

Estudo comparativo da qualidade do músculo *longissimus dorsi* bovino maturado na forma de bifes e peças

Juliana L. M. de Mello^{1*}, Talita L. Takada¹, Ana Beatriz B. Rodrigues¹, Fábio B. Ferrari¹, Rodrigo A. de Souza¹, Hirasilva Borba¹

¹Universidade Estadual Paulista (UNESP), Departamento de Tecnologia da Jaboticabal, São Paulo, Brasil. *Correio eletrônico: julianalolli@zootecnista.com.br

RESUMO

Este estudo comparou os efeitos da maturação por até 21 dias em amostras do músculo *longissimus dorsi* bovino maturado na forma de bifes e de peças. As amostras utilizadas foram divididas em bifes e em peças de 2,5 e 10 cm de espessura respectivamente, embaladas a vácuo e armazenadas ($2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) por até 21 dias. Foram avaliados: volume de exsudato produzido, proteína solúvel no exsudato e perda de peso durante a maturação, cor (luminosidade, intensidade de vermelho, intensidade de amarelo), pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento. Amostras maturadas apresentaram diferenças de cor e pH ($P < 0,05$), menor força de cisalhamento e menor perda de peso por cozimento ($P < 0,0001$) que amostras não maturadas. A maciez não variou ($P = 0,5679$) entre os tipos de cortes. Bifes apresentaram menor pH, maior capacidade de reter água e menor produção de exsudato ($P < 0,05$) que amostras cortadas em peças (5,55; 73,42%; 0,010 mL/g e 5,59; 71,83%; 0,011 mL/g, respectivamente). Durante a maturação houve um aumento na luminosidade ($P = 0,0376$) e redução ($P < 0,0001$) do pH e da força de cisalhamento das amostras. É possível maturar pequenas porções de carne sem que haja prejuízo quanto à coloração, além da redução da perda de nutrientes através do líquido exsudado, que é produzido em menor quantidade. Maturar a carne na forma de bifes ao invés de peças inteiras ou pedaços grandes possibilita a preservação da umidade, o que contribui para a manutenção da maciez.

Palavras-chave: armazenamento, maciez, maturação, qualidade de carne

Comparative study of quality of *longissimus dorsi* cattle muscle aged as steaks and pieces

ABSTRACT

This study compared the effects of the aging for up to 21 days in *longissimus dorsi* muscle samples from cattle, aged as steaks and pieces. The samples used were divided into 2.5 cm thick steaks and 10 cm thick pieces, vacuum packed and stored ($2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$) for up to 21 days. Exudate volume, soluble protein in the exudate and weight loss during aging, color (lightness, red intensity, yellow intensity), pH, water holding capacity, cooking weight loss and shear force, were evaluated. Aged samples showed color and pH differences ($P < 0.05$), lower ($P < 0.0001$) shear force and cooking weight loss than non-aged samples. The tenderness did not vary ($P = 0.5679$) between the cut types. Steaks showed lower pH, greater water holding capacity and produced less exudate ($P < 0.05$) than pieces (5.55, 73.42%, 0.010 mL/g and 5.59, 71.83%, 0.011 mL/g, respectively). During aging there were increase ($P = 0.0376$) in lightness and decrease ($P < 0.0001$) of pH and shear force. It is possible to age small portions of meat without prejudice meat color, besides the reducing of nutrients losses through the exudate, which is produced in smaller quantities. The meat aging in the steaks form, rather than whole or large pieces, enables the preservation of moisture, which contributes to maintain the tenderness.

Key words: storage, tenderness, aging, meat quality.

Estudio comparativo de la calidad del músculo *longissimus dorsi* bovino madurado en forma de filetes y piezas

