

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 26/10/2025.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de São José do Rio Preto

Eloise Soares de Alvarenga

**EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO ELÉTRICA DE MÉDIA VOLTAGEM
NA QUEDA INICIAL DO pH E NOS PARÂMETROS DE QUALIDADE
DURANTE A MATURAÇÃO E NO ARMAZENAMENTO CONGELADO
DE CARNE DE NELORE**

São José do Rio Preto
2023

Eloise Soares de Alvarenga

Efeitos da estimulação elétrica de média voltagem sobre a queda inicial do pH e nos parâmetros de qualidade durante a maturação e no armazenamento congelado de carne de Nelore

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES – Código de Financiamento 001

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Andrea Carla da Silva Barretto

São José do Rio Preto
2023

A473e

Alvarenga, Eloise Soares de

Efeitos da estimulação elétrica de média voltagem sobre a queda inicial do pH e nos parâmetros de qualidade durante a maturação e no armazenamento congelado de carne de Nelore / Eloise Soares de Alvarenga. -- São José do Rio Preto, 2023

64 f. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Dra. Andrea Carla da Silva Barretto

1. Tecnologia de alimentos. 2. Carne bovina - indústria. 3. Estimulação elétrica. 4. Maciez da carne bovina. 5. Força de cisalhamento. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Eloise Soares de Alvarenga

Efeitos da estimulação elétrica de média voltagem sobre a queda inicial do pH e nos parâmetros de qualidade durante a maturação e no armazenamento congelado de carne de Nelore

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciências de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciências de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CAPES – Código de Financiamento 001

Comissão Examinadora

Prof^ª. Dr^ª. Andrea Carla da Silva Barretto
UNESP – Câmpus de São José do Rio Preto
Orientador

Prof^ª. Dr^ª. Renata Tieko Nassu
EMBRAPA – Embrapa Pecuária Sudeste - São Carlos

Prof^ª. Dr^ª. Fabiane de Souza Costa
UNILAGO – União das Faculdades dos Grandes Lagos - São José do Rio Preto

São José do Rio Preto
26 de outubro de 2023

DEDICO
À Deus, ao mestre Jesus, aos meus pais,
Aloysio (in memoriam) e Luzia Geny (in memoriam) e
às minhas irmãs Mirtes, Miriam e Eliane pelo apoio incondicional.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me capacitar, me dar forças e me ajudar a perseverar diante de cada obstáculo encontrado, tornando possível este trabalho;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da UNESP, câmpus de São José do Rio Preto, pela oportunidade e ensinamentos;

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro;

À Prof^a. Dra. Andrea Carla da Silva Barretto, pela oportunidade, orientação, ensinamentos, amizade, paciência e respeito ao longo desse trabalho;

Ao Prof. Dr. Róger Darros Barbosa pelo apoio técnico e de recursos laboratoriais;

À empresa Minerva Foods, em especial à Maria Fernanda Isac, pela confiança, parceria e apoio ao meu trabalho;

Aos técnicos dos laboratórios do Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos Alana, Luiz e Tania;

Aos meus amigos do laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados, pelo apoio técnico e emocional e que tornaram essa jornada mais leve, Bruna, Danúbia, João Marcos, Elisa, Marcello, Carlos e Jenifer;

Em especial à minha irmã Eliane por ter me acolhido em sua casa durante todo esse tempo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, à qual agradeço.

Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos, se não tiver caridade seria como um bronze sonante, ou como um címbalo retumbante; e mesmo que eu tivesse o dom da profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda ciência; mesmo que tivesse ainda toda a fé possível, até transportar as montanhas, se não tiver caridade eu nada seria.

Paulo de Tarso

(Bíblia, Epístola aos Coríntios, 13, 1 a 2).

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência da estimulação elétrica de média tensão em três intensidades (T200 - 200 V (n = 15), T300 - 300 V (n = 15) e T400 - 400 V (n = 13)) no declínio inicial do pH do músculo (*M. longissimus thoracis*) *post-mortem* e nos parâmetros de qualidade da carne bovina de animais Nelore, ao longo do processo de maturação e durante o armazenamento congelado. Foram determinados os parâmetros de cor, perda por cozimento e força de cisalhamento para amostras de carne maturada. A perda por descongelamento, o pH e a oxidação lipídica, foram também analisados durante o armazenamento congelado. O T200 apresentou a maior taxa de declínio do pH na carne. A estimulação elétrica teve um efeito positivo na da qualidade da carne durante o processo de maturação, diminuindo a força de cisalhamento (melhoria da maciez), aumentando os parâmetros L^* e a^* e não exercendo influência na perda por cozimento. O pH e a cor diminuíram durante o armazenamento congelado e a força de cisalhamento e a perda por cozimento aumentaram. A oxidação lipídica manteve-se dentro dos padrões aceitáveis (<2,5 mg MDA/kg) durante o armazenamento congelado. A tensão de 200 V demonstrou eficácia em termos de força de cisalhamento e parâmetros de cor para a carne armazenada sob congelamento.

