



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

FACULDADE DE FARMÁCIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

SUSANA MELO GESTEIRA

**QUALIDADE DA CARNE *IN NATURA* E CARNE DE SOL DE NOVILHOS NELORE
SUBMETIDOS A INCLUSÃO DE TANINO CONDENSADO NA DIETA**

SALVADOR

2017

SUSANA MELO GESTEIRA

**QUALIDADE DA CARNE *IN NATURA* E CARNE DE SOL DE NOVILHOS NELORE
SUBMETIDOS A INCLUSÃO DE TANINO CONDENSADO NA DIETA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Ronaldo Lopes Oliveira

Co-orientadora: Prof^a. Dr^a. M^a Eugênia de O. Mamede

SALVADOR

2017

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Universitário de Bibliotecas da UFBA para ser confeccionada pelo autor

Gesteira, Susana Melo
Qualidade da carne in natura e carne de sol de novilhos
Nelore submetidos a inclusão de tanino condensado na dieta /
Susana Melo Gesteira. -- Salvador, 2017.
86 f.

Orientador: Ronaldo Lopes Oliveira.
Coorientadora: Maria Eugênia de Oliveira Mamede .
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciência
de Alimentos) -- Universidade Federal da Bahia, Universidade
Federal da Bahia, 2017.

1. Acacia mearnsii. 2. Bovino. 3. Ácidos graxos. 4.
Composição centesimal. I. Oliveira, Ronaldo Lopes. II. Mamede
, Maria Eugênia de Oliveira. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
FACULDADE DE FARMÁCIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

TERMO DE APROVAÇÃO

SUSANA MELO GESTEIRA

QUALIDADE DA CARNE *IN NATURA* E CARNE DE SOL DE NOVILHOS NELORE SUBMETIDOS A INCLUSÃO DE TANINO CONDENSADO NA DIETA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 31 de agosto de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Ronaldo Lopes Oliveira
Universidade Federal da Bahia
Orientador

Drª. Janice Izabel Druzian
Universidade Federal da Bahia

Dr. Thadeu Mariniello Silva
Universidade Federal da Bahia

“Posso, tudo posso naquele que me fortalece
Nada e ninguém no mundo vai me fazer desistir
Vou perseguir tudo aquilo que Deus já escolheu para mim
E realizar o sonho mais lindo que Deus sonhou ”

Celina Borges

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais, à minha família e amigos que estiveram comigo
nessa jornada e contribuíram para realização desse trabalho. Esta conquista é nossa!

AGRADECIMENTOS

A Deus que me fez chegar até aqui e a todos que estiveram juntos comigo nessa jornada.

A todos os meus familiares e amigos que me apoiaram e incentivaram, em especial ao meu pai Jose Luiz, minha mãe Rita Melo, meu padrasto Ebert Castro, minha irmã Simone Gesteira e ao meu namorado Farle Almeida, pela compreensão, amor, suporte e paciência, vocês foram fundamentais durante esta jornada.

A Raquel Nunes, amiga de todas as horas, Calila Teixeira, que sempre me transmitiu serenidade, e a minha afilhada Maria Isis e a pequena Heloisa que me proporcionaram a paz e energia para continuar a caminhada nos dias mais cansativos.

Ao meu orientador Professor Ronaldo Lopes Oliveira pela oportunidade e confiança, me proporcionando um grande aprendizado científico e pessoal, obrigada por acreditar e tenho certeza que você foi mais um dos instrumentos escolhido por Deus.

As meninas do Tanino: Polyana, Jusaline e Emellinne, pela execução do experimento, orientações e amizade, vocês fizeram um grande diferencial nessa jornada.

A todos do Grupo de estudo em nutrição de ruminantes (GENRU) pelas contribuições nas diversas fases da pesquisa, em especial a Rebeca Ribeiro pela tutoria e apoio na condução desta pesquisa.

Aos professores e colegas do Programa de Pós Graduação em Ciência de Alimentos, em especial Renata Guerreiro e Renata Quatiere que foram grandes companheiras, e do Programa de Pós Graduação de Zootecnia em especial o colega Neiri Jean pelas orientações, o Prof. Tadeu Mariniello, pelas importantes colaborações e o Prof. Luiz Fernando pelo auxílio na estatística.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia pelo suporte financeiro e a Tanac S.A., Montenegro, RS, Brasil, pela doação do extrato de *Acacia mearnsii* para desenvolvimento da pesquisa.

Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Baiano e amigos do Campus Catu pelo apoio.

A toda a equipe dos Laboratórios de Nutrição Animal (LANA-UFBA), Crescimento e Nutrição Animal (ESALQ-USP, SP) e Qualidade da Carne (UFLA-MG), pelas contribuições.

Aos Professores Carlos Cavalheiro e Janice Druzian pelas contribuições na qualificação deste trabalho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para esta realização. Muito obrigada!

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

SUSANA MELO GESTEIRA, filha de Jose Luiz Ribeiro Gesteira e Rita Melo Gesteira, nasceu em 7 de fevereiro de 1988, na cidade de Salvador, estado da Bahia.

Em julho de 2005, iniciou o curso Técnico de Alimentos no Serviço Nacional de Aprendizado Industrial (SENAI-BA), finalizando em fevereiro de 2007.

Em 2009, iniciou de graduação em Nutrição, no Centro Universitário Jorge Amado, finalizando o mesmo no final de 2013.

Em março de 2014, iniciou o curso de Especialização em Vigilância sanitária e qualidade de alimentos, na Universidade Estácio de Sá, finalizando em agosto de 2015.

Em setembro de 2015, ingressou no curso de Mestrado do Programa Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, na faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia (UFBA), na linha de pesquisa com Qualidade de Alimentos, sob a Orientação do Prof. Dr. Ronaldo Lopes Oliveira.

Defendendo sua dissertação de mestrado em agosto de 2017.

GESTEIRA, Susana Melo. **QUALIDADE DA CARNE *IN NATURA* E CARNE DE SOL DE NOVILHOS NELORE SUBMETIDOS A INCLUSÃO DE TANINO CONDENSADO NA DIETA.** 2017. - 86 p. Dissertação (Mestre em Ciência de Alimentos) - Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos - Faculdade de Farmácia. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

RESUMO

Ao buscar melhor qualidade de vida e hábitos de alimentação saudáveis, os consumidores estão mais exigentes em relação a qualidade nutricional e sensorial da carne. Estudos na área vêm crescendo em busca de alternativas para melhorar a qualidade do produto, visando proporcionar benefícios à saúde humana. Este estudo avaliou a qualidade da carne *in natura* e da carne de sol de novilhos da raça Nelore submetidos a dieta com diferentes níveis de tanino condensado na dieta. Foram utilizados 32 novilhos jovens da raça Nelore, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em 4 grupos (níveis) com 8 repetições (animais). Os 4 níveis corresponderam a (0, 10, 30 ou 50 g kg⁻¹ MS) de extrato tanino condensado (*Acacia mearnsii*) na dieta. Após o abate foram realizadas na carne *in natura* e na carne de sol, as análises para avaliar as características físico-químicas, composição dos ácidos graxos e os atributos sensorial. Os dados encontrados foram analisados por meio do software SAS® 9.1, com contraste polinomial para avaliar o efeito dos níveis, com 5% de significância. A inclusão de até 50 g kg⁻¹ MS de extrato tanino condensado nas dietas dos animais, provocou na carne *in natura* uma diminuição linear na perda de peso por cocção, nos ácidos graxos mirístico, palmítico, oléico, soma de ácidos graxos saturados, soma de ácidos graxos monoinsaturados e índice de aterogenicidade. Provocou um aumento nos valores de ácidos graxos linoléicos, linolênicos, araquidônicos, eicosapentaenóicos, docosapentaenóicos, docosahexaenóicos, soma de ácidos graxos poliinsaturados, razão ácidos graxos poliinsaturados: ácidos graxos saturados, *n*-6 totais, *n*-3 totais e razão de ácidos graxos hipocolesterolêmico e hipercolesterolêmico. Apresentou também redução linear e quadrática no teor de lipídio e a oxidação lipídica com 50 dias de armazenamento. Na carne de sol promoveu uma redução no conteúdo lipídico, perda de peso por cocção, colágeno, ácidos graxos palmítico, esteárico, oléico, soma de ácidos graxos monoinsaturados e da enzima $\Delta 9$ -dessaturase C18, assim como, um aumento na capacidade de retenção de água, nos ácidos graxos linolênico e no atributo sensorial de sabor na carne de sol. A inclusão de tanino condensado nas dietas de novilhos Nelore criados em confinamento, promoveu maior valor nutricional sem depreciar os atributos sensoriais em ambos os tipos de carne.

Palavras-chave: ácidos graxos, oxidação, composição centesimal, bovino.

ABSTRACT

By seeking a better quality of life and healthy eating habits, consumers are more demanding about a nutritional and sensory quality of meat. Studies in the area have been growing in search of alternatives to improve the quality of the product. The objective of this work was to evaluate the quality of the meat in the natura and of the meat of the Nelore steers submitted to the diet with different levels of condensed tannin in the diet. Thirty-two young Nelore steers were used, distributed in a completely randomized design in 4 groups (levels) with 8 replicates (animals). The 4 levels corresponded to (0, 10, 30 or 50 g kg⁻¹ MS) of condensed tannin extract (*Acacia mearnsii*) in the diet. After slaughtering is performed on fresh meat and on the meat of the sun, as analyzes to evaluate as physical-chemical characteristics, composition of fatty acids and sensorial attributes. The data were analyzed by means of the SAS® 9.1 software, with polynomial contrast to evaluate the effect of the levels, with 5% of significance. The inclusion of up to 50 g kg⁻¹ DM of condensed tannin extract in the diets of the animals, provoking in the meat in the natura a linear decrease in weight loss by cooking, myristic fatty acids, palmitic, oleic, saturated fatty acids, sum of monounsaturated fatty acids and atherogenic index, as well as an increase in the values of linoleic, linolenic, arachidonic, eicosapentaenoic, docosapentaenoic, docosahexaenoic fatty acids and polyunsaturated fatty acids ratio: saturated fatty acids, n-6 total, n-3 total and hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids ratio and lipid and quadratic reduction without lipid content and lipid oxidation with 50 days of storage. In the sun meat promoted a reduction without lipid content, weight loss by cooking, collagen, palmitic, stearic, oleic fatty acids, sum of monounsaturated fatty acids and the enzyme $\Delta 9$ -desaturase C18, as well as an increase in the water retention capacity, in linolenic fatty acids and no flavor attribute in sun meat. An inclusion of condensed tannin in the diets of Nelore steers raised in confinement promoted a higher nutritional value without depreciating the sensorial attributes in both types of meat.

Key-words: fatty acids, oxidation, centesimal composition, bovine.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I: FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Figura 1. Distribuição do efetivo do rebanho bovino no brasil.

Figura 2. Estrutura molecular do tanino condensado (catequina) e do tanino hidrolisável (ácido gálico).

Figura 3. Biohidrogenação ruminal e formação endógena de ácido linoleico conjugado (CLA) pelas enzimas Δ^9 dessaturase.

Figura 4. Via formação de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6.

Figura 5. Reação do teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).

Figura 6. Fluxograma de processamento da carne de sol.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I: FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Tabela 1. Principais achados científicos sobre a inclusão de *acacia mearnsii* na dieta de ruminantes.

CAPÍTULO II: EFFECT OF THE INCLUSION OF CONDENSED TANNIN IN THE DIET OF YOUNG NELLORE BULLS ON PHYSICOCHEMICAL QUALITY, FATTY ACID COMPOSITION AND SENSORY ANALYSIS OF MEAT

Table 1. Ingredient proportions, chemical and fatty acid (g/100 g⁻¹ FAME) composition of experimental diets.

Table 2. Physicochemical composition of meat from young Nellore bulls fed with condensed tannin extract.

Table 3. Fatty acid composition (g 100 g⁻¹ FAME) in meat from young Nellore bulls fed with condensed tannin extract.

Table 4. Sensory attributes of meat from young Nellore bulls fed with condensed tannin extract.

CAPÍTULO III: FATTY ACID COMPOSITION, PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND SENSORIAL ANALYSIS OF SALTED AND SUN-DRIED MEAT FROM YOUNG NELLORE YOUNG BULLS FED WITH CONDENSED TANNINS

Table 1. Ingredient proportions and the chemical and fatty acid (g/100 g⁻¹ of FAME) compositions of the experimental diets.

Table 2. Physicochemical composition of salted and sun-dried meat from young Nellore bulls fed condensed tannin extract.

Table 3. Fatty acid composition (g/100 g⁻¹ FAME) in the salted and sun-dried meat from young Nellore bulls fed condensed tannin extract.

Table 4. Sensory attributes in the salted and sun-dried meat from young Nellore bulls fed condensed tannin extract.

LISTA DE ABREVIATURAS

a w	Atividade Água
a*	Intensidade de Componente Vermelho-Verde
AA	Ácido Araquidônico
ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AG/FA	Ácidos Graxos
AGI/UFA	Ácidos Graxos Insaturados
AGMI/ MUFA	Ácidos Graxos Monoinsaturado
AGPI/ PUFA	Ácidos Graxos Poliinsaturados
AGS/ SFA	Ácidos Graxos Saturados
AMSA	American Meat Science Association
AOAC	Associação de Métodos Analíticos Oficiais
b*	Intensidade de Componente Amarelo-Azul
BH	Biohidrogenação
C*	Intensidade de Cor
CLA	Ácido Linoléico Conjugado
CRA/ WHC	Capacidade de Retenção de Água
DFD	Carne Escura, Firme e Seca
DHA	Ácido Docosahexaenóico
DIC	Delineamento Experimental Inteiramente Casualizado
DPA	Ácido Docosapentaenóico
EE	Extrato Etéreo
EPA	Ácido Eicosapentaenóico
FAME	Éster Metílico de Ácido Graxo
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
FC	Força de Cisalhamento
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FDN	Fibra em Detergente Neutro
FDNcp	Fibra em Detergente Neutro Corrigida para Cinzas e Proteína
h	Horas
IA	Índice de Aterogenicidade

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IT	Índice de Trombogenicidade
kg	Quilograma
Kgf	Quilograma-Força
L*	Luminosidade
LA	Ácido Linoléico
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
LNA	Ácido α -Linolênico
MCFA	Ácidos Graxos de Cadeia Média
MDA	Malonaldeído
MS/DM	Matéria Seca
n-3	Ácidos Graxos Poliinsaturados da Série Ômega-3
n-6	Ácidos Graxos Poliinsaturados da Série Ômega-6
NaCl	Cloreto de Sódio
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
nm	Nanômetro
NRC	National Research Council (Conselho Nacional de Pesquisa)
PB/CP	Proteína Bruta
PPC/CWL	Perda de Peso por Cocção
PSE	Carne Pálida, Flácida e Exudativa
RIISPOA	Regulamento Industrial de Inspeção de Produtos de Origem Animal
SAS	Sistema de Análises Estatísticas
SIF	Sistema de Inspeção Federal
TBARS	Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico
USDA	Departamento de Agricultura dos Estados Unidos
%	Percentual
°C	Grau Celsius

LISTA DE SIMBOLOS

C12:0 -	Ácido Láurico
C14:0 -	Ácido Mirístico
C16:0 -	Ácido Palmítico
C16:1 -	Ácido Palmitoléico
C18:0 -	Ácido Esteárico
C18:1 n-9c -	Ácido Oléico
C18:1 <i>trans</i> -11-	Ácido Vacênico
C18:2 n-6 -	Ácido Linoléico
C18:2c911t -	Ácido Linoléico Conjugado cis 9, trans 11
C18:3 n-3 -	Ácido α Linolênico
C18:3 n-6 -	Ácido γ Linolênico
C18:4 n-3 -	Ácido Octadecatetraenóico
C20:4 n-3 -	Ácido Eicosatetraenóico
C20:4n-6 -	Ácido Araquidônico
C20:5 n-3 -	Ácido Eicosapentaenóico
C20:3 n-6 -	Ácido Di-homo- γ - linolênico
C22:4 n-6 -	Ácido Adrenico
C22:5 -	Ácido Docosapentaenóico
C22:6 n-3 -	Ácido Docosahexaenóico

SUMÁRIO

CAPITULO I

FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. INTRODUÇÃO	18
2.OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo geral	20
2.2 Objetivos específicos.....	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1. Bovinocultura de corte	21
3.2. Taninos e o extrato de <i>Acacia mearnsii</i>	24
3.3. Influência do tanino na dieta dos ruminantes e na carne.....	25
3.4. Parâmetros de qualidade da carne	27
3.5. Características da carne de sol	32
REFERÊNCIAS	36

CAPITULO II

EFFECT OF THE INCLUSION OF CONDENSED TANNIN IN THE DIET OF YOUNG NELLORE BULLS ON PHYSICOCHEMICAL QUALITY, FATTY ACID COMPOSITION AND SENSORY ANALYSIS OF MEAT

INTRODUCTION	44
MATERIALS AND METHODS	46
Animal care	46
Animals, treatment and management	46
Diets and chemical composition	46
Slaughtering and physicochemical analysis of meat.....	48
Fatty acid composition	50
Sensory attributes	52
Statistical Analyses	52
RESULTS	53
Physicochemical composition of the meat	53
Fatty acids composition	53
Sensory attributes	54
DISCUSSION	56
CONCLUSIONS	59
REFERENCES	60

CAPITULO III

FATTY ACID COMPOSITION, PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND SENSORIAL ANALYSIS OF SALTED AND SUN-DRIED MEAT FROM YOUNG NELLORE YOUNG BULLS FED WITH CONDENSED TANNINS

1. INTRODUCTION	68
2. MATERIALS AND METHODS	69
2.1. Ethical considerations and study location	69
2.2. Animals and treatments	69
2.3. Diets and chemical compositions	70
2.4. Slaughtering and salted and sun-dried meat manufacturing	70
2.5. Physicochemical analysis	72
2.6. Fatty acid composition of the salted and sun-dried meat	74
2.6. Sensory attributes of the salted and sun-dried meat	75
2.7. Statistical analysis	75
3. RESULTS	76
3.1. Physicochemical composition of the salted and sun-dried meat	76
3.2. Fatty acid composition of the salted and sun-dried meat	77
3.3. Sensory attributes of the salted and sun-dried meat	77
4. DISCUSSION	79
4.1. Physicochemical composition of the salted and sun-dried meat	79
4.2. Fatty acid composition of the salted and sun-dried meat	81
4.3. Sensory attributes of the salted and sun-dried meat	82
5. CONCLUSION	82
CONFLICT OF INTEREST	Erro! Indicador não definido.
ACKNOWLEDGMENTS	Erro! Indicador não definido.
REFERENCES	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS	88

CAPITULO I

FUDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. INTRODUÇÃO

A bovinocultura se destaca no Brasil por ser uma das maiores atividades agropecuárias do país, na escala mundial o Brasil se destaca por ser o segundo País com o maior quantitativo de rebanho, ocupando o terceiro lugar no ranking internacional de exportação e de produtor de carne bovina (USDA, 2017).

Os pesquisadores e produtores de bovinos de corte tem como desafio promover o desenvolvimento da atividade, reduzir riscos ambientais, e aumentar a produtividade das carcaças com melhor qualidade sensorial e nutricional das carnes, contribuindo para promoção da saúde. A utilização de recursos como o melhoramento genético e nutrição animal é uma alternativa para atingir este objetivo, através da seleção de raças, utilização de insumos de produção agrícola e aditivos como moduladores para a dieta animal (OLIVEIRA et al., 2015).

Entre esses aditivos está o extrato da casca de *Acacia mearnsii*, que é uma fonte de tanino em especial do tipo condensado ou de proantocianidinas, utilizado principalmente pelas indústrias de couro, papel e alimentos (FARIAS et al., 2008). Os taninos condensados são compostos fenólicos encontrados em leguminosas forrageiras, árvores e arbustos, e apresentam propriedades antioxidantes (BEELLEN et al., 2008; VENTER et al., 2012). No entanto, essas substâncias podem ter ação antinutritivas devido a capacidade de interagir com as proteínas presentes no metabolismo dos ruminantes (MIN et al., 2003; PATRA e SAXENA, 2010).

Apesar desta característica, sabe-se que quando os taninos são consumidos em quantidade considerada balanceada (MIN et al., 2003; ORLANDI et al., 2015), estes apresentam ação benéfica aos animais ruminantes, por promover melhor aproveitamento digestivo da proteína, apresentar ação anti-helmíntica (CENCI et al., 2007; MAKKAR, 2003; MIN et al., 2003) e interferir no metabolismo do rúmen, modulando principalmente, os eventos de biohidrogenação ruminal (FRANCISCO et al., 2015).

Durante a biohidrogenação ruminal, evento que ocorre por intermédio da ação de diferentes grupos de microrganismos presentes no rúmen, acontece a saturação dos ácidos graxos com duplas ligações, tornando as ligações simples e, portanto, menos tóxicos às membranas dos microrganismos (MEDEIROS et al., 2015).

Com a inibição de algumas etapas deste processo, devido a redução da atividade de alguns microrganismos provocada pela inclusão do tanino, ocorre uma maior passagem de ácidos graxos insaturados da dieta para o intestino delgado do animal e estes poderão então ser absorvidos e depositados nos músculos (MIN et al., 2003; MEDEIROS et al., 2015).

A absorção dos ácidos graxos insaturados resultam em uma carne com maior qualidade nutricional, por favorecer a formação de ácidos graxos essenciais, como o α -linolênico, da família ômega-3, e do ácido linoleico conjugado (CLA), apresentando propriedades nutracêuticas, com efeitos anticarcinogênico, antiadipogênico, antidiabetogênico e anti-inflamatórios sobre a saúde humana (BELURY,2002; JERÓNIMO et al., 2010; PATRA, 2014).

