



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

AMANDA GOBETI BARRO

**QUALIDADE SENSORIAL DA CARNE DE ANIMAIS
NELORE E CRUZADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE
MATURAÇÃO**

Londrina
2024

AMANDA GOBETI BARRO

**QUALIDADE SENSORIAL DA CARNE DE ANIMAIS
NELORES E CRUZADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE
MATURAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal da Universidade Estadual de
Londrina - UEL, como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Ana Maria Bridi

Londrina
2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Barro, Amanda Gobeti.

Qualidade sensorial da carne de animais Nelores e Cruzados em diferentes tempos de maturação / Amanda Gobeti Barro. - Londrina, 2024.
119 f.

Orientador: Ana Maria Bridi.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2024.

Inclui bibliografia.

1. Análise sensorial - Tese. 2. Maturação - Tese. 3. Preferência do consumidor - Tese. 4. Sabor - Tese. I. Bridi, Ana Maria. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 636

AMANDA GOBETI BARRO

**QUALIDADE SENSORIAL DA CARNE DE ANIMAIS NELORE E
CRUZADOS EM DIFERENTES TEMPOS DE MATURAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação
em Ciência Animal da Universidade Estadual de
Londrina - UEL, como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Orientador: Dr. Ana Maria Bridi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Rafael Humberto
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dr. Sandra Helena Prudencio
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Dr. Patrícia Maloso Ramos
Universidade de São Paulo

Dra. Adriana Lourenço Soares
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 20 de março de 2024.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos membros da banca examinadora, Dra. Adriana Lourenço Soares, Dr. Sandra Helena Prudencio, Dr. Patrícia Maloso Ramos e Dr. Rafael Humberto de Carvalho, que dedicaram seu valioso tempo e esforço para avaliar o trabalho e contribuir com suas sugestões, as quais com certeza agregarão ao meu trabalho. Agradeço à minha orientadora de doutorado, Dra. Ana Maria Bridi, por todo o suporte, todas as conversas e conselhos diários, e, acima de tudo, por sempre acreditar no meu potencial e tentar me acalmar nos momentos difíceis

Também desejo expressar minha gratidão à Universidade Estadual de Londrina, ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e ao Departamento de Zootecnia por disponibilizarem a infraestrutura necessária para a realização deste trabalho. Agradeço aos servidores administrativos, Helenice Kieski e Sandra Regina da Silva, por toda ajuda durante esses anos. Quero agradecer a toda equipe da *Brazil Beef Quality*®, que me acolheu durante os meses de pesquisa e ofereceu ajuda sempre que necessário. Em especial, agradeço a Marcelo Aranda Coutinho pela parceria de anos, sempre gentil e prestativo.

Gostaria de expressar minha eterna gratidão aos meus pais, Katia Cristina Gobeti Bina Barro e Paulo Sérgio Barro, por sempre me apoiarem em todas as etapas da minha vida profissional. Em todos os momentos, eles foram meu alicerce e meus maiores incentivadores, acreditando em mim até mesmo quando eu não acreditava.

Aos meus avós, Aparecida Milla Barro, Maria Rosa Gobeti Bina e Barnabé Dias Bina, que sempre tiveram muito orgulho de quem eu sou e também me apoiaram durante todos esses anos com suas orações e palavras de incentivo. Em memória do meu avô, Emílio Barro, que certamente está muito contente e orgulhoso em assistir a todas as minhas vitórias e que sempre me protegeu de todo mal.

Ao meu marido, amigo e parceiro de vida, Vinicius Panuci Mille, por todo o apoio nestes quase nove anos de jornada. Obrigada por sempre acreditar que eu seria capaz e por me apoiar e esperar por mim em todos os momentos de ausência física, sendo minha paz nos dias de cansaço e desânimo.

A todos os meus amigos e companheiros de trabalho, Guilherme Agostinis Ferreira, Daniela Kaizer Terto, Giovanna Lima Silva e Natália Ogawa, por todos os dias em que tornaram o meu dia melhor, me ajudando e incentivando tanto na vida pessoal quanto profissional. A todos os meus amigos que de alguma forma estudaram,

trabalharam e compartilharam bons momentos comigo nestes doze anos na Universidade Estadual de Londrina. A todos os membros do grupo GPAC nesses anos de trabalho, de noites no laboratório e troca de conselhos e experiências que me fizeram crescer como pessoa e profissional.

Agradeço às minhas grandes amigas Bárbara Esquelino e Alyce Monteiro, que mesmo longe, estão sempre me apoiando psicologicamente e tornando meus dias mais leves graças ao companheirismo e acolhimento.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

BARRO, Amanda GOBETI. **Qualidade sensorial da carne de animais Nelore e cruzados em diferentes tempos de maturação.** 2024. 121 f. Tese de Doutorado em Ciência Animal – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

RESUMO

O objetivo deste estudo foi comparar a qualidade sensorial de diferentes músculos de bovinos Nelore e cruzados em diferentes tempos de maturação. Foram avaliados no primeiro experimento 10 animais raça Nelore e 10 animais cruzados Angus x Nelore, e no segundo 10 animais Nelore e 10 Brangus. As avaliações de carcaça foram: espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL), escore de acabamento, peso de carcaça fria (PCF), marmoreio, grau de ossificação, coloração da carne, coloração da gordura e altura do cupim. Para o primeiro experimento foram coletadas amostras do *Longissimus thoracis* (LT) e maturadas por 5, 15 e 25 dias. Para o segundo foram coletadas amostras dos músculos: *Gluteus medius* (GM), *Semitendinosus* (ST) e *Semimembranosus* (SM) maturados por 5 e 15 dias. Ambos foram submetidos às análises sensoriais com consumidores, conforme o protocolo *Meat Standard Austrália* (MSA). No primeiro estudo a análise de variância foi realizada com o teste *post-hoc* incluindo correção de Bonferroni avaliando efeito de Maturação e raça. A análise de regressão múltipla foi empregada para as variáveis sensoriais. A raça e a maturação apresentaram efeitos sobre as variáveis estudadas, porém não houve interação. A maciez de ambos os grupos genéticos aumentou gradativamente com a maturação. Animais cruzados Angus x Nelore foram mais apreciados pelos consumidores aos 5 e 15 dias de maturação para maciez e sabor, embora essa preferência não tenha persistido aos 25 dias. Os consumidores não relataram diferença de sabor e maciez entre os grupos aos 25 dias de maturação. A aceitabilidade global e a suculência aumentaram com o tempo de maturação em ambos os grupos, porém a maior média foi atribuída para animais cruzados. A maturação de 25 dias dobrou as chances de aceitação diária e triplicou a probabilidade de uma carne inicialmente insatisfatória ser considerada excelente. A análise de regressão para animais Nelore mostrou o modelo que explica 97% da variação na aceitabilidade global do consumidor, sendo o sabor a variável mais importante, mas a maturação não apresentou efeito neste caso. Para animais cruzados, a contribuição das variáveis da sensorial foram semelhantes, com sabor de maior efeito, porém a maturação apresentou efeito no modelo. Aos 25 dias houve uma otimização na qualidade sensorial da carne de animais Nelore para sabor e maciez, no entanto para suculência e aceitabilidade global a preferência dos consumidores são animais cruzados aos 25 dias. No segundo estudo foi realizada uma análise de variância para cada músculo e a análise de razão de chances (RC) foi aplicada por raça para associar as classificações com os tempos de maturação e cortes. Foi observado um efeito de maturação para todos os cortes em cada grupo estudado. O GM tourinhos Nelore apresentou uma ligeira redução na maciez (-3,2%) após 15 dias de maturação. Contudo, para o músculo ST e SM, os 15 dias de maturação resultaram em melhorias na maciez (+11,3 pontos, +22% e +14,1 pontos, +28%, respectivamente), sabor, suculência e aceitabilidade. No caso dos músculos das fêmeas Brangus, a maturação por 15 dias não foi bem recebida pelos consumidores, sendo que a maturação por 5 dias foi preferida. Para as classificações atribuídas, a maturação por 15 dias resultou em melhorias nas avaliações dos músculos SM e ST em tourinhos Nelore. Em contrapartida, apenas o músculo SM apresentou diferenças para fêmeas Brangus, com maior probabilidade de receber nota máxima após 5 dias de maturação. Tourinhos Nelore

demonstraram uma preferência pela maturação de 15 dias, que se mostrou eficaz na melhoria sensorial dos músculos SM e ST. Conclui-se que a resposta dos consumidores à maturação varia com raça e músculo, sendo eficaz para tourinhos Nelore e menos eficiente para fêmeas Brangus nos três músculos do traseiro estudado.

Palavras-chave: Análise sensorial. Maturação. Preferência do consumidor. Sabor.

BARRO, Amanda Gobeti. **Sensory quality of beef from Nelore and crossbred animals at different maturation times.** 2024. 121 pp. Thesis (Doctorate in Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

ABSTRACT

The aim of this study was to compare the sensory quality of different muscles from Nelore and crossbred beef cattle at different maturation times. In the first experiment, 10 Nelore and 10 Angus x Nelore crossbred animals were evaluated, and in the second experiment, 10 Nelore and 10 Brangus animals were evaluated. Carcass evaluations included subcutaneous fat thickness (SFT), loin eye area (LEA), finishing score, cold carcass weight (CCW), marbling, degree of ossification, meat color, fat color, and hump height. For the first experiment, samples of the Longissimus thoracis (LT) were collected and matured for 5, 15, and 25 days. For the second experiment, samples of the Gluteus medius (GM), Semitendinosus (ST), and Semimembranosus (SM) muscles were collected and matured for 5 and 15 days. Both sets of samples underwent sensory analysis by consumers following the Meat Standards Australia (MSA) protocol. In the first study, analysis of variance was conducted with post-hoc testing including Bonferroni correction to evaluate the effects of maturation and breed. Multiple regression analysis was employed for the sensory variables. Both breed and maturation had effects on the studied variables, but there was no interaction. The tenderness of both genetic groups increased gradually with maturation. Angus x Nelore crossbred animals were more favored by consumers at 5 and 15 days of maturation for tenderness and flavor, although this preference did not persist at 25 days. Consumers did not report differences in flavor and tenderness between the groups at 25 days of maturation. Overall acceptability and juiciness increased with maturation time in both groups, with the highest mean being attributed to crossbred animals. A 25-day maturation doubled the chances of daily acceptance and tripled the probability of initially unsatisfactory meat being considered excellent. Regression analysis for Nelore animals showed a model explaining 97% of the variation in overall consumer acceptability, with flavor being the most important variable, but maturation had no effect in this case. For crossbred animals, the contribution of sensory variables was similar, with flavor having the greatest effect, but maturation proved significant in the model. At 25 days, there was an optimization in the sensory quality of Nelore meat for flavor and tenderness, however, for juiciness and overall acceptability, consumer preference was for crossbred animals at 25 days. In the second study, an analysis of variance was conducted for each muscle, and odds ratio (OR) analysis was applied by breed to associate the ratings with maturation times and cuts. A maturation effect was observed for all cuts in each group studied. Nelore bull's GM showed a slight reduction in tenderness (-3.2%) after 15 days of maturation. However, for the ST and SM muscles, the 15-day maturation period resulted in significant improvements in tenderness (+11.3 points, +22% and +14.1 points, +28%, respectively), flavor, juiciness, and acceptability. In the case of Brangus females' muscles, the 15-day maturation period was not well-received by consumers, with a preference for the 5-day maturation period. For the ratings assigned, the 15-day maturation period resulted in improvements in the evaluations of the SM and ST muscles in Nelore bulls. In contrast, only the SM muscle showed significant differences for Brangus females, with a higher likelihood of receiving a top score after 5 days of maturation. Nelore bulls demonstrated a preference for the 15-day maturation

period, which proved to be effective in sensory improvement of the SM and ST muscles. It is concluded that consumer response to maturation varies by breed and muscle, being effective for Nelore bulls and less efficient for Brangus females in the three hindquarter muscles studied.

Key-words: Consumer preference. Flavor. Maturation. Sensory analysis.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Previsão da pontuação geral da qualidade do consumo de carne bovina (combinando maciez, sabor, suculência e gosto geral) a partir de diferentes características relacionadas a animais, carcaças e cortes usando o esquema de classificação “Meat Standards Australia” (MSA)..... 31
- Figura 2.** Paletas para avaliação de cores de gordura intermuscular e da carne após o *rigor mortis* no *Musculo longissimus* (entre a 12° e 13° costela).....33
- Figura 3.** Padrão fotográfico para avaliação do marmoreio após o *rigor mortis* no *Musculo longissimus thoracis* (entre a 12° e 13° costela).....34

ARTIGO A

- Figura 1.** Análise de componentes principais para as características de carcaça de animais Nelore.....74
- Figura 2.** Análise de componentes principais para as características de carcaça de animais cruzados.....76
- Figura 3.** Matriz de correlações entre cada par de variáveis (Maciez, Sabor, Suculência) para animais Nelore.....86
- Figura 4.** Matriz de correlações entre cada par de variáveis (Maciez, Sabor, Suculência) para animais cruzados.....87

LISTA DE TABELAS

ARTIGO A

Tabela 1. Medidas de carcaça fêmeas Nelore terminados em confinamento (n = 10) e fêmeas cruzadas (n = 10).....	72
Tabela 2. Resultados da Análise de Componentes Principais: Valores Próprios, Percentagem de Variância Explicada e Variância Acumulada para fêmeas Nelore.....	74
Tabela 3. Resultados da Análise de Componentes Principais: Valores Próprios, Percentagem de Variância Explicada e Variância Acumulada para fêmeas cruzadas.....	76
Tabela 4. Valores médios e desvio padrão da maciez, Suculência, Sabor, Aceitabilidade Geral e MQ4 da carne de animais Nelore e cruzados Angus x Nelore submetidos a 5, 15 e 25 dias de maturação.....	78
Tabela 5. Frequência da classificação atribuída pelos consumidores testados nos modelos de regressão logística.....	83
Tabela 6. Razão de chances (RC) associadas à classificação de acordo a maturação.....	84
Tabela 7. Regressão múltipla de parâmetros sensoriais e maturação sobre a aceitabilidade global de carcaças Nelore.....	88
Tabela 8. Regressão múltipla de parâmetros sensoriais e maturação sobre a aceitabilidade global de carcaças de animais cruzados.....	90

ARTIGO B

Tabela 1. Medidas de carcaça tourinhos Nelore terminados em confinamento (n = 10) e fêmeas cruzadas Brangus (n = 10).....	126
Tabela 2. Valores médios e desvio padrão da maciez, Suculência, Sabor, Aceitabilidade Global dos músculos GM, ST e SM de animais Nelore submetidos a 5 e 15 dias de maturação.....	128
Tabela 3. Valores médios e desvio padrão da maciez, Suculência, Sabor, Aceitabilidade Global dos músculos GM, ST e SM de animais Brangus submetidos a 5 e 15 dias de maturação.....	131
Tabela 4. Frequência da classificação atribuída pelos consumidores de acordo com a maturação e o corte para animais Nelore e teste de sigficância no modelo de regressão logística.....	135

Tabela 5. Razão de chances associadas à classificação de acordo com a avaliação sensorial de bifes provenientes de tourinhos Nelore.....	137
Tabela 6. Frequência da classificação atribuída pelos consumidores de acordo com a maturação e o corte para Brangus e teste de significância no modelo de regressão logística.....	138
Tabela 7. Razão de chances associadas à classificação de acordo com a avaliação sensorial de bifes provenientes de tourinhos Brangus.....	139

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes
AMSA	American Meat Science Association
CLASSIBOV	Sistema Brasileiro de Classificação e Tipificação de Carcaças de Bovinos e Bubalinos
EUROP	European carcass classification system
FAO	Food and Agriculture Organization
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
MLA	Meat and Livestock Australia
MQ4	Meat quality score comprised of a weighted combination of tenderness, juiciness, flavor liking and overall liking
MSA	Meat Standards Australia
UEL	Universidade Estadual de Londrina
USDA	United States Department of Agriculture

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1 REFERENCIAL TEÓRICO	15
1.1 Produção e consumo de carne bovina no brasil.....	15
2.2 Qualidade da carne bovina	16
2.3 Fatores que influenciam a qualidade sensorial da carne bovina	16
2.3.1 Raça.....	16
2.3.2 Sexo	18
2.3.3 Idade	18
2.4 Intervenções pós abate que melhoram a qualidade sensorial da carne	19
2.4.1 Maturação	19
2.4.1 Fatores que influenciam a resposta à maturação.....	21
2.4.2 Raça e Idade	21
2.4.3 Tipos de fibras e Localização do músculo.....	22
1.5 Métodos de maturação e efeito na palatabilidade	24
2.6 Sistemas de classificação de carcaça no mundo	25
2.6.1 Sistema de classificação de carcaça brasileiro	26
2.6.2 USDA – Quality e Yield Grade	27
2.6.3 Meat Standard Austrália (MSA).....	29
2.6.4 EUROP	31
2.6.5 Brazil Beef Quality®	32
2.7 A percepção do consumidor quanto à qualidade da carne bovina	35
2.7 Aspectos sensoriais da carne bovina	37
2.8 Análise sensorial com consumidores	39
REFERÊNCIAS.....	41

3 OBJETIVOS	60
3.1 Objetivo Geral	60
3.2 Objetivos Específicos	60
4 ARTIGO A – PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES BRASILEIROS DA QUALIDADE SENSORIAL DA CARNE DE NOVILHAS NELORE E CRUZA ANGUS X NELORE EM DIFERENTES TEMPOS DE MATURAÇÃO	62
5 ARTIGO B – AVALIAÇÃO SENSORIAL COM CONSUMIDORES BRASILEIROS DE CORTES DE BOVINOS NELORE E BRANGUS COM DIFERENTES TEMPOS DE MATURAÇÃO¹	116
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	164

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o segundo maior produtor de carne bovina no mundo (ABIEC,2023), e tem o desafio de aprimorar a qualidade do seu produto afim de manter sua posição de destaque no mercado. A carne bovina brasileira, em sua maioria proveniente do gado Zebu (*Bos taurus indicus*), como a raça Nelore, contrasta em maciez e marmorização com o gado taurino britânicos (*Bos taurus taurus*), como a raça Angus, cuja carne é mais valorizada pelos consumidores devido as características de palatabilidade (De Souza Rodrigues et al., 2017). Apesar da adaptabilidade e resistência ao clima tropical dos Zebus (Nelore e Brahman) e suas cruzas, como o Brangus, a produção de carne desses animais pode resultar em carcaças com menor teor de gordura, maciez reduzida e menor percentual de gordura intramuscular em comparação com as raças *Bos taurus taurus* (Pereira et al., 2015).

A qualidade sensorial da carne é um desafio para a indústria bovina brasileira, devido à falta de uniformidade, escassez de gordura e problemas de maciez (Lage et al., 2012). Além disso, a indústria da carne bovina enfrenta um mercado em transformação, com demandas em evolução por parte dos consumidores por qualidade (Bonny, Gardner, Pethick, & Hocquette, 2015). A demanda dos consumidores por carne de alta qualidade criou um cenário adequado para o desenvolvimento de sistemas capazes de classificar a carne e garantir a qualidade sensorial deste produto (Berri et al., 2019a).

No entanto, assegurar a qualidade sensorial é desafiador, pois a qualidade pode ser afetada por diversos fatores, tanto intrínsecos quanto extrínsecos aos animais (Berri et al., 2019b). Entre os fatores intrínsecos, incluem-se raça, sexo, idade, peso no abate e dieta. Além disso, fatores extrínsecos tecnológicos, com ênfase na refrigeração e, principalmente, no tempo de maturação, podem influenciar a qualidade (Monsón, Sañudo, & Sierra, 2005a).

A maturação é um dos processos mais importantes para melhorar a maciez, fator que pode ser decisivo para a aceitação pelos consumidores (Caballero et al., 2007). Esse processo é adotado pela indústria global de carne e resulta em melhorias na qualidade sensorial por meio da ação de sistemas proteolíticos. A maturação pode ocorrer de várias maneiras, desde a suspensão tradicional da carcaça até o armazenamento refrigerado de cortes em sacos a vácuo por um período específico (Kim et al., 2018).

As características sensoriais e as respostas à maturação também podem variar com a quantidade de diferentes compostos químicos ou a partir de parâmetros biológicos (conteúdo lipídico, colágeno, tipologia de fibra muscular e pH (Berri et al., 2019a). Outro fator a se

considerar na influência da resposta a maturação é o corte muscular (McCarthy, HENCHION, White, Brandon, & Allen, 2017a), devido às diferentes proteínas presentes em cada um deles (Picard et al., 2018).

Durante a maturação das carnes, observa-se um aumento na oxidação das proteínas miofibrilares (Huff Lonergan, Zhang, & Lonergan, 2010a) e essa taxa de oxidação nos músculos pós-morte varia entre os diferentes tecidos musculares (Martinaud et al., 1997). Esse aumento da oxidação resulta na inativação ou modificação da atividade da calpaína em condições oxidantes nos músculos pós-morte (Harris, Huff-Lonergan, Lonergan, Jones, & Rankins, 2001). Embora tais condições possam inibir parcialmente a proteólise pela calpaína-1, a autólise não é completamente inibida (Carlin, Huff-Lonergan, Rowe, & Lonergan, 2006).

As diferenças na susceptibilidade à oxidação proteica durante a maturação entre diversos músculos sugerem a necessidade de estratégias específicas para otimizar a qualidade. Personalizar tempos de maturação para diferentes músculos pode minimizar os efeitos negativos associados à oxidação, enquanto maximiza os benefícios sensoriais (Ma et al., 2017).

Compreender a contribuição de todos esses fatores e processos para a avaliação da qualidade sensorial pelos consumidores permite o desenvolvimento de produtos de alto valor na indústria da carne bovina. Apenas uma análise detalhada dessas características pode contribuir para uma coordenação estratégica mais eficiente da cadeia de carne bovina, permitindo que ações sejam estruturadas para oferecer produtos diferenciados aos consumidores dispostos a pagar um preço mais elevado por carne de qualidade superior (Boito et al., 2021a).

Em estudo realizado por Boito et al., (2021) com consumidores brasileiros e espanhóis, destacou-se que a preocupação dos consumidores brasileiros está relacionada à falta de padronização da carne, enquanto na Espanha essa preocupação não é tão evidente. Isto realça a importância de testes contínuos aos consumidores para garantir que previsões de qualidade permanecem ligadas às expectativas dos mesmos com os consumidores locais (Watson et al., 2008b; Polkinghorne and Thompson, 2010).

Pensando na importância do entendimento das preferências desses consumidores, os dados usados nesta tese pertencem ao banco de dados de classificação de carcaças e testes de análise sensorial com consumidores administrados pela *Brazil Beef Quality*®, apoiada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) que desenvolveu um sistema de classificação de carne bovina. Ao implementar esse sistema de classificação, a *Brazil Beef Quality*® visa atender à crescente demanda por produtos com garantia de qualidade, oferecendo informações transparentes aos consumidores.

Assim, objetivou-se avaliar a percepção do consumidor brasileiro em relação à qualidade sensorial de cortes da carne bovina maturada em diferentes tempos, considerando a variabilidade das características de carcaça em animais Nelore, Brangus e cruzados (Angus x Nelore).

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARNE BOVINA NO BRASIL

A carne bovina é uma das fontes de proteína mais consumidas no mundo e de grande importância na dieta global (Holman, Fowler, & Hopkins, 2020). As projeções do Agricultural Outlook apontam para um aumento no consumo global de carne bovina nas próximas décadas, estimando que atingirá 51 milhões de toneladas (FAO,2023). A América Latina, e em particular o Brasil, são regiões bem posicionadas para suprir essa demanda em crescimento.

O Brasil tem o segundo maior rebanho bovino do mundo, contando com 202 milhões de cabeças, e conseqüentemente uma potência na produção de carne bovina (ABIEC,2023). Em 2022, registrou-se um abate total de 42,31 milhões de cabeças de gado, resultando em um expressivo total de 10,79 milhões de toneladas de equivalente carcaça (TEC) (ABIEC,2023).

Além de ser também o segundo maior produtor mundial de carne bovina do mundo, o Brasil se destaca como o maior exportador, com uma fatia de 27,7% da exportação global (ABIEC,2023). Além de ser um grande produtor, o Brasil é um grande consumidor de carne bovina nacional, cerca de 71,48% de toda a carne produzida em 2022 foi consumida pelos brasileiros, com um consumo de 23,54 kg/por habitante, sendo o terceiro maior consumidor de carne bovina do mundo (CNA,2023).

A produção de carne bovina global deverá aumentar em 16% até 2032. A FAO prevê que esse aumento resultará principalmente de melhorias no rendimento, como maior produção de kg de carne por animal abatido devido ao uso de tecnologia, genética aprimorada e suplementação alimentar (FAO,2023).

No Brasil houve um aumento 5,28% no abate de cabeças de gado em relação ao ano anterior (ABIEC,2023). Esse aumento é resultado da redução na idade média de abate, um indicativo da transformação no cenário pecuário. Esse fenômeno é impulsionado pelo aumento de animais criados em sistema de confinamento, o que, por sua vez, resulta na diminuição do abate de animais com mais de 36 meses de idade (CNA,2023).

A exportação de carne bovina desempenha um papel fundamental na economia do setor pecuário brasileiro, representando uma parcela substancial, correspondendo a 44,2% do total das exportações da pecuária do país (ABIEC,2023). Esse desempenho nas exportações reflete a grande capacidade de produção do Brasil, e esses números consolidam a posição do país como uma das maiores potências na indústria global de carne bovina.

2.2 QUALIDADE DA CARNE BOVINA

A variabilidade das carcaças bovinas e, conseqüentemente, da qualidade da carne, é elevada e de origem multifatorial (Cliquart et al., 2022). A qualidade é baseada em diferentes aspectos que envolvem qualidade morfológica, qualidade sensorial, tecnológica e qualidade de credibilidade (Grunert, Bredahl, & Brunsø, 2004).

Os atributos intrínsecos de qualidade incluem três categorias: 1) aparência, que faz parte das características físicas do produto que definem visualmente uma categoria específica de carne bovina, como corte muscular, cor da carne, cor da gordura, aparência da gordura, marmoreio e exsudação (Acebrón & Dopico, 2000); 2) qualidade sensorial, que é a qualidade global percebida da carne e preferências para respostas sensoriais individuais (por exemplo, sabor, maciez, suculência e aroma) (Grunert et al., 2004) ; 3) qualidade de saúde, que está associada à qualidade de credibilidade, incluindo segurança e composição nutricional (Lähteenmäki, 2013).

As contribuições externas de fatores como marca e preço provavelmente diminuirão ao longo do tempo devido à competição no mercado, então outros fatores, como a qualidade sensorial da carne, continuarão a se tornar cada vez mais importantes para os consumidores (Henchion, 2014).

2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE SENSORIAL DA CARNE BOVINA

A qualidade da carne bovina, especialmente a palatabilidade, é caracterizada por uma variabilidade inerente e depende de muitos fatores interativos difíceis de gerenciar, como fatores *antemortem*, sexo, idade, maturidade fisiológica, raça, nível de deposição de gordura da carcaça, o corte da carne em relação ao tipo de músculo, (Hocquette et al., 2012; Pethick et al., 2021), composição de ácidos graxos dos cortes, e fatores pós-morte envolvendo o processo de abate, manipulação da carcaça, maturação, armazenamento e o cozimento (Devlin et al., 2017a).

2.3.1 Raça

A carne bovina provém de duas subespécies: *Bos taurus indicus* e *Bos taurus taurus* (Coles et al., 2014). Raças da subespécie *Bos taurus indicus*, também conhecida como Zebu, como o Brahman ou Nelore, tem como característica principal a rusticidade. A tolerância ao

calor, resistência a parasitas e a outros estressores são atributos positivos de animais *Bos taurus indicus*, o que as torna desejáveis e adaptáveis às condições tropicais (Scheffler, 2022).

Os bovinos *Bos taurus indicus* e seus cruzamentos representam uma parte significativa da produção mundial de carne bovina. No entanto, são conhecidos por produzir carne de qualidade inferior e menos consistente em comparação com as raças *Bos taurus taurus*, principalmente devido à menor maciez e menor abundância de marmoreio (Cooke et al., 2020). Estas raças podem gerar carne de menor maciez devido ao efeito genético no sistema calpaína-calpastatina, ao tamanho das fibras musculares e as propriedades metabólicas, resultando na inibição da degradação de proteínas e, conseqüentemente, na diminuição da maciez sensorial (Wright et al., 2018).

Raças da subespécie *Bos taurus taurus*, como Angus, são conhecidas por produzirem carne de melhor qualidade. A raça Angus é considerada precoce, depositando gordura mais cedo e por isso são usados em cruzamento com matrizes mais resistentes, como por exemplo Brahman ou Nelore. Existe uma discussão prolongada sobre as discrepâncias na qualidade da carne bovina associadas à raça, particularmente no contexto do desenvolvimento e da idade de maturidade fisiológica. Essas diferenças têm impacto principalmente na estrutura muscular, na composição e solubilidade do tecido conjuntivo, bem como na quantidade, composição e distribuição do tecido adiposo, com destaque para a gordura intramuscular na carne bovina (Bonny et al., 2017). Todos esses fatores citados influenciam na qualidade do produto final.

O tecido adiposo intramuscular é depositado mais tardiamente e se acumula à medida que o animal cresce e amadurece, sendo depositado após a gordura intermuscular, que por sua vez é depositada após a gordura subcutânea (Pethick, Harper, Hocquette, & Wang, 2006). Portanto, em níveis semelhantes de maturidade cronológica, raças de maturidade precoce (por exemplo Angus) tendem a depositar mais gordura intramuscular (marmoreio) e podem ser abatidas com pesos mais baixos, em comparação com raças de carne bovina de maturação tardia (Limousine e Charolês), que apresentam menos gordura. Com diferentes níveis de marmoreio, a qualidade de consumo da carne bovina é, portanto, distinta para as raças.

Frank et al., (2016), ao comparar a carne de gado Wagyu e Angus, destacaram que a carne Wagyu apresenta sabor mais intenso e maior suculência, atribuídos à maior marmorização. A análise sensorial evidenciou as notas de doçura, grelhado e caramelo nas amostras de Wagyu, enquanto a carne Angus foi descrita como tendo sabores metálicos, ácidos e adstringentes, além de notas de sangue. O teor mais elevado de gordura intramuscular e a maior marmorização na carne Wagyu foram associados a essas diferenças de sabor. No entanto, Warren et al., (2008) observaram que a carne da raça Hereford apresentava um sabor rançoso

em comparação com a raça Aberdeen Angus, associado a um maior teor de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) suscetíveis à oxidação

2.3.2 Sexo

As diferenças entre as categorias sexuais são diversas, envolvendo níveis hormonais, composição muscular e interação com o genótipo (Bonfatti, Albera, & Carnier, 2013). A relação das diferenças entre as categorias sexuais, às vezes observadas na qualidade da carne, com a interação entre parâmetros de carcaça, como cobertura de gordura, tamanho da carcaça e taxa de resfriamento, não é totalmente compreendida (Devlin et al., 2017b).

A carne proveniente de novilhas é considerada mais macia do que touros e novilhos, exibindo menor teor de tecido conjuntivo intramuscular e diâmetro de fibras musculares menores (Venkata Reddy et al., 2015). Em contrapartida, animais machos não castrados, devido ao crescimento mais rápido, produzem carcaças com menos gordura e mais músculo do que animais castrados (Seideman, Cross, Oltjen, & Schanbacher, 1982). Machos castrados por sua vez, tem carcaças com carnes mais macias e mais palatáveis, com maior teor de gordura intramuscular comparado aos não castrados (Zenon et al., 2018).

Além da palatabilidade, existe a influência do sexo na cor da carne, sendo as fêmeas com maior tendência a depositar mais pigmento com o passar dos anos do que os machos castrados. Apesar disso, devido à maior atividade física e concentrações de mioglobina, a carne de machos não castrados exibe uma tonalidade mais escura em comparação com a de fêmeas e machos castrados (Neethling, Suman, Sigge, Hoffman, & Hunt, 2017).

2.3.3 Idade

A idade do animal pode interferir em diferentes aspectos da qualidade da carne, desde a coloração, até a maciez. A maciez da carne tende a diminuir com o avanço da idade do animal, pois aumenta o número de ligações covalente entre as moléculas de colágeno com o aumento da idade tornando-se mais rígido e, conseqüentemente, mais resistente ao cozimento (Hopkins et al., 2007).

Além da idade cronológica de um animal, a maturidade fisiológica destaca-se como fator decisivo na qualidade da carne. O estágio de maturidade está intrinsecamente ligado à idade cronológica de um animal, mas não são sinônimos. A maturidade de diversos tecidos ou

funções fisiológicas podem ocorrer em momentos distintos e serem mensuradas de maneiras variadas. No momento do abate, o estágio de maturidade é decisivo no rendimento de carcaça, pois a proporção de cada tecido se altera conforme o crescimento do animal (Lawrence, Fowler, & Novakofski, 2012), e isso influencia diretamente na composição da carcaça. Além da idade, a raça é outro fator que pode influenciar o conteúdo de colágeno nos tecidos. Em estudos anteriores os painéis sensoriais consistentemente perceberam maior quantidade de tecido conjuntivo (colágeno) na carne de bovinos com maior conteúdo genético Brahman (Wright et al., 2018)

2.4 INTERVENÇÕES PÓS ABATE QUE MELHORAM A QUALIDADE SENSORIAL DA CARNE

Os mecanismos que influenciam a qualidade da carne bovina em todas as etapas da cadeia de fornecimento precisam ser rigorosamente monitorados e aprimorados para garantir a melhor experiência de consumo possível, atendendo às expectativas dos consumidores. Nesse sentido, é essencial investigar e compreender profundamente os fatores que afetam a qualidade da carne bovina, de modo a integrar tecnologias e estratégias de manejo que possam ser aplicadas no processo de produção de carne bovina no futuro (Ramos et al., 2024).

Diversas estratégias foram estudadas para melhorar a qualidade sensorial da carne, sendo essas intervenções classificadas em três categorias principais: físicas, químicas e enzimáticas. As intervenções físicas englobam a estimulação elétrica de carcaças, condições de maturação, ciclos de congelamento e descongelamento, tratamentos de pressão, além de métodos de amaciamento mecânico. A maturação da carne é um processo onde as enzimas naturais presentes na carne, degradam as proteínas musculares, resultando em mudanças nas características sensoriais da carne. Essas abordagens visam melhorar a textura da carne, sendo parte de uma ampla pesquisa nesse campo (Bekhit, Hopkins, Geesink, Bekhit, & Franks, 2014).

2.4.1 Maturação

Maturação é a prática de armazenar a carne por um período além do tempo usual necessário para o resfriamento, com o objetivo de aprimorar sua maciez (Moran & Smith, 1929). Para que a carne alcance a maciez ótima, as proteínas miofibrilares devem ser desestabilizadas por meio de clivagem proteolítica durante o período de maturação (Ramos et al., 2024). A maturação resulta na degradação enzimática de proteínas miofibrilares e citoesqueléticas, essenciais para a integridade estrutural das miofibrilas (Caballero et al., 2007).

O sistema de proteases calpaína, entre as proteases endógenas presentes no músculo esquelético, destaca-se como o principal agente na proteólise após a morte. As calpaínas são proteases de cisteína dependentes de cálcio que, nos músculos vivos, degradam proteínas disfuncionais ou danificadas. No entanto, após a morte do animal, a calpaína quebra as proteínas em fragmentos, o que perturba a estrutura das células musculares e contribui para a maciez da carne bovina (Ramos et al., 2024). A desestabilização dessas proteínas leva à desintegração do disco Z, perda do alinhamento transversal dos sarcômeros e divisão longitudinal das miofibrilas.

As calpaínas são enzimas proteolíticas ativadas pelo cálcio, otimizando sua atividade em pH neutro. Essas enzimas são consideradas responsáveis por 90% ou mais da maciez que ocorre durante o período pós-morte, degradando os discos Z e as proteínas miofibrilares (desmina e nebulina) (Hopkins & Thompson, 2002). O sistema de calpaína é composto por pelo menos três proteases no músculo esquelético: μ -calpaína, *m-calpaína* e calpaína específica para o músculo esquelético, p94 ou calpaína 3. Além disso, há a presença de um inibidor para μ e *m-calpaína*, conhecido como calpastatina (M Koohmaraie & Geesink, 2006).

A calpastatina apresenta quatro domínios que têm a capacidade de suprimir a atividade da μ -calpaína. A maior atividade inibitória da calpastatina pode estar relacionada a vários aspectos que influenciam a regulação da expressão e atividade proteica (Ramos et al., 2024).

Esse inibidor é uma proteína estável ao calor e resistente a diversos agentes desnaturantes, além de ser instável à degradação proteolítica. Sua estrutura tem a capacidade de gerar múltiplas isoformas por meio do gene correspondente e a migração anômala em SDS-PAGE também são pontos de destaque (Goll, Thompson, Li, Wei, & Cong, 2003). Embora seja suscetível à degradação proteolítica causada pela calpaína e outras proteases, os fragmentos de calpastatina após a degradação ainda podem manter uma certa atividade inibitória residual (Boehm, Kendall, Thompson, & Goll, 2018).

A calpastatina representa um desafio para os pesquisadores de carne devido às suas características singulares. A carne produzida por bovinos *Bos taurus indicus* e seus cruzamentos sofre de maior atividade de calpastatina (Whipple & Koohmaraie, 1992), o que, inibe a proteólise durante o período pós-morte, conhecido como maturação. A maior atividade calpastatina: calpain-1 em bovinos *Bos taurus indicus* é o principal contribuinte para a carne mais dura e variável nessas raças (Ramos et al., 2024). Os músculos de bovinos *Bos taurus indicus* exibem maior atividade de calpastatina do que *Bos taurus taurus*, e conforme a influência de raças como Brahman aumenta, a relação calpastatina: μ -calpaína também aumenta. Bovinos *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* apresentam diferenças na atividade

de calpastatina muscular tanto pré-rigor (45 minutos post mortem) quanto pós-rigor (48 horas) (Scheffler, 2022). O polimorfismos identificados na calpastatina dentro de uma população multirracial Angus-Brahman podem impactar a maciez ao influenciar a estabilidade do RNAm, o que por sua vez afetaria a expressão da proteína calpastatina (Leal-Gutiérrez et al., 2018).

Se comparado aos Angus, a carne de animais Brahman demonstrou conter uma quantidade superior de proteína calpastatina. Em um estudo envolvendo touros Nelore e Angus, a atividade da calpastatina mostrou-se um preditor mais eficaz da maciez em comparação com a expressão proteica. Embora a expressão da calpastatina tenha sido numericamente superior nos Nelore, isso sugere também a possível participação de mecanismos adicionais na regulação da atividade da calpastatina (Martins et al., 2017).

