

ALGUNS ASPECTOS QUALITATIVOS DA CARNE BOVINA: UMA REVISÃO

[Some qualitative aspects of beef: a review]

Dorgival Moraes de Lima Júnior¹, Adriano Henrique do Nascimento Rangel², Stela Antas Urbano¹, Michel do Vale Maciel¹, Laura Priscila de Araújo Amaro¹

¹ Departamento de Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Pernambuco, Brasil.

² Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil.

RESUMO- A carne bovina é a principal fonte de proteína animal presente na dieta do brasileiro. Todavia, o consumidor nacional ainda não está atento aos parâmetros de qualidade de carne, como cor, maciez e composição lipídica por exemplo. A cor da carne é o principal parâmetro utilizado no julgamento de compra do consumidor e influencia na aquisição do produto nas gôndolas dos mercados. A maciez da carne bovina é o parâmetro que fideliza o consumidor e está associado à qualidade global do produto. A composição lipídica da carne vem sendo frequentemente associado com saúde, uma vez que é a principal fonte de colesterol e ácidos graxos saturados. A presente revisão objetivou abordar alguns atributos que influenciam na qualidade da carne bovina aplicá-los nos termos do consumidor.

Palavras-Chave: Ácidos graxos, cor, maciez.

ABSTRACT – Beef meat is the main source of animal protein in the diet of the Brazilian. However, the consumer is not aware of the meat quality parameters such as color, softness and lipid composition for example. The color of meat is the main parameter used in the trial of consumer buying and influence the purchase of the product on the shelves of markets. The tenderness of beef is the parameter that loyalty is associated with the consumer and the overall quality of the product. The lipid composition of meat has frequently been associated with health, since it is the main source of cholesterol and saturated fatty acids. This review aimed to address some of the attributes that influence the quality of beef to apply them in accordance with the consumer.

Keywords: Fatty acids, color, softness.

INTRODUÇÃO

A carne é a mais importante fonte de proteína animal para dieta humana. Todavia, devido a uma onda de modismos ditados pela mídia e a falta de conhecimento dos reais benefícios de sua ingestão, o consumidor vem associando o consumo de carne vermelha a doenças crônicas, câncer e problemas cardíacos.

Essas e outras preocupações, como as relacionadas à segurança alimentar e sustentabilidade ambiental, tem levado a redução no consumo de carnes em algumas regiões, a exemplo da União Européia. Como resultado, questões sobre como os consumidores definem “qualidade” e de que forma

os atributos de um alimento podem ser mantidos ou favorecidos durante o seu processamento são de particular interesse para as indústrias do setor (Ramos & Gomide, 2007).

A definição de qualidade pode ser definida por dois extremos. O primeiro ponto de vista é que a qualidade deve ser considerada como produto da mente do consumidor que é altamente subjetiva e não pode ser medida consistente e objetivamente. No outro extremo, considera-se que a qualidade é objetivamente definida e, portanto, existe apenas na extensão em que é cientificamente mensurável, ou seja, apenas os atributos mensuráveis de forma objetiva são considerados atributos de qualidade. Enquanto o conceito objetivo de qualidade é

predominante na cadeia produtiva e na ciência da carne, o conceito subjetivo direciona a demanda do consumidor (Becker, 2002).

Do ponto de vista do consumidor a qualidade da carne está associada diretamente ao uso, ou seja, consumo. Logo, a qualidade alimentar compreende palatabilidade em primeiro plano. A palatabilidade, por sua vez, inclui maciez, sabor, resíduo e suculência. Cada um desses critérios é mais dependente de uma longa lista de outros fatores que incluem a idade do animal e sexo, estado fisiológico do animal vivo e a bioquímica *post-mortem* do músculo e da gordura, a composição de carcaça e da contribuição dos alimentos utilizados para o sabor, teores de proteína e gordura e a deposição característica de cada um destes, bem como o efeito da genética sobre os tecidos e metabolismo (Webb et al. 2005).

A definição da qualidade de carne é, portanto, um exercício complexo porque o conceito é multifacetado. Se a qualidade da carne está diretamente associada com o uso, então o usuário se torna um fator na equação de qualidade. Assim, a definição dos usuários ou consumidores é em si uma ciência bastante subjetiva (Souki et al. 2003).

Dessa forma, as descrições objetivas de qualidade de carne geradas pela ciência, nos laboratórios, têm o valor de compreender os fatores que afetam a qualidade da carne com o objetivo de ser capaz de controlá-los e melhorá-los.

Objetivou-se, com este levantamento bibliográfico, resgatar alguns atributos que influenciam na qualidade da carne bovina, como cor, maciez e a composição em ácidos graxos e aplicá-los nos termos do consumidor.

COR

A cor da carne é o primeiro critério utilizado pelo consumidor no momento da compra (Muchenje et al. 2009). Normalmente, os consumidores de carne bovina, mesmo que incorretamente, associam carnes de cores mais claras com animais mais jovens (Kuss et al. 2010).