RESUMEN

Este estudio comparó el efecto de la maduración por 21 días en muestras del músculo *longissimus dorsi* bovino madurado en forma de filetes y piezas. Las muestras utilizadas fueron divididas en filetes y piezas de 2,5 y 10 cm de grosor respectivamente, empacadas al vacío y almacenadas ($2\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) por 21 días. Fueron evaluados: volumen de exudado producido, proteína soluble en el exudado y pérdida de peso durante la maduración, color (luminosidad, intensidad de rojo, intensidad de amarillo), pH, capacidad de retención de agua, pérdida de peso durante la cocción y la ternura. Muestras maduras presentaron diferencias en el color y pH ($P<0,05$), menor fuerza de corte y pérdida de peso durante la cocción ($P<0,0001$), comparadas a las muestras no maduras. La ternura no varió ($P=0,5679$) entre los tipos de corte. Los filetes presentaron menor pH, mayor capacidad para retener agua y menor producción de exudado ($P<0,05$) que las muestras cortadas en piezas (5,55, 73,42%, 0,010 mL/g y 5,59, 71,83% y 0,011 mL/g, respectivamente). Durante la maduración hubo aumento de la luminosidad ($P=0,0376$) y reducción del pH y de la fuerza de corte ($P<0,0001$). Es posible madurar pequeñas porciones de carne sin perjuicio en cuanto a la coloración, además de la reducción de la pérdida de nutrientes a través del líquido exudado, que es producido en menor cantidad. Madurar la carne en forma de filetes en vez de piezas enteras o pedazos grandes permite la conservación de la humedad, lo que contribuye a mantener la ternura.

Palabras clave: almacenamiento, calidad de la carne, maduración, ternura

INTRODUÇÃO

O Brasil produziu em 2015 aproximadamente 9,8 milhões de toneladas de carne bovina (USDA, 2015). Atualmente é considerado o segundo maior exportador mundial, tendo exportado no último ano 1,4 milhões de toneladas de carne, incluindo carne in natura (77% do total exportado), industrializada, miúdos, tripas e cortes salgados (ABIEC 2016a); de janeiro a abril de 2016 o total exportado foi de 480 mil toneladas, o que representa um aumento de 12% com relação ao mesmo período de 2015 (ABIEC 2016b). Em contrapartida, o consumo per capita (30,6 kg) sofreu retração de 8,4% em relação a 2014, devido aos altos preços praticados na comercialização da carne bovina que tem feito com que o consumidor opte por outras fontes de proteína animal com preço mais acessível (USDA 2015).

Pesquisas anteriores demonstraram que a maciez é o fator mais importante no reconhecimento da carne de qualidade pelo consumidor, que se dispõe a pagar preços mais elevados por carnes mais macias (Miller *et al.* 2001, Shackelford *et al.* 2001, Hou *et al.* 2014). Além de qualidade e

segurança alimentar (Chen *et al.* 2013), o consumidor exige que o mercado disponibilize produtos diferenciados e que ofereçam praticidade durante o preparo. A desossa e a produção de cortes embalados ainda na planta frigorífica têm especial destaque nas receitas das indústrias, oferecem aos varejistas a opção de não dispor de setores especializados em desossa (Pascoal *et al.* 2011), além também de otimizar o volume de armazenamento e estocagem dos produtos, e ao consumidor produtos convenientes e de qualidade (Pascoal *et al.* 2011). A crescente exigência do mercado tem sido a principal razão para o contínuo investimento das empresas em pesquisa e inovação, necessárias para manter a competitividade (Chen *et al.* 2013). A tecnologia de embalagens sofreu expressivas mudanças nas últimas décadas, criando embalagens capazes de proteger produtos cárneos da descoloração, das perdas de odor, sabor e de nutrientes (Chen *et al.* 2013) e da perecibilidade da carne fresca (Arvanitoyannis e Stratakos 2012).

A maturação a vácuo é utilizada como método de amaciamento da carne bovina (Monsón *et al.* 2005, Modzelewska-Kapitula *et al.* 2015),

que tem por objetivo tornar a carne não só mais macia como também aromática (Pardi *et al.* 2001) e com sabor característico (Li *et al.* 2014), devido à atividade enzimática que promove a proteólise miofibrilar e mudanças no tecido conjuntivo (Koochmaraie 1996, Nishimura *et al.* 1998, Modzelewska-Kapituła *et al.* 2015). A maturação a vácuo é o método mais utilizado devido às baixas perdas decorrentes do processo e à facilidade de armazenamento e transporte (DeGeer *et al.* 2009, Li *et al.* 2014).