Em resumo, a μ -calpaína e a calpastatina desempenham papéis cruciais na maciez da carne bovina *Bos taurus indicus*, tornando-se alvos essenciais para compreender a variação nesse aspecto. Apesar da associação bem documentada entre a atividade da calpastatina e a maciez, os mecanismos subjacentes ainda carecem de um entendimento mais aprofundado. Além disso, muitas pesquisas sobre o sistema calpaína ao longo dos anos foram realizadas mas ainda se sabe relativamente pouco sobre sua regulação. Certamente, o inibidor endógeno das calpaínas, a calpastatina, está envolvido, mas há evidências sugerindo que outros mecanismos também podem ser importantes, especialmente na carne (Huff Lonergan, Zhang, & Lonergan, 2010b).

2.4.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A RESPOSTA À MATURAÇÃO

2.4.2 RAÇA E IDADE

A taxa e a extensão da resposta à maturação e amaciamento da carne dependem de vários fatores, como espécie, idade do animal, dieta, raça, músculo, marmoreio e maturação (Smith, Tatum, & Belk, 2008). A influência positiva do processo de maturação é mais evidente na carne proveniente de animais mais maduros em comparação com os mais jovens. Em estudos anteriores foi relatado que a carne bovina de animais mais velhos e de músculos com alta resistência inicial quando submetidos a um período prolongado de maturação de até 28 dias pode apresentar uma melhoria substancial na maciez (Phelps et al., 2016; Santos et al., 2016). Além disso, a maciez da carne proveniente de animais submetidos a estresse é mais beneficiada com a maturação quando comparada à carne de animais não estressados (Peña et al., 2014).

A proteólise pós-morte varia entre as raças e entre diferentes tipos de músculos. Como resultado, a taxa e extensão da degradação de proteínas miofibrilares após o abate representam uma fonte de variação na maciez da carne bovina. Essas variações podem ser responsáveis por diferenças na taxa de maturação observadas entre diferentes raças ou genótipos de carne bovina (Sentandreu, Coulis, & Ouali, 2002). Sabe-se que Raças de *Bos taurus taurus*, como Angus, produzem carne mais macia quando maturadas pelo mesmo período do que raças de *Bos taurus indicus*, como Nelore ou Brahman (O'Connor, Tatum, Wulf, Green, & Smith, 1997). Isso ocorre pois algumas raças, principalmente as de *Bos taurus indicus* tem naturalmente maior atividade inibitória de calpastatina, que é responsável por inibir as enzimas proteolíticas (calpaína) que tornam a carne mais macia (Gil et al., 2001).

Em um estudo conduzido por Wright et al., (2018), que comparou animais das raças Brahman, Angus e Brangus, observou-se que à medida que a influência Brahman aumentava, houve uma diminuição na maciez. A autólise da calpaína-1 diminuiu à medida que a porcentagem de Brahman aumentou, resultando em uma redução na degradação de troponina-T, desmina e titina. O aumento da influência Brahman também esteve associado a uma maior atividade da citrato sintase e a uma maior área de secção transversal das fibras do tipo IIX. Como consequência, os bovinos com influência Brahman produziram bifes com maior variabilidade de maciez e apresentaram uma menor degradação de proteínas. Esses resultados ressaltam a importância da genética na qualidade da carne, destacando a necessidade de considerar a composição genética ao avaliar as características de carne em bovinos.

2.4.3 TIPOS DE FIBRAS E LOCALIZAÇÃO DO MÚSCULO

Além das diferenças enzimáticas, a diferença no tipo de fibras pode ser o fator da diferença de maciez entre os grupos genéticos. As fibras musculares são categorizadas com base na velocidade de contração (lenta ou rápida) e no tipo predominante de metabolismo energético (oxidativo ou glicolítico) (Wright et al., 2018). A composição da isoforma de cadeia pesada da miosina (MHC) determina a velocidade de contração. No bovino, há três isoformas de MHC: tipo I, tipo IIa e tipo IIX (Lefaucheur, 2010). As fibras do tipo I são caracterizadas por uma contração lenta e dependem principalmente do metabolismo oxidativo. Por outro lado, as fibras do tipo II apresentam uma contração rápida, mas variam em relação ao tipo predominante

de metabolismo; as fibras do tipo IIa são mais oxidativas, enquanto as fibras do tipo IIx são mais glicolíticas.

Essas características desempenham um papel importante na moldagem dessas mudanças celulares durante a proteólise principalmente no período inicial pós-morte, estabelecendo impacto na taxa de transformação de músculo em carne. Segundo Hunt e Hedrick, (1977), as fibras musculares identificadas como α -vermelhas e β -vermelhas são consideradas de natureza oxidativa, enquanto as fibras classificadas como α -brancas são glicolíticas. Seguindo essa classificação, músculos com mais de 40% de fibras β -vermelhas são caracterizados como oxidativos, enquanto aqueles com mais de 40% de fibras α -brancas são classificados como glicolíticos.

O tipo de fibra muscular tem influência na maturação pós-morte (Dransfield, 1994). A taxa de maturação é mais lenta nos músculos de contração lenta (β -vermelhos) em comparação com os músculos de contração rápida (α -vermelhos e α -brancos), devido ao aumento da atividade de enzimas proteolíticas nos músculos de contração rápida (Koochmaraie, 1996).

Além da composição das fibras musculares, a localização do músculo também influencia nas respostas da maturação pós-morte. Durante a vida do animal, a ativação das fibras durante a atividade pode afetar a renovação das proteínas; as unidades motoras das fibras tipo I e IIa são mais ativadas, e taxas mais elevadas de síntese proteica podem ser necessárias para equilibrar as taxas de degradação proteica induzida pelo uso nessas fibras (Goodman et al., 2011). Esse fenômeno está em conformidade com as atividades mais elevadas de calpaína e calpastatinas observadas em músculos oxidativos após a morte do animal (Whipple & Koochmaraie, 1992).

Em um estudo conduzido por De Oliveira et al., (2011), afirmou-se que a carne de bovinos Nelore tende a ser mais dura em comparação com os mestiços Simental \times Nelore ou Angus \times Nelore e essa diferença foi atribuída a características específicas do músculo nos novilhos Nelore, que apresentaram uma maior proporção de fibras intermediárias e uma menor proporção de fibras oxidativas em comparação com os animais mestiços. Embora a proporção de fibras glicolíticas não tenha sido influenciada pelo grupo genético, os animais Nelore exibiram uma maior proporção de fibras de contração rápida e uma menor proporção de fibras de contração lenta em comparação com os animais mestiços.

Para alcançar aceitação semelhante pelos consumidores, sabe-se que algumas raças apresentam maciez ideal em curtos períodos de maturação enquanto que outras exigem períodos mais longos (Monsón, Sañudo, & Sierra, 2005b). No entanto, a resposta à maturação pode variar entre os músculos de um mesmo animal: músculos de contração lenta tendem a maturar

mais lentamente quando comparados aos de contração rápida (Dransfield, 1994). Por exemplo, a suculência do músculo *Psoas major* e *Semitendinosus* aprimora em um período de 7 e 14 dias, enquanto o *Longissimus lumborum* atinge sua máxima maciez após 21 dias (Nair, Canto, Rentfrow, & Suman, 2019).

Em resumo, a maturação da carne é influenciada pela raça do animal, pelo tipo de músculo e pelo tempo de maturação necessário para atingir a palatabilidade ideal, refletindo na diversidade das preferências dos consumidores.

1.5 MÉTODOS DE MATURAÇÃO E EFEITO NA PALATABILIDADE

Considerando que os efeitos da maturação na excelência da carne são influenciados por fatores biológicos, bioquímicos e de processamento pós-abate, uma compreensão abrangente desses elementos é de extrema importância para conceber estratégias inteligentes de maturação que visam otimizar os efeitos na qualidade da carne (Kim et al., 2018).

A maturação pode ser realizada de dois principais métodos: úmido e seco, conhecido como *dry aging* (Smith et al., 2008). A maturação a seco (*dry aging*) é um método caro pois demanda espaços refrigerados maiores, um período prolongado de maturação (de algumas semanas a vários meses) e apresenta um risco elevado de contaminação (Dashdorj et al., 2016). Além disso, é necessário um controle rigoroso do tempo, temperatura, fluxo de ar e umidade durante o processo. Os parâmetros recomendados incluem temperatura entre 0 °C e 4 °C para a maturação a curto prazo, -0,5 °C ± 1 °C para a maturação a longo prazo, umidade de 60% a 80% e uma taxa de fluxo de ar de 0,5 a 2 m/s (Dashdorj et al., 2016).

Estudos anteriores indicam que a maturação úmida tende a aprimorar a maciez de forma mais efetiva do que a seco (Laster et al., 2008). Outra técnica utilizada em estudos é o congelamento antes da maturação, que pode aumentar a proteólise durante o processo. Em um estudo envolvendo as raças Aberdeen Angus e Nelore, observou-se que apenas para Aberdeen Angus, a força de cisalhamento diminuiu com o congelamento antes da maturação, embora a proteólise tenha aumentado para ambas as raças (Aroeira et al., 2016).

Todo procedimento da maturação leva a um aumento gradual do sabor umami da carne (Campbell, Hunt, Levis, & Chambers IV, 2001), suculência (Irurueta, Cadoppi, Langman, Grigioni, & Carduza, 2008) e a aceitabilidade global (Cho et al., 2016), à medida que ocorre a desintegração da estrutura muscular, liberação e acúmulo de peptídeos e aminoácidos livres.

De acordo com a pesquisa de Jeremiah e Gibson (2003) a extensão do período de maturação teve efeitos positivos na intensidade do sabor, bem como na maciez e atração da

carne bovina. A suculência dos bifes também apresentou melhorias notáveis com 14 e 21 dias de maturação a seco, contrastando com o período de 7 dias. O aprimoramento da suculência durante a maturação pode estar ligado à diminuição na capacidade de retenção de água, pois as fibras musculares após a proteólise ficam mais frágeis a mastigação, facilitando uma liberação mais eficiente de exsudato (Campbell et al., 2001)

Alguns sistemas de classificação de carne bovina utilizam o tempo de maturação como parâmetro para prever a qualidade da carne, devido sua importância na palatabilidade percebida pelo consumidor. De acordo com o MSA, por exemplo, são necessários no mínimo cinco dias de maturação; para o rótulo francês *Label Rouge*, são considerados dez dias (Pogorzelski et al., 2022). Os cálculos no modelo MSA assumem que a curva de maturação para amostras de músculo é linear dos 5 aos 21 dias de maturação e, em seguida, declina exponencialmente.

Em animais Zebuínos, aprimorar a palatabilidade é uma estratégia de suma importância, pois essa carne é associada à produção de carne menos macia em comparação com outras raças. Portanto, priorizar a melhoria em aspectos como a maciez pode resultar em ganhos na qualidade da carne e na satisfação dos consumidores.

2.6 SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÃO DE CARÇA NO MUNDO

Com o aumento da exportação de carcaças de carne bovina, tornaram-se essenciais os padrões de classificação de carcaças e os sistemas de classificação de qualidade da carne. Alguns destes sistemas tem descrições detalhadas das carcaças e cortes musculares, definindo a qualidade para compradores e mercados de destino (Bonny et al., 2018).

Como a unidade da comercialização é baseada em carcaças, sua qualidade comercial é de extrema importância para os produtores, os intermediários da cadeia e os varejistas, garantindo uma maior qualidade de carne para os consumidores (Ellies-Oury et al., 2020). Todos os atributos relacionados à qualidade da carcaça podem ser boas referências para os produtores visando a proposta de valor entre a qualidade comercial da carcaça e a qualidade de consumo (Pethick, Hocquette, Scollan, & Dunshea, 2021).

Diversos sistemas de classificação de carcaça bovina (por exemplo, MSA, USDA, JMGA) são usados globalmente para avaliar a qualidade da carne. Estudos demonstraram que a classificação de carcaças é um indicador confiável da qualidade esperada e da disposição do consumidor para comprar. Por exemplo, Lyford et al. (2010) encontraram evidências de que consumidores de diferentes países (Japão, Austrália, Estados Unidos e Irlanda) estariam dispostos a pagar mais por carne com uma classificação de qualidade superior.

As medidas de carcaça como a espessura da gordura, marmoreio, o pH final, a ossificação e a altura do cupim (estimativa da porcentagem *Bos taurus indicus* na composição genética), são utilizados pelo sistema *Meat Standard Australia* para prever a qualidade do consumo de carne bovina. Todos esses atributos relacionados à qualidade da carcaça podem servir como referências para os produtores direcionarem sua produção para agregar valor e qualidade da carcaça comercial (Pethick et al., 2021).

A avaliação do marmoreio é empregada em sistemas de classificação de carcaças, dado seu papel na qualidade da carne bovina. Diversos mecanismos, incluindo intervenções genéticas e dietas ricas em energia, estão disponíveis para aprimorar esse atributo, visando melhorar a qualidade dos produtos de carne bovina destinados aos consumidores (Pethick, Harper, & Oddy, 2004).

Os maiores produtores de carne são os Estados Unidos e o Brasil, no entanto o sistema de classificação de carne bovina mais avançado é provavelmente o *Meat Standards Australia (MSA)*, como indicado em uma revisão por Hocquette et al., 2018. Nesse sistema, a qualidade da carne bovina é garantida por meio de uma classificação de qualidade detalhada e baseada na preferência dos consumidores. Como resultado, a qualidade da carne que os consumidores recebem é aquela pela qual estão dispostos a pagar (Pethick et al., 2021), garantindo uma maior satisfação do consumidor. Além disso, a indústria de carne bovina na Austrália tem observado aumento de preço substanciais associados à qualidade garantida pelo MSA (Farmer & Farrell, 2018).

2.6.1 Sistema de classificação de carcaça brasileiro

O Sistema de Classificação de Bovinos no Brasil é regulamentado pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) por meio da normativa Nº 9 de 4 de maio de 2004, porém não é mandatória (BRASIL, 2004). A avaliação das carcaças é realizada por profissionais credenciados, e seguem os critérios de classificação que incluem sexo (com categorias como macho não castrado, macho castrado e fêmeas), maturidade (com categorias baseadas na dentição dos animais), peso da carcaça (medido em kg) e acabamento da carcaça (avaliado pela quantidade e distribuição de gordura em várias áreas da carcaça). As categorias de acabamento incluem magra, gordura escassa, gordura mediana, gordura uniforme e gordura excessiva (BRASIL, 2004).

No ano de 2022, houve uma nova proposta protocolada no MAPA, com posterior envio de ofício, pela Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA,2023), com alteração na instrução normativa em todo o território nacional. Essa nova proposta é o Sistema Brasileiro de Classificação e Tipificação de Carcaças de Bovinos e Bubalinos - CLASSIBOV, e o “Selo Oficial de Qualidade de Carcaça Bovina e Bubalina”, a ser implementado, em caráter voluntário.

O CLASSIBOV, foi uma sugestão de complementar o sistema de classificação brasileiro e que pode ser utilizado para fornecer informações mais detalhadas sobre a qualidade e tipificação das carcaças de bovinos e búfalos. Portanto, o CLASSIBOV é uma extensão ou aprimoramento do sistema de classificação regulamentado pelo MAPA pela normativa Nº 9 de 4 de maio de 2004 (BRASIL, 2004), permitindo uma classificação mais detalhada das carcaças (BRASIL, 2022).

A classificação é o agrupamento de carcaças por características semelhantes de maturidade, sexo e acabamento de gordura, além do pH, marmoreio, coloração de gordura e coloração de carne (CNA,2023) e a tipificação é o agrupamento de carcaças com indicativo de classes de rendimento ou qualidade (BRASIL, 2022).

Algumas características foram adicionadas a esta sugestão para melhor avaliar a qualidade da carcaça bovina, como por exemplo marmoreio, que é avaliado segundo a classificação do MSA (*Meat Standards Australia*) e pode ser considerado escasso Classificações 0 a 2 (100 a 400), Moderado Classificações 3 a 5 (500 a 700) e Abundante Classificações 6 a 9 (800 a 1100). A avaliação da quantidade e da distribuição da gordura intramuscular é feita visualmente no músculo *Longissimus thoracis*, entre a 12ª e 13ª costelas, mesmo sítio onde ocorre a aferição do pH, coloração da carne e da Gordura. Estas análises são realizadas após a maturação sanitária (24 ou 36 horas) (BRASIL, 2022).

2.6.2 USDA – Quality e Yield Grade

O sistema de classificação de carcaças que foi implementado nos Estados Unidos e atribui grupos com qualidade uniforme às carcaças de carne bovina, com base nas especificações do sistema de classificação de qualidade da carne do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (Leal-Gutiérrez & Mateescu, 2019). Embora a necessidade de avaliar a qualidade da carne bovina tenha sido reconhecida quando o sistema de classificação do USDA foi implementado há 100 anos, a avaliação da qualidade da carne não fazia parte do sistema original (Polkinghorne & Thompson, 2010). Até o momento, o sistema

de classificação do USDA inclui duas categorias de classificação: uma para rendimento e outra para qualidade.

A classificação de rendimento, o *Yield Grade*, é dividida em categorias baseadas em uma equação de regressão que leva em consideração a espessura de gordura subcutânea, a quantidade de gordura nos rins, pélvis e coração, a área do músculo *Longissimus thoracis* e o peso da carcaça quente (USDA,2017).

Essa avaliação indica a capacidade de produção de cortes desossados e aparados de uma carcaça. Elas representam a relação entre gordura e músculo, sendo calculadas por meio de uma fórmula específica: $2,50 + (2,5 \times \text{espessura da gordura ajustada em polegadas}) + (0,2 \times \text{percentagem de gordura nos rins, coração e pélvis}) + (0,0038 \times \text{peso da carcaça quente}) - (0,32 \times \text{área do olho de lombo em polegadas quadradas})$ (USDA,2017).

A classificação de qualidade, *Quality Grade*, utiliza a maturidade da carcaça e o marmoreio para classificar as carcaças de carne bovina em 8 classes de qualidade (USDA,1997). Atualmente, existem oito graus de qualidade de carne aplicáveis a carcaças de boi e novilha: *Prime*, *Choice*, *Select*, *Standard*, *Commercial*, *Utility*, *Cutter* e *Canner* (Polkinghorne & Thompson, 2010). Os avaliadores examinam a quantidade e a distribuição do marmoreio no músculo *Longissimus thoracis* localizado entre a 12^a e a 13^a costelas. O grau de marmoreio é o principal critério de avaliação.

A maturidade das carcaças de bovinos é subdividida em cinco grupos: A (9–30 meses), B (30–42 meses), C (42–72 meses), D (72–96 meses) e E (>96 meses), sendo avaliada por meio do tamanho, forma e grau de ossificação dos ossos e cartilagens, com foco especial na determinação dos ossos da coluna vertebral dividida, bem como na cor e textura do tecido magro (Smith et al., 2008).

O sistema de classificação do USDA vende diretamente aos consumidores apenas as categorias *Prime*, *Choice*, *Select* e *Standard*, e essas quatro categorias preveem bem o sabor e a suculência de todos os principais cortes, embora sejam mais indicadas para a maciez na parte central da carne, como costela e lombo, do que para as extremidades, como peito e alcatra (Smith et al., 2008).

Consumidores americanos não conseguem distinguir diferenças na qualidade da carne entre as várias categorias do USDA ao avaliar bifes do filé mignon (O'Quinn, Brooks, & Miller, 2015). Além disso, foi observado que a categoria de maturidade do USDA não afeta a qualidade do sabor em bovinos terminados com ração até 30 meses de idade e que apenas a categoria de marmoreio é relevante para determinar o sabor (Acheson, Woerner, & Tatum, 2014).

2.6.3 Meat Standard Austrália (MSA)

O *Meat Standard Austrália* é um sistema de classificação com o objetivo de garantir a qualidade sensorial aos consumidores. Existem dois pontos que diferenciam o sistema MSA dos outros esquemas de classificação: (1) a classificação da qualidade da carne se baseia em cada corte muscular ao invés de ser baseado na carcaça inteira; (2) a definição da qualidade da carne depende das respostas de consumidores (Bonny et al., 2018).

Este sistema de classificação se diferencia por meio da precisa previsão da qualidade de consumo de cortes individuais e da informação oferecida ao consumidor. Os rótulos do MSA orientam os consumidores sobre o método de cozimento ideal para cada peça de carne (MLA,2010). O desenvolvimento do protocolo é descrito por Watson et al. (2008b).

Neste sistema foi desenvolvido um índice de qualidade da carne que engloba quatro atributos principais. A pontuação MQ4 determinada pela avaliação do consumidor reflete a soma da experiência de consumo do consumidor em um corte muscular (Watson et al., 2008). As ponderações utilizadas mais atuais são: 0,3 × maciez, 0,1 × suculência, 0,3 × sabor e 0,3 × aceitabilidade geral (Thompson et al., 2010), e as ponderações iniciais (escore original de Qualidade de Carne 4 (MQ4)) utilizadas quando o modelo MSA desenvolvido pela primeira vez são: 0,4 × maciez, 0,1 × suculência, 0,2 × sabor agradável e 0,3 × gostabilidade geral (Watson et al., 2008b). As ponderações foram obtidas por meio da aplicação da função discriminante linear ótima e derivada dos testes com consumidores (MLA,2010).

O objetivo da classificação MSA é garantir que os consumidores possam escolher carne bovina com qualidade confiável, assegurando que o corte corresponderá à qualidade indicada no rótulo MSA quando preparado conforme as instruções. Esse sistema de descrição ajuda na fixação de preços no varejo e gera confiança do consumidor. Isso elimina a incerteza na escolha de carne (MLA,2010).

Para desenvolver o modelo de predição, nas primeiras pesquisas sensoriais foram utilizadas uma série de escalas lineares de linha para avaliar características relacionadas à percepção dos consumidores em relação à carne bovina. Após alguns anos, foi desenvolvido uma avaliação padrão do consumidor, na qual os principais componentes foram resumidos em quatro escalas não hedônicas de 0 a 100 para: maciez, suculência, sabor e aceitabilidade global (Watson et al., 2008).

A avaliação do peso de cada característica no modelo final foi minuciosamente explorada. Embora a maciez tenha sido considerada o fator mais importante para a palatabilidade geral da carne bovina, pesquisas recentes indicam que, para os consumidores, o

sabor tem uma maior influência na aceitação global do produto do que a maciez. De acordo com testes conduzidos com consumidores europeus por Liu et al. 2020, o sabor foi o fator mais importante para a aceitação global, seguido por maciez e suculência.

O sistema inclui uma abordagem de Sistema de Gestão da Qualidade Total para a classificação das carcaças, incorporando características tanto pré quanto pós-abate das carcaças, com base nas medições dentro dos critérios obrigatórios na câmara de resfriamento (Bonny et al., 2018). Os fatores usados no modelo de previsão do MSA, incluem aspectos de criação, produção, pré-abate, processamento e valor agregado da cadeia de suprimentos que afetam a qualidade de consumo e a preferência do consumidor por meio de testes com consumidores (Bonny et al., 2018).

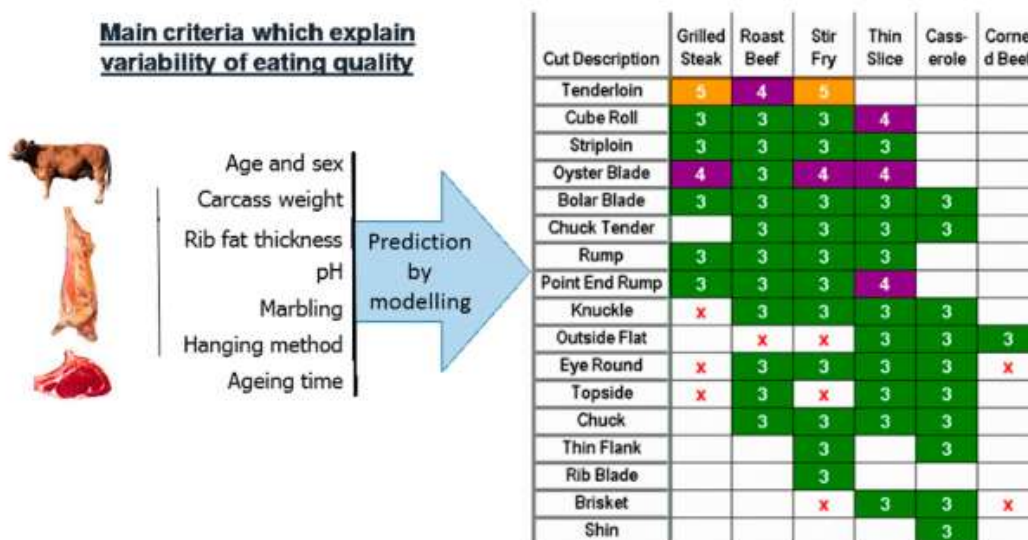
Os parâmetros avaliados no modelo de predição incluem desde o tipo do animal e sistema de produção (raças e cruzamentos, utilização de promotores de crescimento e sexo e idade) até as características da carcaça (peso da carcaça, escore de ossificação, altura de cupim, escore de marmoreio, espessura da gordura subcutânea e pH final). Outros fatores pós abate são levados em consideração como método de pendura e tempo de maturação (MLA,2010).

Neste modelo de predição, a qualidade de consumo de uma carcaça inteira, denominada Índice MSA, também pode ser prevista. O Índice MSA é usado em sistemas de *feedback* para produtores para avaliar a qualidade de consumo potencial das carcaças de carne bovina e permitir que os produtores monitorem o impacto das práticas de manejo na qualidade sensorial de cada carcaça (McGilchrist, Polkinghorne, Ball, & Thompson, 2019). Além disso, os cortes podem ser classificadas como insatisfatórias (2 estrelas), boas para o dia a dia (3 estrelas), melhores do que o dia a dia (4 estrelas) e qualidade *premium* (5 estrelas) por consumidores. Essas categorias podem ser correspondidas com a pontuação MQ4 e essa conexão permite a alocação de cortes musculares em quatro níveis de qualidade (Figura 1).

Por meio de análise discriminante, as pontuações MQ4 calculadas podem gerar os limites entre cada um dos níveis de qualidade. Os limites são de 45,5 para as categorias não classificadas/2 estrelas e 3 estrelas, 63,5 para as categorias 3 estrelas e 4 estrelas e 76,5 para as categorias 4 estrelas e 5 estrelas (Watson, Polkinghorne, & Thompson, 2008).

O protocolo MSA tem sido realizado em muitos países desde 2002, como na Irlanda, Estados Unidos, Coreia do Sul, Irlanda do Norte, Japão, França, Polônia, África do Sul e China (Brandon et al., 2006; Polkinghorne, 2007; Thompson et al., 2008; Polkinghorne and Thompson, 2010; Legrand et al., 2013; Strydom et al., 2019; O'Reilly et al., 2020). Os estudos independentes e/ou colaborativos concluíram que esse esquema de classificação de qualidade da carne baseado no consumidor e na forma de preparo é aplicável na indústria.

Figura 1 - Previsão da pontuação geral da qualidade do consumo de carne bovina (combinando maciez, sabor, suculência e aceitabilidade global) a partir de diferentes características relacionadas a animais, carcaças e cortes usando o esquema de classificação “Meat Standards Australia” (MSA).



Fonte: (Berri et al., 2019a)

De fato, o MSA tem sido considerado o sistema de avaliação de palatabilidade de carne bovina mais preciso e de fácil uso (Polkinghorne & Thompson, 2010; Watson, Polkinghorne, et al., 2008).

2.6.4 EUROP

A grade EUROP foi estabelecida e aplicada para classificar carcaças em toda a Europa desde 1981, com base na avaliação da forma muscular da carcaça e no nível de gordura, descritos respectivamente pelo escore de conformação e pelo escore de gordura (Fisher, 2007). O escore de conformação é avaliado em uma escala de E a P, com E representando uma carcaça convexa e bem formada, R representando um perfil médio ou reto e P representando uma carcaça mais simples com um perfil côncavo. Além disso, na grade EUROP para o escore de conformação, a letra S é usada como "superior" para indicar os perfis convexos com desenvolvimento muscular excepcional (tipo de carcaça de músculo duplo) na Europa. A gordura é avaliada em uma escala de 1 a 5, sendo 1 muito magra e 5 muito gorda (Regulamento da Comissão (CE) 1249/2008, 2008).

A grade EUROP ainda é utilizada na indústria de carne bovina na Europa e as carcaças são negociadas com base no peso da carcaça e nos escores de conformação e gordura (Tarrés, Fina, Varona, & Piedrafita, 2011). Porém este sistema de classificação enfatiza a descrição do rendimento de produção e não da qualidade sensorial do produto final. No entanto, algumas pesquisas tem demonstrado as limitações da grade EUROP, uma vez que os escores de classificação utilizados têm pouca relação com a qualidade sensorial para os consumidores e não conseguem refletir a composição da carcaça (Pabiou et al., 2011) e a satisfação do consumidor (Bonny et al., 2016). Por isso outras medidas têm sido implementadas, como a introdução de outros indicadores para melhor avaliar as carcaças, sendo um deles o marmoreio, que foi implementado nos sistemas de classificação MSA e USDA (Monteils et al., 2017).

Mesmo após diversos estudos demonstrarem a influência do marmoreio na qualidade da carne, essa avaliação ainda não foi implantada na Europa. Na França, a conformação tem sido um componente mais importante, e os consumidores franceses preferem carne com menos gordura visível no varejo (Ellies-Oury, Lee, Jacob, & Hocquette, 2019).

O estudo de Liu et al., (2020) investigou as relações entre o marmoreio e as pontuações comuns de classificação de carcaças na Europa. Os resultados indicaram que as pontuações europeias explicam apenas uma pequena parte da variabilidade do marmoreio. Isso sugere a necessidade de melhorar o sistema de classificação de carne bovina na Europa que atenda melhor as demandas dos consumidores.

2.6.5 Brazil Beef Quality®

A Brazil Beef Quality® é uma empresa especializada na classificação de carnes, com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa de São Paulo (Fapesp). Fundada em Piracicaba, na ESALQ/USP, e tem como principal objetivo alinhar as expectativas dos consumidores à experiência vivenciada.

Este sistema de classificação abrange a avaliação de 15 características específicas da carcaça, incluindo gênero, conteúdo de raça tropical, dentição, peso da carcaça quente, camada de gordura, método de pendura, pH, altura do cupim, grau de ossificação, cor da carne, cor da gordura, marmoreio, área do olho do lombo e espessura de gordura.

O modelo incorpora conceitos científicos e estatísticos alinhados às expectativas dos consumidores brasileiros. Após mais de 117 experimentos, que consideraram diversas características da carcaça, métodos de pendura, preparação e tempo de maturação, foi desenvolvido um índice de qualidade. Esse índice, baseado em testes sensoriais com

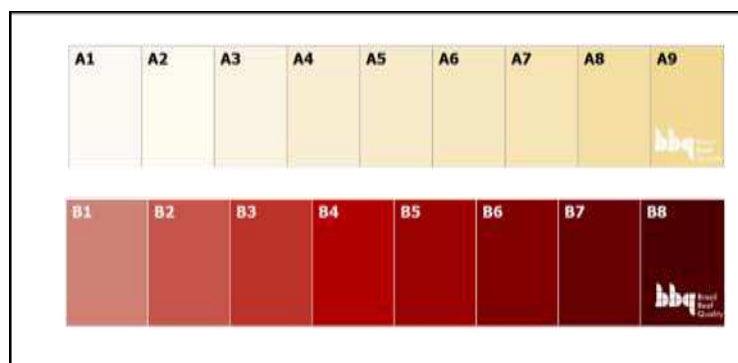
consumidores, combina escalas de maciez, sabor, suculência e avaliação geral para descrever a satisfação do consumidor. Além disso, essa classificação é o resultado de pesquisa científica combinada com análise sensorial com mais de seis mil consumidores em 7 estados diferentes do Brasil.

As principais informações coletadas dos animais são raça e cruzamento (composição genética), categoria sexual e sistema de terminação (pasto ou confinamento). As características de carcaça avaliadas são: pH, temperatura da carcaça, peso de carcaça quente, dentição, acabamento (Padrão brasileiro), espessura de gordura no contrafilé (12 a 13° costela - EGS), ossificação (metodologia *Meat Standard Australia*), altura do cupim, cor de carne e gordura (padrão desenvolvido pela *Brazil Beef Quality*® – Figura 1), área de olho de lombo (AOL) e marmoreio (Figura 2).

As avaliações de marmoreio, cor da carne e área de olho de lombo são realizadas no *Longissimus thoracis* após vinte minutos de exposição do músculo ao oxigênio. A temperatura da carcaça é um critério de classificação, seno que apenas as carcaças com temperaturas entre 4°C e 8°C são consideradas para avaliação. Além disso, o pH é outro critério desclassificatório, apenas as carcaças com pH igual ou inferior a 5,8 são enviadas para avaliação completa. A cor da gordura é avaliada visualmente na região intermuscular ao *Longissimus thoracis* e comparada ao Padrão de Referência *Brazil Beef Quality*®. A coloração da carne é determinada visualmente usando um padrão fotográfico da Figura 2.

O escore de marmoreio (Figura 3) é determinado por meio de uma fotografia padrão, dividida em décimos para a classificação, com pontuação variando de 100 a 1100 em incrementos de 10, adaptada do *Meat Standard Australia* (AUS-MEAT., 2017). Essa avaliação do marmoreio é empregada em diversos sistemas globais de classificação de carcaça.

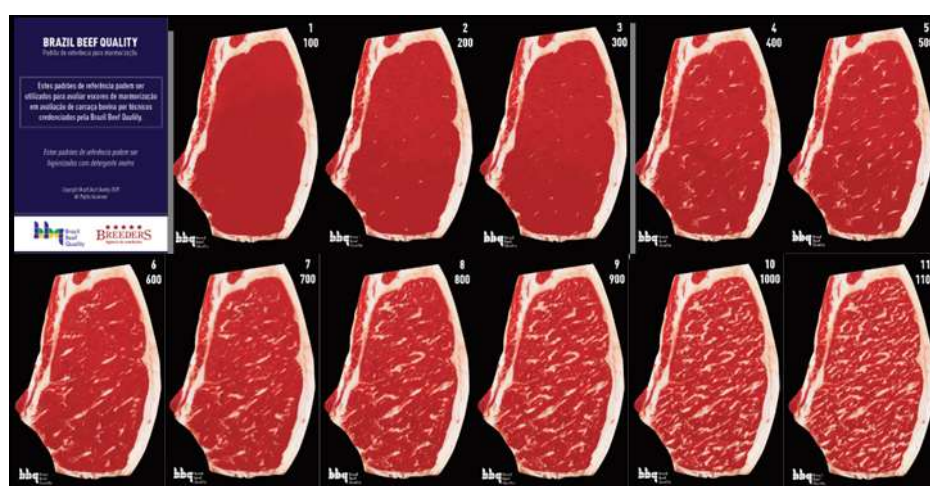
Figura 2 - Paletas para avaliação de cores de gordura intermuscular e da carne após o *rigor mortis* no *Musculo longissimus* (entre a 12° e 13° costela).



A avaliação da ossificação nas carcaças inclui a pontuação do grau de ossificação dos processos espinhosos vertebrais, bem como a forma e a cor dos ossos das costelas, variando de 100 a 590 conforme a quantidade de cartilagem que se transforma em osso (AUS-MEAT., 2017). A altura do cupim, medida em gradientes de 5 mm, é uma metodologia objetiva baseada no padrão MSA, usada para confirmar porcentagem da composição genética em animais cruzados (AUS-MEAT., 2017).

A área do olho do lombo é medida em centímetros quadrados usando lâmina quadriculada, sendo o método total de exposição o único utilizado para esta avaliação (United States Department of Agriculture, 1996). A espessura da gordura subcutânea é avaliada na 12^a/13^a costela, medindo o comprimento muscular para determinar o ponto ideal a $\frac{3}{4}$ ao longo do músculo. A mensuração é realizada com paquímetro, perpendicularmente à costela, no ponto de interface entre as camadas de gordura subcutânea e intermuscular, exigindo uma espessura mínima de 4 mm para avaliação de carcaças (United States Department of Agriculture, 1996).

Figura 3 - Padrão fotográfico para avaliação do marmoreio após o *rigor mortis* no Musculo *longissimus thoracis* (entre a 12^a e 13^a costela).



Essa iniciativa tem o potencial de contribuir com o aumento da satisfação do consumidor no mercado brasileiro. Esse sistema foi criado baseando-se em alguns conceitos da metodologia Australiana, porém avaliando as respostas do consumidor brasileiro.

2.7 A PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR QUANTO À QUALIDADE DA CARNE BOVINA

A complexidade do desafio para a indústria em termos de qualidade de consumo requer uma abordagem sistêmica que incorpore práticas de produção antes e depois do abate. Os consumidores são o último elo da cadeia de produção de carne bovina, e fornecer uma qualidade sensorial consistente constrói a confiança e a lealdade dos consumidores, e, conseqüentemente, aumentar a demanda por carne bovina (Mateescu, Oltenacu, Garmyn, Mafi, & VanOverbeke, 2016).

Os consumidores têm assumido um papel central na competitividade de mercado, resultando na redução da relevância de elementos como marca e preço, ao passo que a qualidade sensorial da carne tem se destacado (Henchion, 2014). Embora as marcas de carne possam reduzir a incerteza nas compras, associando-se a um padrão de qualidade consistente e previsível (Banović, Grunert, Barreira, & Fontes, 2009), a marca sozinha não deve ser o único critério na escolha. É preciso educar os consumidores para que possam discernir a qualidade desejada da carne em diferentes ocasiões durante as refeições.

Em estudo anterior, observou-se que para os consumidores, o ato de consumir carne bovina está associado a conceitos como "É bom para compartilhar com a família" (com uma pontuação de 5,8 em uma escala de 1 a 7), "É nutritivo" (5,6), "Me faz sentir saciado" (5,5), "Me dá energia" (5,3), "Me proporciona prazer" (5,3), "Me faz sentir satisfeito" (5,3), "É benéfico para o bem-estar" (5,2) e "Me faz sentir bem" (5,0) (Ares et al., 2016). Além desses fatores, a conscientização e preocupação dos consumidores em relação ao bem-estar animal estão em ascensão, refletindo na demanda por maior qualidade da carne (Jorquera-Chavez, Fuentes, Dunshea, Jongman, & Warner, 2019).

A definição de qualidade não é universal, contudo, em uma perspectiva baseada na satisfação, Wicks e Roethlein (2009) definiram qualidade como "a soma das avaliações afetivas de cada cliente em relação a cada objeto de atitude que culmina na satisfação do cliente".

A qualidade sensorial abrange a avaliação geral da carne, incorporando a experiência de consumo e as preferências por características sensoriais individuais, como sabor, maciez, suculência, aroma e frescor (Grunert et al., 2004).

Vários autores discutem as diversas dimensões que compõem a qualidade da carne, dividida em quatro principais categorias: 1) qualidade de busca, vinculada ao apelo visual e que incorpora propriedades morfológicas da carne, bem como atributos tecnológicos e de conveniência; 2) qualidade de experiência, associada ao apelo sensorial e englobando maciez,

suculência e sabor da carne; 3) qualidade de credibilidade, abrangendo aspectos como segurança, valor nutricional, além de atributos adicionais como bem-estar animal e sustentabilidade ambiental; 4) qualidade de valor, relacionada à percepção de que o custo do produto está alinhado com seu valor e imagem (Grunert et al., 2004; Pethick et al., 2021).

