

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

RACTOPAMINA NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Melissa Amin

CAMPO GRANDE, MS
2013

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

RACTOPAMINA NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

Melissa Amin

Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutora em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2013

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus familiares e profissionais que me ensinaram e transmitiram os valores necessários para a realização de mais um sonho em minha vida profissional.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida, oportunidade pela qual evoluímos a cada existência através do bem, das provas e expiações, pela benção do trabalho e da libertação.

Aos meus pais, José Roberto Amin e Sandra Regina Batista Amin, companheiros, sempre ao meu lado nos momentos em que mais precisei de um conselho, de uma palavra amiga, de um incentivo, de um carinho.

Às minhas irmãs Vanessa Amin e Natália Amin, meu sobrinho Matheus Amin e ao Gabriel Abraão Pacheco pela simples presença em minha vida.

Aos meus familiares pelo apoio durante toda essa jornada.

Ao meu querido e eterno professor Dr. Alfredo Sampaio Carrijo (*in memoriam*), pelo incentivo aos meus estudos e por acreditar no meu trabalho.

Ao meu orientador, professor Dr. Charles Kiefer, pela dedicação, pela atenção, pela paciência, pela compreensão e pela confiança em minha pessoa. Profissional que merece todo o meu respeito pela sua conduta ética e pelo vasto conhecimento em relação à área na qual trabalha.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

À profa. Marcela de Rezende Costa, profa. Karina Márcia Ribeiro de Souza e Prof. Ricardo Carneiro Brumatti pela contribuição à minha vida profissional.

Aos colegas Bruna Ferreira de Oliveira, Jovana Garbelini Zuanazzi, Danilo Alves Marçal, Rodrigo Caetano Abreu, Rafael Arantes Rosa, Liliane Maria Piano Gonçalves e Giancarlo de Moura Souza pelo apoio em minhas análises práticas.

Aos profissionais Dr. Jorge Antonio Ferreira de Lara, Dr. Ádna e Dr. Gelson Feijó pelos ensinamentos e oportunidade de trabalho na EMBRAPA PANTANAL (Corumbá – MS) e EMBRAPA GADO DE CORTE (Campo Grande-MS).

Aos meus colegas de profissão Gustavo Coelho Jardim, Fabiana Pessoa, Dina Regis Recaldes Rodrigues e Wagner Garcia.

Aos técnicos Marcio Olivio Vargas e Osmar Ferreira de Andrade (UFMS) , Lucimar Aparecida Carvalho (ANHANGUERA-UNIDERP) e Miguel (EMBRAPA PANTANAL).

*“A direção é mais importante do que a
velocidade”. ROBERTO SCARINGELLA*

Resumo

AMIN, M. Ractopamina na qualidade da carne de suínos. 2013. 73 f. Tese. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2013.

Foram realizados três experimentos para avaliar os efeitos da ractopamina na qualidade da carne suína. No primeiro experimento foram utilizados 48 suínos, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, composto por seis tratamentos (dieta controle - sem suplementação de ractopamina; dieta com suplementação de ractopamina por sete dias pré-abate; dieta com suplementação de ractopamina por 14 dias pré-abate; dieta com suplementação de ractopamina por 21 dias pré-abate; dieta com suplementação de ractopamina por 28 dias pré-abate; e, dieta com suplementação de ractopamina por 35 dias pré-abate. O período experimental teve duração de 35 dias. Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico SAS, ao nível de 5% de significância. Verificou-se que a suplementação com ractopamina na dieta de suínos em terminação alterou as propriedades sensoriais cor e maciez, medidas por alterações na luminosidade (51,2; 45,64) e pela força de cisalhamento (4,25; 4,44). No segundo experimento foram utilizados 96 animais, distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x6 com ajuste nutricional e sem ajuste e seis suplementações de ractopamina (0-0; 5-5; 10-10; 20-20; 5-10; 10-20ppm, respectivamente nos 14 dias iniciais e 14 dias finais do experimento), com quatro repetições de dois animais cada. O período experimental teve duração de 30 dias. O tempo de suplementação de ractopamina durante 28 e 35 dias, na dieta de suínos em terminação, aumenta a força de cisalhamento da carne. A suplementação de ractopamina durante sete dias reduz a luminosidade (L^*) da carne. O teor de vermelho (a^*), amarelo (b^*), a capacidade de retenção de água, a oxidação e o pH da carne dos suínos não são influenciados pelo tempo de suplementação de ractopamina na dieta. No terceiro experimento, foram utilizados 100 suínos, distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x2, composto por cinco níveis de energia líquida (2.300; 2.425; 2.550; 2.670; 2.800 kcal/kg de ração) e dois níveis ractopamina na dieta (0 e 10 ppm). O período experimental teve duração de 30 dias. Níveis de energia líquida entre 2.300 e 2.800 kcal/kg de dieta e níveis de 10 ppm de ractopamina não alteram a força de cisalhamento, a capacidade de retenção de água, a oxidação, o pH e a coloração da carne de suínos.

Palavras-chave: agonista β -adrenérgico, aminoácidos, energia líquida, nutrição.

Abstract

AMIN, M. Ractopamine in pork quality. 2013. 73 f. Tese. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2013.

Three experiments were conducted to evaluate the effects of ractopamine in pork quality. On the first experiment, 48 pigs were used, distributed in a randomized block design, with six treatments: control diet-without ractopamine supplementation; dietary supplementation with ractopamine for seven days before slaughter; diet supplemented with ractopamine for 14 days pre-slaughter; diet supplemented with ractopamine for 21 days before slaughter; diet supplemented with ractopamine for 28 days before slaughter; and diet supplementation with ractopamine for 35 days before slaughter. The experimental period lasted 35 days. It was found that supplementation with dietary ractopamine for finishing pigs alter the sensory properties color and smoothness, as measured by changes in the brightness (51.2, 45.64) and the shear force (4.25, 4.44). On the second experiment 96 animals were used, distributed in a randomized block design in a factorial 2x6 adjusted and unadjusted nutritional supplements of ractopamine-six (0-0; 5-5; 10-10; 20-20; 5-10; 10-20ppm, respectively, in the initial 14 days and 14 days end of the experiment), with four replicates of two animals each. The experimental period lasted 30 days. The time of ractopamine supplementation for 28 and 35 days in the diet of finishing pigs, increases the shear force of the meat. Supplementation of ractopamine for seven days reduces the brightness (L^*) of the meat. The red content (a^*), yellow (b^*), the water holding capacity, pH, and oxidation of meat. Swine are not influenced by time of ractopamine supplementation in the diet. On the third experiment, 100 pigs were used, distributed in a randomized blocks in a 5x2 factorial arrangement consisting of five levels of net energy (2.300, 2.425, 2.550, 2.670, 2,800 kcal / kg diet) and two levels of ractopamine in diet (0 to 10 ppm). The experimental period lasted 30 days. Net energy levels between 2,300 and 2,800 kcal / kg of diet and 10 ppm levels of ractopamine did not alter the shear force, water holding capacity, oxidation, pH and color of pork.

Keywords: β -adrenergic agonist, net energy, nutrition, amino acids.

Lista de ilustrações

Figura 1 - Mecanismo de ação dos β -agonistas adrenérgicos.....	14
---	----

Lista de tabelas

Tabela 1 - Limite Máximo de Resíduos (LMR) para a ractopamina em tecidos de suínos.....	18
Tabela 2 - Composição centesimal e nutricional da dieta experimental para suíno e em fase de terminação com suplementação de 20 ppm de ractopamina.....	31
Tabela 3 - 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 de água da carne.....	32
Tabela 4 - Período de suplementação de ractopamina na dieta de suínos em terminação sobre a oxidação e força de cisalhamento.....	36
Tabela 5 - Composições centesimais e nutricionais das dietas experimentais para suínos machos castrados em terminação.....	46
Tabela 6 - Suplementação de ractopamina em dietas sem e com ajuste nutricional para suínos em terminação sobre a força de cisalhamento, capacidade de retenção da água, oxidação e pH da carne	51
Tabela 7 - Suplementação de ractopamina em dietas sem e com ajuste nutricional para suínos em terminação sobre a luminosidade, teor de amarelo e teor de vermelho.....	53
Tabela 8 - Composições nutricionais das dietas experimentais.....	58
Tabela 9 - Níveis de energia líquida em dietas contendo ractopamina para suínos em terminação na força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, oxidação e pH.....	63
Tabela 10- Níveis de energia líquida em dietas contendo ractopamina para suínos em terminação sobre a luminosidade, o teor de vermelho e o amarelo.....	67

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	12
1 Suinocultura brasileira.....	15
2 Ractopamina na nutrição animal.....	15
3 Limitações do uso de ractopamina.....	16
4 Limite Máximo de Resíduos (LMR).....	17
5 Ractopamina e os atributos qualitativos.....	20
REFERÊNCIAS.....	22
PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE RACTOPAMINA NA DIETA SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA.....	27
Resumo.....	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	29
Resultados e Discussão.....	32
Conclusões.....	37
Referências.....	38
Comitê de ética e biossegurança.....	X
QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS SUBMETIDOS A DIETAS COM SUPLEMENTAÇÃO GRADUAL DE RACTOPAMINA E AJUSTES NUTRICIONAIS.....	42
Resumo.....	42
Abstract.....	43
Introdução.....	44
Material e Métodos.....	44
Resultados e Discussão.....	47
Conclusões.....	53
Comitê de ética e biossegurança.....	X
Referências.....	54
NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E RACTOPAMINA NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA.....	58
Resumo.....	58

Abstract.....	59
Introdução.....	60
Material e Métodos.....	60
Resultados e Discussão.....	62
Conclusões.....	68
Comitê de ética e biossegurança.....	X
Referências.....	68
COONSIDERAÇÕES FINAIS	X

INTRODUÇÃO

A exigência do mercado por carcaças com maior quantidade de carne e menor teor de gordura levou ao melhoramento genético dos suínos e à produção de linhagens mais magras. Atualmente grande parte dos frigoríficos possui o sistema de tipificação de carcaças com o intuito de incentivar a produção de suínos com alto percentual de carne magra. Nesse sentido, tem-se utilizado aditivos em dietas de terminação de suínos, promovendo um aumento na deposição de tecido muscular ao reduzir a deposição de tecido adiposo (SANCHES et al., 2010). Entre os aditivos utilizados, está a ractopamina, classificada como um beta-adrenérgico, análoga às catecolaminas (adrenalina e noradrenalina).