Os consumidores estão preocupados com os efeitos da alimentação na saúde e mais exigentes em relação a qualidade dos produtos, optando em comprar e consumir aqueles que possuem melhor qualidade nutricional e sensorial, sem deixar de lado o consumo de alimentos típicos como a carne de sol, que é um produto bastante consumido e tradicional da Região Nordeste no Brasil (IBGE,2011; GOUVÊA et al., 2017).

O processamento da carne de sol consiste na aplicação do método de salga e desidratação com o intuito de aumentar a vida útil do produto e conferir o sabor característico (GURGEL et al. 2014). No entanto, o sal adicionado durante a preparação possui efeito pró-oxidante podendo reduzir a qualidade nutricional desse tipo de carne (GOUVÊA et al., 2017).

Desta maneira, este estudo propôs testar a hipótese de que a inclusão de taninos condensados na dieta de novilhos da raça Nelore pode permitir a manipulação da composição dos ácidos graxos, favorecendo a deposição de maior quantidade de ácidos graxos insaturados na carne, proporcionando melhor qualidade físico-química, nutricional e sensorial na carne *in natura* e na carne de sol.

2.OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a qualidade e a estabilidade da carne *in natura* e da carne de sol de novilhos da raça Nelore submetidos a inclusão com níveis de extrato da *Acacia mearnsii* (tanino condensado) na dieta.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar a composição química das carnes *in natura* e carne de sol dos novilhos submetidos à inclusão de tanino condensado na dieta;
- Avaliar as características físico-químicas de pH, capacidade de retenção de água, perda por cocção, força de cisalhamento, índice de cor e colágeno da carne *in natura* e carne de sol dos novilhos submetidos a inclusão de tanino condensado na dieta;
- Monitorar a estabilidade da oxidação lipídica na carne *in natura* e carne de sol dos novilhos submetidos a inclusão de tanino condensado na dieta;
- Caracterizar a composição de ácidos graxos da carne *in natura* e carne de sol dos novilhos submetidos a inclusão de tanino condensado na dieta;
- Avaliar as características sensoriais da carne *in natura* e carne de sol dos novilhos submetidos a inclusão de tanino condensado na dieta.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

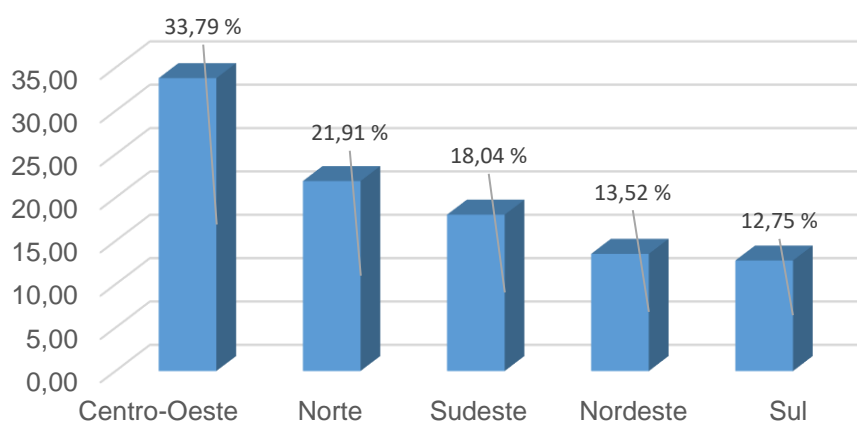
3.1. Bovinocultura de corte

A bovinocultura é uma das principais atividades agropecuárias do país, e o Brasil destaca-se mundialmente por ser responsável por 22,5% do rebanho mundial e detém o segundo maior efetivo de bovinos, ficando atrás apenas da Índia. Além disso, o Brasil também é um dos maiores produtores de carne bovina, logo após os Estados Unidos, como o segundo maior produtor, contribuindo com cerca de 15,3% da produção global de acordo com informações do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2017).

A atividade com gado de corte impulsiona a economia local e movimentada a economia mundial, tornando o Brasil um dos principais exportadores de carne bovina e em 2016 o país exportou cerca de 1,7 mil toneladas (17,9%), ocupando o terceiro lugar no ranking internacional (USDA, 2017).

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), em 2015 o efetivo do rebanho bovino no Brasil foi de 215,20 milhões de cabeças, sendo a Região Centro Oeste um dos maiores produtores representando 33,79 % e a Região Nordeste 13,52 % (29,1 milhões de cabeças) do total produzido, conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1. Distribuição do efetivo do rebanho bovino no Brasil.



Fonte: Adaptado de IBGE (2015).

A criação do rebanho demanda utilização de recursos terrestres, como pastagens e terras para a produção de alimentos para os animais. Toda área destinada para esses recursos representam um terço das terras agrícolas segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a

Agricultura FAO, (2017). Assim, um dos desafios do pecuarista é aumentar a produtividade utilizando de maneira mais eficiente os insumos de produção de todo o setor da agropecuária, e o sistema de confinamento dos bovinos na fase de terminação tem sido um direcionamento para os produtores aumentarem a quantidade e a qualidade das carnes produzidas. Em 2012, por exemplo, estima-se que cerca de 3,8 milhões de cabeças foram terminadas em sistema intensivo de confinamento (ÍTAVO et al., 2014), já em 2015 5,05 milhões de cabeças (12,9% do abate total) foram abatidas segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne (ABIEC, 2016).

Desta maneira, a cadeia produtiva de carne bovina vem se desenvolvendo para atender a perspectiva de crescimento do setor, estimulando pesquisas em busca de alternativas para melhorar as características da qualidade do produto final, visando os benefícios à saúde do consumidor, aumento de produtividade e rendimento das carcaças (OLIVEIRA et al., 2012).

As técnicas utilizando recursos genéticos, através da escolha de raça e técnicas de nutrição animal, são uma das estratégias utilizadas para atingir o objetivo de melhoramento da qualidade da carne, redução de resíduos, otimização do uso dos recursos naturais e redução dos impactos sobre o meio ambiente, tornando a produção sustentável (ZORZI et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015).

Na nutrição animal várias pesquisas com a inclusão de moduladores e coprodutos alimentares, tais como óleos (DOMINGUES et al., 2015), glicerina (CARVALHO et al., 2014; LAGE et al., 2014; SAN VITO et al., 2015), resíduos agroindustriais (CORREIA et al., 2016; GOUVÊA et al., 2017; ROSSI et al., 2016; SANTANA FILHO et al., 2015;) e protetores ruminais como a monensina (LADEIRA et al., 2014), têm sido conduzidas com a finalidade de aumentar a eficiência energética da dieta e a produtividade.

Um dos recursos que tem sido amplamente estudado é a inclusão de compostos secundários presentes nas plantas, como os taninos condensados, entre eles, o Extrato da *Acacia mearnsii* como modulador de dieta de ruminantes (Tabela 1).

Os taninos são compostos polifenólicos presentes em arbustos, legumes, frutas, cereais e grãos, bem como nas frutas verdes onde vão desaparecendo ao logo da maturação. Sua característica organoléptica mais marcante é a adstringência e podem ser classificados em dois grupos: taninos hidrolisáveis e os taninos condensados, baseados na estrutura molecular (BEELLEN et al., 2008; PATRA; SAXENA, 2010; VENTER et al., 2012).

Tabela 1- Principais achados científicos sobre a inclusão de *Acacia mearnsii* na dieta de ruminantes.

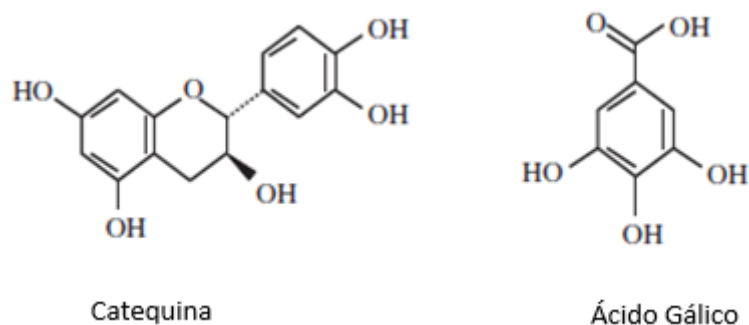
Autores	Ruminantes	Parâmetros avaliados	Concentração	Conclusão dos Autores
[1]	Cordeiros (<i>Swiss White Hill</i>)	Rotatividade de nitrogênio e liberação de metano, utilizando a técnica da câmara de respiração.	Suplementado com 0 e 41 g de extrato de <i>Acacia mearnsii</i>	Diminuiu a excreção urinária de nitrogênio sem afetar o nitrogênio corporal e reduziu a liberação de metano.
[2]	Ovinos (<i>Santa Inês</i>)	Infecção naturalmente com helmintos gastrointestinais.	Suplementado com 0 ou 18 g da casca de <i>Acacia mearnsii</i>	Apresentou efeito antiparasitário, representando uma alternativa para o controle de helmintos em ovinos.
[3]	Vacas em lactação (<i>Holstein</i>)	Emissões de metano e a excreção de nitrogênio	163 g ou 244 g Extrato de <i>Acacia mearnsii</i> em pó	Houve redução na produtividade do leite e efeitos positivos para redução do metano.
[4]	Touros (<i>Brown Swiss</i> × <i>Limousin</i>)	Perfil de ácidos graxos e a estabilidade oxidativa da gordura carcaça	Silagem de capim e de milho suplementada com 30 g / kg de matéria seca de extrato <i>Acacia mearnsii</i> e outros compostos secundários.	Os compostos secundários não afetaram a biohidrogenação e não alteraram o perfil de gordura na carcaça.
[5]	Ovinos (<i>Texel</i> × <i>Polwarth</i>)	Ingestão, digestibilidade e fornecimento de nutrientes através da infusão intraruminal	Solução de extrato de tanino (<i>Acacia mearnsii</i>) com concentração de 0, 20, 40 ou 60 g / kg de matéria seca.	O uso de extrato não afetou o suprimento de nitrogênio no duodeno e mostrou um impacto negativo no consumo de energia.
[6]	Novilhos (<i>Holstein</i>)	Digestibilidade, fermentação ruminal e fluxo duodenal de aminoácidos.	Extrato de tanino (<i>Acacia mearnsii</i>) nos níveis 0, 20, 40 ou 60 g / kg de matéria seca.	A inclusão de extrato até o nível de 40 g / kg de matéria seca, diminuiu a excreção urinária de nitrogênio e melhorou o suprimento de aminoácidos sem afetar a digestibilidade de matéria orgânica.

[1]- Carulla et al., 2005; [2]- Cenci et al., 2007; [3]- Grainger et al., 2009; [4]- Staerfl, et al., 2011; [5]- Kozloski et al., 2012; [6]- Orlandi et al., 2015.

3.2. Taninos e o extrato de *Acacia mearnsii*

Os taninos hidrolisáveis, ou ácido tânico (Figura 2), são ésteres de ácido gálico oligomérico de glucose e outros açúcares ou ácido hexahidroxiidifênico, parcialmente ou totalmente esterificado com um núcleo de polihidroxiila que podem sofrer facilmente hidrólise (PATRA; 2014; PATRA; SAXENA, 2010; VENTER et al., 2012).

Figura 2. Estrutura molecular do tanino condensado (Catequina) e do tanino hidrolisável (Ácido Gálico).



Fonte: Adaptado de Patra; Saxena, (2010)

Os taninos condensados ou proantocianidinas são constituídos de 2 a 50 (ou até mais) unidades flavonoides com ligações carbono-carbono, pelos polímeros de antocianidinas e/ou Catequina (flavan-3-4-ol) e por polímeros de Leucoantocianidina (flavan-3-4-diols) (Figura 2), apresentam como principal característica a propriedade de formar ligações de hidrogênio com as proteínas, devido à presença de um grande número de hidroxilas, tornando suscetíveis de serem rompidas pela hidrólise e as ligações reversíveis pela variação de pH, sendo o tipo mais comum encontrado em leguminosas forrageiras, árvores e arbustos (PATRA; SAXENA, 2010; VENTER et al., 2012).

Esses taninos podem ser ofertados aos animais diretamente dos vegetais, porém as diferentes formas de manejo, característica de solo e local de cultivo das plantas e leguminosas podem variar o teor de tanino. Uma alternativa apontada por autores como Orlandi et al., (2015), seria a utilização dos extratos de taninos industriais como o de *Acacia mearnsii* de Wild como aditivo alimentar. Ela é também conhecida como acácia negra ou mimosa, pertence à família *Fabaceae*, e subfamília *Mimosoideae*, caracterizando-se por ser uma planta lenhosa natural do sudeste do continente Australiano e atualmente é largamente cultivada na África do Sul (FARIAS et al., 2008).

A acácia negra foi introduzida no Brasil em 1918 sendo utilizada para plantios comerciais e a sua casca tem sido utilizada na indústria como fonte de tanino para curtimento de couros, produção de polímeros, uso da madeira para produção de celulose, papel, lenha, carvão, chapas de aglomerados e como flocculantes para tratamento de água e clarificação de bebidas (CALDEIRA et al., 2001; FARIAS et al., 2008; SANTOS; LUZ, 2007). A partir da casca da planta são obtidos os extratos vegetais ricos em componentes tanantes e fenóis que originam os taninos, podendo chegar a 30% do peso seco da casca dependendo das condições de manejo (SCHNEIDER et al., 2001; FARIAS et al., 2008). O processo para extração consiste na lixiviação aquosa da casca com água quente e em seguida secagem por pulverização para obtenção do extrato de acácia negra em pó, tendo como características a alta solubilidade em água, estado sólido, pó de cor marrom, sabor adstringente (TANAC, 2017; VENTER et al., 2012).

3.3. Influência do tanino na dieta dos ruminantes e na carne

Os animais ruminantes como os bovinos, caprinos e ovinos, possuem câmara de fermentação composta por rúmen e retículo, que devido a ação dos microorganismos os carboidratos mais complexos como a celulose e hemicelulose são degradados e fermentados. No rúmen ocorre também o processo de biohidrogenação, no qual os ácidos graxos da dieta que estão na forma de galactolipídeos e triglicerídeos são hidrolisados pela ação das enzimas lipolíticas liberando os ácidos graxos livres, ficando suscetíveis à ação das bactérias ruminais responsáveis pela biohidrogenação (MEDEIROS et al., 2015).

O processo de biohidrogenação consiste em saturar os ácidos graxos que possuem ligações duplas (insaturados) colocando hidrogênio na cadeia carbônica. Em geral, apenas 10-35% dos ácidos graxos insaturados escapam dessa etapa e acredita-se que este seja um processo adaptativo das bactérias ruminais como estratégia para reduzir a quantidade de ácidos graxos insaturados que seriam mais tóxicos para a microbiota (MEDEIROS et al., 2015).

Os ruminantes ao ingerir os compostos secundários das plantas, como os taninos, interagem com as proteínas presentes na saliva, mucosas e microbiota ruminal, se o tanino for consumido em concentração elevada, essa combinação é considerada composto antinutricional e tóxico aos ruminantes. (BEELLEN et al., 2008; FRANCISCO et al., 2015; MAKKAR, 2003).

No entanto, quando consumidos em quantidade balanceada em até 5% da matéria seca na dieta (MIN et al., 2003; ORLANDI et al., 2015) apresentam ação benéfica, através do melhor aproveitamento digestivo da proteína, pois reduz a degradação ruminal, da ação anti-helmíntica

provocada pelo tanino, diminuição no desperdício de amônia, redução da produção de gás metano no rúmen, além de inibição da atividade dos microrganismos presentes no rúmen, interferindo no metabolismo e modulando a biohidrogenação (BEELLEN et al., 2008; FRANCISCO et al., 2015; MAKKAR,2003; MIN et al., 2003; ORLANDI et al., 2015; VASTA; LUCIANO,2011;).

O efeito esperado com o uso do tanino condensado na dieta é que ele funcione como um modulador e provoque uma redução da atividade dos microrganismos presentes no rúmen (MIN et al., 2003), interferindo na biohidrogenação dos lipídios insaturados presentes na dieta, um exemplo, (Figura 3) é o que acontece com o ácido graxo linoléico (C18:2 *cis* -9, *cis* -12) ingerido na dieta que é gradualmente isomerizado, resultando na formação de isômeros da cadeia do C18:2 e, dentre entre eles, estão o ácido vacênico (C18:1 *trans* -11) na fase intermediária, e no final da cascata de reações o ácido esteárico (C18: 0) (VASTA; LUCIANO,2011).

A inibição da biohidrogenação, em particular a última etapa da conversão de ácido vacênico (C18:1 *trans* -11) em ácido esteárico (C18:0), proporciona menor concentração final de ácidos graxos saturados, aumentando as concentrações de ácidos graxos monoinsaturados e poliinsaturados que conseqüentemente serão incorporados na carne por absorção pelo intestino delgado do animal (DALEY et al.,2010; MIN et al., 2003; ROSSI et al.,2016; VASTA et al.,2009).

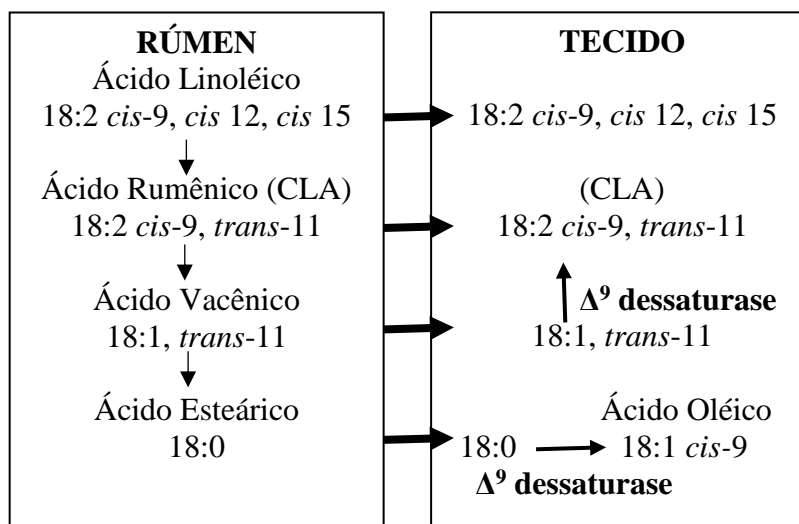
Entre os intermediários resultantes da biohidrogenação, está o ácido linoleico conjugado (CLA - C18:2 *cis* -9, *trans* -11), responsável por conferir à carne propriedades funcionais, devido suas ações demonstrarem efeito anticarcinogênico, antiadipogênica, antidiabetogênico e efeitos anti-inflamatórios, ocasionando efeitos benéficos sobre a saúde humana (BELURY,2002; JERÓNIMO et al., 2010; PATRA; 2014).

O CLA além de ser formado durante o processo da biohidrogenação, também é sintetizado na carne de maneira endógena pela ação da enzima Δ^9 -dessaturase (VASTA et al., 2009). Assim, o aumento da captação do ácido vacênico (C18:1 *trans* -11) no duodeno no animal também é uma estratégia para aumentar o teor de CLA na carne ou leite, através da dessaturação (introdução de duplas ligações) de ácido vacênico proveniente de biohidrogenação do ácido linoleico (BAUMAN et al.,1999; DALEY et al., 2010; VASTA; LUCIANO 2011). As vias da biohidrogenação e formação de CLA endógeno estão esquematizadas na (Figura 3).

A enzima Δ^9 dessaturase 18 é a responsável pela transformação de esteárico em oleico e do vacênico em CLA no tecido, enquanto que a enzima Δ^9 dessaturase 16 é a responsável pela conversão do ácido palmítico em palmitoléico (BAUMAN et al.,1999; LOPES et al.,2012). Assim, as enzimas dessaturase atuam na síntese dos ácidos graxos insaturados, oxidando dois carbonos da cadeia, formando duplas ligações e as enzimas elongase são responsáveis por atuar adicionando dois átomos de carbono à cadeia (PERINI et al., 2010), desta maneira a atuação dessas enzimas

favorecem a maior formação endógena nos tecidos e glândulas mamárias de ácidos graxos insaturados que são desejáveis de serem encontrados na carne e no leite.

Figura 3. Biohidrogenação ruminal e formação endógena de ácido linoleico conjugado (CLA) pelas enzimas Δ^9 dessaturase.



Fonte: Adaptado de Bauman et al., (1999)

3.4. Parâmetros de qualidade da carne

A carne bovina constitui a principal fonte de proteína animal presente na dieta dos brasileiros, na última pesquisa de orçamento familiar 2008-2009 realizada pelo IBGE (2011) foi registrado um consumo *per capita* anual de 25,42 kg carne bovina contra 13,20 kg de aves, 4,08 kg de pescado e 2,31 kg de carne suína. Em 2016 a estimativa aponta que o consumo foi de 27 kg/*per capita*, quantidade menor que em 2015 que foi de 30 kg/*per capita*, justificado pela queda do produto interno bruto do mesmo ano, que reduziu o poder de compra da população (HORTA; ALBUQUERQUE, 2017).

Associado ao grande consumo de carne bovina pela população, é de interesse dos pesquisadores aumentar a produção e melhorar a qualidade nutricional e sensorial das carnes. Visando promover benefícios à saúde do consumidor através deste produto, fatores como raça, sexo e dieta do animal são responsáveis por afetar a composição química da carne, provocando um efeito direto sobre a qualidade da carne, influenciando na conservação, nas características físicas como a capacidade de retenção, cor e textura, bem como consequentemente na aceitação da carne pelos consumidores (OLIVEIRA et al., 2015; CORREIA et al., 2016).