Palavras-chave: Maciez da carne. Força de cisalhamento. Cor. Perda por descongelamento. Perda por cocção. Oxidação lipídica.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the influence of medium voltage electrical stimulation at three different intensities (T200 - 200 V (n = 15), T300 - 300 V (n = 15) and T400 - 400 V (n = 13)) on the initial pH decline in *post-mortem* muscle (*M. longissimus thoracis*) and on the quality parameters of beef from Nellore animals, throughout the aging process and during frozen storage. The colour, cooking loss and shear force parameters for samples of aged beef were determined. Additional parameters, namely thaw loss, pH and lipid oxidation were also analyzed for the frozen storage. T200 exhibited the highest rate of pH decline in the meat. Electrical stimulation had a positive effect on the meat quality during the ageing process, decreasing the shear force (improved tenderness), increasing L^* and a^* and had no influence on cooking loss. The pH and colour parameters were decreased at frozen storage and the shear force and cooking loss were increased. Lipid oxidation remained within acceptable standards (<2.5 mg MDA/kg) during frozen storage. The voltage of 200 V proved effective in terms of shear force and colour parameters for meat stored under freezing conditions.

Keywords: Meat tenderness. Shear force. Colour. Thaw loss. Cooking loss. Lipid oxidation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estimulador elétrico - Minerva Foods.....	30
Figura 2 - Análises da temperatura e do pH das carcaças.....	31
Figura 3 - Análise de perdas no descongelamento.....	32
Figura 4 - Análise de perdas por cocção.....	34
Figura 5 - Preparo dos cilindros.....	34
Figura 6 - Análise da força de cisalhamento (Maciez).....	35
Gráfico 1 - Queda do pH em relação ao tempo de 24 horas.....	37
Gráfico 2 - Força de cisalhamento em relação a tensão para a carne maturada.....	42
Gráfico 3 - Força de cisalhamento em relação ao tempo para a carne maturada.....	42
Gráfico 4 - Força de cisalhamento em relação a tensão para a carne armazenada sob congelamento.....	49
Gráfico 5 - Força de cisalhamento em relação ao tempo para a carne armazenada sob congelamento.....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios do pH e temperatura das carcaças.....	38
Tabela 2 - Parâmetros de qualidade da carne maturada.....	40
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da carne armazenada sob congelamento.....	47
Tabela 4 - Efeitos da estimulação elétrica em diferentes tensões nos parâmetros de qualidade da carne armazenada sob congelamento.....	48

LISTA DE SÍMBOLOS

h – Horas

kg – Quilogramas

m – Metro

mg – Miligramas

N – Newton

°C – Graus Célsius

s – Segundo

V – Volt

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Fatores que influenciam a qualidade da carne bovina	15
3.2	Características da qualidade da carne	16
3.2.1	pH	16
3.2.2	Cor	17
3.2.3	Maciez	18
3.2.4	Capacidade de retenção de água	20
3.2.5	Perda por cocção	21
3.2.6	Oxidação lipídica	21
3.3	Fatores que influenciam na maciez da carne	22
3.4	Estimulação elétrica	23
3.4.1	Método de aplicação	25
3.4.2	Mecanismo e efeito sobre o músculo	26
4	MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1	Materiais	29
4.2	Preparação das amostras	30
4.3	Métodos	31
4.3.1	Análises nas carcaças	31
4.3.1.1	Temperatura	31
4.3.1.2	pH	31
4.3.2	Análises nas amostras maturadas e congeladas	32
4.3.2.1	Temperatura	32
4.3.2.2	pH	32
4.3.2.3	Perdas no descongelamento	32
4.3.2.4	Cor instrumental	33
4.3.2.5	Perdas por cocção e força de cisalhamento	33
4.3.2.6	Oxidação lipídica	35
4.3.3	Análise estatística	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
5.1	Declínio do pH e da temperatura das carcaças	36

5.1.1	Declínio do pH.....	36
5.1.2	Declínio da temperatura.....	39
5.2	Parâmetros de qualidade da carne de Nelore durante a maturação	39
5.2.1	Força de cisalhamento (Warber – Bratzler).....	41
5.2.2	Perdas por cocção	43
5.2.3	Cor.....	43
5.3	Parâmetros de qualidade da carne de Nelore durante o armazenamento sob congelamento.....	46
5.3.1	pH	49
5.3.2.	Força de cisalhamento (Warber – Bratzler) – Maciez	49
5.3.3	Perdas no descongelamento	51
5.3.4	Perdas por cocção	51
5.3.5	Oxidação lipídica	52
5.3.6	Cor	52
6	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

A pecuária brasileira tem confirmado seu protagonismo no mercado mundial de carne bovina. Em 2022, o Brasil atingiu seu recorde no volume de carne bovina exportado em um único ano, alcançando a marca de 2,26 milhões de toneladas vendidas para mais de 150 países, superando as exportações de 2021 por 417 mil toneladas, um crescimento de 22,6%. O faturamento com exportações foi na ordem de US\$ 12,97 bilhões, registrando um aumento de 40,8% em relação a 2021. Desse total, 87,95% foram exportações de carne *in natura*. Em 2022, o abate total de bovinos cresceu 5,28%, totalizando 42,31 milhões de cabeças, sendo 81,98% originados de bovinos não confinados e 18,02% de confinados. O Brasil tem o segundo maior rebanho bovino do mundo, com cerca de 202 milhões de cabeças, o que representa 12,18% do rebanho mundial, sendo também, o segundo maior produtor de carne bovina. O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo com 27,7% das exportações mundiais (ABIEC, 2023).

