

Efeito do período de suplementação de ractopamina na dieta em relação à qualidade da carne suína

Effects of time-supplementation of dietary ractopamine on pork quality

Melissa Amin^[a], Charles Kiefer^{[b]*}, Jorge Antônio Ferreira de Lara^[c], Danilo Alves Marçal^[a], Rodrigo Caetano de Abreu^[a], Gabriela Puhl Rodrigues^[a], Stephan Alexander da Silva Alencar^[a], Henrique Barbosa de Freitas^[a]

^[a] Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS - Brasil.

^[b] Professor da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS - Brasil.

^[c] Pesquisador da Embrapa Pantanal, Corumbá, MS - Brasil.

* Autor para correspondência: charles.kiefer@ufms.br

Resumo

Realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do período de suplementação da ractopamina na dieta sobre a qualidade da carne suína. Foram utilizados 48 suínos híbridos comerciais, machos castrados, com peso inicial de 65,85±4,34kg e peso final de 96,49±1,69kg. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos completos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições de dois animais cada. Foram avaliadas amostras de carne provenientes de suínos alimentados com dietas sem qualquer suplementação (controle) ou suplementadas com 20ppm de ractopamina por um período de 7, 14, 21, 28 e 35 dias pré-abate. Foram avaliados pH, capacidade de retenção de água, cor, força de cisalhamento e oxidação. Verificou-se que a suplementação de 20mg/kg de ractopamina durante 28 e 35 dias aumenta a força de cisalhamento da carne suína. A suplementação de 20 mg/kg de ractopamina durante sete dias reduz a luminosidade (L*) da carne. Os demais parâmetros qualitativos da carne suína não são influenciados pela ractopamina.

Palavras-chave: Cor. Força de cisalhamento. Oxidação. pH.

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effects of time-supplementation of dietary ractopamine in pork quality. A total of 48 commercial crossbred pigs, barrows with initial weight of 65.85±4.34kg were distributed in a randomized complete block design experiment with six treatments and four replicates of two animals each. It were analyzed samples of swine meat from different treatments, with no supplementation (control) and 20mg/kg of ractopamine supplementation for seven days pre-slaughter; 14 days pre-slaughter; 21 days pre-slaughter; 28 days pre-slaughter; and 35 days pre-slaughter. The characteristics of the meat quality were



measured by shear force and oxidation for pH, water holding capacity, color and texture. As a result, the supplementation of 20 mg/kg of ractopamine for 28 and 35 days increases the shear force of swine meat. The supplementation of 20 ppm of ractopamine for seven days reduces the brightness (L^) of the meat. The other qualitative parameters of pork were not influenced by ractopamine.*

Keywords: Colour. Oxidation. pH. Shear force.

Introdução

Do consumidor a indústria, o mercado exige carcaças suínas com reduzido teor de gordura. Essa busca tornou-se necessária quando a gordura suína foi substituída pelos óleos vegetais na alimentação humana. A seleção genética e a adoção dos sistemas de tipificação de carcaças colaboraram com essa evolução, bonificando a produção das carcaças dos suínos de acordo com o percentual de carne magra. Também com esta finalidade, tem-se adotado a inclusão de aditivos repartidores de energia às dietas dos suínos em terminação.

Dentre os aditivos repartidores de energia, a ractopamina vem sendo administrada nas dietas de suínos em terminação, uma vez que, nesta fase, podem ocorrer os maiores acúmulos de gordura na carcaça. Sua ação pode alterar a partição de nutrientes agindo, principalmente, na redução da lipogênese e, portanto, na redução da quantidade de gordura depositada na carcaça (Mcgraw e Liggett, 2005), particularmente a subcutânea (Carr et al., 2005).

A redução da quantidade de gordura pode resultar na diminuição do índice de oxidação lipídica (Dominguez-Vara et al., 2009; Gregory et al., 2011) e com possibilidade de aumento do tempo de armazenamento, sem ter a sua qualidade comprometida em termos de oxidação lipídica (Garbossa et al., 2013). Os animais suplementados com ractopamina podem apresentar o pH final da carne mais elevado e, dessa forma, o músculo passa a reter mais água, ficando estruturado e de coloração escura, tanto pela menor refração de luz, quanto pela maior ação enzimática (Bridi et al., 2006).

