

## FATORES PÓS-ABATE QUE INFLUENCIAM NA MACIEZ DA CARNE BOVINA

Daniel P. Candido<sup>1</sup>, Jonatã H. Rezende de Souza<sup>1</sup>, Sérgio B. Pflanzler<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas Campinas, Brasil

### INTRODUÇÃO

Dentre os fatores que influenciam a qualidade da carne bovina *in natura*, a maciez exerce papel fundamental e sua importância tem sido confirmada por diversos autores (SAVELL et al., 1987; MORGAN et al., 1991; BROOKS et al., 2000; DELGADO et al., 2006). Segundo Mennecke et al. (2007), há muito tempo a maciez da carne tem sido reconhecida como o traço de qualidade mais importante para a aceitação de carne fresca pelo consumidor, o que consequentemente influencia fortemente na satisfação sensorial e, portanto, na compra repetida (GRUNERT et al., 2004).

De acordo com Boito et al. (2021), as preocupações do consumidor brasileiro na compra ainda se baseiam na falta de padronização de suas carnes, pela variação de maciez, coloração e frescor da carne. Delgado et al. (2006) afirmaram que a maioria dos brasileiros usualmente consomem carnes de bovinos zebuínos, e conforme a ABCZ (2018), de toda a produção nacional, cerca de 80% do rebanho é representado por essa genética. A carne de zebuínos, quando comparada com a de animais taurinos, por exemplo, está normalmente relacionada à diminuição da qualidade da carne (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), possivelmente impedindo a apreciação da maciez por parte do consumidor, que portanto pode demonstrar maior interesse pelo atributo sabor da carne por parte da população. Contudo, a percepção da maciez pelo consumidor brasileiro e o estabelecimento da sua importância permanecem como aspectos primários de qualidade da carne a serem determinados (DELGADO et al., 2006).

De acordo com Guerrero et al. (2013), de forma prática, a qualidade da carne depende de fatores que antecedem o abate (*ante-mortem*), como o genótipo e as condições ambientais nas quais os animais se desenvolveram, e de fatores pós-abate (*post-mortem*), como o resfriamento e a estimulação elétrica das carcaças e a maturação da carne.

Logo, a fim de melhorar a maciez da carne, diferentes métodos *post-mortem* podem ser aplicados para minimizar os efeitos do encurtamento da fibra muscular no início do rigor e para aumentar o grau de proteólise e consequentemente afetar positivamente processo de maturação (BOLUMAR; TOEPFL, 2016). Com isso, objetivou-se realizar um levantamento bibliográfico sobre as reações de transformação do músculo em carne, bem como dos fatores *post-mortem* que afetam diretamente na maciez de carne bovina, a fim de compreender quais as possíveis alternativas a serem utilizadas na garantia da maciez de carnes.

**Palavras-chave:** fatores *post-mortem*, maciez da carne, maturação, qualidade da carne.

### METODOLOGIA

Em decorrência do cenário da pandemia do Coronavírus em que a população mundial está inserida, as realizações dos projetos de iniciação científica também foram prejudicadas, não podendo ser desenvolvido qualquer projeto prático proposto ao longo do ano. Sendo assim, as informações e dados que constam neste relatório final foram construídas e organizadas como um material de revisão bibliográfica, com modificação do assunto inicialmente proposto pelo projeto, pelas dificuldades associadas à não obtenção de resultados e escassez de material bibliográfico referente ao assunto inicial. Para isso, realizou-se pesquisa de bases científicas como artigos, dissertações, teses e livros, nas plataformas de busca Google Acadêmico, *Science Direct*, *ResearchGate* e outros. Os assuntos pesquisados foram relacionados à ciência da carne, aos fatores *post-mortem* e suas respectivas associações com a maciez de carne bovina.