A cor da carne é principalmente influenciada pela natureza e conteúdo do pigmento mioglobina (Mb). A variação na cor da mioglobina é intrínseca ao músculo e depende de vários fatores como espécie, idade do animal, localização anatômica do músculo e sistemas de alimentação. Outras variáveis como condições pré-abate, estado de oxigenação e

oxidação do músculo também interferem na coloração final da carne (Abril et al. 2001).

O estado de oxidação da mioglobina é determinado pela pressão de oxigênio presente no meio e, minoritariamente, por entidades oxidantes como radicais livres. Os radicais livres são produzidos pela oxidação dos lipídeos presentes na carne. Assim, estratégias que minimizem a formação de radicais livres podem ter efeito na coloração da carne bovina (Faustman et al. 1998).

A pecuária de corte brasileira é baseada em sistemas de pastagens. Segundo Priolo et al. (2001) bovinos terminados em pastagens apresentam coloração de carne geralmente mais escura que animais terminados em confinamento. Todavia, a pastagem pode influenciar na coloração final da carne conforme proposto por Descalzo & Sancho (2008). Esses autores afirmam que os pastos fornecem antioxidantes naturais (carotenos) em quantidades suficientes para evitar a oxidação da carne bovina *in natura* quando comparado com sistemas de criação de bovinos confinados. Todavia, os maiores níveis de caroteno podem influenciar na cor da gordura, tornando-a mais amarela e menos atraente ao consumidor (Andrade et al. 2010; Röhrle et al. 2011).

Vários autores têm demonstrado que a oxidação lipídica e o desenvolvimento da cor na carnes de ruminantes é influenciado tanto pela composição de ácidos graxos como pela concentração de antioxidantes nos tecidos, a exemplo da vitamina E (Scollan et al. 2001). Comparando animais alimentados com pasto e animais alimentados com cereais Warren et al. (2002) verificaram que a cor vermelho brilhante (oximioglobina), associados com carnes de qualidade, foi retida por mais tempo na carne do grupo de animais alimentados com pasto. Uma vez que a concentração total de ácidos graxos insaturados foi semelhante para ambos os sistemas de alimentação, a conclusão foi de que os antioxidantes presentes no pasto provavelmente promoveram níveis mais elevados de vitamina E nos tecidos desses animais, com benefícios para menores níveis de oxidação de lipídios e melhor conservação da cor atrativa ao consumidor.

O pH final do músculo interage com o ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares influenciando seu estado físico e a reflexão da luz da superfície muscular em bovinos (Abril et al. 2001). Quando o glicogênio muscular é utilizado durante o manejo e transporte pré-abate há pouco ácido láctico no músculo, dando origem a carnes DFD (María et al. 2003). Esta carne possui um pH mais elevado, diminuindo sua vida de prateleira, além de ser

menos aceita pelo consumidor (Muchenje et al. 2009).

MACIEZ

Maciez pode ser atribuída à percepção sensorial (paladar) que o consumidor tem da carne, como: resistência à língua, à pressão do dente, aderência e resíduo pós mastigatório, ou seja, uma miríade de fatores fortemente subjetivos (Belcher et al. 2007; Muchenje et al. 2009).

A maciez da carne pode ser medida por meio subjetivo ou objetivo. O método subjetivo se utiliza de painel sensorial em que um grupo de pessoas treinadas classifica a carne em relação à maciez após ter provado as amostras. O método objetivo utiliza equipamento, como o texturômetro, que mede a força necessária para o cisalhamento de uma seção transversal de carne e, quanto maior a força dispensada, menor é a maciez apresentada pelo corte de carne (Alves et al. 2005; Ramos & Gomide, 2007).

Fatores tão diversos como genética, sexo, idade ao abate, alimentação, stress no pré-abate, resfriamento da carcaça, cobertura de gordura (Delgado et al. 2006; Muchenje et al. 2009).

A raça está altamente correlacionada com a maciez de carne (Alves et al. 2005; Muchenje et al. 2008). Historicamente, a carne dos zebuínos (*Bos indicus*) era identificada como dura, porque esses animais eram criados em pasto e abatidos mais velhos, se comparados com as raças precoces de bovinos americanos ou europeus. A menor maciez da carne dos zebuínos também era justificada pela alta correlação positiva entre a idade de abate dos animais e o número de ligações cruzadas termoestáveis do colágeno dos músculos, favorecendo a dureza da carne, e ainda pela menor deposição de gordura na carcaça e ao fato de não apresentar gordura intramuscular (marmorização), o que favorecia o resfriamento mais rápido das massas musculares, provocava o encurtamento dos sarcômeros (unidades contrácteis dos músculos) e, conseqüentemente, o endurecimento da carne.

Comparando *Bos indicus* e animais cruzados *Bos taurus* × *Bos indicus*, Andrade et al. (2010), Heinemann et al. (2003) e Bianchini et al. (2007) observaram maior maciez da carne dos animais cruzados. Tendências de decréscimo no peso de carcaça e no grau de marmoreio (gordura intramuscular) também foram observadas com o aumento de sangue zebu (Moreira et al. 2003).