Diante do exposto e da dimensão da produção brasileira de carne bovina, este estudo teve como objetivo comparar os efeitos da maturação sobre a qualidade do músculo *longissimus dorsi* embalado na forma de bifês e de peças, comumente encontradas no varejo, de modo a comprovar se é possível oferecer ao consumidor produtos maturados em porções menores e com a mesma qualidade das peças maturadas inteiras.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta e preparo das amostras

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal, São Paulo, Brasil (21°08' S, 48°11' W, 583 m altitude). Em abatedouro comercial (São Paulo, Brasil), após o abate e a permanência das carcaças bovinas em câmara fria (0-2°C) por 24 horas para estabelecimento do *rigor mortis*, amostras inteiras do músculo *longissimus dorsi* foram coletadas, imediatamente transportadas ao laboratório em caminhão refrigerado (para manutenção da cadeia de frio) e divididas em subamostras de 2,5 cm de espessura (bifês) e peças de 10 cm de espessura (com peso aproximado de 1 kg), cujo corte foi feito no sentido perpendicular ao das fibras. As amostras foram individualmente identificadas, embaladas a vácuo em sacos plásticos (18 micra) utilizando uma seladora Selovac (modelo 200-B, Selovac, São Paulo - SP, Brazil) e armazenadas em incubadora BOD (modelo EL101/3 250W, Eletrolab, São Paulo - SP, Brazil) sob temperatura de 2°C ± 0,5°C por até 21 dias.

Foram avaliados cor (luminosidade, intensidade de vermelho, intensidade de amarelo), pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) antes da maturação (grupo testemunha; amostras nomeadas como *in natura*) e após sete, 14 e 21 dias de maturação; e perda de peso durante a maturação (PPM), volume de exsudato produzido (VE) e proteína solúvel no exsudato (PSE) foram analisados apenas em amostras maturadas. Amostras do grupo testemunha não sofreram nenhum tipo de tratamento.

Métodos

Cor: A coloração das amostras foi determinada com o uso do colorímetro Minolta (modelo CR-400, Konica Minolta Inc., Osaka, Japão), em três posições diferentes dos bifês e peças, após trinta minutos de abertura da embalagem e exposição das amostras ao oxigênio. Foram avaliados luminosidade (L*), que representa a luz refletida pela amostra, numa escala que varia do preto ao branco, de zero a 100, respectivamente; intensidade de vermelho (a*), que varia do verde ao vermelho, de -60 a 60, respectivamente; e intensidade de amarelo (b*), que varia do azul ao amarelo, de -60 a 60, respectivamente (Huang *et al.* 2011). Após as três avaliações, os resultados de cada amostra compuseram uma média para cada variável (L*, a* e b*).

pH: O pH foi determinado em triplicata, aleatoriamente pela extensão da amostra, com o uso de um pHmetro digital Testo (modelo 205, Testo Inc., Sparta, NJ, USA), munido de eletrodo de penetração para inserção direta nas amostras. A calibração do aparelho foi feita anteriormente às análises com solução tampão pH 4 e pH 7.

Capacidade de retenção de água (CRA): Foi determinada em triplicata utilizando-se o método descrito por Hamm (1960), em que foram utilizados 2 g de amostra crua (em pedaço único retirado aleatoriamente da amostra), colocados entre dois papéis de filtro e placas de acrílico, e submetidos à pressão de 10 kg durante cinco minutos. Posteriormente as amostras foram novamente pesadas para determinação da CRA, expressa em porcentagem.

Perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC): Das peças inteiras maturadas foram obtidos bifes menores com 2,5 cm de espessura. Todas as amostras (bifes e bifes provenientes das peças maturadas inteiras) foram pesadas e, em seguida, assadas em *grill* (George Foreman GBZ80) pré-aquecido (por 10 minutos) até que sua temperatura interna atingisse 70°C (temperatura controlada através de termopares inseridos individualmente em cada amostra).

Após o resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram novamente pesadas e a PPC foi determinada por diferença entre os pesos inicial e final, expressa em porcentagem (Wheeler *et al.* 1998). Das amostras assadas foram obtidas subamostras cilíndricas com diâmetro conhecido (1,57 cm), cortadas no sentido paralelo às fibras musculares utilizando uma lâmina para corte adaptada a uma furadeira elétrica (Brito *et al.* 2016). Os cilindros foram posicionados com as fibras orientadas no sentido perpendicular ao do dispositivo “*Warner-Bratzler*”, acoplado ao texturômetro “*Texture Analyser TA-XT2i*” (Stable Micro Systems, LTD., Godalming, UK) e submetidos ao corte (Corte *et al.* 1979). A força necessária para cisalhar as amostras foi expressa em Newton (N).

Volume de exsudato produzido (VE) e Proteína solúvel no exsudato (PSE): O VE foi quantificado imediatamente após a abertura de cada embalagem, ao final de cada período de maturação, com o uso de uma proveta graduada em mL, cujos resultados foram expressos em mililitros de exsudato por grama de amostra (mL/g). A dosagem de PSE foi efetuada pelo método descrito por Hartree (1972) e os resultados expressos em miligramas de proteína por mililitro de exsudato (mg/mL).