De acordo com MAIN et al. (2009), a inclusão de 5 ppm de ractopamina já proporciona melhoras significativas no desempenho dos suínos. Níveis de 10 ou 20 ppm de ractopamina nas dietas desses animais são responsáveis por proporcionar um maior ganho de peso e melhor eficiência alimentar (APPLE et al., 2004). A suplementação deve ser realizada em um período de três a cinco semanas. Entretanto, após quatro semanas de suplementação, tem-se o fenômeno de *down-regulation* ou dessensibilização (ARMSTRONG et al., 2004).

O sexo do animal influencia o desempenho dos mesmos na fase de terminação, alterando a deposição do tecido magro e adiposo na carcaça (LATORRE et al., 2004). Em relação a influência da ractopamina e o sexo do animal, UTTARO et al. (1993) e DUNSHEA et al. (1993) relatam aumento do ganho de peso nos machos castrados e nas fêmeas, não ocorrendo o mesmo nos machos inteiros.

Considerando os estudos contraditórios relacionando a inclusão de ractopamina na dieta e a avaliação qualitativa da carne e considerando ainda que os estudos disponíveis na literatura são muito antigos é necessário reavaliar os efeitos dos níveis e da duração da suplementação deste aditivo, bem como dos níveis nutricionais das dietas sobre a qualidade final da carne dos suínos.

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

1 Suinocultura brasileira

De acordo com BRASIL (2013a), o número de animais abatidos até o mês de julho de 2013, foi de 2.857.944 cabeças. O Brasil tem aumentado sua participação no mercado internacional da carne suína devido aos inúmeros avanços da produção industrial brasileira nos campos da genética e da nutrição animal, tornando-se nos últimos anos, bastante competitivo em relação a outros países exportadores. Nesse novo contexto, a produção teve como base a utilização de suínos com um elevado percentual de carne na carcaça aliado a redução dos níveis de gordura (31%), calorias (14%) e colesterol (10%) (CERUTTI, 2003; BRASIL, 2012).

O consumo de carne suína no Brasil, obteve aumento em 15,6 kg per capita (BRASIL, 2013b). Esse fato deve-se a maior conscientização e informação do consumidor em relação aos aspectos nutricionais e sanitários das carnes, definindo suas demandas e suas expectativas (SCHLINDWEIN & KASSOUF, 2006).

Satisfazendo as exigências do consumidor, a indústria brasileira está incrementando a qualidade, proporcionando uma carne com características sensoriais excelentes, a um preço acessível (SAINZ & ARAUJO, 2001).

2 Ractopamina na nutrição animal

A ractopamina é um aditivo classificado como beta-adrenérgico, composto por uma estrutura análoga aos hormônios denominados de catecolaminas (SQUIRES et al., 1993). A sua atuação é como modificador do metabolismo, favorecendo o crescimento e a deposição de proteína em detrimento ao de gordura na carcaça de suínos (BRIDI et al., 2006).

A sua ação no tecido adiposo e no tecido muscular na espécie suína, é feita por meio de β -receptores (RUTZ & XAVIER, 1999; BEERMANN, 2002). Após a estimulação desses receptores, ocorre formação de um complexo (aditivo/receptor) responsável pela substituição da guanosina difosfato (GDP), que está ligada à proteína estimulatória (Ge), por guanosina trifosfato (GTP). A proteína Ge se desloca até a enzima adenilato ciclase (AC), ativando-a. Esta enzima participa da formação do AMPc (monofosfato cíclico de adenosina) a partir do ATP (trifosfato de adenosina), atuando como segundo mensageiro. Portanto, o AMPc responsável por ativar a proteína quinase (PQ), conduz à fosforilação de enzimas

responsáveis pela resposta final, destacando dentre outras a estimulação da lipólise e redução da lipogênese e ativação da síntese protéica (Figura 1).

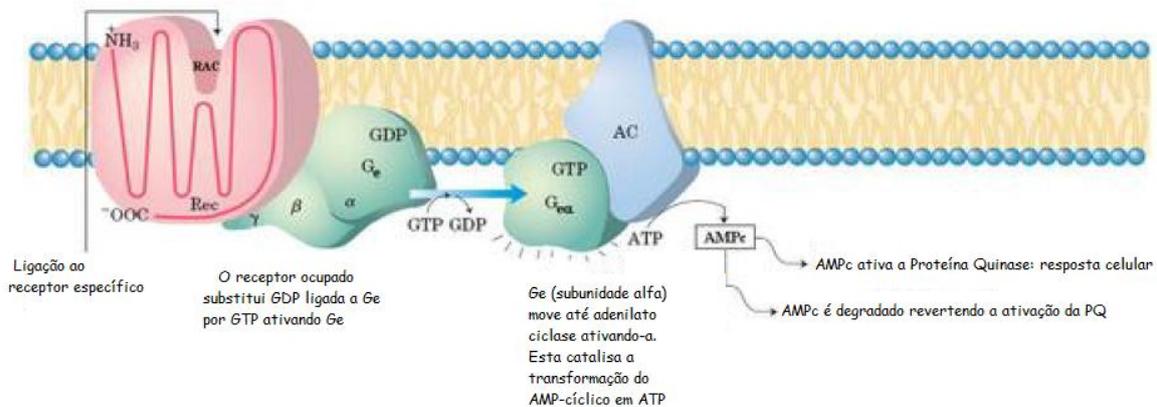


Figura 1. Mecanismo de ação dos β -agonistas adrenérgicos.
Fonte: Adaptado de LEHNINGER et al. (2007).

A insulina apresenta efeito anabólico sobre o tecido adiposo, enquanto que a ractopamina, atuando nos receptores β -adrenérgicos, promove o principal mecanismo de controle do metabolismo lipídico, levando ao aumento do seu catabolismo (RUTZ & XAVIER, 1999).

3 Limitações do uso de ractopamina

A ractopamina é a única representante da classe dos β -adrenérgicos, que pode ser utilizada nas dietas de suínos, autorizada no Brasil pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento). Em maio de 2006, teve-se a aprovação da utilização de 5 a 10 ppm por dia nas dietas desses animais, possibilitando aproximadamente um ganho de peso em torno de 10 a 12%, ou seja, 20,4 a 40,8 kg antes do abate (SCHINCKEL et al., 2002; CARR et al., 2009; STRYDOM et al., 2009). Atualmente pode-se utilizar até 20 ppm de ractopamina na dieta de suínos no Brasil, conforme a tabela de aditivos antimicrobianos, anticoccidianos e agonistas (BRASIL, 2008).

A redução ou ausência da resposta frente à ractopamina, pode ocorrer devido a dessensibilização dos receptores β -adrenérgicos (MOODY et al., 2000). Dessa forma,

recomenda-se a suplementação do aditivo por até 28 dias (MAIN et al., 2009) e na fase de terminação que antecede o abate em que ocorre aumento da deposição de gordura na carcaça.

Nesta etapa, a capacidade de deposição proteica está reduzida e a deposição de lipídios na carcaça tende a ser aumentada. Entretanto, como esse aditivo é considerado uma catecolamina sintética, pode ocorrer mudanças fisiológicas nos animais, aumentando a frequência cardíaca e o nível de catecolaminas, os quais são indicativos de estresse (MARCHANT-FORDE et al., 2003).

Através dessas mudanças, tem-se um desencontro com as medidas do bem-estar animal, podendo afetar, negativamente, a qualidade da carne. O animal que é suplementado com ractopamina pode apresentar hiperatividade, e conseqüentemente, dificuldades no transporte e manejo (MARCHANT-FORDE et al., 2003). Nesses animais, verifica-se o aumento na concentração do hormônio cortisol, um dos principais parâmetros fisiológicos para avaliação do estresse, redução dos hormônios da tireóide, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3) (JOHNSON et al., 1988; STORTI et al., 2013), onde os animais tentam desenvolver mecanismos neuroendócrinos e comportamentais para manter a homeostasia, adaptando assim, às situações contrárias (ORLANDO et al., 2001; ATHAYDE et al., 2011).

Dentre os defeitos na qualidade da carne, que podem ser ocasionados pela ractopamina, estão a carne DFD (Dark, Firm and Dry – escura, dura e seca), devido a redução da concentração do glicogênio muscular, limitando a acidificação no período *post-mortem* (RAMOS & SILVEIRA, 2002). Esta condição não associada ao uso de ractopamina ocorre entre as espécies bovina e suína, com menor importância econômica para a espécie ovina (ALVES et al., 2001).

4 Limite Máximo de Resíduos (LMR)

A absorção da ractopamina ocorre no intestino delgado, sendo posteriormente metabolizada no fígado (PALERMO NETO, 2002). A principal via de eliminação desse composto é através dos rins (85 a 95%), sendo excretado nas primeiras 24 horas. O tempo de meia vida de eliminação da ractopamina é de seis a sete horas, não existindo prazo para a retirada do produto antes do abate (SMITH, 1998).

O Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes (PNCRC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), responsável pela monitoria dos resíduos

de substâncias ilícitas presentes nos produtos de origem animal, estabeleceu a verificação da presença de resíduos de ractopamina desde 2007 (BRASIL, 1999).

Embora a ractopamina seja autorizada para a suplementação das dietas de suínos no Brasil e vários países, tem seu uso proibido na União Européia, China, Japão e Rússia, por causa dos possíveis riscos à saúde de seres humano (BRASIL, 2010; FERREIRA et al., 2011).

A adoção do Limite Máximo de Resíduo (LMR) para esse aditivo, está em discussão no Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2012), organização internacional da qual o Brasil é signatário, que visa à elaboração de padrões de inocuidade e segurança alimentar entre os países membros (SPISSO et al., 2009). Não obstante, em relação a ractopamina, valores máximos são estabelecidos por JECFA (2004) – Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, comitê de assessoramento da Comissão do Codex Alimentarius (Tabela 1).

Tabela 1. Limite máximo de resíduos (LMR) para a ractopamina em tecidos de suínos

Tecido	LMR (ppm)
Músculo	10
Gordura	10
Fígado	40
Rim	90

Fonte: Adaptado de JECFA (2004).