Wheeler et al. (1990) e Whipple et al. (1990a) demonstraram que outro fator estaria relacionado às diferenças entre a maciez da carne de *Bos taurus* e *Bos indicus*. Estes autores observaram que animais zebuínos apresentam concentrações de calpastatina no músculo superiores aos taurinos. A calpastatina é o inibidor da ação da calpaína durante o processo de proteólise *post-mortem*. Foi observada estreita relação entre este inibidor com a menor maciez da carne. Koohmaraie (1992) e Koohmaraie & Geesink (2006) atribuíram 15% da variabilidade na maciez da carne bovina às diferenças em marmoreio e colágeno, e a maior parte dos 85% restantes às variações nas alterações *post-mortem*, ou seja, no processo enzimático que leva ao amaciamento da carne, conhecido como maturação.

No Brasil, destaca-se o trabalho de Rubensam et al. (1998), os quais concluíram que a medida que a participação do genótipo *Bos indicus*, em cruzamentos com bovinos *Bos taurus*, ultrapassa 25%, a atividade de calpastatina e a força de cisalhamento do contrafilé (músculo *Longissimus dorsi*) aumentam resultando em carne de pior textura, ou seja, mais dura.

Ibrahim et al. (2008) compararam as características de carcaça de animais Waguli (Wagyu x Tuli) com animais da raça Brahman (*Bos indicus*). O Waguli apresentou significativamente menor força de cisalhamento do que bovinos da raça Brahman depois de 7 a 10 dias de maturação pós abate, mas esta diferença diminuiu depois de 14 dias. A dureza da carne de animais da raça Brahman tem sido associada com o alto nível de calpastatina, e os animais da raça Waguli teve significativamente menor atividade de calpastatina no músculo *Longissimus dorsi*. Em conclusão, o músculo *Longissimus dorsi* de novilhos da raça Waguli teve menor valor de força de cisalhamento e baixa atividade de calpastatina, relacionando com maior maciez da carne.

As diferenças na maciez da carne, quando a análise é feita entre indivíduos da mesma raças (incluindo *Bos indicus*), é tão grande quanto aquela entre raças, permitindo vislumbrar a produção de carne de qualidade a partir do rebanho nacional, visto que o mesmo é composto basicamente por animais de raças zebuínas e seus cruzamentos (Koohmaraie, 2003; Bernard et al. 2007).

Alguns marcadores moleculares ligados ao sistema calpaína-calpastatina que podem está relacionados com características de qualidade e composição de carne bovina tem sido descritos na literatura. Polimorfismos associados a esses genes são

marcadores disponíveis comercialmente em painéis para *Bos taurus* que estão relacionados entre outros, à maciez da carne, ao crescimento muscular, à deposição de gordura subcutânea, à marmorização da carne, à biossíntese e ao metabolismo lipídico e ao perfil de ácidos graxos (Thaller et al., 2003; Taniguchi et al., 2004; Jiang et al., 2005; White et al., 2005; Michal et al., 2006). Todavia, a aplicabilidade desses marcadores em populações de *Bos indicus* necessita de validação (Hocquette et al., 2007).

Monson et al. (2005) argumentou maciez da carne é uma função do conteúdo de colágeno, a estabilidade térmica e da estrutura miofibrilar do músculo. Estes, no entanto, parecem ser afetado principalmente pelo crescimento do animal em detrimento à raça, somente.

A expressão de tecido conjuntivo dentro do músculo é incrivelmente variável, dependendo do estágio de desenvolvimento do animal, posição do músculo e sua função, raça do animal, nutrição, exercícios e lesões musculares (Purslow et al. 2005). Com a idade, ocorre o aparecimento das ligações cruzadas intra e intermoleculares do colágeno, que se tornam estáveis, de difícil desnaturação e, portanto, dificultando a digestão enzimática ou tratamentos térmicos (Maltin et al. 2003; Purslow et al. 2005; Bianchini et al. 2007; Kruss et al. 2010).

A influência da alimentação na maciez da carne está associada principalmente com o grau de acabamento (espessura de gordura subcutânea) e com o teor de gordura intramuscular na carcaça (Maltin et al. 2003; Pacheco et al. 2005; Andersen et al. 2005; Brondani et al. 2006; Descalzo & Sancho, 2008). Todavia, os estoques de glicogênio muscular também podem sofrer influência do sistema de alimentação e influenciar a maciez da carne via pH final (Rosenvold et al. 2001; Leheska et al. 2002).

Em um experimento comparando sistemas de alimentação (concentrado no cocho ou pastejo livre) de touros Holandeses, Vestergaard et al. (2000) encontraram uma diminuição concentração de glicogênio em *M. longissimus* e *M. semitendinoso* de touros alimentados com pastagem em comparação com touros alimentados com concentrado.