Perda de peso durante a maturação (PPM): Foi determinada por diferença entre os pesos inicial (antes de serem embaladas) e final (após cada período de maturação), expressa em porcentagem. Para a pesagem das amostras foi utilizada uma balança digital para laboratório, marca Marte modelo AS2000C, com capacidade de pesagem de 0,5 g até 2 kg e precisão de 0,1 g.

Análise estatística

Os dados de cor, pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento foram analisados utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3+1 (dois tipos de corte maturado - bife e peça; três tempos de maturação; e um tratamento testemunha), com quatro repetições. Os dados para volume de exsudato, proteína solúvel no exsudato e perda de peso durante a maturação foram analisados utilizando um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 2x3 (dois tipos de corte maturado - bife e peça; três tempos de maturação), uma vez que somente amostras maturadas foram analisadas neste caso. Todos foram analisados pelo procedimento Modelos Lineares Gerais (GLM) do programa SAS (2002), SAS Institute Inc, Cary, NC, submetidos à análise de variância e, em caso de significância, as médias comparadas pelo teste Tukey com significância de $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são mostrados os resultados para análise da coloração de bifes e peças do músculo *longíssimus dorsi* maturados por até 21 dias. Amostras maturadas (descritas nas tabelas como grupo fatorial; que considera, de maneira geral, bifes e peças maturados por 7, 14 e 21 dias) apresentaram maior L* ($P=0,0008$), maior a* ($P=0,0401$) e maior b* ($P < 0,0001$) do que amostras *in natura* (grupo testemunha; amostras não maturadas). Não houve diferença ($P > 0,05$) de luminosidade entre amostras maturadas na forma de bife ou peça, entretanto houve efeito ($P=0,0376$) da maturação, sendo que amostras maturadas por 14 e 21 dias apresentaram maior luminosidade (39,02, em média) da superfície do que amostras maturadas por apenas sete dias (38,01). Valores de a* e de b* não foram influenciados ($P=0,8873$) pelo tipo de corte utilizado, tampouco houve variação ($P=0,7402$) durante o processo de maturação.

Vitale *et al.* (2014) concluíram que durante a maturação por até 21 dias do músculo *longíssimus* bovino, as médias de L*, a* e b* aumentaram de

Tabela 1. Luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) de bifos e peças do músculo *longissimus dorsi* maturados por até 21 dias.

	L*	a*	b*
Testemunha	36,79 ^B	20,24 ^B	7,62 ^B
Fatorial	38,68 ^A	21,98 ^A	10,84 ^A
Tipo de corte (C)			
Bife	38,43	21,93	11,03
Peça	38,93	22,02	10,65
Tempo de maturação (M)			
7 dias	38,01 ^B	22,27	11,18
14 dias	39,21 ^A	21,96	10,76
21 dias	38,83 ^A	21,70	10,58
P-value (TxF)	0,0008	0,0401	<0,0001
P-value (C)	0,1798	0,8873	0,4021
P-value (M)	0,0376	0,7402	0,5413
P-value (CxM)	0,0567	0,1809	0,1225
CV (%)	2,26	6,69	10,47

^{A,B}Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

35,4 para 38,7; de 20,8 para 24,7 e de 8,2 para 10,8 respectivamente. Enquanto Pivaro (2011) ao estudar a qualidade do músculo *longissimus* de tourinhos Nelore terminados em confinamento, observou que as médias de L* e de b* aumentaram de 38,31 para 40,29 e de 6,46 para 13,70 respectivamente, em tanto que a média de a* foi reduzida de 16,84 para 14,66 em 21 dias de maturação. Obuz *et al.* (2014) ao avaliarem os efeitos de diferentes métodos de maturação na qualidade do músculo *longissimus lumborum* bovino observaram aumento do valor de L* (de 32,7 para 39,7) e redução dos valores de a* (de 16,8 para 13,2) e de b* (de 11,3 para 9,4) do segundo ao 23º dia de maturação. Essas variações foram atribuídas ao possível aumento da oxidação dos pigmentos com o passar do tempo de estocagem.