A qualidade é procurada porque contribui para a realização dos motivos de compra (Grunert et al., 2004). Os consumidores esperam boa qualidade ao consumir carne bovina, mas a expectativa da qualidade presumida e/ou vivenciada nem sempre são equivalentes (Henchion, 2014).

Sendo assim, a qualidade que é provada e aprovada, conhecida como qualidade vivenciada, é o critério-chave que mais influencia na demanda, pois é ligada a satisfação dos consumidores e em sua intenção de repetir a compra (Banović et al., 2009). A qualidade vivenciada só pode ser determinada após a compra e está relacionada às propriedades intrínsecas do produto. Esses fatores intrínsecos abrangem as características físicas do próprio produto de carne bovina, como a cor da carne, o corte do músculo, o teor de gordura e a distribuição de marmoreio (Hocquette et al., 2011).

Antes da compra, os consumidores podem distinguir a qualidade com base na aparência visual da carne fresca, o que é uma consideração importante para a decisão de compra (Borgogno, Favotto, Corazzin, Cardello, & Piasentier, 2015). Dentre os fatores visuais que determinam a compra, a coloração é um critério de destaque entre os consumidores. A cor da carne e a cor da gordura são vistos como indicadores de frescor e qualidade para os consumidores.

A coloração da carne é utilizada como um indicativo de frescor, sabor e textura, sendo que a tonalidade vermelho-púrpura está associada a um maior nível de frescor, enquanto o marrom sugere um frescor menor (Henchion, McCarthy, & Resconi, 2017). A cor vermelha brilhante da carne e a cor branca da gordura são mais desejáveis do que a carne escura e a gordura amarela para alguns consumidores (Ardehshiri & Rose, 2018). As preferências em relação à cor da carne são influenciadas pelas experiências passadas e pelos hábitos dos consumidores (D. Santos et al., 2021).

Uma pesquisa sobre a atitude do consumidor em relação à carne destacou que a escolha da carne pode ser influenciada por 22 atributos (Henchion et al., 2017). Os dois principais são extrínsecos: preço e certificação/rótulo/marcas/informações. Isso ressalta que o comportamento de compra é moldado por indicadores extrínsecos (Grunert, 2006). As características seguintes são intrínsecas: gordura visível, que inclui o marmoreio e a gordura externa, cor da carne e aparência. A cor e a aparência são essenciais para consumidores com alta familiaridade com

carne, pois esse tipo de consumidor pode depender apenas da aparência para a escolha de compra, pois tem maior envolvimento com o produto e maior prazer ao consumi-lo (Borgogno et al., 2015).

Consumidores com alta familiaridade usam a cor da carne para prever a qualidade, e consumidores com baixa familiaridade têm mais probabilidade de usar a marca como um indicador de confiança (Banović et al., 2009). No entanto, mesmo os consumidores com baixa familiaridade podem usar a aparência como indicador de qualidade mais importantes, influenciando a compra (Borgogno et al., 2015).

A ciência e a indústria têm se empenhado em alinhar as expectativas e a experiência dos consumidores, assegurando a consistência entre os aspectos externos e internos do produto. O objetivo é aproximar o valor da qualidade do produto. No entanto, informações cruciais ainda não são fornecidas ao consumidor brasileiro, como o método de preparo e o nível de qualidade do produto dentro de uma escala conhecida.

2.7 ASPECTOS SENSORIAIS DA CARNE BOVINA

Na indústria de carne bovina é necessário aprimorar e prever a palatabilidade da carne para se manter competitivo (Borgogno et al., 2015). Isso se deve ao fato de que a qualidade sensorial, composta por maciez, suculência e sabor, ser determinante na preferência do consumidor (Grunert et al., 2004; Jeong et al., 2010).

A maciez representa uma das características mais relevantes da carne em termos de qualidade do alimento e é vista como um fator importante nesse contexto (Bekhit et al., 2014). Do ponto de vista da textura da carne, pode parecer uma questão simples: ou a carne é macia ou não é. No entanto, a explicação para a variação na textura da carne revela um processo complexo com diversas vias que contribuem para o desenvolvimento dessa característica (Huff Lonergan et al., 2010b). Fisicamente, a textura depende da estrutura muscular, da integridade das células musculares esqueléticas, da atividade de enzimas proteolíticas dentro das células e da matriz extracelular (McCormick, 2009).

A avaliação da maciez da carne compreende três elementos: a facilidade inicial de penetração dos dentes, a capacidade de divisão durante a mastigação e a quantidade de resíduos após esse processo. A satisfação do consumidor com a maciez é intrinsecamente ligada à complexa interação entre as características físicas e de textura da carne (Warner et al., 2021). A carne bovina, composta aproximadamente por 75% de água, tem sua capacidade de retenção de água durante o processamento associada à textura e palatabilidade da carne (Warner, 2017).

A suculência da carne é a quantidade percebida de suco e o nível de lubrificação quando a carne é mastigada na boca. Essa sensação é afetada pela capacidade de retenção de água e teor de gordura. A avaliação da suculência da carne pode ser realizada em duas etapas: (1) suculência inicial, que é a impressão inicial dos fluidos liberados pela carne nas primeiras mastigações e que está relacionada ao teor de água da carne; (2) suculência sustentada ou geral, a percepção de suculência durante a mastigação contínua, que é associada ao teor de gordura e é considerada o resultado do efeito estimulante da gordura sobre o fluxo salivar (Winger & Hagyard, 1994).

No primeiro Estudo Sensorial Descritivo de Carnes publicado pela Associação Americana de Ciência de Carnes (AMSA), a suculência foi usada como um fator-chave na avaliação da qualidade da carne (Cross et al., 1978). Com o desenvolvimento da avaliação sensorial, a suculência desempenha um papel consistente na qualidade da carne. No sistema MSA, 10% da variabilidade na aceitação do consumidor é explicada pela suculência (Watson et al., 2008). Para os consumidores europeus, a suculência contribui com cerca de um quarto da palatabilidade geral da carne bovina (Liu et al., 2020a).

O sabor é uma sensação muito complexa detectada pelos seres humanos e envolve uma combinação de sensações olfativas e gustativas que detectam os aromas e o gosto básico (Delwiche, 2004). Fatores físicos (como raça, sexo e idade) e características químicas (como perfil de ácidos graxos) têm impactos nas reações que ocorrem na carne durante o processo de cozimento, no que se refere à produção de compostos voláteis de aroma e ao sabor da carne (Kerth & Miller, 2015).

Durante o processo de maturação ocorre o aumento da intensidade de sabor na carne. O sabor umami da carne maturada (característico do monoglutamato de sódio) resulta de uma interação complexa entre aminoácidos sulfurados, ácido aspártico e ácido glutâmico, compostos de nucleotídeos e dipeptídeos β -histidílicos (Dashdorj, Amna, & Hwang, 2015). O catabolismo energético pós-morte contribui para o aumento dos fragmentos de açúcar por meio da degradação do glicogênio, ampliando assim os substratos envolvidos na reação de Maillard (Yaylayan, Keyhani, & Wnorowski, 2000), além de outros compostos voláteis relacionados ao sabor, como n-aldeídos (como pentanal e hexanal) e cetonas, que englobam produtos derivados da oxidação de lipídios (S. Martins, Jongen, Boekel, & Martinus, 2001).

Além disso, estudos indicaram que um período prolongado de maturação, superior a 28 dias, resultou em um notável aumento nos compostos voláteis essenciais para o desenvolvimento do aroma (Ba, Park, Dashmaa, & Hwang, 2014; Watanabe et al., 2015). Em contrapartida, em um estudo com gado nativo Coreano, foi observado o impacto do tipo de

músculo nos compostos voláteis da carne bovina de Hanwoo cozida, evidenciando que esses compostos são influenciados pelos tipos de músculos e períodos de maturação. A maturação por 28 dias pode melhorar a maciez e suculência de músculos específicos, porém, neste caso resultou na redução de alguns compostos voláteis essenciais, levando a uma diminuição na qualidade do sabor. Este estudo destaca a influência do tipo de músculo e da maturação na qualidade da carne, características sensoriais e perfil volátil (Ba et al., 2014)

Na evolução da pesquisa sobre qualidade sensorial da carne, o sabor foi incluído no sistema de descrição sensorial em 1995 pela Associação Americana de Ciência de Carnes (Stock & Board., 1995), duas décadas após a maciez e suculência. Inicialmente, os cientistas da carne consideravam o sabor da carne como o segundo atributo mais importante para a qualidade do consumo de carne bovina e aceitação pelo consumidor, com a maciez sendo a mais importante. Nas últimas décadas, no sistema MSA, a apreciação do sabor tornou-se tão importante quanto a maciez (Watson et al., 2008). Além disso, com a melhoria da maciez nas últimas décadas, o sabor é considerado o determinante mais importante da variabilidade na qualidade do consumo de carne bovina (Liu et al., 2020a).

O sabor pode descrever componentes específicos e mais descritivos como: sabor de gordura, sabor de sangue, sabor de grama, e estão relacionados as percepções sensoriais dos consumidores (Kerth & Miller, 2015).

A preferência de sabor é o fator mais importante para a satisfação geral segundo alguns autores (Liu et al., 2020b; Rodas-González, Huerta-Leidenz, Jerez-Timaure, & Miller, 2009). Uma das principais razões para essa grande contribuição da preferência de sabor pode ser melhoria da maciez da carne nos últimos anos (O'Quinn et al., 2016). A melhoria da maciez da carne foi o objetivo principal a nível comercial e muito esforço feito para melhorar a maciez, uma vez que foi considerado o fator mais importante para a satisfação geral do consumidor nas últimas décadas (Savell et al., 2016).

2.8 ANÁLISE SENSORIAL COM CONSUMIDORES

Avaliar a preferência dos consumidores em relação à carne abrange uma ampla variedade de características demográficas, nacionalidades e métodos de preparo, sendo essencial para qualquer sistema de avaliação da qualidade de consumo da carne bovina (Bonny et al., 2017). A definição de qualidade de consumo depende das respostas de consumidores (Bonny et al., 2018b), tornando a análise sensorial com consumidores uma ferramenta de suma importância.

Nesse contexto, a análise sensorial com consumidores oferece uma representação mais precisa do impacto das características do produto no resultado final (Leighton et al., 2023). Além disso, essa avaliação evoluiu como uma ferramenta na pesquisa de qualidade da carne, uma vez que é altamente relevante para relacionar a palatabilidade da carne com a experiência e preferência reais dos consumidores (Miller, 2017).

Para o desenvolvimento do modelo MSA, foi realizada um grande número de painéis de sensorial com consumidores, utilizando cortes de carne de toda a carcaça e preparados com diversos métodos de cocção (Polkinghorne et al., 2008b; Watson et al., 2008a). Os grupos de degustação com consumidores atribuíram notas que variam de 0 (baixa intensidade/gostar) a 100 (alta intensidade/gostar) para maciez, suculência, gostar do sabor e aceitação geral das amostras de carne.

Na metodologia descrita por Watson et al., 2008 cada avaliador experimenta sete amostras, sendo a primeira "link" proveniente dos músculos *Longissimus thoracis* ou *Gluteus medius* para garantir um nível médio de qualidade de sabor. As seis amostras restantes são originárias de diversos cortes musculares e são servidas aos consumidores conforme um quadrado latino de 6×6 . Essa abordagem busca oferecer uma ampla variedade de experiências sensoriais a cada avaliador, minimizando possíveis influências do efeito da ordem.

Após a degustação, os consumidores classificam as amostras experimentadas como insatisfatórias (2 estrelas), adequadas para o dia a dia (3 estrelas), melhores do que o dia a dia (4 estrelas) ou premium (5 estrelas) (Watson, Gee, et al., 2008a). Portanto, no sistema MSA, a determinação final da qualidade do sabor da carne depende dos consumidores e, além disso, do mercado-alvo de consumidores (Watson et al., 2008).

Em suma, a qualidade da carne é um aspecto fundamental, não apenas pela influência na satisfação do consumidor, mas também pelo seu impacto econômico. Compreender as preferências dos consumidores e fornecer informações transparentes sobre a qualidade da carne, não apenas promove a confiança, mas também capacita escolhas informadas. Além disso, a conscientização sobre a procedência e características da carne contribui para uma cadeia alimentar mais sustentável e ética.

REFERÊNCIAS

- ABEP. (2018). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA.
- Acebrón, L. B., & Dopico, D. C. (2000). The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: an empirical application for beef. Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). The Chain of Effects from Brand Trust and Brand Affect to Brand Performance: The Role of Brand Love. *Food Quality and Preference*, *11*(3), 229–238.
- Acheson, R. J., Woerner, D. R., & Tatum, J. D. (2014). Effects of USDA carcass maturity on sensory attributes of beef produced by grain-finished steers and heifers classified as less than 30 months old using dentition. *Journal of Animal Science*, *92*(4), 1792–1799. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7553>
- Anderson, M. J., Lonergan, S. M., Fedler, C. A., Prusa, K. J., Binning, J. M., & Huff-Lonergan, E. (2012). Profile of biochemical traits influencing tenderness of muscles from the beef round. *Meat Science*, *91*(3), 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.022>
- Ardeshiri, A., & Rose, J. M. (2018). How Australian consumers value intrinsic and extrinsic attributes of beef products. *Food Quality and Preference*, *65*(October), 146–163. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.018>
- Ares, G., Giménez, A., Vidal, L., Zhou, Y., Krystallis, A., Tsalis, G., ... Deliza, R. (2016). Do we all perceive food-related wellbeing in the same way? Results from an exploratory cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, *52*, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.014>
- Aroeira, C. N., Torres Filho, R. A., Fontes, P. R., Gomide, L. A. M., Ramos, A. L. S., Ladeira, M. M., & Ramos, E. M. (2016). Freezing, thawing and aging effects on beef tenderness from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Meat Science*, *116*, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.006>
- AUS-MEAT. (2017). *Australian Beef Carcase Evaluation—Chiller Assessment, Version 8*; (p. Limited: Murarrie, QLD, Australia,). p. Limited: Murarrie, QLD, Australia,.
- Ba, H. Van, Park, K., Dashmaa, D., & Hwang, I. (2014). Effect of muscle type and vacuum chiller ageing period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef. *Animal Science Journal*, *85*(2), 164–173. <https://doi.org/10.1111/asj.12100>
- Baldassini, W., Coutinho, M., Rovadoscki, G., Menezes, B., Tagiariolli, M., Torrecilhas, J., ...

- Chardulo, L. A. (2023). Bos indicus Carcasses Suspended by the Pelvic Bone Require a Shorter Aging Time to Meet Consumer Expectations Regarding Meat Quality. *Foods*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/foods12050930>
- Banović, M., Grunert, K. G., Barreira, M. M., & Fontes, M. A. (2009). Beef quality perception at the point of purchase: A study from Portugal. *Food Quality and Preference*, 20(4), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.02.009>
- Bekhit, A. A., Hopkins, D. L., Geesink, G., Bekhit, A. A., & Franks, P. (2014). Exogenous Proteases for Meat Tenderization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(8), 1012–1031. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>
- Berri, C., Picard, B., Lebret, B., Andueza, D., Lefèvre, F., Le Bihan-Duval, E., ... Hocquette, J. F. (2019a). Predicting the quality of meat: Myth or reality? *Foods*, 8(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods8100436>
- Berri, C., Picard, B., Lebret, B., Andueza, D., Lefèvre, F., Le Bihan-Duval, E., ... Hocquette, J. F. (2019b). Predicting the quality of meat: Myth or reality? *Foods*, 8(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods8100436>
- Blanco, M., Ripoll, G., Delavaud, C., & Casasús, I. (2020). Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livestock Science*, 240(April), 104156. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104156>
- Boehm, M. L., Kendall, T. L., Thompson, V. F., & Goll, D. E. (2018). *Changes in the Calpains and Calpastatin During Postmortem Storage of Bovine Muscle 1 ABSTRACT* : (February).
- Boito, B., Lisbinski, E., Campo, M. D. M., Guerrero, A., Resconi, V., de Oliveira, T. E., & Barcellos, J. O. J. (2021a). Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. *Meat Science*, 172(April 2020), 108312. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108312>
- Boito, B., Lisbinski, E., Campo, M. D. M., Guerrero, A., Resconi, V., de Oliveira, T. E., & Barcellos, J. O. J. (2021b). Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. *Meat Science*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108312>
- Bonfatti, V., Albera, A., & Carnier, P. (2013). Genetic associations between daily BW gain and live fleshiness of station-tested young bulls and carcass and meat quality traits of commercial intact males in Piemontese cattle. *Journal of Animal Science*, 91(5), 2057–2066. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5386>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Farmer, L. J., Legrand, I., Wierzbicki, J., ...

- Gardner, G. E. (2016). The variation in the eating quality of beef from different sexes and breed classes cannot be completely explained by carcass measurements. *Animal*, *10*(6), 987–995. <https://doi.org/10.1017/S175173111500292X>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., ... Gardner, G. E. (2017). Untrained consumer assessment of the eating quality of beef: 1. A single composite score can predict beef quality grades. *Animal*, *11*(8), 1389–1398. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002305>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., ... Gardner, G. E. (2018). Review: The variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. *Animal*, *12*(11), 2434–2442. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000605>
- Bonny, Sarah P.F., Gardner, G. E., Pethick, D. W., & Hocquette, J. F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, *14*(2), 255–263. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60888-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60888-1)
- Bonny, Sarah P.F., O'Reilly, R. A., Pethick, D. W., Gardner, G. E., Hocquette, J. F., & Pannier, L. (2018). Update of Meat Standards Australia and the cuts based grading scheme for beef and sheepmeat. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(7), 1641–1654. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61924-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61924-0)
- Borgogno, M., Favotto, S., Corazzin, M., Cardello, A. V., & Piasentier, E. (2015). The role of product familiarity and consumer involvement on liking and perceptions of fresh meat. *Food Quality and Preference*, *44*, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.010>
- Caballero, B., Sierra, V., Oliván, M., Vega-Naredo, I., Tomás-Zapico, C., Alvarez-García, Ó., ... Coto-Montes, A. (2007). Activity of cathepsins during beef aging related to mutations in the myostatin gene. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *87*(2), 192–199. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2683>
- Calkins, C. R., Dutson, T. R., Smith, G. C., Carpenter, Z. L., & Davis, G. W. (1981). Relationship of Fiber Type Composition to Marbling and Tenderness of Bovine Muscle. *Journal of Food Science*, *46*(3), 708–710. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb15331.x>
- Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P., & Chambers IV, E. (2001). Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science*, *66*(2), 196–199.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb11315.x>

- Carlin, K. R. M., Huff-Lonergan, E., Rowe, L. J., & Lonergan, S. M. (2006). Effect of oxidation, pH, and ionic strength on calpastatin inhibition of μ - and m-calpain. *Journal of Animal Science*, *84*(4), 925–937. <https://doi.org/10.2527/2006.844925x>
- Cho, S., Kang, S. M., Seong, P., Kang, G., Kim, Y., Kim, J., ... Kim, S. (2016). Effect of aging time on physicochemical meat quality and sensory property of hanwoo bull beef. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *36*(1), 68–76. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.68>
- Chriki, S., Renand, G., Picard, B., Micol, D., Journaux, L., & Hocquette, J. F. (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, *155*(2–3), 424–434. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.009>
- Clinquart, A., Ellies-Oury, M. P., Hocquette, J. F., Guillier, L., Santé-Lhoutellier, V., & Prache, S. (2022). Review: On-farm and processing factors affecting bovine carcass and meat quality. *Animal*, *16*, 100426. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100426>
- Coles, C. A., Wadeson, J., Knight, M. I., Cafe, L. M., Johns, W. H., White, J. D., ... Mcdonagh, M. B. (2014). A disintegrin and metalloprotease-12 is type I myofiber specific in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, *92*(4), 1473–1483. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7069>
- Cooke, R. F., Daigle, C. L., Moriel, P., Smith, S. B., Luis O. Tedeschi, & Vendramini, J. M. B. (2020). Board Invited Review - Cattle adapted to tropical and subtropical environments (I): social, nutritional, and carcass quality considerations. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *40*(I), 10–13. Retrieved from 10.1093/gerona/gly169.
- Costa, N. V., Aboujaoude, C., Vieira, G. S., Paiva, V. V., Moraes Neto, R. A., Gondim, V. S., ... Antunes, R. C. (2015). Carcass and meat quality traits in Nellore and F1 Nellore-Araguaia crosses. *Genetics and Molecular Research*, *14*(2), 5379–5389. <https://doi.org/10.4238/2015.May.22.7>
- Dashdorj, D., Amna, T., & Hwang, I. (2015). Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. *European Food Research and Technology*, *241*(2), 157–171. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2449-3>
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Kim, Y., & Hwang, I. (2016). Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology*, *58*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40781-016->

0101-9

- de Andrade, T. S., Albertini, T. Z., Barioni, L. G., de Medeiros, S. R., Millen, D. D., Dos Santos, A. C. R., ... Lanna, D. P. D. (2020). Perception of consultants, feedlot owners, and packers regarding the optimal economic slaughter endpoint in feedlots: A national survey in Brazil (Part I). *Canadian Journal of Animal Science*, *100*(4), 745–758. <https://doi.org/10.1139/cjas-2019-0219>
- De Oliveira, I. M., Paulino, P. V. R., Marcondes, M. I., de Campos Valadares Filho, S., Cavali, J., Prados, L. F., ... Detmann, E. (2011). Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or ad libitum with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *40*(12), 2894–2902. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200037>
- De Souza Rodrigues, R. T., Chizzotti, M. L., Vital, C. E., Baracat-Pereira, M. C., Barros, E., Busato, K. C., ... Da Silva Martins, T. (2017). Differences in beef quality between Angus (*Bos taurus taurus*) and Nellore (*Bos taurus indicus*) cattle through a proteomic and phosphoproteomic approach. *PLoS ONE*, *12*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170294>
- Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, *15*(2), 137–146. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00041-7)
- Devlin, D. J., Gault, N. F. S., Moss, B. W., Tolland, E., Tollerton, J., Farmer, L. J., & Gordon, A. W. (2017a). Factors affecting eating quality of beef. *Advances in Animal Biosciences*, *8*(s1), s2–s5. <https://doi.org/10.1017/s2040470017001583>
- Devlin, D. J., Gault, N. F. S., Moss, B. W., Tolland, E., Tollerton, J., Farmer, L. J., & Gordon, A. W. (2017b). Factors affecting eating quality of beef. *Advances in Animal Biosciences*, *8*, s2–s5. <https://doi.org/10.1017/s2040470017001583>
- Dransfield, E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Science*, *36*(1–2), 105–121. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90037-X)
- Ellies-Oury, M.-P., Cantalapiedra-Hijar, G., Durand, D., Gruffat, D., Listrat, A., Micol, D., ... Picard, B. (2016). An innovative approach combining Animal Performances, nutritional value and sensory quality of meat. *Meat Science*, *122*, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.004>
- Ellies-Oury, M. P., Hocquette, J. F., Chriki, S., Conanec, A., Farmer, L., Chavent, M., &

- Saracco, J. (2020). Various statistical approaches to assess and predict carcass and meat quality traits. *Foods*, 9(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods9040525>
- Ellies-Oury, M. P., Lee, A., Jacob, H., & Hocquette, J. F. (2019). Meat consumption—what French consumers feel about the quality of beef? *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 646–656. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1551072>
- Farmer, L. J., & Farrell, D. T. (2018). Review: Beef-eating quality: A European journey. *Animal*, 12(11), 2424–2433. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001672>
- Ferreira, G. A., Barro, A. G., Terto, D. K., Bosso, E. B., dos Santos, É. R., Ogawa, N. N., & Bridi, A. M. (2024). Sensory quality of beef with different ultimate pH values – A Brazilian perspective. *Meat Science*, 209(November 2023), 109415. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109415>
- Frank, D., Ball, A., Hughes, J., Krishnamurthy, R., Piyasiri, U., Stark, J., ... Warner, R. (2016). Sensory and flavor chemistry characteristics of Australian beef: Influence of intramuscular fat, feed, and breed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(21), 4299–4311. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00160>
- Gagaoua, M., Terlouw, E. M. C., Micol, D., Hocquette, J. F., Moloney, A. P., Nuernberg, K., ... Picard, B. (2016). Sensory quality of meat from eight different types of cattle in relation with their biochemical characteristics. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(7), 1550–1563. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61340-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61340-0)
- Gerrard, D. E., & Grant, A. L. (2006). *Principles of animal growth and development* (Kendall/Hu).
- Gil, M., Serra, X., Gispert, M., Àngels Oliver, M., Sañudo, C., Panea, B., ... Piedrafita, J. (2001). The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of Longissimus thoracis from seven Spanish beef cattle breeds. *Meat Science*, 58(2), 181–188. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00150-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00150-9)
- Goll, D. E., Thompson, V. F., Li, H., Wei, W., & Cong, J. (2003). The calpain system. *Physiological Reviews*, 83(3), 731–801. <https://doi.org/10.1152/physrev.00029.2002>
- Goodman, C. A., Mabrey, D. M., Frey, J. W., Miu, M. H., Schmidt, E. K., Pierre, P., & Hornberger, T. A. (2011). Novel insights into the regulation of skeletal muscle protein synthesis as revealed by a new nonradioactive in vivo technique. *The FASEB Journal*,

- 25(3), 1028–1039. <https://doi.org/10.1096/fj.10-168799>
- Gorraiz, C., Beriain, M. J., Chasco, J., & Insausti, K. (2002). Effect of aging time on volatile compounds, odor, and flavor of cooked beef from Pirenaica and Friesian bulls and heifers. *Journal of Food Science*, 67(3), 916–922. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09428.x>
- Gotoh, T. (2003). Histochemical properties of skeletal muscles in Japanese cattle and their meat production ability. *Animal Science Journal*, 74(5), 339–354. <https://doi.org/10.1046/j.1344-3941.2003.00125.x>
- Grunert, K. G. (2006). Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Science*, 74(1), 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.016>
- Grunert, K. G., Bredahl, L., & Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. *Meat Science*, 66(2), 259–272. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X)
- Harris, S. E., Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M., Jones, W. R., & Rankins, D. (2001). Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef. *Journal of Animal Science*, 79(3), 666–677. <https://doi.org/10.2527/2001.793666x>
- Henchion, M. (2014). MEAT MARKETING | Market Requirements and Specifications. In M. Dikeman & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences (Second Edition)* (Second Edi, pp. 231–235). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00243-9>
- Henchion, M. M., McCarthy, M., & Resconi, V. C. (2017). Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives. *Meat Science*, 128, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.006>
- Hocquette, J.-F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., & Scollan, N. D. (2012). Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, 92(3), 197–209. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.007>
- Hocquette, J. F., Gondret, F., Baza, E., Mdale, F., Jurie, C., & Pethick, D. W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303–319. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991091>
- Hocquette, J. F., Meurice, P., Brun, J. P., Jurie, C., Denoyelle, C., Bauchart, D., ... Picard, B. (2011). The challenge and limitations of combining data: A case study examining the

- relationship between intramuscular fat content and flavour intensity based on the BIF-BEEF database. *Animal Production Science*, 51(11), 975–981. <https://doi.org/10.1071/AN10044>
- Holman, B. W. B., Fowler, S. M., & Hopkins, D. L. (2020). Red meat (beef and sheep) products for an ageing population: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 919–934. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14443>
- Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010a). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010b). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>
- Hunt, M. C., & Hedrick, H. B. (1977). Fiber Types and Related Properties Materials & Methods. *Journal of Food Science*, 42(2), 513–517.
- Hunt, M. R., Garmyn, A. J., O’Quinn, T. G., Corbin, C. H., Legako, J. F., Rathmann, R. J., ... Miller, M. F. (2014). Consumer assessment of beef palatability from four beef muscles from USDA Choice and Select graded carcasses. *Meat Science*, 98(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.004>
- Irueta, M., Cadoppi, A., Langman, L., Grigioni, G., & Carduza, F. (2008). Effect of aging on the characteristics of meat from water buffalo grown in the Delta del Paraná region of Argentina. *Meat Science*, 79(3), 529–533. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.010>
- Jenkins, K. H., Vasconcelos, J. T., Hinkle, J. B., Furman, S. A., de Mello, A. S., Senaratne, L. S., ... Calkins, C. R. (2011). Evaluation of performance, carcass characteristics, and sensory attributes of beef from finishing steers fed field peas. *Journal of Animal Science*, 89(4), 1167–1172. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2552>
- Jeong, D. W., Choi, Y. M., Lee, S. H., Choe, J. H., Hong, K. C., Park, H. C., & Kim, B. C. (2010). Correlations of trained panel sensory values of cooked pork with fatty acid composition, muscle fiber type, and pork quality characteristics in Berkshire pigs. *Meat*

- Science*, 86(3), 607–615. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.011>
- Jeremiah, L. E., & Gibson, L. L. (2003). The effects of postmortem product handling and aging time on beef palatability. *Food Research International*, 36(9–10), 929–941. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00102-9)
- Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F. R., Jongman, E. C., & Warner, R. D. (2019). Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre-slaughter stress, and its impact on beef quality: A review. *Meat Science*, 156, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.007>
- Kerth, C. R., & Miller, R. K. (2015). Beef flavor: A review from chemistry to consumer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2783–2798. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7204>
- Kim, Y. H. B., Ma, D., Setyabrata, D., Farouk, M. M., Lonergan, S. M., Huff-Lonergan, E., & Hunt, M. C. (2018). Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science*, 144(February), 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031>
- Kirchofer, K. S., Calkins, C. R., & Gwartney, B. L. (2002). Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80(11), 2872–2878. <https://doi.org/10.2527/2002.80112872x>
- Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, 74(1), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- Koohmaraie, Mohammad. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43(1), 193–201. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00065-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00065-4)
- Lage, J. F., Paulino, P. V. R., Filho, S. C. V., Souza, E. J. O., Duarte, M. S., Benedeti, P. D. B., ... Cox, R. B. (2012). Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. *Meat Science*, 90(3), 770–774. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.012>
- Lähteenmäki, L. (2013). Claiming health in food products. *Food Quality and Preference*, 27(2), 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.03.006>
- Laster, M. A., Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Miller, R. K., Griffin, D.

- B., ... Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*, *80*(3), 795–804. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.024>
- Lawrence, T., Fowler, V., & Novakofski, J. (2012). *Growth of Farm Animals* (3rd ed.; Oxford University Press, Ed.).
- Leal-Gutiérrez, J. D., Elzo, M. A., Johnson, D. D., Scheffler, T. L., Scheffler, J. M., & Mateescu, R. G. (2018). Association of μ -calpain and calpastatin polymorphisms with meat tenderness in a Brahman-Angus population. *Frontiers in Genetics*, *9*(FEB), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00056>
- Leal-Gutiérrez, J. D., & Mateescu, R. G. (2019). Genetic basis of improving the palatability of beef cattle: current insights. *Food Biotechnology*, *33*(3), 193–216. <https://doi.org/10.1080/08905436.2019.1616299>
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science*, *84*(2), 257–270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.004>
- Legrand, I., Hocquette, J. F., Polkinghorne, R. J., & Pethick, D. W. (2013). Prediction of beef eating quality in France using the Meat Standards Australia system. *Animal*, *7*(3), 524–529. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001553>
- Leighton, P. L. A., Pietrasik, Z., López-Campos, O., Rodas-González, A., Aalhus, J., & Prieto, N. (2023). Towards improving classification of Canadian dark-cutting beef carcasses: Consumer sensory evaluation. *Meat Science*, *195*(May 2022). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109008>
- Lepper-Blilie, A. N., Berg, E. P., Buchanan, D. S., & Berg, P. T. (2016). Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science*, *112*, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.017>
- Liu, J., Chriki, S., Ellies-Oury, M. P., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020). European conformation and fat scores of bovine carcasses are not good indicators of marbling. *Meat Science*, *170*(July), 108233. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108233>
- Liu, J., Ellies-Oury, M. P., Chriki, S., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020a). Contributions of tenderness, juiciness and flavor liking to overall liking of

- beef in Europe. *Meat Science*, *168*. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108190>
- Liu, J., Ellies-Oury, M. P., Chriki, S., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020b). Contributions of tenderness, juiciness and flavor liking to overall liking of beef in Europe. *Meat Science*, *168*(February), 108190. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108190>
- Ma, D., Kim, Y. H. B., Cooper, B., Oh, J. H., Chun, H., Choe, J. H., ... Min, B. (2017). Metabolomics Profiling to Determine the Effect of Postmortem Aging on Color and Lipid Oxidative Stabilities of Different Bovine Muscles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *65*(31), 6708–6716. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02175>
- Maltin, C. A., Delday, M. I., Sinclair, K. D., Steven, J., & Sneddon, A. A. (2001). Impact of manipulations of myogenesis in utero on the performance of adult skeletal muscle. *Reproduction*, *122*(3), 359–374. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1220359>
- Marino, R., Albenzio, M., della Malva, A., Santillo, A., Loizzo, P., & Sevi, A. (2013). Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science*, *95*(2), 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.009>
- Martinaud, A., Mercier, Y., Marinova, P., Tassy, C., Gatellier, P., & Renerre, M. (1997). Comparison of Oxidative Processes on Myofibrillar Proteins from Beef during Maturation and by different model oxidation Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*, 2481–2487.
- Martins, S., Jongen, W., Boekel, V., & Martinus, A. (2001). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science and Technology*, *11*, 364–373.
- Martins, T. S., Sanglard, L. M. P., Silva, W., Chizzotti, M. L., Ladeira, M. M., Serão, N. V. L., ... Duarte, M. S. (2017). Differences in skeletal muscle proteolysis in Nellore and Angus cattle might be driven by Calpastatin activity and not the abundance of Calpain/Calpastatin. *Journal of Agricultural Science*, *155*(10), 1669–1676. <https://doi.org/10.1017/S0021859617000715>
- Mateescu, R. G., Garrick, D. J., Garmyn, A. J., Vanoverbeke, D. L., Mafi, G. G., & Reecy, J. M. (2015). Genetic parameters for sensory traits in longissimus muscle and their associations with tenderness, marbling score, and intramuscular fat in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, *93*(1), 21–27. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8405>

- Mateescu, R. G., Oltenacu, P. A., Garmyn, A. J., Mafi, G. G., & VanOverbeke, D. L. (2016). Strategies to predict and improve eating quality of cooked beef using carcass and meat composition traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, *94*(5), 2160–2171. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0216>
- McCarthy, S. N., Henchion, M., White, A., Brandon, K., & Allen, P. (2017a). Evaluation of beef eating quality by Irish consumers. *Meat Science*, *132*(February), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.005>
- McCarthy, S. N., Henchion, M., White, A., Brandon, K., & Allen, P. (2017b). Evaluation of beef eating quality by Irish consumers. *Meat Science*, *132*(February), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.005>
- McGilchrist, P., Polkinghorne, R. J., Ball, A. J., & Thompson, J. M. (2019). The meat standards Australia index indicates beef carcass quality. *Animal*, *13*(8), 1750–1757. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003713>
- Miller, R. (2020). Drivers of consumer liking for beef, pork, and lamb: A review. *Foods*, *9*(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040428>
- Monsón, F., Sañudo, C., & Sierra, I. (2005a). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, *71*(3), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>
- Monsón, F., Sañudo, C., & Sierra, I. (2005b). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, *71*(3), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>
- Monteils, V., Sibra, C., Ellies-Oury, M. P., Botreau, R., De la Torre, A., & Laurent, C. (2017). A set of indicators to better characterize beef carcasses at the slaughterhouse level in addition to the EUROP system. *Livestock Science*, *202*, 44–51. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.017>
- Mueller, L. F., Balieiro, J. C. C., Ferrinho, A. M., Martins, T. da S., da Silva Corte, R. R. P., de Amorim, T. R., ... Pereira, A. S. C. (2019). Gender status effect on carcass and meat quality traits of feedlot Angus × Nellore cattle. *Animal Science Journal*, *90*(8), 1078–1089. <https://doi.org/10.1111/asj.13250>
- Nair, M. N., Canto, A. C. V. C. S., Rentfrow, G., & Suman, S. P. (2019). Muscle-specific effect of aging on beef tenderness. *Food Science and Technology*, *100*, 250–252.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.038>

- Neethling, N. E., Suman, S. P., Sigge, G. O., Hoffman, L. C., & Hunt, M. C. (2017). Exogenous and Endogenous Factors Influencing Color of Fresh Meat from Ungulates. *Meat and Muscle Biology*, *1*(1). <https://doi.org/10.22175/mmb2017.06.0032>
- Nishimura, T. (2010). The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Animal Science Journal*, *81*(1), 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00696.x>
- O'Connor, S. F., Tatum, J. D., Wulf, D. M., Green, R. D., & Smith, G. C. (1997). Genetic Effects on Beef Tenderness in *Bos indicus* Composite and *Bos taurus* Cattle. *Journal of Animal Science*, *75*(7), 1822–1830. <https://doi.org/10.2527/1997.7571822x>
- O'Quinn, T. G., Brooks, J. C., Polkinghorne, R. J., Garmyn, A. J., Johnson, B. J., Starkey, J. D., ... Miller, M. F. (2012). Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat levels. *Journal of Animal Science*, *90*(2), 626–634. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4282>
- O'Quinn, T. G., Woerner, D. R., Engle, T. E., Chapman, P. L., Legako, J. F., Brooks, J. C., ... Tatum, J. D. (2016). Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters. *Meat Science*, *112*, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.001>
- O'Quinn, Travis G., Brooks, J. C., & Miller, M. F. (2015). Consumer Assessment of Beef Tenderloin Steaks from Various USDA Quality Grades at 3 Degrees of Doneness. *Journal of Food Science*, *80*(2), S444–S449. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12775>
- O'Reilly, R. A., Pannier, L., Gardner, G. E., Garmyn, A. J., Luo, H., Meng, Q., ... Pethick, D. W. (2020). Influence of demographic factors on sheepmeat sensory scores of American, Australian and Chinese consumers. *Foods*, *9*(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040529>
- Pabiou, T., Fikse, W. F., Cromie, A. R., Keane, M. G., Näsholm, A., & Berry, D. P. (2011). Use of digital images to predict carcass cut yields in cattle. *Livestock Science*, *137*(1–3), 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.10.012>
- Peña, F., Avilés, C., Domenech, V., González, A., Martínez, A., & Molina, A. (2014). Effects of stress by unfamiliar sounds on carcass and meat traits in bulls from three continental beef cattle breeds at different ageing times. *Meat Science*, *98*(4), 718–725. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.021>
- Pereira, A. S. C., Baldi, F., Sainz, R. D., Utembergue, B. L., Chiaia, H. L. J., Magnabosco, C. U., ... Sobral, P. J. A. (2015). Growth performance, and carcass and meat quality traits in

- progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. *Animal Production Science*, 55(10), 1295–1302. <https://doi.org/10.1071/AN13505>
- Perry, N. (2012). Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 78–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.005>
- Pethick, D. W., Harper, G. S., Hocquette, J. F., & Wang, Y. (2006). Marbling biology - what do we know about getting fat into muscle? *Australian Beef - the Leader Conference*, 103–110.
- Pethick, D. W., Harper, G. S., & Oddy, V. H. (2004). Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(7), 705–715. <https://doi.org/10.1071/EA02165>
- Pethick, D. W., Hocquette, J. F., Scollan, N. D., & Dunshea, F. R. (2021). Review: Improving the nutritional, sensory and market value of meat products from sheep and cattle. *Animal*, 15, 100356. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100356>
- Pethick, David William, Polkinghorne, R. J., Tarr, G., & Wierzbicki, J. (2015). Prédiction de la qualité de la viande de ruminants. *Viandes & Produits Carnés*, (November).
- Phelps, K. J., Drouillard, J. S., Silva, M. B., Miranda, L. D. F., Ebarb, S. M., Van Bibber-Krueger, C. L., ... Gonzalez, J. M. (2016). Effect of extended postmortem aging and steak location on myofibrillar protein degradation and warner-bratzler shear force of beef M. semitendinosus steaks. *Journal of Animal Science*, 94(1), 412–423. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9862>
- Picard, B., Gagaoua, M., Al-Jammas, M., De Koning, L., Valais, A., & Bonnet, M. (2018). Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: Muscle type effect. *PeerJ*, 2018(6), 1–20. <https://doi.org/10.7717/peerj.4891>
- Pogorzelski, G., Pogorzelska-Nowicka, E., Pogorzelski, P., Póltorak, A., Hocquette, J. F., & Wierzbicka, A. (2022). Towards an integration of pre- and post-slaughter factors affecting the eating quality of beef. *Livestock Science*, 255(April 2021). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104795>
- Pogorzelski, G., Polkinghorne, R., Tarr, G., Póltorak, A., & Wierzbicka, A. (2021). Effect of “dry aging” or “wet aging” of beef on eating quality. *Animal Science Papers and Reports*, 39(3), 237–249.
- Pogorzelski, G., Woźniak, K., Polkinghorne, R., Póltorak, A., & Wierzbicka, A. (2020). Polish

- consumer categorisation of grilled beef at 6 mm and 25 mm thickness into quality grades, based on Meat Standards Australia methodology. *Meat Science*, 161(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107953>
- Polkinghorne, R. J., & Thompson, J. M. (2010). Meat standards and grading. A world view. *Meat Science*, 86(1), 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.010>
- Ramos, P. M., Scheffler, T. L., Beline, M., Bodmer, J., Gerrard, D. E., & Silva, S. L. (2024). Challenges and opportunities of using *Bos indicus* cattle to meet consumers' demand for quality beef. *Meat Science*, 207(October 2023), 109375. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109375>
- Rodas-González, A., Huerta-Leidenz, N., Jerez-Timaure, N., & Miller, M. F. (2009). Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels. *Meat Science*, 83(2), 218–223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.04.021>
- Santana Filho, N. B., Oliveira, R. L., Cruz, C. H., Leão, A. G., Ribeiro, O. L., Borja, M. S., ... Abreu, C. L. (2016). 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*, 96(10), 3590–3595. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7546>
- Santos, C., Moniz, C., Roseiro, C., Tavares, M., Medeiros, V., Afonso, I., ... Da Ponte, D. J. B. (2016). Effects of Early Post-Mortem Rate of pH fall and aging on Tenderness and Water Holding Capacity of Meat from Cull Dairy Holstein-Friesian Cows. *Journal of Food Research*, 5(2), 1. <https://doi.org/10.5539/jfr.v5n2p1>
- Santos, D., Monteiro, M. J., Voss, H.-P., Komora, N., Teixeira, P., & Pintado, M. (2021). The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review. *Livestock Science*, 250(May), 104573. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104573>
- Scheffler, T. L. (2022). Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle. *Animals*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
- Schnettler, B., Sepúlveda, N., Sepúlveda, J., Orellana, L., Miranda, H., Lobos, G., & Mora, M. (2014). Consumer preferences towards beef cattle in Chile : Importance of country of origin , cut , packaging , brand and price. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias de La Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1), 143–160.