As maiores alterações na porcentagem de gordura intramuscular ocorrem devido ao tipo de terminação adotado, sendo que animais terminados em dietas ricas em grãos apresentam maior porcentagem de gordura de marmoreio que animais terminados com dietas à base de forragens (George, 2001; Pethick et al. 2001). Pethick et al. (2001) observaram que, para um mesmo peso de carcaça, a gordura intramuscular

pode ser 40% superior para animais confinados submetidos a dietas com alta energia em relação aos animais terminados a pasto. Segundo esses autores, as diferenças observadas podem ser explicadas pela diferença na energia líquida disponível para o animal, sendo maior para animais em confinamento devido principalmente à maior densidade energética da dieta.

O sexo influencia a composição do ganho em peso e a composição da carcaça e, por conseguinte, a maciez da carne. Animais de sexos diferentes chegarão ao ponto de abate (mesmo grau de acabamento da carcaça) em pesos ou idades diferentes (Alves et al. 2005).

Poucos são os trabalhos que mostram não existir diferença na maciez da carne de animais inteiros e castrados. Animais não castrados crescem mais rapidamente e utilizam o alimento mais eficiente em uma mesma idade ou mesmo/peso, produzindo carcaça com mais músculo e menos gordura que animais castrados (Vaz et al., 2000; Costa et al. 2007).

Lage et al. (2009) observaram maiores valores de força de cisalhamento e menores valores de índice de fragmentação miofibrilar (IFM) no *Longissimus dorsi* de animais castrados em comparação com animais não castrados. Nesse mesmo estudo não houve diferença na atividade de m-calpaína e μ -calpaína 24 horas *post-mortem* com relação à classe sexual. No caso da calpastatina, ela foi 81% mais alta em animais não castrados que nos castrados. A alta atividade de calpastatina é relacionada com o decréscimo da proteólise feita pela μ -calpaína nos sete dias *post-mortem*, resultando em menor maciez da carne. Além da alta atividade de calpastatina, outra explicação para a menor maciez da carne de animais não castrados seria a maior concentração de zinco, que é um potente inibidor de calpaínas (Koohmaraie & Geesink, 2006).

Em extensa revisão, Nichols et al. (2002) não encontraram evidências seguras que os implantes de esteróides possam influenciar negativamente na maciez da carne bovina.

Existem ainda diversos procedimentos tecnológicos que são aplicados às carcaças e às carnes procurando, direta ou indiretamente, atuar sobre a maciez final. Por exemplo, a aplicação de sais de cálcio na carne para facilitar a ação das enzimas proteolíticas, que são cálcio-dependentes (Maltin et al. 2003). O uso de propionato de cálcio e cloreto de cálcio promoveram melhorias significativas na maciez da carne de bovinos (Heinemann & Pinto, 2003; Pedreira et al. 2003).

ÁCIDOS GRAXOS

A carne dos bovinos é rica em ácidos graxos saturados derivados do processo peculiar de digestão de lipídeos nos ruminantes. Ao mesmo tempo, crescem as recomendações, por órgãos de saúde, da ingestão dos ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) e do equilíbrio dietético entre os insaturados (relação ω -6: ω -3).

A relação de ω -6: ω -3 é particularmente benéfica (equilibrada), nas carnes de ruminantes, especialmente na carne de animais criados a pasto, com altos níveis de ácido linolênico (ω -3). Ruminantes também produzem naturalmente o ácido linoléico conjugado (CLA), que pode ter grandes benefícios na promoção da saúde (Enser, 2001; Scollan et al. 2001; Scollan et al. 2006).

Os ácidos graxos estão envolvidos em vários aspectos tecnológico da qualidade da carne. A variação na composição de ácidos graxos tem efeitos importante na firmeza ou suavidade da gordura da carne, na vida de prateleira e especialmente no tecido adiposo intramuscular (marmoreio) (Wood et al. 2003; Brunsø et al. 2005).

Wood et al. (2008) estudaram a influencia da idade nas concentrações de ácidos graxos do tecido adiposo de novilhos Aberdeen Angus e relataram um aumento na proporção de ácidos graxos monoinsaturados. A proporção de ácidos graxos saturados caiu durante o mesmo período enquanto os níveis de ácido linolênico permaneceram constantes. Este estudo também mostrou que a proporção de CLA aumentou na gordura com a idade dos animais.

Warren et al. (2008) analisaram o teor de ácidos graxos, os teores de triglicerídeos e fosfolipídios em bovinos Aberdeen Angus em três diferentes idades (14, 19 e 24 meses). Os autores observaram que na medida em que prossegue a engorda aumentam os teores de triglicerídeos no músculo dos bovinos, todavia, os fosfolipídeos permanecem razoavelmente constantes. A proporção de fosfolipídeos em relação aos lipídios totais caiu de 30% aos 14 meses a 12% aos 24 meses e estes decréscimos foram acompanhados por um aumento na proporção de ácidos graxos monoinsaturados e um diminuição na proporção dos poli-insaturados ω -6 nos lipídios totais.