A carne bovina *in natura* é composta por cerca de 70 a 80 % de umidade, 0,80 a 1,50 % de cinzas, 20 a 25 % de proteína bruta e 1,0 a 8,0 % de lipídeos totais que influenciam a composição do perfil de ácidos graxos e suas relações entre os teores de ácido graxos saturados e insaturados (PRADO e MOREIRA, 2010). Ela fornece aos seres humanos nutrientes essenciais e de alto valor biológico, como proteínas, vitaminas A, B₆, B₁₂, D, E, ácidos graxos essenciais e minerais como zinco, selênio e ferro orgânico, que é altamente absorvível e melhor aproveitado pelo organismo (DALEY et al., 2010; LOPES et al., 2012).

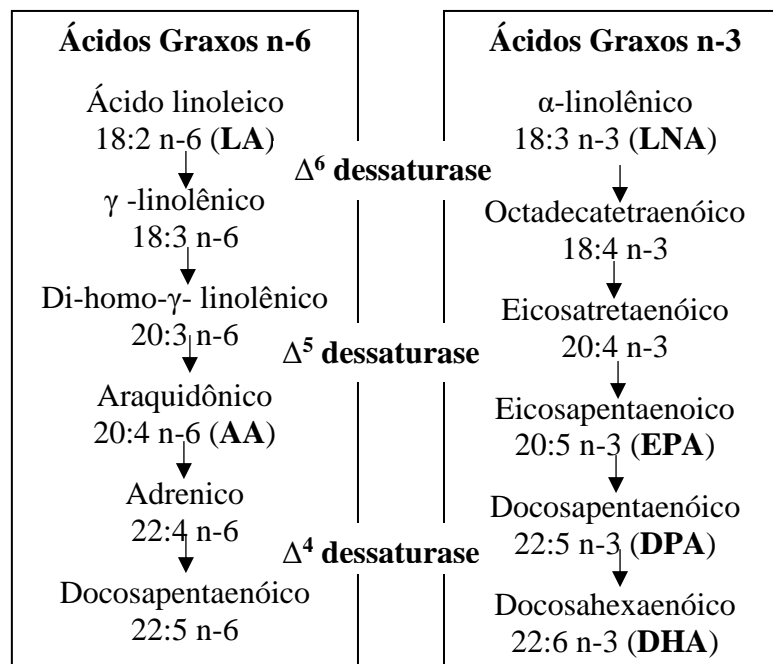
Apesar dos nutrientes disponíveis na carne vermelha, ela tem sido considerada como um dos alimentos responsáveis por aumentar as concentrações plasmáticas de colesterol e consequente aumento da incidência de doenças cardiovasculares, aterosclerose e obesidade devido o alto nível de lipídio e ácidos graxos saturados, em comparação a carne de animais não ruminantes (LOPES et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2015; PIRES et al., 2008;). Segundo Santos, et al. (2013) entre os ácidos graxos saturados presentes na carne, quantidades significativas são de ácido palmítico (C16:0) e de ácido esteárico (C18:0) que possui efeito neutro sobre o colesterol, e em menor quantidade de ácido mirístico (C14:0) que é um dos principais responsáveis em elevar a concentração plasmática de colesterol em seres humanos. Ainda de acordo com os mesmos autores, eles preconizam que a fonte de lipídios na dieta deve ser distribuída de maneira que menos de 20% seja de origem saturada, cerca de 55% monoinsaturada e 25% de poliinsaturada garantindo o consumo dos ácidos graxos essenciais como o CLA e os ácidos graxos da família ômega 3 e ômega 6, que não são sintetizados pelo organismo humano e devem ser ingeridos a partir dos alimentos.

Entre esses ácidos graxos poliinsaturados essenciais estão o α -linolênico (18:3n-3 - LNA), precursor da via ômega-3 (n-3) formando os ácidos graxos eicosapentaenoico (20:5n-3 - EPA), docosapentaenoico (C22: 5n-3 - DPA) e docosahexaenoico (22:6n-3 - DHA), já o ácido linoleico (18:2n-6 - LA) é o precursor da via ômega-6 (n-6) que forma o ácido graxo araquidônico (20:4n-6 - AA) (DALAY et al., 2010; PERINI, et al., 2010).

As vias de formação dos ácidos graxos da família n-3 e n-6 esquematizados na (Figura 4), são sintetizadas por algumas das mesmas enzimas Δ dessaturase, o desequilíbrio na relação entre a família desses dois ácidos graxos pode interferir no metabolismo e alterar seus efeitos biológicos, já que o excesso de n-6 irá competir pelas mesmas enzimas interferindo a conversão de LNA em EPA, DPA e DHA, esses ácidos graxos são de interesse pois apresentam efeito supressor sobre a resposta imunológica e características anti-inflamatórias no organismo, já os derivados do ácido linoleico (n-6) apresentam tanto efeito supressor do sistema imunológico como estimulante da inflamação quando em excesso no organismo (PERINI, et al., 2010).

Segundo Daley et al. (2010), para uma relação satisfatória uma dieta saudável deve possuir cerca de um a quatro vezes mais ácidos graxos n-6 do que ácidos graxos n-3. A Sociedade Brasileira de Cardiologia (SANTOS et al., 2013) orienta nas diretrizes sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular que embora as quantidades mínimas de n-6 a serem ingeridas diariamente por adultos saudáveis não estejam ainda estabelecidas, a recomendação da relação deve ser de 5:1, no entanto em dietas ocidentais essa relação atinge geralmente 10 a 25:1 causando desequilíbrios na ingestão (PERINI et al., 2010).

Figura 4. Via formação de ácidos graxos ômega 3 e ômega 6.



Fonte: Adaptado de Simopoulos et al., (1991)

Embora os frutos do mar sejam a principal fonte de origem animal de n-3, um estudo realizado por SINCLAIR et al., (1994) sobre o levantamento da ingestão de ácidos graxos mostrou que a carne vermelha também serve como uma fonte de n-3 e que a ingestão de carne bovina aumentou as concentrações séricas de ácidos graxos n-3, incluindo EPA, DPA e DHA nos humanos, demonstrando a importância em melhorar a qualidade nutricional da carne bovina (DALEY et al, 2010; SIMOPOULOS et al., 1991).

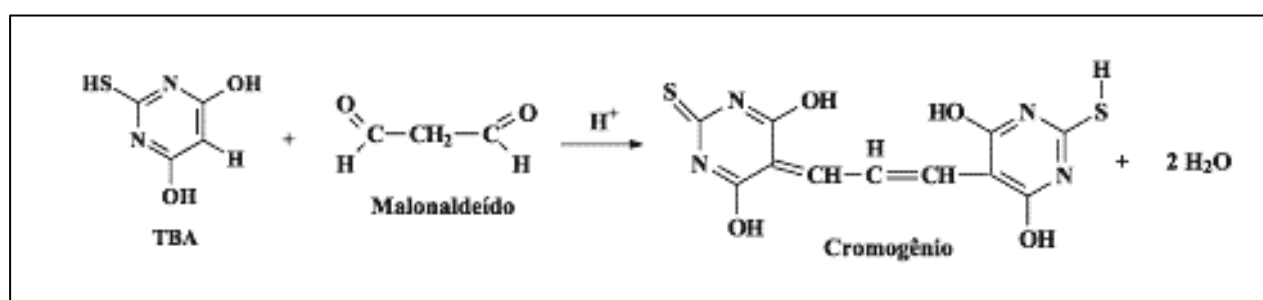
A manipulação da dieta dos animais visando alterar a composição dos ácidos graxos da carne, permite obter um produto com maior quantidade de ácidos graxos poliinsaturados, no entanto favorece o surgimento da oxidação lipídica na carne (PIRES et al., 2008). Isso ocorre devido à natureza dos ácidos graxos insaturados que apresentam duplas ligações, e estas são extremamente sensíveis a presença de pró-oxidantes como íons metálicos, exposição a luz,

oxigênio, calor e ação de enzima lipoxigenase, sendo fatores determinantes para provocar a desestabilização e oxidação dessas insaturações e uma das principais causas para deterioração do produto e destruição parcial de outros lipídios insaturados como as vitaminas lipossolúveis. (LIMA JUNIOR et al., 2013)

No mecanismo da oxidação lipídica, iniciada por qualquer um dos agentes citados anteriormente, ocorre a ação de um radical livre, que reage com a cadeia hidrocarbonada do ácido graxo, formando um peróxido que reage com outras cadeias hidrocarbonadas, extraindo hidrogênios e originando um hidroperóxido, resultando como produto final da decomposição de hidroperóxidos os álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e outros hidrocarbonetos, que são produtos geralmente voláteis e conferem odores desagradáveis à carne (FERRARI et al., 1998; LIMA JUNIOR et al., 2013; WHEATLEY, 2000).

Entre esses produtos secundários da oxidação, o malonaldeído (MDA) que é um aldeído, usado como indicador da oxidação lipídica. A quantificação é realizada por meio das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) na amostra (FERRARI, et al., 1998). O princípio da análise consiste na reação do malonaldeído presente na amostra com ácido tiobarbitúrico, gerando compostos cromógenos de cor rosa (Figura 5) com absorvância a 532 nm (nanômetro) podendo assim ser submetido à técnica de espectrofotometria. Para expressar a quantidade de TBARS, o valor da leitura do comprimento de onda da substância é multiplicado por um fator de 7,8 para obter o equivalente em miligrama de malonaldeído por 1000 gramas de carne, ou seja, em mg MDA/kg de amostra (AMSA, 2012; FERRARI, et al., 1998; OSAWA et al., 2005; SAN VITO, et al., 2015).

Figura 5. Reação do teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).



Fonte: OSAWA et al., (2005)

A cor é outro parâmetro de qualidade que sofre efeito de oxidantes e também é um dos requisitos na avaliação de qualidade da carne pelo consumidor, ela é influenciada pela quantidade e natureza de mioglobina presente no músculo, que ao reagir com o oxigênio disponível é

transformando em oximioglobina de coloração vermelho brilhante, característico da carne. (LIMA JUNIOR et al., 2012). Com isso a cor na carne varia de acordo com os fatores que influenciam a disponibilização de oxigênio no músculo, tais como o tipo de dieta que é ofertada aos animais, espécie, idade, condições pré-abate, pH da carne, localização do músculo, composição centesimal e de ácidos graxos, bem como a alteração da cor pode ser provocada pela oxidação dos pigmentos de cor, transformando a oximioglobina em metamioglobina, tornando a carne marrom-acinzentada, aspecto que o consumidor rejeita. (FERRARI et al., 1998; LIMA JUNIOR et al., 2012; PARDI et al., 2001).

Para determinação de cor a amostras de carne é submetida a exposição atmosférica por 30 minutos para oxigenação da mioglobina e realizada a leitura com colorímetro digital Chroma para determinação dos parâmetros de luminosidade (L^*), intensidade de componente vermelho-verde (a^*), intensidade de componente amarelo-azul (b^*) e intensidade de cor (C^*) (ABULARACH et al., 1998; MILTENBURG et al., 1992; PARDI et al., 2001). As características físico-químicas da carne como mensuração de pH, perda por cocção, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento também são influenciadas pelas condições do animal antes e após o abate, por isso também devem ser avaliadas para determinação da qualidade (PARDI et al., 2001).

A queda do pH após a morte do animal, causado pelo acúmulo de ácido láctico proveniente da conversão glicogênio em glicólise e posteriormente em lactato, é um dos fatores responsáveis pela conversão de músculo em carne e pela determinação da futura qualidade da carne, atingindo no bovino o pH final de 5,5 a 5,8 ao final de 24 a 48 horas após o abate (PARDI et al., 2001). Quando o pH final na carne é maior que 6,0, a carne apresenta coloração escura, estrutura firme e superfície de corte seco, característica conhecida como DFD (escura, firme e seca) devido à pouca reserva de glicogênio que impede a redução adequada do pH (ALVES, et al., 2005). No entanto, o acúmulo de lactato, causado principalmente pelo estresse antes do abate e tipo de dieta do animal, pode ocasionar carnes PSE (pálida, flácida e exsudativa) e esta condição ocorre quando o estresse ocasiona rápido consumo de glicogênio e acúmulo de lactato fato que leva à redução excessiva de pH, tornando a carne pálida, mole e exsudativa devido à baixa capacidade de retenção de água, sendo que este problema de qualidade é mais comum de ocorrer em carne suína (PRIETO et al., 2014; RAMOS e GOMIDES, 2007).

A capacidade de retenção de água (CRA) é a propriedade da carne em reter sua própria água durante a aplicação de forças externas como corte, prensagem, aquecimento ou trituração, sendo influenciada por diversos fatores como raça, tipo de músculo, pH da carne e utilização de aditivos como cloreto de sódio e açúcares durante o processamento (PARDI et al., 2001). A perda de peso por cocção avalia o CRA durante o cozimento determinando o rendimento da carne após

o preparo, podendo ser influenciado pelo método e nível de temperatura utilizada na cocção, sendo calculados pela diferença de peso das amostras antes e depois do tratamento com aplicação de força ou cocção. (PARDI et al., 2001; RAMOS; GOMIDE, 2007). A perda de água da carne também é responsável por influenciar a textura e conseqüentemente a maciez da carne, que pode ser avaliada por métodos objetivos com a mensuração da força necessária para o corte da carne, avaliando desta maneira a força de cisalhamento ou por métodos subjetivos através da análise sensorial (RAMOS; GOMIDE, 2007; LIMA JUNIOR et al., 2012).

Segundo a Associação Americana de Ciência da Carne (AMSA, 2015), mesmo com as avaliações instrumentais de qualidade da carne, a aceitação de um produto só pode ser determinada através da avaliação pelos potenciais consumidores dos produtos, portanto é importante a realização de avaliações subjetivas que levam em conta as respostas sensoriais para caracterização do produto, desta maneira a análise sensorial é definida como a resposta transmitida por um indivíduo resultante das reações físicas, químicas e as sensações por efeitos psicológicos transmitidas pelo produto que são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993). Para análise sensorial da carne são comumente utilizados os testes afetivos, que têm a finalidade de avaliar a aceitação do consumidor por um produto levando em consideração as preferências, gostos e opiniões, com a utilização de escala hedônica para avaliação individual de atributos como cor, aparência, sabor, aroma, maciez e aceitação global para determinação da qualidade da carne. (OLIVEIRA et al., 2012; GOUVÊA et al., 2017)

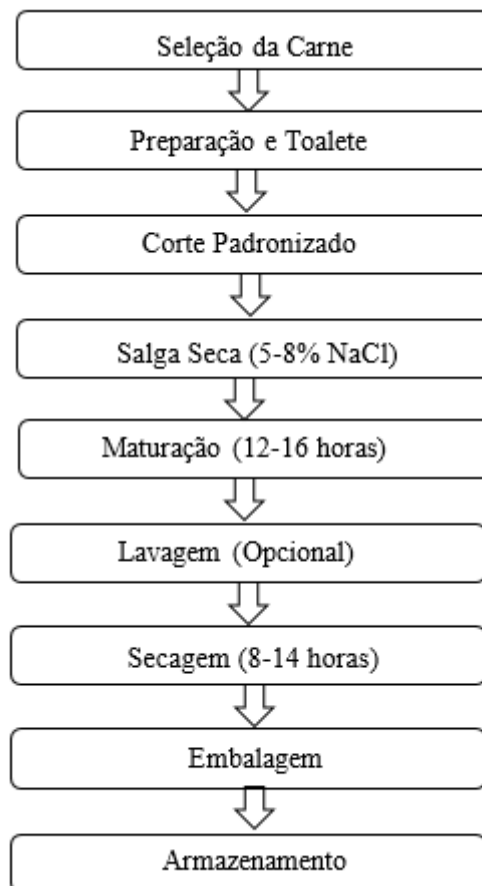
3.5. Características da carne de sol

A carne *in natura* é um alimento que deteriora facilmente devido a sua alta perecibilidade, necessitando de conservação pelo frio. A carne de sol surgiu como alternativa para preservação do excedente de produção da carne *in natura* em regiões com baixo nível econômico, nas populações com dificuldades para conservação de alimentos em refrigeração, utilizando o método de salga e desidratação da carne, como prática para conservação, apesar de ainda necessitar de refrigeração para evitar a deterioração (GOUVÊA e GOUVÊA, 2007). A carne de sol se tornou um produto tradicional com ampla aceitação e bastante consumida no Brasil, sendo apontada como responsável por promover o aquecimento da economia regional, visto que o processamento é baseado na utilização de tecnologias artesanais, envolvendo pequenos produtores na fabricação (GOUVÊA et al., 2017; GURGEL et al. 20,14; SALVIANO et al., 2015). Segundo dados do IBGE (2011), a Região Nordeste se destaca como a principal consumidora da carne de sol e o estado da

Bahia possui consumo de 1,87 kg/ *per capita*/ano, seguido pelo Rio Grande do Norte com 1,58 kg/*per capita*/ano (IBGE, 2011).

A aparência da carne de sol ou carne do sol é caracterizada pela sua cor superficial marrom escura e corte em forma de manta, contrariando o nome que leva durante a fabricação do produto raramente são expostos diretamente ao sol para secagem, sendo geralmente realizada em áreas cobertas e bem ventiladas, permitindo desta maneira a desidratação gradual e controlada do produto (FAO,1985). De acordo com Gouvêa e Gouvêa (2007) e os documentos técnicos da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO,1985), sobre recomendações para fabricação de carne de sol, a produção pode ser esquematizada em nove etapas, conforme fluxograma (Figura 6).

Figura 6. Fluxograma de processamento da carne de sol.



1. Seleção da carne: Como qualquer produto de origem animal a carne utilizada como matéria prima deve atender à regulamentação prevista no Regulamento Industrial de Inspeção de Produtos de Origem Animal-RIISPOA (BRASIL,1952), garantindo a qualidade sanitária do corte escolhido.

2. Preparação e toalete das peças: Retirado as aparas, excesso de gordura e tecidos conjuntivo;
3. Corte padronizado: As peças de carne são abertas ao meio formando a manta com uma espessura máxima de 5 centímetros e realizado cortes paralelo padronizados a cada 4 cm no sentido da fibra para facilitar a penetração do sal;
4. Salga seca: Fricção manual na superfície e nos cortes paralelo das peças, 5 - 8 % de cloreto de sódio (NaCl) em relação ao peso da peça, geralmente utiliza o sal marinho moído ou sal refinado (sal de cozinha) que apresentam cristais com menos de 2 mm;
5. Maturação: As carnes são mantidas por 12-16 horas a temperatura de 25°C, sendo virada na metade do tempo;
6. Lavagem: Ao final do tempo de maturação é drenado o exsudato e realizado a lavagem das mantas com água potável, alguns fabricantes não realizam a lavagem;
7. Secagem: As mantas são colocadas a temperatura ambiente suspensas por ganchos por 8 - 14 horas, a exposição ao sol é opcional;
8. Embalagem: O tipo de embalagem depende do mercado consumidor ao qual o produto é destinado, nos mercados populares são vendidos sem embalagem facilitando a avaliação do cliente pelo toque e cheiro;
9. Armazenamento: Em refrigeração com temperatura de até 10 ° C.

A carne de sol tradicionalmente é fabricada com músculo bovino, embora carnes de caprinos e ovinos também sejam adequados para a produção, podendo ser utilizada toda a carcaça. No entanto a carne de sol é frequentemente produzida com cortes comerciais como o coxão mole (músculo semimembranoso), coxão duro (músculo bíceps femoral), patinho (músculo vasto), alcatra (músculo glúteo) e lombo (músculo longo dorsal), por serem mais aceitos pelos consumidores (FAO,1985; Gouvêa e Gouvêa,2007). Os depósitos de gordura subcutânea e intermuscular variam consideravelmente entre os cortes e essas diferenças afetam a penetração de sal e subsequente perda de água durante o processamento (FAO,1985).

Apesar da carne de sol ser um produto popular no Brasil, não existe uma legislação federal específica ou padrão de identidade e qualidade para este produto, causando grande variação no processamento e nas características do produto (LIMA ALVES et al.,2010). A FAO (1985), caracteriza a carne de sol com níveis de cloreto entre 5 e 6%, teor de umidade entre 64 e 70%, e atividade água (a_w) com 0,91 a 0,95, que corresponde a quantidade de água disponível para o crescimento de microrganismos. Portanto, após o processamento da carne de sol, a a_w continua alta sendo considerado como um produto de alta perecibilidade, e vida útil limitada quando acondicionado em temperatura ambiente.

Em estudos avaliando a qualidade da carne de sol foram verificadas diferenças nos resultados, com a umidade variando de 64,0 a 72,2%, proteína 21,33 a 23,35 %, lipídio 0,5 a 0,77%, cinzas 4,0 a 6,24 %, atividade água 0,91 a 0,97, cloreto de sódio 4,69% a 8,45% (FARIAS,2010; GOUVÊA et al., 2017; LIRA,1998; MENNUCCI, 2009; SALVIANO,2011).

O Cloreto de Sódio é o principal ingrediente da carne de sol e contribui para a variação no produto desempenhando um papel importante sobre o processamento no ponto de vista tecnológico, sendo responsável por provocar alterações química, físico-químicas e sensoriais, além de promover a conservação pelo controle do crescimento de microrganismos, que são os responsáveis por provocar a deterioração e afetar a segurança microbiológica do produto (INGUGLIA et al., 2017; RUUSUNEN; PUOLANNE, 2005).

A carne de sol possui potencial para o aumento do consumo devido as suas características peculiares de rápido preparo, textura macia, sabor e aroma agradável proporcionado pela liberação dos composto aromáticos. Gouvêa et al., (2017) avaliaram a inclusão de torta de licuri na dieta de bovinos, a carne de sol resultante apresentou melhor aparência, aroma, sabor, maciez, suculência e aceitação global comparada a carne *in natura*.