- Seideman, S. C., Cross, H. R., Oltjen, R. R., & Schanbacher, B. D. (1982). Utilization of the Intact Male for Red Meat Production: A Review. *Journal of Animal Science*, 55(4), 826–840. <https://doi.org/10.2527/jas1982.554826x>
- Seideman, S. C., & Theer, L. K. (1986). Relationships of Instrumental Textural Properties and Muscle Fiber Types To the Sensory Properties of Beef. *Journal of Food Quality*, 9(4), 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1986.tb00795.x>
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology*, 13(12), 400–421. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00188-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00188-7)
- Severino, M., Gagaoua, M., Baldassini, W., Ribeiro, R., Torrecilhas, J., Pereira, G., ... Neto, O. M. (2022). Proteomics Unveils Post-Mortem Changes in Beef Muscle Proteins and Provides Insight into Variations in Meat Quality Traits of Crossbred Young Steers and Heifers Raised in Feedlot. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20). <https://doi.org/10.3390/ijms232012259>
- Smith, G. C., Tatum, J. D., & Belk, K. E. (2008). International perspective: Characterisation of United States Department of Agriculture and Meat Standards Australia systems for assessing beef quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1465–1480. <https://doi.org/10.1071/EA08198>
- Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Harris, K. B., Miller, R. K., Griffin, D. B., & Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*, 79(4), 631–639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.028>
- Strydom, P., Burrow, H., Polkinghorne, R., & Thompson, J. (2019). Do demographic and beef eating preferences impact on South African consumers' willingness to pay (WTP) for graded beef? *Meat Science*, 150(December 2018), 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.011>
- Tarrés, J., Fina, M., Varona, L., & Piedrafita, J. (2011). Carcass conformation and fat cover scores in beef cattle: A comparison of threshold linear models vs grouped data models. *Genetics Selection Evolution*, 43(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-43-16>
- Teye, G., & Okutu, I. (2009). Effect of ageing under tropical conditions on the eating qualities of beef. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(30), 1901–1913. <https://doi.org/10.18697/ajfand.30.3545>

- Thompson, J. (2002). Managing meat tenderness. *Meat Science*, 62(3), 295–308. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00126-2)
- Thompson, J. M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G. E., Johnston, D. J., & Pethick, D. W. (2006). Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*, 74(1), 59–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.022>
- Thompson, J. M., Polkinghorne, R., Hwang, I. H., Gee, A. M., Cho, S. H., Park, B. Y., & Lee, J. M. (2008). Beef quality grades as determined by Korean and Australian consumers. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1380–1386. <https://doi.org/10.1071/EA05111>
- Thompson, J., Polkinghorne, R., Gee, A., Motiang, D., Strydom, P., Mashau, M., ... Heather, B. (2010). *Beef palatability in the Republic of South Africa: implications for niche-marketing strategies*. 57.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1996). *Standards for grades of slaughter cattle and standards for grades of carcass beef*. (p. USDA, Washington, DC, USA). p. USDA, Washington, DC, USA.
- Veiseth-Kent, E., Pedersen, M. E., Rønning, S. B., & Rødbotten, R. (2018). Can postmortem proteolysis explain tenderness differences in various bovine muscles? *Meat Science*, 137(March 2017), 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.011>
- Venkata Reddy, B., Sivakumar, A. S., Jeong, D. W., Woo, Y. B., Park, S. J., Lee, S. Y., ... Hwang, I. (2015). Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. *Animal Science Journal*, 86(1), 1–16. <https://doi.org/10.1111/asj.12266>
- Wang, Q., Zhao, X., Ren, Y., Fan, E., Chang, H., & Wu, H. (2013). Effects of high pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak (*Poephagus grunniens*) body fat. *Meat Science*, 94(4), 489–494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.006>
- Warner, R. D. (2017). The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness. In *Lawrie's Meat Science: Eighth Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>
- Warner, R. D., Wheeler, T. L., Ha, M., Li, X., Bekhit, A. E. D., Morton, J., ... Zhang, W. (2021). Meat tenderness: advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and

- new technologies. *Meat Science*, 185, 108657. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108657>
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., & Wood, J. D. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78(3), 256–269. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.008>
- Watanabe, A., Kamada, G., Imanari, M., Shiba, N., Yonai, M., & Muramoto, T. (2015). Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. *Meat Science*, 107, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.004>
- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008a). Accessory Publication : MSA sensory testing protocols. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367.
- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008b). Accessory Publication : MSA sensory testing protocols. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367. https://doi.org/10.1071/EA07176_
- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008c). Consumer assessment of eating quality - Development of protocols for Meat Standards Australia (MSA) testing. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367. <https://doi.org/10.1071/EA07176>
- Watson, R., Polkinghorne, R., & Thompson, J. M. (2008). Development of the Meat Standards Australia (MSA) prediction model for beef palatability. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1368–1379. <https://doi.org/10.1071/EA07184>
- Whipple, G., & Koochmaraie, M. (1992). Effects of lamb age, muscle type, and 24-hour activity of endogenous proteinases on postmortem proteolysis. *Journal of Animal Science*, 70(3), 798–804. <https://doi.org/10.2527/1992.703798x>
- Wright, S. A., Ramos, P., Johnson, D. D., Scheffler, J. M., Elzo, M. A., Mateescu, R. G., ... Scheffler, T. L. (2018). Brahman genetics influence muscle fiber properties, protein degradation, and tenderness in an Angus-Brahman multibreed herd. *Meat Science*, 135, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.006>
- Yaylayan, V. A., Keyhani, A., & Wnorowski, A. (2000). Formation of sugar-specific reactive intermediates from ¹³C-labeled L- serines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*,

48(3), 636–641. <https://doi.org/10.1021/jf990687a>

Yeh, Y., Omaye, S. T., Ribeiro, F. A., Calkins, C. R., & de Mello, A. S. (2018). Evaluation of palatability and muscle composition of novel value-added beef cuts. *Meat Science*, 135(September 2017), 79–83. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.026>

Zenon, Pogorzelska-Przybyłek, P., Sobczuk-Szul, M., Nogalska, A., Modzelewska-Kapituła, M., & Purwin, C. (2018). Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 279–288. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1383861>

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Objetivou-se avaliar a qualidade sensorial da carne, por consumidores, de animais Nelore e cruzados, de diferentes cortes e tempos de maturação.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Avaliar as carcaças de animais Nelore e cruzados;
- b) Analisar o efeito das características de carcaça na qualidade sensorial por meio de testes com consumidores;
- c) Identificar o efeito da composição genética dos bovinos e da maturação na qualidade sensorial por meio de testes com consumidores;
- d) Analisar a preferência do consumidor em relação a diferentes tempos de maturação;
- e) Analisar a preferência do consumidor em relação a cortes distintos de animais Nelore e Brangus submetidos a diferentes tempos de maturação.

4 ARTIGO A – PERCEPÇÃO DOS CONSUMIDORES BRASILEIROS DA QUALIDADE SENSORIAL DA CARNE DE NOVILHAS NELORE E CRUZA ANGUS X NELORE EM DIFERENTES TEMPOS DE MATURAÇÃO

Resumo

A qualidade sensorial da carne bovina é influenciada por fatores como raça, sexo, idade, dieta e por tecnologias de processamento, como a maturação. A palatabilidade da carne submetida a maturação pode apresentar efeito das raças, afetando as preferências individuais dos consumidores. Este estudo avaliou a percepção sensorial de consumidores em relação à carne de 10 novilhas Nelore e 10 novilhas cruzadas (Angus x Nelore), submetidos a três períodos de maturação. As características de carcaça avaliadas incluíram espessura de gordura subcutânea (EGS), área de olho de lombo (AOL), escore de acabamento, peso de carcaça fria (PCF), marmoreio, ossificação, coloração da carne, coloração da gordura e altura do cupim. As amostras *Longissimus thoracis* foram maturadas por 5, 15 e 25 dias e foram realizadas análises sensoriais com consumidores conforme o protocolo *Meat Standard Austrália* (MSA). Foi realizada análise de variância com teste post-hoc, incluindo correção de *Bonferroni* avaliando efeito do grupo genético, maturação e interação. A relação entre tempos de maturação, grupo genético e classes atribuídas pelos consumidores foi avaliada por meio de uma análise de regressão logística. Houve efeito de grupo genético e maturação para todas as variáveis, no entanto não houve interação. Para Nelore, a maturação de 15 e 25 dias foi eficaz na melhoria sensorial, sendo que aos 25 dias essas carnes conseguiram se igualar em sabor e maciez. As chances de os consumidores escolherem “Excelente” ou “Muito boa” ao invés de “Insatisfatória” foi em média duas a três vezes maior, em ambos os grupos genéticos. O modelo de regressão para animais Nelore explicou 94% da variação na aceitabilidade global do consumidor, com sabor (0.42), maciez (0.27) e suculência (0.24). Para cruzados, a maturação afetou o modelo, que explicou 97% da variação na avaliação global. Os coeficientes da regressão foram 0,16, 0,52 e 0,29 para maciez, sabor e suculência, respectivamente, além de 0.008 pontos a cada dia de maturação. A carne de animais Nelore, quando maturada por 25 dias, se igualou a carne de animais cruzados em termos de maciez e sabor, porém não em suculência e aceitabilidade global. Isso indica que os consumidores ainda distinguem diferenças sensoriais entre os grupos, mesmo quando a carne de Nelore é proveniente de fêmeas jovens com características de carcaça desejáveis.

Palavras-chave: Aceitabilidade, Avaliação de carcaça, Carne maturada, Maciez, Qualidade de carne.

¹ Esta seção apresentará a versão do artigo que será submetida para publicação e segue as normas da revista *Meat Science*.

Abstract

The sensory quality of beef is influenced by factors such as breed, sex, age, diet, and processing technologies like maturation. The palatability of maturation-treated meat may vary across breeds, affecting individual consumer preferences. The objective of this article was to evaluate consumer sensory perception regarding Nelore and crossbred (Angus x Nelore) cattle meat subjected to three maturation periods. Ten Nelore heifer carcasses and 10 Angus x Nelore crossbred carcasses were evaluated. Carcass characteristics assessed included subcutaneous fat thickness (SFT), loin eye area (LEA), finishing score, cold carcass weight (CCW), marbling, ossification, meat color, fat color, and hump height. Longissimus thoracis samples were matured for 5, 15, and 25 days, and sensory analyses were conducted with consumers following the Meat Standards Australia (MSA) protocol. Consumers evaluated samples based on tenderness, flavor, juiciness, and overall acceptability. Finally, consumers classified samples as "Unsatisfactory," "Good for everyday," "Very good," and "Excellent." Principal Component Analysis (PCA) was conducted for each breed's carcass attributes. For sensory evaluation, analysis of variance was employed with post-hoc testing, including Bonferroni correction to assess the effects of genetic group, maturation, and interaction. The relationship between maturation times, genetic group, and consumer-assigned classes was evaluated through logistic regression analysis. The influence of tenderness, flavor, juiciness, and maturation variables on overall acceptability was examined through multiple regression analyses, considering each genetic group separately. There were effects of genetic group and maturation for all variables; however, there was no interaction. For Nelore, maturation was effective in sensory improvement, with these meats reaching similar sensory quality to crossbred animals at 25 days, which had sensory differences at 5 days. Regarding the assigned classification, when meats were matured, the chances of consumers choosing "Excellent" or "Very good" over unsatisfactory were on average two to three times higher in both groups. The regression model for Nelore animals explained 94% of the variation in consumer overall acceptability, with flavor (0.42), tenderness (0.27), and juiciness (0.24). For crossbreds, maturation affected the model, explaining 97% of the variation in global evaluation. Regression coefficients were 0.16, 0.52, and 0.29 for tenderness, flavor, and juiciness, respectively, in addition to 0.008 points for each day of maturation. Nelore meat, when matured for 25 days, matched crossbred meat in terms of tenderness and flavor but not in juiciness and overall acceptability. This indicates that consumers still distinguish sensory differences between the groups, even when Nelore meat comes from young females with desirable carcass characteristics.

Key-words: Acceptability, Carcass evaluation, Consumer sensory analysis, Meat aging, Meat quality, Tenderness.

1. Introdução

A satisfação do consumidor em relação a carne bovina é moldada pela sua maciez, sabor e suculência, e as características de palatabilidade da carne são consideradas entre os fatores mais importantes na determinação de valor que afetam a decisão de compra de carne (Savell et al., 1987; Smith, Tatum e Belk, 2008). Nesse sentido, para avaliar o impacto das características do produto na palatabilidade são recomendadas pesquisas envolvendo consumidores (Leighton et al., 2023).

No cenário mundial, existem duas subespécies principais de bovinos: *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* (Feliús et al., 2011). No Brasil, a raça Nelore, pertencente à subespécie *Bos taurus indicus*, é utilizada pelos produtores de gado de corte brasileiro e abastece boa parte do mercado interno e externo (Mueller et al., 2019). Em comparação aos taurinos, animais de raça Nelore apresentam carne menos macia, sendo necessário adotar estratégias para aprimorar atributos sensoriais, como a maciez (Lage et al., 2012). Uma prática comum para melhorar a qualidade sensorial da carne é o cruzamento com a raça Angus, que tende a melhorar as características da carcaça (Pogorzelski et al., 2022a), como por exemplo, a maior deposição de gordura.

A quantidade de gordura intramuscular ou marmoreio, é decisiva para a experiência do consumidor ao consumir carne bovina (Frank et al., 2016). A gordura não é definida como uma característica sensorial básica, mas confere à carne uma sensação na mastigação e lubrificação que poderiam melhorar a percepção de maciez e suculência, além de fornecer à carne um perfil de sabor e aromas (Miller, 2017).

No contexto da produção de carne no Brasil, a falta da padronização da qualidade da carne é um desafio devido à inconsistência na qualidade das carcaças dos bovinos Nelore, que compõem mais de 80% do rebanho nacional. A variação na qualidade sensorial da carne bovina é influenciada não apenas por fatores intrínsecos e produtivos (raça, sexo, idade, peso de abate,

dieta), mas também por fatores tecnológicos (refrigeração e, principalmente, tempo de maturação) (Monsón et al., 2005b). É importante mencionar que a maturação da carne é fundamental na melhoria da qualidade sensorial da carne (Perry, 2012), sendo praticada pela indústria global de carne. No entanto, ainda há uma lacuna na pesquisa da percepção sensorial do consumidor brasileiro a estas estratégias. Entender a eficácia e a aceitação pelo mercado é fundamental para orientar práticas futuras na indústria da carne

O processo de maturação úmida da carne envolve o armazenamento de cortes primários embalados a vácuo em baixa temperatura (Pogorzelski, Polkinghorne, Tarr, Póltorak, & Wierzbicka, 2021). Essa prática melhora maciez e suculência da carne (Nair et al., 2019; Perry, 2012), além de aprimorar o sabor (Gorraiz, Beriain, Chasco, & Insausti, 2002). Durante a maturação ocorre naturalmente a degradação enzimática de proteínas miofibrilares e citoesqueléticas, essenciais para a integridade estrutural das miofibrilas *in vivo* (Caballero et al., 2007). Esse processo proteolítico pós-morte varia entre as espécies (Caballero et al., 2007), afetando a maciez da carne bovina e contribuindo para diferenças observadas entre raças ou genótipos. Sendo assim, a raça deve ser levada em consideração ao avaliar as preferências dos consumidores de carne bovina ao longo da maturação (Monsón et al., 2005a).

Compreender o mecanismo de maturação e a percepção do consumidor a carne maturada nos permite prever e padronizar o produto final. Com isso, a indústria consegue oferecer produtos de alta qualidade, atendendo às preferências dos consumidores (Caballero et al., 2007).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar a percepção e a preferência sensorial de consumidores brasileiros com relação a carne proveniente de novilhas Nelores e cruzadas (Angus x Nelore), submetidas a três períodos de maturação.

2. Material e métodos

2.1 Animais

Foram analisadas as carcaças de 20 novilhas, sendo 10 animais de cruzamento Angus x Nelore e 10 da raça Nelore, com idades entre 18 e 24 meses e terminadas em confinamento. As fêmeas Nelore eram de confinamento com o objetivo de investigar uma categoria que apresentasse características de carcaça superiores. As carcaças avaliadas não representam a média encontrada na produção brasileira. O intuito foi avaliar se, com características de carcaça superiores, os bovinos Nelore apresentam qualidade da carne maturada equivalente ou superior aos animais cruzados, considerando a conhecida inconsistência de maciez em animais Zebu.

2.2 Avaliação de carcaças

Os animais foram abatidos em frigorífico comercial e a carcaça foi dividida ao meio longitudinalmente e pesada separadamente. Após 24 horas, as carcaças foram avaliadas por um técnico treinado pela metodologia desenvolvida pela empresa *Brazil Beef Quality*[®] que avalia pH, temperatura da carcaça, peso de carcaça fria (PCF), dentição, escore de acabamento, espessura de gordura subcutânea (EGS), grau ossificação, altura do cupim, cor da carne e gordura, área de olho de lombo (AOL) e escore de marmoreio.

Foram verificados a temperatura interna e o pH do músculo *Longissimus thoracis*, estabelecendo-se critérios avaliação da temperatura dentro do intervalo de 4°C a 8°C e de pH máximo de 5,8. Todas as carcaças avaliadas estavam em conformidade.

Para a avaliação da ossificação, foi pontuado o grau de ossificação nos processos espinhosos vertebrais, assim como a forma e cor dos ossos das costelas, variando de 100 a 590. Pontuações mais baixas indicam menor ossificação, enquanto pontuações mais altas indicam maior ossificação, refletindo a maturidade fisiológica dos animais.

A altura do cupim foi medida em intervalos de 5 mm, tomando como referência a linha formada pelas extremidades dorsais dos processos espinhosos e estendida cranialmente ao longo da borda dorsal do ligamento da nuca, através da superfície dorsal do músculo *Romboideus*.

As avaliações de marmoreio, cor da carne, cor da gordura, área de olho de lombo e espessura de gordura subcutânea foram realizadas no músculo *Longissimus thoracis*. Essas avaliações ocorreram após a secção da carcaça na interface da 12^a/13^a costela, seguindo um período de exposição ao oxigênio de vinte minutos. A avaliação da cor da carne e da gordura foram realizadas por meio da comparação com um padrão de referência adaptado da metodologia do Meat Standards Australia (AUS-MEAT., 2017). A cor da gordura foi avaliada em uma escala que variava de A1 a A8, sendo a última de coloração mais escura. A cor da carne foi avaliada em uma escala de B1 a B8 sendo a última de um vermelho mais escuro. A cor da gordura foi avaliada na região intermuscular lateral ao *Longissimus thoracis*, adjacente ao músculo *Iliocostalis*, enquanto a cor da carne foi avaliada no músculo *Longissimus thoracis*.

O marmoreio foi analisado com base em uma fotografia padrão adaptada do sistema *Meat Standards Australia* dividida em décimos para classificação, criando uma faixa de pontuação de 100 a 1100, com incrementos de 10 (AUS-MEAT., 2017).

A área de olho de lombo foi mensurada em centímetros quadrados com o uso de uma lâmina quadriculada (United States Department of Agriculture, 1996). A medição da espessura de gordura subcutânea foi realizada pela identificação do ponto ideal de $\frac{3}{4}$ ao longo do músculo. A espessura foi medida com um paquímetro perpendicular à costela, a partir do ponto de interface entre as camadas de gordura subcutânea e intermuscular (United States Department of Agriculture, 1996). A espessura mínima para avaliação foi estabelecida em 4 mm e todas as carcaças estavam em conformidade.

Após a desossa, amostras do *Longissimus thoracis* foram coletadas da meia carcaça esquerda (a mesma utilizada na avaliação), entre a 12^a e a 13^a costela (obtidas ao longo do eixo caudal-cranial), para análises sensoriais com consumidores.

2.2 Maturação

As amostras do *Longissimus thoracis* de cada carcaça foram seccionadas em dois bifes para cada um dos três tempos de maturação com 2,54 cm de espessura, colocados em sacos de poliamida/polietileno, selados a vácuo e identificados. Os bifes foram submetidos a processos de maturação por períodos de 5, 15 e 25 dias, mantidos em incubadora de demanda biológica de oxigênio (DBO) (TE-371, TECNAL, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a uma temperatura de 0 °C.

Após a maturação, os bifes foram congelados a -20 °C, preservando-os até o momento da realização das análises sensoriais.

2.3 Seleção dos consumidores

O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) pela Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Campus de Piracicaba (número CAAE: 68478017.9.0000.5395 data de aprovação: 20/11/2018).

Para realizar a análise sensorial, os participantes declararam ter idades entre 18 e 70 anos e consumir carne pelo menos uma vez por semana. As sessões ocorreram em três cidades do estado de São Paulo: Limeira, Piracicaba e Campinas, sendo 72 indivíduos de cada cidade, totalizando 216 consumidores, sendo 84 mulheres e 132 homens, ambos com média de idade de 35 anos. As idades variaram de 18 a 67 anos, sendo que 39% dos consumidores tinham de 18 a 30 anos, 30% de 31 a 40 anos e 31% maiores de 40 anos, sendo a idade máxima de 67 anos. Todos os participantes assinaram termo de consentimento antes da avaliação. Os consumidores

selecionados para o teste sensorial preencheram um questionário com questões socioeconômicas (ABEP, 2018), e de acordo com as informações foram agrupados nas seguintes categorias: Classe A (8.9%), Classe B (20%), Classe C (34.4%), Classe D (28.3%), e Classe E (8.4%).

2.4 Análise sensorial

As amostras foram descongeladas por 24 horas a 4°C em um refrigerador (Gelopar, GREP4PAI, São Paulo, Brasil) e mantidas refrigeradas até o preparo. Os bifes foram submersos em uma salmoura de 5% de NaCl por 10 segundos e grelhados em uma churrasqueira a gás (Char-Broil Signature 3Q—Infrared, Columbus, GA, EUA). A temperatura interna foi monitorada por termopares (ThermoPro, Modelo TP-16, Hong Kong, China), retirando os bifes da grelha ao atingirem 63 °C no centro geométrico. Após isso, os bifes foram cortados em subamostras (1,27 cm × 1,27 cm × 2,5 cm), guardados em recipientes fechados para manter a umidade e armazenados em estufas (49 °C) para controlar a temperatura antes de serem servidos.

A análise sensorial seguiu a metodologia descrita por Watson et al., 2008 utilizada pelo MSA, com um delineamento em quadrado latino equilibrado (6 × 6), considerando dois fatores de blocos: consumidores e ordem de avaliação (Watson, Gee, Polkinghorne, & Porter, 2008a).

Cada consumidor avaliou sete amostras, sendo que a primeira era uma amostra escolhida aleatoriamente e utilizada como amostra de referência (*standardised benchmark*), sendo a mesma para todos os consumidores. As avaliações desta amostra de referência não foi inserida no estudo. As outras seis amostras subsequentes representam o arranjo de dois grupos genéticos e três tempos de maturação. As amostras foram servidas simultaneamente em recipientes descartáveis em caixas pequenas de uso único (Brazil Beef Quality® Ltd., Piracicaba, São

Paulo, Brasil), com divisórias para impedir comparação visual entre as amostras e manter a temperatura durante a análise sensorial.

Os consumidores atribuíram notas de 0 a 100 em escalas hedônicas linear crescente não estruturadas para as características sabor e aceitabilidade global sendo 0 desgostei extremamente e 100 gostei extremamente. Para maciez e sabor foram utilizadas escalas não hedônicas de intensidade, sendo para maciez 0 equivalente a não macia e 100 muito macia. Para suculência a escala variava de 0 não suculenta pra 100 muito suculenta. Essa avaliação foi realizada utilizando um *tablet* de 10 polegadas com o software *Sensory Meat* v.1.6 (Brazil Beef Quality® Ltd., Piracicaba, São Paulo, Brasil).

Após a avaliação, os consumidores categorizaram as amostras como 1: insatisfatórias, 2: boa para o dia a dia, 3: muito boas ou 4: excelentes. As notas atribuídas pelos consumidores foram utilizadas para calcular o índice MQ4 (Thompson et al., 2010). Esse índice expressa a qualidade alimentar por meio de uma pontuação calculada como a média ponderada de maciez (30%), suculência (10%), sabor (30%) e aceitabilidade global (30%) ($MQ4 = \text{maciez} \times 0,3 + \text{suculência} \times 0,1 + \text{sabor} \times 0,3 + \text{aceitabilidade global} \times 0,3$).

2.4 Análise estatística

Para as características de carcaças foram conduzidas Análise de Componentes Principais (PCA) para cada grupo genético. No contexto das variáveis de resposta dos consumidores, como maciez, sabor, suculência e aceitabilidade global, uma análise de variância (ANOVA) a dois fatores (grupo genético e maturação) foi realizada, acompanhada de um *teste post hoc* (Tukey HSD) com correção de *Bonferroni* para comparações em pares. O modelo considerou grupo genético (Nelore ou cruzados), tempo de maturação (5, 15 e 25 dias) e sessão como efeitos fixos, enquanto o consumidor foi tratado como efeito aleatório. O nível de

significância foi estabelecido em $p < 0,05$ após a correção de *Bonferroni*. Termos de interação para composição genética \times maturação também foram avaliados, conforme o modelo:

$$Y = \mu + C + SS + R + M + R \times M + e$$

Onde Y é a característica de interesse (características sensoriais); μ é a média geral; C é o consumidor, SS é a sessão, R é o efeito da composição genética; M é o efeito da maturação; $R \times M$ é o efeito da interação; e é o erro aleatório.

Para avaliar a classificação final do consumidor foi realizada uma análise de regressão logística, em que o modelo incluiu o tempo de maturação, o grupo genético e a sessão. A adequação do modelo foi avaliada por meio Critério de informação de Akaike (AIC) além da significância de cada variável. Em caso de significância utilizou-se a Razão de Chance (RC) para comparação das respostas duas a duas.

Para avaliar a influência das variáveis de maciez, sabor, suculência e maturação na aceitabilidade global, realizou-se uma matriz de correlação entre essas variáveis e uma análise de regressão múltipla para cada grupo genético. Todas as análises foram executadas utilizando o software estatístico Jamovi® (Projeto Jamovi, versão 2.2).

3. Resultados e discussão

3.1 Características de carcaça

A Tabela 1 apresenta as características de carcaça de animais Nelore e animais cruzados. Essa descrição visa caracterizar os dois grupos genéticos avaliados no estudo.

Tabela1. Medidas da carcaça de fêmeas Nelore (n = 10) e fêmeas cruzadas terminadas em confinamento (n = 10).

Variáveis	Nelore	Angus x Nelore	p-valor
Ossificação (pts)	199,70 ± 73,83	169,26 ± 16,32	<,001
PCF, (kg)	232,71 ± 5,15	231,22 ± 3,18	<,001
pH (48 h)	5,35 ± 0,04	5,35 ± 0,06	0,97
Cor da carne ^A	3,11 ± 1,11	3,70 ± 0,98	<,001
Cor da gordura ^A	3,33 ± 0,47	3,33 ± 0,47	0,98
Dentição (un)	0,66 ± 0,94	2,00 ± 0,03	<,001
Altura do cupim (mm)	52,24 ± 4,10	30,00 ± 0,30	<,001
EGS (mm)	7,22 ± 1,89	7,48 ± 2,81	0,06
AOL (cm ²)	57,87 ± 5,95	64,15 ± 7,42	<,001
Marmoreio ^A	367,78 ± 127	324,15 ± 69,84	0,03

EGS: Espessura de gordura subcutânea, AOL:Área de olho de lombo, PCF: Peso de carcaça fria, ^A Avaliação por escore de acordo com padrão de referência *Aus-Meat*. Pts: pontuação.

As fêmeas Nelore apresentaram maior grau de ossificação, altura de cupim, PCF e marmoreio. No entanto, as fêmeas cruzadas tiveram um maior número de dentes permanentes, indicando maior idade cronológica, maior AOL e coloração de carne mais escura.

Animais Nelore exibiram uma média de ossificação equivalente a animais com cerca de 30 meses de idade, mesmo apresentando dentição correspondente a animais mais jovens, com até 20 meses. Essa diferença entre a maturidade fisiológica e cronológica demonstra a importância em considerar diversos aspectos para uma avaliação mais precisa do desenvolvimento dos animais. Animais Nelore apresentaram um grau maior de marmoreio, no entanto, ambas as médias são consideradas na escala da Brazil Beef Quality® entre 300-400 pontos, que indica uma classificação de marmoreio mediano.

3.1.2 Análise de componentes principais:

A análise e interpretação dos resultados do Tabela 2 e do gráfico de Análise de Componentes Principais (PCA) para as características de carcaças de animais Nelore (Figura 1) mostram a presença de grupos e padrões de correlação entre as variáveis examinadas. Os dois primeiros componentes explicam 53,2% da variância total, indicando que eles capturam uma porção substancial da informação presente nos dados. Esse percentual de variância explicada sugere que a dimensionalidade dos dados pode ser significativamente reduzida ao reter apenas esses dois componentes principais, mantendo ainda uma quantidade considerável de informação. Componentes subsequentes apresentam valores próprios mais baixos, indicando que sua contribuição para a variação total é menor. A redução para dois componentes foi utilizada afim de simplificar modelos, facilitar a visualização dos dados em um espaço bidimensional representados na Figura 3.

O primeiro componente principal, responsável por explicar 31,2% da variação total nos dados, é influenciado positivamente pela AOL, pH, indicando que, à medida que a AOL aumenta, o pH também aumenta. Em contraste, EGS e PCF tem contribuições negativas neste componente. A proximidade entre a EGS e o marmoreio sugere associação entre as variáveis e que à medida que a EGS aumenta, o marmoreio tende a aumentar.

Tabela 2: Resultados da Análise de Componentes Principais: Valores Próprios, Percentagem de Variância Explicada e Variância Acumulada para animais Nelore.

Componente	Valor próprio	Variância explicada (5%)	Variância acumulada (%)
1	280,79	311,99	31,2
2	197,70	219,67	53,2
3	140,85	156,50	68,8
4	100,00	111,11	79,9
5	0,90	100,51	90,0
6	0,61	68,28	96,8
7	0,28	31,29	99,9
8	0,01	0,06	100,0
9	0,00	0,00	100,0

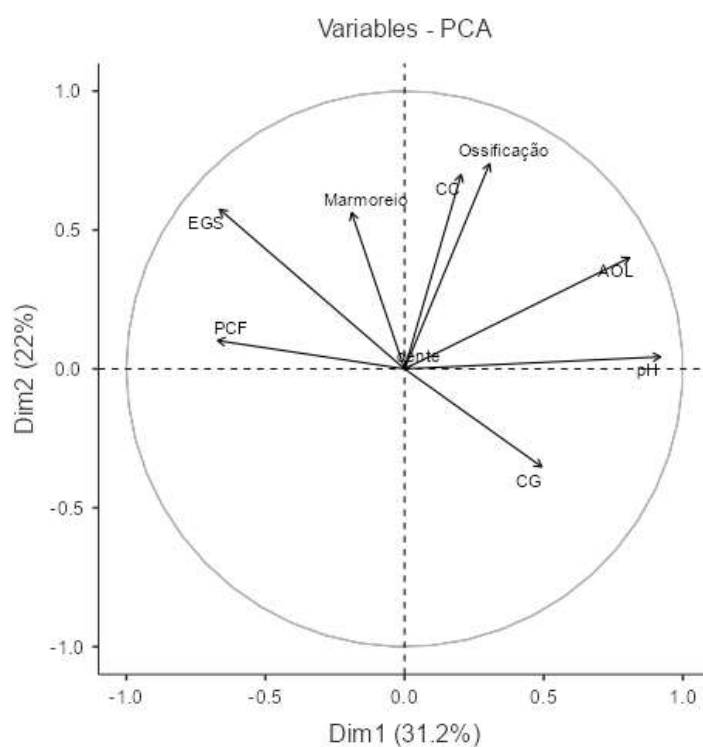


Figura 1. Análise de componentes principais para as características de carcaça de animais Nelore.

EGS: Espessura de gordura subcutânea, AOL: Área de olho de lombo, PCF: Peso de carcaça fria, CC: Cor da carne, CG: Cor da gordura.

Quanto ao segundo componente principal, que representa 22% da variação total, a CC e a Ossificação apresentam cargas fortes e positivas, além de estarem próximas, indicando correlação entre elas. Isso sugere uma relação em conjunto e positiva entre essas duas variáveis, indicando que carcaças com maior ossificação tendem a apresentar uma coloração mais escura. O marmoreio tem uma contribuição com carga forte e positiva no componente 2. As variáveis EGS e CG estão em lados opostos demonstrando ter uma correlação inversa entre elas, sendo assim a maior nota de CG são atribuídas a menores EGS.

Ao considerar animais cruzados Angus x Nelore (Figura 2), as características se comportam de maneiras distintas dos animais Nelore em termos de força explicativa nos principais componentes. Os dois primeiros componentes explicam 61,3% da variância total, indicando que eles capturam uma porção substancial da informação presente nos dados. Esse percentual de variância explicada sugere que a dimensionalidade dos dados pode ser significativamente reduzida ao reter apenas esses dois componentes principais, mantendo ainda uma quantidade considerável de informação.

O primeiro componente explica 35,3% da variação dos dados e destaca a uma forte contribuição positiva de fatores como CG, AOL e CC. Em contrapartida o Marmoreio tem contribuição forte e negativa neste componente. A proximidade entre marmoreio e a EGS confirma a associação entre eles e demonstrando uma associação inversa entre essas variáveis nesse componente com o pH.

Essas observações sugerem que o componente está relacionado à composição da carcaça, pois animais com mais marmoreio são mais precoces, com estrutura corporal menor e depositam menos massa muscular, resultando em carcaças com menor AOL. Isso reafirma o tipo de animais usados no experimento, que são animais fêmeas, conhecidos por serem mais precoces, conseqüentemente menos pesados e com padrões de distribuição de marmoreio e espessura de gordura subcutânea mais vantajosos.

Tabela 3: Resultados da Análise de Componentes Principais: Valores Próprios, Percentagem de Variância Explicada e Variância Acumulada para animais cruzados.