Com o processo de maturação a carne torna-se mais brilhante (>L*) devido à maior refletância da luz em sua superfície em consequência da maior produção de exsudato, causada pela proteólise de estruturas celulares e redução da capacidade

de retenção de água (Koohmaraie *et al.* 2002). Durante a maturação também é possível que ocorram alterações na coloração da carne, uma vez que a quantidade de mioglobina presente no músculo e o estado físico do íon ferro no interior da célula são influenciados pelo tempo de armazenamento e pela ausência de oxigênio no interior da embalagem; os últimos promovem a oxidação da oximioglobina a metamioglobina, que confere coloração marrom à carne e contrasta com o vermelho brilhante da oximioglobina (Lawrie 2005). A cor também pode ser afetada pela difusão do oxigênio na peça de carne e pela taxa de consumo de oxigênio (Ledward 1992). As variações observadas para valores de a* e b* entre amostras de carne maturadas e não maturadas podem ser explicadas pela maior habilidade de oxigenação da mioglobina apresentada por amostras maturadas, quando comparadas às não maturadas (Vitale *et al.* 2014); esta diferença é devida à perda de atividade de enzimas que utilizam oxigênio durante o armazenamento a vácuo, que é recuperada após a abertura das

Tabela 2. pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) de bifes e peças do músculo *longissimus dorsi* maturados por até 21 dias.

	pH	CRA (%)	PPC (%)	FC (N)
Testemunha	5,45 ^B	73,96	35,68 ^A	40,16 ^A
Fatorial	5,57 ^A	72,63	26,79 ^B	21,39 ^B
Tipo de corte (C)				
Bife	5,55 ^B	73,42 ^A	26,43	21,71
Peça	5,59 ^A	71,83 ^B	27,14	21,05
Tempo de maturação (M)				
7 dias	5,60 ^A	73,03	26,59	26,73 ^A
14 dias	5,61 ^A	73,04	27,01	21,71 ^B
21 dias	5,50 ^B	71,81	26,76	15,72 ^C
P-value (TxF)	<0,0001	0,1841	<0,0001	<0,0001
P-value (C)	0,0313	0,0448	0,4511	0,5679
P-value (M)	<0,0001	0,3147	0,9335	<0,0001
P-value (CxM)	0,9765	0,2763	0,6225	0,5976
CV (%)	0,72	2,48	7,95	11,53

^{A-C}Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

embalagens e exposição das amostras ao oxigênio (Ledward 1992).

Na Tabela 2 são mostrados os resultados para pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) de bifes e peças do músculo *longissimus dorsi* maturados por até 21 dias. Embora as amostras maduras tenham apresentado pH mais elevado (P<0,0001; 5,57) do que nas amostras frescas (5,45), verificou-se uma redução (P<0,0001) do pH durante a maturação por 21 dias, vinculado à espessura. Os bifes apresentaram menor pH (P=0,0313) do que as amostras cortadas em peças de aproximadamente 1 kg. A ausência de oxigênio no interior da embalagem garante maior vida de prateleira aos produtos cárneos, pois inibe o desenvolvimento de microrganismos aeróbios e gera condições favoráveis para a produção de ácido láctico que promove a redução do pH (Godrim 2011). Observa-se que os valores de pH encontrados para bifes e peças são considerados ideais de

acordo com o que foi descrito por Abularach *et al.* (1998), cujos valores típicos de pH para carne bovina variam entre 5,4 e 5,6.

Variações de pH durante à maturação estão relacionadas à atividade enzimática, à alteração da pressão osmótica do meio e modificações das cargas elétricas das proteínas (Lawrie 2005). O aumento do pH pode contribuir para a redução da eliminação de exsudato (Colle *et al.* 2015), pois o pH mais elevado promove a melhor ligação da água através do aumento das cargas negativas das proteínas miofibrilares e do aumento do espaçamento entre elas, fazendo com que ocorra uma melhor interação com as moléculas de água (Wismer-Pedersen 1971).

Em relação ao CRA, este estudo mostrou que os bifes apresentaram maior (P=0,0448) capacidade de retenção de água do que as amostras cortadas em peças. A capacidade de retenção de água está diretamente relacionada às perdas de água antes e durante o cozimento (Gaya e Ferraz 2006) que contribuem para que a carne