No entanto a expansão do consumo da carne de sol depende do prolongamento da vida de prateleira, e incentivos econômicos para o aumento de produção em escala industrial, considerando que boa parte da fabricação ainda é realizada de maneira tipicamente artesanal, e que as condições higiênico sanitárias nos locais que processam a carne de sol, nem sempre são adequadas, comprometendo a qualidade do produto (LIMA ALVES et al.,2010; GURGEL et al.,2014; SALVIANO,2011).

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE, ABIEC.- Perfil da Pecuária no Brasil, **Relatório Anual 2016**. Disponível em: http://www.newsprime.com.br/img/upload2/2016_FolderPerfil_PT.pdf Acesso em: 02 de Ago. de 2017
- ABULARACH, Maria Lourdes S.; ROCHA, Carlos E.; DE FELÍCIO, P. E. Características de qualidade do contrafilé (m. L. dorsi) de touros jovens da raça Nelore. **Food Science and Technology (Campinas)**, v. 18, n. 2, p. 205-210, 1998.
- ALVES, D. D. et al. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 135-149, 2005.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, AMSA. **Meat Color Measurement Guidelines: AMSA**. American Meat Science Association, Champaign, Illinois USA, v. 61820, p. 1-135, 2012.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, AMSA. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of meat**. Natl. Live Stock and Meat Board, Champaign, Illinois USA, v. 61820, Second edition, p. 1-136, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 1993. 8 p.
- BAUMAN, D. E. et al. Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. E-Suppl, p. 1-15, 2000.
- BEELEN, Patrícia Mendes Guimarães; FILHO, José Morais Pereira; BEELEN, Roger Nicolas. Avaliação de Taninos Condensados em Plantas Forrageiras. **Zootec, João Pessoa, Paraíba**, 2008.
- BELURY, M. A. Dietary conjugated linoleic acid in health: physiological effects and mechanisms of action. **Annual review of nutrition**, v. 22, n. 1, p. 505-531, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA)**, p. 154, 1952.
- CALDEIRA, M. et al. Quantificação da biomassa acima do solo de *Acacia mearnsii* De Wild., procedência Batemans Bay-Austrália. **Ciência Florestal**, v. 11, p. 79-91, 2001.
- CARVALHO, J. R. R. et al. Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 977-983, 2014.
- CARULLA, J. E. et al. Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. **Crop and Pasture Science**, 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**, v. 144, n. 1, p. 132-137, 2007.

CORREIA, B. R. et al. Production and quality of beef from young bulls fed diets supplemented with peanut cake. **Meat Science**, v. 118, p. 157–163, 2016.

DALEY, C. A. et al. A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. **Nutrition Journal**, v. 9, n. 1, p. 10, 2010.

DOMINGUES, J. L. et al. Effect of high oil corn in the diets of Nellore steers on growth performance, carcass characteristics, meat quality, and longissimus muscle fatty acid profile. **Livestock Science**, v. 174, p. 31–38, 2015.

FARIAS, P. C. et al. Potencial bioquímico e biotecnológico da acácia negra visando sua exploração comercial. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 14, n. 3, 2008.

FARIAS, S. M. O. C.; **Qualidade da carne de sol comercializada na cidade de João Pessoa**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologias de Alimentos). Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB. 2010.

FERRARI, C. K. B.. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Revista. Nutrição**, v. 11, n. 1, p. 3-14, 1998.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. 2017a. **Agriculture and Consumer Protection Department**. Livestock and Animal Production. Rome, 2017. Disponível em: < http://www.fao.org/ag/againfo/themes/en/animal_production.html >. Acesso em: 15 fev. 2017

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. **Animal production and health, paper 51: Dried salted meats: charque and carne-de-sol**. Rome, 1985. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/003/x6555e/x6555e00.htm> Acesso em: 27 de fev. de 2017.

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**, v. 100, p. 275–282, 2015.

GOUVÊA, J. A. G.; GOUVÊA, A. A. L. **Tecnologia de fabricação da carne de sol**. Bahia: Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA, 2007. 23 p. Dossiê Técnico. Disponível em: <http://respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/NzU=>; acessado em 15 de março de 2017.

GOUVÊA, A. A.L et al. Effects of licury cake in young Nellore bull diets: salted sun-dried meat is preferred rather than fresh meat by consumers despite similar physicochemical characteristics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2016.

GRAINGER, C. et al. Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 89, n. 2, p. 241-251, 2009.

GURGEL, T. E. P. et al. Avaliação da qualidade da carne-de-sol produzida artesanalmente. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 73, n. 2, p. 208-213, 2014.

HORTA, A.; ALBUQUERQUE L. **Consumo per capita de carne recua para 27 kg em 2016, contra uma média histórica de 37/kg**. Disponível em: < <https://www.noticiasagricolas.com.br/videos/boi/174866> >. Acesso em: 05 mar. 2017

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2011. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009** : análise do consumo alimentar pessoal no Brasil / IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro : IBGE, 2011. 150 p. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoedevida/pof/2008_2009/ >. Acesso em: 15 fev. 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. 2015. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, **Produção Pecuária Municipal 2014-2015**. Rio de Janeiro, v. 43, p. 1-49, 2015. Disponível em: < http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf >. Acesso em: 15 fev. 2017.

INGUGLIA, E. S. et al. Salt reduction strategies in processed meat products – A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 70–78, 2017.

ÍTAVO, L. C. V. et al. Produção de carne bovina em confinamento. In: OLIVEIRA, R.L.; BARBOSA, M.A.A.F. (Orgs.) **Bovinocultura de corte: desafios e tecnologias**. 2.ed. EDUFBA, p. 289- 326, 2014

JERÓNIMO, E. et al. Effect of sodium bentonite and vegetable oil blend supplementation on growth, carcass quality and intramuscular fatty acid composition of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, n. 3–4, p. 136–145, 2010.

KOZLOSKI, G. V. et al. Intake, digestibility and nutrients supply to wethers fed ryegrass and intraruminally infused with levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. **Small Ruminant Research**, v. 106, n. 2, p. 125-130, 2012.

LADEIRA, M. M. et al. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p. 597–605, 2014.

LAGE, J. F. et al. Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nellore bulls fed crude glycerin replacing energy sources in the concentrate. **Meat Science**, v. 96, n. 3, p. 1158–1164, 2014.

LIMA ALVES, Larissa et al. Avaliação físico-química e microbiológica da carne soleada do Pantanal. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, 2010.

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

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

- LIRA, G. M. **Avaliação de parâmetros de qualidade da Carne-de-sol**. São Paulo, 1998. 82p. (Tese de Doutorado. Deptº de Alimentos e Nutrição e Experimental. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. Universidade de São Paulo).
- LOPES, L. S. et al. Composição química e de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi e da gordura subcutânea de tourinhos Red Norte e Nelore. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 4, p. 978-985, 2012.
- 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**, v. 124, n. 3, p. 1036-1042, 2011.
- MAKKAR, H. P. . 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**, v. 49, n. 3, p. 241–256, 2003.
- MEDEIROS, S. R.; ALBERTINI, T. Z.; MARINO, C. T.. Lipídios na nutrição de ruminantes. In: MEDEIROS, S.R.; GOMES, R. C.; BUNGENSTAB, D. J. (ed.) **Nutrição de bovinos de corte Fundamentos e aplicações**. EMBRAPA, P.63-76, 2015
- MENNUCCI, T. A. **Universidade de São Paulo Faculdade de Saúde Pública Avaliação das condições higiênico-sanitárias da carne-de-sol comercializada em “ casas do norte ” no município de Diadema – SP** Avaliação das condições higiênico-sanitárias da carne-de-sol comercializada. 2009.
- MILTENBURG, G.A.J.; WENSING, T.H.; SMULDERS, F.J.M. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. **Journal of Animal Science**, v.70, p.2766-2772, 1992.
- MIN, B. . 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**, v. 106, n. 1–4, p. 3–19, 2003.
- OLIVEIRA, E. A. et al. Quality traits and lipid composition of meat from Nelore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. **Meat Science**, v. 90, n. 1, p. 28–35, 2012.
- OLIVEIRA, R. L. et al. Commercial cuts and chemical and sensory attributes of meat from crossbred Boer goats fed sunflower cake-based diets. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 5, p. 557–562, 2015.
- ORLANDI, T. et al. Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. **Animal Feed Science and Technology**, v. 210, p. 37–45, 2015.
- OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G.. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v. 28, n. 4, p. 655, 2005.

- PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: Tecnologia da sua obtenção e transformação**. Volume 1 – segunda edição revista e ampliada. Goiania: Editora UFG, 2001. 623p
- PATRA, A. K. Exploring the benefits of feeding tannin containing diets for enhancing the nutritional values of milk and meat of ruminants. **Indian Journal of Animal Health**, v. 53, p. 63-76, 2014.
- PATRA, A. K.; SAXENA, J. A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. **Phytochemistry**, v. 71, n. 11–12, p. 1198–1222, 2010.
- PERINI, J. A. L. et al. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: metabolism in mammals and immune response. **Revista de Nutrição**, v. 23, n. 6, p. 1075-1086, 2010.
- PRIETO, N. et al. Discrimination of beef dark cutters using visible and near infrared reflectance spectroscopy. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 94, n. 3, p. 445-454, 2014.
- PIRES, I. S. C. et al. Composição centesimal e perfil de ácidos graxos da carne de novilho precoce alimentado com lipídios protegidos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p. 178–183, dez. 2008.
- PRADO, I.N; MOREIRA, F. B. Digestão de Forragens pelos Ruminantes. In: PRADO, Ivanor Nunes do (org.) **Produção de bovinos de corte e qualidade da carne**. 1 ed. Maringá: Editora da Universidade Estadual Maringá, p.19-25 2010
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamento e metodologias**. Viçosa: UFV, 2007. 599 p.
- ROSSI, L. G. et al. Impact of ground soybean and starch levels on the quality of meat from feedlot young Nellore bulls. **Meat Science**, v. 122, p. 1–6, 2016.
- RUUSUNEN, M; PUOLANNE, E. Reducing sodium intake from meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3 SPEC. ISS., p. 531–541, 2005.
- SALVIANO et al. Efeito da maturação na qualidade da carne-de-sol. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.17, n.3, p.215-224, 2015
- SALVINO, A. T. M.; **Processamento da carne-de-sol com carne maturada: qualidade sensorial e textura**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB. 2011.
- SAN VITO, E. et al. Fatty acid profile, carcass and quality traits of meat from Nellore young bulls on pasture supplemented with crude glycerin. **Meat Science**, v. 100, p. 17–23, 2015.
- SANTANA FILHO, N. B. et al. Physicochemical and sensory characteristics of meat from young Nellore bulls fed different levels of palm kernel cake. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2015.
- SANTOS, Á. F. DOS; LUZ, E. D. M. N. A gomose da acácia-negra no Brasil: a review. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 2, p. 113–118, 2007.

SANTOS, R. D. et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. I Diretriz sobre o consumo de Gorduras e Saúde Cardiovascular. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 100, n. 1, p. 1-40, 2013

SCHNEIDER, P.R.; et al. Produção de Madeira e Casca Verde por Índice de Sítio e Espaçamento Inicial em Acácia Negra (*Acacia mearnsii* De Wild). **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.151-165, 2001.

SINCLAIR, Andrew J. et al. Diets rich in lean beef increase arachidonic acid and long-chain ω 3 polyunsaturated fatty acid levels in plasma phospholipids. **Lipids**, v. 29, n. 5, p. 337-343, 1994.

SIMOPOULOS, Artemis P. Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 3, p. 438-463, 1991.

STAERFL, S. M. et al. Fatty acid profile and oxidative stability of the perirenal fat of bulls fattened on grass silage and maize silage supplemented with tannins, garlic, maca and lupines. **Meat Science**, v. 89, n. 1, p. 98-104, 2011.

TANAC. Montenegro, RS, Brasil. Produto, Especialidade, Weibull AQ, Informativo. Disponível em: <<http://www.tanac.com.br/pt-br/produtos/especialidades>>. Acesso em: 20 fev. 2017

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, USDA. LIVESTOCK. **Beef and Veal Selected Countries Summary** In: United States Department of Agriculture. *PSD online*: production, supply and distribution. Washington, DC: USDA, 2016. Disponível em: <<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads>>. Acesso em: 13 mar. 2017

VASTA, V. et al. Ruminal biohydrogenation as affected by tannins in vitro. **The British journal of nutrition**, v. 102, p. 82–92, 2009.

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

VENTER, P. B. et al. Analysis of commercial proanthocyanidins. Part 3: The chemical composition of wattle (*Acacia mearnsii*) bark extract. **Phytochemistry**, v. 83, n. 272, p. 153–167, 2012.

WHEATLEY, R. A.. Some recent trends in the analytical chemistry of lipid peroxidation. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 19, n. 10, p. 617-628, 2000.

ZORZI, K. et al. Meat quality of young Nellore bulls with low and high residual feed intake. **Meat Science**, v. 93, n. 3, p. 593–599, 2013.

CAPITULO II

**EFFECT OF THE INCLUSION OF CONDENSED TANNIN IN THE DIET OF YOUNG
NELLORE BULLS ON PHYSICOCHEMICAL QUALITY, FATTY ACID
COMPOSITION AND SENSORY ANALYSIS OF MEAT**

Effect of the inclusion of condensed tannin in the diet of young Nellore bulls on physicochemical quality, fatty acid composition and sensory analysis of meat

Susana M Gesteira^a, Ronaldo L Oliveira^b, Rebeca D X Ribeiro^b, Cláudio V D M Ribeiro^b, Elzania S Pereira^c, Dante P D Lanna^d, Luis F B Pinto^b, Tiago Cunha Rocha^b, Jusaline F Vieira^b, Leilson R Bezerra^e

^a Food Science Program, Pharmacy Faculty, Federal University of Bahia, Av. Adhemar de Barros, 500, Ondina, 40170110, Salvador, Bahia, Brazil. E-mail: susy_gesteira@hotmail.com,

^b Department of Animal Science, Federal University of Bahia, Av. Adhemar de Barros, 500, Ondina, 40170110, Salvador, Bahia, Brazil. E-mail: ronaldooliveira@ufba.br, rebecaribeiro@veterinaria.med.br, cvdmribeiro@gmail.com, luisfbp@gmail.com, jusalinefernandes@yahoo.com.br, tiagoticuro@yahoo.com.br

^c Department of Animal Science, Federal University Ceará, Av. da Universidade, 2853, Benfica, 60455760, Fortaleza, Ceará, Brazil. E-mail: elzania@hotmail.com

^d Laboratory of Animal Nutrition and Growth, University of São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Av. Pádua Dias, 11, 13418900, Piracicaba, São Paulo, Brazil. E-mail: dplanna@esalq.usp.br

^e Department of Animal Science, Federal University of Piauí, Rodovia Bom Jesus-Viana, km 135, 64900000, Bom Jesus, Piauí, Brazil. E-mail: leilson@ufpi.edu.br

*Corresponding Author: Department of Animal Science, School of Veterinary Medicine and Animal Science/Federal University of Bahia, Salvador City, Bahia State, 40.170-110, Brazil, E-mail: ronaldooliveira@ufba.edu

ABSTRACT

BACKGROUND: This study evaluated the young Nellore bulls intake of four levels (0, 10, 30 and 50 g kg⁻¹ dry matter (DM) total) of condensed tannin extract (*Acacia mearnsii*) on the meat quality. **RESULTS:** There was a linear decrease on cooking weight loss, fatty acids myristic, palmitic, oleic, saturated fatty acids sum (Σ SFA), and monounsaturated fatty acids sum (Σ MUFA), atherogenicity index of meat of young Nellore bulls. Linear Increases were observed in fatty acids linoleic, linolenic, arachidonic, eicosapentaenoic, docosapentaenoic, docosahexaenoic, Σ PUFA, Σ PUFA: Σ SFA ratio, Σ n-6, Σ n-3, h:H index and tenderness sensory attributes of young bulls meat when condensed tannin was supplemented in the diet. Promoted a quadratic and linear reduction in the lipid content and lipid oxidation whit 50 days after slaughter. However, moisture, ash and protein contents, water retention capacity, final pH, Warner-Bratzler shear force, collagen, color indexes, CLA, n-6:n-3, Δ^9 desaturase of C16 and C18, elongase and thrombogenicity index of meat were not affected. **CONCLUSIONS:** Condensed tannin inclusion in the diet of young Nellore bulls is recommended at the highest level (50 g kg⁻¹ DM) Because promoted a reduction quadratic lipid oxidation and improved fatty acid composition with increases in Σ PUFA, Σ n-6, Σ n-3, AI and h/H index of meat which are nutraceutical compounds beneficial to human health.

Keywords: *Acacia mearnsii*, collagen, color index, lipids, PUFA

INTRODUCTION

Condensed tannins or proanthocyanidins are polyphenolic compounds found in forage legumes, trees and shrubs, with the primary characteristic the property of forming hydrogen bonds with proteins and acting as an antioxidant.^{1,2} Feeding on tannins is expected to increase the flow

of metabolizable amino acids to the small intestine.³ However, depending on the dietary concentration, tannins may be toxic and can reduce nutrient digestibility. When ingested in moderate amounts (5 % DM)⁴⁻⁶, condensed tannins interact with proteins in the saliva, improving digestive use of the proteins that are protected against excessive ruminal degradation, reducing production of methane^{6,7}, and inhibiting ruminal microorganism activity⁸ by interfering with the ruminal biohydrogenation process.⁹

Factors such as pH and the amount and type of fatty acids can affect biohydrogenation.¹⁰ According to some studies the ruminant diets containing by-products can also inhibit biohydrogenation and increase ruminal outflow of vaccenic acid (VA; *trans*11-18:1).^{11,12} Additionally, nutritional strategies to increase the content of beneficial fatty acids in ruminant products through the manipulation of rumen lipolysis and biohydrogenation include a diet with grasses high in linolenic acid (LNA; c9, c12, c15-18:3) and feeding on vegetable oils or oilseeds or protected fat.¹³ Interest is high for manipulating ruminal biohydrogenation to improve the nutritive value of meat, and in particular, improving the nutritional value of red meat to human health by reducing contents of total lipids and saturated fatty acids, and increasing those of n-3 polyunsaturated fatty acids, Conjugated linoleic acid, Σ n-3 and Σ n-6.^{14,15}

Thus, feeding condensed tannins to young Nellore bulls may impair ruminal biohydrogenation and increase the flow of beneficial fatty acids to the duodenum, which would consequently be incorporated into the meat, improving its nutritional quality for human consumption. The purpose of this study was to test the hypothesis that the inclusion of condensed tannins in the diet of young Nellore bulls will improve the physicochemical, fatty acid composition and sensory attributes of meat.

MATERIALS AND METHODS

Animal care

The experiment was conducted after obtaining institutional approval from the Federal University of Bahia, Salvador, Brazil, and all protocols were conducted according to the ethical principles of animal experimentation adopted by the Animal Use Ethics Committee of Brazil, Protocol 01/2015. The animals were stunned by electronarcosis (220 V, 1.5 A for 10 seconds; Dal Pino, Santo André, SP, Brazil), per the requirement for the welfare of animals in the Industrial Inspection and Sanitary Regulation of Animal Products, and all efforts were made to minimize suffering.

Animals, treatment and management

Thirty-two uncastrated young Nellore (*Bos taurus indicus*) bulls were used with an initial body weight of 357.3 ± 23.4 kg (mean \pm SD). The young bulls were assigned to four diet treatments, each with eight replicates, in a completely randomized design. The dietary treatments were tannin extract (g/kg of dry matter) supplemented in the diets at four levels: 0 (control); 10 g kg⁻¹; 30 g kg⁻¹ and 50 g kg⁻¹. The tannins were extracted from *Acacia mearnsii*, and the commercial product contained 720 g kg⁻¹ of condensed tannin in the extract (Weibull® AQ Tanác S. A., Montenegro, RS, Brazil).

The young bulls were individually housed in stalls (2.0 × 4.0 m) with masonry floors, individual feeders and drinking troughs and arranged in a partially covered area. The experimental period was 105 days, with 15 days of adaptation.

Diets and chemical composition

Total mixed rations (TMR) contained Tifton-85 hay with a forage particle size of approximately 5 cm and a forage to concentrate ratio of 400:600 g. The diets (Table 1) were

formulated according to the National Research Council (NRC)¹⁷ and were offered at 8 and at 16 h, and water was supplied *ad libitum*. Intake was monitored and adjusted to allow 10% refusals.

Table 1. Ingredient proportions, chemical and fatty acid (g 100 g⁻¹ FAME) composition of experimental diets.