Componente	Valor próprio	Variância explicada (5%)	Variância acumulada (%)
1	317,49	352,76	35,3
2	234,24	260,27	61,3
3	121,19	134,65	74,8
4	103,80	115,33	86,3
5	0,60	67,00	93,0
6	0,31	35,25	96,5
7	0,27	30,15	99,5
8	0,03	0,40	100,0
9	0,01	0,05	100,0

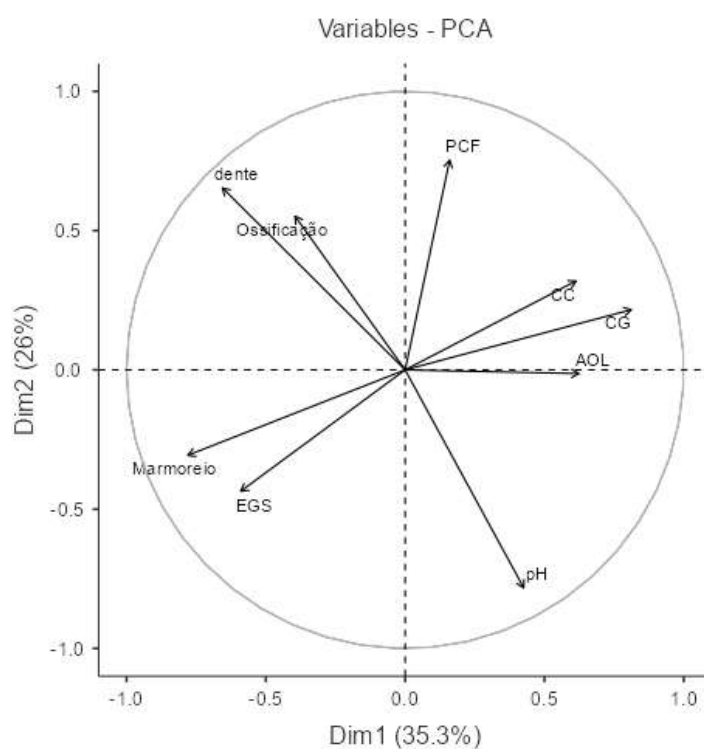


Figura 2. Análise de componentes principais para as características de carcaça de animais cruzados.

EGS: Espessura de gordura subcutânea, AOL: Área de olho de lombo, PCF: Peso de carcaça fria, CC: Cor da carne, CG: Cor da gordura.

No componente 2, responsável por 26% da variação dos dados identifica-se a proximidade entre a dentição e ossificação indicando forte associação. Essas suas características são fortemente associadas pois ambas mensuram a idade dos animais, sendo uma medida cronológica (dentição) e outra fisiológica (ossificação). O PCF e a ossificação são as variáveis com maiores cargas fortes e positivas neste componente 2, sendo então um componente explicado por características de desempenho produtivo e de idade dos animais.

A variação nas contribuições das características nos componentes principais sugere que as características de carcaças se relacionam umas com as outras de formas distintas em cada grupo genético. Essas diferenças podem refletir adaptações genéticas específicas. A compreensão detalhada de como as características de carcaça se comportam é essencial para guiar estratégias de produção e seleção, visando otimizar a qualidade da carne.

Características como marmoreio, PCF e pontuação de ossificação, quando combinadas para representar a taxa de crescimento, têm impacto na pontuação de palatabilidade no esquema de classificação MSA (Sistema de Avaliação de Carne da Austrália). Todas essas características, em especial o grau de ossificação das carcaças, tem efeito comprovados no modelo de predição da palatabilidade no MSA, isso destaca a importância dessas características na determinação da qualidade sensorial (Watson, et al., 2008).

3.2 Análise Sensorial

As variáveis maciez, sabor, suculência e aceitabilidade global apresentaram efeito isolado de maturação e composição genética, porém não houve interação entre esses efeitos em nenhuma variável (Tabela 4).

A maciez da carne aumentou gradativamente com o tempo de maturação nos dois grupos estudados. A carne de fêmeas Nelore submetidas a 5 e 15 dias de maturação foi menos macia do que a de animais cruzados submetidas aos mesmos períodos. No entanto, aos 25 dias de

maturação, os consumidores não relataram diferença na maciez entre os dois grupos. De forma geral, observou-se um aumento de 18% na maciez da carne proveniente de animais Nelore e 13,3% nos animais cruzados, ao longo do período de 5 a 25 dias de maturação.

Tabela 4. Valores médios e desvio padrão da maciez, suculência, sabor, aceitabilidade global e MQ4 da carne de animais Nelore e cruzados Angus x Nelore submetidos a 5, 15 e 25 dias de maturação.

Variáveis	Angus x Nelore			Nelore			<i>p-valor</i>		
	Tempos de maturação								
	5 dias	15 dias	25 dias	5 dias	15 dias	25 dias	R	M	RxM
Maciez	66,2 ± 10,1 ^c	69,9 ± 8,78 ^b	76,5 ± 8,62 ^a	61 ± 14,3 ^d	65,7 ± 13,4 ^c	74,4 ± 11,9 ^a	<,001	<,001	0.109
Sabor	64,7 ± 7,93 ^b	66,8 ± 9,08 ^b	75,8 ± 6,48 ^a	64,2 ± 8,86 ^b	65,7 ± 9,43 ^b	74,2 ± 7,5 ^a	0,006	<,001	0.542
Suculência	63,2 ± 7,21 ^{de}	67 ± 8,16 ^c	73,7 ± 7,48 ^a	61,9 ± 9,89 ^c	65,8 ± 11,4 ^{cd}	71,3 ± 9,05 ^b	<0,001	<,001	0.452
Aceitabilidade	65,7 ± 7,68 ^d	69,1 ± 8,14 ^c	77,8 ± 6,48 ^a	65,3 ± 9,66 ^d	67,5 ± 10,7 ^{cd}	75,6 ± 7,65 ^b	<,001	<,001	0.195
MQ4	65,5 ± 8,03 ^c	68,8 ± 8,33 ^b	76,5 ± 7,02 ^a	63 ± 10,9 ^d	66,2 ± 11,4 ^c	74,4 ± 9,16 ^a	<0,001	<,001	0.908

MQ4 = maciez x 0,3 + suculência x 0,1 + sabor x 0,3 + aceitabilidade global x 0,3 ; R: raça ; M: maturação. R: efeito da composição genética, M: efeito da maturação, R x M: interação. Valores crescentes sabor e aceitabilidade global: 0= desgostei extremamente e 100=gostei extremamente. Maciez: 0 = a não macia e 100 = muito macia. Suculência = 0 não suculenta e 100 = muito suculenta.

A maciez é uma característica complexa resultante das propriedades individuais do músculo e da resposta ao processamento durante a conversão do músculo em carne (Wright et al., 2018). Esse atributo é influenciado por fatores genéticos, como a elevada atividade da

calpastatina em gado *Bos taurus indicus*, resultando em carne mais dura (Wright et al., 2018). Durante a maturação, a interação complexa entre calpaínas e catepsinas desempenha um papel no amaciamento da carne, variando entre raças e genótipos (Sentandreu et al., 2002). Raças de *Bos taurus taurus*, como a Angus, geralmente produzem carne mais macia devido à menor presença de calpastatina, que inibe a calpaína, enzima proteolítica que tornam a carne mais macia durante a maturação (Gil et al., 2001). Além disso, as diferentes proporções de fibras musculares entre raças, como a presença de mais fibras musculares mistas e de contração rápida em *Bos taurus indicus*, contribuem para a variação na maciez, embora o efeito específico do tipo de fibra seja considerado baixo (Chriki et al., 2013; De Oliveira et al., 2011). Neste caso, mesmo animais Nelore tendo um maior nível de marmoreio, as diferenças na interação enzimática entre os grupos se sobressaíram. Sendo assim, os consumidores são capazes de perceber diferença na maciez entre os grupos até um período de 15 dias de maturação, e com a preferência pela carne de animais cruzados. Contudo, para fêmeas Nelore a maturação de 25 dias demonstrou eficácia em alcançar níveis de maciez semelhantes aos da carne proveniente de animais cruzados.

Para a variável sabor, os consumidores não mostraram diferença no gostar ao aumentar a maturação de 5 para 15 dias nos dois grupos. Além disso, quando os grupos foram submetidos ao mesmo período de maturação, os consumidores tiveram a mesma percepção de gostar so sabor. A maturação de 5 dias em animais Nelore não diferiu em sabor dos animais cruzados aos 15 dias. Entretanto, para ambos os grupos, houve um aumento na nota atribuída para sabor, de acordo com a percepção dos consumidores, ao estender a maturação de 5 para 25 dias e de 15 para 25 dias. De 5 à 25 dias de maturação, as notas de sabor para animais cruzados apresentaram uma melhoria de 14,6%, enquanto para animais Nelore a melhoria foi de 13,5%.

O sabor apresentou diferenças menos expressivas entre os grupos e tempos de maturação, se comparados a maciez. Embora houvesse diferença entre o escore de marmoreio

das carcaças, os grupos pertenciam a classes próximas de classificação de marmoreio, o que pode explicar a consistência no sabor entre elas. Entretanto, ao longo do processo de maturação, observou-se uma alteração na percepção do sabor que agradou mais aos consumidores nos dois grupos, o que é comum, uma vez que o sabor da carne tende a evoluir com o tempo de maturação. O sabor umami/carne da carne maturada, que agradou aos consumidores, é resultado da interação complexa entre aminoácidos sulfurados, ácido aspártico e ácido glutâmico, compostos de nucleotídeos e dipeptídeos β -histidílicos (Dashdorj, Amna e Hwang, 2015).

No decorrer do processo de maturação, ocorrem melhorias no sabor e aroma da carne, resultantes da liberação de compostos associados ao paladar. Dentre esses compostos, destacam-se os nucleotídicos, os fragmentos de açúcares vinculados à reação de *Maillard*, como a glicose, e outros compostos voláteis relacionados ao sabor, tais como n-aldeídos e cetonas, englobando produtos correlacionados à oxidação lipídica (S. Martins et al., 2001). Além disso, durante a maturação prolongada são liberados ácidos graxos livres, que reagem com proteínas e outros precursores que afetam o sabor da carne maturada (Wang et al., 2013).

Esses resultados indicam que carnes com níveis próximos de marmoreio, mas não muito elevados, tendem a agradar mais os consumidores com processo de maturação, nos dois grupos estudados. Em estudos anteriores foram demonstrados que o sabor característico da carne bovina marmorizada tem uma base físico-química e não se deve apenas a efeitos da influência das outras variáveis da sensorial (Frank et al., 2016). Sendo assim, no atributo sabor, os consumidores têm preferência para o maior tempo de maturação, neste caso de 25 dias, independente do grupo.

A suculência da carne aumentou com o aumento do tempo de maturação em ambos os grupos analisados. De 5 aos 25 dias de maturação houve um aumento de 16,6% nas notas das avaliações para animais cruzados, enquanto para animais Nelore, registrou-se um aumento de 13,6%. Aos 5 dias os consumidores não notaram diferença de suculência entre os grupos, assim

como aos 15 dias de maturação, a carne proveniente de animais Nelore não diferiu da carne de animais aos 5 e 15 dias. No entanto, aos 25 dias de maturação, os consumidores notaram diferença entre os grupos, dando uma pontuação mais alta para a suculência da carne de fêmeas cruzadas.

Estudos anteriores demonstraram o impacto positivo da maturação na suculência de bifos de carne bovina (Teye & Okutu, 2009), destacando a correlação positiva entre a maciez sensorial e a suculência (Baldassini et al., 2023; Liu, et al., 2020a). A melhoria na maciez durante a maturação pode influenciar positivamente a percepção de outros aspectos da palatabilidade, como a suculência. Alguns estudos propuseram que a melhoria da maciez poderia melhorar a suculência percebida da carne, e vice-versa (Hughes, Oiseth, Purslow, & Warner, 2014; Jenkins et al., 2011). No entanto, a melhoria da suculência durante a maturação também pode estar associada à perda de capacidade de retenção de água, permitindo maior liberação de suco durante a mastigação (Campbell et al., 2001).

Para a aceitabilidade global, houve um aumento de 15,5% nas notas das avaliações dos 5 aos 25 dias de maturação para animais cruzados, e para animais Nelore um aumento de 13,6%. Essa tendência de aumento de médias com o aumento do tempo de maturação indica que os consumidores começam a gostar ainda mais da carne com o aumento da sua maturação, o que está alinhada com as avaliações em outros aspectos, indicando uma resposta lógica consistente por parte dos consumidores.

Não houve diferença na aceitabilidade global da carne de fêmeas Nelore entre os tempos de 5 e 15 dias, porém as demais diferenças foram percebidas para ambos os grupos (5 para 25 e 15 para 25). No entanto, assim como para suculência, os consumidores atribuíram a maior média para a carne proveniente de animais cruzados aos 25 dias de maturação. A aceitação global pode estar associada à maciez, independentemente do tipo de animal (Gagaoua et al., 2016), no entanto todos os atributos tem contribuição na avaliação final dos consumidores.

Para o índice MQ4, as médias também aumentaram de acordo com o tempo de maturação em ambos os grupos. Animais cruzados apresentaram médias maiores que animais Nelore submetidos ao mesmo tempo de maturação até os 15 dias. Porém, aos 25 dias as médias do índice MQ4 foram iguais. Observou-se um aumento de 14,4% nos índices calculados para animais Angus x Nelore, enquanto para animais Nelore o aumento foi de 15,3%.

O índice MQ4 relata a importância dos atributos sensoriais da carne bovina na determinação da qualidade geral do produto. Esse índice deve estar alinhado com a percepção que os consumidores apresentaram nas avaliações separadas (Watson et al., 2008a; Thompson et al., 2010). Isto realça a importância de testes contínuos aos consumidores para garantir que as notas permanecem ligadas às expectativas dos consumidores (Watson et al., 2008a; Thompson et al., 2010).

A composição genética dos bovinos deve ser levada em consideração ao avaliar as preferências dos consumidores de carne bovina ao longo do processo de maturação (Mateescu et al., 2016). Porém, as diferenças na qualidade sensorial da carne entre grupos genéticos podem ser evidentes ao comparar extremos em qualidade de carcaça ou em menores tempos de maturação. Neste estudo com consumidores foi demonstrado a maciez e o sabor podem se igualar a um maior tempo de maturação (25 dias), mesmo diante de diferenças nas características de carcaça. No entanto, a carne de animais cruzados aos 25 dias ainda é considerada superior em termos de suculência e aceitabilidade global, sugerindo a influência da utilização de cruzamentos mesmo em períodos maiores de maturação.

Quando as preferências dos consumidores estão claras a indústria pode ajustar a qualidade dos seus produtos afim atender as preferências do mercado (Schnettler et al., 2014). Essas preferências dos consumidores em relação à qualidade do produto são influenciadas pela memória das boas experiências em conjunto com as características visuais que acreditam refletir sua qualidade (Banović et al., 2009; J.-F. Hocquette et al., 2012). No entanto, é fundamental

realizar análises sensoriais constantes para entender se o que o consumidor e o mercado considera qualidade corresponde às suas preferências sensoriais.

Razão de chances

A tabela 5 apresenta a frequência e a porcentagem da distribuição das classificações separadas por Grupo genético, Tempos de maturação e a interação Raça x Maturação. Para a classificação das amostras não houve efeito do grupo genético e nem da interação entre grupo genético e maturação, porém houve efeito de maturação.

Tabela 5 – Frequência e porcentagem (%) da classificação atribuída pelos consumidores testados nos modelos de regressão logística.

Variável	Classificação	Angus x Nelore	Nelore	p-valor	
R	1	58 (13%)	70 (16%)	0,09	
	2	210 (47%)	118 (27%)		
	3	22 (5%)	136 (31%)		
	4	155 (35%)	119 (27%)		
M		5	15	25	<0,01
	1	61 (14 %)	38 (9%)	29 (7%)	
	2	151 (36%)	153 (35%)	124 (29%)	
	3	133 (31%)	166 (38%)	159 (37%)	
	4	79 (19%)	75 (17%)	120 (28%)	
R x M		5	15	25	0,23
Angus x Nelore	1	26 (12%)	18 (8%)	25 (12%)	
	2	71 (33%)	72 (33%)	57 (26%)	
	3	65 (31%)	85 (39%)	64 (30%)	
	4	50 (24 %)	41 (19%)	70 (32%)	
Nelore	1	35 (17%)	20 (9%)	15 (7%)	
	2	70 (33%)	81 (38%)	67 (31%)	
	3	70 (33%)	81 (38%)	85 (39%)	
	4	36 (17%)	34 (16%)	49 (23%)	

M: maturação. R: efeito da composição genética, M: efeito da maturação, R x M: interação 1: insatisfatórias, 2: boa para o dia a dia, 3: muito boas ou 4: excelentes.

As razões de chance (RC) representam o aumento relativo nas chances de um evento ocorrer em relação a outro evento (classificação 1: insatisfatório, em relação a 2: bom para o dia a dia, na maturação 5 vs 15 por exemplo).

Tabela 6 – Razão de chances (RC) associadas à classificação de acordo a maturação.

Classificação	RC	RC	RC
	5 vs 15	5 vs 25	15 vs 25
1 vs 2	1.62	1.98	1.06
1 vs 3	2.04	0.76	1.25
1 vs 4	1.53	3.21	2.10
2 vs 3	1.23	0.44	1.18
2 vs 4	1.06	1.86	1.07
3 vs 4	0.76	1.27	1.31

1: insatisfatórias, 2: boa para o dia a dia, 3: muito boas ou 4: excelentes.

De forma geral, as classes atribuídas foram as melhores para os maiores tempos de maturação, seguindo a tendência de que a maturação agradou aos consumidores (Tabela 6). Ou seja, houve uma maior chance dos consumidores responderem 1:Insatisfatório em relação a 2: bom para o dia a dia; 3: muito bom; 4: excelente quando a maturação foi 5 vs de 15 e 25. O mesmo padrão ocorreu para a resposta 2: bom para o dia a dia em relação a 3: muito bom e 4: excelente e 3: muito bom em relação a 4: excelente. Por exemplo, ao analisar as categorias 1:insatisfatória e 2:boa para o dia-a-dia, observa-se que a RC 1:insatisfatória aos 5 dias é 1,62 vezes maior do que aos 15 dias e 1.98 maior do que aos 25 dias. Em outras palavras, prolongar o tempo de maturação para 25 dias pode dobrar as chances de uma carne considerada inadequada pelo consumidor ser aceitável para o consumo diário.

Em outra perspectiva, a probabilidade do consumidor considerar que a qualidade sensorial da carne foi 1:insatisfatória em vez de 4:excelente aos 5 dias é 1,53 vezes maior do

que aos 15 dias e 3,21 vezes maior do que aos 25 dias. Da mesma forma, ao comparar os períodos de 15 e 25 dias de maturação, houve uma chance 2,10 maior de os consumidores considerarem essa carne 1:insatisfatória em vez de 4:excelente. Observou-se que o tempo de maturação de 25 dias triplicou a chance de uma carne considerada insatisfatória ser percebida como excelente pelos consumidores.

A chance de escolher 2:boa para o dia a dia em vez de 4: excelente em 5 dias é quase duas vezes maior que em 25 dias (RC=1.86). Conclui-se que uma carne considerada adequada para o consumo diário, se submetida a 25 dias de maturação, tende a aumentar em até 2 vezes a chance de ser classificada como 4:excelente ou 3:muito boa. Os resultados da análise indicam que o tempo de maturação da carne influencia a percepção dos consumidores, com tempos mais longos associados a uma maior probabilidade de classificação mais alta.

3.3 Matriz de correlação entre as variáveis da análise sensorial

A Figura 3 exibe a matriz de correlação entre as características sensoriais para animais Nelore. Observaram-se correlações lineares positivas entre todas as variáveis, com coeficientes variando de 0,82 a 0,93 ($p < 0,001$), indicando correlações fortes. Esses resultados estão de acordo com outros autores que reportaram correlações fortes entre maciez, suculência, sabor e aceitabilidade global, com valores de 0,63 a 0,86 para consumidores poloneses (Pogorzelski, Woźniak, Polkinghorne, Póltorak, & Wierzbicka, 2020) e de 0,70 a 0,99 para consumidores Australianos (J. M. Thompson et al., 2008). No caso das novilhas Nelore, as correlações de aceitabilidade global com maciez, sabor e suculência foram próximas, registrando 0,92, 0,93 e 0,93, respectivamente.

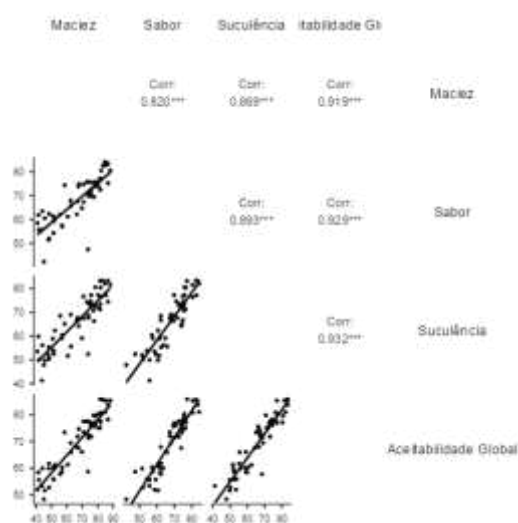


Figura 3. Matriz de correlações entre cada par de variáveis (Maciez, Sabor, Suculência) para animais Nelore.

*** indicam que a correlação é significativa no nível de 0.001 ($P < 0.001$).

A matriz de correlação para animais cruzados é apresentada na Figura 4. Assim como para animais Nelore, as correlações foram fortes, com coeficientes variando de 0,81 a 0,94. No entanto, a maior correlação com aceitabilidade global foi encontrada para sabor (0,94), seguida por suculência (0,92), enquanto a menor correlação foi para maciez (0,88).

Estudos anteriores, como o de O'Quinn et al., (2012), relataram que o sabor estava fortemente correlacionado com a aceitabilidade global (0,88) mais do que com maciez (0,76) e suculência (0,73). Resultados semelhantes foram obtidos por Hunt et al., (2014), que ilustraram que a aceitabilidade global era a característica mais associada ao sabor (0,85). Em uma pesquisa anterior conduzida por Liu et al. (2020), as correlações se assemelharam aos resultados desta pesquisa para animais cruzados, onde o coeficiente de correlação com aceitabilidade global mais alto foi observado com sabor, (0,95), porém seguido de maciez (0,91) e suculência (0,84). Além disso, esses resultados estão de acordo com um estudo onde o sabor foi o atributo mais importante que contribui para a aceitabilidade global da carne bovina (Miller, 2020).

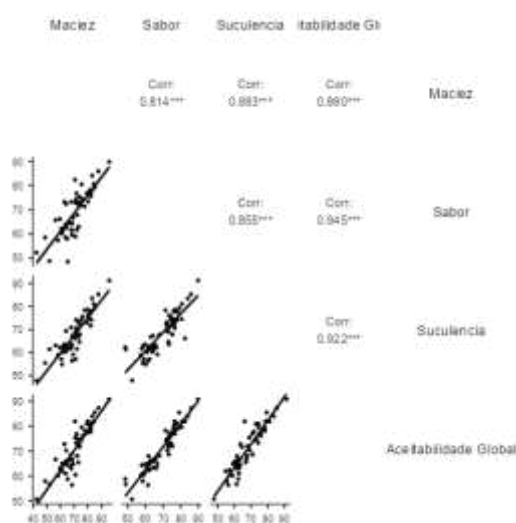


Figura 4. Matriz de correlações entre cada par de variáveis (Maciez, Sabor, Suculência) para animais cruzados.

*** indicam que a correlação é significativa no nível de 0.001 ($P < 0.001$)

3.4 Regressão Múltipla

3.4.1 Nelore

Os modelos apresentados na Tabela 7 mostram os resultados da regressão dos parâmetros sensoriais de maciez, suculência, sabor e maturação na aceitabilidade global do consumidor para animais Nelore. Para a construção dos Modelos 1–4, a aceitabilidade global foi considerada uma variável independente e a maciez, a suculência, sabor e maturação foram as variáveis dependentes separadamente. Para a construção do modelo 5 foram consideradas maciez, sabor, suculência e maturação.

Tabela 7. Regressão múltipla de parâmetros sensoriais e maturação sobre a aceitabilidade global de carcaças Nelore.

Aceitabilidade Global	Intercepto	Maciez	Sabor	Coeficiente		R ²	R ² ajustado	RMSE	p-valor
				Suculência	Maturação				
Modelo 1	24,86	0,66***	-	-	-	0,844	0,844	4,11	< .001
Modelo 2	1,70	-	0,96***	-	-	0,862	0,862	2,60	< .001
Modelo 3	10,33	-	-	0,89***	-	0,869	0,869	2,40	< .001
Modelo 4	61,71	-	-	-	0,51***	0,869	0,870	3,76	< .001
Modelo 5	6,4	0,26***	0,42***	0,24***	0,007	0,947	0,947	2,39	< .001
Padronizada		0,37	0,40	0,26	0,005	0,947	0,947	2,39	< .001

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$.

Considerando as variáveis isoladas (Modelos 1–4), a maciez apresentou o menor R² (0.844). No entanto, todos apresentaram valores R² próximos de 1. O Modelo 5 explicou 94% da variação na aceitabilidade global incluindo as variáveis sensoriais e maturação, no entanto para animais Nelore, a maturação não foi significativa neste modelo. Ao analisar a equação padronizada, obtivemos 94% da variação na avaliação geral e pode ser explicada pela equação aceitabilidade global = 0,37 Maciez + 0,40 Sabor + 0,26 suculência + 0,005 maturação, indicando que, para cada alteração de 1 unidade no sabor, o impacto é maior na aceitabilidade global do que maciez ou a suculência.

Resultados semelhantes foram encontrados com carcaças de animais Nelore avaliadas por consumidores brasileiros, onde a equação delineou 92% da relação entre a avaliação global e os atributos de maciez, suculência e sabor, conforme expresso pela fórmula: avaliação global

= 0,31 x Maciez + 0,33 x Suculência + 0,33 x Sabor (Ferreira et al., 2024). Todos os fatores são relevantes para uma avaliação de qualidade sensorial, pois a aceitação da carne também é condicionada pela aceitabilidade individual de cada um desses atributos (Santos et al., 2021). É aceito que a carne mais macia e suculenta é preferida, porém as preferências em relação ao sabor podem variar por fatores culturais (Santos et al., 2021).

3.4.2 *Angus x Nelore*

Os modelos de análise de regressão múltipla para animais cruzados são apresentados na Tabela 8 exibindo os resultados da regressão dos parâmetros sensoriais de maciez, suculência, sabor e maturação na aceitabilidade global do consumidor. Nos Modelos 1-4, a aceitabilidade global foi considerada uma variável dependente, enquanto a maciez, suculência, sabor e maturação foram as variáveis independentes.

Ao examinar as variáveis da sensorial isoladamente (Modelos 1-4), a maciez demonstrou o menor R^2 (0.77), seguido por sabor e suculência com valores próximos (0.92 e 0.95, respectivamente), ambos elevados e próximos de 1. A inclusão da maturação na regressão para animais cruzados apresentou efeito no modelo, indicando que a maturação teve um efeito na aceitabilidade global, com um R^2 de 0.97.

A análise da equação padronizada revelou que 97% da variação na avaliação global pode ser explicada pela equação de aceitabilidade global = 0.16 Maciez + 0.52 Sabor + 0.29 Suculência + 0.008 Maturação (dias). Isso indica que, para cada alteração de 1 unidade no sabor, o impacto é maior na aceitabilidade global do que na maciez e suculência. Nesse contexto, assim como em animais Nelore, o sabor exerceu uma influência ainda maior na aceitabilidade global, acompanhado pela diminuição da importância da maciez na equação.

Tabela 8. Regressão múltipla de parâmetros sensoriais e maturação sobre a aceitabilidade global de carcaças de animais cruzados.

Aceitabilidade Global	Maciez	Sabor	Suculência	Maturação	R ²	R ² ajustado	RMS E	p-valor	
	Intercepto	Coeficiente							
Modelo 1	15,08	0,79***	-	-	-	0,774	0,774	4,28	< .001
Modelo 2	7,15	-	0,92***	-	-	0,893	0,893	2,94	< .001
Modelo 3	6,35	-	-	0,95***	-	0,851	0,853	2,08	< .001
Modelo 4	61,78	-	-	-	0,60***	0,299	0,298	7,55	< .001
Modelo 5	3,4	0,14***	0,51***	0,30***	0,08***	0,951	0,951	1,99	< .001
Padronizada		0,16	0,52	0,29	0,08	0,975	0,951	1,99	< .001

* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < .001$.

Neste contexto, observa-se que a pontuação de aceitabilidade global aumenta em 0.08 a cada dia de maturação. Portanto, a realização de um maior número de dias de maturação está associada a uma maior aceitação por parte dos consumidores.

O principal impulsionador da satisfação do consumidor é o sabor, conforme indicado por Goodson et al. (2002), uma vez que esse atributo explicou 75% da variação na palatabilidade da carne. Em estudo onde avaliou-se a relação entre as características sensoriais foi relatada que o sabor é o principal fator da variabilidade na aceitabilidade global (Liu et al., 2020). Além disso, em carnes com uma maior intensidade de sabor (como por exemplo carnes maturadas), ou com baixa variabilidade de maciez, a aceitação global pode estar mais correlacionada com o sabor (Santos et al., 2021).

A aceitabilidade do consumidor em alguns casos pode estar relacionado à maciez, visto que um bife não macio é geralmente mal recebido (O'Quinn et al., 2012; Polkinghorne &

Thompson, 2010). Porém, conforme a maciez melhora, a contribuição do sabor para a aceitação global aumenta (Liu et al., 2020b). Essa dinâmica no comportamento desses atributos torna desafiador determinar qual característica, se sabor ou maciez, tem maior contribuição para a aceitação global da carne.

Essa complexidade pode explicar a variação no efeito da maciez na aceitabilidade global em diferentes grupos genéticos, sendo que para animais cruzados, a importância da maciez é menor em comparação com animais Nelore, enquanto o sabor ganhou maior destaque na equação para animais cruzados.

O efeito de cada atributo da carne bovina na determinação da qualidade sensorial foi demonstrado na Austrália, com mudanças nas ponderações para maciez, suculência, sabor no sistema MSA ao longo do tempo (Polkinghorne & Thompson, 2010; Watson et al., 2008). Sendo assim, compreender a contribuição desses atributos é essencial para o desenvolvimento da carne bovina que atenda às expectativas dos consumidores.

4. Conclusão

Os consumidores percebem diferenças sensoriais entre os grupos genéticos estudados submetidos à maturação, mesmo quando a carne dos animais Nelore é proveniente de fêmeas jovens e com maior marmoreio. Embora a carne de fêmeas Nelore maturada por 25 dias tenha se igualado a carne de animais cruzados em termos de maciez e sabor, a suculência e aceitabilidade global carne de animais cruzados aos 25 dias tiveram maiores médias. A análise detalhada das categorias de satisfação do consumidor demonstra que a maturação de 25 dias triplica a chance de uma carne considerada insatisfatória ser percebida como excelente pelos consumidores após a maturação. No entanto, a maturação não teve efeito no modelo que a aceitabilidade global para animais Nelore e o sabor foi o de maior contribuição nos modelos

apresentados para os dois grupos genéticos, portanto, a percepção do efeito da maturação aceitabilidade global da carne de fêmeas Nelore ainda não é clara e para os consumidores.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor. Além disso, reconhecemos o apoio da *Brazil Beef Quality* por disponibilizar as instalações necessárias, mão de obra e carne para este estudo.

Referências

- ABEP. (2018). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA.
- Acebrón, L. B., & Dopico, D. C. (2000). The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: an empirical application for beef. Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). The Chain of Effects from Brand Trust and Brand Affect to Brand Performance: The Role of Brand Love. *Food Quality and Preference*, 11(3), 229–238.
- Acheson, R. J., Woerner, D. R., & Tatum, J. D. (2014). Effects of USDA carcass maturity on sensory attributes of beef produced by grain-finished steers and heifers classified as less than 30 months old using dentition. *Journal of Animal Science*, 92(4), 1792–1799. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7553>
- Anderson, M. J., Lonergan, S. M., Fedler, C. A., Prusa, K. J., Binning, J. M., & Huff-Lonergan, E. (2012). Profile of biochemical traits influencing tenderness of muscles from the beef round. *Meat Science*, 91(3), 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.022>
- Ardeshiri, A., & Rose, J. M. (2018). How Australian consumers value intrinsic and extrinsic attributes of beef products. *Food Quality and Preference*, 65(October), 146–163. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.018>

- Ares, G., Giménez, A., Vidal, L., Zhou, Y., Krystallis, A., Tsalis, G., ... Deliza, R. (2016). Do we all perceive food-related wellbeing in the same way? Results from an exploratory cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, *52*, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.014>
- Aroeira, C. N., Torres Filho, R. A., Fontes, P. R., Gomide, L. A. M., Ramos, A. L. S., Ladeira, M. M., & Ramos, E. M. (2016). Freezing, thawing and aging effects on beef tenderness from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Meat Science*, *116*, 118–125. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.006>
- AUS-MEAT. (2017). *Australian Beef Carcase Evaluation—Chiller Assessment, Version 8*; (p. Limited: Murarrie, QLD, Australia.), p. Limited: Murarrie, QLD, Australia.,
- Ba, H. Van, Park, K., Dashmaa, D., & Hwang, I. (2014). Effect of muscle type and vacuum chiller ageing period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef. *Animal Science Journal*, *85*(2), 164–173. <https://doi.org/10.1111/asj.12100>
- Baldassini, W., Coutinho, M., Rovadoscki, G., Menezes, B., Tagiariolli, M., Torrecilhas, J., ... Chardulo, L. A. (2023). *Bos indicus* Carcasses Suspended by the Pelvic Bone Require a Shorter Aging Time to Meet Consumer Expectations Regarding Meat Quality. *Foods*, *12*(5). <https://doi.org/10.3390/foods12050930>
- Banović, M., Grunert, K. G., Barreira, M. M., & Fontes, M. A. (2009). Beef quality perception at the point of purchase: A study from Portugal. *Food Quality and Preference*, *20*(4), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.02.009>
- Bekhit, A. A., Hopkins, D. L., Geesink, G., Bekhit, A. A., & Franks, P. (2014). Exogenous Proteases for Meat Tenderization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *54*(8), 1012–1031. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>
- Berri, C., Picard, B., Lebret, B., Andueza, D., Lefèvre, F., Le Bihan-Duval, E., ... Hocquette,

- J. F. (2019a). Predicting the quality of meat: Myth or reality? *Foods*, 8(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods8100436>
- Berri, C., Picard, B., Lebret, B., Andueza, D., Lefèvre, F., Le Bihan-Duval, E., ... Hocquette, J. F. (2019b). Predicting the quality of meat: Myth or reality? *Foods*, 8(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods8100436>
- Blanco, M., Ripoll, G., Delavaud, C., & Casasús, I. (2020). Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livestock Science*, 240(April), 104156. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104156>
- Boehm, M. L., Kendall, T. L., Thompson, V. F., & Goll, D. E. (2018). *Changes in the Calpains and Calpastatin During Postmortem Storage of Bovine Muscle I ABSTRACT* : (February).
- Boito, B., Lisinski, E., Campo, M. D. M., Guerrero, A., Resconi, V., de Oliveira, T. E., & Barcellos, J. O. J. (2021a). Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. *Meat Science*, 172(April 2020), 108312. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108312>
- Boito, B., Lisinski, E., Campo, M. D. M., Guerrero, A., Resconi, V., de Oliveira, T. E., & Barcellos, J. O. J. (2021b). Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. *Meat Science*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108312>
- Bonfatti, V., Albera, A., & Carnier, P. (2013). Genetic associations between daily BW gain and live fleshiness of station-tested young bulls and carcass and meat quality traits of commercial intact males in Piemontese cattle. *Journal of Animal Science*, 91(5), 2057–2066. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5386>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Farmer, L. J., Legrand, I., Wierzbicki, J., ... Gardner, G. E. (2016). The variation in the eating quality of beef from different sexes and breed classes cannot be completely explained by carcass measurements. *Animal*, 10(6), 987–995. <https://doi.org/10.1017/S175173111500292X>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., ...

- Gardner, G. E. (2017). Untrained consumer assessment of the eating quality of beef: 1. A single composite score can predict beef quality grades. *Animal*, *11*(8), 1389–1398. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002305>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., ... Gardner, G. E. (2018). Review: The variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. *Animal*, *12*(11), 2434–2442. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000605>
- Bonny, Sarah P.F., Gardner, G. E., Pethick, D. W., & Hocquette, J. F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, *14*(2), 255–263. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60888-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60888-1)
- Bonny, Sarah P.F., O'Reilly, R. A., Pethick, D. W., Gardner, G. E., Hocquette, J. F., & Pannier, L. (2018). Update of Meat Standards Australia and the cuts based grading scheme for beef and sheepmeat. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(7), 1641–1654. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61924-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61924-0)
- Borgogno, M., Favotto, S., Corazzin, M., Cardello, A. V., & Piasentier, E. (2015). The role of product familiarity and consumer involvement on liking and perceptions of fresh meat. *Food Quality and Preference*, *44*, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.010>
- Caballero, B., Sierra, V., Oliván, M., Vega-Naredo, I., Tomás-Zapico, C., Alvarez-García, Ó., ... Coto-Montes, A. (2007). Activity of cathepsins during beef aging related to mutations in the myostatin gene. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *87*(2), 192–199. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2683>
- Calkins, C. R., Dutson, T. R., Smith, G. C., Carpenter, Z. L., & Davis, G. W. (1981). Relationship of Fiber Type Composition to Marbling and Tenderness of Bovine Muscle. *Journal of Food Science*, *46*(3), 708–710. <https://doi.org/10.1111/j.1365->

2621.1981.tb15331.x

- Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P., & Chambers IV, E. (2001). Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science*, *66*(2), 196–199. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb11315.x>
- Carlin, K. R. M., Huff-Lonergan, E., Rowe, L. J., & Lonergan, S. M. (2006). Effect of oxidation, pH, and ionic strength on calpastatin inhibition of μ - and m-calpain. *Journal of Animal Science*, *84*(4), 925–937. <https://doi.org/10.2527/2006.844925x>
- Cho, S., Kang, S. M., Seong, P., Kang, G., Kim, Y., Kim, J., ... Kim, S. (2016). Effect of aging time on physicochemical meat quality and sensory property of hanwoo bull beef. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *36*(1), 68–76. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.68>
- Chriki, S., Renand, G., Picard, B., Micol, D., Journaux, L., & Hocquette, J. F. (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, *155*(2–3), 424–434. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.009>
- Clinquart, A., Ellies-Oury, M. P., Hocquette, J. F., Guillier, L., Santé-Lhoutellier, V., & Prache, S. (2022). Review: On-farm and processing factors affecting bovine carcass and meat quality. *Animal*, *16*, 100426. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100426>
- Coles, C. A., Wadeson, J., Knight, M. I., Cafe, L. M., Johns, W. H., White, J. D., ... Mcdonagh, M. B. (2014). A disintegrin and metalloprotease-12 is type I myofiber specific in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, *92*(4), 1473–1483. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7069>
- Cooke, R. F., Daigle, C. L., Moriel, P., Smith, S. B., Luis O. Tedeschi, & Vendramini, J. M. B. (2020). Board Invited Review - Cattle adapted to tropical and subtropical environments (I): social, nutritional, and carcass quality considerations. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *40*(I), 10–13. Retrieved from 10.1093/gerona/gly169.