Em relação à composição das raças deste rebanho no Brasil, grande parte é proveniente da raça Nelore e seus cruzamentos com outras raças. Apesar de todas às adaptações da raça Nelore às condições tropicais brasileiras, estudos evidenciam a existência de uma correlação inversa entre maciez da carne e porcentagem de sangue zebuínos nos cruzamentos, influenciando assim sua qualidade sensorial (CROUSE et al., 1989).

A raça Nelore, correspondente ao Ongole da Índia, predomina atualmente no cenário pecuário brasileiro. Por estimativas, pode-se inferir que a raça Nelore ou “anelorado” represente 80% do gado de corte e da força produtiva da indústria da carne no país. As características da raça como produtora de carne vêm apresentando índices de desempenho econômicos notáveis. Seguramente, mesmo naqueles nichos de mercado em que os cruzamentos têm apresentado bom crescimento, a raça Nelore tem papel fundamental, e constitui, por excelência, grande patrimônio genético para a bovinocultura brasileira (ACNB, 2022).

A maciez tem sido relatada como um dos mais importantes atributos para a qualidade da carne, sendo um dos mais estudados e avaliados para a carne bovina (SANTOS et al., 2021). É uma das principais características que determinam aceitação e satisfação do consumidor (SHACKELFORD et al., 2001), induzindo a repetição da compra e a disposição para pagar preços maiores (WARNER et al., 2022).

A passagem de uma corrente elétrica através da carcaça, com o objetivo de produzir carnes mais macias, foi primeiramente descrita por Harsham e Deatherage (1951). Esta

tecnologia tem sido extensivamente usada na indústria de carne bovina e ovina (LANG et al., 2016; LI et al., 2010; TOOHEY et al., 2008). Segundo Judge et al. (1989) a maciez da carne por estimulação elétrica tem sido atribuída a três principais fatores: prevenção do encurtamento pelo frio através da aceleração da glicólise e início do rigor antes da temperatura influenciar a extensão do *rigor mortis*, ativação da proteólise enzimática (lisossômica) através da acidificação em altas temperaturas e disfunção física da estrutura da fibra através de contrações extremas do músculo.

Além disso, a estimulação elétrica traz rápidos benefícios para o desenvolvimento das características qualitativas da carcaça, como coloração vermelho brilhante, a firmeza do músculo e o desenvolvimento da solidificação da gordura intramuscular mais rapidamente que em carcaças não estimuladas (BYRNE, TROY, BUCKLEY, 2000).

Judge et al. (1989) afirmaram que as combinações de voltagem, amperagem e frequência, tempo de aplicação pós-abate, duração do estímulo e características dos pulsos, devem ser estudadas. Estimulação elétrica de média tensão (pico de 300 V) foi aplicada comercialmente na Austrália (HOPKINS et al., 2008; PEARCE et al., 2010) e resultou nas reduções na dureza da carne de cordeiros.

Embora as baixas tensões sejam intrinsecamente mais seguras em sua operação, são menos eficazes que as médias tensões ou altas tensões (BOUTON et al., 1980; BENDALL, 1980). As medias tensões são mais efetivas na aceleração da glicólise *post mortem* e necessitam de um menor tempo de aplicação, quando comparadas com a aplicação de baixas tensões.

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes intensidades de estimulação elétrica de média voltagem aplicadas em carcaças bovinas nos parâmetros de qualidade da carne e na maciez do músculo *longissimus thoracis* em bovinos da raça Nelore. Foram avaliadas a curva de declínio do pH nas primeiras 24 horas após o abate e as características de qualidade da carne durante o processo de maturação e durante o armazenamento congelado.

6 CONCLUSÃO

Com relação a queda do pH inicial, a estimulação elétrica de média voltagem acelerou a queda do pH nas carcaças bovinas. A tensão de 200 V proporcionou uma maior taxa de queda do pH.

Na carne maturada a estimulação elétrica teve um efeito positivo nos parâmetros de qualidade na carne de Nelore submetida à maturação. Diminuiu a força de cisalhamento (aumentando a maciez) e não interferiu nos valores de perda por cocção. A estimulação elétrica acelerou o processo de maturação comparadas com as carcaças não tratadas. O tratamento com a tensão de 200 V mostrou-se mais eficiente que os outros tratamentos.

Para a carne armazenada sob congelamento a estimulação elétrica teve um efeito positivo nos parâmetros de qualidade. Diminuiu a força de cisalhamento, a perda no descongelamento e aumentou a intensidade da cor vermelha. O tratamento com a tensão de 200V mostrou-se mais eficiente do que os outros tratamentos estudados. Independente das tensões utilizadas, o tempo de armazenamento sob congelamento diminuiu o pH, a perda no descongelamento, a intensidade da cor vermelha e amarela e aumentou a força de cisalhamento e a perda por cocção, mantendo a oxidação lipídica dentro dos padrões aceitáveis.