### DESENVOLVIMENTO

#### 1. Transformações físicas e químicas no músculo *post-mortem*

##### 1.1 Contração muscular

No músculo vivo, a contração muscular ocorre devido a uma neuroestimulação através da placa motora terminal, que libera cálcio do retículo sarcoplasmático para o sarcoplasma. O cálcio inativa o sistema troponina-tropomiosina por ligação do cálcio à troponina C e, consequentemente, há a reação entre actina e miosina que resulta na contração muscular. Durante esta fase de contração, os filamentos de actina deslizam ao longo dos filamentos de miosina

por meio de uma série de interações rápidas entre os filamentos e o comprimento do sarcômero diminui (ROÇA, 2005). A presença de adenosina trifosfato (ATP) é necessária para a contração, porque a energia utilizada para o processo de deslizamento é derivada da desfosforilação do ATP em ADP (adenosina difosfato). Quando finalizado o estímulo nervoso, os íons cálcio são transportados novamente para o retículo sarcoplasmático através de uma bomba de íons cálcio, que requer energia na forma de ATP (ROÇA, 2005; REECE, 2007).

## 1.2 Rigor mortis

Logo após o abate do animal, o músculo é macio e extensível, mas após as horas que se sucedem ao abate, inicia-se o endurecimento dos músculos conhecido como rigidez cadavérica ou *rigor mortis*. A rigidez do músculo observada no *rigor mortis* deve-se à formação de fortes pontes cruzadas permanentes entre a actina e a miosina, uma vez que o ATP é esgotado no músculo *post-mortem* (SHEN; DU, 2015).

Com o *rigor mortis* fica caracterizado o encurtamento definitivo dos sarcômeros, devido à formação do complexo actomiosina, e assim, o músculo contraído perde a extensibilidade e a tensão muscular aumenta, tornando a carne bem menos macia (PRICE; SCHWEIGERT, 1994; LAWRIE, 2005). A resolução do rigor ocorre com proteólise das miofibrilas, que têm grande papel na maciez da carne no *post-mortem* (KOOHMARIE et al., 1991).

## 1.3 Declínio do pH muscular

Após a sangria do animal, o músculo deixa de ser capaz de utilizar o oxigênio para gerar ATP. Para manter a homeostase, o metabolismo de energia é deslocado para glicólise anaeróbica para gerar ATP (SHEN; DU, 2015). No entanto, na ausência de circulação sanguínea no músculo *post-mortem*, o ácido láctico produzido pela glicólise se acumula dentro do músculo, o que leva a uma diminuição do pH muscular. As taxas decrescentes de glicólise e pH no músculo *post-mortem*, especialmente durante o estágio *post-mortem* inicial, juntamente com a alta temperatura, têm um efeito primário na capacidade de retenção de água (CRA) e outras propriedades, como maciez, cor e rendimento no cozimento, bem como a funcionalidade da proteína muscular, que é importante no processamento de carne (HOPKINS; JACOB, 2014; KIM et al., 2014).

## 1.4 Dissipação de calor e temperatura da carcaça

Após o abate, o sistema circulatório dos animais é cessado, o que impede a rápida dissipação do calor das partes profundas da carcaça. Portanto, um aumento na temperatura muscular pode ocorrer logo após a sangria por causa do calor gerado pela glicólise (BRISKEY; WISMER-PEDERSEN, 1961).

## 1.5 Ruptura da estrutura muscular e maturação

Mudanças perceptíveis nas propriedades musculares e ultraestrutura são evidentes durante a resolução do *rigor mortis*. A resolução não é o resultado da dissociação do complexo actomiosina, mas sim da degradação proteolítica enzimática das proteínas miofibrilares, especialmente filamentos intermediários, que enfraquece a estrutura dos discos Z e prejudica a integridade ultraestrutural do músculo (KOOHMARAIE et al., 1991; WEAVER et al. 2009). Nesse ponto, o músculo recupera a maciez e a extensibilidade, e a maciez da carne aumenta (SHEN; DU, 2015).

## 2. Estratégias *post-mortem* que melhoram a maciez da carne bovina

### 2.1 Estimulação elétrica

A estimulação elétrica (EE) surgiu como forma de evitar o encurtamento do músculo devido ao resfriamento rápido das carcaças. O encurtamento pelo frio ocorre quando o pH da carne é maior do que 6,0 com o ATP ainda disponíveis e a temperatura do músculo é inferior a 10°C (DEVINE et al., 2002; FRYLINCK et al., 2009). O mecanismo da estimulação elétrica para evitar encurtamento do sarcômero é pela aceleração do processo de rigor, ou seja, maior glicólise e hidrólise de ATP, o que diminui o pH quando a carcaça ainda se mantém em altas temperaturas, provocando ruptura da membrana lisossômica e liberação de proteases que atuam na degradação de componentes miofibrilares (PUGA et al., 1999).