Variables	Inclusion of condensed tannin* (g kg ⁻¹ DM)			
	0	10	30	50
Ingredients proportion (g kg ⁻¹ DM)				
Ground corn	445	433	413	388
Soybean meal	87.5	90.0	90.0	95.0
Acacia extract*	0.00	10.0	30.0	50.0
Mineral mixture†	10.0	10.0	10.0	10.0
Urea + ammonium sulfate‡	15.0	15.0	15.0	15.0
Soybean oil	42.5	42.5	42.5	42.5
Tifton-85 hay	400	400	400	400
Chemical composition (g kg ⁻¹ DM)				
Dry matter (g kg ⁻¹ as feed)	835	837	839	842
Ash	45.4	45.7	46.2	46.8
Crude protein	150	150	149	149
Ether extract	63.6	63.2	62.6	62.0
Neutral detergent fiber ap‡	340	339	338	336
Non-fibrous carbohydrate	426	427	430	431
Condensed tannin	0.0	7.2	21.6	36.0
Fatty acids (g 100 g ⁻¹ FAME)				
C14:0 (myristic)	0.25	0.25	0.25	0.25
C16:0 (palmitic)	20.7	20.6	20.2	19.9
C16:1 (palmitoleic)	0.10	0.09	0.09	0.09
C18:0 (stearic)	2.34	2.33	2.30	2.27
C18:1 (oleic)	16.2	15.9	15.4	14.7
C18:2 <i>n</i> -6 (linoleic)	33.6	33.2	32.3	31.4
C18:3 <i>n</i> -3 (linolenic)	14.8	14.8	14.8	14.8
Others Fatty acids	12.0	12.8	14.7	16.6

**Acacia mearnsii* Extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brazil).

†Maximum levels of guarantee (/kg of active ingredients): calcium: 145 g; phosphorus: 96.8 g; sulfur: 38.0 g; copper 1810.0 mg; cobalt: 66.0 mg; iron 2846 mg; iodine: 89.5 mg; manganese: 1774 mg; selenium: 14.9 mg; zinc: 4298 mg; fluoride: 968 mg.

‡Mixture of urea and ammonium sulfate at a ratio of 9:1.

§corrected to ash and protein

The Tifton-85 (*Cynodon* sp.) grass and the ingredients of the concentrate were pre-dried at 55°C for 72 h, ground with a Willey mill (Tecnal, Piracicaba City, São Paulo State, Brazil) through a 1 mm sieve, sealed properly in airtight plastic containers (ASS, Ribeirão Preto City, São Paulo State, Brazil) and stored until analyses of DM (Method 967.03), ash (Method 942.05), CP (Method 981.10), and EE (Method 920.29) according to the Association of Official Agricultural Chemists (AOAC)¹⁶.

To determine the NDF contents, the methodology of Van Soest *et al.*¹⁸ was used with the modifications that are proposed in the Ankon device manual (Ankon Technology Corporation, Macedon, New York, USA). The NDF residue was incinerated in an oven at 600°C (Zezimaq, 2000F, Minas Gerais, Brasil) for 4 h, and the protein correction was determined by subtracting the neutral detergent insoluble protein¹⁹. The non-fiber carbohydrates (NFC) were calculated according to Hall²⁰: $NFC = 100 - [(CP - CP \text{ from urea} + \text{urea}) + NDF + EE + \text{Ash}]$, using the value of NDF that was corrected for ash and protein.

Slaughtering and physicochemical analysis of meat

After water and solids fasting for 16 h, the animals were slaughtered by captive bolt, exsanguinated and abdominal and thoracic viscera were removed from the carcasses. The pH was measured at 24 h *postmortem* in the *Semimembranosus* muscle using a pH meter equipped with a glass electrode. The half carcasses were then placed in a cold chamber at 2°C for a period of 24 h.

The determinations of moisture, protein, ash, lipid and collagen contents of meat were performed using near infrared spectroscopy (NIR) with the FoodScanTM apparatus (FOSS Analytical A/S, Hillerod, Denmark) according to the methodology approved by AOAC¹⁶.

The pH was evaluated in triplicate 24 h after slaughter, measured with a Mettler M1120x pH meter (Testo, 205 Gerate-Set, Lenzkirch, Alemanha) according to AOAC procedures.¹⁶

The water-holding capacity (WHC) was determined in triplicate using the pressure method described by Hamm ²¹; approximately 1000 mg samples were obtained from the meat and placed on a circular filter paper between two acrylic plates with the fibers oriented in a transverse direction. A force equivalent to 10 kg was placed on top of the sample for 5 min, and based on the sample weights before and after pressing; the amount of water loss was calculated, with the result expressed as g kg⁻¹ of water exuded relative to the initial sample weight.

Cooking weight loss (CWL) was assessed using triplicate tissue samples free of visible connective tissue that were previously thawed under refrigeration for 12 h at 10°C ²². Subsequently, the steaks were baked in a preheated grill (George Foreman Grill Jumbo GBZ6BW, Rio de Janeiro, Brazil) at a temperature of 170°C, which was monitored using a portable digital skewer thermometer (Gulterm 700, Gulton®, São Paulo, Brazil), until the moment when the internal temperature of the geometric center of the sample reached 72°C. After cooking, the steaks were removed from the grill and weighed again, and the difference between the initial weight and the final weight of the sample was used to determine the cooking loss, expressed as g kg⁻¹.

After cooling to ambient temperature, the samples were again wrapped in foil and kept in a refrigerator (Consul CHB53C®, Salvador, Brazil) for 12 h at 4°C. Cubes (at least 1.0 cm in diameter) were cut (longitudinally to the muscle fibers) from the meat in triplicate to evaluate the Warner-Bratzler Shear Force (WBSF). The texture analysis was performed texturometer (Texture Analyzer TX-TX2, Mecmesin, NV, USA) at a speed of 200 mm min⁻¹ using a standard shear blade with a thickness of 1.016 mm and a blade size of 3.05 mm. The instrumental texture analysis was performed following the standard procedure of the US Meat Animal Research Center as outlined by Shackelford *et al.* ²³

The meat color was evaluated using a transverse cut of the muscle, which was exposed to atmospheric air for 30 min before reading the oxygen myoglobin. After 30 min, as described by Miltenburg *et al.* ²⁴, the coordinates L*, a* and b* were measured at three different points in the

muscle on non-overlapping zones, and an average was calculated for each coordinate per animal. These measurements were performed using a Minolta colorimeter (Chroma Meter CR 410; Konica Minolta, Tokyo, Japan) that was previously calibrated with the CIELAB system using a blank tile, illuminate D65 and 10° as the standard observation points. Color saturation (chroma, C^*) was calculated as $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$.²⁵

For the determination of lipid oxidation in meat samples, the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) were quantified (triplicate) at three stages: 0, 25 and 50 days after slaughter.²⁶ Briefly, 10 g of frozen sample was milled in a multiprocessor and 0.2 mL of BHT (0.03 %), 50 mL of distilled water and 1 mL of an antifoam solution (alcohol amylic acid PA) were added. The mixture was homogenized for 1 minute with a multiprocessor, the contents were then transferred to a 250 mL Erlenmeyer flask and 50 mL of 4 M HCl was added. The mixture was heated on a heating plate at 100°C. Then, 5 mL of the distillate was transferred to a glass tube and 5 mL of the 0.02 M solution of TBARS was added. The mixture was placed in a boiling water bath for 35 min, cooled, and then analyzed with a spectrophotometer (Mettler Toledo®, São Paulo, Brazil). The samples were read at 530 nm, and the results were multiplied by 7.8 and expressed as milligrams of malonaldehyde per kilogram of meat sample.

Fatty acid composition

To determine the fatty acids of the experimental diets, the lipids were extracted from the samples and simultaneously transmethylated with hexane and a mixture of methanol / acetyl chloride (20: 1 v / v), respectively, according to Rodriguez-Ruiz et al.²⁷ Lipids from Semimembranosus muscles were previously extracted according to Hara & Radin²⁸ and converted to fatty acid methyl esters (FAME) according to Christie²⁹.

The transmethylated samples were analyzed in triplicate via gas chromatography using a GC Finnigan Focus model (Varian, Palo Alto, California), which was equipped with a flame (Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO) ionization detector and a capillary column (CP-Sil 88, Varian), (100

m x 0.25 mm x 0.20 μm). Hydrogen was used as the carrier gas at a flow rate of 1.8 mL min⁻¹. The initial oven temperature program was 70°C, with a wait time of 4 min. The temperature was then increased to 175°C (at 13°C/min), with a wait time of 27 min, followed by another temperature increase to 215°C (at 40°C min⁻¹), with a standby time of 9 min; finally, the temperature was increased at 7°C min⁻¹ to 230°C at which temperature the sample was maintained for 5 min, for a total time of 65 min. The vaporizer temperature was 250°C, and the detector temperature was 300°C.

Fatty acids present in the diets and meat samples were identified by comparing the retention times of the methyl esters of the samples with standards of fatty acids using the standards SupelcoTM Component Mix (cat. 18919; Supelco, Bellefonte, PA). The results were then quantified by normalizing the areas of the methyl esters and were expressed as g 100 g⁻¹ of the total identified fatty acids methyl esters (FAME). The sum of total saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) and the ratios PUFA:SFA, and n-6:n-3 were calculated from the fatty acid composition. To evaluate the nutritional quality of the lipid fraction of the meat samples, the Atherogenicity index (AI) was calculated with the equation $\text{AI} = [(\text{C12:0} + (4 \times \text{C14:0}) + \text{C16:0})] / (\Sigma\text{MUFA} + \Sigma\text{n-6} + \Sigma\text{n-3})$ and thrombogenicity index (TI) according to equation $\text{TI} = [14:0 + 16:0 + 18:0] / [(0,5 \times \Sigma\text{AGMI}) + (0,5 \times \Sigma\text{n-6}) + (3 \times \Sigma\text{n-3}) + (\text{n-3} / \text{n-6})]$ according to the method of Ulbricht and Southgate³⁰, and the hypocholesterolemic and hypercholesterolemic index (h:H) fatty acids ratio was calculated as $\text{h:H} = (\text{C18:1 cis-9} + \text{C18:2 n-6}) / (\text{C14:0} + 16:0)$, according to Arruda *et al.*³¹

The $\Delta 9$ -desaturase activities were estimated for two fatty acids, palmitic acid (D9C16) and stearic acid (D9C18), and the elongase activities were estimated according to Smet *et al.*³² with the following equations: $\text{D9C16} = [\text{C16:1} / (\text{C16:0} + \text{C16:1})] \times 100$; $\text{D9C18} = [(\text{C18:1 cis-9}) / (\text{C18:0} + \text{C18:1 cis-9})] \times 100$; and $\text{elongase} = [(\text{C18:0} + \text{C18:1 cis-9}) / (\text{C16:0} + \text{C16:1} + \text{C18:0} + \text{C18:1 cis-9})] \times 100$.

Sensory attributes

The sensory characteristics of the meat were evaluated using a panel of 80 consumers²². The meat samples were grouped by treatment, placed on an electric grill (George Foreman Grill Jumbo GBZ6BW, Rio de Janeiro, Brazil) and cooked until the geometric center of the samples reached 71°C. Fragments, 2.0 cm², from the muscle were cut, grouped, coded and transferred to a water bath (75°C) covered with aluminum foil to keep them heated and prevent the loss of volatile aroma compounds until the sensory analyses were conducted. No condiments were added. Water and cream cracker-type biscuits to remove the aftertaste between tastings accompanied the meat samples.

Tests were performed between 9 h and 12 h, and the panelists were in individual cabins in the sensory panel room. The sensory attributes were recorded using a hedonic scale of nine points (scores ranged from 1 to 9 as follow: 1 dislike extremely to 9 like extremely) according to AMSA.²² Consumer panelists evaluated the following attributes: appearance, flavor and tenderness.

Statistical Analyses

The data were analyzed in a completely randomized design with four treatments (0, 10, 30, and 50 g kg⁻¹ DM of condensed tannin extract), each with eight replications. The statistical model was as follows:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij},$$

where Y_{ij} = observed value; μ = overall mean; T_i = effect of condensed tannin extract concentration in diet; and e_{ij} = experimental error.

Polynomial contrasts were used to determine the linear and quadratic effects of the different treatment levels. The command PROC MIXED of the SAS® 9.1 statistical software package³³ was used. The sensory analysis also included the LEVENE test to verify the variance homogeneity using the "HOVTEST" command. Significance was declared when $P < 0.05$.

RESULTS

Physicochemical composition of the meat

The moisture ($P = 0.186$), ash ($P = 0.828$) and protein ($P = 0.826$) contents in the meat of young Nellore bulls fed condensed tannin were not significantly affected (Table 2), there was a quadratic and linear reduction in the lipid content ($P = 0.015$).

A linear decrease was observed CWL ($P = 0.017$) of meat of young bulls as condensed tannin increased in the diet. No effect of the inclusion of condensed tannin was detected on WHC ($P = 0.118$), final pH ($P = 0.118$), Warner-Bratzler shear force ($P = 0.294$), collagen ($P = 0.294$), or the color indexes L* ($P = 0.095$), a* ($P = 0.091$), b* ($P = 0.060$) and C* ($P = 0.073$) of meat from young Nellore bulls. A quadratic response was observed in lipid oxidation at 25 days ($P = 0.037$) and a quadratic and linear reduction at 50 days after slaughter ($P < 0.001$) with the inclusion of condensed tannin in the diet of young Nellore bulls.

Fatty acids composition

A linear reduction was observed in the contents of myristic acid (C14:0), palmitic acid (C16:0), oleic acid (C18:1 cis-9), total SFA (Σ SFA), and total MUFA (Σ MUFA) and in the AI ($P < 0.05$) of meat from young Nellore bulls fed diets supplemented with condensed tannin (Table3).

Linoleic acid (C18:2 n-6, LA), linolenic acid (C18:3 n-3, LNA), arachidonic acid (C20:4 n-6), eicosapentaenoic acid (C20:5 n-3, EPA), docosapentaenoic acid (C22:5 n-3, DPA), docosahexaenoic acid (C22:6 n-3, DHA), total PUFA, PUFA:SFA ratio, n-6, n-3 and h:H index increased ($P < 0.05$) with condensed tannin in the diet.

However, lauric acid (C12:0), stearic acid (C18:0), palmitoleic acid (C16:1), total CLA (rumenic acid + isomers), SFA, n-6:n-3, D9C16, D9C18, elongase, and Thrombogenicity index were not affected ($P > 0.05$) by condensed tannin in the diet of the animals.

Table 2. Physicochemical composition of meat from young Nellore bulls fed with *Acácia mearnsii* extract (condensed tannin).

Variables	Inclusion of condensed tannin [*] (g kg ⁻¹ DM)				SEM [†]	P-value [‡]	
	0	10	30	50		Linear	Quadratic
Moisture (g 100 g ⁻¹ meat)	73.2	73.2	73.4	74.0	0.381	0.186	0.389
Ash (g 100 g ⁻¹ meat)	1.11	1.11	1.16	1.12	0.066	0.828	0.758
Protein (g 100 g ⁻¹ meat)	23.2	23.8	23.9	23.1	0.342	0.826	0.054
Lipids (g 100 g ⁻¹ meat)	2.52	1.95	1.57	1.85	0.198	0.015	0.044
Final pH	5.46	5.46	5.55	5.61	0.071	0.118	0.668
Water holding capacity (g kg ⁻¹)	706	719	709	693	8.96	0.223	0.112
Cooking weight loss (g kg ⁻¹)	327	340	298	274	1.74	0.017	0.291
WBSF [£] (kgf cm ⁻²)	4.32	5.16	4.43	4.16	0.356	0.485	0.130
Collagen (%)	1.23	1.22	1.09	1.15	0.077	0.294	0.648
Index coloration							
L* (lightness)	39.5	39.9	38.0	36.9	1.262	0.095	0.554
a* (redness)	22.4	23.2	21.5	20.5	0.944	0.091	0.356
b* (yellowness)	7.61	7.72	6.07	5.92	0.775	0.060	0.873
C* (chroma)	23.7	24	21.9	21.4	1.107	0.073	0.737
Lipid Oxidation (malonaldehyde mg kg ⁻¹ of meat).							
0 day	0.83	0.96	0.91	0.71	0.058	0.149	0.065
25 day	0.78	0.58	0.57	0.72	0.060	0.908	0.037
50 day	1.01	0.55	0.49	0.49	0.085	<0.001	<0.001

^{*}*Acácia mearnsii* extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brazil).

[†]Standard error of the mean.

[‡]Significant at $P < 0.05$.

[£]Warner-Bratzler shear force.

Sensory attributes

The inclusion of condensed tannin extract in the diet of the young Nellore bulls promoted quadratic increases flavor ($P = 0.025$) and linear increase at tenderness ($P = 0.028$) but did not affect the global appearance ($P = 0.534$) of the meat (Table 4). Meat flavor and tenderness scores from young Nellore bulls were rated "moderately liked" when condensed tannin extract was included in the diet.

Table 3. Fatty acid composition (g 100 g⁻¹ FAME) in meat from young Nellore bulls fed with *Acácia mearnsii* extract (condensed tannin).

Fatty acid (g 100 g ⁻¹ FAME)	Inclusion of condensed tannin [*]				SEM [†]	P-value [‡]	
	(g kg ⁻¹ DM)					Linear	Quadratic
	0	10	30	50			
C12:0 (lauric)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.008	0.781	0.994
C14:0 (myristic)	2.23	2.12	1.71	1.72	0.144	0.006	0.705
C16:0 (palmitic)	22.8	21.2	20.8	19.7	0.468	<0.001	0.640
C18:0 (stearic)	18.2	17.7	17.9	18.1	1.140	0.991	0.757
C16:1 (palmitoleic)	2.25	2.23	1.81	1.94	0.156	0.064	0.639
C18:1 <i>cis</i> -9 (oleic)	32.1	28.7	26.3	26.8	0.989	<0.001	0.063
C18:2 <i>n</i> -6 (linoleic)	5.43	8.56	10.6	11.1	1.036	<0.001	0.226
CLA (rumenic acid + isomers)	0.46	0.60	0.44	0.48	0.045	0.551	0.299
C18:3 <i>n</i> -3 (linolenic)	0.37	0.51	0.71	0.74	0.052	<0.001	0.315
C20:4 <i>n</i> -6 (arachidonic)	1.39	1.87	3.08	2.77	0.323	0.001	0.215
C20:5 <i>n</i> -3 (eicosapentaenoic)	0.42	0.6	0.89	0.87	0.111	0.002	0.359
C22:5 <i>n</i> -3 (docosapentaenoic)	0.81	1.15	1.77	1.65	0.171	<0.001	0.1738
C22:6 <i>n</i> -3 (docosahexaenoic)	0.12	0.14	0.28	0.20	0.026	<0.001	0.174
ΣSFA [£]	45.5	42.3	42.9	42.1	1.268	0.002	0.355
ΣMUFA [£]	43.6	40.4	37.1	37.9	1.278	0.002	0.131
ΣPUFA [£]	9.18	13.7	18.1	18.1	1.598	<0.001	0.184
ΣPUFA:ΣSFA	0.23	0.32	0.42	0.44	0.044	<0.001	0.249
Σ <i>n</i> -6	1.88	2.54	3.97	3.72	0.385	<0.001	0.222
Σ <i>n</i> -3	0.91	1.26	1.89	1.82	0.167	<0.001	0.230
Σ <i>n</i> -6:Σ <i>n</i> -3	2.07	1.99	2.17	2.02	0.134	0.966	0.76
Δ ⁹ Desaturase C16	8.96	9.25	8.11	8.89	0.610	0.602	0.630
Δ ⁹ Desaturase C18	64.0	62.2	59.4	59.7	1.855	0.072	0.592
Elongase	66.6	65.8	66.1	67.5	0.691	0.386	0.120
Atherogenicity index	0.61	0.57	0.52	0.48	0.032	0.003	0.917
Thrombogenicity index	1.58	1.45	1.43	1.41	0.096	0.113	0.451
h:H index [£]	1.63	1.76	1.94	2.08	0.097	0.001	0.941

^{*}*Acácia mearnsii* extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brazil).

[†]Standard error of the mean.

[‡]Significant at $P < 0.05$.

[£] ΣSFA: Total saturated fatty acids; ΣMUFA: Total monounsaturated fatty acids; PUFA: Total polyunsaturated fatty acids; h:H: Hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids index

DISCUSSION

Except for the fat content, dietary treatments did not change meat chemical composition, and the chemical deposition in the meat was almost constant (Table 1). Animals in different groups deposited a similar amount of protein because of similar levels of dietary protein.^{34,35}

The lipid content of the meat was influenced by the inclusion of tannin in the diet of young Nellore bulls, presenting reduction with quadratic behavior, with a minimum value of 1.55 lipid in meat to the 3.18% level of inclusion of condensed tannin in the diet.

Table 4. Sensory attributes of meat from young Nellore bulls fed with *Acácia mearnsii* extract (condensed tannin).

Attribute [‡]	Inclusion of condensed tannin [*]				SEM [†]	P-value [‡]	
	(g kg ⁻¹ DM)					Linear	Quadratic
	0	10	30	50			
Flavor	5.80	6.37	6.35	5.97	0.220	0.599	0.025
Tenderness	5.28	6.47	5.87	6.25	0.235	0.028	0.090
Global appearance	5.57	6.25	5.91	5.89	0.220	0.534	0.117

[‡]Scores recorded by a tasting panel: 9 - maximum score and 1 - minimum score.

^{*}*Acácia mearnsii* extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brazil).

[†]Standard error of the mean.

[‡]Significant at $P < 0.05$.

Color parameters are among the most important characteristics of meat as the primary attributes considered at the time of purchase.^{25,37} Inclusion of condensed tannin in the diet of young Nellore bulls had no significant effects ($P < 0.05$) on the final pH values and color parameters, indicating no effect on the postmortem anaerobic metabolism (Table 1). The curve of pH decline showed that in the 24 hours (final pH) after slaughter, the pH reached values between 5.46 and 5.61, which are characteristic of normal *postmortem* development and meat quality.²² These normal values suggested that the animals did not suffer stress or alteration in the level of muscle glycogen reserve caused by the dietary treatments.³⁶

With the inclusion of condensed tannin in the diet, the decrease in CWL was related to the amount of fat in the meat, because CWL corresponds to the loss of water and fat.³⁶ The WBSF and collagen were not influenced by condensed tannin in the diet. In the present study, the mean value of WBSF was 4.51 kgf cm^{-2} (varying from 4.16 to 5.16 kgf cm^{-2}), (Table 2), which classified the meat with intermediate softness.³⁹

The inclusion of condensed tannin in the diet promoted an antioxidant effect in the meat, increasing the quadratic reduction in lipid oxidation at 25 and 50 days (Table 3), with an inclusion of 2.59% of extract presented lower value of 0.53 (mg MDA / kg of meat) and with 50 days the inclusion of 3.43% presented the lowest value of 0.40 (mg MDA / kg meat). Luciano *et al.*³⁷ observed similar results in a study of the stability and color oxidation of lambs fed diets containing tannin. The authors concluded that the meat of animals fed tannins had increased antioxidant power because of an increase in the total phenol concentration in the muscles, which contributed to increased capacity to eliminate radicals and an increase in the resistance of myoglobin to color oxidation.