- Costa, N. V., Aboujaoude, C., Vieira, G. S., Paiva, V. V., Moraes Neto, R. A., Gondim, V. S., ... Antunes, R. C. (2015). Carcass and meat quality traits in Nellore and F1 Nellore-Araguaia crosses. *Genetics and Molecular Research*, *14*(2), 5379–5389. <https://doi.org/10.4238/2015.May.22.7>
- Dashdorj, D., Amna, T., & Hwang, I. (2015). Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. *European Food Research and Technology*, *241*(2), 157–171. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2449-3>
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Kim, Y., & Hwang, I. (2016). Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology*, *58*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>
- de Andrade, T. S., Albertini, T. Z., Barioni, L. G., de Medeiros, S. R., Millen, D. D., Dos Santos, A. C. R., ... Lanna, D. P. D. (2020). Perception of consultants, feedlot owners, and packers regarding the optimal economic slaughter endpoint in feedlots: A national survey in Brazil (Part I). *Canadian Journal of Animal Science*, *100*(4), 745–758. <https://doi.org/10.1139/cjas-2019-0219>
- De Oliveira, I. M., Paulino, P. V. R., Marcondes, M. I., de Campos Valadares Filho, S., Cavali, J., Prados, L. F., ... Detmann, E. (2011). Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or ad libitum with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *40*(12), 2894–2902. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200037>
- De Souza Rodrigues, R. T., Chizzotti, M. L., Vital, C. E., Baracat-Pereira, M. C., Barros, E., Busato, K. C., ... Da Silva Martins, T. (2017). Differences in beef quality between Angus (*Bos taurus taurus*) and Nellore (*Bos taurus indicus*) cattle through a proteomic and phosphoproteomic approach. *PLoS ONE*, *12*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170294>

- Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, *15*(2), 137–146. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00041-7)
- Devlin, D. J., Gault, N. F. S., Moss, B. W., Tolland, E., Tollerton, J., Farmer, L. J., & Gordon, A. W. (2017a). Factors affecting eating quality of beef. *Advances in Animal Biosciences*, *8*(s1), s2–s5. <https://doi.org/10.1017/s2040470017001583>
- Devlin, D. J., Gault, N. F. S., Moss, B. W., Tolland, E., Tollerton, J., Farmer, L. J., & Gordon, A. W. (2017b). Factors affecting eating quality of beef. *Advances in Animal Biosciences*, *8*, s2–s5. <https://doi.org/10.1017/s2040470017001583>
- Dransfield, E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Science*, *36*(1–2), 105–121. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90037-X)
- Ellies-Oury, M.-P., Cantalapiedra-Hijar, G., Durand, D., Gruffat, D., Listrat, A., Micol, D., ... Picard, B. (2016). An innovative approach combining Animal Performances, nutritional value and sensory quality of meat. *Meat Science*, *122*, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.004>
- Ellies-Oury, M. P., Hocquette, J. F., Chriki, S., Conanec, A., Farmer, L., Chavent, M., & Saracco, J. (2020). Various statistical approaches to assess and predict carcass and meat quality traits. *Foods*, *9*(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods9040525>
- Ellies-Oury, M. P., Lee, A., Jacob, H., & Hocquette, J. F. (2019). Meat consumption—what French consumers feel about the quality of beef? *Italian Journal of Animal Science*, *18*(1), 646–656. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1551072>
- Farmer, L. J., & Farrell, D. T. (2018). Review: Beef-eating quality: A European journey. *Animal*, *12*(11), 2424–2433. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001672>
- Ferreira, G. A., Barro, A. G., Terto, D. K., Bosso, E. B., dos Santos, É. R., Ogawa, N. N., & Bridi, A. M. (2024). Sensory quality of beef with different ultimate pH values – A Brazilian perspective. *Meat Science*, *209*(November 2023), 109415.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109415>

Frank, D., Ball, A., Hughes, J., Krishnamurthy, R., Piyasiri, U., Stark, J., ... Warner, R. (2016).

Sensory and flavor chemistry characteristics of Australian beef: Influence of intramuscular fat, feed, and breed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(21), 4299–4311.

<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00160>

Gagaoua, M., Terlouw, E. M. C., Micol, D., Hocquette, J. F., Moloney, A. P., Nuernberg, K.,

... Picard, B. (2016). Sensory quality of meat from eight different types of cattle in relation with their biochemical characteristics. *Journal of Integrative Agriculture*, *15*(7), 1550–

1563. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61340-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61340-0)

Gerrard, D. E., & Grant, A. L. (2006). *Principles of animal growth and development* (Kendall/Hu).

Gil, M., Serra, X., Gispert, M., Àngels Oliver, M., Sañudo, C., Panea, B., ... Piedrafita, J.

(2001). The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of Longissimus thoracis from seven

Spanish beef cattle breeds. *Meat Science*, *58*(2), 181–188. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00150-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00150-9)

Goll, D. E., Thompson, V. F., Li, H., Wei, W., & Cong, J. (2003). The calpain system.

Physiological Reviews, *83*(3), 731–801. <https://doi.org/10.1152/physrev.00029.2002>

Goodman, C. A., Mabrey, D. M., Frey, J. W., Miu, M. H., Schmidt, E. K., Pierre, P., &

Hornberger, T. A. (2011). Novel insights into the regulation of skeletal muscle protein synthesis as revealed by a new nonradioactive in vivo technique . *The FASEB Journal*,

25(3), 1028–1039. <https://doi.org/10.1096/fj.10-168799>

Gorraiz, C., Beriain, M. J., Chasco, J., & Insausti, K. (2002). Effect of aging time on volatile

compounds, odor, and flavor of cooked beef from Pirenaica and Friesian bulls and heifers.

Journal of Food Science, *67*(3), 916–922. <https://doi.org/10.1111/j.1365->

2621.2002.tb09428.x

- Gotoh, T. (2003). Histochemical properties of skeletal muscles in Japanese cattle and their meat production ability. *Animal Science Journal*, 74(5), 339–354. <https://doi.org/10.1046/j.1344-3941.2003.00125.x>
- Grunert, K. G. (2006). Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption. *Meat Science*, 74(1), 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.016>
- Grunert, K. G., Bredahl, L., & Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. *Meat Science*, 66(2), 259–272. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X)
- Harris, S. E., Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M., Jones, W. R., & Rankins, D. (2001). Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef. *Journal of Animal Science*, 79(3), 666–677. <https://doi.org/10.2527/2001.793666x>
- Henchion, M. (2014). MEAT MARKETING | Market Requirements and Specifications. In M. Dikeman & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences (Second Edition)* (Second Edi, pp. 231–235). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00243-9>
- Henchion, M. M., McCarthy, M., & Resconi, V. C. (2017). Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives. *Meat Science*, 128, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.006>
- Hocquette, J.-F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., & Scollan, N. D. (2012). Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, 92(3), 197–209. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.007>
- Hocquette, J. F., Gondret, F., Baza, E., Mdale, F., Jurie, C., & Pethick, D. W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303–319. <https://doi.org/10.1017/S1751731109991091>

- Hocquette, J. F., Meurice, P., Brun, J. P., Jurie, C., Denoyelle, C., Bauchart, D., ... Picard, B. (2011). The challenge and limitations of combining data: A case study examining the relationship between intramuscular fat content and flavour intensity based on the BIF-BEEF database. *Animal Production Science*, 51(11), 975–981. <https://doi.org/10.1071/AN10044>
- Holman, B. W. B., Fowler, S. M., & Hopkins, D. L. (2020). Red meat (beef and sheep) products for an ageing population: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 919–934. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14443>
- Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010a). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010b). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>
- Hunt, M. C., & Hedrick, H. B. (1977). Fiber Types and Related Properties Materials & Methods. *Journal of Food Science*, 42(2), 513–517.
- Hunt, M. R., Garmyn, A. J., O'Quinn, T. G., Corbin, C. H., Legako, J. F., Rathmann, R. J., ... Miller, M. F. (2014). Consumer assessment of beef palatability from four beef muscles from USDA Choice and Select graded carcasses. *Meat Science*, 98(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.004>
- Irurueta, M., Cadoppi, A., Langman, L., Grigioni, G., & Carduza, F. (2008). Effect of aging on the characteristics of meat from water buffalo grown in the Delta del Paraná region of

- Argentina. *Meat Science*, 79(3), 529–533. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.010>
- Jenkins, K. H., Vasconcelos, J. T., Hinkle, J. B., Furman, S. A., de Mello, A. S., Senaratne, L. S., ... Calkins, C. R. (2011). Evaluation of performance, carcass characteristics, and sensory attributes of beef from finishing steers fed field peas. *Journal of Animal Science*, 89(4), 1167–1172. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2552>
- Jeong, D. W., Choi, Y. M., Lee, S. H., Choe, J. H., Hong, K. C., Park, H. C., & Kim, B. C. (2010). Correlations of trained panel sensory values of cooked pork with fatty acid composition, muscle fiber type, and pork quality characteristics in Berkshire pigs. *Meat Science*, 86(3), 607–615. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.011>
- Jeremiah, L. E., & Gibson, L. L. (2003). The effects of postmortem product handling and aging time on beef palatability. *Food Research International*, 36(9–10), 929–941. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00102-9)
- Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F. R., Jongman, E. C., & Warner, R. D. (2019). Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre-slaughter stress, and its impact on beef quality: A review. *Meat Science*, 156, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.007>
- Kerth, C. R., & Miller, R. K. (2015). Beef flavor: A review from chemistry to consumer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2783–2798. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7204>
- Kim, Y. H. B., Ma, D., Setyabrata, D., Farouk, M. M., Lonergan, S. M., Huff-Lonergan, E., & Hunt, M. C. (2018). Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science*, 144(February), 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031>
- Kirchofer, K. S., Calkins, C. R., & Gwartney, B. L. (2002). Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80(11), 2872–2878.

<https://doi.org/10.2527/2002.80112872x>

- Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*, *74*(1), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- Koohmaraie, Mohammad. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, *43*(1), 193–201. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00065-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00065-4)
- Lage, J. F., Paulino, P. V. R., Filho, S. C. V., Souza, E. J. O., Duarte, M. S., Benedeti, P. D. B., ... Cox, R. B. (2012). Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. *Meat Science*, *90*(3), 770–774. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.012>
- Lähteenmäki, L. (2013). Claiming health in food products. *Food Quality and Preference*, *27*(2), 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.03.006>
- Laster, M. A., Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Miller, R. K., Griffin, D. B., ... Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*, *80*(3), 795–804. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.024>
- Lawrence, T., Fowler, V., & Novakofski, J. (2012). *Growth of Farm Animals* (3rd ed.; Oxford University Press, Ed.).
- Leal-Gutiérrez, J. D., Elzo, M. A., Johnson, D. D., Scheffler, T. L., Scheffler, J. M., & Mateescu, R. G. (2018). Association of μ -calpain and calpastatin polymorphisms with meat tenderness in a Brahman-Angus population. *Frontiers in Genetics*, *9*(FEB), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00056>
- Leal-Gutiérrez, J. D., & Mateescu, R. G. (2019). Genetic basis of improving the palatability of

- beef cattle: current insights. *Food Biotechnology*, 33(3), 193–216.
<https://doi.org/10.1080/08905436.2019.1616299>
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science*, 84(2), 257–270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.004>
- Legrand, I., Hocquette, J. F., Polkinghorne, R. J., & Pethick, D. W. (2013). Prediction of beef eating quality in France using the Meat Standards Australia system. *Animal*, 7(3), 524–529. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001553>
- Leighton, P. L. A., Pietrasik, Z., López-Campos, O., Rodas-González, A., Aalhus, J., & Prieto, N. (2023). Towards improving classification of Canadian dark-cutting beef carcasses: Consumer sensory evaluation. *Meat Science*, 195(May 2022). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109008>
- Lepper-Blilie, A. N., Berg, E. P., Buchanan, D. S., & Berg, P. T. (2016). Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science*, 112, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.017>
- Liu, J., Chriki, S., Ellies-Oury, M. P., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020). European conformation and fat scores of bovine carcasses are not good indicators of marbling. *Meat Science*, 170(July), 108233. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108233>
- Liu, J., Ellies-Oury, M. P., Chriki, S., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020a). Contributions of tenderness, juiciness and flavor liking to overall liking of beef in Europe. *Meat Science*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108190>
- Liu, J., Ellies-Oury, M. P., Chriki, S., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020b). Contributions of tenderness, juiciness and flavor liking to overall liking of beef in Europe. *Meat Science*, 168(February), 108190. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108190>

- Ma, D., Kim, Y. H. B., Cooper, B., Oh, J. H., Chun, H., Choe, J. H., ... Min, B. (2017). Metabolomics Profiling to Determine the Effect of Postmortem Aging on Color and Lipid Oxidative Stabilities of Different Bovine Muscles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(31), 6708–6716. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02175>
- Maltin, C. A., Delday, M. I., Sinclair, K. D., Steven, J., & Sneddon, A. A. (2001). Impact of manipulations of myogenesis in utero on the performance of adult skeletal muscle. *Reproduction*, 122(3), 359–374. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1220359>
- Marino, R., Albenzio, M., della Malva, A., Santillo, A., Loizzo, P., & Sevi, A. (2013). Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science*, 95(2), 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.009>
- Martinaud, A., Mercier, Y., Marinova, P., Tassy, C., Gatellier, P., & Renerre, M. (1997). Comparison of Oxidative Processes on Myofibrillar Proteins from Beef during Maturation and by different model oxidation Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2481–2487.
- Martins, S., Jongen, W., Boekel, V., & Martinus, A. (2001). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 364–373.
- Martins, T. S., Sanglard, L. M. P., Silva, W., Chizzotti, M. L., Ladeira, M. M., Serão, N. V. L., ... Duarte, M. S. (2017). Differences in skeletal muscle proteolysis in Nellore and Angus cattle might be driven by Calpastatin activity and not the abundance of Calpain/Calpastatin. *Journal of Agricultural Science*, 155(10), 1669–1676. <https://doi.org/10.1017/S0021859617000715>
- Mateescu, R. G., Garrick, D. J., Garmyn, A. J., Vanoverbeke, D. L., Mafi, G. G., & Reecy, J. M. (2015). Genetic parameters for sensory traits in longissimus muscle and their associations with tenderness, marbling score, and intramuscular fat in Angus cattle.

- Journal of Animal Science*, 93(1), 21–27. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8405>
- Mateescu, R. G., Oltenacu, P. A., Garmyn, A. J., Mafi, G. G., & VanOverbeke, D. L. (2016). Strategies to predict and improve eating quality of cooked beef using carcass and meat composition traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 94(5), 2160–2171. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0216>
- McCarthy, S. N., Henchion, M., White, A., Brandon, K., & Allen, P. (2017a). Evaluation of beef eating quality by Irish consumers. *Meat Science*, 132(February), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.005>
- McCarthy, S. N., Henchion, M., White, A., Brandon, K., & Allen, P. (2017b). Evaluation of beef eating quality by Irish consumers. *Meat Science*, 132(February), 118–124. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.005>
- McGilchrist, P., Polkinghorne, R. J., Ball, A. J., & Thompson, J. M. (2019). The meat standards Australia index indicates beef carcass quality. *Animal*, 13(8), 1750–1757. <https://doi.org/10.1017/S1751731118003713>
- Miller, R. (2020). Drivers of consumer liking for beef, pork, and lamb: A review. *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040428>
- Monsón, F., Sañudo, C., & Sierra, I. (2005a). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71(3), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>
- Monsón, F., Sañudo, C., & Sierra, I. (2005b). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71(3), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>
- Monteils, V., Sibra, C., Ellies-Oury, M. P., Botreau, R., De la Torre, A., & Laurent, C. (2017). A set of indicators to better characterize beef carcasses at the slaughterhouse level in addition to the EUROP system. *Livestock Science*, 202, 44–51.

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.017>

Mueller, L. F., Balieiro, J. C. C., Ferrinho, A. M., Martins, T. da S., da Silva Corte, R. R. P., de Amorim, T. R., ... Pereira, A. S. C. (2019). Gender status effect on carcass and meat quality traits of feedlot Angus × Nellore cattle. *Animal Science Journal*, *90*(8), 1078–1089.

<https://doi.org/10.1111/asj.13250>

Nair, M. N., Canto, A. C. V. C. S., Rentfrow, G., & Suman, S. P. (2019). Muscle-specific effect of aging on beef tenderness. *Food Science and Technology*, *100*, 250–252.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.038>

Neethling, N. E., Suman, S. P., Sigge, G. O., Hoffman, L. C., & Hunt, M. C. (2017). Exogenous and Endogenous Factors Influencing Color of Fresh Meat from Ungulates. *Meat and Muscle Biology*, *1*(1). <https://doi.org/10.22175/mmb2017.06.0032>

Nishimura, T. (2010). The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Animal Science Journal*, *81*(1), 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00696.x>

O'Connor, S. F., Tatum, J. D., Wulf, D. M., Green, R. D., & Smith, G. C. (1997). Genetic Effects on Beef Tenderness in *Bos indicus* Composite and *Bos taurus* Cattle. *Journal of Animal Science*, *75*(7), 1822–1830. <https://doi.org/10.2527/1997.7571822x>

O'Quinn, T. G., Brooks, J. C., Polkinghorne, R. J., Garmyn, A. J., Johnson, B. J., Starkey, J. D., ... Miller, M. F. (2012). Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat levels. *Journal of Animal Science*, *90*(2), 626–634. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4282>

O'Quinn, T. G., Woerner, D. R., Engle, T. E., Chapman, P. L., Legako, J. F., Brooks, J. C., ... Tatum, J. D. (2016). Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters. *Meat Science*, *112*, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.001>

O'Quinn, Travis G., Brooks, J. C., & Miller, M. F. (2015). Consumer Assessment of Beef Tenderloin Steaks from Various USDA Quality Grades at 3 Degrees of Doneness. *Journal*

- of Food Science*, 80(2), S444–S449. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12775>
- O'Reilly, R. A., Pannier, L., Gardner, G. E., Garmyn, A. J., Luo, H., Meng, Q., ... Pethick, D. W. (2020). Influence of demographic factors on sheepmeat sensory scores of American, Australian and Chinese consumers. *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040529>
- Pabiou, T., Fikse, W. F., Cromie, A. R., Keane, M. G., Näsholm, A., & Berry, D. P. (2011). Use of digital images to predict carcass cut yields in cattle. *Livestock Science*, 137(1–3), 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.10.012>
- Peña, F., Avilés, C., Domenech, V., González, A., Martínez, A., & Molina, A. (2014). Effects of stress by unfamiliar sounds on carcass and meat traits in bulls from three continental beef cattle breeds at different ageing times. *Meat Science*, 98(4), 718–725. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.021>
- Pereira, A. S. C., Baldi, F., Sainz, R. D., Utembergue, B. L., Chiaia, H. L. J., Magnabosco, C. U., ... Sobral, P. J. A. (2015). Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. *Animal Production Science*, 55(10), 1295–1302. <https://doi.org/10.1071/AN13505>
- Perry, N. (2012). Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 78–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.005>
- Pethick, D. W., Harper, G. S., Hocquette, J. F., & Wang, Y. (2006). Marbling biology - what do we know about getting fat into muscle? *Australian Beef - the Leader Conference*, 103–110.
- Pethick, D. W., Harper, G. S., & Oddy, V. H. (2004). Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(7), 705–715. <https://doi.org/10.1071/EA02165>
- Pethick, D. W., Hocquette, J. F., Scollan, N. D., & Dunshea, F. R. (2021). Review: Improving the nutritional, sensory and market value of meat products from sheep and cattle. *Animal*,

- 15, 100356. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100356>
- Pethick, David William, Polkinghorne, R. J., Tarr, G., & Wierzbicki, J. (2015). Prédiction de la qualité de la viande de ruminants. *Viandes & Produits Carnés*, (November).
- Phelps, K. J., Drouillard, J. S., Silva, M. B., Miranda, L. D. F., Ebarb, S. M., Van Bibber-Krueger, C. L., ... Gonzalez, J. M. (2016). Effect of extended postmortem aging and steak location on myofibrillar protein degradation and warner-bratzler shear force of beef M. semitendinosus steaks. *Journal of Animal Science*, 94(1), 412–423. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9862>
- Picard, B., Gagaoua, M., Al-Jammas, M., De Koning, L., Valais, A., & Bonnet, M. (2018). Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: Muscle type effect. *PeerJ*, 2018(6), 1–20. <https://doi.org/10.7717/peerj.4891>
- Pogorzelski, G., Pogorzelska-Nowicka, E., Pogorzelski, P., Póltorak, A., Hocquette, J. F., & Wierzbicka, A. (2022). Towards an integration of pre- and post-slaughter factors affecting the eating quality of beef. *Livestock Science*, 255(April 2021). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104795>
- Pogorzelski, G., Polkinghorne, R., Tarr, G., Póltorak, A., & Wierzbicka, A. (2021). Effect of “dry aging” or “wet aging” of beef on eating quality. *Animal Science Papers and Reports*, 39(3), 237–249.
- Pogorzelski, G., Woźniak, K., Polkinghorne, R., Póltorak, A., & Wierzbicka, A. (2020). Polish consumer categorisation of grilled beef at 6 mm and 25 mm thickness into quality grades, based on Meat Standards Australia methodology. *Meat Science*, 161(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107953>
- Polkinghorne, R. J., & Thompson, J. M. (2010). Meat standards and grading. A world view. *Meat Science*, 86(1), 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.010>
- Ramos, P. M., Scheffler, T. L., Beline, M., Bodmer, J., Gerrard, D. E., & Silva, S. L. (2024).

- Challenges and opportunities of using *Bos indicus* cattle to meet consumers' demand for quality beef. *Meat Science*, 207(October 2023), 109375. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109375>
- Rodas-González, A., Huerta-Leidenz, N., Jerez-Timaure, N., & Miller, M. F. (2009). Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels. *Meat Science*, 83(2), 218–223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.04.021>
- Santana Filho, N. B., Oliveira, R. L., Cruz, C. H., Leão, A. G., Ribeiro, O. L., Borja, M. S., ... Abreu, C. L. (2016). 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*, 96(10), 3590–3595. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7546>
- Santos, C., Moniz, C., Roseiro, C., Tavares, M., Medeiros, V., Afonso, I., ... Da Ponte, D. J. B. (2016). Effects of Early Post-Mortem Rate of pH fall and aging on Tenderness and Water Holding Capacity of Meat from Cull Dairy Holstein-Friesian Cows. *Journal of Food Research*, 5(2), 1. <https://doi.org/10.5539/jfr.v5n2p1>
- Santos, D., Monteiro, M. J., Voss, H.-P., Komora, N., Teixeira, P., & Pintado, M. (2021). The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review. *Livestock Science*, 250(May), 104573. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104573>
- Scheffler, T. L. (2022). Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle. *Animals*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
- Schnettler, B., Sepúlveda, N., Sepúlveda, J., Orellana, L., Miranda, H., Lobos, G., & Mora, M. (2014). Consumer preferences towards beef cattle in Chile : Importance of country of origin , cut , packaging , brand and price. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias de La Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1), 143–160.

- Seideman, S. C., Cross, H. R., Oltjen, R. R., & Schanbacher, B. D. (1982). Utilization of the Intact Male for Red Meat Production: A Review. *Journal of Animal Science*, 55(4), 826–840. <https://doi.org/10.2527/jas1982.554826x>
- Seideman, S. C., & Theer, L. K. (1986). Relationships of Instrumental Textural Properties and Muscle Fiber Types To the Sensory Properties of Beef. *Journal of Food Quality*, 9(4), 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1986.tb00795.x>
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology*, 13(12), 400–421. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00188-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00188-7)
- Severino, M., Gagaoua, M., Baldassini, W., Ribeiro, R., Torrecilhas, J., Pereira, G., ... Neto, O. M. (2022). Proteomics Unveils Post-Mortem Changes in Beef Muscle Proteins and Provides Insight into Variations in Meat Quality Traits of Crossbred Young Steers and Heifers Raised in Feedlot. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20). <https://doi.org/10.3390/ijms232012259>
- Smith, G. C., Tatum, J. D., & Belk, K. E. (2008). International perspective: Characterisation of United States Department of Agriculture and Meat Standards Australia systems for assessing beef quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1465–1480. <https://doi.org/10.1071/EA08198>
- Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Harris, K. B., Miller, R. K., Griffin, D. B., & Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*, 79(4), 631–639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.028>
- Strydom, P., Burrow, H., Polkinghorne, R., & Thompson, J. (2019). Do demographic and beef eating preferences impact on South African consumers' willingness to pay (WTP) for graded beef? *Meat Science*, 150(December 2018), 122–130.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.011>

- Tarrés, J., Fina, M., Varona, L., & Piedrafita, J. (2011). Carcass conformation and fat cover scores in beef cattle: A comparison of threshold linear models vs grouped data models. *Genetics Selection Evolution*, 43(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-43-16>
- Teye, G., & Okutu, I. (2009). Effect of ageing under tropical conditions on the eating qualities of beef. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(30), 1901–1913. <https://doi.org/10.18697/ajfand.30.3545>
- Thompson, J. (2002). Managing meat tenderness. *Meat Science*, 62(3), 295–308. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00126-2)
- Thompson, J. M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G. E., Johnston, D. J., & Pethick, D. W. (2006). Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*, 74(1), 59–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.022>
- Thompson, J. M., Polkinghorne, R., Hwang, I. H., Gee, A. M., Cho, S. H., Park, B. Y., & Lee, J. M. (2008). Beef quality grades as determined by Korean and Australian consumers. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1380–1386. <https://doi.org/10.1071/EA05111>
- Thompson, J., Polkinghorne, R., Gee, A., Motiang, D., Strydom, P., Mashau, M., ... Heather, B. (2010). *Beef palatability in the Republic of South Africa: implications for niche-marketing strategies*. 57.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1996). *Standards for grades of slaughter cattle and standards for grades of carcass beef*. (p. USDA, Washington, DC, USA). p. USDA, Washington, DC, USA.
- Weiseth-Kent, E., Pedersen, M. E., Rønning, S. B., & Rødbotten, R. (2018). Can postmortem proteolysis explain tenderness differences in various bovine muscles? *Meat Science*, 137(March 2017), 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.011>

- Venkata Reddy, B., Sivakumar, A. S., Jeong, D. W., Woo, Y. B., Park, S. J., Lee, S. Y., ... Hwang, I. (2015). Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. *Animal Science Journal*, *86*(1), 1–16. <https://doi.org/10.1111/asj.12266>
- Wang, Q., Zhao, X., Ren, Y., Fan, E., Chang, H., & Wu, H. (2013). Effects of high pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak (*Poephagus grunniens*) body fat. *Meat Science*, *94*(4), 489–494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.006>
- Warner, R. D. (2017). The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness. In *Lawrie's Meat Science: Eighth Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>
- Warner, R. D., Wheeler, T. L., Ha, M., Li, X., Bekhit, A. E. D., Morton, J., ... Zhang, W. (2021). Meat tenderness: advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies. *Meat Science*, *185*, 108657. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108657>
- Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., & Wood, J. D. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, *78*(3), 256–269. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.008>
- Watanabe, A., Kamada, G., Imanari, M., Shiba, N., Yonai, M., & Muramoto, T. (2015). Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. *Meat Science*, *107*, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.004>
- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008a). Accessory Publication : MSA sensory testing protocols. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, *48*(11), 1360–1367.

- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008b). Accessory Publication : MSA sensory testing protocols. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367. https://doi.org/10.1071/EA07176_
- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008c). Consumer assessment of eating quality - Development of protocols for Meat Standards Australia (MSA) testing. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367. <https://doi.org/10.1071/EA07176>
- Watson, R., Polkinghorne, R., & Thompson, J. M. (2008). Development of the Meat Standards Australia (MSA) prediction model for beef palatability. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1368–1379. <https://doi.org/10.1071/EA07184>
- Whipple, G., & Koohmaraie, M. (1992). Effects of lamb age, muscle type, and 24-hour activity of endogenous proteinases on postmortem proteolysis. *Journal of Animal Science*, 70(3), 798–804. <https://doi.org/10.2527/1992.703798x>
- Wright, S. A., Ramos, P., Johnson, D. D., Scheffler, J. M., Elzo, M. A., Mateescu, R. G., ... Scheffler, T. L. (2018). Brahman genetics influence muscle fiber properties, protein degradation, and tenderness in an Angus-Brahman multibreed herd. *Meat Science*, 135, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.006>
- Yaylayan, V. A., Keyhani, A., & Wnorowski, A. (2000). Formation of sugar-specific reactive intermediates from ¹³C-labeled L- serines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 636–641. <https://doi.org/10.1021/jf990687a>
- Yeh, Y., Omaye, S. T., Ribeiro, F. A., Calkins, C. R., & de Mello, A. S. (2018). Evaluation of palatability and muscle composition of novel value-added beef cuts. *Meat Science*, 135(September 2017), 79–83. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.026>
- Zenon, Pogorzelska-Przybyłek, P., Sobczuk-Szul, M., Nogalska, A., Modzelewska-Kapituła, M., & Purwin, C. (2018). Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers

slaughtered at two different ages. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 279–288.

<https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1383861>

5 ARTIGO B – AVALIAÇÃO SENSORIAL COM CONSUMIDORES BRASILEIROS DE CORTES DE BOVINOS NELORE E BRANGUS COM DIFERENTES TEMPOS DE MATURAÇÃO¹

Resumo

A qualidade sensorial da carne bovina, como maciez, suculência e sabor, são cruciais para os consumidores decidirem sua compra, e a maturação é conhecida por aprimorar essas características. No entanto, a resposta a esse processo pode variar conforme a raça, sexo e idade do animal, além do corte muscular específico. O objetivo deste estudo foi avaliar a percepção de consumidores brasileiros em relação à qualidade sensorial de três músculos distintos de bovinos Nelore e Brangus, submetidos a dois tempos de maturação. Foram avaliadas 10 carcaças de tourinhos Nelore e 10 de fêmeas Brangus. As características carcaças avaliadas foram: pH, temperatura, peso, denteção, acabamento, conformação, ossificação, altura do cupim, espessura de gordura subcutânea (EGS), cor de carne e gordura, área de olho de lombo (AOL) e marmoreio. Foram coletadas amostras de *Gluteus medius* (GM), *Semitendinosus* (ST), *Semimembranosus* (SM), submetidas a períodos de maturação de 5 e 15 dias. As análises sensoriais com consumidores seguiram o protocolo *Meat Standard Austrália* (MSA). A análise de variância foi empregada para cada corte separadamente. A análise de razão de chances (RC) foi aplicada por raça, para associar as variáveis categóricas de classificação com tempos de maturação e cortes. Houve efeito de maturação para todos os cortes em cada grupo estudado. O GM de tourinhos Nelore apresentou uma ligeira redução na maciez (-3,2%) aos 15 dias de maturação. No entanto, para o músculo ST e SM, os 15 dias de maturação resultou em melhorias na maciez (+11,3 pontos, +22% e +14,1 pontos, +28%, respectivamente), sabor, suculência e aceitabilidade. Para os músculos das fêmeas Brangus a maturação por 15 dias não agradou aos consumidores, sendo o 5 dias de maturação com maiores médias atribuídas pelos consumidores. A maturação por 15 dias melhorou as classificações dos músculos SM e ST em tourinhos Nelore, enquanto para fêmeas Brangus, apenas o músculo SM teve diferenças, com uma maior probabilidade de receber nota máxima após 5 dias de maturação. Para tourinhos Nelore, a maturação de 15 dias agradou mais aos consumidores, portanto é eficaz na melhoria sensorial para músculos SM e ST, enquanto em fêmeas Brangus, nos três músculos estudados a maturação é dispensável ou até prejudicial na palatabilidade avaliada por consumidores.

Palavras-chave: Maciez, Qualidade de carne bovina, Sabor, Palatabilidade, Percepção do consumidor.

¹ Esta seção apresentará a versão do artigo que será submetida para publicação e segue as normas da revista *Meat Science*.

Abstract

The sensory quality of beef, such as tenderness, juiciness, and flavor, is crucial for consumers when making purchasing decisions, and aging is known to enhance these characteristics. However, the response to this process can vary depending on the breed, sex, and age of the animal, as well as the specific muscle cut. The aim of this study was to evaluate Brazilian consumers' perception of the sensory quality of three distinct muscles from Nelore and Brangus cattle, subjected to two aging periods. Ten Nelore bull carcasses and ten Brangus female carcasses were evaluated to reaffirm the variability existing between the two genetic groups. The evaluated characteristics included pH, temperature, weight, dentition, finish, conformation, ossification, hump height, subcutaneous fat thickness (SFT), meat and fat color, loin eye area (LEA), and marbling. Samples of Gluteus medius (GM), Semitendinosus (ST), and Semimembranosus (SM) were aged for 5 and 15 days. Sensory analyses were conducted with consumers following the Meat Standards Australia (MSA) protocol. Consumers assessed tenderness, flavor, juiciness, and overall acceptability on a scale of 0 to 100 and classified the samples as: 1: unsatisfactory, 2: good for daily consumption, 3: very good, and 4: excellent. Analysis of variance was employed for each cut separately. Odds ratio (OR) analysis was applied by breed to associate categorical classification variables with aging times and cuts. Aging had an effect on all cuts in each studied group. Nelore bull GM showed a slight reduction in tenderness (-3.2%) after 15 days of aging. However, for the ST and SM muscles, 15 days of aging resulted in significant improvements in tenderness (+11.3 points, +22% and +14.1 points, +28%, respectively), flavor, juiciness, and acceptability. For Brangus female muscles, 15 days of aging did not please consumers, with higher averages attributed to the 5-day aging period. Aging for 15 days improved the ratings of SM and ST muscles in Nelore bulls, while for Brangus females, only the SM muscle showed significant differences, with a higher likelihood of receiving maximum ratings after 5 days of aging. For Nelore bulls, 15-day aging was more pleasing to consumers, therefore, it is effective in enhancing sensory attributes for SM and ST muscles, while in Brangus females, aging is dispensable or even detrimental to consumer-rated palatability.

Key-words: Beef Quality, Consumer Perception, Flavor, Sensory Analysis, Tenderness.

1. Introdução

Os consumidores são o último estágio na cadeia de produção de carne bovina e garantir uma qualidade de consumo constante é fundamental para estabelecer confiança, fidelidade e, conseqüentemente, impulsionar sua demanda (Mateescu et al., 2016). O padrão de consumo de carne pode variar ao longo do tempo, sendo moldado por fatores econômicos, sociais e culturais. No entanto, a satisfação do consumidor com a carne vai sempre depender da interação entre as características físicas e texturais da carne e na experiência do "paladar", relacionada às sensações de morder e mastigar (Warner et al., 2021).

A qualidade sensorial da carne bovina envolve a maciez, o sabor e a suculência (Ellies-Oury et al., 2016) e está intrinsecamente ligada às percepções e avaliações dos consumidores (Bonny et al., 2018). Sabe-se que a qualidade sensorial é influenciada por uma variedade de fatores (Bonny et al., 2016) como raça (De Oliveira et al., 2011), idade (Zenon et al., 2018), sexo dos animais (Zenon et al., 2018), método de pendura (Baldassini et al., 2023) e tempo de maturação (Lepper-Blilie, Berg, Buchanan, & Berg, 2016).

O rebanho brasileiro é composto em sua maior parte por animais da raça Nelore (*Bos taurus indicus*) (Baldassini et al., 2023). A qualidade da carne proveniente de touros dessa subespécie é reconhecida como sendo de menor maciez, em comparação com animais das raças *Bos taurus taurus* (Costa et al., 2015; Santana Filho et al., 2016). Isso ocorre devido à maior concentração de calpastatina em Zebuínos, que atua inibindo a degradação de proteínas miofibrilares no período pós-morte (Wright et al., 2018). Além disso, a alta incidência do genótipo *Bos taurus indicus* está associada à idade avançada observada no abate de bovinos no Brasil, pois esses animais são geralmente mais tardios em relação aos animais de genótipo *Bos taurus taurus* (De Oliveira et al., 2011). Apesar dessas características, são responsáveis por uma grande parte do abastecimento mundial de carne bovina (Andrade et al., 2020), sendo de grande importância econômica por suas características de adaptação ao clima tropical.

Para aprimorar a qualidade do seu produto, a indústria da carne tem adotado a estratégia de usar animais que tendem a apresentar características de carcaça desejáveis ainda jovens, como por exemplo as fêmeas e animais cruzados, a fim de atingir as demandas dos consumidores mais exigentes. É reconhecido que a classe sexual dos bovinos influencia no desempenho dos animais, com as fêmeas apresentando uma maior quantidade de gordura na carcaça e características de qualidade de carne superiores em comparação com os machos não castrados (Blanco, Ripoll, Delavaud, & Casasús, 2020; Severino et al., 2022). Além disso, sabe-se que o uso de animais cruzados representa uma alternativa viável e comprovada para melhorar a eficiência da produção pecuária e a qualidade da carne (Lage et al., 2012), e também vem sendo utilizado pelos produtores. As diferenças de raças, idade, gênero e nutrição contribuem para a falta de padronização na experiência de consumo, o que é um desafio para a indústria.

Entre os inúmeros fatores que moldam a variabilidade de carcaças e conseqüentemente a inconsistência da qualidade da carne bovina, a maturação surge como um processo reconhecido por sua capacidade de aprimorar a palatabilidade e melhorar a experiência sensorial do consumidor (Pogorzelski et al., 2022). Durante o processo de maturação as alterações bioquímicas e físicas ocorrem devido à ação de sistemas proteolíticos intrínsecos a carne (Kim et al., 2018). Contudo, nem todos os músculos de uma mesma carcaça reagem de forma positiva ou com a mesma intensidade na qualidade sensorial. Por isso é necessário compreender as percepções e preferências dos consumidores quanto aos tempos de maturação em cortes para cada tipo biológico, identificando tempos ideais e otimizando o processamento industrial.

O corte muscular influencia os atributos de qualidade e a aceitação geral da carne bovina (McCarthy, Henchion, White, Brandon, & Allen, 2017b) pois originam-se de músculos que diferem em suas características bioquímicas, e o que pode resultar em respostas distintas ao processo de maturação (Monsón et al., 2005a). A diversidade na musculabilidade, tipos de fibras

musculares e deposição de gordura intramuscular, é notável em bovinos de corte (Gotoh, 2003; Hocquette et al., 2010). Além disso, características metabólicas e funcionais derivam das propriedades bioquímicas das miofibrilas presentes em cada músculo e da organização na matriz de tecido conjuntivo (Maltin, Delday, Sinclair, Steven, & Sneddon, 2001).

Embora haja um amplo conhecimento sobre todas essas diferenças fisiológicas (raça, sexo, tipo de fibras) que refletem na qualidade da carne, ainda existe uma lacuna na compreensão de como os consumidores percebem esses fatores em interação com o processo de maturação nos diferentes cortes. Sendo assim, os estudos com consumidores podem guiar a oferta de produtos de carne que atenda às expectativas do mercado. Isso se torna relevante pois cada músculo de cada carcaça representa um produto final distinto. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a percepção sensorial e a preferência de consumidores brasileiros em relação a qualidade de três músculos submetidos a dois tempos de maturação para as carcaças de tourinhos Nelore e fêmeas Brangus as quais notadamente produzirão carne de qualidade sensorial distintas.

2. Material e Métodos

Foram avaliadas carcaças novilhas Brangus (n=10) e tourinhos Nelore (n=10), submetidos às mesmas condições de manejo durante um período de confinamento com dieta de 15% de volumoso (bagaço de cana-de-açúcar) e 85% de concentrado à base de milho (farelo de soja, milho moído, ureia, mistura mineral). As novilhas Brangus foram abatidas com 100 dias de confinamento e os touros Nelore após 120 dias.