A diferença total de cor entre a carne tratada com estimulação elétrica e as não tratadas, tanto as submetidas à maturação como nas armazenadas sob congelamento, foram classificadas como “perceptíveis”, demonstrando que a estimulação elétrica melhora a cor da carne.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Beef Report – Perfil da Pecuária no Brasil 2023**. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023>. Acesso em: 20 de julho de 2023.
- ASSOCIAÇÃO DOS CRIADORES DE NELORE DO BRASIL (ACNB). Disponível em: <http://www.nelore.org.br/raca/historico>. Acesso em: 06 de outubro de 2022.
- ALDAI, N.; MURRAY, B. E.; MARTÍNEZ, A.; OLIVÁN, M.; TROY, D. J.; OSORO, K.; NÁJERA, A. I. The influence of breed and *mh*-genotype on carcass conformation, meat physico-chemical characteristics, and the fatty acid profile of muscle from yearling bulls. **Meat Science**, 72, p. 486–495, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.08.016>
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat**. Second Edition, Version 1.0, 2015.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). **F 2925-11 Standard Specification for Tenderness Marketing Claims Associated with Meat Cuts Derived from Beef**. American Society for Testing Materials International, West Conshohocken, Pensilvânia, 2011.
- BENDALL, J.R. Postmortem changes in muscle. *In* The Structure and Function of Muscle, v. 2, 2. ed, p. 243. G.H. Bourne (Editor). Academic Press, New York. 1973.
- BENDALL, J. R., KETTERIDGE C. C., GEORGE A. R. The electrical stimulation of beef carcasses. **J. Sci. Fd. Agric.** 27, p. 819, 1976. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740271207>
- BENDALL, J. R. Electrical stimulation of carcasses of meat animals. **Developments in meat science**. I, Ed. R. A. Lawrie, p. 37, 1980.
- BOLEMAN, S. J.; BOLEMAN, S. L.; MILLER, R. K.; TAYLOR, J. F.; CROSS, H. R.; WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; MILLER, M. F.; WEST, R. L.; JOHNSON, D. D.; SAVELL, J. W. Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. **Journal of Animal Science**, v.75, n.6, p. 1521–1524, 1997. <https://doi.org/10.2527/1997.7561521x>
- BOUTON, P. E.; FORD, A. L.; HARRIS, P. V.; SHAW, F. D. Electrical stimulation of beef sides. **Meat Science**, v. 4, p. 145 – 155, 1980. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(80\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0309-1740(80)90038-8)
- BRASIL – Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. Exportação e Importação Geral – Exportações brasileiras em 2022. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>. Acesso em: 24 de abril de 2023.
- BRIDI, A. M.; CONSTANTINO, C. **Qualidade e avaliação de carcaças e carnes bovinas**. Disponível em: <http://www.uel.br/grupopesquisa/gpac/pages/arquivos/Qualidade%20e%20Avaliacao%20de%20Carcacas%20e%20Carnes%20Bovinas.pdf>. Acesso em: 20 de agosto de 2022.

BYRNE, C.E.; TROY, D.J.; BUCKLEY, D.J. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine M. longissimus dorsi and their relationship to meat quality attributes and pH fall. **Meat Science**, v. 54, p. 23-34, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00055-8](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00055-8)

CALKINS, C. R.; HODGEN, J. M. A fresh look at meat flavour. **Meat Science**, v. 77, p. 63–80, 2007.

CAMPO, M. M.; PANEA, B.; ALBERTI, P.; SANTOLARIA, P. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. **Meat Science**, v. 51, p. 383–390, 1999.

CAMPO, M.M.; NUTE, G.R.; HUGHES, S.I.; ENSER, M.; WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, v. 72, p. 303–311, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>

CHRYSTALL, B. B.; DEVINE, C. E.; DAVEY, C. L. Studies in electrical stimulation: *Post mortem* decline in nervous response in lambs. **Meat Science**, v. 4, p. 69-76, 1980. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(80\)90024-8](https://doi.org/10.1016/0309-1740(80)90024-8)

CIE. **CIE 15: Technical Report – Colorimetry, 3rd Edition**. Washington, 2004. Disponível em: <https://www.cdvplus.cz/file/3-publikace-cie15-2004>. Acesso em: 15 de agosto de 2022.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE. **Colorimetry**. 2. ed. Vienna, Switzerland: CIE. 1976.

CROUSE, J. D., CUNDIFF, L. V., KOCH, R. M., KOOHMARAIE, M., SEIDEMAN, S. C. Comparisons of *Bos Indicus* and *Bos Taurus* Inheritance for Carcass Beef Characteristics and Meat Palatability, **Journal of Animal Science**, v. 67, 10. ed., p. 2661–2668, 1989. <https://doi.org/10.2527/jas1989.67102661x>

CUNDIFF, L.V. Genetic selection to improve the quality and composition of beef carcasses. In: **Proc. Rec. Meat Conference**, Colorado State University, v. 45, p. 123-31, 1992.