O genótipo pode influenciar os níveis de ácidos graxos na carne de bovinos. Os zebrinos apresentam carnes mais magras (De Smet et al. 2003; Heinemann et al. 2003; Moreira et al. 2003; Alves et al. 2005; Pacheco et al. 2005; Bianchini et al. 2007; Descalzo & Sancho, 2008). De acordo com

Muchenje et al. (2009) diferenças entre raças refletem diferenças subjacentes na expressão de genes ou nas atividades de enzimas envolvidas na síntese de ácidos graxos, dessaturação ou alongamento da cadeia, e assim merecem mais atenção.

Rossato et al. (2009) avaliaram a composição lipídica de zebrinos e taurinos terminados em confinamento e observaram que o nível de colesterol foi mais elevado em *Bos indicus* (66,95 mg/100 g) que em *Bos taurus* (37,37 mg/100 g). Os valores médios dos ácidos graxos saturados de C14:0 e C18:0 foram mais elevados nos *Bos indicus* (3,52 e 22,45%) em comparação aos *Bos taurus* (3,08 e 18,67%). Na análise do perfil de ácidos graxos monoinsaturados (AGM), os *Bos taurus* apresentaram os percentuais mais elevados de C14:1 *cis*-9, C16:1 *cis*-9, C18:1 *cis*-9, Σ AGM e os menores de C18:1 *trans*. Os animais *Bos taurus* apresentaram maiores percentuais de C18:3 *n*-3, C20:4 *n*-6 e C22:5 *n*-3 (ácidos graxos poli-insaturados). Os ácidos graxos C18:2 *n*-6, CLA, C20:5 *n*-3, C22:6 *n*-3, Σ AGP e Σ *n*-6 foram semelhantes entre grupos de bovinos. A razão *n*-6/*n*-3 foi menor em *Bos taurus* (4,63) em comparação aos *Bos indicus* (5,70). Em geral, o grupo genético influencia o perfil de colesterol e ácidos graxos de bovinos e esse efeito é mais pronunciado nos ácidos graxos saturados e monoinsaturados.

Raes et al. (2001) mostraram que o genótipo musculatura dupla dentro da raça Belgian Blue tem baixas proporções de ácidos graxos monoinsaturados e altas proporções de ácidos poli-insaturados em comparação ao com o genótipo normal (não-mutante). Os autores atribuíram isto a uma baixa concentração de lipídios totais no músculo e uma maior proporção de fosfolipídios nos lipídeos totais, aumentados pela mutação.

Padre et al. (2007) relataram diferenças para raça no conteúdo lipídico, que foram indiretamente relacionados com o conteúdo de ácido linoléico conjugado (CLA). Algumas raças que têm uma tendência a depositar maiores quantidades de gordura no músculo e produzir uma maior quantidade de CLA.

Os sistemas de alimentação influenciam preponderantemente na quantidade e qualidade dos ácidos graxos da carne de bovinos (Priolo et al. 2001; De Smet et al. 2003; Alves et al. 2005; Andersen et al. 2005; Brondani et al. 2006; Muchenje et al. 2009).

Bressan et al. (2011), estudando diferentes grupos genéticos terminados a pasto ou em confinamento,

observaram que o teor de gordura foi 2,5 vezes mais baixo em animais terminados a pasto. Os autores também observaram que o teor de colesterol para zebuínos terminados em pastagem foi inferior aos taurinos, o contrario foi observado quando a terminação foi a base de grãos.

Warren et al. (2008) observaram que a carne dos bovinos alimentados com pasto apresentaram maiores proporções do CLA, mostrando que o processo de biohidrogenação ruminal e diferente para pasto e grão. Esses autores também observaram que os animais alimentados com concentrado apresentaram carnes com menor tempo de prateleira e inferiram que os teores mais elevados de ácidos graxos poli-insaturados podem explicar esse comportamento.

O sexo também pode influenciar na quantidade de ácidos graxos da carne de bovinos. Normalmente, para uma mesma idade, machos inteiros tem menos gordura que fêmeas ou machos castrados (Vaz & Restle, 2000; De Smet et al. 2003; Kuss et al. 2010).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cor, a maciez e os níveis de ácidos graxos da carne de bovinos podem ser influenciados por fatores tão diversos quanto sexo, genótipo, idade, alimentação, sistema de produção etc. O consumidor de carne bovina associa a cor vermelho-brilhante com carne de animais jovens. Animais terminados a pasto parecem reter essa coloração por mais tempo em sua carne quando comparados aos animais terminados em confinamento. A carne de bovinos jovens é mais macia quando comparada a carne de animais mais velhos. Os zebuínos, devido ao níveis de calpastatina, apresentam carne menos macia que os taurinos em uma mesma idade. Os bovinos apresentam carnes com relação ω -6: ω -3 mais equilibrada que monogástricos. Devido o processo de digestão de fermentação de lipídeos no rúmen, a carne dos bovinos é rica em ácido linoléico conjugado. A carne de zebuínos apresenta maior teor de colesterol, menor teor de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados quando comparada a carne de bovinos europeus, sob um mesmo regime de alimentação.