A coleta das amostras foram realizadas em frigorífico comercial no estado de São Paulo. Todas as avaliações de carcaça foram realizadas por técnico treinado e certificado 24 horas após o abate em câmara fria. A metodologia de avaliação de carcaça desenvolvida pela *Brazil beef Quality*® é baseada na metodologia da *Meat Standard Austrália*.

As características de carcaça avaliadas foram: pH, temperatura da carcaça, peso de carcaçafria, dentição, acabamento (Padrão brasileiro), conformação, ossificação, altura do cupim, espessura de gordura subcutânea (EGS), cor de carne e gordura (padrão desenvolvido pela *Brazil Beef Quality*®), área de olho de lombo (AOL) e marmoreio.

Foram avaliadas apenas as carcaças que estivessem em uma temperatura de 4°C e 8°C. Uma vez que as carcaças atenderam a esse critério, foi mensurado o pH. Somente as carcaças com um pH igual ou inferior a 5,8 foram encaminhadas para a avaliação completa.

A dentição foi avaliada pelo número de dentes incisivos, estabelecendo-se as categorias de acordo com número de dentes permanentes. O escore de acabamento foi avaliado utilizando graus de 1 a 5 para a distribuição da cobertura de gordura na carcaça quente (1 = ausente; 2 = escassa; 3 = média; 4 = uniforme; 5 = excessiva) (Comunidad Económica Europea, 1981). A avaliação consistiu em observar a uniformidade da distribuição de gordura na carcaça. O escore de conformação de carcaça foi mensurada avaliando a musculatura da carcaça. Usando uma escala de 1 a 5 (1 = côncava; 2 = subcôncava, 3 = retilínea; 4 = subretilínea; 5 = convexa), atribuiu-se pontuações com base em características visuais como largura do lombo e musculabilidade (Comunidad Económica Europea, 1981).

A avaliação da ossificação foi conduzida atribuindo pontos ao grau de ossificação dos processos espinhosos vertebrais, além da forma e cor dos ossos das costelas. A pontuação atribuída variou de 100 a 590, sendo a menor pontuação indicativa da menor ossificação e a maior pontuação da maior ossificação. Essa pontuação está relacionada à quantidade de cartilagem que se converte em osso. Essa mensuração foi realizada para avaliar a maturidade fisiológica desses animais (AUS-MEAT,2017).

A altura do cupim foi medida na linha formada pelas extremidades dorsais dos processos espinhosos e estendida cranialmente ao longo da borda dorsal do ligamento da nuca, através da superfície dorsal do músculo *Romboideus*.

Após essas avaliações, a carcaça foi seccionada entre a 12ª e 13ª costela para a exposição do músculo *Longissimus thoracis*. Após a exposição do músculo ao oxigênio por vinte minutos, foram avaliadas a cor da gordura, cor da carne e o marmoreio. A cor da gordura foi realizada na região intermuscular lateral ao *Longissimus thoracis*, adjacente ao músculo *Iliocostalis*. A comparação da coloração foi realizada em relação ao Padrão de Referência *Brazil Beef Quality*®, e quando a coloração se aproximava de dois padrões, foi atribuída a tonalidade mais amarelada. O escore de marmoreio foi avaliado usando uma fotografia padrão, dividida em décimos para a classificação, criando uma faixa de pontuação de 100 a 1100 em incrementos de 10 (AUS-MEAT., 2017).

A área de olho de lombo foi mensurada em centímetros quadrados com auxílio de uma lâmina quadriculada após a exposição total do músculo *Longissimus thoracis* (United States Department of Agriculture, 1996). Para avaliar a espessura de gordura subcutânea, primeiro foi mensurado o comprimento do músculo para determinar o ponto ideal de $\frac{3}{4}$ ao longo do músculo. Neste ponto a espessura de gordura subcutânea foi medida com uma régua pelo ponto e perpendicularmente à costela especificada para a interface entre a gordura subcutânea e intermuscular (United States Department of Agriculture, 1996). A espessura mínima para que essas carcaças fossem avaliadas foi de 4mm.

Após a desossa foram coletadas amostras de 3 músculos distintos: *Gluteus medius*, *Semitendinosus* e *Semimembranosus*.

2.1 Maturação

As amostras foram divididas em dois bifês de cada corte e período de maturação, cada um com 2,54 cm de espessura. Esses bifês foram acondicionados em sacos de poliamida/polietileno, selados a vácuo, e devidamente identificados. Em seguida, foram maturadas por 5 e 15 dias, armazenados em uma incubadora de demanda biológica de oxigênio (DBO) (TE-371, TECNAL, Piracicaba, São Paulo, Brasil), mantida a uma temperatura de 4 °C.

Após o término do processo de maturação, os bifes foram congelados a -20 °C, preservando-os até o momento das análises sensoriais.

2.2 Seleção dos consumidores

O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) pela Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Campus de Piracicaba (número CAAE: 68478017.9.0000.5395 data de aprovação: 20/11/2018).

Para participação na análise sensorial os consumidores declararam possuir idade entre 18 e 70 anos e consumir carne bovina pelo menos uma vez por semana. O estudo envolveu um total de 216 consumidores, sendo 83 mulheres e 142 homens, apresentando médias de idade de 35 anos para os homens e 33 anos para as mulheres, abrangendo uma faixa etária de 18 a 70 anos. Cerca de 41% dos consumidores tinham entre 18 e 30 anos, 31% entre 31 e 40 anos e 28% maiores de 40 anos. Os participantes foram selecionados em três cidades distintas, com uma distribuição representativa em Campinas (8%), Boituva (2%) e Piracicaba (90%).

Os consumidores selecionados para o teste sensorial preencheram um questionário com questões socioeconômicas (ABEP, 2018), e de acordo com as informações foram agrupados nas seguintes categorias: Classe A (10,3%), Classe B (21,1%), Classe C (35%), Classe D (24,5%) e Classe E (9,1%). Essa diversidade de estratos socioeconômicos proporcionou uma representação abrangente para as análises sensoriais.

2.3 Preparo das amostras e análise sensorial

As amostras foram submetidas a um processo de descongelamento durante 24 horas, mantido em refrigeração a uma temperatura de 5 °C (Gelopar, GREP4PAI, São Paulo, Brasil) até o momento da preparação. As amostras foram conservadas em bifes com espessura de 2,5 cm e, antes de serem submetidas à grelha, foram imersas em uma solução de salmoura contendo

5% de NaCl. O preparo foi grelhado em churrasqueira a gás (Char-Broil Signature 3Q—Infrared, Columbus, GA, EUA), com monitoramento da temperatura interna por termopares (ThermoPro, Modelo TP-16, Hong Kong, China), sendo as amostras retiradas quando atingiram 63 °C em seu centro geométrico.

Após o preparo, as amostras foram fracionadas em subamostras (1,27 cm × 1,27 cm × 2,5 cm) e acondicionadas em potes fechados (para manter a umidade) dentro de estufa (49°C) para controlar e estabilizar a temperatura das amostras. No momento da análise sensorial, as amostras foram condicionadas em caixas personalizadas e desenvolvidas pela *Brazil Beef Quality*® para manter a temperatura e garantir a sequência adequada das análises.

Os consumidores receberam sete amostras, sendo que a primeira amostra provada foi utilizada como amostra de referência (*standardised benchmark*), escolhida aleatoriamente e iguais para todos os consumidores. Essa amostra tem a função de treinar o consumidor e não é considerada na avaliação (Watson, Gee, et al., 2008a).

Foram realizados experimentos com desenho experimental em quadrado latino 6 x 6, seis consumidores e seis produtos (amostras de diferentes carcaças) de acordo com metodologia descrita por Watson et al., 2008 a. Durante análise sensorial, os consumidores atribuíram notas de 0 a 100 em escalas hedônicas linear crescente não estruturadas para as características sabor e aceitabilidade global sendo 0 desgostei extremamente e 100 gostei extremamente. Para maciez e sabor foram utilizadas escalas não hedônicas de intensidade, sendo para maciez 0 equivalente a não macia e 100 muito macia. Para suculência a escala variava de 0 não suculenta pra 100 muito suculenta

Após a avaliação, os consumidores categorizaram as amostras como insatisfatórias, boa para o dia-a-dia, muito boas ou excelentes (Watson, Gee, Polkinghorne, & Porter, 2008b). Todo o procedimento foi realizado por meio do software *Sensory Meat* versão 1.6 (Brazil Beef Quality® Ltd., Piracicaba, São Paulo, Brasil).

2.4 Análise estatística

O efeito da raça nas características de carcaça foi testado usando análise de variância (ANOVA). Os conjuntos de dados das características da qualidade sensorial da carne dos dois tipos biológicos (Brangus e Nelore) foram analisados separadamente.

O efeito da maturação para a análise das variáveis maciez, sabor, suculência e aceitabilidade global carcaça foi testado usando análise de variância (ANOVA). O modelo misto incluiu como efeitos fixos o tempo de maturação (5 e 15 dias) e a sessão, e o consumidor como efeito aleatório. O nível de significância foi definido em $p < 0,05$.

Para análise da classificação final do consumidor utilizou-se regressão logística em que o modelo incluiu o tempo de maturação (5 e 15 dias), o corte e a sequência (degustação da amostra) para cada tipo biológico. A adequação do modelo foi avaliada por meio do Critério de informação de Akaike (AIC) além da significância de cada variável. Em caso de significância utilizou-se a Razão de Chance (RC) para comparação das respostas duas a duas.

3. Resultados e Discussão

3.1 Características de carcaça

A Tabela 1 apresenta as diferenças das características de carcaça de fêmeas Brangus e tourinhos Nelore. As carcaças dos tourinhos Nelore eram mais pesadas, com uma maior área de olho de lombo, altura de cupim e valores elevados de dentição e ossificação, indicando uma idade cronológica e fisiológica mais avançada. Por outro lado, as carcaças dos animais Brangus apresentaram pH mais elevado, porém dentro da normalidade, e uma coloração mais escura da carne e da gordura. A raça Brangus apresentou mais marmoreio e maior espessura de gordura subcutânea. A conformação não revelou diferenças entre as raças.

Conforme esperado, as carcaças das fêmeas Brangus apresentaram maior deposição de tecido adiposo, resultado do cruzamento com a raça Angus, conhecida por sua precocidade e predisposição para a deposição de gordura na carcaça (Mateescu et al., 2015).

Tabela 1. Medidas de carcaça tourinhos Nelore terminados em confinamento (n = 10) e fêmeas cruzadas Brangus (n = 10).

Variável	Brangus	Nelore	p-valor
Peso de carcaça fria, kg	264,88 ± 12,88	369,92 ± 8,2	<,0001
Dentição ^a	1,64 ± 1,41	3,66 ± 0,75	<,0001
Conformação, escore	3,16 ± 0,36	3,17 ± 0,69	0,614
Acabamento, escore	3,49 ± 0,74	2,5 ± 0,50	<,0001
Altura do cupim (mm)	68,11 ± 2,42	166,7 ± 9,3	<,0001
Ossificação ^c	179,52 ± 29,20	196,86 ± 22,90	<,0001
pH (48 h)	5,50 ± 0,05	5,39 ± 0,04	<,0001
Cor da carne ^c	3,86 ± 2,12	3,67 ± 0,74	0,004
Cor da gordura ^c	3,51 ± 0,50	2,33 ± 0,47	<,0001
EGS (mm) ^b	8,17 ± 2,40	4,18 ± 1,67	<,0001
AOL (cm ²) ^b	72,59 ± 5,69	87,67 ± 7,22	<,0001
Marmoreio ^c	302,36 ± 47,26	108,43 ± 18,72	<,0001

^a De acordo com a avaliação australiana de carcaças bovinas; ^b Na interface da 12^a/13^a costela; ^c De acordo com a metodologia Brazil Beef Quality®.

Além da influência da raça, a categoria sexual do animal também desempenha um papel importante na composição da carcaça. As fêmeas, sendo mais precoces, iniciam mais cedo a deposição de tecido adiposo devido à presença de esteroides sexuais endógeno (Lawrence et al., 2012). Ambos os fatores contribuíram para a maior deposição de gordura nas carcaças dos animais Brangus. O marmoreio é uma característica desejada nas carcaças e que influencia na experiência de consumo de carne bovina (Frank et al., 2016), podendo proporcionar uma melhor experiência sensorial e uma aparência mais atraente. Por outro lado, os tourinhos Nelore apresentaram maior AOL, indicando uma maior deposição de musculatura. Essa maior

deposição de musculatura está associada aos altos níveis de testosterona que estimulam a incorporação de aminoácidos em proteínas, aumentando assim a musculatura em detrimento a deposição de gordura (Zenon et al., 2018).

Esta variabilidade no rebanho, marcada pela falta de uniformidade em fatores como os cruzamentos, a idade dos animais, categoria sexual e conseqüentemente a composição da, representa uma das complexidades enfrentadas pela cadeia de produção de carne bovina (De Oliveira et al., 2011). Sendo assim, o mercado necessita do aprimoramento dos atributos sensoriais de maneira estratégica, e a maturação deve ser cuidadosamente estudada e gerenciada para melhorar os atributos de forma a satisfazer o consumidor.

3.2 Análise Sensorial

3.2.1 Nelore

Os resultados da análise das médias das variáveis sensoriais para a raça Nelore estão apresentados na Tabela 2, revelando um efeito da maturação em todos os músculos avaliados.

No músculo GM observou-se uma variação na palatabilidade com o aumento do tempo de maturação. Aos 15 dias, os consumidores atribuíram notas 3,2% menores para maciez, sendo essa diminuição replicada em todas as variáveis sensoriais, com 2,5% para Sabor, 6,9% para Suculência e 4,3% para Aceitabilidade. Isso indica que os consumidores preferiram o músculo GM de animais Nelore aos 5 dias de maturação.

O GM, por ser um músculo do traseiro é conhecido por maior deposição de gordura subcutânea e conseqüentemente tem agregação de valor no mercado. A deposição tecido adiposo em bovinos segue padrões de crescimento que se iniciam nas extremidades e se deslocam em direção ao centro do corpo. Isso significa que regiões periféricas, em especial do traseiro, tendem a desenvolver gordura mais cedo (Gerrard & Grant, 2006), o que contribui para sua palatabilidade, mesmo no menor tempo de maturação. Por essa preferência dos

consumidores do GM aos 5 dias, indica-se que a maturação deste corte é dispensável, tornando-o ainda mais lucrativo.

Tabela 2. Valores médios e desvio padrão da maciez, Suculência, Sabor, Aceitabilidade Global dos músculos GM, ST e SM de animais Nelore submetidos a 5 e 15 dias de maturação

Nelore			
Variáveis	Tempos de maturação		p-valor
	5 dias	15 dias	
<i>Gluteus medius</i>			
Maciez	72,1 ± 6,5	69,8 ± 11,0	0,03
Sabor	72,7 ± 4,9	70,9 ± 4,7	0,007
Suculência	72,6 ± 5,2	67,6 ± 8,1	<,001
Aceitabilidade	75,1 ± 4,5	71,9 ± 5,2	<,001
<i>Semitendinosus</i>			
Maciez	51 ± 8,2	62,3 ± 14,1	<,001
Sabor	61,3 ± 3,2	66,2 ± 8,3	<,001
Suculência	56,9 ± 6,5	67,3 ± 8,9	<,001
Aceitabilidade	62,1 ± 4,1	66,3 ± 10,9	<,001
<i>Semimembranosus</i>			
Maciez	50,4 ± 9,2	64,5 ± 12,3	<,001
Sabor	59,7 ± 6,7	68,6 ± 9,2	<,001
Suculência	55,2 ± 7,6	67 ± 10,3	<,001
Aceitabilidade	59,1 ± 7,8	71,2 ± 10,5	<,001

As notas variam de 0 (desgostei extremamente) a 100 (gostei extremamente)

Para o músculo ST, aumentar o período de maturação resultou em maior maciez, sabor, suculência e conseqüentemente maior aceitabilidade global. A maciez apresentou o maior aumento, com 11,3 pontos, correspondendo a 22%. A suculência registrou uma melhora de 10,4 pontos, equivalente de 18,2% aos 15 dias de maturação. As outras variáveis mantiveram uma melhora média de 4 a 5 pontos.

As diferentes respostas à maturação nas características sensoriais dos diferentes músculos na mesma carcaça são ocasionada pelas variações na proteólise pós-morte, que emergem como o principal fator que origina a especificidade muscular na maciez da carne bovina, desempenhando um papel significativo na variação observada na maciez (Anderson et al., 2012; Marino et al., 2013). Além das variações na estrutura, a composição e solubilidade dos tecidos conectivos intramusculares entre os músculos também são relacionadas à variação na maciez antes e pós maturação (Nishimura, 2010), além da taxa e extensão do metabolismo energético pós-morte (Thompson et al., 2006). No entanto, não há uma única característica bioquímica para prever a maciez em todos os músculos; a proteólise pós-morte é indicativa do amaciamento, mas fatores adicionais são cruciais (Anderson et al., 2012).

Para o SM, a maciez aumentou em 14,1 pontos, representando um aumento de 28% na média quando submetido a 15 dias de maturação. Este resultado foi seguido pela aceitabilidade, que apresentou um acréscimo de 12,1 pontos, equivalente a um aumento de 20,5%. A suculência também teve um ganho de 11,8 pontos do ponto de vista do consumidor, correspondendo a um aumento de 21,4%.

Além da maciez, a melhoria da suculência para o SM durante a maturação foi largamente percebida pelos consumidores. Aprimorar a suculência ao longo do processo de maturação pode estar associado à diminuição da capacidade de retenção de água, o que possibilita uma liberação maior liberação de exsudato durante o ato de mastigação (Campbell et al., 2001).

O sabor teve um aumento de 9 pontos na média, representando um aumento de 14,9% de acordo com a percepção dos consumidores. O sabor que agradou aos consumidores com maior maturação, potencialmente é a combinação de aroma e sabor desenvolvidos durante o cozimento como resultado da reação de *Maillard* e da degradação lipídica (D. Santos et al., 2021).

Observou-se que maturação é uma estratégia viável para os músculos SM e ST de carcaças de tourinhos Nelore, pois os consumidores notaram melhorias em todos os aspectos da qualidade sensorial. Essa prática de maturação pós-morte é um procedimento utilizado e valorizado na indústria global de carne, sendo realizada de diversas formas (Kim et al., 2018), no entanto a indústria ainda necessita de informações para seu devido aproveitamento. A necessidade do conhecimento disso foi demonstrado no músculo GM de tourinhos Nelore, onde estender a maturação aos 15 dias não apresentou efeito positivo, sendo totalmente dispensável.

3.2.2 *Brangus*

Para o músculo GM de fêmeas Brangus, assim como para tourinhos Nelore, os consumidores atribuíram notas maiores para todas as variáveis aos 5 dias de maturação (Tabela 3). O aumento do período de maturação para 15 dias não agradou os consumidores, sendo a maciez a variável mais afetada, perdendo 9 pontos, uma redução média de 13,5%. A suculência teve a segunda maior perda, com 8,5 pontos, seguida pela aceitabilidade, com 5,5 pontos, e sabor, com 3,8 pontos, correspondendo a perdas de aproximadamente 5 a 8% nestas duas últimas características.

Tabela 3. Valores médios e desvio padrão da maciez, Suculência, Sabor, Aceitabilidade Global dos músculos GM, ST e SM de animais Brangus submetidos a 5 e 15 dias de maturação.

Brangus			
Variáveis	Tempos de maturação		p-valor
	5 dias	15 dias	MAT
<i>Gluteus medius</i>			
Maciez	67,3 ± 11,2	58,2 ± 19,6	<,001
Sabor	67,8 ± 10,5	64 ± 10,0	0,03
Suculência	65,8 ± 10,2	57,3 ± 12,2	<,001
Aceitabilidade	67,4 ± 10,0	61,9 ± 14,3	0,02
<i>Semitendinosus</i>			
Maciez	70,7 ± 4,4	61,1 ± 10	<,001
Sabor	71,5 ± 4,9	63,6 ± 8,1	<,001
Suculência	70,1 ± 3,9	63 ± 8,3	<,001
Aceitabilidade	73,7 ± 3,9	65,1 ± 8,3	<,001
<i>Semimembranosus</i>			
Maciez	75,4 ± 9,8	57,2 ± 12,8	<,001
Sabor	72,4 ± 11,0	61,4 ± 7,2	<,001
Suculência	71,3 ± 10,1	59,5 ± 9,2	<,001
Aceitabilidade	75,9 ± 11,5	60,9 ± 9,1	<,001

As notas variam de 0 (desgostei extremamente) a 100 (gostei extremamente)

Nesse contexto, é importante destacar que para os consumidores a maturação do músculo GM de 15 dias é dispensável. Cortes com uma maior tendência de deposição de gordura podem gerar efeitos positivos na palatabilidade da carne, pois a gordura estimula as glândulas salivares e, assim, aumenta a sensação de suculência percebida da carne pelos consumidores (Boito et al., 2021b). No entanto, durante a maturação a deposição de gordura pode impactar negativamente no sabor devido à maior liberação de ácidos graxos livres, que reagem com proteínas e outros precursores, que são propensos a oxidação (Wang et al., 2013), e essas possíveis alterações podem não ter agradado aos consumidores.

Ouro fator relacionado a variabilidade na qualidade sensorial e sua resposta a maturação entre os músculos é a composição dos tipos de fibras musculares (Seideman & Theer, 1986). Não apenas os músculos individuais diferem na composição dos tipos de fibras, mas o tipo de fibra muscular dentro de um músculo específico pode ser afetado. Os músculos de contração lenta (β -vermelhos) têm as maiores quantidades de calpaína presente, mas também têm as maiores quantidades de calpastatina (inibidor de calpaína), que previne a proteólise (Mohammad Koohmaraie, 1996). Em contrapartida, os músculos com aumento de fibras α -brancas (contração rápida) possuem mais tecido conectivo e são menos macios do que músculos com mais fibras β -vermelhas (Calkins, Dutson, Smith, Carpenter, & Davis, 1981). Sendo assim, músculos de contração lenta maturam mais lentamente do que os de contração rápida, devido à maior atividade de enzimas proteolíticas nestes últimos (Mohammad Koohmaraie, 1996).

Em um estudo realizado por Kirchofer et al., (2002), as características do tipo de fibra e número de fibra (%) foram apresentadas e a distribuição de fibras musculares para o músculo *Glúteus medius* foi de 19,5%, 24,9% e 55,6% (β -vermelho, α -vermelho e α -branco, respectivamente). Neste estudo os músculos analisados são de contração rápida, o que sugere uma maturação mais rápida. No entanto, a presença de maior quantidade de colágeno nestes músculos dificultam o processo de maturação, pois taxas de maturação para músculos individuais são mais altas para cortes com baixo teor de tecido conjuntivo em comparação com cortes com alto teor de tecido conjuntivo (Thompson, 2002). Isso pode resultar em uma textura final menos macia e suculenta, o que pode não ter agradado aos consumidores. Além disso, ao considerar a qualidade percebida pelos consumidores, é importante levar em conta outros fatores que podem influenciar as respostas, como o manejo da carne, condições de armazenamento, tempo insuficiente de maturação e preparação culinária.

Para o músculo ST, diferentemente dos animais Nelore, os animais Brangus apresentaram uma redução na qualidade sensorial do ST com o aumento da maturação. A

diminuição média das notas foi de 11 a 13%, sendo a maciez a característica mais afetada, com uma perda de 9,6 pontos. Para o músculo *SM*, as perdas variaram de 11 a 18 pontos na qualidade sensorial. A maior perda ocorreu na maciez, com uma redução de 18,2 pontos, equivalente a uma diminuição de 24%.

Em alguns casos, a carne atinge sua melhor qualidade sensorial em um determinado ponto de maturação e, com o prolongamento desse processo, pode ocorrer um declínio em certos atributos sensoriais. Isso pode ser devido a vários fatores, como ação excessiva das enzimas, mudanças nas características de textura e sabor. Em um conduzido por Nair et al., (2019) foi evidenciado que músculos do traseiro mantiveram a textura mais firme que outros cortes mesmo após a maturação, indicando uma resposta específica a esse processo nas carnes dos quartos traseiros bovinos.

Resultados similares foram encontrados por Veiseth-Kent et al.,(2018), ressaltando que bifes de corte do traseiro apresentam benefícios limitados ou inexistentes desse período de maturação avaliando quatro grupos genéticos distintos. Cortes tradicionais de bifes do *Gluteus medius* se mostraram menos favoráveis em termos de maciez, suculência e intensidade de sabor indesejado em comparação com outros músculos (Yeh, Omaye, Ribeiro, Calkins, & de Mello, 2018). Em pesquisa conduzida por Liu et al., (2020), com raças europeias, observou-se que os músculos *SM* e *ST* apresentaram médias inferiores na análise sensorial em comparação com outros dezessete músculos estudados com uma média de dez dias de maturação. Em estudo anterior realizado por Nair et al., (2019) com três músculos distintos, o músculo *ST* foi o de menor maciez entre os avaliados. Segundo Ba et al., (2014), o músculo *ST* envelhecido por 28 dias teve uma pontuação de sabor menor em comparação aos 7 dias, indicando que um longo período de maturação influenciou negativamente a qualidade do sabor do músculo *ST* devido às mudanças nas quantidades de compostos voláteis.

Em meta-análise realizada por Chriki et al., (2013) afirmou-se que o tipo de músculo, com uma influência secundária do tipo de animal e raça, pode afetar a determinação da maciez da carne. Como esses músculos diferem em suas características bioquímicas, é possível que respondam de maneira distintas a maturação (Nair et al., 2019), como foi evidenciado neste estudo. Além disso, pode-se afirmar que os consumidores são capazes de distinguir essas diferenças de respostas a maturação e preferir cada corte a um tempo distinto de maturação.

Durante o processo de maturação os músculos também apresentam variações na susceptibilidade à oxidação durante a maturação (Ma et al., 2017), pois as características das fibras musculares atuam na modelagem dessas alterações celulares durante a proteólise (Wright et al., 2018). Sendo assim é recomendável explorar abordagens de maturação específicas para cada músculo, estabelecendo tempos ideais de maturação e minimizando a susceptibilidade à oxidação proteica (Kim et al., 2018).

Diante dessa perspectiva, a indústria de carne deve orientar-se para a prática de comercializar cortes de músculos individuais, proporcionando a chance de apresentar esses músculos de acordo com atributos de qualidade da carne (Nair et al., 2019), que devem ser avaliados e validados por consumidores. Esse enfoque possibilita uma estratégia mais refinada de maturação, considerando as particularidades de cada músculo e raça, conforme discutido neste artigo.

3.3 Razão de chances

3.3.1 Nelore

Para as classes atribuídas pelos consumidores, observou-se que não houve efeito da maturação sobre a classificação atribuída para o músculos GM, mas houve efeito para os músculos ST e SM (Tabela 4). Sendo assim, foram calculados as razões de chance (RC) associadas a classificação para cada músculos (ST e SM) de acordo com os tempos de

maturação (Tabela 5). A RC representa o aumento relativo nas chances de um evento ocorrer em relação a outro evento (classificação 1: insatisfatório, em relação a 2: bom para o dia a dia, nos 2 tempos de maturação dos cortes ST, SM por exemplo).

Tabela 4 – Frequência e porcentagem (%) da classificação atribuída pelos consumidores de acordo com a maturação e o corte para animais Nelore e teste de significância no modelo de regressão logística.

Corte	Classificação	5 dias	15 dias	p-valor
<i>Gluteus medius</i>	1	11 (8%)	15 (11%)	>0,05
	2	42 (30%)	46 (33%)	
	3	50 (35%)	50 (36%)	
	4	38 (27%)	27 (20%)	
<i>Semitendinosus</i>	1	17 (12%)	21 (15%)	0,026
	2	76 (53%)	54 (38%)	
	3	41 (28%)	47 (33%)	
	4	10 (7%)	22 (15%)	
<i>Semimembranosus</i>	1	21 (15%)	16 (11%)	0,018
	2	68 (47%)	52 (37%)	
	3	39 (27%)	38 (27%)	
	4	16 (11%)	35 (25%)	

1: insatisfatórias, 2: boa para o dia a dia, 3: muito boas ou 4: excelentes.

Em, geral, para tourinhos Nelore as RC demonstraram que o aumento do período de maturação de 5 para 15 dias aumentou as razões de chances dos consumidores atribuírem melhores superiores para os cortes ST e SM ($RC > 1$). Por exemplo, para o músculo ST, a RC dos consumidores responderem 1: Insatisfatório em relação a 4: excelente 1,82 vezes maior para a maturação de 5 dias de maturação em comparação com de 15 dias. Ou seja, quando maturado por 15 dias, o músculo ST tem quase o dobro de chance de receber uma nota 4: excelente, quando comparados com a nota 1: Insatisfatório. Este mesmo padrão foi observado ao comparar as notas 3 vs 4 neste mesmo músculo, onde a RC de os consumidores darem uma

classificação de 3: Muito bom em relação a 4: excelente foi 1,92 vezes maior 5 dias de maturação em comparação com 15 dias.

A maior RC foi encontrada entre as classes 3: muito bom e 4:excelente para o ST, com uma RC de 3,09. Em outras palavras, a chance do músculo ST ser classificada pelo consumidor como 4:excelente em vez de 3: Muito boa é três vezes maior se ela for maturada por 15 dias. As RC entre as classes intermediárias 2: boa para o dia a dia e 3: muito boas é de 2,44, indicando que a maturação neste caso também pode dobrar as chances de este músculo passar de uma carne do dia a dia para uma carne considerada muito boa.

Para o Músculo SM, os resultados também mostram que aumentar o período de maturação de 5 dias para 15 dias pode dobrar e até quase triplicar as chances de melhoria da classificação pelos consumidores nas comparações 1 vs 4, 2 vs 4, 3 vs 4. No entanto na comparação das classes 1 vs 2, a RC=1 significa que não houve diferença para os consumidores a maturação variar de 5 para 15 dias nas atribuições destas classes.

A RC dos consumidores atribuírem uma classificação de 1: Insatisfatório ou 2: bom para o dia a dia em vez de a 4: excelente é 2,86 vezes maior no período de maturação de 5 dias em relação ao período de 15 dias. Ou seja, o músculo SM classificado como 1: Insatisfatório ou 2: Bom para o dia a dia aos 5 dias de maturação tem quase três vezes mais chances de ser classificado como 4: Excelente após 15 dias de maturação. Além disso, a RC do músculo SM ser classificado como 3: Muito boa após 15 dias de maturação, se inicialmente foi classificada como 1: Insatisfatório ou 2: Bom para o dia a dia aos 5 dias de maturação é de 1,28 e 1,27 respectivamente.

Tabela 5. Razão de chances associadas à classificação de acordo com a avaliação sensorial de bifes provenientes de tourinhos Nelore.

Classificação	Nelore	
	ST 5 vs 15	SM 5 vs 15
1 vs 2	1,53	1,00
1 vs 3	1,12	1,28
1 vs 4	1,82	2,87
2 vs 3	2,44	1,27
2 vs 4	3,09	2,86
3 vs 4	1,91	2,24

1: insatisfatórias, 2: boa para o dia a dia, 3: muito boas ou 4: excelentes. GM: Gluteus medius, SM: Semimembranosus e ST: Semitendinosos.

3.3.2 Brangus

Para as classes atribuídas pelos consumidores, observou-se que não houve efeito da maturação sobre a classificação para o músculos GM e ST, mas houve efeito para os músculos SM (Tabela 6). Foram calculados as razões de chance (RC) associadas a classificação para o músculo SM de acordo com os tempos de maturação (Tabela 7).

De forma geral, todas as RC <1 indicam que as chances do consumidor atribuir uma melhor classificação para o músculo SM no período de maturação de 5 dias são maiores do que para 15 dias. Assim, as classificações seguiram o padrão de percepção do consumidor na atribuição de notas de palatabilidade (maciez, sabor, suculência e aceitabilidade global), onde a maturação de 5 dias mostrou agradar mais os consumidores em comparação com a maturação de 15 dias.

Tabela 6 - Frequência e porcentagem da classificação atribuída pelos consumidores de acordo com a maturação e corte para Brangus e teste de significância no modelo de regressão logística.

Variável	Classificação	5 dias	15 dias	p-valor
<i>Gluteus medius</i>	1	19 (13 %)	12 (17%)	>,05
	2	41 (28%)	25 (35%)	
	3	56 (39%)	27 (38%)	
	4	28 (19%)	8 (11%)	
<i>Semitendinosus</i>	1	8 (11%)	8 (12%)	>,05
	2	24 (33%)	32 (46%)	
	3	20 (28%)	19 (28%)	
	4	20 (28%)	10 (14%)	
<i>Semimembranosus</i>	1	7 (10%)	20 (28%)	<,001
	2	19 (26%)	32 (44%)	
	3	24 (33%)	15 (21%)	
	4	22 (31%)	5 (7%)	

1: insatisfatórias, 2: boa para o dia a dia, 3: muito boas ou 4: excelentes.

Na comparação entre classes extremas (1 vs 4), a RC dos consumidores atribuírem classificação 1: Insatisfatória em vez de 4: Excelente é muito menor aos 5 dias de maturação em relação aos 15 dias (RC=0,08). O mesmo ocorre na comparação entre as classes 2:Bom para o dia a dia ou 3:Muito bom em relação a 4: excelente, onde a RC do consumidor classificar uma carne como 2 ou 3 em vez de 4 é menor para o músculo SM aos 5 dias de maturação em relação aos 15 dias (RC=0,13 e 0,36 respectivamente). Em todas as comparações com a classe 4: Excelente a RC foram menores que 1 e mais próximas de 0, indicando que essa para o músculo SM de fêmeas Brangus, a maior nota tem sempre uma maior chance de ser atribuída pelos consumidores no tempo de maturação de 5 dias em relação aos 15 dias.

Tabela 7 - Razão de chances associadas à classificação de acordo com a avaliação sensorial de bifes provenientes de tourinhos Brangus.

Classificação	Brangus
	SM 5 vs 15
1 vs 2	0,59
1 vs 3	0,22
1 vs 4	0,08
2 vs 3	0,37
2 vs 4	0,13
3 vs 4	0,36

1: insatisfatórias, 2: boa para o dia a dia, 3: muito boas ou 4: excelentes. GM: Gluteus medius, SM: Semimembranosus e ST: Semitendinosus.

4. Conclusão

Os consumidores perceberam uma melhora na palatabilidade dos cortes SM e ST provenientes de tourinhos Nelore, neste caso a maturação de 15 dias é uma estratégia viável para atender as preferências os consumidores. Por outro lado, para fêmeas Brangus, a maturação de 15 dias mostrou-se em todos os cortes avaliados, potencialmente prejudicial, sendo assim torna-se dispensável o gasto com tempo e armazenamento desses cortes. Além disso, a maturação de 15 dias também aumentou as chances dos músculos SM e ST de tourinhos Nelore ser classificado como 3: Muito bom ou 4: Excelente, enquanto que para fêmeas Brangus as diferenças foram percebidas apenas para o músculo SM onde as maiores razões de chances dos consumidores atribuírem nota 4: Excelente são maiores aos 5 dias de maturação.

Agradecimentos

Os autores expressam sua gratidão à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor. Além disso, reconhecemos o apoio da *Brazil Beef Quality*® por disponibilizar as instalações necessárias, mão de obra e carne para este estudo.

Referências

- ABEP. (2018). ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE PESQUISA.
- Acebrón, L. B., & Dopico, D. C. (2000). The importance of intrinsic and extrinsic cues to expected and experienced quality: an empirical application for beef. Chaudhuri, A., & Holbrook, M. B. (2001). The Chain of Effects from Brand Trust and Brand Affect to Brand Performance: The Role of Brand Love. *Food Quality and Preference*, 11(3), 229–238.
- Acheson, R. J., Woerner, D. R., & Tatum, J. D. (2014). Effects of USDA carcass maturity on sensory attributes of beef produced by grain-finished steers and heifers classified as less than 30 months old using dentition. *Journal of Animal Science*, 92(4), 1792–1799. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7553>
- Anderson, M. J., Lonergan, S. M., Fedler, C. A., Prusa, K. J., Binning, J. M., & Huff-Lonergan, E. (2012). Profile of biochemical traits influencing tenderness of muscles from the beef round. *Meat Science*, 91(3), 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.022>
- Ardeshiri, A., & Rose, J. M. (2018). How Australian consumers value intrinsic and extrinsic attributes of beef products. *Food Quality and Preference*, 65(October), 146–163. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.018>
- Ares, G., Giménez, A., Vidal, L., Zhou, Y., Krystallis, A., Tsalis, G., ... Deliza, R. (2016). Do we all perceive food-related wellbeing in the same way? Results from an exploratory cross-cultural study. *Food Quality and Preference*, 52, 62–73.

<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.014>

Aroeira, C. N., Torres Filho, R. A., Fontes, P. R., Gomide, L. A. M., Ramos, A. L. S., Ladeira, M. M., & Ramos, E. M. (2016). Freezing, thawing and aging effects on beef tenderness from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Meat Science*, *116*, 118–125.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.006>

AUS-MEAT. (2017). *Australian Beef Carcase Evaluation—Chiller Assessment, Version 8*; (p. Limited: Murarrie, QLD, Australia,). p. Limited: Murarrie, QLD, Australia,.

Ba, H. Van, Park, K., Dashmaa, D., & Hwang, I. (2014). Effect of muscle type and vacuum chiller ageing period on the chemical compositions, meat quality, sensory attributes and volatile compounds of Korean native cattle beef. *Animal Science Journal*, *85*(2), 164–173.

