sul, sob orientação da Professora Marta do Rego Leal. Em 2019 iniciou o mestrado no Programa de Pós-graduação em Zootecnia, vinculado a Faculdade de Agronomia da UFRGS, sob orientação do Professor Cesar Henrique Espírito Candal Poli e coorientação da Professora Raquel Fraga e Silva Raimondo, e obteve bolsa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).