REFERÊNCIAS

- Abril, M.; Campo, M. M.; Önenç, A.; Sañudo, C.; Albertí, P.; Negueruela, A. I. 2001. Beef Colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, 58:69-78.
- Alves, D. D.; Goes, R. H. T. B.; Mancio, A. B. 2005. Maciez da carne bovina. *Ciência Animal Brasileira*, 6(3):135-149.
- Andersen, H. J.; Oksbjerg, N.; Young, J. F.; Therkildsen, M. 2005. Feeding and meat quality – a future approach. *Meat Science*, 70:543–554.
- Andrade, P. L.; Bressan, M. C.; Gama, L. T.; Gonçalves, T. M.; Ladeira, M. M.; Ramos, E. M. 2010. Qualidade da carne maturada de bovinos Red Norte e Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(8):1791-1800.
- Becker, T. 2002. Defining meat quality. In: KERRY, J.; KERRY, J.; LEDWARD, D. (Eds.) *Meat processing: improving quality*. New York: CRC Press, 451p.
- Belcher, K. W.; Germann, A. E.; Schmutz, J. K. 2007. Beef with environmental and quality attributes: Preferences of environmental group and general population consumers in Saskatchewan, Canada. *Agriculture and Human Values*, 24:333–342.
- Bernard, C.; Cassar-Malek, I.; Le Cunff, M.; Dubroeuq, H.; Renand, G.; Hocquette, J. F. 2007. New indicators of beef sensory quality revealed by expression of specific genes. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 55:5229–5237.
- Bianchini, W.; Silveira, A. C.; Jorge, A. M.; Arrigoni, M. B.; Martins, C. L.; Rodrigues, E.; Hadlich, J. C.; Andrighetto, C. 2007. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos super precoces. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:2109-2117.
- Bressan, M. C.; Rodrigues, E. C.; Rossato, L. V.; Ramos, E. M.; Gama, L. T. 2011. Physicochemical properties of meat from *Bos taurus* and *Bos indicus*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40(6):1250-1259.
- Brondani, I. L.; Sampaio, A. A. M.; Restle, J.; Alves Filho, D. C.; Freitas, L. S.; Amaral, G. A.; Silveira, M. F.; Cezimbra, I. M. 2006. Composição física da carcaça e aspectos qualitativos da carne de bovinos de diferentes raças alimentados com diferentes níveis de energia. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5):2034-2042.
- Brunso, K.; Bredahl, L.; Grunert, K. G.; Scholderer, J. 2005. Consumer perception of the quality of beef resulting from various fattening regimes. *Livestock Production Science*, 94:83–93.
- Costa, C.; Meirelles, P. R. L.; Savastano, S.; Arrigoni, M. B.; Silveira, A. C.; Roça, R. O.; Mourão, G. B. 2007. Efeito da castração sobre a qualidade da carne de bovinos superprecoces. *Veterinária e Zootecnia*, 14(1):115-123.
- De Smet, S.; Raes, K.; Demeyer, D. 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53:81-98.
- Delgado, E. F.; Aguiar, A. P.; Ortega, E. M. M.; Spoto, M. H. F.; Castillo, C. J. C. 2006. Brazilian consumers' perception of tenderness of beef steaks classified by shear force and taste. *Scientia Agricola*, 63(3):232-239.
- Enser, M.; Scollan, N.; Gulati, S.; Richardson, I.; Nute, G.; Wood, J. 2001. The effects of ruminally-protected dietary lipid on the lipid composition and quality of beef muscle. *Proceedings of the 47th International Congress of Meat Science and Technology*, 1:12-13.
- Faustman, W. K.; Chan, D.; Schaefer, M.; Havens, A. 1998. Beef color update: the role for vitamin E. *Journal of Animal Science*, 76:1019-1026.
- George, M. H. 2001. Managing cattle feeding programs for marbling. In: *Marbling Symposium, 2001. Proceedings...* Disponível em: <<http://www.beef.crc.org/audocuments/HeatherBurrow.pdf>> Acesso em: 23 Set. 2011.