DAMODARAN, SRINIVASAN. **Química de alimentos de Fennema** [recurso eletrônico] /Srinivasan Damodaran, Kirk L. Parkin; tradução Adriano Brandelli... [et al.]; revisão técnica: Adriano Brandelli. – 5. ed. – Porto Alegre: Artmed, p. 953 – 1014, 2019.

DRANSFIELD, E. et al. Beef quality assessed at European research centres. **Meat Science**. v. 36, p. 1 – 20, 1984. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(84\)90028-7](https://doi.org/10.1016/0309-1740(84)90028-7)

DUTSON, T. R., SAVELL, J. W.; SMITH, G. C. Electrical Stimulation: Purpose, Application and Results. **Meat Science**. v. 6, p. 159, 1982.

EPÍSTOLA AOS CORÍNTIOS. In: BÍBLIA. **Bíblia sagrada**. Tradução pelo Centro Bíblico Católico. 75. ed. rev. São Paulo: Editora Ave-Maria, 1993. p. 1477.

ETHERINGTON, D.J. The contribution of proteolytic enzymes to *post mortem* changes in muscle. **Journal of Animal Science**, v. 59, 6. ed., p. 1644-1650, 1984. <https://doi.org/10.2527/jas1984.5961644x>

FELÍCIO, P.E. Fatores que Influenciam na Qualidade da Carne Bovina. *In*: A. M. Peixoto; J. C. Moura; V. P. de Faria. (Org.). **Produção de Novilho de Corte**. 1.ed. Piracicaba: FEALQ, v. Único, p. 79-97, 1997.

GANHÃO, R.; ESTÉVEZ, M.; MORCUENDE, D. Suitability of the TBA method for assessing lipid oxidation in a meat system with added phenolic-rich materials. v. 126, 2. ed., p. 772 – 228, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.064>

GEORGE, A. R.; BENDALL, J. R.; JONES, R. C. D. The tenderising effect of electrical stimulation of beef carcasses. **Meat Science**, v. 4, n.1, p. 51 – 68, 1980. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(80\)90023-6](https://doi.org/10.1016/0309-1740(80)90023-6)

GILBERT, K. V. AND CHRYSTALL, B. B. Unpublished. Meat Industry Research Institute of New Zealand, Hamilton, N. Z. 1982.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, v. 43, p. 111– 123, 1996. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00059-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00059-9)

GURSANSKY, B.; O'HALLORAN, J. M.; EGAN, A., & DEVINE, C. E. Tenderness enhancement of beef from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle following electrical stimulation. **Meat Science**, v. 86, p. 635–641, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.002>

HANSEN, E, LAURIDSEN; L., SKIBSTED, L. H.; MOAWAD, R. K, ANDERSEN, M. L. Oxidative stability of frozen pork patties: Effect of fluctuating temperature on lipid oxidation. **Meat Science**, v. 68, p. 185-191, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2004.02.012>

HARSHAM, A.; DEATHERAGE, C. Tenderization of meat. **U.S. Patent 2544681**. 1951

HOFFMAN, L. C.; KROUCAMP, M.; MANLEY, M. Meat quality characteristics of springbok (*Antidorcas marsupialis*). 4: Sensory meat evaluation as influenced by age, gender and production region. **Meat Science**, v. 76, p. 774–778, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.02.020>

HOLMAN, B. W. B.; VAN DE VEN, R. J.; MAO, Y.; COOMBS, C. E. O., & HOPKINS, D. L. Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef colour, **Meat Science**, v. 127, p. 57 – 62, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.005>

HOPE-JONES, M.; STRYDOM, P. E.; FRYLINCK, L.; WEBB, E. C. The efficiency of electrical stimulation to counteract the negative effects of β -agonists on meat tenderness of feedlot cattle. **Meat Science**, v. 86(3), p. 699–705, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.06.008>

HOPKINS, D. L.; TOOHEY, E. S.; PEARCE, K. L.; RICHARDS, I. Some important changes in the Australian sheep meat processing industry. **Animal Production Science**, v. 48, p. 752–756, 2008. <https://doi.org/10.1071/EA07393>

HOPKINS, D. L.; PONNAMPALAM, E. N.; VAN DE VEN, R. J.; WARNER, R. D. The effect of pH decline rate on the meat and eating quality of beef carcasses. **Animal Production Science**, v. 54, p. 407–413, 2014. <https://doi.org/10.1071/AN12314>

HUNTER, R. S.; HAROLD, R. W. **The measurement of appearance**. 2ed. Reston, Virginia. Hunter Associates Laboratory, Inc, p. 391, 1987.

HWANG, I. H.; THOMPSON, J. M. The interaction between pH and temperature decline early postmortem on the calpain system and objective tenderness in electrically stimulated beef longissimus dorsi muscle. **Meat Science**, v. 58, p. 167-174, 2001.
[https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00147-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00147-9)

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos, 3. ed., Sao Paulo: IMESP, p. 27, 1985.