Conforme Byrne et al. (2000), a estimulação elétrica provoca movimentos de contração e relaxamento rápido, contínuo e intenso das fibras musculares, acarretando na ruptura física da matriz miofibrilar, estimulando a liberação de  $Ca^{2+}$  para o sarcoplasma, além de acelerar o processo natural de proteólise, glicólise e a queda do pH.

Existem dois tipos de EE, a de alta voltagem, quando os estímulos são inferiores a 100V, e a de baixa voltagem, quando os estímulos são superiores a 100V (AALHUS et al., 1994; ABERLE et al., 2001). A estimulação de alta voltagem tem se mostrado mais efetiva no melhoramento da maciez da carne do que estimulação de baixa voltagem (HWANG; THOMPSON, 2001a).

## 2.2 Temperatura e velocidade de resfriamento

O abaixamento rápido da temperatura dos músculos, no início do desenvolvimento do rigor mortis, pode provocar severas consequências, principalmente em atributos de maciez (SORHEIM et al., 2001; ANDERSEN et al., 2005). Quando as carcaças são submetidas a baixas temperaturas logo após o abate, ocorrem alterações que podem estar relacionadas ao encurtamento acentuado dos sarcômeros, sendo conhecida como cold shortening ou encurtamento pelo frio (THOMPSON, 2002; JOHNSTON et al., 2003), o que pode resultar em carnes com menor maciez (FELÍCIO, 1993; KOOHMARAIE et al., 1996). Em geral, quanto menor o comprimento do sarcômero pós-rigor, mais dura é a carne (PRICE; SCHWEIGERT, 1976).

De acordo com Luchiari (2000), a primeira possível causa para justificar este encurtamento é de que no músculo estimulado pelo frio excessivo, há liberação mais rápida e em maiores quantidades de íons cálcio pelo retículo sarcoplasmático. Outra causa pode estar associada à paralisação da bomba de cálcio devido ao frio excessivo, impedindo que o retículo sarcoplasmático retire o cálcio do sarcoplasma, mesmo na presença de ATP suficiente (FORREST et al., 1979). A maneira mais usual de evitar este processo é controlar a temperatura de resfriamento das carcaças, de modo a evitar que a carne alcance temperatura igual ou inferior a 10°C nas primeiras 10 horas após o abate (FELÍCIO, 1993).

## 2.3 Suspensão das carcaças

Newbold e Harris (1972) afirmam que a causa principal do endurecimento da carne é o encolhimento *post-mortem* do músculo. Esse encolhimento pode ser minimizado pelo estiramento muscular, que pode ser obtido com os diferentes tipos de suspensão da carcaça bovina, os quais possuem diferentes impactos na maciez final de carnes (Eikelenboom et al., 1998).

Avaliando as diferenças no comprimento de sarcômero de diversos músculos, os de comprimento mais longos foram associados a menores valores de força de cisalhamento. De acordo com Locker (1960) e Herring et al. (1965), o método é capaz de promover o alongamento dos sarcômeros pela tensão exercida na estrutura muscular pela suspensão das carcaças. Assim, a suspensão dos músculos pré-rigor a fim de alongar os sarcômeros pode levar a maior maciez da carne (HERRING et al., 1967; RHEE et al., 2004). Essa relação entre o comprimento do sarcômero e a maciez é válida para alguns, mas não todos os músculos da carne (BOUTON et al., 1973).