Os benefícios da ractopamina dependem do período de duração da suplementação, obtendo-se diferentes respostas de acordo com as semanas utilizadas, sendo que até a terceira semana é

obtida a máxima resposta para ganho de peso e percentual de carne magra na carcaça (Williams et al., 1994). Embora sejam conhecidos os benefícios da ractopamina no aumento do ganho de peso, melhora da eficiência alimentar e aumento do percentual de carne magra na carcaça dos suínos (Armstrong et al., 2004; Cantarelli et al., 2009; Polleto et al., 2009), ainda existem muitas dúvidas sobre seus efeitos sobre a qualidade da carne.

Portanto, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos do período de suplementação de ractopamina na dieta sobre a qualidade da carne suína por meio da avaliação do pH, determinação da cor, da capacidade de retenção de água, da força de cisalhamento e oxidação.

Material e métodos

Os procedimentos realizados no presente estudo foram aprovados pela comissão de ética no uso de animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, sob protocolo nº. 425/2012.

Foram utilizados 48 suínos híbridos comerciais, machos castrados, de alto potencial genético, com peso médio inicial de $65,85 \pm 4,34$ kg e peso médio final de $96,49 \pm 1,69$ kg. Os animais foram distribuídos em um experimento com delineamento em blocos casualizados completos, utilizando-se o peso inicial como critério de bloqueamento, com seis tratamentos, quatro repetições, e dois animais por unidade experimental. Os tratamentos foram: dieta controle (sem suplementação de ractopamina); e dieta com suplementação de ractopamina fornecidos aos animais por 7, 14, 21, 28 e 35 dias pré-abate.

As dietas experimentais (Tabela 1) foram formuladas em concordância com as recomendações descritas por Rostagno et al.

Tabela 1 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais para suínos em terminação (na matéria natural)

Ingredientes (kg)	Ractopamina, mg/kg	
	0	20
Milho	53,796	53,796
Farelo de soja, 45%	21,325	21,325
Milheto	20,000	20,000
Óleo de soja	1,792	1,792
Fosfato bicálcico	0,815	0,815
Calcário calcítico	0,629	0,629
Suplemento vitamínico ¹	0,400	0,400
Suplemento mineral ²	0,100	0,100
Sal comum	0,360	0,360
L-Lisina.HCl	0,413	0,413
DL-Metionina	0,117	0,117
L-Treonina	0,144	0,144
L-Triptofano	0,009	0,009
Ractopamina	0,000	0,100
Caulim	0,100	0,000
Composição nutricional calculada ³		
Proteína bruta, %	16,86	16,86
Energia metabolizável, Kcal/kg	3.230	3.230
Energia líquida, Kcal/kg	2.447	2.447
Lisina digestível, %	1,016	1,016
Metionina+Cistina digestível, %	0,610	0,610
Treonina digestível, %	0,681	0,681
Triptofano digestível, %	0,183	0,183
Valina digestível, %	0,701	0,701
Cálcio, %	0,510	0,510
Fósforo disponível, %	0,250	0,250
Sódio, %	0,160	0,160

Legenda: ⁽¹⁾ Quantidade por kg de ração: vit. A, 24.000UI; vit. D3, 4.000UI; vit. E, 48UI; vit. B1, 2mg; vit. B2, 10,4mg; vit. B6, 2,8mg; ácido pantotênico, 4mg; vit. K3, 6mg; ácido nicotínico, 88mg; vit. B12, 0,06mg; ácido fólico, 0,8mg; biotina, 0,2mg; colina, 400mg e excipiente q.s.p., 4g. ⁽²⁾ Quantidade por kg de ração: ferro, 100mg; cobre, 10mg; cobalto, 0,2mg; manganês, 30mg; zinco, 100mg; iodo, 1,0mg; selênio, 0,3mg e excipiente q.s.p., 1000mg. ⁽³⁾ Composição nutricional calculada conforme o valor nutricional dos alimentos proposto por Rostagno et al. (2011).