JEONG, J. Y.; KIM, G. D.; YANG, H. S.; JOO, S. T. Effect of freeze-thaw cycles on physicochemical properties and color stability of beef *semimembranosus* muscle. **Food Research International**. v. 44, 10, p. 3222 – 3228, 2011.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.08.023>

JI, X.; LUO, X.; ZHU, L.; MAO, Y.; LU, X.; X.,A; HOPIKINS, D.L.; ZHANG, Y. Effect of medium voltage electrical stimulation and prior ageing on beef shear force during superchilled storage. **Meat Science**. v. 172, 108320, ISSN 0309-1740, 2021.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108320>

JUDGE, M. D.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C.; HEDRICK, H.B.; MERKEL, R.A. **Principles of Meat Science**. Dubuque: Kendall/Hunt, p. 351, 1989.

JUDGE, M. D. **Meat evaluation: Century concepts important to meat animal evaluation**, v. 21. Madison: University of Wisconsin, p. 136 – 149, 1991.

KOOHMARAIE, M. Role of the neutral proteinases in *post mortem* muscle protein degradation and meat tenderness. In: RECIPROCAL MEAT CONFERENCE, 45. Knoxville. **Proceedings...** Knoxville: American Meat Science Association, p. 63 -71, 1992.

KOOHMARAIE, M. Muscle Proteinases and Meat Aging. **Meat Science**, v. 36, p. 93-104, 1994. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90036-1](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90036-1)

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. **Meat Science**, v. 43, p. 193–201, 1996. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00065-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00065-4)

KOOHMARAIE, M.; KENT, M. P.; SHACKELFORD, S. D.; VEISETH, E.; WHEELER, T. L. Meat tenderness and muscle growth: Is there any relationship? **Meat Science**, v. 62, 3. Ed., p. 345–352, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00127-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00127-4)

LANG, Y.; SHA, K.; ZHANG R.; XIE, P.; LUO, X.; SUN, B.; LI, H.; ZHANG, L.; ZHANG, S.; LIU, X. Effect of electrical stimulation and hot boning on the eating quality of Gannan yak *longissimus lumborum*. **Meat Science**, v. 112, 4. ed., p. 3–8, 2016.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.011>

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. A. **Lawrie's meat Science**. 7th ed. Woodhead Publishing, Cambridge, England. 2006.

LAWRIE, R.A. **Ciência da Carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

LEDWARD D. A.; DICKINSON R. F.; POWELL, V. H.; SHORTHOSE W. R. The colour and colour stability of beef *Longissimus dorsi* and *Semimembranosus* muscles after affective electrical stimulation. **Meat Science**. v. 16, 4. ed., p. 245 – 265, 1986.
[https://doi.org/10.1016/0309-1740\(86\)90037-9](https://doi.org/10.1016/0309-1740(86)90037-9)

LI, C.; CHEN, Y.; XU, X.; HUANG, M.; ZHOU, G. Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese yellow crossbred bulls. **Meat Science**, v. 72, 1. ed., p. 9–17, 2010.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.035>

LI, C., LI, J., LI, X., HVIID, M., & LUNDSTRÖM, K. Effect of low-voltage electrical stimulation after dressing on color stability and water holding capacity of bovine *longissimus* muscle. **Meat Science**, v. 88, p. 559–565, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.012>

LI, S.; YU, Q.; HAN, L.; ZHANG, Y.; TIAN, X.; ZHAO, S. Effects of proteome changes on the tenderness of yak rumen smooth muscle during postmortem storage based on the label-free mass spectrometry. **Food Research International**, v. 116, p. 1336–1443, 2019.
<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.023>

MAC DOUGALL, D. B. Changes in the colour and opacity of meat. **Food Chemistry**, v. 9, 1. ed., p. 75–88, 1982.

MCKENNA D. R., MADDOCK D., SAVELL J. W. Water-holding and color characteristics of beef from electrically stimulated carcasses. **Journal of Muscle Foods**. v. 14, 1. ed., p. 33–49, 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2003.tb00344.x>

MALTIN, C.; BALCERZAK, D.; TILLEY, R.; DELDAY, M. Determinants of meat quality: tenderness. **Proc. Nutr. Soc.** v. 62, p. 337–347, 2007. <https://doi.org/10.1079/PNS2003248>

MARSH, B. B.; RINGKOB, T. P.; RUSSELL, R. L.; SWARTZ, D. R.; PAGEL, L. A. Effects of early-postmortem glycolytic rate on beef tenderness. **Meat Science**. v. 21, 4. ed., p. 241 – 248, 1987. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(87\)90061-1](https://doi.org/10.1016/0309-1740(87)90061-1)

MELTON, S. L. Effect of feeds on flavour of red meat: A review. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 4421–4435, 1990. <https://doi.org/10.2527/1990.68124421x>

MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. **Meat Science**, v. 71, p. 471–479, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; RAATS, J. G.; STRYDOM, P. E. Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. **Meat Science**, v. 79, p. 20–28, 2008a.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.026>

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Sensory evaluation and its relationship to physical meat quality attributes of beef from

Nguni and Bonsmara steers raised on natural pasture. **Animal**, v. 2, p. 1700 – 1706, 2008b. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002802>

MUCHENJE, V.; DZAMA, K.; CHIMONYO, M.; STRYDOM, P. E.; HUGO, A.; RAATS, J. G. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. **Food Chemistry**, v. 112, 2. ed., p. 279–289, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.103>.