- Heinemann, R. J. B.; Pinto, M. F. 2003. Efeito da injeção de diferentes concentrações de cloreto de cálcio na textura e aceitabilidade de carne bovina maturada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23:146-150.
- Heinemann, R.J.B.; Pinto M.F.; Romanelli, P.F. 2003. Fatores que influenciam a textura da carne de novilhos Nelore e cruzados Limousin-Nelore. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38:963-971.
- Hocquette, J. F.; Lehnert, S.; Barendse, W.; Cassar-Malek, I.; Picard, B. 2007. Recent advances in cattle functional genomics and their application to beef quality. *Animal*, 1:159-173.
- Ibrahim, R. M.; Goll, D. E.; Marchello, J. A.; Duff, G. C.; Thompson, V. F.; Mares, S. W.; Ahmad, H. A. 2008. Effect of two dietary concentrate levels on tenderness, calpain and calpastatin activities, and carcass merit in Waguli and Brahman steers. *Journal of Animal Science*, 86:1426-1433.
- Jiang, Z.; Kunej, T.; Michal, J. J.; Gaskins, C. T.; Reeves, J. J.; Busboom, J. R.; Dove, P.; Wright Jr, R. W. 2005. Significant associations of the mitochondrial transcription factor A promoter polymorphisms with marbling and subcutaneous fat depth in Wagyu x Limousin F2 crosses. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 334:516-523.
- Koohmaraie, M. 1992. Role of the neutral proteinases in postmortem muscle protein degradation and meat tenderness. In: *Reciprocal Meat Conference*, 45., 1992, Knoxville. Proceedings... Knoxville: American Meat Science Association, p. 63-71.
- Koohmaraie, M. 2003. The biological basis of meat tenderness and potential genetic approaches for its control and prediction. Disponível em: <http://meats.marc.usda.gov/MRU_WWW/ICMST95/ICMST95.html> Acesso em: 21 Set. 2011.
- 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*, 74:34-43.
- Kuss, F.; López, J.; Restle, J.; Barcellos, J. O. J.; Moletta, J. L.; Leite, M. C. C. P. 2010. Qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e abatidos aos 16 ou 26 meses de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(4):924-931.
- Lage, J. F.; Oliveira, I. M.; Paulino, P. V. R. 2009. Papel do sistema calpaína calpastatina sobre a proteólise muscular e sua relação com a maciez da carne em bovinos de corte. *Revista Eletrônica de Veterinária*, 10:(12)-19.
- Leheska, J.; Wulf, D. M.; Clapper, J. A.; Thaler, R. C.; Maddock, R. J. 2002. Effects of high-protein/low-carbohydrate swine diets during the final finishing phase on pork muscle quality. *Journal of Animal Science*, 80:137-142.
- Maltin, C.; Balcerzak, D.; Tilley, R.; Delday, M. 2003. Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62:337-347.
- María, G. A.; Villarroel, M.; Sanudo, C.; Olletaa, J. L.; Gebresenbeth, G. 2003. Effect of transport time and ageing on aspects of beef quality. *Meat Science*, 65:1335-1340.
- Michal, J.J.; Zhang, Z.W.; Gaskins, C.T. Jiang, Z. 2006. The bovine fatty acid binding protein 4 gene is significantly associated with marbling and subcutaneous fat depth in Wagyu x Limousin F2 crosses. *Animal Genetics*, 37:400-402.
- Moreira, F. B.; Souza, N. E.; Matsushita, M.; Prado, I. N.; Nascimento, W. G. 2003. Evaluation of Carcass Characteristics and Meat Chemical Composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* Crossbred Steers Finished in Pasture Systems. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(4):609-616.
- Muchenje, V.; Dzama, K.; Chimonyo, M.; Raats, J. G.; Strydom, P. E. 2008. Meat quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus steers raised on natural pasture in the Eastern Cape, South Africa. *Meat Science*, 79:20-28.
- Muchenje, V.; Dzama, K.; Chimonyo, M.; Strydom, P. E.; Hugo, A.; Raats, J. G. 2009. Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food Chemistry*, 112:279-289.
- Nichols, W. T.; Galyean, M. L.; Thomsen, D. U.; Hutcheson, J. P. 2002. Effects of steroid implants on the tenderness of beef. *The Professional Animal Scientist*, 18:202-210.
- Pacheco, P. S.; Restle, J.; Silva, J. H. S.; Brondani, I. L.; Pascoal, L. L.; Alves Filho, D. C.; Arboitte, M. Z.; Freitas, A. K. 2005. Composição Física da Carcaça e Qualidade da Carne de Novilhos Jovens e Superjovens de Diferentes Grupos Genéticos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34(5):1691-1703.
- Padre, R. G.; Aricetti, J. A.; Gomes, S. T. M.; Goes, R. H. T. B.; Moreira, F. B.; Prado, I. N.; Visentainer, J. V.; Souza, N. E.; Matsushita, M. 2007. Analysis of fatty acids in Longissimus muscle of steers of different genetic breeds finished in pasture systems. *Livestock Science*, 110:57-63.
- Pedreira, A. C. M. S.; Leme, P. R.; Pereira, A. S. C.; Luchiarri Filho, A. 2003. Propionato de cálcio no amaciamento do músculo *Longissimus dorsi* de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(5):1213-1219.
- Pethick, D.W.; Harper, G.; Oddy, H. 2001. Growth, development and nutritional manipulation of marbling in cattle. In: *Marbling Symposium, 2001. Proceedings...* Disponível em: <<http://www.beef.crc.org.au/documents/HeatherBurrow.pdf>> Acesso em: 23 Set. 2011.
- Priolo, A.; Micol, D.; Agabriel, J. 2001. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Animal Research*, 50:185-200.
- Purslow, P. P. 2005. Intramuscular connective tissue and its role in meat quality. *Meat Science*, 70:435-447.
- Raes, K.; Balcean, A.; Dirink, P.; Winne, A. D.; Clayes, E.; Demeyer, D.; Smet, S. D. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis in Belgian retail beef. *Meat Science*, 65:1237-1246.
- Ramos, E. M.; Gomide, L. A. M. 2007. Avaliação da qualidade de carne: fundamentos e metodologias. Viçosa-MG: Editora UFV, 599p.
- Röhrle, F. T.; Moloney, A. P.; Black, A.; Osorio, M. T.; Sweeney, T.; Schmidt, O.; Monahan, F. J. 2011. α -Tocopherol stereoisomers in beef as an indicator of vitamin E supplementation in cattle diets. *Food Chemistry*, 124:935-940.
- Rosenvold, K.; Petersen, J. S.; Laerke, H. N.; Jensen, S. K.; Therkildsen, M.; Karlsson, A. K.; Moller, H. S.; Andersen, H. J. 2001. Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs. *Journal of Animal Science*, 79:382-391.
- Rossato, L. V.; Bressan, M. C.; Rodrigues, E. C.; Carolino, M. I. A. C. M.; Bessa, R. J. B.; Alves, S. P. P. 2009. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos e zebuínos terminados em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38(9):1841-1846.