Os limites estabelecidos pela comissão baseiam-se na detecção de resíduos nos tecidos a partir de 12 horas após a administração da substância, já que os animais são abatidos entre 12 a 24 horas após o consumo de ração (CORASSA, 2007)

De acordo com BRASIL (2011), a detecção da ractopamina é através da Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC-MS/MS), onde a amostra é dissolvida em um solvente e introduzida na coluna cromatográfica preenchida com a fase estacionária (FE). Um solvente (FM) é bombeado com vazão constante e desloca os componentes da mistura através da coluna. Esses se distribuem entre as duas fases de acordo com suas afinidades. As substâncias com maior afinidade com a FE movem-se mais lentamente, e as substâncias com pouca afinidade com a FE movem-se mais rapidamente. Ao sair da coluna, os componentes passam por um detector que emite um sinal elétrico o qual é registrado, constituindo um cromatograma. HPLC é utilizada em análises de compostos não voláteis ou instáveis termicamente (LANÇAS, 2009).

5 Ractopamina e os atributos qualitativos da carne

Várias pesquisas comprovam a eficiência da ractopamina em relação ao desempenho e as características de carcaça de suínos, entretanto, resultados para qualidade de carne ainda são controversos (CAMPOS et al., 2013). Pesquisas realizadas demonstram efeitos sobre as características da carne decorrentes das mudanças ocasionadas nas fibras musculares (DEPREUX et al., 2002; CHANG et al., 2003). WARRIS et al. (1990), em suínos este defeito na qualidade da carne não é muito comum. Porém, relatos de RAMOS & SILVEIRA (2002), apontam que a carne de animais suplementados com ractopamina possuem aspecto DFD (Dark, Firm and Dry - escura, firme e seca), devido a insuficiente acidificação no período *post mortem*.

A cor é um atributo sensorial importante dos alimentos, sendo um fator limitante no momento da sua aceitação. A cor da carne é dependente da quantidade e do estado químico da mioglobina, principal pigmento. O consumidor associa a qualidade do alimento com sua cor característica, entre rosada e avermelhada (SGARBIERI, 1996). Em 1976, foi recomendado o uso da escala de cor CIE $L^*a^*b^*$, onde o máximo valor de L^* (luminosidade) é 100, representando uma perfeita reflexão difusa, enquanto que o seu valor mínimo é zero (preto). Os eixos a^* varia do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), e a coordenada b^* do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$) (HUNTERLAB, 1996).

Segundo VAN DER WAL et al. (1988), o valor de vermelho (a^*) para a carne de suínos é de 6,3. Para o amarelo (b^*), os mesmos autores consideram normal o valor igual a 13,7. Valores de L^* entre 49 e 60, são considerados dentro do padrão de qualidade da carne suína, pela *American Meat Science Association* (AMSA, 2001). Entretanto, para RAMOS & GOMIDE (2007) esses valores situam-se entre 45 e 53, e para VAN DER WAL et al. (1988), para a carne considerada normal tem-se um valor referente a 53,5. VAN LAACK & KAUFFMAN (1999), consideraram carnes com valores de L^* da ordem de 55-56 como sendo PSE (Pale, Soft and Exsudative). A cor pode sofrer alterações em relação ao pH e capacidade de retenção de água referentes do tecido muscular (MAGANHINI et al., 2007).

O pH da carne também é um importante parâmetro de qualidade, pois pode influenciar a maciez, dentre outros fatores. O músculo no animal vivo possui um pH aproximadamente 7,2. Esse valor é alterado devido aos processos bioquímicos, no qual o glicogênio é transformado em ácido lático através da ação de enzimas. O pH de carne suína diminui devido à formação do ácido lático, apresentando pH final normal entre 5,7 e 5,9. Após 24 horas do abate, se este índice estiver superior a 6,2, poderá acarretar um aumento na

capacidade de retenção de água, tornando a carne escura e com um período curto de validade. Este fenômeno é denominado DFD (dark, firm, dry – carne escura, dura e seca). Caso o pH se encontre abaixo de 5,8 em menos de 4 horas, ocorrerá a formação da carne PSE (pale, soft, exudative – pálida mole e exsudativa), com baixa retenção de água, além da alteração na cor (aspecto pálido) (PARDI et al., 2001).

A capacidade de retenção de água tem sido definida como a capacidade da carne em reter sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas, como corte, aquecimento, trituração e prensagem e/ou centrifugação (SÁ, 2004). A menor capacidade de retenção de água da carne está relacionada com perdas do valor nutritivo devido a liberação do exsudato, resultando em uma carne seca. De acordo com SILVEIRA (1997) pode haver variações entre 39 a 54% para a capacidade de retenção de água na carne suína. Similarmente, RING & KORTMANN (1988) descreveram que a variação da capacidade de retenção de água na carne de suínos pode ser de 44 a 52%.

As características relacionadas à força de cisalhamento também estão relacionadas com a capacidade de retenção de água, pH, grau de gordura de cobertura e características do tecido conjuntivo e da fibra muscular (PARDI et al., 2001). Algumas pesquisas têm observado pequeno aumento na resistência ao corte na carne proveniente de suínos alimentados com dietas contendo ractopamina. Esse fato pode ser devido ao maior diâmetro da fibra muscular proporcionado pela ractopamina (UTTARO et al., 1993). Valores entre 2,24 a 3,01kgf/g foram citados por SILVEIRA (1997), considerados normais em carnes suínas.

A oxidação de lipídeos é responsável pela origem de gostos e odores característicos do ranço. A presença de triacilgliceróis e fosfolipídios na carne após o abate e falência da circulação, promove processos de oxidação (OSAWA et al., 2005). O teste de TBA (ácido 2-tiobarbitúrico) ou TBARS (substâncias reativas no ácido 2-tiobarbitúrico) são os mais utilizados para verificação da oxidação lipídica em carnes. Seu procedimento permite a quantificação do malonaldeído, um dos principais produtos da decomposição dos hidroperóxidos dos ácidos graxos poli-insaturados (LIMA JUNIOR, 2013). Valores acima de 1,59 mg de malonaldeído/kg de amostra podem causar danos à saúde do consumidor (TORRES & OKANI, 2000).

Com os resultados obtidos no presente estudo, foram elaborados os artigos intitulados **Período de Suplementação de Ractopamina na Dieta sobre a Qualidade da Carne Suína, Qualidade da Carne de Suínos Submetidos à Dietas com Suplementação Gradual de Ractopamina e Ajustes Nutricionais e Níveis de Energia Líquida e Ractopamina na**

Qualidade da Carne Suína, redigidos conforme as normas da revista Ciência Rural e adaptações de dissertações e teses do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal/FAMEZ/UFMS.

REFERÊNCIAS

ALVES, D.D; GOES, R.H. de T.B; MANCIO, A.B. Maciez da Carne Bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, p.135-149, 2001.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. Savoy: 2001. 160p.

APPLE, J.K.; MAXWELL, C.V.; BROWN, D.C. et al. Effects of dietary lysine and energy density on performance and carcass characteristics of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.82, p.3277-3287, 2004.

ARMSTRONG, T. A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R. et al. 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**, v.82, p.3245-3253, 2004.

ATHAYDE, N.B.; DALLA COSTA, O.A.; ROÇA, R. De O. et al. **Parâmetros fisiológicos do estresse e lesões de suínos suplementados com ractopamina em condições de produção comercial**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2011. p. 1-6. (Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico, 47).

BEERMANN, D.H. Beta-adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. **Journal of Animal Science**, v.80, p. 18-23, 2002.

BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; FÁVERO, J.A. et al. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características da carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.1795-1802, 1991.

BERGE, P.H.; CULIOLI, J.; OUALI, A. et al. Performance muscle composition and meat texture in veal calves administered a β -agonist (clenbuterol). **Meat Science**, v.33, p.191-206, 1993.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acesso à informação. Aditivos autorizados. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/animal/alimentacao/aditivos/aditivos-autorizados> Acesso em: 02 de novembro de 2013b.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Acesso à informação. Estatísticas. Área animal. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/default.asp?t=1&z=t&o=1&u1=1&u2=1&u3=1&u4=1&u5=1&u6=1&u7=1&u8=1&u9=1&u10=1&u11=1&u12=3&u13=1&u14=26674&u15=1&u16=1>>. Acesso em: 02 de novembro de 2013a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Analysis of Residues and Contaminants in Food**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília : MAPA/ACS, 2011. 32p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Espécies: suínos. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/animal/especies/suinos>>. Acesso em: 01 de junho de 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8 de 29 de Abril de 2010. Aprovar os Programas de Controle de Resíduos e Contaminantes em Carnes (Bovina, Aves, Suína e Equina), Leite, Mel, Ovos e Pescado para o exercício de 2010. Brasília, DF. Diário Oficial da União.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Tabela de aditivos antimicrobianos, anticoccidianos e agonistas com uso autorizado na alimentação animal. Divisão de Aditivos. Coordenação de Fiscalização de Produtos para Alimentação Animal/DFIP/SDA. 2008.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Nacional de Controle de Resíduos e Contaminantes em Produtos de Origem Animal (PNCRC/Animal). Instrução Normativa SDA N.º 42, de 20 de dezembro de 1999. Diário Oficial da União, 22 de dezembro de 1999.

BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A.N. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2027-2033, 2006.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de Avaliação da Carcaça e da Carne Suína**. Londrina: Midiograf, 2006.

CAMPOS, P.F.; SCOTTÁ, B.A.; OLIVEIRA, B.L. de. Influência da ractopamina na qualidade da carne de suínos. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, p.164-172, 2013.

CARR, S.N.; HAMILTON, D.N.; MILLER, K.D. et al. The effect of ractopamine hydrochloride (Paylane®) on lean carcass yields and pork quality characteristics of heavy pigs fed normal and amino acid fortified diets. **Meat Science** v.81, p.533-539, 2009.

CERUTTI, M. Programa de garantia da qualidade para a carne suína brasileira. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO, MERCADO E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS, 2, 2003, Florianópolis. **Anais...**Florianópolis: EMBRAPA Suínos e Aves, 2003.

CHANG, K.C.; DA COSTA, N.; BLACKLEY, R. et al. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, v.64, p.93-103 2003.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. CX/CAC 11/34/3-Add 2 4. Standards and related texts held at Step 8 by the Commission (Draft MRLs for Ractopamine Summary - of Friends of

the Chair – Ractopamine. Genebra, Suíça. Disponível em: ftp://ftp.fao.org/codex/cac/cac34/cac34_03_Add2e.pdf . Acesso em: 03 de julho de 2012.