## 2.4 Maturação

Segundo Devine (2004), a maturação é o processo de amaciamento da carne que ocorre por ação de enzimas musculares endógenas, como as calpaínas, presentes ainda no músculo vivo, que assumem outra função na carne *post-mortem* (ANDRIGUETTO et al., 2006). Estas enzimas são responsáveis pela degradação proteolítica de proteínas miofibrilares específicas dentro da estrutura do músculo, principalmente a desmina e titina (TAYLOR et al. 1995), além de também atuarem sobre a nebulina e troponina T (TnT) (HOPKINS; THOMPSON, 2002). Essas proteínas são reduzidas a aminoácidos e polipeptídeos (KOOHMARAIE; GEESINK, 2006; MATARNEH et al., 2017), e após a degradação das proteínas envolvidas, as unidades resultantes da atividade proteolítica são novamente degradadas em subunidades devido à ação de peptidases. Este processo se sucede até a formação de aminoácidos livres. Os aminoácidos que foram gerados a partir da proteólise sucessiva são caracterizados como melhoradores do sabor de carnes maturadas (NISHIMURA et al., 1988).

Comumente, a maturação é realizada através da estocagem da carne sob refrigeração durante o período desejado para o amaciamento e desenvolvimento do sabor característico (WARREN; KASTNER, 1992). Considerando que a maciez da carne aumenta com o passar do tempo de maturação, o tempo e a temperatura são dois fatores muito importantes de serem controlados, necessários para obter um produto mais macio (MOTTRAM, 1998; NISHIMURA et al., 1995).

De forma geral, a maturação da carne pode ser realizada por duas diferentes vias, a seca e a úmida. Na maturação a seco, a carne é estocada sem nenhuma embalagem, sob exposição às condições controladas de temperatura (0 a 4 °C), umidade relativa ( $78 \pm 3$  %) e fluxo de ar (0,5 – 2 m/s), por equipamento de refrigeração; enquanto que na maturação úmida, a carne é embalada a vácuo e sob baixa permeabilidade a vapor da água e gases, e armazenada sob refrigeração (AHNSTRÖM et al., 2006; CAMPBELL et al., 2001). Independente do processo de maturação utilizado, a maciez sensorial ou instrumental parece não ser afetada (VILELLA et al., 2019).

## 2.5 Injeção de cloreto de cálcio (CaCl<sub>2</sub>)

A infusão de solução de cloreto de cálcio em carcaças bovinas é outro processo que contribui na melhoria da maciez de carne, com base na valorização da atividade natural das enzimas endógenas da carne, as calpaínas, que são dependentes de cálcio. A infusão de cloreto de cálcio aumenta a concentração de cálcio, contribuindo com a melhoria da

eficiência da proteólise durante a maturação, afetando positivamente a textura da carne devido a redução da força necessária para o cisalhamento (HEINEMANN; PINTO, 2003).

## 2.6 Tenderização mecânica

A tenderização mecânica consiste na penetração de lâminas ou agulhas em cortes cárneos, com a capacidade de romper a estrutura muscular, o que conseqüentemente melhora maciez. (BENITO; DELGADO et al., 1994). Este processo provoca mecanicamente a desestruturação dos sarcômeros, resultando em carne mais macia e uniforme, sendo mais fácil de controlar e mais rápido que o processo natural enzimático (HAYWARD et al., 1980).

Este método pode efetivamente ser utilizada para diminuir o fator de variabilidade na maciez dos diferentes tipos de músculos e assim prover, pela padronização, substancial benefício nesse atributo (JEREMIAH et al., 1999). Cortes cárneos normalmente submetidos a um cozimento prolongado ou moagem podem ser utilizados, sem amaciamento enzimático, obtendo efeito mais uniforme e de mais fácil controle do que o método enzimático (HAYWARD et al., 1980).