(2011). A ractopamina foi adicionada à dieta na concentração máxima permitida (20 mg/kg de ração). As rações e água foram fornecidas à vontade aos animais durante os 35 dias de período experimental.

Ao término do período experimental, os suínos foram pesados, submetidos a jejum de sólidos por 8 horas, sendo posteriormente transportados ao frigorífico comercial, no qual foram alojados em baias coletivas de espera, com livre acesso a água por 12 horas. O abate foi realizado em frigorífico comercial, seguindo normas vigentes para abate humanitário (Brasil, 2000).

Ao final da linha de abate, as carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio, dividindo-se em duas metades e, em seguida, realizou-se a lavagem. Foram retiradas amostras do *Longissimus lumborum* das carcaças, à altura da 12^a costela.

As amostras foram submetidas ao resfriamento lento a 15 °C por duas horas e posterior congelamento a -4 °C. O descongelamento ocorreu no laboratório de carnes da EMBRAPA Pantanal, em temperatura de refrigeração (15 °C) por 12 horas.

O pH intramuscular e a cor foram avaliadas quando da realização dos demais testes. O pH foi realizado em triplicata sendo determinado em profundidade, com auxílio de medidor de pH DMPH - 2 (Digimed), com eletrodo para carnes (modelo DME-CF1), após a calibração do equipamento (pH 4,0 e 7,0). A cor (valores L*, a* e b*) foi avaliada tomando-se seis pontos de leitura sobre o músculo, nas duas faces da amostra, por meio do colorímetro Minolta CR-10, conforme metodologia descrita por Hunt et al. (1991).

A capacidade de retenção de água foi medida conforme descrito por Parnell-Clunies et al. (1986), utilizando-se a diferença de peso antes e após a centrifugação. Pesou-se 1g de amostra que foi submetida a centrifugação refrigerada (4 °C) por quatro minutos. Em seguida, foi realizada a pesagem da amostra e submetida à secagem em estufa, por 12 horas. Posteriormente, foi realizada a pesagem da amostra seca e o cálculo da capacidade de retenção de água. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para avaliação da força de cisalhamento, utilizou-se o texturômetro TA.XT plus (Stable

Micro Systems), calibrado para 2,0kg. As amostras foram submetidas ao cozimento (72 a 75 °C), sendo resfriadas com o auxílio de gelo. Posteriormente, as amostras foram refrigeradas a 5 °C por 12 horas. Três amostras foram retiradas com bisturi paralelas ao sentido das fibras musculares, no formato de paralelepípedos com 1×1×4cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), as quais foram colocadas no aparelho com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina, sendo os resultados expressos em kgf/g. A metodologia foi realizada de acordo com Boccard et al. (1981) e Honikel (1998).

A oxidação foi determinada pesando 10g da amostra, sendo adicionado 25mL de ácido tricloroacético (TCA) a 75%. A homogeneização foi realizada através de um aparelho denominado STOMACHER, por um minuto. Realizou-se a filtração, sendo destinados 4mL a um tubo de ensaio contendo 1mL de TCA a 7,5% e 5mL de ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) a 0,02M. O filtrado foi submetido ao aquecimento por 40 minutos, sendo feita a leitura em espectrofotômetro a 538nm (Osawa et al., 2005).

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando programa estatístico SAS (2001), considerando-se o nível de 5% de significância. Foram realizados estudos de contraste utilizando o teste de Dunnett, comparando-se as médias de cada tratamento em relação ao grupo controle, a 5% de probabilidade.