se torne menos suculenta e menos macia, nesse sentido, quanto maior a capacidade de reter de água, mais macia será a carne. O CRA é importante tanto para cortes inteiros como para produtos processados, uma vez que, se for baixa, a carne não apresentará suculência (Wang *et al.* 2009). Isso indica que maturar peças grandes de carne poderia favorecer a perda de suculência e maciez, devido à menor capacidade de retenção de água, além disso, a menor capacidade de reter de água implica em perdas de valor nutritivo através do exsudato produzido (Pardi *et al.* 2001). Amostras maturadas apresentaram menor PPC e FC ($P < 0,0001$) do que amostras *in natura*. A maciez das amostras aumentou ($P < 0,0001$) durante o processo de maturação, assim como observado por Pivaro (2011), Vitale *et al.* (2014) e Colle *et al.* (2015). O aumento da maciez ao longo do processo de maturação é esperado e está amplamente documentado na literatura (Obuz *et al.* 2014, Vitale *et al.* 2014). Pesquisas revelam que o limite aceitável pelo consumidor em amostras de músculo *longissimus* bovino é de 40,2 N necessários para cisalhar a carne (Huffman *et*

al. 1996) e que a melhoria na maciez de carnes maturadas é devida à degradação de proteínas miofibrilares específicas pelas proteases calpaínas (Koochmaraie *et al.* 2002, Vitale *et al.* 2014, Colle *et al.* 2015), que provocam a desagregação das fibras musculares e, conseqüentemente, o aumento da maciez ao corte (French *et al.* 2001). Neste estudo foram utilizadas amostras com valores iniciais de força de cisalhamento próximos ao limite aceitável descrito anteriormente (40,16 N), o que representa um aumento expressivo da maciez durante a maturação, que reduziu a força necessária para romper tanto bifés quanto peças para 15,72 N, o que caracterizaria carne muito macia.

Na Tabela 3 são mostrados os resultados obtidos para as variáveis volume de exsudato, proteína solúvel no exsudato e perda de peso durante a maturação de bifés e peças do músculo *longissimus dorsi* maturados por até 21 dias. As perdas de líquido e, conseqüentemente, perdas de peso são esperadas devido à desnaturação proteica (Miller *et al.* 1996) que ocorre durante o armazenamento sob refrigeração e que contribui

Tabela 3. Volume do exsudato produzido (VE), proteína solúvel no exsudato (PSE) e perda de peso durante a maturação (PPM) de bifés e peças do músculo *longissimus dorsi* maturados por até 21 dias.

	VE (mL/g)	PSE (mg/mL)	PPM (%)
Tipo de corte (C)			
Bife	0,010 ^B	0,120	1,79
Peça	0,011 ^A	0,110	2,01
Tempo de maturação (M)			
7 dias	0,010	0,115	1,66 ^B
14 dias	0,010	0,116	1,83 ^B
21 dias	0,012	0,115	2,20 ^A
P-value (C)	0,0278	0,0555	0,1866
P-value (M)	0,4113	0,9911	0,0417
P-value (CxM)	0,9774	0,5956	0,5110
CV (%)	15,58	4,84	10,63

^{A,B}Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

para o extravasamento da água livre no músculo. Perdas de 1 a 2% do peso são aceitáveis, enquanto perdas superiores a 4% são consideradas excessivas (Johnson 1974). Neste estudo a produção de exsudato foi maior ($P=0,0278$) em peças do que em bifes devido ao tamanho das amostras, pois quanto maior a área, maior é a quantidade de líquido eliminado. Foi verificado o aumento ($P=0,0417$) da perda de peso das amostras de 1,66% para 2,20% durante a maturação, valores estes considerados normais, segundo a literatura citada anteriormente. Pivaro (2011) observou que a perda de peso do músculo *longissimus* de tourinhos Nelore maturado aumentou de 4,56% para 5,58%, do sétimo para o 21º dia, respectivamente, em contrapartida, Colle *et al.* (2015) não encontraram diferença significativa entre a perda de peso do músculo *longissimus lumborum* bovino maturado por 14 (1,52%) e 21 dias (1,67%).

O aumento da produção de exsudato e da perda de peso durante a maturação é indesejável do ponto de vista comercial, devido à concentração de mioglobina e de outros nutrientes solúveis em água que são eliminados, o que pode contribuir para a descoloração das amostras durante a estocagem (Colle *et al.* 2015). Em nosso estudo não houve efeito dos fatores avaliados sobre a concentração de proteína solúvel no exsudato e a coloração das amostras não foi prejudicada pela produção de exsudato durante a realização do experimento, uma vez que não houve redução significativa do valor de a^* , conforme descrito anteriormente na Tabela 1.