## CONCLUSÃO

Os fatores *post-mortem* se relacionam diretamente às transformações físicas, químicas e biológicas que acontecem na conversão do músculo em carne, e desempenham forte influência sobre a maciez da carne bovina. Através desta revisão, foi possível compreender os mecanismos de melhoria associados a cada estratégia, e como possíveis problemas podem ser evitados, a fim de garantir a qualidade sensorial do produto final e melhor aceitação do consumidor.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AALHUS, J. L.; JONES, S. D. M.; LUTZ, S.; BEST, D. R.; ROBERTSON, W. M. The efficacy of high- and low-voltage electrical-stimulation under different chilling regimes. **Canadian journal of animal science**, Canada, v. 74, p. 433 – 442, 1994.
- ABERLE, D. E.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. **Principles of meat science**. 4. ed. Iowa: KEMDALL, p. 254, 2001.
- AHNSTRÖM, M. L.; SEYFERT, M.; HUNT, M. C.; JOHNSON, D. E. Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. **Meat Science**, v. 73, n. 4, p. 674–679, 2006.
- ANDERSEN, H. J.; OKSBJERG, N.; YOUNG, J. F.; THERKILDSEN, M. Feeding and meat quality – A future approach. **Meat Science**, Oxford, v. 70, p. 543 – 554, 2005.
- ANDRIGHETTO, C.; JORGE, A.M.; ROÇA, R.O.; SARTORI, D.R. Maturação da carne bovina. Revista Electrónica de Veterinaria **REDVET**, v.7, p.1-6, 2006.
- Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ). (2018). Disponível em: <[www.abcz.com.br](http://www.abcz.com.br)>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- BENITO-DELGADO, J.; MARRIOT, N.G.; CLAUS, J.R.; W ANG, H.; GRAHAM, P.P Chuck Longissimus and Infraspinatus muscle characteristics as affected by rigor state, biade tenderization and calcium chloride injection. **Journal of Food Science**, v.59, n.2, p. 295-299, 1994.
- BOITO, B.; LISBINSKI, E.; CAMPO, M. D. M.; GUERRERO, A.; RESCONI, V.; DE OLIVEIRA, T. E.; BARCELLOS, J. O. J. Perception of beef quality for Spanish and Brazilian consumers. **Meat Science**, v. 172, p. 108312, 2021.
- BOLUMAR, T.; TOEPFL, S. Application of shockwaves for meat tenderization. In: **Innovative food processing technologies**. Woodhead Publishing, 2016, p. 231-258.
- BOUTON, P. E.; HARRIS, P. V.; SHORTHOSE, W. R.; BAXTER, R. I. Acomparison of the effects of ageing, conditioning and skeletalrestraint on the tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v. 38, p. 932–937, 1973.
- BRISKEY, E. J.; WISMER-PEDERSEN, J. Biochemistry of pork muscle structure. I. Rate of anaerobic glycolysis and temperature change versus the apparent structure of muscle tissue. **Journal of Food Science**. v. 26, p. 297-305, 1961.
- BROOKS, J.C.; BELEW, J.B.; GRIFFIN, D.B.; GWARTNEY, B.L.; HALE, D.S.; HENNING, W.R.; JOHNSON, D.D.; MORGAN, J.B.; PARRISH JR., F.C.; REAGAN, J.O.; SAVELL, J.W. National Beef Tenderness Survey–1998. **Journal of Animal Science**, v.78, p.1852- 1860, 2000.
- BYRNE, C. E.; TROY, D. J.; BUCKLEY, D. J. Postmortem changes in muscle electrical properties of bovine M. Longissimus dorsi and their relationship to meat quality attributes and pH fall. **Meat Science**, v.54, p.23-34, 2000.
- CAMPBELL, R. E.; HUNT, M. C., LEVIS, P.; CHAMBERS IV, E. Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 2, p. 196–199, 2001.
- DELGADO, E. F.; AGUIAR, A. P.; ORTEGA, E. M. M.; SPOTO, M. H. F.; CASTILLO, C. J. C. Brazilian consumers’ perception of tenderness of beef steaks classified by shear force and taste. **Scientia Agrícola**, v.63, n.3, Piracicaba, 2006.
- DEVINE, C. E. Conversion of muscle to meat: Ageing. in JENSEN, W.; DEVINE, C.; DIKEMAN, M. eds. Encyclopedia of meat sciences. **Elsevier Academic Press**, Oxford, UK. p. 330– 338, 2004.
- DEVINE, C. E.; PAYNE, S. R.; WELLS, R. W. Effect of muscle restraint on sheep meat tenderness with rigor mortis at 18°C. **Meat Science**, v. 60, p. 155-159, 2002.
- EIKELEENBOOM, G.; BARNIER, V. M. H.; HOVING-BOLINK, A. H.; SMULDERS, F. J. M.; CULIOLI, J. Effect of pelvic suspension and cooking temperature on the tenderness of electrically stimulated and aged beef, assessed with shear and compressed tests. **Meat Science** , n.49, p.89-89, 1998.
- FELÍCIO, P.E. Fatores ante e pos mortem que influenciam na qualidade da carne vermelha. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA**, 30., 1993, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993, p. 43-52.
- FERRAZ, J. B. S.; DE FELÍCIO, P. E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v.84, p. 238–243, 2010.
- FRYLINCK, L.; VAN WYK, G. L.; SMITH, T. P. L.; STRYDOM, P. E.; VAN MARLE-KÖSTER, E.; WEBB, E. C. Evaluation of biochemical parameters and genetic markers for association with meat tenderness in South African feedlot cattle. **Meat Science**, v. 83, p. 657-665, 2009.
- FORREST, J. C. **Fundamentos de ciência de la carne**. Zaragoza: Acríbia, 1979. 364p