MUIR, P. D.; WALLACE, G. J.; DOBBIE, P. M.; BOWN, M. D. A comparison of animal performance and carcass and meat quality characteristics in Hereford, Hereford x Friesian, and Friesian steers grazed together at pasture. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 43, p. 193–205, 2000. <https://doi.org/10.1080/00288233.2000.9513421>

NAIR, M. N.; CANTO, A. C.; RENTFROW, G.; SUMAN, S. P. Muscle-specific effect of aging on beef tenderness. **LWT – Food Science and Technology**, v. 100, p. 250 – 252, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.038>

NAZLI, B.; CETIN, O.; BINGOL, E.; KAHRAMAN, T.; ERGUN, O. Effects of high voltage electrical stimulation on meat quality of beef carcasses. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, p. 556–560, 2010.

NEWBOLD, R. P.; SMALL, L. M. Electrical stimulation of post-mortem glycolysis in the *Semitendinosus* muscle of sheep. **Meat Science**. v. 12, p. 1-16, 1985. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(85\)90021-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(85)90021-X)

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 655-663, 2005.

PEARCE, K. L.; HOPKINS, D. L.; WILLIAMS, A.; JACOB, R. H.; PETHICK, D. W.; PHILLIPS, J. K. Alternating frequency to increase the response to stimulation from médium voltage electrical stimulation and the effect on objective meat quality. **Meat Science**, v. 81, 1. ed., p. 188–195, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.07.018>

PEARCE, K. L.; VAN DE VEN, R.; MUDFORD, C.; WARNER, R. D.; HOCKING-EDWARDS, J.; JACOB, R.; PETHICK, D. W.; HOPKINS, D. L. Case studies demonstrating the benefits on pH and temperature decline of optimising medium-voltage electrical stimulation of lamb carcasses. **Animal Production Science**, v. 50, 12. Ed., p. 1107–1114, 2010. <https://doi.org/10.1071/AN10114>

POLETI, M. D.; MONCAU, C. T.; VIGNATO, B. S.; ROSA, A. F.; LOBO, A. R.; CATALDI, T. R.; NEGRÃO, J. A.; SILVA, S. L.; ELER, J. P. E.; BALIEIRO, J. C. C. Label-free quantitative proteomic analysis reveals muscle contraction and metabolism proteins linked to ultimate pH in bovine skeletal muscle. **Meat Science**, v. 145, p. 209–219, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.06.041>

PRÄNDL, O.; FISHER, A.; SCHIMIDHOFER, T.; SINELL, H. **Tecnología de higiene de la carne**. Zaragoza: Acribia, 1994. 855 p.

PUGA, D.M.U.; CONTRERAS, C.J.C.; TURNBULL, M.R. Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro (*Triceps brachii*) pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.1, p.88-96, 1999.

RAMOS, E. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2ed. rev. e ampl. – Viçosa, MG: Ed. UFV, 473 p. 2017.

REVILLA, I.; VIVAR-QUINTANA, A. M. Effect of breed and ageing time on meat quality and sensory attributes of veal calves of the “Ternera de Aliste” quality label. **Meat Science**, v. 73, p. 189–195, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.11.009>

RILEY, R. R.; SAVELL, J. W.; SMITH, G. C.; and SHELTON, M. Quality, appearance and tenderness of electrically stimulated lamb. **Journal of Food Science**. v. 45, 1. ed., p. 119 - 121, 1980. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1980.tb03884.x>

ROEBER, D. C.; CANNELL, R. C.; BELK K. E.; TATUM J. D.; SMITH G. C. Effects of a unique application of electrical stimulation on tenderness, color, and quality attributes of the beef *longissimus* muscle. **Journal of Animal Science**. v. 78, p. 1504 – 1509, 2000. <https://doi.org/10.2527/2000.7861504x>

SACKS, B.; CASEY, N. H.; BOSHOF, E.; VAN ZYL, H. Influence of freezing method on thaw drip and protein loss of low-voltage electrically stimulated and non-stimulated sheeps' muscle. **Meat Science**, v. 34, 2. ed., p. 235-243, 1993. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(93\)90030-L](https://doi.org/10.1016/0309-1740(93)90030-L)

SALIM, A. P. A. A.; FERRARI, R. G.; MONTEIRO, M. L. G.; MANO, S.B. Effect of different feeding systems on color of longissimus muscle from Bos cattle: A systematic review and meta-analysis. **Meat Science**, v. 192, 108871, ISSN 0309-1740, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108871>.