Resultados e discussão

Observou-se efeito de contraste ($P < 0,05$) do tempo de suplementação das dietas com ractopamina sobre a luminosidade da carne (Tabela 2), em que o grupo controle apresentou valor de luminosidade (L^*) da carne superior (51,52) em relação ao grupo suplementado com ractopamina por sete dias (45,64). Os demais períodos não apresentaram diferença ($P > 0,05$) para o valor de luminosidade (L^*) da carne em relação ao tratamento controle.

Tabela 2 – Efeito do período de suplementação de ractopamina na dieta de suínos em terminação sobre a luminosidade, o teor de vermelho, o teor de amarelo, o pH e a capacidade de retenção da água (CRA) da carne

Suplementação, dias	Luminosidade (L*)	Teor de vermelho (a*)	Teor de amarelo (b*)	pH	CRA (%)
0	51,52±7,33	6,16±4,51	12,34±3,08	5,90±0,30	50,90±3,97
7	45,64±7,09*	6,82±2,86	12,50±3,30	6,01±0,22	51,41±2,79
14	50,86±6,96	6,18±2,78	13,16±2,46	5,89±0,10	52,40±2,83
21	47,58±7,91	6,70±3,31	13,11±2,67	5,99±0,35	52,04±3,40
28	50,67±10,05	5,35±2,19	12,61±2,87	6,04±0,31	51,68±4,04
35	47,64±6,18	6,39±3,38	12,56±2,65	6,01±0,16	50,90±3,49
Valor P	0,046	0,339	0,879	0,995	0,428
CV%	15,59	33,89	22,30	4,61	6,52
Contrastes					
0 x 7	0,01	-	-	-	-
0 x 14	0,77	-	-	-	-
0 x 21	0,08	-	-	-	-
0 x 28	0,70	-	-	-	-
0 x 35	0,07	-	-	-	-

Nota: * Médias diferem significativamente ($P < 0,05$) em relação ao grupo controle, pelo teste de Dunnett.

Em suínos, Silveira (1997) relatou que os valores médios de luminosidade (L*) situam-se entre 49,05 a 50,21, sendo a carne suína considerada de coloração mais clara devido a maior luminosidade quando comparada às carnes bovina e ovina. Desse modo, pode-se inferir que os suínos alimentados com a dieta suplementada com ractopamina durante sete dias apresentaram valores de luminosidade inferiores, tornando a carne mais escura do que a dos animais do grupo controle. Por outro lado, Armstrong et al. (2004) e Bridi et al. (2006) não detectaram efeitos de dietas variando entre 2,5 e 30ppm de ractopamina na luminosidade da carne fresca de suínos.

Não se observou diferença ($P > 0,05$) para o teor de vermelho (a*) na carne entre os períodos de suplementação de ractopamina e o tratamento controle pelos contrastes, sendo que o valor médio observado foi de 6,18. Segundo Silveira (1997), os valores de vermelho (a*) para a carne de suínos situam-se entre 5,50 a 5,94, valores que estão abaixo do valor médio observado no presente estudo para essa variável.

Em estudos conduzidos por Carr et al. (2005), os pesquisadores detectaram aumento do teor de vermelho na carne de suínos alimentados com dietas contendo 10 e 20ppm de ractopamina em relação ao grupo controle, sendo um indicativo da maior concentração de oximioglobina presente. De acordo com Bressan et al. (2001), o aumento no teor de vermelho da carne pode ocorrer devido ao aumento do tecido muscular, aumento da irrigação sanguínea local e a maior concentração de proteínas sarcoplasmáticas, resultando em coloração mais escura.

Não se observou diferença ($P > 0,05$) para os teores de amarelo (b*) observados nos diferentes períodos de suplementação de ractopamina com o grupo controle, pelo teste de contraste entre os tratamentos testados. Pode-se inferir que o valor médio de amarelo de 12,71, obtido no presente estudo, está acima daqueles citados por Silveira (1997), cujos valores variam de 5,80 a 6,53. Esse mesmo autor relata que o teor de amarelo (b*) avalia os pigmentos carotenóides que se depositam na gordura.