CORASSA, A. **Efeito da ractopamina e fistase sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação**. 2007. 62f. Tese (Doutorado em Zootecnia) -Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2007.

DEPREUX, F.F.S.; GRANT, A.L.; GERRARD, D.E. et al. Paylean alters myosin heavy chain isoform content in pig muscle. **Journal of Animal Science**, v.80, p 33-40, 2002.

DUNSHEA, F.R.; KING, R.H.; CAMPBELL, R.G. et al. Interrelationships between sex and ractopamine on protein and lipid deposition in rapidly growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2919-2930, 1993.

FERREIRA, M.S. da S.; SOUSA, R.V. de; SILVA, V. de O. et al. Cloridrato de ractopamina em dietas para suínos em terminação. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.33, p. 25-32, 2011.

HUNTERLAB. **CIE L* a* b* color scale**. Applications note. Virginia, v.8, n.7, p.1-4, 1996.

JECFA. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Aditives. JECFA 53. Ractopamine (Addendum). Monographs & Evaluations 2004. Disponível em: < <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v53je08htm>> Acesso em: 11 de junho de 2012.

JOHNSON, H. D.; KATTI, P.S.; HAHN, L. et al. **Environmental physiology and shelter engineering with special reference to domestic animals: short-term heat acclimation effects on hormonal profile of lactating cows**. Missouri: University of Missouri. 1988. 30p.

LANÇAS, F.M. **Cromatografia Líquida Moderna (HPLC/CLAE)**. Campinas (SP): Editora Átomo. 2009. 384p.

LATORRE, M.A.; LÁZARO, R.; VALENCIA, D.G. et al. The effects of gender and slaughter weight on the growth performance, carcass traits, and meat quality characteristics of heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.526-533, 2004.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. et al. **Princípios de bioquímica**. 4 ed, São Paulo: Sarvier, 2007, 1232p.

LIMA JUNIOR, D.M. de; RANGEL, A.H. do N.; URBANO, S.A. et al. Oxidação lipídica e qualidade da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.7, p.14-28, 2013.

MAGANHINI, M.B.; MARIANO, B.; SOARES, A.L. et al. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p. 69-72, 2007.

MAIN, R.G.; DRITZ, S.S.; TOKACH, M.D. et al. Effects of ractopamine HCl dose and treatment period on pig performance in a commercial finishing facility. **Journal of Swine Health and Production**, v.17, p. 134-139, 2009.

MARCHANT-FORDE, J.N.; LAY, JR; PAJOR, D.C. et al. The effects of ractopamine on behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, p.416-422, 2003.

MOODY, D. E.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B. et al. Phenethanolamine repartitioning agents. In: MELLO, J. P. F. D. (Ed.). **Farm animal metabolism and nutrition** ed. New York: CAB, 2000. p.65-95.

ORLANDO, U.A.D.; OLIVEIRA, R.F.M. de; DONZELE, J.L. et al. Níveis de proteína bruta para leitões dos 30 aos 60 kg mantidas em ambiente de alta temperatura (31°C). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1536-1543, 2001.

OSAWA, C.C. et al.; FELÍCIO, P.E., GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v.28, n.4, 2005.

PALERMO NETO, J. Agonistas de receptores β 2-adrenérgicos e produção animal. In: SPINOSA, H.S.; GORNIK, S.L.; BERNADI, M.M. **Farmacologia aplicada à Medicina Veterinária**, Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.742p.

PARDI, M. C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2ª ed. Goiânia: Editora UFG, 2001.

RAMOS E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 599 p.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas adrenérgicos β 2 e produção animal: III Efeitos zootécnicos e qualidade da carne. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.97, p.51-62, 2002.

RING C.; KORTMANN, R. Effect of electrical stunning on the quality of pigmeat. **Fleischwirtsch**, v. 68, p. 1421-1422, 1988.

RUTZ, F.; XAVIER, E.G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** Botucatu-São Paulo. 1999.

SÁ, E.M.F. de. A influência da água nas propriedades da carne. **Revista Nacional da Carne**, v.325, p.51-54, 2004.

SAINZ, R.D.; ARAUJO, F.R.C. Tipificação de carcaças de bovinos e suínos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., 2001, São Pedro. **Anais...** Campinas: Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2001. p.26-55.

SANCHES, J.F.; KIEFER, C.; CARRIJO, A.S. et al. Níveis de ractopamina para suínos machos castrados em terminação mantidos sob estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1523-1529, 2010.

SCHINCKEL, A. P.; RICHERT, B. T.; HERR, C. T. et al. Variation in the response of multiple genetic populations of pigs to ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.80, p.85-89. 2002.

SCHLINDWEIN, M.M.; KASSOUF, A.L. Análise da influência de alguns fatores socioeconômicos e demográficos no consumo domiciliar de carnes no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, p.549-572, 2006.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo: Varela, 1996. 517p.

SILVEIRA, E.T.F. **Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína**. Campinas, 1997. 226p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 1997.

SMITH, D.J. The pharmacokinetics, metabolism and tissue residues of β -adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v.76, p.173-194, 1998.

SQUIRES, E. J.; ADEOLA, O.; YOUNG, L.G. The role of growth hormones, β -adrenergic agents and intact males in pork production: a review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, p. 1-23. 1993.

STORTI, A. A; NASCIMENTO, M.R.B. de M.; ANTUNES, R.C. et al. Níveis de hormônios tireoideanos circulantes, desempenho e qualidade de carcaça e carne de suínos em crescimento e terminação. **Ciência Rural**, v.43, p. 139-144, 2013.

STRYDOM, P.E.; FRYLINCK, L.; MONTGOMERY, J. L. et al. The comparison of three β -agonists for growth performance, carcass characteristics and meat quality of feedlot cattle. **Meat Science**, v.81, p.557-564, 2009.

UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2439- 2449, 1993.

TORRES, E.A.F.S.; OKANI, E.T. **Teste de TBA - Ranço em alimentos**. Universidade de São Paulo (USP) Faculdade de Saúde Pública - Departamento de Nutrição.10 p., 2000.

VAN DER WAL, P.G.; BOLINK, A.H., MERKUS, G.S.M. Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD Pork. **Meat Science**, v.24, p.79-84, 1988.

VAN LAACK, R.L.J.M.; KAUFFMAN, R.G. Glycolytic potencial of red exudative pork longissimus muscle. **Journal of Animal Science**, v.77, p.2971-2973, 1999.

WARRIS, P.D.; BROWN, S.N.; ROLPH, T.P. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3669-76, 1990.

PERÍODO DE SUPLEMENTAÇÃO DE RACTOPAMINA NA DIETA NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

RESUMO

Realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar o período de suplementação da ractopamina sobre as características inerentes à qualidade da carne suína. Foram utilizados 48 suínos híbridos comerciais, machos castrados, de alto potencial genético, com peso inicial de $65,85 \pm 4,34$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso composto por seis tratamentos, quatro repetições de dois animais cada. Foram avaliadas amostras de carne provenientes de suínos alimentados com dietas com diferentes durações de suplementação de 20ppm de ractopamina, sendo: dieta sem suplementação; sete dias pré-abate; 14 dias pré-abate; 21 dias pré-abate; 28 dias pré-abate; e 35 dias pré-abate. Foram avaliados o pH, a capacidade de retenção de água, coloração, força de cisalhamento e a oxidação. Verificou-se que a suplementação de 20ppm de ractopamina durante 28 e 35 dias aumenta a força de cisalhamento da carne suína. A suplementação de 20ppm 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.

RACTOPAMINE SUPPLEMENTATION ENDURANCE IN THE DIET ON PORK MEAT QUALITY

ABSTRACT

This study carried out with aim to evaluate the período of ractopamine supplementation on characteristics inherent in pork quality. A total of 48 commercial crossbred pigs, barrows with high genetic potential, with initial weight of 65.85 ± 4.34 kg were distributed in a randomized block design consisting of six treatments, four replicates of two animals each. Samples of pork from treatments with different durations of 20ppm ractopamine supplementation were analysed: control diet (without supplementation of ractopamine); seven days pre-slaughter; 14 days pre-slaughter; 21 days pre-slaughter; 28 days pre-slaughter; 35 days pre-slaughter (supplementation throughout the experimental period). The characteristics of the meat quality evaluated as pH, water holding capacity, color, texture as measured by shear force and oxidation. It was found that the supplementation of 20ppm ractopamine for 28 and 35 days increases the shear force of pork. The supplementation of 20ppm ractopamine for seven days reduces the brightness (L^*) of the meat. The other qualitative parameters of pork are not influenced by ractopamine.

Key words: colour, pH, oxidation, shear force.

INTRODUÇÃO

Do consumidor a indústria, atualmente a exigência do mercado é por carcaças com reduzido teor de gordura. Essa busca tornou-se necessária quando a gordura suína foi substituída pelos óleos vegetais na alimentação humana (ANGERAMI, 2004). A adoção, da seleção genética e de sistemas de tipificação de carcaças no Brasil colaboraram com essa revolução na suinocultura, incentivando a produção de carcaças com alto percentual de carne magra, reduzindo a espessura de toucinho (BOLAND et al., 1995; IRGANG, 1996).

Em decorrência dessas exigências, tem-se adotado uma alimentação para suínos mais tecnificada com o uso de aditivos. Essas substâncias são administradas na etapa de terminação de suínos, onde tem-se as maiores mudanças na composição da carcaça. Dentre os recursos nutricionais, encontra-se a ractopamina, classificada como um composto beta-adrenérgico, agindo na modificação do metabolismo. Denominado também como um promotor de eficiência alimentar, a ractopamina é análoga aos hormônios catecolaminas (adrenalina e noradrenalina). Sua ação altera a partição de nutrientes desviando e promovendo o crescimento e a deposição de tecido magro, reduzindo o teor de gordura na carcaça (MCGRAW & LIGGETT, 2005).

Os animais suplementados com ractopamina podem apresentar o pH final da carne mais elevado; assim sendo o músculo passa a reter mais água, ficando estruturado e de coloração escura tanto pela menor refração de luz quanto pela maior ação enzimática (HERR et al., 2000; BRIDI et. al., 2006).