Feeding on condensed tannin changed the fatty acid composition in the tissues, reflecting changes in the ruminal biohydrogenation. Inclusion of condensed tannin extract in the diet reduced contents of C14:0 and C16:0, whereas C18:2 n-6, LNA, C20:4 n-6, C20:5 n-3, C22:5n-3, and C22:6 n-3 in the meat increased, which demonstrated that the inclusion of condensed tannin in the diet probably caused a reduction in the activity of ruminal microorganisms,³ reducing biohydrogenation, favoring the passage of PUFA and reducing the formation of SFA and MUFA for deposition in tissues.⁹ Biohydrogenation tends to convert C18:1 to C18:0; however, with the use of condensed tannin in feed, more unsaturated fatty acids (C18:2 n-6 and LNA) likely escaped ruminal biohydrogenation and reached the duodenum, leading to the increase and accumulation of these fatty acids in the carcass.^{13,14}

The consumption of red meat is avoided by the population because of high levels of lipids and saturated fatty acids, which are responsible for increasing plasma cholesterol concentrations and consequently, increasing the incidence of cardiovascular diseases and atherosclerosis.^{15,42} According to Santos *et al.*⁴³, the significant SFAs in meat are C12:0, C14:0, and C16:0. C14:0 is the primary hypercholesterolemic that increases the plasma cholesterol concentration, whereas C18:0 is neutral in its effects on plasma cholesterol concentration.^{15,44,45}

The ingestion of food with high levels of LNA and C18:2 n-6 is desirable because they are the only essential fatty acids for humans.⁴⁶ Mammals cannot synthesize these fatty acids, and therefore, they must be ingested for key functions in the structure of cell membranes and metabolic processes. Although the use of tannin did not affect the deposition of CLA in the meat in this study, the deposition of linolenic acid did increase, which improves the nutritional quality concerning cardiovascular disease.¹⁵

With the supplemented diet, the increase of linoleic acid and linolenic acid in the meat favored greater conversion to PUFA that was deposited in the meat⁴⁷ and consequently, the increase in total n-3 and n-6. According to Daley *et al.*⁴⁸, in a healthy diet, a satisfactory ratio should possess approximately one- to fourfold more n-6 fatty acids than n-3 fatty acids. In present study, the mean was 2.06 in the meat, which was an appropriate balance, because the excessive consumption of n-6 fatty acids can lead to the development of some degenerative diseases, such as cancer, diabetes and arthritis.⁴⁹

The PUFA:SFA ratio is also used to assess the nutritional value of fat ingested and in human diets should be above 0.45.⁵⁰ In this study, the inclusion of condensed tannin promoted a mean increase to 0.35, reaching values closer to the recommendation. The h:H ratio is used as an index of the cholesterolemic effect of fat, accounting for the effects of fatty acids on cholesterol metabolism.⁵¹ The h:H ratio decreased in meat with the inclusion of condensed tannin,

demonstrating the potential effect of condensed tannin to improve the nutritional quality of the meat.

The quadratic reduction of the lipid content in the meat did not alter the WBSF, however there was improvement in the sensorial perception of meat tenderness, in the sensorial evaluation with consumer panel. In addition, according to the sensory analysis, the meat was characterized with a better flavor when the steers were fed with condensed tannin, relative to the control treatment. The increased concentration of PUFAS in the meat promoted by the inclusion of condensed tannin has possibly improved the availability of the potentially flavoring molecules in the receptors and this may improve the taster's sensory experience⁵².

CONCLUSIONS

The highest level (50 g kg⁻¹ DM) of condensed tannin is recommended for inclusion in the diet of young Nellore bulls, as it did not cause a negative effect on the physicochemical parameters of the meat, reduced the lipid oxidation, altered fatty acid composition promoting greater nutritional value and improved acceptance of the final product.

REFERENCES

- 1 Patra AK and Saxena J, A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry* **71**: 1198–1222 (2010).
- 2 Venter PB, Senekal ND, Kemp G, Amra-Jordaan M, Khan P, Bonnet SL and van der Westhuizen JH, Analysis of commercial proanthocyanidins. Part 3: The chemical composition of wattle (*Acacia mearnsii*) bark extract. *Phytochemistry* **83**: 153–167 (2012).
- 3 Min BR, Barry TN, Attwood GT and McNabb WC, The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Anim Feed Sci Technol* **106**: 3–19 (2003).
- 4 Rivera-Méndez C, Plascencia A, Torrentera N and, Zinn RA, Effect of level and source of supplemental tannin on growth performance of steers during the late finishing phase. *J Appl Anim Res* **45**: 199–203 (2017).
- 5 Orlandi T, Kozloski GV, Alves TP, Mesquita FR and Ávila SC, Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Anim Feed Sci Technol* **210**: 37–45 (2015).
- 6 Makkar HP, Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Res* **49**: 241–256 (2003).
- 7 Vasta V and Luciano G, The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Res* **101**:150–159 (2011).
- 8 Cação, MM de F, Costa, C, Meirelles, PR de L, Ezequiel, JMB, Galati, RL and Silva, MGB, Ruminal dry matter degradability of corn and sorghum grains at high or low tannin contents submitted to processing. *Rev Bras Saude Prod Anim* **13**: 516–528 (2012).
- 9 Vasta V, Makkar HP, Mele M and Priolo A, Ruminal biohydrogenation as affected by tannins

- in vitro. *Brit J Nutrit* **102**: 82–92 (2009).
- 10 Martin SA and Jenkins TC, Factors affecting conjugated linoleic acid and trans-C18:1 fatty acid production by mixed ruminal bacteria. *J Anim Sci* **80**: 3347–3352 (2002).
- 11 Or-Rashid MM, Wright TC and McBride BW, Microbial fatty acid conversion within the rumen and the subsequent utilization of these fatty acids to improve the healthfulness of ruminant food products. *Appl Microbiol Biotechnol* **84**: 1033–1043 (2009).
- 12 Leite LA, Reis RB, Pimentel PG, Saturnino HM, Coelho SG and Moreira GR, Performance of lactating dairy cows fed sunflower or corn silages and concentrate based on citrus pulp or ground corn. *R Bras Zootec* **46**: 56–64 (2017).
- 13 Lourenço M, Ramos-Morales E and Wallace RJ, The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. *Anim* **4**: 1008–1023 (2010).
- 14 Morales R and Ungerfeld EM, Use of tannins to improve fatty acids profile of meat and milk quality in ruminants: A review. *Chilean J Agric Res* **75**: 239–248 (2015).
- 15 Parodi PW, Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence. *Int Dairy J* **52**: 115–123 (2016).
- 16 AOAC, *Official Methods of Analysis*, 19th edition. Association of Official Analytical Chemistry: Washington, DC, USA (2012).
- 17 NRC, National Research Council. *Nutrient requirement of beef cattle*. Washington, DC: Academy Press; (1996).
- 18 Van Soest PJ, Robertson JB and Lewis BA, Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* **74**:3583–3597 (1991).
- 19 Licitra G, Hernandez TM and Van Soest PJ, Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol* **57**:347–358 (1996).

- 20 Hall MB, *Neutral detergent-soluble carbohydrates*. Nutritional relevance and analysis: A Laboratory Manual. University of Florida, Gainesville, FL, (2000).
- 21 Hamm R, Functional properties of the myofibrillar-system and their measurements. In: Bechtel PJ, *Muscle as food*. (pp. 135–199). Orlando: Fla. Academic Press Inc. (1986).
- 22 AMSA. *Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. 2nd edn. version 1.0, American Meat Science Association, Chicago, IL (2015).
- 23 Shackelford SD, Wheeler TL and Koohmaraie M. Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef Longissimus tenderness. *J Anim Sci* **77**:2693–2699 (1999).
- 24 Miltenburg GA, Wensing T, Smulders FJ M and Breukink HJ, Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *J Anim Sci* **70**:2766–2772 (1992).
- 25 MacDougall DB and Taylor AA, Colour retention in fresh meat stored in oxygen - a commercial scale trial. *Int J Food Sci Technol* **10**: 339–347 (1975).
- 26 Grotto D, Maria LS, Valentini J, Paniz C, Schmitt G, Garcia SC, Pomblum VJ, Rocha JBT and Farina M, Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects FOR malondialdehyde quantification. *Quimi Nova* **32**: 169–174 (2009).
- 27 Rodrigues-Ruiz J.R.et al. *Rapid simultaneous lipid extraction and transesterification for fatty acid analyses*, *Biotechnology Techniques* **12**: 689-691, (1998)
- 28 Hara, A.; Radin, N.S. *Lipid extraciton of tissues with low-toxicity solvent*. *Analitical Biochemistry*, **90**:420-426, (1978)
- 29 Christie, W.W. *A simple procedure for rapid transmethylilation of glycerolipids and cholesterol esters*. *Journal of Lipid Research*. **23**: p. 1072, (1982)
- 30 Ulbricht TL and Southgate DAT, Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet* **338**:985–992 (1991).

- 31 Arruda PCL, Pereira ES, Pimentel PG, Bomfim MAD, Mizubuti IY, Ribeiro ELA, Fontenele RM and Regadas Filho JGL, Fatty acids profile in *Longissimus dorsi* of Santa Ines lambs fed with different energy levels. *Sem Ci Agr* **33**:1229–1240 (2012).
- 32 Smet S, Raes K, Demeyer D. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Anim Res* **53**:81–98 (2004).
- 33 SAS Inst. *SAS User's Guide: Basics*. Cary: SAS Inst. Inc. (2003).
- 34 Freitas, AK de, Lobato, JFP, Cardoso LL, Tarouco JU, Vieira RM, Dillenburg DR and Castro I., Nutritional composition of the meat of Hereford and Braford steers finished on pastures or in a feedlot in southern Brazil. *Meat Sci* **96**: 353–360 (2014).
- 35 Carvalho IPC, Fiorentini G, Lage JF, Messana JD, Canesin RC, Rossi LG, Reis RA and Berchielli TT, Fatty acid profile, carcass traits and meat quality of Nellore steers following supplementation with various lipid sources. *Anim Prod Sci* **57**: 1170–1178 (2016).
- 36 Gouvêa AA, Oliveira RL, Leão AG, Bezerra LR, Assis DY, Albuquerque IR, Pellegrini CB and Rocha TC, Effects of licury cake in young Nellore bull diets: salted sun-dried meat is preferred rather than fresh meat by consumers despite similar physicochemical characteristics. *J Sci Food Agric* **97**: 2147–2153 (2017).
- 37 Luciano G, Vasta V, Monahan FJ, López-Andrés P, Biondi L, Lanza M and Priolo A, Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of *longissimus dorsi* muscle from lambs fed a tannin-containing diet. *Food Chem* **124**: 1036–1042 (2011).
- 38 Carvalho JR, Chizzotti ML, Ramos EM, Machado Neto OR, Lanna DP, Lopes LS, Teixeira PD and Ladeira MM, Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. *Meat Sci* **96**: 977–983 (2014).
- 39 Belew JB, Brooks JC, McKenna DR and Savell JW, Warner–Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Sci* **64**: 507–512 (2003).

- 40 Descalzo AM and Sancho AM, A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Sci* 79:423–436 (2008).
- 41 Dormana HJD, Peltoketo A, Hiltunen R and Tikkanen MJ, Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. *Food Chem* 83: 255–262 (2003).
- 42 Oliveira RL, Palmieri AD, Carvalho ST, Leão AG, Abreu CL, Ribeiro CVDM, Pereira ES, Carvalho GGP and Bezerra LR, Commercial cuts and chemical and sensory attributes of meat from crossbred Boer goats fed sunflower cake-based diets. *Anim Sci J* 86: 557–562 (2015).
- 43 Santos, R. D., Gagliardi, A. C. M., Xavier, H. T., Magnoni, C. D., Cassani, R., Lottenberg, A. M. P., ... & Fenelon, G. Brazilian Society of Cardiology. I Guideline on the consumption of Fats and Cardiovascular Health. *Brazilian Archives of Cardiology*. **100**:1-40, (2013)
- 44 Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI and Whittington FM, Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci* **78**: 343–358 (2008).
- 45 Fiorentini G, Lage JF, Carvalho IPC, Messana JD, Canesin RC, Reis RA and Berchielli TT, Lipid sources with different fatty acid profile alters the fatty acid profile and quality of beef from confined Nellore steers. *Asian-Austral J Anim Sci* **28**: 976–986 (2015).
- 46 Correia BR, Carvalho GG, Oliveira RL, Pires AJ, Ribeiro OL, Silva RR, Leão AG, Simionato JI and Carvalho BM, Production and quality of beef from young bulls fed diets supplemented with peanut cake. *Meat Sci* **118**: 157–163 (2016).
- 47 Baba Y, Kallas Z, Costa-Font M, Gil JM and Realini CE, Impact of hedonic evaluation on consumers' preferences for beef attributes including its enrichment with n-3 and CLA fatty acids. *Meat Sci* **111**: 9–17 (2016).
- 48 Daley CA, Abbott A, Doyle PS, Nader GA and Larson S, A review of fatty acid profiles and antioxidant content in grass-fed and grain-fed beef. *Nutr J* **9**:10–20 (2010).

- 49 Lopes LS, Ladeira MM, Machado Neto OR, Ramos EM, Paulino PVR, Chizzotti ML and Guerreiro MC, Chemical composition and of fatty acids of the muscle *longissimus dorsi* and backfat of Red Norte and young Nelore bulls. *R Bras Zootec* **41**: 978–985 (2012).
- 50 Alfaia CM, Alves SP, Lopes AF, Fernandes MJ, Costa AS, Fontes CM, Castro ML, Bessa RJ and Prates JÁ, Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Sci* **84**: 769–777 (2010).
- 51 Bessa RJB, Portugal PV, Mendes IA and Santos-Silva J, Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Liv Prod Sci* **96**: 185–194 (2005).
- 52 Watkins PJ, Frank D, Singh TK, Young OA and Warner RD, Sheep meat flavor and the effect of different feeding systems: a review. *J Agric Food Chem* **61**: 3561–3579 (2013).

CAPITULO III

**FATTY ACID COMPOSITION, PHYSICOCHEMICAL QUALITY AND SENSORIAL
ANALYSIS OF SALTED AND SUN-DRIED MEAT FROM NELLORE YOUNG BULLS
FEED WITH CONDENSED TANNINS**

Fatty acid composition, physicochemical quality and sensorial analysis of salted and sun-dried meat from young Nellore bulls feed with condensed tannins

Susana M. Gesteira^a, Rebeca D X Ribeiro^b, Cláudio V D M Ribeiro^b, Elzania S. Pereira^c,
Jaqueline S. Trajano^b, Emellinne I. S. Costa^b, Leilson R Bezerra^d, Ronaldo L. Oliveira^{b,1}

^aFederal University of Bahia, Food Science Program, Pharmacy Faculty, Av. Adhemar de Barros, 500, Ondina, 40170115, Salvador, Bahia, Brazil.

^bFederal University of Bahia, Department of Feed Science, Av. Adhemar de Barros, 500, Ondina, 40170110, Salvador, Bahia, Brazil.

^cFederal University Ceará, Department of Animal Science, Av. da Universidade, 2853, Benfica, 60455760, Fortaleza, Ceará, Brazil.

^dFederal University of Piauí, Department of Animal Science, Rodovia Bom Jesus-Viana, km 135, 64900000, Bom Jesus, Piauí, Brazil.

¹Corresponding author: Ronaldo L. Oliveira, ronaldooliveira@ufba.br, +55-71 92319378

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of from *Acacia mearnsii* condensed tannin inclusion (0, 10, 30 or 50 g/kg of dry matter (DM) total) extract, in the diet Young Nellore bulls on the fatty acid composition, physicochemical quality and sensorial analysis of salted and sun-dried meat. The inclusion of condensed tannin extract in the young bulls' diets promoted a quadratic reduction in the lipid content. There was a linear increase in the water retention capacity and C18:3 $n-3$, and a linear reduction in cooking weight loss, collagen, C16:0, C18:1, MUFAs, and $\Delta 9$ -desaturase C18 in the salted and sun-dried meat from young Nellore bulls feed with condensed tannin. The myristic fatty acid (C14:0) and the flavor sensory attribute presented a quadratic increase. The inclusion of condensed tannin extract in the young Nellore bulls' diets did not influence most of the physicochemical characteristics, fatty acids and nutraceutical compounds, including CLA, atherogenicity, thrombogenicity and the h:H index, the tenderness and the global appearance of the salted and sun-dried meat. These results suggest that condensed tannins affect ruminal biohydrogenation and improve the fatty acid composition of salted and sun-dried meat from young Nellore bulls.

Key words: *Acacia mearnsii*, atherogenicity index, conjugated linoleic acid, enzymes

Highlights

- Lipid content reduction in salted and sun-dried meat with tannin inclusion in the bulls' diets
- The Σ PUFA, Σ SFA, $\Sigma n-6$, $\Sigma n-3$, AI, TI and h:H index are not altered by tannin inclusion
- The flavor of the salted and sun-dried meat increased after tannin addition in the bulls' diets

1. Introduction

Salted and sun-dried meat is a processed product that is usually handmade and traditionally largely consumed in Brazil. This product is based on the sequential application of salt, dehydration and maturation, which prevent the growth of undesirable microorganisms (Coutron-Gambottia, Gandemer, Rousset, Maestrini, & Casabianca, 1999); therefore, this method is widely used for conservation purposes (Biscola et al., 2013; Gouvêa et al., 2017). However, the salt present in the processing step of salted and sun-dried meat promotes protein denaturation and dehydration (Lobo, Ventanas, Morcuende, & Estévez, 2016) and has a pro-oxidant effect on myoglobin (Luciano et al., 2011).

Due to the population's desire for a better quality of life and healthy eating habits, red meat consumers are increasingly interested in the quality of the product (Parodi, 2016). Salted sun-dried meat is a traditional processed and salted product can improve quality and overall acceptance do produto, largely consumed in Brazil (Gouvêa et al., 2017). The meat fatty acid profile plays an important role in the prevention of cardiovascular diseases. Lower percentages of total lipids and saturated fatty acids and higher mono- and polyunsaturated fatty acid (PUFA), conjugated linoleic acid (CLA), and n-3 and n-6 fatty acid contents are desirable to improve the functional meat properties by increasing the nutraceutical molecule contents (Oliveira et al., 2012; Carvalho et al., 2014; Ladeira et al., 2014; Lage et al., 2015).

Because ruminal biohydrogenation is the main player that affects the fatty acid profile absorbed by ruminants, changes in the microbial ecology that affect the extent of fatty acid biohydrogenation can improve the fatty acid profile in the tissues. Tannin has been shown to impair biohydrogenation (Vasta et al., 2007; Khiaosa-Ard et al., 2009; Khiaosa-Ard et al., 2011). Condensed tannins (or proanthocyanidins) are phenolic compounds found in forage legumes, trees and shrubs; the main characteristics of these compounds are the ability to form hydrogen bonds with proteins and act as antioxidants (Patra & Saxena, 2010; Venter et al., 2012). Condensed tannins ingested by ruminants interact with proteins present in the saliva, mucosa and ruminal microbiota and thus are normally considered antinutritive compounds. However, when consumed in balanced amounts (i.e., up to 5% of the diet DM), these compounds may act as an additive for ruminants by reducing methane production and excessive ruminal protein breakdown and

interfering with biohydrogenation (Makkar, 2003; Vasta & Luciano, 2011; Orlandi, et al., 2015). Due to the variation in the composition and percentage of tannins found in plants, an alternative is the use of tannin extracts (Orlandi et al., 2015) as a dietary additive.

The use of condensed tannins in animals' diet can promote the partial biohydrogenation of lipids and provide a higher concentration of PUFAs, which will consequently be incorporated into the meat by absorption into the small intestine of the animal, thereby improving the nutritional quality of the meat (Vasta, Makkar, Mele, & Priolo, 2009). Therefore, the objective of this study was to test the hypothesis that the inclusion of condensed tannins in the diet of young Nellore bulls improved the physical-chemical quality, fatty acid content and sensorial attributes of salted and sun-dried meat, thereby improving its quality and consumers' acceptance.

2. Materials and methods

2.1. Ethical considerations and study location

This study was conducted at the Federal University of Bahia in strict accordance with the recommendations of the Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching and was approved by the Committee on the Ethics of Animal Experiments of the Federal University of Bahia, Bahia State, Brazil (Protocol Number 01/2015).

2.2. Animals and treatments

Thirty-two uncastrated, young Nellore (*Bos taurus indicus*) bulls averaging 17 months old and 357 ± 23.4 kg in body weight who were vaccinated and treated with antiparasitics (Ivermectin®, São Paulo, Brazil) were used in a completely randomized design with four treatments and eight replications. The animals were supplemented with one of the following treatments: 0 (control), 10, 30 or 50 g/kg of dry matter (DM) of condensed tannin extract (*Acacia mearnsii*; Weibull AQ, Tanac S, A., Montenegro, RS, Brazil) containing 720 g/kg of tannin in the extract.