Desse modo, os valores do teor de amarelo na carne, observados no presente estudo, são superiores aqueles apresentados na literatura e, provavelmente, podem ser explicados pelas diferenças na composição dos ácidos graxos da gordura intramuscular depositada (Carr et al., 2005; Fernández-Dueñas et al., 2008).

Comparando-se os valores dos grupos suplementados com ractopamina em relação ao grupo controle, pelo teste de contrastes, não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para os valores de pH entre os tratamentos. Essa resposta é similar aos resultados obtidos por Carr et al. (2005), Bridi et al. (2006) e Rossi et al. (2010), os quais não constataram variação do pH da carne dos suínos em função da suplementação de ractopamina na dieta.

De modo similar, também não foi observado efeito ($P>0,05$) dos períodos de suplementação de ractopamina sobre a capacidade de retenção de água dos grupos suplementados com ractopamina em relação ao grupo controle, pelo teste de contrastes.

A capacidade de retenção de água está associada com a integridade e a quantidade das proteínas no *post-mortem* (Lonergan e Lonergan, 2005) e a sua redução resulta em maior liberação do exsudato e, conseqüentemente, em perdas do valor nutritivo, resultando em carne mais seca e com menor maciez (Zeola et al., 2007; Fernandes et al., 2011).

De acordo com Warris et al. (1990), a capacidade de retenção de água da carne de suínos alimentados com ractopamina aumenta e quanto maior a capacidade de retenção de água, maior a suculência das carnes, com aumento da percepção sensorial de maciez.

Os valores de oxidação da carne não diferiram ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados (Tabela 3), sendo que o valor médio obtido para a variável foi de 0,26mg de malonaldeído/kg. Por sua vez, Osawa et al. (2005) observaram valores entre 0,33 a 0,58mg de malonaldeído/kg para a oxidação. Conforme Torres e Okani (1997), valores acima de 1,59mg de malonaldeído/kg de amostra podem prejudicar a saúde humana, uma vez que, segundo

Tabela 3 – Período de suplementação de ractopamina na dieta de suínos em terminação sobre a oxidação e força de cisalhamento

Suplementação, dias	Oxidação (mg de malonaldeído/kg)	Força de cisalhamento (kgf/g)
0	0,25±0,17	2,95±0,69
7	0,23±0,16	3,00±0,45
14	0,34±0,21	2,53±0,37
21	0,24±0,20	2,72±0,88
28	0,35±0,39	3,82±1,17*
35	0,16±0,16	4,44±1,15*
Valor P	0,957	<0,001
CV%	79,58	27,24
Contrastes		
0 x 7	-	0,91
0 x 14	-	0,42
0 x 21	-	0,58
0 x 28	-	0,04
0 x 35	-	<0,01

Nota: * Médias diferem significativamente ($P<0,05$) em relação ao grupo controle, pelo teste de Dunnett.

Shamberger et al. (1974), essa substância tem potencial cancerígeno.

O processo de oxidação de substâncias é uma das principais causas da redução de vida de prateleira do produto. Alterações sensoriais como o desenvolvimento de aromas indesejáveis denominados de ranço podem ser detectados inicialmente em valores de 0,5 a 2,0mg malonaldeído/kg de carne (O'Neill et al., 1998).

Assim como encontrado no presente trabalho, Leick et al. (2010), que utilizaram os níveis de ractopamina de 0 e 5 mg/kg, também não encontraram diferenças significativa entre os dois tratamentos, assim como Apple et al. (2008) também não observaram diferença significativa, utilizando 0 e 10 mg/kg.

Comparando-se a força de cisalhamento do grupo controle aos suplementados com ractopamina, pelo teste de contrastes, verificou-se maior ($P < 0,05$) força para os grupos suplementados durante 28 e 35 dias em relação ao grupo controle, indicando que a carne oriunda desses animais é mais dura em relação àquela oriunda de animais não suplementados que se encontram dentro dos valores normais de força de cisalhamento para a carne suína (2,24 a 3,01 kgf/g) de acordo com Silveira (1997).