Assim, torna-se necessário avaliar os efeitos do período de suplementação com ractopamina em dietas de suínos em terminação sobre as características qualitativas da carne. Portanto, realizou-se este trabalho com o objetivo de avaliar o período de suplementação de ractopamina da 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

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 final de $96,49 \pm 1,69$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso, utilizando como critério de bloqueamento o peso dos animais, composto por seis tratamentos, quatro repetições de dois animais cada.

Os tratamentos constituíram-se por períodos de suplementação de ractopamina na dieta, sendo: dieta controle (sem suplementação de ractopamina); dieta com suplementação de ractopamina sete dias pré-abate; dieta com suplementação de ractopamina 14 dias pré-abate; dieta com suplementação de ractopamina 21 dias pré-abate; dieta com suplementação de ractopamina 28 dias pré-abate; dieta com suplementação de ractopamina 35 dias pré-abate (suplementação durante todo período experimental).

A dieta experimental (Tabela 2) foi preparada à base de milho e farelo de soja, suplementada com minerais e vitaminas, sendo formulada de acordo com ROSTAGNO et al. (2011).

A ractopamina foi incluída nas dietas na concentração de 20 ppm, equivalente a 100 g do produto, permanecendo os mesmos níveis nutricionais entre os tratamentos. O período experimental teve duração de 35 dias. As rações e água foram fornecidas à vontade aos animais, mantendo as proporções de ingestão de ractopamina.

O abate ocorreu de acordo com as normas vigentes do Sistema de Inspeção Municipal (MATO GROSSO DO SUL, 1998), quando os animais atingiram aproximadamente 100 kg. Os suínos permaneceram em jejum de sólidos por 8 horas, sendo posteriormente transportados ao frigorífico, onde foram alojados em baias coletivas de espera, com livre acesso a água por 12 horas. Após a insensibilização, seguiram-se as etapas de sangria, escaldagem, depilação e evisceração. As carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio, pela coluna vertebral, dividindo-se em duas metades, e em seguida, realizou-se a lavagem.

Foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi* de uma das metades-carcaças, à altura da 12ª costela, sendo submetidas ao resfriamento lento e posterior congelamento a 5⁰C. O descongelamento somente ocorreu nos laboratórios de carnes da EMBRAPA Pantanal, em temperatura de refrigeração, para a determinação do pH, da cor, da capacidade de retenção de água, da força de cisalhamento e da oxidação. O desenvolvimento das análises laboratoriais foi em laboratório com ambiente refrigerado.

O pH intramuscular foi determinado em profundidade. A leitura foi realizada em aparelho medidor de pH DMPH – 2 (Digimed, São Paulo), em sala climatizada, com eletrodo para carnes (modelo DME-CF1), após a calibração do equipamento (pH 4,0 e 7,0). O pH intramuscular e a cor foram avaliados em triplicata antes da realização dos demais testes.

A cor (valores L*, a* e b*) foi avaliada tomando-se seis pontos de leitura sobre o músculo, nas duas faces da amostra, com uso do colorímetro Minolta CR-10 previamente calibrado.

Tabela 2. Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais para suínos em fase de terminação

Ingredientes (kg)	Ractopamina, ppm	
	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
Total, kg	100,00	100,00
Composição nutricional calculada ³		
Proteína bruta, %	16,86	16,86
Energia metabolizável, kcal kg ⁻¹	3.230	3.230
Energia líquida, kcal kg ⁻¹	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

¹ Conteúdo por kg do produto: vit. A, 6.000.000 UI; vit. D₃, 1.000.000UI; vit. E, 12.000UI; vit. B₁, 0,5g; vit. B₂, 2,6g; vit. B₆, 0,7g; ácido pantotênico, 10g; vit. K₃, 1,5g; ácido nicotínico, 22g; vit. B₁₂, 0,015g; ácido fólico, 0,2g; biotina, 0,05g; colina, 100g e excipiente q.s.p., 1000g.

² Conteúdo por kg do produto: ferro, 100g; cobre, 10g; cobalto, 0,2g; manganês, 30g; zinco, 100g; iodo, 1,0g; selênio, 0,3g e excipiente q.s.p., 1000g.

³ Composição nutricional calculada conforme a valor nutricional dos alimentos segundo ROSTAGNO et al. (2011).

A capacidade de retenção de água foi medida conforme descrito por PARNELL-CLUNIES et al. (1986), utilizando-se a diferença de peso antes e depois da centrifugação. Pesou-se 1g de amostra (PAI), sendo submetido a centrifugação refrigerada (4^oC) por quatro minutos. Em seguida, foi realizada a pesagem da amostra (PAPC), sendo submetido à

secagem em estufa, por 12 horas. Posteriormente, é realizada a pesagem da amostra seca (PAS), sendo os dados aplicados em uma fórmula. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para avaliação da força de cisalhamento, utilizou-se o texturômetro TA.XT plus (Stable Micro Systems), calibrado para 2,0 kg. As amostras foram submetidas ao cozimento (72 a 75^oC), sendo resfriadas como auxílio de gelo. Posteriormente, as amostras foram refrigeradas a 5^oC por 12 horas. Três amostras foram retiradas, no formato de paralelepípedos com 1 × 1 × 4 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina, no aparelho, sendo os resultados expressos em kgf/g. A metodologia foi realizada de acordo com BOCCARD et al (1981) e HONIKEL (1998).

A determinação da oxidação foi determinada pesando 10g da amostra, sendo adicionado 25 mL de TCA a 75%. A homogeneização foi realizada através de um aparelho denominado STOMACHER, por um minuto. Realizou-se a filtração, sendo destinados 4 mL a um tubo de ensaio contendo 1mL de TCA a 7,5% e 5mL de TBA a 0,02M. O filtrado foi submetido ao aquecimento por 40 minutos, sendo feita a leitura em espectrofotômetro a 538 nm (VYNCKE, 1970; OSAWA et al., 2005).

Os dados obtidos foram submetidos à análises estatísticas utilizando o programa estatístico SAS, considerando-se o nível de 5% de significância, e as médias foram comparadas pelo teste de Student Newman Keuls. Foram realizados estudos de contraste, comparando-se as médias de cada tratamento em relação ao controle a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito ($P < 0,05$) do tempo de suplementação das dietas com ractopamina sobre a cor (Tabela 3), 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 tratamentos não apresentaram diferença ($P > 0,05$) para o valor de luminosidade (L^*) da carne.

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 com as carnes de bovinos e ovinos, que possuem menor luminosidade. 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.

Tabela 3. 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 da carne

Suplementação, dias	Luminosidade (L*)	Teor de vermelho (a*)	Teor de amarelo (b*)	pH	CRA (%)
0	51,52 ^A	6,16 ^A	12,34 ^A	5,90 ^A	50,90 ^A
7	45,64 ^B	6,82 ^A	12,50 ^A	6,01 ^A	51,41 ^A
14	50,86 ^{AB}	6,18 ^A	13,16 ^A	5,89 ^A	52,40 ^A
21	47,58 ^{AB}	6,70 ^A	13,11 ^A	5,99 ^A	52,04 ^A
28	50,67 ^{AB}	5,35 ^A	12,61 ^A	6,04 ^A	51,68 ^A
35	47,64 ^{AB}	6,39 ^A	12,56 ^A	6,01 ^A	50,90 ^A
Valor P	0,046	0,339	0,879	0,995	0,428
CV%	15,59	53,89	22,30	4,61	6,52
Contrastes					
0 x 7	0,01	0,49	0,85	0,33	0,94
0 x 14	0,77	0,98	0,32	0,90	0,77
0 x 21	0,08	0,57	0,35	0,44	0,32
0 x 28	0,70	0,16	0,74	0,22	0,46
0 x 35	0,07	0,80	0,78	0,35	0,52

Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls ao nível de 5% de significância.

Por outro lado, pesquisadores como WATKINS et al. (1990), STITES et al. (1991), UTTARO et al. (1993), ARMSTRONG et al. (2004) e BRIDI et al. (2006) não encontraram efeitos sobre os valores de luminosidade da carne fresca de suínos alimentados com dietas contendo níveis de ractopamina de 2,5, 5, 10, 15, 20 e 30 ppm.

Conforme OLIVO (2001) e BRESSAN et al. (2004), a cor superficial (luminosidade) das carnes pode ser influenciada pela absorção seletiva da luz pela mioglobina e outros componentes, além da quantidade de líquido livre presente na carne.

Não se observou diferença ($P > 0,05$) para o teor de vermelho (a*) entre os períodos de suplementação de ractopamina, 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 geral, segundo esse mesmo pesquisador, os valores são mais elevados em bovinos e ovinos (carnes vermelhas), do que em suínos e aves (carnes brancas).

Em estudos conduzidos por UTTARO et al. (1993) e CARR et al. (2005), os pesquisadores detectaram aumento do teor de vermelho na carne de suínos alimentados com

dietas contendo 10 e 20 ppm 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, maior concentração de proteínas sarcoplasmáticas, dentre outros pigmentos, resultando em coloração mais escura. Essa hipótese é corroborada pelos efeitos anabólicos proporcionados pela suplementação de ractopamina na dieta que resulta em aumento da proteína muscular depositada e aumento do percentual de carne magra na carcaça dos suínos (MILLS et al., 1990).

Não se observou diferença ($P > 0,05$) para o teor de amarelo (b^*) entre os tratamentos testados. O valor médio de amarelo obtido no presente estudo foi de 12,71. Pode-se inferir que o valor médio de amarelo 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, as alterações no teor de amarelo na carne, podem ser um indicativo de mudanças na composição dos ácidos graxos da gordura intramuscular depositada (UTTARO et al., 1993; CARR et al., 2005 e FERNÁNDEZ-DUEÑAS et al., 2008). Quando comparado ao valor de 13,7 citado por VAN DER WAL et al. (1988), tem-se um valor médio de amarelo inferior no presente estudo.

Comparando-se os teores de amarelo entre os grupos estudados, pelo teste de contraste, o efeito da inclusão ractopamina na dieta não foi observado para os teores de amarelo.

Não houve efeito ($P > 0,05$) do tempo de suplementação de ractopamina sobre o pH da carne. Essa resposta é similar aos resultados obtidos por CARR et al. (2005), BRIDI et al. (2006), ROSSI et al. (2010) e AGOSTINI et al. (2011), que não constataram variação do pH da carne dos suínos em função da suplementação de ractopamina na dieta. A elevação do pH final da carne ocorre devido ao consumo do glicogênio pelos agonistas β -adrenérgicos, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça após o abate, gerando carne DFD (WARRISS et al., 1990).