CONCLUSÕES

É possível maturar pequenas porções de carne sem que haja alterações de coloração que possam influenciar a decisão de compra por parte do consumidor, e com redução da perda de nutrientes através do líquido exsudado, que é produzido em menor quantidade. Maturar a carne na forma de bifes, ao invés de peças inteiras ou pedaços grandes, possibilita a preservação da sua umidade, o que contribui para a manutenção da maciez.

LITERATURA CITADA

- ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne). 2016a. Exportações Brasileiras de Carne Bovina, Janeiro a Dezembro de 2015 (em linea). São Paulo, Brasil. Consultado 16 may. 2016. Disponível em <http://www.abiec.com.br/download/Anual-jan-dez-2015.pdf>
- ABIEC (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne). 2016b. Exportações Brasileiras de Carne Bovina, Janeiro a Dezembro de 2016. (em linea). São Paulo, Brasil. Consultado 16 may. 2016. Disponível em <http://www.abiec.com.br/download/Anual-jan-dez-2016.pdf>
- Abularach, MLS; Rocha, CE; Felício, PE. 1998. Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça Nelore. Ciência e Tecnologia de Alimentos 18:205-210.
- Arvanitoyannis, IS; Stratakos, AC. 2012. Application of modified atmosphere packaging and active/smart technologies to red meat and poultry: A review. Food and Bioprocess Technology 5:1423-1446.
- Brito, GF; McGrath, SR; Holman, BWB; Friend, MA; Fowler, SM; Van de Ven, RJ; Hopkins, DL. 2016. The effect of forage type on lamb carcass traits, meat quality and sensory traits. Meat Science 119:95-101.
- Chen, Q; Anders, S; Na, H. 2013. Measuring consumer resistance to a new food technology: A choice experiment in meat packaging. Food Quality and Preference 28:419-428.
- Colle, MJ; Richard, RP; Killinger, KM; Bohlscheid, JC; Gray, AR; Loucks, WI; Day, RN; Cochran, AS; Nasados, JA; Doumit, ME. 2015. Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the *gluteus medius* and *longissimus lumborum*. Meat Science 110:32-39.
- Corte, OO; Felício, PE; Cia, G. 1979. Sistematização da avaliação final de bovinos e bubalinos. III. Qualidade da carne. Boletim Técnico do Centro de Tecnologia da Carne. 3:67-76.

- DeGeer, SL; Hunt, M. C; Bratcher, C. L; Crozier-Dodson, B. A; Johnson, D. E; Stika, JF. 2009. Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Science* 83:768-774.
- French, P; O'riordan, EGO; Monahan, FJ; Caffrey, PJ; Mooney, MT; Troy, DJ; Moloney, AP. 2001. The eating quality of meat from steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science* 57:379-386.
- Gaya, LG; Ferraz, JBS. 2006. Quantitative-genetic aspects of broiler meat quality. *Ciência Rural* 36:349-356.
- Godrim, JS; Fagan, EP; Pinto, ABMR; Cardoso, TAB; Kawagoe, DST; Morais, JCF; Bridi, AM. 2011. Efeito do tempo de maturação no pH e cor da carne bovina (em linea). *In XX Encontro Anual de Iniciação Científica-EAIC, X Encontro de Pesquisa-EPUEPG (Ponta Grossa, Brasil). Memórias. Consultado 18 jul.2017. Disponível em <http://www.uel.br/grupo-pesquisa/gpac/pages/arquivos/EAIC%20%2011/EAIC%20%2011%20Efeito%20do%20Tempo%20de%20Maturacao%20no%20pH%20e%20Cor%20da%20Carne%20Bovina.pdf>*
- Hamm, R. 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research* 10: 335-463.
- Hartree, EF. 1972. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. *Analytical Biochemistry* 48:422-427.
- Hou, X; Liang, R; Mao, Y; Zhang, Y; Niu, L; Wang, R; Liu, C; Liu, Y; Luo, X. 2014. Effect of suspension method and aging time on meat quality of Chinese fattened cattle M. *longissimus dorsi*. *Meat Science* 96:640-645.
- Huang, H; Williams, SK; Sims CA; Simmone, A. 2011. Sodium metasilicate affects antimicrobial, sensory, physical, and chemical characteristics of fresh commercial chicken breast meat stored at 4°C for 9 days. *Poultry Science* 90:1124-1133.
- Huffman, KL; Miller, MF; Hoover, LC; Wu, CK; Brittin, HC; Ramsey, CB. 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science* 74: 91-97.
- Johnson, BY. 1974. Chilled vacuum-packed beef. *Food Research* 34:14-20.
- Koohmaraie, M. 1996. Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science* 43: 193-201.
- Koohmaraie, M; Kent, MP; Shackelford SD; Veiseth, E. 2002. Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship? *Meat Science* 62:345-352.
- Lawrie, RA. 2005. *Ciência da carne*. 6 Ed. Porto Alegre, Brasil, Artmed. 384 p.
- Ledward, DA. 1992. Color of raw and cooked meat. *In* Johnson, DE; Knight, MK; Ledward, DA. (eds.). *The chemistry of muscle-based foods*. Cambridge, England, Royal Society of Chemistry. p. 128-144.
- Li, X; Babol, J; Bredie, WLP; Nielsen, B; Tománková J; Lundström, K. 2014. A comparative study of beef quality after ageing *longissimus* muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Science* 97:433-442.
- Miller, MF; Carr, MA; Schlutter, AR; Jones, DK; Meade, MK; Ramsey, CB. 1996. Distribution packaging method and storage time on microbiological characteristics and incidence of the pathogens *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* in pork. *Journal of Food Quality* 19:413-422.
- Miller, MF; Carr, MA; Ramsey, CB; Crockett KL; Hoover, LC. 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. *Journal of Animal Science* 79:3062-3068.
- Modzelewska-Kapituła, M; Kwiatkowska, A; Jankowska, B; Dąbrowska, E. 2015. Water holding capacity and collagen profile of bovine m. *infraspinatus* during postmortem ageing. *Meat Science* 100:209-216.