Maior força de cisalhamento em carnes de suínos alimentados com β -adrenérgicos também foram detectadas por Warris et al. (1990), os quais relataram que o aumento da dureza da carne está relacionado ao aumento do diâmetro das fibras musculares e à redução da proteólise *post mortem*, que ocorre em virtude da inclusão de agonistas na dieta dos suínos.

Conclusão

A suplementação de 20ppm de ractopamina na dieta durante 28 e 35 dias aumenta a dureza da carne, mas não altera o tempo de vida de prateleira por não modificar a oxidação e a capacidade de retenção de água.

Novos estudos devem ser realizados para quantificar os efeitos da duração da suplementação de ractopamina na dieta dos suínos sobre a quantidade e perfil de ácidos graxos da gordura intramuscular e também realização de análises

sensoriais para mensurar a percepção qualitativa desta carne pelo consumidor.

Referências

Apple JK, Maxwell CV, Kutz BR, Rakes LK, Sawyer JT, Johnson ZB, Armstrong TA, Carr SN, Matzat PD. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. *Journal of Animal Science*. 2008; 86(10):2711-2722. doi:10.2527/jas.2007-0327.

Armstrong TA, Ivers DJ, Wagner JR, Anderson DB, Weldon WC, Berg EP. The effect of dietary ractopamine concentration and duration of feeding on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 2004; 82(11):3245-3253.

Boccard R, Buchter L, Casteels E, Cosentino E, Dransfield E, Hood DE, Joseph RL, MacDougall DB, Rhodes DN, Schön I, Tinbergen BJ, Touraille C. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the Commission of the European Communities' (CEC) beef production research programme. *Livestock Science*. 1981; 8(5):385-397. doi:10.1016/0301-6226(81)90061-0.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº. 3, de 17 de janeiro de 2000. Diário Oficial [da] União. Brasília: MAPA; 2000.

Bressan MC, Prado OV, Pérez JRO, Lemos ALS, Bonagurio S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 2001; 21(3):293-303. doi:10.1590/S0101-20612001000300008.

Bridi AM, Oliveira AR, Fonseca NAN, Shimokomaki M, Coutinho LL, Silva CA. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2006; 35(5):2027-2033. doi:10.1590/S1516-35982006000700021.

Cantarelli VS, Fialho ET, Almeida EC, Zangeronimo MG, Amaral NO, Lima JAF. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. *Ciência Rural*. 2009; 39(3):844-851. doi:10.1590/S0103-84782009000300032.