GRUNERT, K. G.; Bredahl, L.; Brunso, K. Consumer perception of meat quality and implications for product development in the meat sector - A review. **Meat Science**, v. 66, p. 259-272, 2004.

GUERRERO, A.; VELANDIA VALERO, M.; CAMPO, M. M.; SAÑUDO, C. Some factors that affect ruminant meat quality: from the farm to the fork. Review. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, n. 35, p. 335-347, 2013.

HAYWARD, L.H.; HUNT, M.C.; KASTNER, C.L. Blade tenderization effects on beef longissimus sensory and instron textural measurements. **Journal of Food Science**, v.45, p. 925-930, 935, 1980.

HEINEMANN, R. J. B.; PINTO, M. F. Efeito da injeção de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na textura e aceitabilidade de carne bovina maturada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 1-6, 2003.

HERRING, H.K.; CASSENS, R.G.; BRISKEY, G.G. Further studies on bovine tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length and fiber diameter. **Journal of Food Science**, v. 30, p. 1049-1054, 1965.

HOPKINS, D. L.; JACOB, R. H. Techniques to reduce the temperature of beef muscle early in the post mortem period—a review. **Animal Production Science**, v. 54, n. 4, p. 482-493, 2014.

HOPKINS, D. L.; THOMPSON, J. M. The degradation of myofibrillar proteins in beef and lamb using denaturing electrophoresis-an overview. **Journal of Muscle Foods**, v. 13, n. 2, p. 81-102, 2002.

HWANG, I. H.; THOMPSON, J. M. The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef longissimus dorsi muscle. **Meat science**, v. 58, p. 135-144, 2001a.

JEREMIAH, L. E.; GIBSON, L. L.; CUNNINGHAM, A. M. B. The influence of mechanical tenderization on the palatability of certain bovine muscles. **Food Research International**, v.32, p.585-591, 1999.

KIM, D. W.; KIM, K. H.; HONG, J. K.; CHO, K.H.; SA S.J.; KIM, Y.M.; PARK, J. C.; SEOL, K. H. Comparison of carcass characteristics, meat quality, and fatty acid profiles between Duroc and crossbred pigs (Duroc×Korean native pig). **Korean Journal of Agricultural Science**, vol. 41, n. 4, p. 425-431, 2014.

KOOHMARAIE, M. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat. **Meat Science**, Oxford, v.43, nS, p. S193-S201, 1996.

KOOHMARAIE, M.; GEESINK, G. H. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. **Meat Science**, v. 74, p. 34-43, 2006.

KOOHMARIE, M.; WHIPPLE, G., KRETCHMAR, D. H., CROUSE, J. D.; MERSMANN, H. J. Post-mortem proteolysis in Longissimus muscle from beef lamb and carcasses. **Journal of Food Science**, v. 69, p. 617-624, 1991.

LOCKER, R.H. Degree of muscular contraction as a factor in tenderness of beef. **Food Research**, v. 25, p. 304-307, 1960.

LUCHIARI, A.F. **Pecuária da Carne Bovina**. São Paulo. 135p. 2000.

MATARNEH, S. K.; ENGLAND, E. M.; SCHEFFLER, T. L.; GERRARD, D. E. The conversion of muscle to meat. **Lawrie's Meat Science**, Woodhead Publishing, p. 159-185, 2017.