The young bulls were individually housed in stalls (2.0 m × 4.0 m) with masonry floors and individual feeders and drinking troughs; the stalls were allocated in a partially covered area. The experimental period lasted 105 days, with 15 days of adaptation and a 90-day collection period.

2.3. Diets and chemical compositions

The diets were formulated to provide an average gain of 1.30 kg/day (NRC, 1996) with a 40:60 forage:concentrate ratio. Tifton hay (*Cynodon* sp.) was cut (5 cm) and mixed with the concentrate, which consisted of ground whole corn, soybean meal, mineral mixture, urea and soybean (Table 1). The diets were offered twice daily at 8:00 and 16:00 h with 10% refusals. Water was provided *ad libitum*.

Samples of the ingredients and refusals were dried in a forced-ventilation oven at 55°C for 72 h and ground in a Wiley mill (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) with a 1-mm screen and analyzed according to the AOAC methods (2012) to assess the dry matter (DM; method 967.03), ash (method 942.05), crude protein (CP; method 981.10), and ether extract (EE; method 920.29) contents.

In the analyses for the determination of neutral detergent fiber (NDF), the Van Soest, Robertson, and Lewis (1991) method was used with the modifications proposed by Ankom (Ankom Technology Corporation, Macedon, NY, USA). The NDF residue was incinerated in an oven at 600°C (Zezimaq, 2000F, Minas Gerais, Brasil) for 4 h, and the protein correction was determined by subtracting the neutral detergent insoluble protein (Licitra, Hernandez, & Van Soest, 1996). The non-fiber carbohydrates (NFCs) were calculated according to Hall (2000) as follows using the NDF value corrected for ash and protein: $NFC = 100 - [(CP - CP \text{ from urea} + \text{urea}) + NDF + EE + Ash]$.

2.4. Slaughtering and salted and sun-dried meat manufacturing

After 16 h of fasting, the animals were weighed and slaughtered. During the slaughtering procedure, the animals were stunned by electronarcosis (220 V, 1.5 A for 10 seconds; Dal Pino, Santo André, SP, Brazil). Then, the carcasses were suspended and bled from the jugular vein and carotid artery before they were skinned and eviscerated according to the guidelines of the Brazilian Department of Agriculture and Livestock (n°03 Rules/00 Brazil) for the Federal Inspection Service (SIF).

The head and feet were removed, and the carcasses were placed in a cold chamber (4°C) for 24 h. The carcasses were cut, and the *semimembranosus* muscles were used for salted and sun-dried meat manufacturing according to the method of Gouvêa & Gouvêa (2007). Briefly, preparation of the sun-dried meat consisted of cleaning the pieces, removing the chips, excess fat and connective tissue, and subsequent cutting of the meat into standard-sized pieces (approximately 3.00 kg).

Table 1. Ingredient proportions and the chemical and fatty acid (g 100 g⁻¹ FAME) compositions of the experimental diets.

Variables	Inclusion of condensed tannin * (g kg ⁻¹ DM)			
	0	10	30	50
Ingredients proportion (g kg ⁻¹ DM)				
Ground corn	445	433	413	388
Soybean meal	87.5	90.0	90.0	95.0
Acacia extract ^a	0.00	10.0	30.0	50.0
Mineral mixture ^b	10.0	10.0	10.0	10.0
Urea + ammonium sulfate ^c	15.0	15.0	15.0	15.0
Soybean oil	42.5	42.5	42.5	42.5
Tifton-85 hay	400	400	400	400
Chemical composition (g kg ⁻¹ DM)				
Dry matter (g kg ⁻¹ as feed)	835	837	839	842
Ash	45.4	45.7	46.2	46.8
Crude protein	150	150	149	149
Ether extract	63.6	63.2	62.6	62.0
Neutral detergent fiber ap ^d	340	339	338	336
Non-fibrous carbohydrate	426	427	430	431
Condensed tannin	0.0	7.2	21.6	36.0
Fatty acids (g 100 g ⁻¹ FAME)				
C14:0 (myristic)	0.25	0.25	0.25	0.25
C16:0 (palmitic)	20.7	20.6	20.2	19.9
C16:1 (palmitoleic)	0.10	0.09	0.09	0.09
C18:0 (stearic)	2.34	2.33	2.30	2.27
C18:1 (oleic)	16.2	15.9	15.4	14.7
C18:2 <i>n</i> -6 (linoleic)	33.6	33.2	32.3	31.4
C18:3 <i>n</i> -3 (linolenic)	14.8	14.8	14.8	14.8
Others Fatty acids	12.0	12.8	14.7	16.6

^a*Acacia mearnsii* Extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brazil).

^bMaximum levels of guarantee (/kg of active ingredients): calcium: 145 g; phosphorus: 96.8 g; sulfur: 38.0 g; copper 1810.0 mg; cobalt: 66.0 mg; iron 2846 mg; iodine: 89.5 mg; manganese: 1774 mg; selenium: 14.9 mg; zinc: 4298 mg; fluoride: 968 mg.

^cMixture of urea and ammonium sulfate at a ratio of 9:1.

^dcorrected to ash and protein

Then, the pieces were cut open in the middle to form a sheet with a maximum thickness of 5 centimeters. Parallel cuts were made every 4 cm in the direction of the fiber to facilitate penetration of the salt. Salting was performed with manual rubbing of 5.00% (150 g) sodium chloride (refined cooking salt) relative to the individual piece weight (3.00 kg). The meat was maintained for 16 h at room temperature (25°C) in plastic trays and turned after 8 h. After 16 h, the exudate was drained, and the sheets were washed with tap water and allowed to dry at room temperature suspended by hooks for 8 h.

Thus, the total processing time was 24 h. Then, the sheets were individually vacuum-packed in polyethylene bags and aluminum foil to avoid oxidation and identified by treatment; one portion was refrigerated at 4°C for the physical-chemical, sensorial and oxidation analyses. Afterwards, the salted and sun-dried meat pieces were individually placed in labeled plastic bags and chilled at -20°C for the chemical composition and fatty acid composition analyses.

2.5. Physicochemical analysis

Determination of the moisture, protein, ash, lipid and collagen contents of the salted and sun-dried meat was performed using near infrared spectroscopy (NIR) with the FoodScanTM apparatus (FOSS Analytical A/S, Hillerod, Denmark) according to the methodology of the approved by the AOAC (2012).

The pH was evaluated in triplicate 24 h after slaughter using a Mettler M1120x pH meter (Testo, 205 Gerate-Set, Lenzkirch, Germany) according to the AOAC (2012). Then, an average pH was calculated for each sample and used for the statistical analysis.

The salted and sun-dried meat samples were cubed in approximately 10g pieces and placed transversely (in relation to the direction of the fibers) on circular filter paper between two acrylic plates (12 × 12 × 1 cm) for five minutes for the determination of the water holding capacity (WHC). The results were obtained by calculating the amount of water lost and were expressed as percentes of water exuded relative to the initial sample weight (Hamm, 1986).

Cooking weight loss (CWL) of the salted and sun-dried meat was determined triplicate samples that were 2.5 × 2.5-cm thick. The weight of the samples was recorded before and after cooking. The subcutaneous fat was trimmed off, and the samples were cooked on an electric grill. A stainless-steel thermocouple (Gulterm 700, Gulton do Brazil) was placed into the geometric center of each sample to record the internal temperature. The salted and sun-dried meat samples were cooked until the internal temperature reached 72°C; then, the samples were removed from the grill (George Foreman Jumbo Grill GBZ6BW, Rio de Janeiro, Brazil). Using the difference

between the weights before and after cooking, the cooking weight loss of each sample was obtained and expressed as percentes. The sample were kept at equilibrated temperatures of 4°C in a refrigerator (Consul CHB53C®, Salvador, Brazil) overnight for the instrumental texture analysis conducted according to the AMSA method (2015).

The salted and sun-dried meat samples were brought to room temperature prior to the Warner–Bratzler Shear Force (WBSF) analysis. At least three cores with a 1.00-cm diameter and 2.0-cm length that were parallel to the muscle fibers were removed from each sample using a cork borer. Each core was sheared perpendicular to the fiber direction. The shear force was measured with a texture analyzer (Texture Analyzer TX-TX2, Mecmesin, NV, USA) fitted with a Warner–Bratzler type shear blade with a load of five kgf and a cutting speed of 20 cm/min (Shackelford, Wheeler, & Koohmaraie, 1999).

The salted and sun-dried meat color was evaluated using a transverse cut of the muscle. The meat samples were exposed to atmospheric air for 30 min (Miltenburg, Wensing, Smulders, and Breukink, 1992). Then, the L^* , a^* and b^* coordinates were measured at three different points in the muscle on non-overlapping zones, and an average was calculated for each coordinate per animal. These measurements were performed using a Minolta colorimeter (Konica Minolta, Chroma Meter CR 410, Tokyo, Japan) that was previously calibrated with the CIELAB system using a blank tile with illuminate D65 and 10° as the standard observation points. L^* is related to lightness ($L^* = 0$ black and 100 white), a^* (redness) ranges from green (–) to red (+), and b^* (yellowness) ranges from blue (–) to yellow (+). The color saturation (chroma, C^*) was calculated as $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ according to MacDougall & Taylor (1975).

The quantification of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) was used for the determination of lipid oxidation in the salted and sun-dried meat samples (triplicate) at three time points (0, 25 and 50 days after slaughter) (Grotto et al. 2009). Approximately 0.01-kg frozen samples were milled in a multiprocessor, and 0.2 mL of BHT (0.03%) antioxidant, 50 mL of distilled water and 1 mL of an antifoam solution (alcohol amylic acid) were added. The mixture was homogenized for 1 minute, and the contents were transferred to a 250-ml Erlenmeyer flask; then, 50 mL of 4 M HCl was added, and the mixture was heated on a heating plate at 100°C. Then, 5 mL of distillate was transferred to a glass tube, and 5 mL of 0.02 M TBARS solution was added. The mixture was placed in a boiling water bath for 35 min, cooled, and then taken to a spectrophotometer (Mettler Toledo®, São Paulo, Brazil). The samples were read at 530 nm, and the results were multiplied by 7.8 and expressed as milligrams of malonaldehyde per kilogram of meat sample.

2.6. Fatty acid composition of the salted and sun-dried meat

The fatty acids from the experimental diets were extracted and transmethylated simultaneously with hexane and a mixture of methanol/acetyl chloride (20:1 v/v), respectively, according to Rodriguez-Ruiz et al. (1998). The salted sun-dried meats were extracted according to Hara & Radin (1978) and transmethylated according to Christie (1982).

The trans methylated samples were analyzed in triplicate via gas chromatography using a GC Finnigan Focus model (Varian, Palo Alto, California), which was equipped with a flame (Sigma-Aldrich Corp., St. Louis, MO) ionization detector and a capillary column (CP-Sil 88, Varian) that was 100 m long with a 0.25 μ M internal diameter and 0.20 μ m film thickness. Hydrogen was used as the carrier gas at a flow rate of 1.8 mL/min. The initial oven temperature program was 70°C, and a wait time of 4 min was used. The temperature was then raised to 175°C (at 13°C/min), with a wait time of 27 min, followed by another temperature increase to 215°C (at 40°C/min), with a standby time of 9 min; finally, the temperature was increased at 7°C/min to 230°C, at which temperature the sample was maintained for 5 min, for a total time of 65 min. The vaporizer temperature was 250°C, and the detector temperature was 300°C.

Fatty acids present in the diets and sun dried meat samples were identified by comparing the retention times of the methyl esters of the samples with standards of fatty acids using standards Supelco TM Component Mix (cat.18919 Supelco, Bellefonte, PA). The results were then quantified by normalizing the areas of the methyl esters and were expressed as g/100 g of the total identified fatty acids methyl esters (FAME). The sum of total saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acid (PUFA), as well as the ratios PUFA:SFA, and n-6:n-3 were calculated from the fatty acid composition. To evaluate the nutritional quality of the lipid fraction of the meat samples, the Atherogenicity index (AI) was calculated with the equation $AI = [(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)] / (\Sigma MUFA + \Sigma n-6 + \Sigma n-3)$ and Thrombogenicity index (TI) according to equation $TI = [14:0 + 16:0 + 18:0] / [(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma n-6) + (3 \times \Sigma n-3) + (n-3 / n-6)]$ according to the method of Ulbricht and Southgate (1991), and the hypocholesterolemic and hypercholesterolemic (h:H) fatty acids ratio as calculated as $h:H = (C18:1 \text{ cis-9} + C18:2 \text{ n-6}) / (C14:0 + 16:0)$, according to Arruda et al. (2012).

The Δ^9 -desaturase activity was estimated using two fatty acids [palmitic acid (D9C16) and stearic acid (D9C18)] as follows: $D9C16 = [C16:1 / (C16:0 + C16:1)] \times 100$ and $D9C18 = [(C18:1 \text{ cis-9}) / (C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})] \times 100$, respectively. The elongase activity was estimated according to Smet et al. (2004) with the following equation: $\text{elongase} = [(C18:0 + C18:1 \text{ cis-9}) / (C16:0 + C16:1 + C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})] \times 100$.

2.6. Sensory attributes of the salted and sun-dried meat

The sensory characteristics of the salted and sun-dried meat were evaluated using a panel of 80 consumers (AMSA, 2015). The salted and sun-dried meat samples were grouped by treatment, placed on an electric grill (George Foreman Grill Jumbo GBZ6BW, Rio de Janeiro, Brazil) and cooked until the geometric center of the samples reached 71°C. Fragments 2.0 cm² from the muscle were cut, grouped, coded and transferred to a water bath (75°C) covered with aluminum foil to keep them heated and prevent the loss of volatile aroma compounds until the sensory analyses were conducted. No condiments were added. Water and cream-cracker type biscuits were provided to remove the aftertaste between consecutive tastings.

The tests were performed between 09:00 and 12:00 h, and the panelists were placed in individual cubicles in the sensory panel room. The sensory attributes were recorded using a hedonic scale of nine points (scores ranged from 1 to 9 as follows: 1, extremely dislike to 9, extremely like) according to the AMSA standards (2015). The consumer panelists evaluated the following attributes: appearance, flavor and tenderness.

2.7. Statistical analysis

The data was analyzed in a completely randomized design with four treatments (0, 10, 30, and 50 g/kg of DM of condensed tannin extract) and eight replications. The statistical model used was as follows:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij},$$

where Y_{ij} = observed value, μ = overall mean, T_i = effect of condensed tannin extract, and e_{ij} = effect of experimental error.

Polynomial contrasts were used to determine the linear and quadratic effects of the different treatment levels. The command PROC MIXED in the SAS 9.1 (2003) software (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA) was used. *P*-values less than 0.05 were considered significant. The sensory analysis also included the LEVENE test to verify the variance homogeneity using the "HOVTEST" command.

3. Results

3.1. Physicochemical composition of the salted and sun-dried meat

The inclusion of condensed tannin extract in the young bulls' diets promoted a quadratic reduction in the lipid content ($P = 0.010$), with the lowest inclusion level of 25.5 g/kg of DM obtained for 0.78 g/100 g of salted and sun-dried meat content (Table 2). We found a linear increase in the water retention capacity ($P = 0.002$) and cooking weight loss ($P = 0.025$) and a linear reduction for the collagen ($P = 0.006$) of the salted and sun-dried meat from young Nelore bulls.

Table 2. Physicochemical composition of salted and sun-dried meat from young Nelore bulls fed with *Acácia mearnsii* extract (condensed tannin).

Variables	Inclusion of condensed tannin ^a (g/kg DM)				SEM ^b	<i>P</i> -value ^c	
	0	10	30	50		Linear	Quadratic
Moisture (g/100 g sun-dried meat)	71.3	72.5	71.2	71.2	0.389	0.386	0.161
Ash (g/100 g sun-dried meat)	6.93	6.23	6.80	7.02	0.249	0.461	0.079
Protein (g/100 g sun-dried meat)	19.7	20.2	20.5	20.1	0.28	0.299	0.118
Lipids (g/100 g sun-dried meat)	1.74	0.78	0.87	1.51	0.285	0.651	0.010
Final pH	5.48	5.42	5.67	5.66	0.089	0.060	0.781
Water retention capacity (%)	80.6	81.5	84.4	85.4	1.142	0.002	0.982
Cooking weight loss (%)	19.9	20.8	16.2	14.1	2.024	0.025	0.476
Shear force (kgf/cm ²) ^d	3.38	3.09	2.85	3.14	0.187	0.281	0.138
Collagen (%)	2.14	1.93	1.88	1.85	0.065	0.006	0.185
Index coloration							
L* (lightness)	35.4	34.8	33.3	33.7	1.165	0.208	0.653
a* (redness)	20.0	20.6	19.4	17.5	0.994	0.065	0.223
b* (yellowness)	6.63	6.24	6.02	5.09	0.751	0.167	0.722
C* (Chroma)	21.1	20.8	20.3	18.1	1.030	0.056	0.385
Lipid oxidation ^e							
0 day	0.53	0.58	0.58	0.66	0.057	0.056	0.159
25 days	0.92	0.73	0.68	0.73	0.057	0.150	0.060
50 days	0.97	0.96	0.82	1.12	0.082	0.419	0.209

^a *Acacia mearnsii* Extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brasil)

^b Standard error of the mean

^c Significant at $P < 0.05$

^d Warner-Bratzler shear force

^e mg of malonaldehyde/kg of meat

The inclusion of condensed tannin extract in the young bulls' diets did not influence ($P > 0.05$) the final pH and the Warner-Bratzler shear force of the salted and sun-dried meat. There was no effect ($P > 0.05$) of the inclusion of condensed tannins on the color indices (L^* , a^* , b^* , and C^*). The oxidation of meat lipids for the 3 time periods (0, 25 and 50 days) had no effect ($P > 0.05$).

3.2. Fatty acid composition of the salted and sun-dried meat

There was a linear reduction in the C16:0 ($P = 0.049$), C18:0 ($P = 0.046$), C18:1 ($P < 0.001$) and MUFA ($P = 0.005$) contents, whereas C14:0 had a quadratic increase ($P = 0.049$) in the salted and sun-dried meat from young Nellore bulls supplemented with condensed tannin extract (Table 3).

Regarding the long-chain polyunsaturated fatty acid composition, the diets with condensed tannins promoted a linear increase in C18:3 n-3 ($P = 0.019$). An average of 1.46 g/100 g of FAMES was not identified (data not shown). Condensed tannin extract inclusion in the diets of the young Nellore bulls promoted a linear reduction in the enzymatic Δ^9 -desaturase activity only for C18:0 ($P = 0.003$).

The C12:0, C16:1, C18:2 n-6, CLA (rumenic acid + isomers), C20:4 n-6, C20:5 n-3, C22:5, C22:6, PUFA, SFA, total n-6 and n-3 contents, elongase activity, atherogenicity, thrombogenicity and h:H index of the salted and sun-dried meat from the young Nellore bulls were not affected ($P > 0.05$) by the inclusion of condensed tannins in the animals' diets.

3.3. Sensory attributes of the salted and sun-dried meat

Inclusion of condensed tannin extract in the diets of the young Nellore bulls promoted a quadratic increase ($P = 0.049$) in flavor but did not affect the tenderness and global appearance of the salted and sun-dried meat (Table 4).

Table 3. Fatty acid composition (g/100 g FAME) in the salted and sun-dried meat from young Nelore bulls fed with *Acácia mearnsii* extract (condensed tannin).

Fatty acid (g/100 g of FAME)	Inclusion of condensed tannin ^a				SEM ^b	P-value ^c	
	(g/kg DM)					Linear	Quadratic
	0	10	30	50			
C12:0 (lauric)	0.07	0.08	0.09	0.09	0.009	0.069	0.537
C14:0 (myristic)	2.04	2.52	2.12	1.86	0.179	0.240	0.049
C16:0 (palmitic)	22.8	22.8	22.4	21.6	0.470	0.049	0.410
C18:0 (stearic)	2.12	2.08	1.89	1.76	0.135	0.046	0.728
C16:1 <i>cis</i> -9 (palmitoleic)	16.5	17.7	18.6	18.9	0.963	0.067	0.682
C18:1 <i>cis</i> -9 (oleic)	31.9	30.1	28.8	27.1	1.067	<0.001	0.931
C18:2 <i>n</i> -6 (linoleic)	6.72	6.55	7.91	9.66	1.193	0.067	0.426
CLA (rumenic acid+isomers)	0.43	0.49	0.45	0.40	0.048	0.524	0.254
C18:3 <i>n</i> -3 (linolenic)	0.46	0.47	0.58	0.70	0.073	0.019	0.450
C20:4 <i>n</i> -6 (arachidonic)	1.6	1.55	1.95	2.22	0.299	0.093	0.594
C20:5 <i>n</i> -3 (eicosapentaenoic)	0.5	0.47	0.57	0.69	0.098	0.164	0.434
C22:5 <i>n</i> -3 (docosapentaenoic)	0.87	0.83	0.96	1.31	0.180	0.073	0.277
C22:6 <i>n</i> -3 (docosahexaenoic)	0.07	0.07	0.09	0.09	0.015	0.137	0.904
SFA ^d	43.8	46.2	45.7	45.3	1.282	0.489	0.302
MUFA ^d	43.5	41.7	40.0	37.9	1.315	0.005	0.904
PUFA ^d	10.9	10.6	12.7	15.3	1.796	0.065	0.433
PUFA:SFA ^d	0.25	0.24	0.28	0.35	0.047	0.114	0.394
$\Sigma n-6$	1.77	1.7	2.14	2.43	0.369	0.101	0.574
$\Sigma n-3$	1.05	1.01	1.25	1.49	0.182	0.064	0.459
<i>n</i> -6: <i>n</i> -3	1.69	1.66	1.76	1.67	0.113	0.950	0.766
Δ^9 -desaturase (C16)	8.47	8.17	7.79	7.49	0.484	0.143	0.997
Δ^9 -desaturase (C18)	65.9	63.1	60.8	58.8	1.588	0.003	0.792
Elongase	65.9	65.2	66.2	66.4	0.640	0.425	0.510
Atherogenicity index	0.57	0.65	0.59	0.55	0.035	0.434	0.109
Thrombogenicity index	1.51	1.66	1.63	1.62	0.081	0.439	0.320
h:H index ^d	1.70	1.56	1.68	1.80	0.091	0.280	0.154

^a*Acácia mearnsii* Extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brasil)

^bStandard error of the mean

^cSignificant at $P < 0.05$

^d SFA: Total saturated fatty acids; MUFA: Total monounsaturated fatty acids; PUFA: Total polyunsaturated fatty acids; h:H: Hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids index

4. Discussion

4.1. Physicochemical composition of the salted and sun-dried meat

The manufacturing process for the salted and sun-dried meat promoted protein denaturation, which caused dehydration, a decreased ether extract percentage and an increased ash content compared to *in natura* meat (Gouvêa et al., 2017). However, the inclusion of condensed tannins did not modify the moisture, mineral and protein proportions in the salted and sun-dried meat. The use of condensed tannins in the diet caused a curvilinear response in the fat deposition in the muscles. Changes in the FA proportion in the meat were not expected, since the dietary FAs did not differ among the diets. However, because PUFAs decrease lipogenic enzymes (Zhao, Ma, Qu, Luo, Liu, Zuo, & Lu, 2016) and tannins [can increase PUFAs](#) in ruminant muscle, reduced short and medium chain fatty acid synthesis may have been the cause of the changes in the lipid content in the sun-dried meat. In fact, a negative relationship exists between carcass fat and PUFA percentages in lamb meat (Nurnberg et al., 1998).