- Carr SN, Rincker PJ, Killefer J, Baker DH, Ellis M, McKeith FK. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 2005; 83(1):223-230.
- Domínguez-Vara IA, Mondragón-Ancelmo J, Ronquillo MG, Salazar-García F, Bórquez-Gastelum JL, Aragon-Martínez A. Los β -agonistas adrenérgicos como modificadores metabólicos y su efecto en la producción, calidad e inocuidad de la carne de bovinos y ovinos: una revisión. *Ciencia Ergo Sum*. 2009; 16(3):278-284.
- Fernandes ARM, Orrico Junior MAP, Orrico ACA, Vargas Junior FM, Oliveira ABM. Desempenho e características qualitativas da carcaça e da carne de cordeiros terminados em confinamento alimentados com dietas contendo soja grão ou gordura protegida. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2011; 40(8):1822-1829. doi:10.1590/S1516-35982011000800028.
- Fernández-Dueñas DM, Myers AJ, Scramlin SM, Parks CW, Carr SN, Killefer J, McKeith FK. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean®). *Journal of Animal Science*. 2008; 86(12):3544-3550. doi:10.2527/jas.2008-0899.
- Garbossa CAP, Sousa RV, Cantarelli VS, Pimenta MESH, Zangeronimo MG, Silveira H, Kuribayashi TH, Cerqueira LGS. Ractopamine levels on performance, carcass characteristics and quality of pig meat. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2013; 42(5):325-333. doi:10.1590/S1516-35982013000500004.
- Gregory MK, King HW, Bain PA, Gibson RA, Tocher DR, Schuller KA. Development of a fish cell culture model to investigate the impact of fish oil replacement on lipid peroxidation. *Lipids*. 2011; 46(8):753-764. doi:10.1007/s11745-011-3558-9.
- Honikel KO. Reference methods for the assessments of physical characteristics of meat. *Meat Science*. 1998; 49(4):447-457.
- Hunt MC, Acton JC, Benedict RC, Calkins CR, Cornforth DP, Jeremiah LE, Olson DG, Salm CP, Savell JW, Shivas SD. Guidelines for meat color evaluation. In: 44th Annual Reciprocal Meat Conference. 1991; 9-12.
- Leick CM, Puls CL, Ellis M, Killefer J, Carr TR, Scramlin SM, England MB, Gaines AM, Wolter BF, Carr SN, McKeith FK. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. *Journal of Animal Science*. 2010; 88(8):2751-2766. doi:10.2527/jas.2009-2472.
- Lonergan EH, Lonergan SM. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. 2005; 71(1):194-204. doi:10.1016/j.meatsci.2005.04.022.
- McGraw DW, Liggett SB. Molecular mechanisms of β -adrenergic receptor function and regulation. *Proceedings of the American Thoracic Society*. 2005; 2:292-296.
- O'Neill LM, Galvin K, Morrisey PA, Buckley DJ. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat products. *British Poultry Science*. 1998; 39(3):365-371.
- Osawa CC, Felício PE, Gonçalves LAG. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. *Química Nova*. 2005; 28(4):655-663. doi:10.1590/S0100-40422005000400019.
- Parnell-Clunies EM, Kakuda Y, Mullen K, Arnott DR, deMan JM. Physical properties of yogurt: a comparison of vat versus continuous heating systems of milk. *Journal of Dairy Science*. 1986; 69(10):2593-2603. doi:10.3168/jds.S0022-0302(86)80706-8.
- Poletto R, Rostagno MH, Richert BT, Marchant-Forde JN. Effects of a "step-up" ractopamine feeding program, sex, and social rank on growth performance, hoof lesions and Enterobacteriaceae shedding in finishing pigs. *Journal of Animal Science*. 2009; 87(1):304-313. doi:10.2527/jas.2008-1188.
- Rossi CAR, Lovatto PA, Garcia GG, Lenhen CR, Porolnik GV, Ceron MS, Lovato GD. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho e características de carcaça. *Ciência Rural*. 2010; 40(11):2343-2349. doi:10.1590/S0103-84782010001100015.
- Rostagno HS, Albino LFT, Donzele JL, Gomes PC, Oliveira RF, Lopes DC, Ferreira AS, Barreto SLT, Euclides RF. Tabelas brasileiras para aves e suínos. 3. ed. Viçosa: UFV; 2011.
- Shamberger RJ, Andreone TI, Willis CE. Antioxidants and cancer. Malonaldehyde has imitating as a carcinogenic. *Journal of the National Cancer Institute*. 1974; 5:1771-1773.
- Silveira ETF. Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína. 1997. 226 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

SAS Institute. SAS user's Guide statistics. Statistical Analyses System Institute, versão 8.02. Cary: SAS Institute; 2001.

Torres EAFS, Okani ET. Teste de TBA: ranço em alimentos. Revista Nacional da Carne. 1997; 243(5):68-76.

Warriss PD, Brown SN, Rolph TP, Kestin SC. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. Journal of Animal Science. 1990; 68(11):3669-3676.

Williams NH, Cline TR, Schinckel AP, Jones DJ. The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. Journal of Animal Science. 1994; 72(12):3152- 3162.

Zeola NMBL, Souza PA, Souza HBA, Silva Sobrinho AG, Barbosa JC. Cor, capacidade de retenção de água e maciez da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 2007; 59(4):1058-1066. doi:10.1590/S0102-09352007000400036.

Recebido em: 07/10/2015
Received in: 10/07/2015

Aprovado em: 03/03/2016
Approved in: 03/03/2016