O pH é o parâmetro mais importante relacionado com a qualidade final da carne suína. Este fato deve-se a sua correlação com as demais características como a cor e a capacidade de retenção de água (ROSA et al., 2001). O pH do músculo de um animal sadio vivo, que passou pelo descanso regulamentar, varia de 7,0 a 7,3. Após o abate do mesmo, este índice é reduzido devido à degradação de ATP, responsável pela produção de hidrogênio até chegar ao pH final entre 5,4 a 5,5, que é o considerado como normal (ORDOÑEZ, 2005).

Para SARCINELLI et al. (2007), após 24 horas, se o pH for superior a 6,2, haverá um aumento na capacidade de retenção de água. A carne torna-se escura, com vida de prateleira reduzida e esse defeito caracteriza o processo DFD (dark, firm, dry – carne escura, dura e seca). WARRISS et al. (1990), ainda relatam que o fenômeno citado anteriormente não parece ser tão característico em suínos. Ao contrário, se o pH encontra-se abaixo de 5,8 em menos de quatro horas, o defeito denomina-se PSE (pale, soft, exudative – pálida mole e exsudativa), caracterizado pela baixa capacidade de retenção de água, além do aspecto pálido e mole.

Comparando-se os valores dos grupos suplementados com ractopamina em relação ao grupo controle, pelo teste de contrastes, não foi observado ($P>0,05$) diferenças para os valores obtidos para o pH.

De modo similar, também não foi observado efeito ($P>0,05$) dos períodos de suplementação de ractopamina sobre a capacidade de retenção de água. O valor médio para a capacidade de retenção de água obtido no presente estudo foi de 51,56%.

De acordo com LONERGAN & LONERGAN (2005), a capacidade de retenção de água está associada com a integridade e a quantidade das proteínas no *post-mortem*. De acordo com SILVEIRA (1997) pode haver variações entre 39 a 54% para a capacidade de retenção de água na carne suína. Similarmente, RING & KORTMANN (1988) descreveram que a variação da capacidade de retenção de água na carne de suínos pode ser de 44 a 52%.

Segundo WARRISS et al. (1990) e JUDGE et al. (1989), a capacidade de retenção de água da carne aumenta nos animais tratados com ractopamina. Quanto maior a capacidade de retenção de água, maior a suculência das carnes, com aumento da percepção sensorial de maciez. CROME et al. (1996) relatam que este efeito deve-se a menor deposição de gordura e a maior deposição protéica que determina um incremento na retenção de água.

Comparando-se os valores dos grupos suplementados com ractopamina em relação ao grupo controle, pelo teste de contrastes, não foi observado ($P>0,05$) diferenças para os valores obtidos para a capacidade de retenção de água.

Observou-se que os valores de oxidação da carne não diferiram ($P<0,05$) entre os tratamentos avaliados (Tabela 4), sendo que o valor médio obtido para a variável foi de 0,26 mg de malonaldeído/kg. Por sua vez, OSAWA et al. (2005) observaram valores entre 0,33 a 0,58 mg de malonaldeído/kg para a oxidação. Valores acima de 1,59 mg de malonaldeído/kg de amostra podem causar danos à saúde do consumidor (TORRES & OKANI, 2000).

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 2,0 mg malonaldeído/kg de carne (O'NEILL et al., 1998).

Tabela 4. 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 ^A	3,27 ^B
7	0,23 ^A	3,40 ^B
14	0,34 ^A	2,14 ^C
21	0,24 ^A	2,61 ^{BC}
28	0,35 ^A	4,25 ^A
35	0,16 ^A	4,44 ^A
Valor P	0,957	<0,001
CV%	79,58	30,79
Contrastes		
0 x 7	0,88	0,49
0 x 14	0,62	0,07
0 x 21	0,93	0,58
0 x 28	0,55	0,02
0 x 35	0,78	0,01

Médias seguidas por letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Student-Newman-Keuls.

O teste de oxidação quantifica o malonaldeído, um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo (ANGELO, 1996). A reação envolve o ácido 2-tiobarbitúrico com o malonaldeído, produzindo um composto de cor vermelha, medido espectrofotometricamente a 532 nm de comprimento de onda (de acordo com a metodologia, esse comprimento de onda pode variar, situando-se ao redor de 500 a 550 nm), conforme OSAWA et al. (2005).

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 com ractopamina.

Valores entre 2,24 a 3,01 kgf/g foram citados por SILVEIRA (1997), em carnes suínas, sendo significativamente inferiores quando comparados aos valores encontrados no grupo controle e nos tratamentos com sete, 28 e 35 dias. Entretanto, MOORE et al. (2012), relataram valores semelhantes a 5,71, superior àqueles encontrados no presente trabalho.

Maior força de cisalhamento em carnes de suínos alimentados com β -adrenérgicos também foram detectadas pelo aumento do diâmetro das fibras musculares e redução da proteólise *post mortem* (JONES et al., (1985); WALKER et al., (1989); WARRISS et al., (1990); UTTARO et al., 1993).

Segundo WALKER et al. (1989), a força de cisalhamento é dependente da inclusão de beta-agonista, ou seja, quanto maior for o nível de inclusão, mais dura será a carne.

CONCLUSÕES

O tempo de suplementação de ractopamina durante 28 e 35 dias com 20 ppm, na dieta de suínos em terminação, aumenta a força de cisalhamento da carne. A suplementação de ractopamina durante sete dias reduz a luminosidade (L^*) da carne. O teor de vermelho (a^*), amarelo (b^*), a capacidade de retenção de água, a oxidação e o pH da carne dos suínos não são influenciados pelo tempo de suplementação de ractopamina na dieta.

COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Aprovado pelo comissão de ética no uso de animais – protocolo n^o 425/2012 – UFMS.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, P.S.; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, p.659-670, 2011.

ANGELO, A.J. St. Lipid oxidation on foods. **Critical Reviews in Food Science Nutrition**, v.36, p.175, 1996.

ANGERAMI, C.N. **Influência do genótipo, sexo e peso de abate na composição da carcaça e nas características de qualidade da carne suína**. 2004. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/ Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

BOCCARD, R.; BUCHTER, E.; CASTEELS, E. et al. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the Commission

of the European Communities` (CEC) beef productions research programme. **Livestock Production Science**, v.8, p.385-397, 1981.

BOLAND, M.A.; BERG, E.P.; AKRIDGE, J.T. et al. The impact of operator error using optical probes to estimate pork carcass value. **Revista de Economia Agrícola**, v.17, p.193-204, 1995.

BRESSAN, M.C.; PRADO, O.V.; PÉREZ, J.R.O. et al. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características físico-químicas da carne. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, p.293-303, 2001.

BRESSAN, M.C.; JARDIM, N.S.; PÉREZ, J.R.O. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas da carne de capivara. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.357-362, 2004.

BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R. de; FONSECA, N.A.N. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.2027-2033, 2006.

CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEGGER, J. et al. Effects of different cereal grains and ractopamina hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in late-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.223-230, 2005.

CROME, P.K.; MCKEITH, F. K.; CARR, T.R. et al. Effect of ractopamine on growth performance, carcass composition, and cutting yields of pigs slaughtered at 107 and 125 kilograms. **Journal of Animal Science**, v.74, p.709-716, 1996.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v.5, p.33-40, 2004.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A. J.; SCRAMLIN, S. M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**, v.86, p.3544-3550, 2008.

HERR, C.T.; YAKE, W.; ROBSON, C. et al. Effect of nutrition level while feeding Paylean to late-finishing pigs. **Purdue University Swine Day Report**, v.21, p.89-95, 2000.

HONIKEL, K.O. Reference Methods for the Assessments of Physical Characteristics of Meal. **Meat Science**, vol 49, p. 447-457, 1998.

IRGANG, R. Avaliação e tipificação de carcaças de suínos no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DE SUÍNOS, 2, 1996, Campinas. **Anais...**Campinas: CTC - ITAL, 1996, p. 67-86.

JONES, R.W.; EASTER, R.A.; McKEITH, F.K. et al. Effect of the β -adrenergic agonist cimaterol (CL 283,780) on the growth and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.61, p.905-913, 1985.

JUDGE, M.; ABERLE, E.; FORREST, J. **Principles of meat science**. Iowa: Kendal Hunt Publication, 1989. 507p.

LONERGAN, E.H.; LONERGAN, S.M. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, p.194–204, 2005.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria Municipal de Saúde Pública. Resolução n^o4 de 06 de fevereiro de 1998. **Estabelece normas para Regulamentação do Serviço de Inspeção Municipal (SIM)**. Diário Oficial de Campo Grande n^o23, 10 de fevereiro de 1998.

MILLS, S.E.; LIU, C.Y.; SCHINCKEL, A.P. Effects of ractopamine on adipose tissue metabolism and insulin binding in finishing hogs. Interaction with genotype and slaughter weight. **Domestic Animal Endocrinology**, v.7, p.251-264, 1990.

MCGRAW, D.; LIGGETT, S.B. Molecular mechanisms of α_2 -adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v.2, p.292-296, 2005.

MOORE, K.L.; MULLAN, B.P.; SOUZA, D.N. d'. The interaction between ractopamine supplementation, porcine somatotropin and moisture infusion on pork quality. **Meat Science**, v.92, p.125-131, 2012.

OLIVO, R. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, v.25, p.44-49, 2001.

O'NEILL, L.M.; GALVIN, K.; MORRISSEY, P.A. et al. Comparison of effects of dietary olive oil, tallow and vitamin E on the quality of broiler meat products. **British Poultry Science**, v.39, p.365-371, 1998.

ORDOÑEZ, J.A. **Tecnologia de Alimentos. Alimentos de Origem Animal**. v.2. Porto Alegre: Artmed, 2005.

OSAWA, C.C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. **Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos**. v.28, n.4, 2005.

PARNELL-CLUNIES, E.M.; KAKUDA, Y.; MULLEN, K. et al. Physical properties of yogurt: a comparison of vat versus continuous heating systems of milk. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2593-2603, 1986.