<https://doi.org/10.1111/asj.12100>

Baldassini, W., Coutinho, M., Rovadoscki, G., Menezes, B., Tagiariolli, M., Torrecilhas, J., ... Chardulo, L. A. (2023). *Bos indicus* Carcasses Suspended by the Pelvic Bone Require a Shorter Aging Time to Meet Consumer Expectations Regarding Meat Quality. *Foods*, *12*(5). <https://doi.org/10.3390/foods12050930>

Banović, M., Grunert, K. G., Barreira, M. M., & Fontes, M. A. (2009). Beef quality perception at the point of purchase: A study from Portugal. *Food Quality and Preference*, *20*(4), 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2009.02.009>

Bekhit, A. A., Hopkins, D. L., Geesink, G., Bekhit, A. A., & Franks, P. (2014). Exogenous Proteases for Meat Tenderization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *54*(8), 1012–1031. <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>

Berri, C., Picard, B., Lebret, B., Andueza, D., Lefèvre, F., Le Bihan-Duval, E., ... Hocquette, J. F. (2019a). Predicting the quality of meat: Myth or reality? *Foods*, *8*(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods8100436>

Berri, C., Picard, B., Lebret, B., Andueza, D., Lefèvre, F., Le Bihan-Duval, E., ... Hocquette,

- J. F. (2019b). Predicting the quality of meat: Myth or reality? *Foods*, 8(10), 1–22. <https://doi.org/10.3390/foods8100436>
- Blanco, M., Ripoll, G., Delavaud, C., & Casasús, I. (2020). Performance, carcass and meat quality of young bulls, steers and heifers slaughtered at a common body weight. *Livestock Science*, 240(April), 104156. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104156>
- Boehm, M. L., Kendall, T. L., Thompson, V. F., & Goll, D. E. (2018). *Changes in the Calpains and Calpastatin During Postmortem Storage of Bovine Muscle 1 ABSTRACT* : (February).
- Boito, B., Lisbinski, E., Campo, M. D. M., Guerrero, A., Resconi, V., de Oliveira, T. E., & Barcellos, J. O. J. (2021a). Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. *Meat Science*, 172(April 2020), 108312. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108312>
- Boito, B., Lisbinski, E., Campo, M. D. M., Guerrero, A., Resconi, V., de Oliveira, T. E., & Barcellos, J. O. J. (2021b). Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. *Meat Science*, 172. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108312>
- Bonfatti, V., Albera, A., & Carnier, P. (2013). Genetic associations between daily BW gain and live fleshiness of station-tested young bulls and carcass and meat quality traits of commercial intact males in Piemontese cattle. *Journal of Animal Science*, 91(5), 2057–2066. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5386>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Farmer, L. J., Legrand, I., Wierzbicki, J., ... Gardner, G. E. (2016). The variation in the eating quality of beef from different sexes and breed classes cannot be completely explained by carcass measurements. *Animal*, 10(6), 987–995. <https://doi.org/10.1017/S175173111500292X>
- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., ... Gardner, G. E. (2017). Untrained consumer assessment of the eating quality of beef: 1. A single composite score can predict beef quality grades. *Animal*, 11(8), 1389–1398. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002305>

- Bonny, S. P.F., Hocquette, J. F., Pethick, D. W., Legrand, I., Wierzbicki, J., Allen, P., ... Gardner, G. E. (2018). Review: The variability of the eating quality of beef can be reduced by predicting consumer satisfaction. *Animal*, *12*(11), 2434–2442. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000605>
- Bonny, Sarah P.F., Gardner, G. E., Pethick, D. W., & Hocquette, J. F. (2015). What is artificial meat and what does it mean for the future of the meat industry? *Journal of Integrative Agriculture*, *14*(2), 255–263. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60888-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60888-1)
- Bonny, Sarah P.F., O'Reilly, R. A., Pethick, D. W., Gardner, G. E., Hocquette, J. F., & Pannier, L. (2018). Update of Meat Standards Australia and the cuts based grading scheme for beef and sheepmeat. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(7), 1641–1654. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(18\)61924-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(18)61924-0)
- Borgogno, M., Favotto, S., Corazzin, M., Cardello, A. V., & Piasentier, E. (2015). The role of product familiarity and consumer involvement on liking and perceptions of fresh meat. *Food Quality and Preference*, *44*, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.04.010>
- Caballero, B., Sierra, V., Oliván, M., Vega-Naredo, I., Tomás-Zapico, C., Alvarez-García, Ó., ... Coto-Montes, A. (2007). Activity of cathepsins during beef aging related to mutations in the myostatin gene. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *87*(2), 192–199. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2683>
- Calkins, C. R., Dutson, T. R., Smith, G. C., Carpenter, Z. L., & Davis, G. W. (1981). Relationship of Fiber Type Composition to Marbling and Tenderness of Bovine Muscle. *Journal of Food Science*, *46*(3), 708–710. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1981.tb15331.x>
- Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P., & Chambers IV, E. (2001). Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science*, *66*(2), 196–199.

<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb11315.x>

- Carlin, K. R. M., Huff-Lonergan, E., Rowe, L. J., & Lonergan, S. M. (2006). Effect of oxidation, pH, and ionic strength on calpastatin inhibition of μ - and m-calpain. *Journal of Animal Science*, *84*(4), 925–937. <https://doi.org/10.2527/2006.844925x>
- Cho, S., Kang, S. M., Seong, P., Kang, G., Kim, Y., Kim, J., ... Kim, S. (2016). Effect of aging time on physicochemical meat quality and sensory property of hanwoo bull beef. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, *36*(1), 68–76. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.68>
- Chriki, S., Renand, G., Picard, B., Micol, D., Journaux, L., & Hocquette, J. F. (2013). Meta-analysis of the relationships between beef tenderness and muscle characteristics. *Livestock Science*, *155*(2–3), 424–434. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.04.009>
- Clinquart, A., Ellies-Oury, M. P., Hocquette, J. F., Guillier, L., Santé-Lhoutellier, V., & Prache, S. (2022). Review: On-farm and processing factors affecting bovine carcass and meat quality. *Animal*, *16*, 100426. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100426>
- Coles, C. A., Wadeson, J., Knight, M. I., Cafe, L. M., Johns, W. H., White, J. D., ... Mcdonagh, M. B. (2014). A disintegrin and metalloprotease-12 is type I myofiber specific in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, *92*(4), 1473–1483. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7069>
- Cooke, R. F., Daigle, C. L., Moriel, P., Smith, S. B., Luis O. Tedeschi, & Vendramini, J. M. B. (2020). Board Invited Review - Cattle adapted to tropical and subtropical environments (I): social, nutritional, and carcass quality considerations. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, *40*(I), 10–13. Retrieved from 10.1093/gerona/gly169.
- Costa, N. V., Aboujaoude, C., Vieira, G. S., Paiva, V. V., Moraes Neto, R. A., Gondim, V. S., ... Antunes, R. C. (2015). Carcass and meat quality traits in Nellore and F1 Nellore-Araguaia crosses. *Genetics and Molecular Research*, *14*(2), 5379–5389.

<https://doi.org/10.4238/2015.May.22.7>

- Dashdorj, D., Amna, T., & Hwang, I. (2015). Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. *European Food Research and Technology*, *241*(2), 157–171. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2449-3>
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Kim, Y., & Hwang, I. (2016). Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology*, *58*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>
- de Andrade, T. S., Albertini, T. Z., Barioni, L. G., de Medeiros, S. R., Millen, D. D., Dos Santos, A. C. R., ... Lanna, D. P. D. (2020). Perception of consultants, feedlot owners, and packers regarding the optimal economic slaughter endpoint in feedlots: A national survey in Brazil (Part I). *Canadian Journal of Animal Science*, *100*(4), 745–758. <https://doi.org/10.1139/cjas-2019-0219>
- De Oliveira, I. M., Paulino, P. V. R., Marcondes, M. I., de Campos Valadares Filho, S., Cavali, J., Prados, L. F., ... Detmann, E. (2011). Beef quality traits of Nellore, F1 Simmental × Nellore and F1 Angus × Nellore steers fed at the maintenance level or ad libitum with two concentrate levels in the diet. *Revista Brasileira de Zootecnia*, *40*(12), 2894–2902. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200037>
- De Souza Rodrigues, R. T., Chizzotti, M. L., Vital, C. E., Baracat-Pereira, M. C., Barros, E., Busato, K. C., ... Da Silva Martins, T. (2017). Differences in beef quality between Angus (*Bos taurus taurus*) and Nellore (*Bos taurus indicus*) cattle through a proteomic and phosphoproteomic approach. *PLoS ONE*, *12*(1), 1–21. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0170294>
- Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, *15*(2), 137–146. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00041-7](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00041-7)
- Devlin, D. J., Gault, N. F. S., Moss, B. W., Tolland, E., Tollerton, J., Farmer, L. J., & Gordon,

- A. W. (2017a). Factors affecting eating quality of beef. *Advances in Animal Biosciences*, 8(s1), s2–s5. <https://doi.org/10.1017/s2040470017001583>
- Devlin, D. J., Gault, N. F. S., Moss, B. W., Tolland, E., Tollerton, J., Farmer, L. J., & Gordon, A. W. (2017b). Factors affecting eating quality of beef. *Advances in Animal Biosciences*, 8, s2–s5. <https://doi.org/10.1017/s2040470017001583>
- Dransfield, E. (1994). Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. *Meat Science*, 36(1–2), 105–121. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(94\)90037-X](https://doi.org/10.1016/0309-1740(94)90037-X)
- Ellies-Oury, M.-P., Cantalapiedra-Hijar, G., Durand, D., Gruffat, D., Listrat, A., Micol, D., ... Picard, B. (2016). An innovative approach combining Animal Performances, nutritional value and sensory quality of meat. *Meat Science*, 122, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.08.004>
- Ellies-Oury, M. P., Hocquette, J. F., Chriki, S., Conanec, A., Farmer, L., Chavent, M., & Saracco, J. (2020). Various statistical approaches to assess and predict carcass and meat quality traits. *Foods*, 9(4), 1–15. <https://doi.org/10.3390/foods9040525>
- Ellies-Oury, M. P., Lee, A., Jacob, H., & Hocquette, J. F. (2019). Meat consumption—what French consumers feel about the quality of beef? *Italian Journal of Animal Science*, 18(1), 646–656. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1551072>
- Farmer, L. J., & Farrell, D. T. (2018). Review: Beef-eating quality: A European journey. *Animal*, 12(11), 2424–2433. <https://doi.org/10.1017/S1751731118001672>
- Ferreira, G. A., Barro, A. G., Terto, D. K., Bosso, E. B., dos Santos, É. R., Ogawa, N. N., & Bridi, A. M. (2024). Sensory quality of beef with different ultimate pH values – A Brazilian perspective. *Meat Science*, 209(November 2023), 109415. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109415>
- Frank, D., Ball, A., Hughes, J., Krishnamurthy, R., Piyasiri, U., Stark, J., ... Warner, R. (2016). Sensory and flavor chemistry characteristics of Australian beef: Influence of intramuscular

- fat, feed, and breed. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(21), 4299–4311.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b00160>
- Gagaoua, M., Terlouw, E. M. C., Micol, D., Hocquette, J. F., Moloney, A. P., Nuernberg, K., ... Picard, B. (2016). Sensory quality of meat from eight different types of cattle in relation with their biochemical characteristics. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(7), 1550–1563. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61340-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61340-0)
- Gerrard, D. E., & Grant, A. L. (2006). *Principles of animal growth and development* (Kendall/Hu).
- Gil, M., Serra, X., Gispert, M., Àngels Oliver, M., Sañudo, C., Panea, B., ... Piedrafita, J. (2001). The effect of breed-production systems on the myosin heavy chain 1, the biochemical characteristics and the colour variables of Longissimus thoracis from seven Spanish beef cattle breeds. *Meat Science*, 58(2), 181–188. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(00\)00150-9](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(00)00150-9)
- Goll, D. E., Thompson, V. F., Li, H., Wei, W., & Cong, J. (2003). The calpain system. *Physiological Reviews*, 83(3), 731–801. <https://doi.org/10.1152/physrev.00029.2002>
- Goodman, C. A., Mabrey, D. M., Frey, J. W., Miu, M. H., Schmidt, E. K., Pierre, P., & Hornberger, T. A. (2011). Novel insights into the regulation of skeletal muscle protein synthesis as revealed by a new nonradioactive in vivo technique . *The FASEB Journal*, 25(3), 1028–1039. <https://doi.org/10.1096/fj.10-168799>
- Gorraiz, C., Beriain, M. J., Chasco, J., & Insausti, K. (2002). Effect of aging time on volatile compounds, odor, and flavor of cooked beef from Pirenaica and Friesian bulls and heifers. *Journal of Food Science*, 67(3), 916–922. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09428.x>
- Gotoh, T. (2003). Histochemical properties of skeletal muscles in Japanese cattle and their meat production ability. *Animal Science Journal*, 74(5), 339–354.

<https://doi.org/10.1046/j.1344-3941.2003.00125.x>

Grunert, K. G. (2006). Future trends and consumer lifestyles with regard to meat consumption.

Meat Science, 74(1), 149–160. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.016>

Grunert, K. G., Bredahl, L., & Brunsø, K. (2004). Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. *Meat Science*, 66(2),

259–272. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00130-X](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00130-X)

Harris, S. E., Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M., Jones, W. R., & Rankins, D. (2001).

Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef.

Journal of Animal Science, 79(3), 666–677. <https://doi.org/10.2527/2001.793666x>

Henchion, M. (2014). MEAT MARKETING | Market Requirements and Specifications. In M.

Dikeman & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of Meat Sciences (Second Edition)* (Second

Edi, pp. 231–235). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00243-9>

Henchion, M. M., McCarthy, M., & Resconi, V. C. (2017). Beef quality attributes: A systematic

review of consumer perspectives. *Meat Science*, 128, 1–7.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.01.006>

Hocquette, J.-F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., & Scollan, N. D. (2012).

Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, 92(3), 197–209.

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.04.007>

Hocquette, J. F., Gondret, F., Baza, E., Mdale, F., Jurie, C., & Pethick, D. W. (2010).

Intramuscular fat content in meat-producing animals: Development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4(2), 303–319.

<https://doi.org/10.1017/S1751731109991091>

Hocquette, J. F., Meurice, P., Brun, J. P., Jurie, C., Denoyelle, C., Bauchart, D., ... Picard, B.

(2011). The challenge and limitations of combining data: A case study examining the relationship between intramuscular fat content and flavour intensity based on the BIF-

- BEEF database. *Animal Production Science*, 51(11), 975–981.
<https://doi.org/10.1071/AN10044>
- Holman, B. W. B., Fowler, S. M., & Hopkins, D. L. (2020). Red meat (beef and sheep) products for an ageing population: a review. *International Journal of Food Science and Technology*, 55(3), 919–934. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14443>
- Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010a). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184–195.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Huff Lonergan, E., Zhang, W., & Lonergan, S. M. (2010b). Biochemistry of postmortem muscle - Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat Science*, 86(1), 184–195.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.004>
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., & Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat Science*, 98(3), 520–532. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022>
- Hunt, M. C., & Hedrick, H. B. (1977). Fiber Types and Related Properties Materials & Methods. *Journal of Food Science*, 42(2), 513–517.
- Hunt, M. R., Garmyn, A. J., O’Quinn, T. G., Corbin, C. H., Legako, J. F., Rathmann, R. J., ... Miller, M. F. (2014). Consumer assessment of beef palatability from four beef muscles from USDA Choice and Select graded carcasses. *Meat Science*, 98(1), 1–8.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.04.004>
- Irurueta, M., Cadoppi, A., Langman, L., Grigioni, G., & Carduza, F. (2008). Effect of aging on the characteristics of meat from water buffalo grown in the Delta del Paraná region of Argentina. *Meat Science*, 79(3), 529–533. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.010>
- Jenkins, K. H., Vasconcelos, J. T., Hinkle, J. B., Furman, S. A., de Mello, A. S., Senaratne, L. S., ... Calkins, C. R. (2011). Evaluation of performance, carcass characteristics, and

- sensory attributes of beef from finishing steers fed field peas. *Journal of Animal Science*, 89(4), 1167–1172. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2552>
- Jeong, D. W., Choi, Y. M., Lee, S. H., Choe, J. H., Hong, K. C., Park, H. C., & Kim, B. C. (2010). Correlations of trained panel sensory values of cooked pork with fatty acid composition, muscle fiber type, and pork quality characteristics in Berkshire pigs. *Meat Science*, 86(3), 607–615. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.011>
- Jeremiah, L. E., & Gibson, L. L. (2003). The effects of postmortem product handling and aging time on beef palatability. *Food Research International*, 36(9–10), 929–941. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(03\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(03)00102-9)
- Jorquera-Chavez, M., Fuentes, S., Dunshea, F. R., Jongman, E. C., & Warner, R. D. (2019). Computer vision and remote sensing to assess physiological responses of cattle to pre-slaughter stress, and its impact on beef quality: A review. *Meat Science*, 156, 11–22. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.007>
- Kerth, C. R., & Miller, R. K. (2015). Beef flavor: A review from chemistry to consumer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(14), 2783–2798. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7204>
- Kim, Y. H. B., Ma, D., Setyabrata, D., Farouk, M. M., Lonergan, S. M., Huff-Lonergan, E., & Hunt, M. C. (2018). Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science*, 144(February), 74–90. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031>
- Kirchofer, K. S., Calkins, C. R., & Gwartney, B. L. (2002). Fiber-type composition of muscles of the beef chuck and round. *Journal of Animal Science*, 80(11), 2872–2878. <https://doi.org/10.2527/2002.80112872x>
- Koohmaraie, M., & Geesink, G. H. (2006). Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat*

- Science*, 74(1), 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- Koohmaraie, Mohammad. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, 43(1), 193–201. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(96\)00065-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(96)00065-4)
- Lage, J. F., Paulino, P. V. R., Filho, S. C. V., Souza, E. J. O., Duarte, M. S., Benedeti, P. D. B., ... Cox, R. B. (2012). Influence of genetic type and level of concentrate in the finishing diet on carcass and meat quality traits in beef heifers. *Meat Science*, 90(3), 770–774. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.012>
- Lähteenmäki, L. (2013). Claiming health in food products. *Food Quality and Preference*, 27(2), 196–201. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.03.006>
- Laster, M. A., Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Miller, R. K., Griffin, D. B., ... Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science*, 80(3), 795–804. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.03.024>
- Lawrence, T., Fowler, V., & Novakofski, J. (2012). *Growth of Farm Animals* (3rd ed.; Oxford University Press, Ed.).
- Leal-Gutiérrez, J. D., Elzo, M. A., Johnson, D. D., Scheffler, T. L., Scheffler, J. M., & Mateescu, R. G. (2018). Association of μ -calpain and calpastatin polymorphisms with meat tenderness in a Brahman-Angus population. *Frontiers in Genetics*, 9(FEB), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fgene.2018.00056>
- Leal-Gutiérrez, J. D., & Mateescu, R. G. (2019). Genetic basis of improving the palatability of beef cattle: current insights. *Food Biotechnology*, 33(3), 193–216. <https://doi.org/10.1080/08905436.2019.1616299>
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science*,

- 84(2), 257–270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.004>
- Legrand, I., Hocquette, J. F., Polkinghorne, R. J., & Pethick, D. W. (2013). Prediction of beef eating quality in France using the Meat Standards Australia system. *Animal*, 7(3), 524–529. <https://doi.org/10.1017/S1751731112001553>
- Leighton, P. L. A., Pietrasik, Z., López-Campos, O., Rodas-González, A., Aalhus, J., & Prieto, N. (2023). Towards improving classification of Canadian dark-cutting beef carcasses: Consumer sensory evaluation. *Meat Science*, 195(May 2022). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.109008>
- Lepper-Blilie, A. N., Berg, E. P., Buchanan, D. S., & Berg, P. T. (2016). Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science*, 112, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.017>
- Liu, J., Chriki, S., Ellies-Oury, M. P., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020). European conformation and fat scores of bovine carcasses are not good indicators of marbling. *Meat Science*, 170(July), 108233. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108233>
- Liu, J., Ellies-Oury, M. P., Chriki, S., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020a). Contributions of tenderness, juiciness and flavor liking to overall liking of beef in Europe. *Meat Science*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108190>
- Liu, J., Ellies-Oury, M. P., Chriki, S., Legrand, I., Pogorzelski, G., Wierzbicki, J., ... Hocquette, J. F. (2020b). Contributions of tenderness, juiciness and flavor liking to overall liking of beef in Europe. *Meat Science*, 168(February), 108190. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108190>
- Ma, D., Kim, Y. H. B., Cooper, B., Oh, J. H., Chun, H., Choe, J. H., ... Min, B. (2017). Metabolomics Profiling to Determine the Effect of Postmortem Aging on Color and Lipid Oxidative Stabilities of Different Bovine Muscles. *Journal of Agricultural and Food*

- Chemistry*, 65(31), 6708–6716. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b02175>
- Maltin, C. A., Delday, M. I., Sinclair, K. D., Steven, J., & Sneddon, A. A. (2001). Impact of manipulations of myogenesis in utero on the performance of adult skeletal muscle. *Reproduction*, 122(3), 359–374. <https://doi.org/10.1530/rep.0.1220359>
- Marino, R., Albenzio, M., della Malva, A., Santillo, A., Loizzo, P., & Sevi, A. (2013). Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. *Meat Science*, 95(2), 281–287. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.009>
- Martinaud, A., Mercier, Y., Marinova, P., Tassy, C., Gatellier, P., & Renerre, M. (1997). Comparison of Oxidative Processes on Myofibrillar Proteins from Beef during Maturation and by different model oxidation Systems. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2481–2487.
- Martins, S., Jongen, W., Boekel, V., & Martinus, A. (2001). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science and Technology*, 11, 364–373.
- Martins, T. S., Sanglard, L. M. P., Silva, W., Chizzotti, M. L., Ladeira, M. M., Serão, N. V. L., ... Duarte, M. S. (2017). Differences in skeletal muscle proteolysis in Nellore and Angus cattle might be driven by Calpastatin activity and not the abundance of Calpain/Calpastatin. *Journal of Agricultural Science*, 155(10), 1669–1676. <https://doi.org/10.1017/S0021859617000715>
- Mateescu, R. G., Garrick, D. J., Garmyn, A. J., Vanoverbeke, D. L., Mafi, G. G., & Reecy, J. M. (2015). Genetic parameters for sensory traits in longissimus muscle and their associations with tenderness, marbling score, and intramuscular fat in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 93(1), 21–27. <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8405>
- Mateescu, R. G., Oltenacu, P. A., Garmyn, A. J., Mafi, G. G., & VanOverbeke, D. L. (2016). Strategies to predict and improve eating quality of cooked beef using carcass and meat

- composition traits in Angus cattle. *Journal of Animal Science*, 94(5), 2160–2171.
<https://doi.org/10.2527/jas.2015-0216>
- McCarthy, S. N., Henchion, M., White, A., Brandon, K., & Allen, P. (2017a). Evaluation of beef eating quality by Irish consumers. *Meat Science*, 132(February), 118–124.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.005>
- McCarthy, S. N., Henchion, M., White, A., Brandon, K., & Allen, P. (2017b). Evaluation of beef eating quality by Irish consumers. *Meat Science*, 132(February), 118–124.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.05.005>
- McGilchrist, P., Polkinghorne, R. J., Ball, A. J., & Thompson, J. M. (2019). The meat standards Australia index indicates beef carcass quality. *Animal*, 13(8), 1750–1757.
<https://doi.org/10.1017/S1751731118003713>
- Miller, R. (2020). Drivers of consumer liking for beef, pork, and lamb: A review. *Foods*, 9(4).
<https://doi.org/10.3390/foods9040428>
- Monsón, F., Sañudo, C., & Sierra, I. (2005a). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71(3), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>
- Monsón, F., Sañudo, C., & Sierra, I. (2005b). Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science*, 71(3), 471–479. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.026>
- Monteils, V., Sibra, C., Ellies-Oury, M. P., Botreau, R., De la Torre, A., & Laurent, C. (2017). A set of indicators to better characterize beef carcasses at the slaughterhouse level in addition to the EUROP system. *Livestock Science*, 202, 44–51.
<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.017>
- Mueller, L. F., Balieiro, J. C. C., Ferrinho, A. M., Martins, T. da S., da Silva Corte, R. R. P., de Amorim, T. R., ... Pereira, A. S. C. (2019). Gender status effect on carcass and meat

- quality traits of feedlot Angus × Nellore cattle. *Animal Science Journal*, 90(8), 1078–1089.
<https://doi.org/10.1111/asj.13250>
- Nair, M. N., Canto, A. C. V. C. S., Rentfrow, G., & Suman, S. P. (2019). Muscle-specific effect of aging on beef tenderness. *Food Science and Technology*, 100, 250–252.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.038>
- Neethling, N. E., Suman, S. P., Sigge, G. O., Hoffman, L. C., & Hunt, M. C. (2017). Exogenous and Endogenous Factors Influencing Color of Fresh Meat from Ungulates. *Meat and Muscle Biology*, 1(1). <https://doi.org/10.22175/mmb2017.06.0032>
- Nishimura, T. (2010). The role of intramuscular connective tissue in meat texture. *Animal Science Journal*, 81(1), 21–27. <https://doi.org/10.1111/j.1740-0929.2009.00696.x>
- O'Connor, S. F., Tatum, J. D., Wulf, D. M., Green, R. D., & Smith, G. C. (1997). Genetic Effects on Beef Tenderness in *Bos indicus* Composite and *Bos taurus* Cattle. *Journal of Animal Science*, 75(7), 1822–1830. <https://doi.org/10.2527/1997.7571822x>
- O'Quinn, T. G., Brooks, J. C., Polkinghorne, R. J., Garmyn, A. J., Johnson, B. J., Starkey, J. D., ... Miller, M. F. (2012). Consumer assessment of beef strip loin steaks of varying fat levels. *Journal of Animal Science*, 90(2), 626–634. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4282>
- O'Quinn, T. G., Woerner, D. R., Engle, T. E., Chapman, P. L., Legako, J. F., Brooks, J. C., ... Tatum, J. D. (2016). Identifying consumer preferences for specific beef flavor characteristics in relation to cattle production and postmortem processing parameters. *Meat Science*, 112, 90–102. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.001>
- O'Quinn, Travis G., Brooks, J. C., & Miller, M. F. (2015). Consumer Assessment of Beef Tenderloin Steaks from Various USDA Quality Grades at 3 Degrees of Doneness. *Journal of Food Science*, 80(2), S444–S449. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12775>
- O'Reilly, R. A., Pannier, L., Gardner, G. E., Garmyn, A. J., Luo, H., Meng, Q., ... Pethick, D. W. (2020). Influence of demographic factors on sheepmeat sensory scores of American,

- Australian and Chinese consumers. *Foods*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/foods9040529>
- Pabiou, T., Fikse, W. F., Cromie, A. R., Keane, M. G., Näsholm, A., & Berry, D. P. (2011). Use of digital images to predict carcass cut yields in cattle. *Livestock Science*, 137(1–3), 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.10.012>
- Peña, F., Avilés, C., Domenech, V., González, A., Martínez, A., & Molina, A. (2014). Effects of stress by unfamiliar sounds on carcass and meat traits in bulls from three continental beef cattle breeds at different ageing times. *Meat Science*, 98(4), 718–725. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.07.021>
- Pereira, A. S. C., Baldi, F., Sainz, R. D., Utembergue, B. L., Chiaia, H. L. J., Magnabosco, C. U., ... Sobral, P. J. A. (2015). Growth performance, and carcass and meat quality traits in progeny of Poll Nellore, Angus and Brahman sires under tropical conditions. *Animal Production Science*, 55(10), 1295–1302. <https://doi.org/10.1071/AN13505>
- Perry, N. (2012). Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 78–80. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2011.11.005>
- Pethick, D. W., Harper, G. S., Hocquette, J. F., & Wang, Y. (2006). Marbling biology - what do we know about getting fat into muscle? *Australian Beef - the Leader Conference*, 103–110.
- Pethick, D. W., Harper, G. S., & Oddy, V. H. (2004). Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44(7), 705–715. <https://doi.org/10.1071/EA02165>
- Pethick, D. W., Hocquette, J. F., Scollan, N. D., & Dunshea, F. R. (2021). Review: Improving the nutritional, sensory and market value of meat products from sheep and cattle. *Animal*, 15, 100356. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100356>
- Pethick, David William, Polkinghorne, R. J., Tarr, G., & Wierzbicki, J. (2015). Prédiction de la qualité de la viande de ruminants. *Viandes & Produits Carnés*, (November).

- Phelps, K. J., Drouillard, J. S., Silva, M. B., Miranda, L. D. F., Ebarb, S. M., Van Bibber-Krueger, C. L., ... Gonzalez, J. M. (2016). Effect of extended postmortem aging and steak location on myofibrillar protein degradation and warner-bratzler shear force of beef M. semitendinosus steaks. *Journal of Animal Science*, *94*(1), 412–423. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9862>
- Picard, B., Gagaoua, M., Al-Jammas, M., De Koning, L., Valais, A., & Bonnet, M. (2018). Beef tenderness and intramuscular fat proteomic biomarkers: Muscle type effect. *PeerJ*, *2018*(6), 1–20. <https://doi.org/10.7717/peerj.4891>
- Pogorzelski, G., Pogorzelska-Nowicka, E., Pogorzelski, P., Póltorak, A., Hocquette, J. F., & Wierzbicka, A. (2022). Towards an integration of pre- and post-slaughter factors affecting the eating quality of beef. *Livestock Science*, *255*(April 2021). <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104795>
- Pogorzelski, G., Polkinghorne, R., Tarr, G., Póltorak, A., & Wierzbicka, A. (2021). Effect of “dry aging” or “wet aging” of beef on eating quality. *Animal Science Papers and Reports*, *39*(3), 237–249.
- Pogorzelski, G., Woźniak, K., Polkinghorne, R., Póltorak, A., & Wierzbicka, A. (2020). Polish consumer categorisation of grilled beef at 6 mm and 25 mm thickness into quality grades, based on Meat Standards Australia methodology. *Meat Science*, *161*(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107953>
- Polkinghorne, R. J., & Thompson, J. M. (2010). Meat standards and grading. A world view. *Meat Science*, *86*(1), 227–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.05.010>
- Ramos, P. M., Scheffler, T. L., Beline, M., Bodmer, J., Gerrard, D. E., & Silva, S. L. (2024). Challenges and opportunities of using *Bos indicus* cattle to meet consumers’ demand for quality beef. *Meat Science*, *207*(October 2023), 109375. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109375>

- Rodas-González, A., Huerta-Leidenz, N., Jerez-Timaure, N., & Miller, M. F. (2009). Establishing tenderness thresholds of Venezuelan beef steaks using consumer and trained sensory panels. *Meat Science*, 83(2), 218–223. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.04.021>
- Santana Filho, N. B., Oliveira, R. L., Cruz, C. H., Leão, A. G., Ribeiro, O. L., Borja, M. S., ... Abreu, C. L. (2016). 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*, 96(10), 3590–3595. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7546>
- Santos, C., Moniz, C., Roseiro, C., Tavares, M., Medeiros, V., Afonso, I., ... Da Ponte, D. J. B. (2016). Effects of Early Post-Mortem Rate of pH fall and aging on Tenderness and Water Holding Capacity of Meat from Cull Dairy Holstein-Friesian Cows. *Journal of Food Research*, 5(2), 1. <https://doi.org/10.5539/jfr.v5n2p1>
- Santos, D., Monteiro, M. J., Voss, H.-P., Komora, N., Teixeira, P., & Pintado, M. (2021). The most important attributes of beef sensory quality and production variables that can affect it: A review. *Livestock Science*, 250(May), 104573. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104573>
- Scheffler, T. L. (2022). Connecting Heat Tolerance and Tenderness in *Bos indicus* Influenced Cattle. *Animals*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/ani12030220>
- Schnettler, B., Sepúlveda, N., Sepúlveda, J., Orellana, L., Miranda, H., Lobos, G., & Mora, M. (2014). Consumer preferences towards beef cattle in Chile : Importance of country of origin , cut , packaging , brand and price. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias de La Universidad Nacional de Cuyo*, 46(1), 143–160.
- Seideman, S. C., Cross, H. R., Oltjen, R. R., & Schanbacher, B. D. (1982). Utilization of the Intact Male for Red Meat Production: A Review. *Journal of Animal Science*, 55(4), 826–840. <https://doi.org/10.2527/jas1982.554826x>

- Seideman, S. C., & Theer, L. K. (1986). Relationships of Instrumental Textural Properties and Muscle Fiber Types To the Sensory Properties of Beef. *Journal of Food Quality*, 9(4), 251–261. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.1986.tb00795.x>
- Sentandreu, M. A., Coulis, G., & Ouali, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology*, 13(12), 400–421. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00188-7](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00188-7)
- Severino, M., Gagaoua, M., Baldassini, W., Ribeiro, R., Torrecilhas, J., Pereira, G., ... Neto, O. M. (2022). Proteomics Unveils Post-Mortem Changes in Beef Muscle Proteins and Provides Insight into Variations in Meat Quality Traits of Crossbred Young Steers and Heifers Raised in Feedlot. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20). <https://doi.org/10.3390/ijms232012259>
- Smith, G. C., Tatum, J. D., & Belk, K. E. (2008). International perspective: Characterisation of United States Department of Agriculture and Meat Standards Australia systems for assessing beef quality. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1465–1480. <https://doi.org/10.1071/EA08198>
- Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Harris, K. B., Miller, R. K., Griffin, D. B., & Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*, 79(4), 631–639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.028>
- Strydom, P., Burrow, H., Polkinghorne, R., & Thompson, J. (2019). Do demographic and beef eating preferences impact on South African consumers' willingness to pay (WTP) for graded beef? *Meat Science*, 150(December 2018), 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.011>
- Tarrés, J., Fina, M., Varona, L., & Piedrafita, J. (2011). Carcass conformation and fat cover scores in beef cattle: A comparison of threshold linear models vs grouped data models.

- Genetics Selection Evolution*, 43(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-43-16>
- Teye, G., & Okutu, I. (2009). Effect of ageing under tropical conditions on the eating qualities of beef. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 9(30), 1901–1913. <https://doi.org/10.18697/ajfand.30.3545>
- Thompson, J. (2002). Managing meat tenderness. *Meat Science*, 62(3), 295–308. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00126-2)
- Thompson, J. M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G. E., Johnston, D. J., & Pethick, D. W. (2006). Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*, 74(1), 59–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.022>
- Thompson, J. M., Polkinghorne, R., Hwang, I. H., Gee, A. M., Cho, S. H., Park, B. Y., & Lee, J. M. (2008). Beef quality grades as determined by Korean and Australian consumers. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1380–1386. <https://doi.org/10.1071/EA05111>
- Thompson, J., Polkinghorne, R., Gee, A., Motiang, D., Strydom, P., Mashau, M., ... Heather, B. (2010). *Beef palatability in the Republic of South Africa: implications for niche-marketing strategies*. 57.
- United States Department of Agriculture (USDA). (1996). *Standards for grades of slaughter cattle and standards for grades of carcass beef*. (p. USDA, Washington, DC, USA). p. USDA, Washington, DC, USA.
- Weiseth-Kent, E., Pedersen, M. E., Rønning, S. B., & Rødbotten, R. (2018). Can postmortem proteolysis explain tenderness differences in various bovine muscles? *Meat Science*, 137(March 2017), 114–122. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.011>
- Venkata Reddy, B., Sivakumar, A. S., Jeong, D. W., Woo, Y. B., Park, S. J., Lee, S. Y., ... Hwang, I. (2015). Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. *Animal Science Journal*, 86(1), 1–16.

<https://doi.org/10.1111/asj.12266>

Wang, Q., Zhao, X., Ren, Y., Fan, E., Chang, H., & Wu, H. (2013). Effects of high pressure treatment and temperature on lipid oxidation and fatty acid composition of yak (*Poephagus grunniens*) body fat. *Meat Science*, 94(4), 489–494. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.03.006>

Warner, R. D. (2017). The Eating Quality of Meat-IV Water-Holding Capacity and Juiciness. In *Lawrie's Meat Science: Eighth Edition*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>

Warner, R. D., Wheeler, T. L., Ha, M., Li, X., Bekhit, A. E. D., Morton, J., ... Zhang, W. (2021). Meat tenderness: advances in biology, biochemistry, molecular mechanisms and new technologies. *Meat Science*, 185, 108657. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108657>

Warren, H. E., Scollan, N. D., Enser, M., Hughes, S. I., Richardson, R. I., & Wood, J. D. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78(3), 256–269. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.008>

Watanabe, A., Kamada, G., Imanari, M., Shiba, N., Yonai, M., & Muramoto, T. (2015). Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. *Meat Science*, 107, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.04.004>

Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008a). Accessory Publication : MSA sensory testing protocols. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367.

Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008b). Accessory Publication : MSA sensory testing protocols. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367. https://doi.org/10.1071/EA07176_

- Watson, R., Gee, A., Polkinghorne, R., & Porter, M. (2008c). Consumer assessment of eating quality - Development of protocols for Meat Standards Australia (MSA) testing. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1360–1367. <https://doi.org/10.1071/EA07176>
- Watson, R., Polkinghorne, R., & Thompson, J. M. (2008). Development of the Meat Standards Australia (MSA) prediction model for beef palatability. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(11), 1368–1379. <https://doi.org/10.1071/EA07184>
- Whipple, G., & Koohmaraie, M. (1992). Effects of lamb age, muscle type, and 24-hour activity of endogenous proteinases on postmortem proteolysis. *Journal of Animal Science*, 70(3), 798–804. <https://doi.org/10.2527/1992.703798x>
- Wright, S. A., Ramos, P., Johnson, D. D., Scheffler, J. M., Elzo, M. A., Mateescu, R. G., ... Scheffler, T. L. (2018). Brahman genetics influence muscle fiber properties, protein degradation, and tenderness in an Angus-Brahman multibreed herd. *Meat Science*, 135, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.006>
- Yaylayan, V. A., Keyhani, A., & Wnorowski, A. (2000). Formation of sugar-specific reactive intermediates from ¹³C-labeled L- serines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(3), 636–641. <https://doi.org/10.1021/jf990687a>
- Yeh, Y., Omaye, S. T., Ribeiro, F. A., Calkins, C. R., & de Mello, A. S. (2018). Evaluation of palatability and muscle composition of novel value-added beef cuts. *Meat Science*, 135(September 2017), 79–83. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.026>
- Zenon, Pogorzelska-Przybyłek, P., Sobczuk-Szul, M., Nogalska, A., Modzelewska-Kapituła, M., & Purwin, C. (2018). Carcass characteristics and meat quality of bulls and steers slaughtered at two different ages. *Italian Journal of Animal Science*, 17(2), 279–288. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1383861>

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho explorou a resposta dos consumidores brasileiros em relação a qualidade sensorial da carne bovina maturada, de cortes distintos de animais das raças Nelore e suas cruzas. O cruzamento com animais taurinos, uma prática amplamente adotada, ainda influencia na percepção dos consumidores brasileiros quanto a aceitabilidade global e a suculência de sua carne mesmo quando são comparadas a palatabilidade da carne maturada de fêmeas Nelore com maior marmoreio. No entanto, para a carne de fêmeas Nelore é possível melhorar a palatabilidade e aumentar as chances de agradar mais aos consumidores com uma maturação de 25 dias.

Todavia, diferentes músculos de uma mesma carcaça maturam de formas distintas. Entre os músculos do traseiro existe variabilidade em como se comportam à maturação em cada grupo genético. Para o *Gluteus Medius*, a maturação de 15 dias não foi o resultou em melhorias sensoriais, independentemente do grupo genético. Para os músculos *Semimembranosus* e *Semitendinosus*, a maturação de 15 dias agradou mais aos consumidores e se mostrou uma estratégia vantajosa para tourinhos Nelore. No entanto, a preferência dos cortes de Brangus foi aos 5 dias de maturação, sendo assim, a maturação de 15 dias para os três cortes de fêmeas Brangus é dispensável.

Para atingir as expectativas de consumo da carne bovina do consumidor deve-se levar em consideração as características específicas de cada corte e músculo ao submete-los a maturação. A variabilidade na resposta dos consumidores a esse processo entre diferentes partes da carcaça e grupos genéticos enfatiza a complexidade da relação entre maturação e as preferências do consumidor, destacando a necessidade de abordagens diferenciadas para otimizar a qualidade sensorial da carne bovina brasileira.