SANTOS, D.; MONTEIRO M. J.; VOSS, H., KOMORA, N.; TEIXEIRA, P.; PINTADO, M. The most importante atributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review. **Meat Science**. v. 250, 104573, ISSN 1871-1413, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104573>

SAÑUDO, C.; MACIE, E. S.; VILLARROEL, J. L.; OLLETA, M.; PANEA, B.; ALBERTI, P. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two different texture devices. **Meat Science**, v. 66, p. 925–932, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2003.08.005>

SAVELL, J. W.; SMITH, G. C.; DUTSON, T. R.; CARPENTER, Z. L.; SUTER, D. A. Effect of electrical stimulation on palatability of beef, lamb and goat meat. **Journal of Animal Science**. v. 42, 3. ed., p. 702-706, 1977. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1977.tb12583.x>

SAVELL, J. W.; SMITH, G. C.; CARPENTER, Z. L. Beef quality and palatability as affected by electrical stimulation and cooler aging. **Journal of Food Science**. v.43, 6. ed., p. 1666 – 1668, 1978. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb07383.x>

SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; MEADE, M. K.; REAGAN, J. O.; BYRNES, B. L.; KOOHMARAIE, M. Consumer impressions of tender select beef. **Journal of Animal Science**, v. 79, 10. ed., p. 2605–2614, 2001. <https://doi.org/10.2527/2001.79102605x>

SMITH, G.C.; SAVELL, J.W.; DUTSON, T.R.; HOSTETLER, R.L.; TERRELL, R.N. MURPHEY, C.E.; CARPENTER, Z.L. Effects of electrical stimulation on beef, pork, lamb and goat meat. **In Proc. 26th European Meeting of Meat Research Workers**, v. 2, p. 19, Colorado Springs, Colorado. 1980.

SPANIER, A. M.; FLORES, M., MCMILLIN, K. W.; BIDNER, T. D. The effect of post-mortem aging on meat flavor quality in Brangus beef: Correlation of treatments, sensory, instrumental and chemical descriptors. **Food Chemistry**, v. 59, p. 531–538, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(97\)00003-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(97)00003-4)

STARK, G.; FAWCETT, J.P.; TUCKER, I.G.; WEATHERAL, I.L. Instrumental evaluation of color of solid dosage forms during stability testing. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 143, 1. ed., p. 93-100, ISSN 0378-5173, 1996. [https://doi.org/10.1016/S0378-5173\(96\)04691-1](https://doi.org/10.1016/S0378-5173(96)04691-1)

STRYDOM, P. E.; NAUDE, R. T.; SMITH, M. F.; SCHOLTZ, M. M.; VAN WYK, J. B. Characterisation of indigenous African cattle breeds in relation to meat quality traits. **Meat Science**, v. 55, p. 79–88, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(99\)00128-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(99)00128-X)

THOMPSON, J.T. The effect of electrical current on hot boned pork quality. M.S. Thesis, Oklahoma State University, Stillwater, Oklahoma. 1981.

TOOHEY, E. S.; HOPKINS, D. L.; STANLEY, D. F.; NIELSEN, S. G. The impact of new generation pre-dressing medium-voltage electrical stimulation on tenderness and colour stability in lamb meat. **Meat Science**, v. 79, 4. ed., p. 683–691, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.036>

TUME, R. K. Effect of Post-Mortem Electrical Stimulation on Ovine Sarcoplasmic Reticulum Vesicles. **Australian Journal of Biological Sciences**. v. 33, 1. ed., p. 43 – 52, 1980. <https://doi.org/10.1071/B19800043>

VYNCKE, W. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in mackerel (*Scomber scombrus* L.). **European Journal of Lipid Science and Technology**. v. 77, 6. ed., p. 239–240, 1975. <https://doi.org/10.1002/lipi.19750770610>

WHEELER, T.L.; SAVELL, J.W.; CROOS, H.R. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, 12. ed., p. 4206 - 4220, 1990. <https://doi.org/10.2527/1990.68124206x>

WHIPPLE G.; KOOHMARAIE, M.; DIKEMAN, M.E.; CROUSE, J. D.; HUNT, M. C.; KLEMM, R.D. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 2716 - 2728, 1990. <https://doi.org/10.2527/1990.6892716x>

WARNER, R. D.; WHEELER, T. L.; HA, M., LI, X.; BEKHIT, A. E.; MORTON, J.; VASKOSKA, R.; DUNSHEA, F. R.; LIU, R.; PURSLOW. P.; ZHANG, W. Meat tenderness:

advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies. **Meat Science**, v. 185, 2. ed., 108657, ISSN 0309-1740, 2022.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108657>

WARRISS P. D. **Meat science: An Introductory Text**. 2nd Ed. CABI Publishing. Cambridge, UK. pp. 117–122, 2010.

WOOD, J. D.; ENSER, M. Factors influencing fatty acids in meat and the role of antioxidants in improving meat quality. **British Journal of Nutrition**, v. 78, 1. ed., p. 49–60, 1997.

<https://doi.org/10.1079/BJN19970134>

ZHANG, Y.; JI, X.; MAO, Y.; LUO, X.; ZHU, L.; HOPKINS, D. L. Effect of new generation medium voltage electrical stimulation on the meat quality of beef slaughtered in a Chinese abattoir. **Meat Science**, v. 149, p. 47–54, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.011>