RING, C.; KORTMANN, R. Effect of electrical stunning on the quality of pigmeat. **Fleischwirtsch**, v.68, p.1421-1422, 1988

ROSA, A.F.; SOBRAL, P.J.A.; LIMA, C.G. et al. Determinação das características físico-químicas da carne de suínos em fase de crescimento. **Revista Tecnologia de Carnes**, v.3, p.13-18, 2001.

ROSSI, C.A.R.; LOVATTO, P.A.; GARCIA, G.G. et al. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo ractopamina e extratos cítricos: desempenho e características de carcaça. **Ciência Rural**, v.40, p.2343-2349, 2010.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

SARCINELLI, M.F.; VENTURINI, K.S.; SILVA, L.C. da. **Características da carne suína**. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007, 7p. (Boletim Técnico PIE-UFES: 00907).

SILVEIRA, E.T.F. **Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína**. Campinas, 1997. 226p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 1997.

STITES, C.R.; MCKEITH, F.K.; SINGH, S.D. et al. The effect of ractopamine hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3094 - 3101, 1991.

TORRES, E.A.F.S.; OKANI, E.T. **Teste de TBA - Ranço em alimentos**. Universidade de São Paulo (USP) Faculdade de Saúde Pública - Departamento de Nutrição. 10 p., 2000.

UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P. et al. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, v.71, p.2439- 2449, 1993.

VAN DER WAL, P.G.; BOLINK, A.H.; MERKUS, G.S.M. Differences in quality Characteristics of normal, PSE and DFD Pork. **Meat Science**, v.24, p.79-84,1988.

VYNCKE, W. Direct determination of thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette-Seifen Arstrichmittel**, v.72, 1084-1087, 1970.

WALKER, W.R.; JOHNSON, D. D.; BRENDEMUHL, J. H. et al. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, v.67, p.168 – 176, 1989.

WARRIS, P.D.; BROWN, S. N.; ROLPH, T. P. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3669-76, 1990.

WATKINS, L.E.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H. et al. The effect of various levels of ractopamine hydrochloride on the performance and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3588-3595, 1990.

QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS SUBMETIDOS A DIETAS COM SUPLEMENTAÇÃO GRADUAL DE RACTOPAMINA E AJUSTES NUTRICIONAIS

RESUMO

Realizou-se esse trabalho com o objetivo de avaliar a suplementação gradual de ractopamina em dietas ajustadas nutricionalmente sobre a qualidade da carne suína. Foram utilizados 96 suínos híbridos comerciais, machos castrados, de alto potencial genético, com peso médio inicial de 70 kg e final de 100 kg. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5 (com e sem ajuste nutricional; e seis suplementações de ractopamina: 5-5; 10-10; 20-20; 5-10; 10-20 ppm, respectivamente nos 14 dias iniciais e 14 dias finais do experimento), com quatro repetições de dois animais cada. Foram avaliados o efeito da interação, da suplementação da ractopamina e o ajuste da dieta. Posteriormente, efetuou-se o desmembramento das interações e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Observou-se efeito ($P > 0,05$) do ajuste das dietas sobre a suplementação de ractopamina na força de cisalhamento (5,18; 4,87), capacidade de retenção de água (51,59; 50,26) e pH (5,87; 5,84). Concluiu-se que a força de cisalhamento é superior nos planos de suplementação com ractopamina 5-5 e 10-20 nas dietas sem ajuste nutricional. Comparando as dietas com ajuste nutricional, os planos de suplementação 0-0 e 5-10 são superiores em relação a força de cisalhamento. A capacidade de retenção de água é superior nos planos de suplementação com ractopamina 5-5 e 10-20 nas dietas com ajuste nutricional. O pH é superior no plano de suplementação com ractopamina 10-20 nas dietas sem ajustes nutricionais, ocorrendo o contrário no plano de suplementação 20-20, onde o pH foi superior em relação ao plano de suplementação com ractopamina na dieta sem ajuste nutricional. Não houve interação da variável oxidação e cor.

Palavras-chave: agonista, β -adrenérgico, nutrição, proteína.

QUALITY PORK DIETS SUBJECT TO SUPPLEMENT WITH GRADUAL RACTOPAMINE NUTRITIONAL AND ADJUSTMENT

ABSTRACT

We conducted this study to evaluate the gradual ractopamine supplementation in diets nutritionally adjusted on pork quality. A total of 96 commercial crossbred pigs, castrated males of high genetic potential, with average initial weight of 70 kg and 100 kg final. The animals were distributed in a randomized block design in a factorial 2x5 (with and without nutritional adjustment and six supplemental ractopamine: 5-5 , 10-10 , 20-20 , 5-10 , 10-20 ppm, respectively, in the initial 14 days and 14 days end of the experiment), with four replicates of two animals each. We evaluated the effect of the interaction of ractopamine supplementation and adjustment of diet. Subsequently, we performed the break up of the interactions and the means were compared by Tukey test at 5% probability. Effect was observed ($P>0.05$) adjusting the supplementation of diets of ractopamine in shear force (5,18; 4,87), water holding capacity (51,59; 50,26) and pH (5,87; 5,84). It was concluded that the shear force is higher in plans with ractopamine supplementation 5-5 and 10-20 in the diets without nutritional adjustment. Comparing diets with nutritional adjustment plans supplemented 0-0 and 5-10 are superior in relation to shear force. The water retention capacity is higher in plan supplemented with ractopamine 5-5 and 10-20 in the adjustment nutritional diets. The pH is higher in plan with ractopamine supplementation 10-20 in the diet without nutritional sjustes, the opposite was true in the 20-20 supplementation plan, where the pH was higher compared to supplementation with ractopamine in the diet plan without sjuste nutrition. No interaction variable oxidation and color.

Key words: agonist, β -adrenergic, nutrition, protein.

INTRODUÇÃO

O avanço significativo na produção de carnes têm sido resultado da evolução de diversas áreas da suinocultura. Em suínos, especificamente na área de nutrição, tem-se a utilização de aditivos alimentares classificados como beta adrenérgicos. Dentre os beta-adrenérgicos está a ractopamina (MARINHO et al., 2007).

A ractopamina é um análogo sintético das catecolaminas (hormônios), atuando na regulação de alguns processos fisiológicos, através da ativação de receptores adrenérgicos específicos (RAMOS & SILVEIRA, 2001). É responsável pela inibição da lipogênese e estimulação da lipólise (MILLS, 2002).

Destinada à fase de terminação desses animais, a ractopamina tem como finalidade a repartição de nutrientes, como a redução do depósito de gordura e incremento da deposição de músculo nas carcaças dos suínos, atendendo as exigências do mercado consumidor (SCHINCKEL et al., 2003).

As alterações metabólicas causadas pela ractopamina podem interferir nas exigências nutricionais dos suínos (ANDRETTA et al., 2011). Como resultado do aumento na deposição de proteína diária da carcaça, nos animais suplementados com ractopamina, tem-se como consequência o aumento da exigência diária de aminoácidos. Portanto, o ajuste nutricional deve ser realizado, dependendo da quantidade de ractopamina suplementada na dieta (WEBSTER et al., 2007; PEREIRA et al., 2008; ROSTAGNO et al., 2011).

A concentração de lisina na proteína depositada em suínos alimentados com dietas suplementada com ractopamina tem um aumento de 6,80 para 7,15% (SCHINCKEL et al., 2003). Portanto, a relação de aminoácidos proposta para proteína ideal pode não atender às exigências de suínos, exigindo alguns ajustes nutricionais, principalmente o de proteína bruta e aminoácidos (WEBSTER et al., 2002; SCHINCKEL et al., 2003).

Considerando-se a carência de informações relacionadas aos ajustes nutricionais e sua relação com a concentração de ractopamina na dieta, realizou-se esta pesquisa para avaliar os efeitos da utilização de ractopamina em dietas com ou sem ajustes nutricionais, para suínos em terminação, nas características qualitativas da carne por meio da avaliação do pH, determinação da cor, da capacidade de retenção de água, da força de cisalhamento, além da determinação da oxidação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados 96 suínos híbridos comerciais, machos castrados, de alto potencial genético, com peso médio inicial de 70 kg e final de 100 kg. Os animais foram distribuídos em delineamento de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x5 (com e sem ajuste nutricional; e seis planos de suplementação de ractopamina: 5-5; 10-10; 20-20; 5-10; 10-20 ppm, respectivamente nos 14 dias iniciais e 14 dias finais do experimento), com quatro repetições e dois animais cada repetição. O critério de bloqueamento foi o peso dos animais.

As dietas experimentais (Tabela 5) foram preparadas à base de milho e farelo de soja, suplementada com aminoácidos, óleo, minerais e vitaminas, sendo formulada de acordo com ROSTAGNO et al. (2011).

Tabela 5. Composições centesimais e nutricionais das dietas experimentais para suínos machos castrados em terminação.

Ingredientes (kg)	Dietas					
	Sem ajuste			Com ajuste		
	5	10	20	5	10	20
Milho	81,40	81,40	81,40	74,17	74,17	74,17
Farelo de Soja, 45%	15,96	15,96	15,96	20,87	20,87	20,87
Óleo de soja	0,020	0,020	0,020	1,14	1,14	1,14
Fosfato bicálcico	0,899	0,899	0,899	0,985	1,005	1,055
Calcário calcítico	0,608	0,608	0,608	0,650	0,656	0,674
Suplemento vitamínico/mineral ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal comum	0,354	0,354	0,354	0,355	0,355	0,355
L-Lisina HCl	0,359	0,359	0,359	0,346	0,370	0,414
DL-Metionina	0,078	0,078	0,078	0,104	0,115	0,135
L-Treonina	0,103	0,103	0,103	0,114	0,127	0,151
L-Triptofano	0,018	0,018	0,018	0,013	0,016	0,022
Ractopamina ²	0,025	0,050	0,100	0,025	0,050	0,100
Caulim (inerte)	0,100	0,075	0,050	1,128	1,026	0,814
TOTAL, kg	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína bruta, %	14,09	14,09	14,09	15,740	15,779	15,852
Energia Metabolizável, Kcal/kg	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230	3.230
Energia Líquida, Kcal/kg	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465	2.465
Lisina digestível, %	0,829	0,829	0,829	0,932	0,950	0,984
Met+Cist digestível, %	0,497	0,497	0,497	0,559	0,570	0,590
Treonina digestível, %	0,555	0,555	0,555	0,624	0,636	0,659
Triptofano digestível, %	0,149	0,149	0,149	0,168	0,171	0,176
Valina digestível, %	0,572	0,572	0,572	0,646	0,646	0,646

Cálcio, %	0,512	0,512	0,512	0,558	0,565	0,584
Fósforo disponível, %	0,250	0,250	0,250	0,272	0,276	0,285
Sódio, %	0,160	0,160	0,160	0,159	0,159	0,159

¹Contém em 1kg: ferro, 100g; cobre, 10g; cobalto, 0,2g; manganês, 30g; zinco, 100g; iodo, 1,0g; selênio, 0,3g; vit. A, 6.000.000 UI; vit. D₃, 1.000.000UI; vit. E, 12.000UI; vit. B₁, 0,5g; vit. B₂, 2,6g; vit. B₆, 0,7g; ácido pantotênico, 10g; vit. K₃, 1,5g; ácido nicotínico, 22g; vit. B₁₂, 0,015g; ácido fólico, 0,2g; biotina, 0,05g; colina, 100g e excipiente q.s.p., 1000g.