Table 4. Sensory attributes in the salted and sun-dried meat from young Nelore bulls fed with *Acácia mearnsii* extract (condensed tannin).

Attributes ^a	Inclusion of condensed tannin ^b (g/kg DM)				SEM ^c	P-value ^d	
	0	10	30	50		Linear	Quadratic
Flavor	7.15	7.51	7.26	6.95	0.166	0.262	0.049
Tenderness	6.77	7.24	6.79	6.93	0.200	0.972	0.410
Global appearance	6.84	7.22	6.92	6.80	0.190	0.635	0.195

^aScores recorded by a tasting panel: 9 - maximum score and 1 - minimum score

^b*Acacia mearnsii* Extract (Weibull AQ, Tanac S. A., Montenegro, RS, Brasil)

^cStandard error of the mean

^dSignificant at $P < 0.05$

The average carcass final pH across treatments was less than 5.80 as recommended (AMSA, 2015). An adequate pH reduction is dependent on the muscle glycogen stores and the acidification process that occurs in meat (Oliveira R. et al., 2015). Animals suffering from prolonged stress before slaughter may deplete the glycogen stores, thereby preventing a normal pH reduction after slaughter (Oliveira E. et al., 2012; Lage et al., 2015). The normal values suggested that these animals did not suffer from stress or alterations in the muscle glycogen levels when fed tannins.

There was an increase in the WHC of the salted and sun-dried meat with the inclusion of condensed tannins. Protein denaturation expected to occur in the meat through the action of salt, was probably intensified by the addition of tannin in the diet. (Lobo, Ventanas, Morcuende, & Estévez, 2016). The WHC values are greater in the salted and sun-dried meat than in the *in natura* meat (Gouvêa et al., 2017), because the addition of sodium chloride causes an increase in the WHC due to the formation of salt-protein complexes; however, the salt solubilizes the myofibrillar proteins as it diffuses into the meat, causing dehydration and a reduction of free water in the tissue and contributing to water loss (Gouvêa et al., 2017).

Because the average WBSF for the salted and sun-dried meat was below 3.90 kgf/cm² and averaged 3.12 kgf/cm² across treatments, the meat was considered very soft according to Belew, Brooks, McKenna, and Savell (2003). This lower WBSF is desirable to improve muscle tenderness and occurs due to increased proteolysis caused by the use of sodium chloride (5%) during processing as discussed above. The WBSF is inversely related to lipids (Alves, Delbem, Abreu, & Lara, 2010) and is directly related to the collagen content. Christensen et al. (2011) studied the relationship among collagen characteristics, the lipid content and the meat texture of young bulls and found that these three parameters were related to the determination of softness in meat. There was a decrease in collagen with tannin addition; therefore, the WBSF would be expected to follow the same response. However, the higher softness expected with the decrease in collagen may have been offset by the quadratic effect of tannins on the meat lipids.

The inclusion of condensed tannins in the diets did not influence the color of the salted and sun-dried meat. This result can be explained by the reduction of myoglobin and therefore the a* value. Additionally, the reduction in the tonality of yellow (b*) was due to the lower lipid content, and the reduction in the saturation index (C*), which represented the color intensity, was an indicator of the oxidative state and oxidation on the surface of the meat (Carvalho et al., 2014). The salt present in sun-dried meat is responsible for the greater oxidation of myoglobin and the transformation of oxymyoglobin, which makes red meat and metamyoglobin n, which makes the meat greyish-brown; thus, the salting process has an impact on the color parameters that compromise any possible effect that the inclusion of tannin in the diet could cause on the meat of the sun, since the salt has a pro-oxidant effect on myoglobin (Gouvêa et al., 2017).

The same pro-oxidant effect induced by salt, can be observed on lipid, making the product more susceptible to lipid deterioration through the activation of muscle lipoxidase (Lima Júnior, Rangel, Urbano and Moreno, 2013). However, the inclusion of tannin in the diet may also have been inhibited by the action of the salt present in the meat and thus had no effect on lipid oxidation

at any of the storage times (0, 25 and 50 days).

4.2. Fatty acid profile of the salted and sun-dried meat

The percentage of 18:3 in the sun-dried meat increased ($P = 0.019$) by approximately 34% compared to the control at the highest tannin level. Although there was an approximately 30% increase in the 18:2 n-6 concentration with the highest inclusion of tannin, this difference was not significant ($P = 0.067$). A similar response was observed for the PUFAs, with a 28% increase that was not significant ($P = 0.065$).

One of the most pronounced effect of feeding tannins to ruminants is the impairment of biohydrogenation (Vasta et al., 2007; Khiaosa-Ard et al., 2009; Khiaosa-Ard et al., 2011). Thus, higher percentages of 18:2, 18:3 and the biohydrogenation intermediates (CLA and trans-octadecenoic acids) are expected to reach the duodenum when tannins are fed to ruminants. Changes in the profiles of FAs absorbed in the duodenum can be detected in ruminant products. In fact, higher amounts of UFAs in milk (Cerruti et al., 2016) and meat (Oliveira et al., 2015) are often attributed to an impairment of ruminal biohydrogenation when there is no change in the dietary FAs with a concomitant decrease in the C18:0 content. We also speculated that the percent increase in the UFAs would have been greater with more oil in the diets. Supplemental dietary FAs may interact with tannins to further increase the amounts of 18:2 and total UFAs in meat (Jeronimo et al., 2010).

The meat from young bulls fed the highest percentage of tannins had lower C14:0 and C16:0 concentrations with a concomitant increase in 18:3 n-3 compared to the control diet. However, the C12:0 concentration did not follow the expected response. The concentration was too low and therefore not sensitive enough to detect changes in fatty acid metabolism. The C16:0 concentration may not follow the same pattern, because half of the C16:0 comes from *de novo* fatty acid synthesis and the other half comes from the diet (Parodi, 2002).

The decrease in MUFAs was associated with the decrease in the C18:1 concentration. Assuming the MUFA intake was the same among the diets, the lower C18:1 concentration in the sun-dried meat was a direct response from both the lower C18:0 concentration in the tissues and the lower Δ^9 -desaturase activity (Table 3). High PUFA and CLA contents may inhibit the gene expression of lipogenic enzymes (Sampath & Ntambi, 2005), including fatty acid synthase and Δ^9 -desaturase (Ramos-Morales, McKain, Gawad, Hugo, & Wallace, 2016). Additionally, the estereospecificity of FAs for the glycerol moiety in triglyceride molecules may play a role in fatty acid profiles in ruminant tissues (Parodi, 2016).

Nutraceutical compounds, such as CLA and PUFA:SFA ratios, the n-3 and n-6 concentrations, the hypocholesterolemic: hypercholesterolemia ratio and the atherogenicity index (AI) and Thrombogenicity index (TI) of the salted and sun-dried meat, did not change with the addition of condensed tannins to the young bulls diets. An improvement in meat quality for human consumption was expected. Decreasing the ruminal BH improves the profile of fatty acids beneficial for human health (Parodi, 2016), we observed an increase in C18:3 and a decrease in the C16:0 and C18:0 contents in the sun-dried meat.

4.3. Sensory attributes of the salted and sun-dried meat

The reduction in the meat lipid content caused by the inclusion of tannins to the diets did not alter the shear force or affect the tenderness of the meat. The consumer panel for the sensory analysis showed that tannins had a increase quadratic effect in the flavor on the sun-dried meat. The lipid content in meat is associated with the texture and flavor (Silva et al., 2016; Shackelford, Wheeler, & Koohmaraie, 1999). Although it was expected that in the consumer panel for sensory analysis accompanying the results presented for the lipid content, when the young bulls were fed condensed tannins, a contradictory quadratic effect for the flavor was observed, however, the tenderness was not significantly affected. In the present study, the scores across all attributes varied from 6.95 to 7.51, being considered with good scores in the tasting of the consumers. Similar results were found by Gouvêa et al. (2017), who evaluated salted sun-dried meat with the inclusion of licuri cake and observed scores between 6.51 and 7.36.

5. Conclusion

The inclusion of the condensed tannin extract (50 g kg⁻¹ MS) can be used in the diet of young Nellore steers, without adversely affecting the physicochemical parameters, fatty acid composition and sensory of the salted and sun-dried meat, being that reduced the lipid content, but did not affect color, tenderness and oxidation parameters, improving meat quality by promoting higher nutritional value without depreciating sensorial attributes.

References

- Alves, L.L., Delbem Á.C.B., Abreu U.G.P. de, & Lara J.A.F. de. (2010). Physicochemical and microbiological evaluation of Pantanal's soleada beef. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 30, 729–734.
- AMSA (2015). *Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat*. (2nd ed. version 1.0). American Meat Science Association, Champaign, Illinois, USA.
- AOAC (2012). *Association of Official Analytical Chemists* (19th ed.). Gaithersburgh, Maryland, USA: Association of Official Methods of Analysis.
- Arruda, P.C.L, Pereira, E.S., Pimentel, P.G., Bomfim, M.A.D., Mizubuti, I.Y., Ribeiro, E.L.A., ... Regadas Filho, J.G.L. (2012). Fatty acids profile in *Longissimus dorsi* of Santa Ines lambs fed with different energy levels. *Semina: Ciências Agrárias*, 33, 1229–1240.
- Belew J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R., & Savell J. W. (2003). Warner–Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64, 507–512.
- Biscola, V., Todorov, S.D., Capuano, V.S.C., Abriouel, H., Gálvez, A. & Franco BDGM, Isolation and characterization of a nisin-like bacteriocin produced by a *Lactococcus lactis* strain isolated from charqui, a Brazilian fermented, salted and dried meat product. *Meat Science*, 93, 607–613, 2013.
- Carvalho, J. R., Chizzotti, M. L., Ramos, E. M., Machado Neto, O. R., Lanna, D. P., Lopes, L. S., ... Ladeira, M. M. (2014). Qualitative characteristics of meat from young bulls fed different levels of crude glycerin. *Meat Science*, 96, 977–983.
- Cerutti, W.G., Viegas, J., Barbosa, A.M., Oliveira, R.L., Dias, C.A., Costa, E.S., ... Silveira, A.M. (2016). Fatty acid profiles of milk and Minas frescal cheese from lactating grazed cows supplemented with peanut cake. *Journal of Dairy Research*, 83, 42–51.
- Christensen, M., Ertbjerg, P., Failla, S., Sañudo, C., Richardson, R. I., Nute, G. R., ... Williams J.L. (2011). Relationship between collagen characteristics, lipid content and raw and cooked texture of meat from young bulls of fifteen European breeds. *Meat Science*, 87, 61–65.
- Christie, W. W. (1982). A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. *Journal of lipid research*, 23(7), 1072-1075.
- Coutron-Gambottia, C., Gandemer, G., Rousset, S., Maestrini, O., & Casabianca F. (1999). Reducing salt content of dry-cured ham: effect on lipid composition and sensory attributes. *Food Chemistry*, 64, 13–19,
- Gouvêa, J. A. G., & Gouvêa, A. A. L. (2007). *Tecnologia de fabricação da carne de sol*. Bahia: Rede de Tecnologia da Bahia – RETEC/BA, 23 p. Dossiê Técnico.

- Gouvêa, A.A., Oliveira, R.L., Leão, A.G., Bezerra, L.R., Assis, D.Y., Albuquerque, I.R., ... Rocha T.C. (2017). Effects of licury cake in young Nellore bull diets: salted sun-dried meat is preferred rather than fresh meat by consumers despite similar physicochemical characteristics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 2147–2153.
- Grotto, D., Maria, L. S., Valentini, J., Paniz, C., Schmitt, G., Garcia, S. C., ... Farina, M. (2009). Importance of the lipid peroxidation biomarkers and methodological aspects FOR malondialdehyde quantification. *Química Nova*, 32, 169–174.
- Hall, M. B. (2000). *Neutral detergent-soluble carbohydrates. Nutritional relevance and analysis: A Laboratory Manual*. University of Florida, Gainesville, FL.
- Hamm, R. (1986). Functional properties of the miofibrillar system and their measurement. In P. J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food* (pp. 135–199). Orlando, FL: Academic Press.
- Hara, A., & Radin, N. S. (1978). Lipid extraction of tissues with a low-toxicity solvent. *Analytical biochemistry*, 90(1), 420–426.
- Jerónimo, E., Alves, S. P., Martins, S. V., Prates, J. A., Bessa, R. J., & Santos-Silva, J. (2010). Effect of sodium bentonite and vegetable oil blend supplementation on growth, carcass quality and intramuscular fatty acid composition of lambs. *Animal feed science and technology*, 158(3), 136–145.
- Khiaosa-Ard, R., Soliva, C.R., Kreuzer, M. & Leiber, F. (2011). Influence of alpine forage either employed as donor cow's feed or as incubation substrate on *in vitro* ruminal fatty acid biohydrogenation. *Livestock Science Production*, 140, 80–87.
- Khiaosa-Ard, R., Bryner, S.F., Scheeder, M.R.L., Wettstein, H.-R., Kreuzer, M. & Soliva, C.R. (2009). Evidence for the inhibition of the terminal step of ruminal -linolenic acid biohydrogenation by condensed tannins. *Journal of Dairy Science*, 92, 177–188.
- Ladeira, M. M., Santarosa, L. C., Chizzotti, M. L., Ramos, E. M., Machado Neto, O. R., Oliveira, D. M., ... Ribeiro, J. S. (2014). Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin. *Meat Science*, 96, 597–605.
- Lage, J.F., Berchielli, T.T., San Vito, E., Silva, R.A., Ribeiro, A.F., Reis, R.A., ... Machado M. (2015). Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nellore bulls fed crude glycerin replacing energy sources in the concentrate. *Meat Science*, 96, 1158–1164.
- Licitra, G., Hernandez, T.M. & Van Soest, P.J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*, 57, 347–358.
- Lima Júnior, D. M. de, Rangel, A. H. do N., Urbano, S. A., & Moreno, G. M. B. (2013). Lipid oxidation and lamb meat quality. *Acta Veterinaria Brasilica*, 7, 14–28.

- Lobo, F., Ventanas, S., Morcuende, D., & Estévez M. (2016). Underlying chemical mechanisms of the contradictory effects of NaCl reduction on the redox-state of meat proteins in fermented sausages. *LWT - Food Science and Technology*, 69,110–116.
- 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, 1036–1042.
- MacDougall DB and Taylor AA, (1975). Colour retention in fresh meat stored in oxygen - a commercial scale trial. *International Journal of Food Science & Technology*, **10**, 339–347.
- Makkar, H. P. (2003). Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*, 49, 241–256.
- Miltenburg, G.A., Wensing, T., Smulders, F.J.M. & Breukink, H.J. (1992). Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *Journal of Animal Science*, 70, 2766–2772.
- NRC (1996). *Nutrient Requirements of Beef Cattle*, 7th edition. Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA.
- Nurnberg, K., Wegner, J., & Ender, K. (1998). Factors influencing fatcomposition in muscle and adipose tissue of farm animals. *Livestock Production Science*, 56, 145–156.
- Oliveira, E. A., Sampaio, A. A., Henrique, W., Pivarro, T. M., Rosa, B. L., Fernandes, A. R., Andrade, A. T. (2012). Quality traits and lipid composition of meat from Nellore young bulls fed with different oils either protected or unprotected from rumen degradation. *Meat Science*, 90, 28–35.
- Oliveira, R.L., Palmieri, A.D., Carvalho, S.T., Leão, A.G., Abreu, C.L., Ribeiro, C.V.D. M., ... Bezerra, L.R. (2015). Commercial cuts and chemical and sensory attributes of meat from crossbred Boer goats fed sunflower cake-based diets. *Animal Science Journal*, 86, 557–562.
- Orlandi, T., Kozloski, G. V., Alves, T. P., Mesquita, F. R., & Ávila S. C. (2015). Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Animal Feed Science and Technology*, 210, 37–45.
- Parodi, P.W. (2016). Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence. *International Dairy Journal*, 52, 115–123.
- Parodi, P.W. (2002). LIPIDS | Conjugated Linoleic Acid. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 1587–1594.

- Patra, A. K., & Saxena, J. (2010). A new perspective on the use of plant secondary metabolites to inhibit methanogenesis in the rumen. *Phytochemistry*, 71, 1198–1222.
- Ramos-Morales, E., McKain, N., Gawad, R. M. A., Hugo, A., & Wallace, R. J. (2016). Vernonia galamensis and vernolic acid inhibit fatty acid biohydrogenation in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 54-63.
- Rodríguez-Ruiz, J., Belarbi, E. H., Sánchez, J. L. G., & Alonso, D. L. (1998). Rapid simultaneous lipid extraction and transesterification for fatty acid analyses. *Biotechnology techniques*, 12(9), 689-691.
- Sampath, H. & Ntambi, J. M. (2005). Polyunsaturated fatty acid regulation of genes of lipid metabolism. *Annual Review of Nutrition*, 25, 317–340.
- SAS Institute Inc. (2003). SAS Systems for Windows SAS® 9.1 procedures guide, Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Silva, T.M., Medeiros, A.N. de, Oliveira, R.L., Gonzaga Neto, S., Queiroga, R. de C.R. do E., Ribeiro, R.D.X., Leão, A.G. & Bezerra, L.R. (2016). Carcass traits and meat quality of crossbred Boer goats fed peanut cake as a substitute for soybean meal. *Journal of Animal Science*, 94, 2992–3002.
- Shackelford, S.D., Wheeler, T.L. & Koohmaraie, M. (1999). Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef *Longissimus* tenderness. *Journal of Animal Science*, 77, 2693–2699.
- Smet, S., Raes, K. & Demeyer, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53, 81–98.
- Ulbricht, T.L. & Southgate, D.A.T. (1991). Coronary heart disease: seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985–992.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B. & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarchpolysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597.
- Vasta, V., & Luciano, G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*, 101, 150–159.
- Vasta, V., Makkar, H. P., Mele, M., & Priolo A. (2009). Ruminant biohydrogenation as affected by tannins in vitro. *British Journal of Nutrition*, 102, 82–92.
- Vasta, V., Pennisi, P., Lanza, M., Barbagallo, D., Bella, M. & Priolo, A. (2007). Intramuscular fatty acid composition of lambs given a tanniniferous diet with or without polyethylene glycol supplementation. *Meat Science*, 76, 739–745.
- Venter, P. B., Senekal, N. D., Kemp, G., Amra-Jordaan, M., Khan, P., Bonnet, S. L., & van der

- Westhuizen, J. H. (2012). Analysis of commercial proanthocyanidins. Part 3: The chemical composition of wattle (*Acacia mearnsii*) bark extract. *Phytochemistry*, 83, 153–167.
- Zhao, T., Ma, Y., Qu, Y., Luo, H., Liu, K., Zuo, Z. & Lu, X. (2016). Effect of dietary oil sources on fatty acid composition of ruminal digesta and populations of specific bacteria involved in hydrogenation of 18-carbon unsaturated fatty acid in finishing lambs. *Small Ruminant Research*, 144, 126–134.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo fez parte de um experimento mais amplo que investigou o efeito na digestibilidade, o desempenho produtivo e a qualidade da carne dos novilhos Nelore em confinamento com a inclusão de tanino condensado na dieta e os resultados poderá corroborar para a recomendação de utilização deste tipo de extrato como modulador nutricional na dieta dos bovinos.

A inclusão de até 50 g kg⁻¹ MS de extrato tanino condensado nas dietas dos animais é recomendada por mostrar que houve melhoria na qualidade da carne, reduzindo o teor de lipídio e proporcionando maior concentração de ácidos graxos insaturados principalmente o linolênico em ambos os tipos de carne, promovendo maior valor nutricional sem depreciar os atributos sensoriais da carne dos novilhos Nelore.

Os autores declaram que não houve conflito de interesses nesse estudo.