- Monsón, F; Sañudo, C; Sierra, I. 2005. Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef. *Meat Science* 71:471-479.
- Nishimura, T; Liu, A; Hattori A; Takahashi, K. 1998. Changes in mechanical strength of intramuscular connective tissue during post-mortem aging of beef. *Journal of Animal Science* 76: 528-532.
- Obuz, E; Akkaya, L; Gök, V; Dikeman, ME. 2014. Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of *longissimus lumborum* steaks from cull Holstein cows. *Meat Science* 96:1227-1232.
- OECD (Organização para a cooperação e desenvolvimento económico). 2017. Meat Consumption (em linea). Paris, Francia. Consultado 18 jul. 2018. Disponível em <https://data.oecd.org/agroutput/meat-consumption.htm>
- Pardi, MC; Santos, IF; Souza, ER; Pardi, HS. 2001. Ciência, higiene e tecnologia da carne. 2 Ed. Goiânia, Brasil, UFG/NiteróiEDUFF, vol. 1. 624 p.
- Pascoal, LL; Vaz, FN; Vaz, RZ; Restle, J; Pacheco, PS; Santos, JPA. 2011. Relações comerciais entre produtor, indústria e varejo e as implicações na diferenciação e precificação de carne e produtos bovinos não-carçaça. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40: 82-92.
- Pivaro, TM. 2011. Qualidade da carne maturada de bovinos nelore terminados em confinamento. Dissertação de Mestrado. Jaboticabal, SP, Brasil, Universidade Estadual Paulista. 81 p.
- SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. Release 9.1. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Shackelford, SD; Wheeler, TL; Meade, MK; Reagan, JO; Byrnes, BL; Koohmaraie, M. 2001. Consumer impressions of tender select beef. *Journal of Animal Science* 79: 2605-2614.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2015. Livestock and Products Annual (em linea). USA. Consultado 16 may. 2016. Disponível em https://gain.fas.usda.gov/Recent%20GAIN%20Publications/Livestock%20and%20Products%20Annual_Brasilia_Brazil_8-27-2015.pdf
- Vitale, M; Pérez-Juan, M; Arnau, J; Realini, CE. 2014. Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Science* 96: 270-277.
- Wang, KH; Shi, SR; Dou TC; Sun HJ. 2009. Effect of a free-range raising system on growth performance, carcass yield, and meat quality of slow-growing chicken. *Poultry Science* 88: 2219-2223.
- Wheeler, TL; Shackelford, S; Koohmaraie, M. 1998. Cooking and palatability traits of beef longissimus steaks cooked with a belt grill or an open hearth electric broiler. *Journal of Animal Science* 76:2805-2810.
- Wismer-Pedersen, J. 1971. Chemistry of animal tissues: water. In Price, JF; Schweigert, BS (eds.). The science of meat and meat products. San Francisco, USA, W. H. Freeman Corp. p. 177-191.