- Scollan, N. D.; Choi, N.J.; Kurt, E.; Fisher, A. V.; Enser, M.; Wood, J. D. 2001. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British Journal of Nutrition*, 85:115–124.
- Scollan, N. D.; Hocquette, J-F.; Nuernberg, K.; Dannenberger, D.; Richardson, I.; Moloney, A. 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74:17–33.
- Souki, G. Q.; Salazar, G. T.; Antonialli, L. M. 2003. Atributos que afetam a decisão de compra dos consumidores de carne bovina. *Organizações Rurais & Agroindustriais*, 5(2):36-51.
- Taniguchi, M.; Utsugi, T.; Oyama, K.; Taniguchi, M.; Utsugi, T.; Oyama, K.; Mannen, H.; Kobayashi, M.; Tanabe, Y.; Ogino, A.; Tsuji, S. 2004. Genotype of stearoyl-CoA desaturase is associated with fatty acid composition in Japanese Black cattle. *Mammalian Genome*, 14:142-148.
- Thaller, G.; Kühn, C.; Winter, A. Ewald. G.; Bellmann, O.; Wegner, J.; Zühlke, H.; Fries, R. 2003. DGAT1, a new positional and functional candidate gene for intramuscular fat deposition in cattle. *Animal Genetics*, 34:354-357.
- Vaz, F. N.; Restle, J.; Feijó, G. L. D. 2001. Qualidade e composição química da carne de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos Charolês x Nelore. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(2):518-525.
- Vestergaard, M.; Oksbjerg, N.; Henckel, P. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on muscle fibre characteristics and meat colour of semitendinosus, longissimus and supraspinatus muscles of young bulls. *Meat Science*, 54:177–185.
- Warren, H. E.; Scollan, N. D.; Hallett, K.; Enser, M.; Richardson, R. I.; Nute, G. R.; Wood, J. D. 2002. The effects of breed and diet on the lipid composition and quality of bovine muscle. *Proceedings of the 48th Congress of Meat Science and Technology*, 1:370–371.
- Warren, H. E.; Scollan, N. D.; Nute, G. R.; Hughes, S. I.; Wood, J. D.; Richardson, R. I. 2008. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. II: Meat stability and flavour. *Meat Science*, 78:270-278.
- Webb, E. C.; Casey, N. H.; Simela, L. 2005. Goat meat quality. *Small Ruminant Research*, 60:153–166.
- Wheeler, T. L.; Savell, J. W.; Croos, H. R. 1990. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68(12):4206-4220.
- Whipple, G.; Koohmaraie, M.; Dikeman, M.E. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos Indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 68(9):2716-2728.
- White, S.N.; Casas, E.; Wheeler, T. L.; Shackelford, S. D.; Koohmaraie, M.; Riley, D. G.; Chase, C. C. Jr; Johnson, D. D.; Keele, J. W.; Smith, T. P. 2005. A new single nucleotide polymorphism in CAPN1 extends the current tenderness marker test to include cattle of *Bos indicus*, *Bos taurus*, and crossbred descent. *Journal of Animal Science*, 83:2001-2008.
- Wood, J. D.; Enser, M.; Fisher, A. V.; Nute, G. R.; Sheard, P. R.; Richardson, R. I.; Hughes, S. I.; Whittington, F. M. 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78:343–358.
- Wood, J. D.; Richardson, R. I.; Nute, G. R.; Fisher, A. V.; Campo, M. M.; Kasapidou, E.; Sheard, P. R.; Enser, M. 2003. Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66:21–32.