MENNECKE, B. E.; TOWNSEND, A. M.; HAYES, D. J. A study of the factors that influence consumer attitudes toward beef products using the conjoint market analysis tool. **Journal of Animal Science**, v.85, p.2639-2659, 2007.

MORGAN, J.B.; MILLER, R.K.; MENDEZ, F.M.; HALE, D.S.; SAVELL, J.W. Using calcium chloride injection to improve tenderness of beef from mature cows. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4469-4476, 1991.

MOTTRAM, D. S. Flavour formation in meat and meat products: A review. **Food Chemistry**, v. 62, n. 41, p. 5-424, 1998.

NEWBOLD, R. P.; HARRIS, P. V. The Effect of Pre-rigor Changes on Meat Tenderness. A Review. **Journal of Food Science**, v. 37, p. 337, 1972.

NISHIMURA, T.; HATTORI, A.; AND TAKAHASHI, K. Structural weakening of intramuscular connective tissue during conditioning of beef. **Meat Science**, v. 39, p. 127-133, 1995.

NISHIMURA, T.; RHUE, M. R.; OKITANI, A.; KATO, H. Components Contributing to the Improvement of Meat Taste during Storage. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 52, p. 2323-2330, 1988.

OHNSTON, D. J.; REVERTER, A.; FERGUSON, D. M.; THOMPSON, J. M.; BURROW, H. Genetic and phenotypic characterization of animal, carcass and meat quality traits from temperate and tropically adapted beef breeds, **Meat Quality Traits**, Australia, n. 3, v. 54, p. 135 – 147, 2003.

PRICE, J.F. & SCHWEIGERT, B.S. **Ciência de la Carne y de los Productos Cárnicos. Zaragoza**: Editorial Acribia, 1976, 668p.

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

REECE, W. O. **Dukes - Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 2007, p. 946, il.

RHEE, M. S., WHEELER, T. L., SHACKELFORD, S. D., & KOOHMARAIE, M. Variation in palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 2, p. 534-550, 2004.

ROÇA, R. O. **Modificações Post-mortem**. 2005. Artigo Técnico. Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Botucatu, São Paulo. Disponível em: <https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca105.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2007.

SAVELL, J.W.; BRANSON, R.E.; CROSS, H.R.; STIFFLER, D.M.; WISE, J.W.; GRIFFIN, D.B.; SMITH, G.C. National consumer retail beef study: palatability evaluations of beef loin steaks that differed in marbling. **Journal of Food Science**, v.52, p.517-519, 1987.

SHEN, Q. W.; DU, M. Conversion of Muscle to Meat. In: PRZYBYLSKI, W.; HOPKINS, D. **Meat quality: genetic and environmental factors**. Boca Raton, FL: CRC Press Inc., 2015. cap. 3. p. 81-92.

SORHEIM, O.; IDLAND, J.; HALVORSEN, E. C.; FROYTEIN, T., LEA, P.; HILDRUM, K. I. Influence of beef carcass stretching and chilling rate on tenderness of muscle longissimus dorsi. **Meat Science**, v.57, p. 79 – 85, 2001.

TAYLOR, R. G.; GEESINK, G. H.; THOMPSON, V. F.; KOOHMARAIE, M.; GOLL, D. E. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization?. **Journal of animal science**, v. 73, n. 5, p. 1351-1367, 1995.

THOMPSON, J. Managing meat tenderness. **Meat Science**, Oxford, v. 62, p. 295 – 308, 2002.

VILELLA, G. F. **Efeitos dos processos de maturação úmido e seco e suas combinações nos atributos físicos, químicos e sensoriais em filé de costela bovino**. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Alimentos- UNICAMP, Campinas, 2016.

WARREN, K. E.; KASTNER, C. L. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. **Journal of Muscle Foods**, v. 3, n. 1, p. 151-157, 1992.

WEAVER, A. D.; BOWKER, B. C.; GERRARD, D. E. Sarcomere length influences  $\mu$ -calpain-mediated proteolysis of bovine myofibrils. **Journal of animal science**, v. 87, n. 6, p. 2096-2103, 2009.