²Cloridrato de ractopamina na concentração de 20 ppm. Formulação de acordo com a exigência nutricional para machos castrados de alto potencial genético, conforme tabelas nutricionais de ROSTAGNO et al. (2011).

Nas dietas com ajuste nutricional, os níveis de aminoácidos foram ajustados mantendo o conceito de proteína ideal. O nível de fósforo e cálcio foi ajustado, mantendo-se a relação cálcio:fósforo na proporção de 2,4:1. A ractopamina foi incluída nas dietas em substituição ao caulim. O período experimental teve duração de 30 dias. As rações e água foram fornecidas à vontade aos animais.

Ao final do período experimental, os animais destinados ao abate foram aqueles que atingiram aproximadamente 100 kg. Os suínos permaneceram em jejum de sólidos por 8 horas, sendo posteriormente pesados, embarcados em caminhão e transportados ao frigorífico, onde foram alojados em baias coletivas de espera, com livre acesso a água, por 12 horas. Posteriormente, os mesmos foram abatidos de acordo com normas vigentes do Sistema de Inspeção Municipal (MATO GROSSO DO SUL, 1998). Após a insensibilização, seguiram-se as etapas de sangria, escaldagem, depilação e evisceração. A carcaça foi serrada longitudinalmente ao meio, pela coluna vertebral, dividindo-se em duas metades, e em seguida, realizou-se a lavagem.

Foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi* de uma das metades-carcaças, à altura da 12^a costela, sendo submetidas ao resfriamento lento e posterior congelamento. O descongelamento somente ocorreu nos laboratórios de carnes da EMBRAPA Gado de Corte, em temperatura de refrigeração, para a determinação da cor, da capacidade de retenção de água, do pH, da força de cisalhamento e da oxidação. O desenvolvimento das análises laboratoriais foi em laboratório com ambiente refrigerado.

O pH intramuscular foi determinado em profundidade. A leitura foi realizada em aparelho medidor de pH DMPH – 2 (Digimed, São Paulo) com eletrodo para carnes (modelo DME-CF1), após a calibração do equipamento (pH 4,0 e 7,0). O pH intramuscular e a cor foram avaliados em triplicata antes da realização dos demais testes.

A cor (valores L*, a* e b*) foi avaliada tomando-se seis pontos de leitura sobre o músculo, nas duas faces da amostra, com uso do colorímetro Minolta CR-10 previamente calibrado.

A capacidade de retenção de água foi medida conforme descrito por PARNELL-CLUNIES et al. (1986), utilizando-se a diferença de peso antes e depois da centrifugação. Pesou-se 1g de amostra (PAI), sendo submetido a centrifugação refrigerada (4⁰C) por quatro minutos. Em seguida, foi realizada a pesagem da amostra (PAPC), sendo submetido à secagem em estufa, por 12 horas. Posteriormente, é realizada a pesagem da amostra seca (PAS), sendo os dados aplicados em uma fórmula. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para avaliação da força de cisalhamento, utilizou-se o texturômetro TA.XT plus (Stable Micro Systems), calibrado para 2,0 kg. As amostras foram submetidas ao cozimento (72 a 75⁰C), sendo resfriadas como auxílio de gelo. Posteriormente, as amostras foram refrigeradas a 5⁰C por 12 horas. Três amostras foram retiradas, no formato de paralelepípedos com 1 × 1 × 4 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina, no aparelho, sendo os resultados expressos em kgf/g. A metodologia foi realizada de acordo com BOCCARD et al (1981) e HONIKEL (1998).

A determinação da oxidação foi determinada pesando 10g da amostra, sendo adicionado 25 mL de TCA a 75%. A homogeneização foi realizada através de um aparelho denominado STOMACHER, por um minuto. Realizou-se a filtração, sendo destinados 4 mL a um tubo de ensaio contendo 1mL de TCA a 7,5% e 5mL de TBA a 0,02M. O filtrado foi submetido ao aquecimento por 40 minutos, sendo feita a leitura em espectrofotômetro a 538 nm (VYNCKE, 1970; OSAWA et al., 2005).

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico SAS, considerando o nível de significância de 5% de probabilidade. Foram avaliados os efeitos da interação da suplementação da ractopamina e dos ajustes nutricionais da dieta. Posteriormente, efetuou-se o desdobramento das interações e as médias do fator ajuste das dietas foram avaliadas pelo teste F e as médias dos planos de suplementação de ractopamina foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constatou-se interação (P<0,05) entre o ajuste nutricional das dietas e os planos de suplementação de ractopamina para as variáveis força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA) e pH (Tabela 6). Considerando o desdobramento da interação,

observou-se que as dietas sem ajuste nutricional resultaram em maior ($P < 0,05$) força de cisalhamento em relação as dietas com ajuste nutricional nos planos de suplementação de 5-5 ppm e 10-20 ppm de ractopamina. O ajuste nutricional das dietas não alterou ($P > 0,05$) a força de cisalhamento nos demais planos de suplementação de ractopamina.

Quando se avaliou a força de cisalhamento nas dietas sem ajuste nutricional, verificou-se que os planos de suplementação de ractopamina não modificaram ($P > 0,05$) essa variável. Por outro lado, verificou-se que nas dietas com ajuste nutricional, os planos de suplementação de ractopamina com 0-0 e 5-10 ppm apresentaram maiores ($P < 0,05$) valores de força de cisalhamento em relação aos demais planos de suplementação de ractopamina.

Tabela 6. Suplementação de ractopamina em dietas sem e com ajuste nutricional para suínos em terminação sobre a força de cisalhamento, capacidade de retenção da água, oxidação e pH da carne.

Variáveis	R (ppm) 15 + 15 dias	Dietas		Média	Valor P			CV%
		S/ajuste	C/ajuste		R	D	RL x D	
Força de Cisalhamento kgf/g	5-5	5,18Aa	3,35Bb	4,27	<0,001	<0,001	0,051	37,75
	5-10	4,80Aa	5,14Aa	4,97				
	10-10	3,70Aa	2,92Ab	3,31				
	10-20	4,88Aa	2,95Bb	3,92				
	20-20	4,04Aa	3,22Ab	3,63				
	Média	4,52	3,51					
Capacidade de Retenção de Água %	5-5	46,23Ba	50,26Aa	48,25	0,565	<0,001	0,038	8,51
	5-10	48,00Aa	49,50Aa	48,75				
	10-10	48,99Aa	50,17Aa	49,58				
	10-20	48,83Ba	50,60Aa	49,72				
	20-20	45,34Aa	52,71Aa	49,02				
	Média	40,46	50,65					
Oxidação mg malonaldeído /kg	5-5	0,16	0,14	0,15	0,850	0,177	0,914	59,11
	5-10	0,18	0,18	0,18				
	10-10	0,23	0,15	0,19				
	10-20	0,18	0,12	0,15				
	20-20	0,17	0,13	0,15				
	Média	0,18	0,14					
pH	5-5	5,69Ab	5,66Ab	5,68	0,002	0,950	<0,001	2,76
	5-10	5,66Ab	5,75Ab	5,70				
	10-10	5,79Aab	5,69Ab	5,74				
	10-20	5,85Aab	5,70Bb	5,77				
	20-20	5,73Bab	5,93Aa	5,83				
	Média	5,74	5,74					

R=Ractopamina; D= dieta.

Médias, na mesma linha, seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste F. Médias, na mesma coluna, seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

O tamanho de sarcômero também pode influenciar a maciez da carne, sendo de fundamental importância em função da existência de correlação positiva entre sua dimensão e a maciez da carne (WHEELER & KOOHMARAIE, 1994).

Todavia, o aumento da força de cisalhamento relatado na literatura em função da suplementação de ractopamina nas dietas, não foi constatado no presente estudo. Além disso, esperava-se que as dietas com ajuste nutricional aumentassem a deposição de proteína na carcaça e portanto, a força de cisalhamento, fato que também não ocorreu no presente estudo. Uma possível explicação para essa resposta é que os animais alimentados com as dietas sem o ajuste nutricional apresentaram suas exigências nutricionais supridas pelas mesmas.

Em relação a capacidade de retenção de água, o desdobramento da interação, indicou que os planos de suplementação de 0-0 ppm, 5-5 ppm e 10-20 ppm de ractopamina, nas dietas sem ajuste nutricional resultaram em menores ($P < 0,05$) valores de capacidade de retenção de água em relação as dietas com ajuste nutricional. Nos demais planos de suplementação de ractopamina não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre o ajuste nutricional das dietas.

Quando se avaliou a capacidade de retenção de água dentro dos planos de suplementação de ractopamina, não se observou efeito ($P > 0,05$) dos ajustes nutricionais das dietas.

A capacidade de retenção de água é definida como a capacidade da carne em reter sua umidade ou água durante a aplicação de forças externas (FERNANDES de SÁ, 2004), sendo que essa variável na carne de suínos pode ter uma variação entre 44 a 52% (RING & KORTMANN, 1988). Dessa forma, os valores determinados no presente estudo se encontram dentro da normalidade.

Quando a perda da capacidade de água torna-se excessiva, tem-se alteração nas características sensoriais fundamentais no momento da compra do produto pelo consumidor, como textura, maciez, coloração e suculência. Em relação a indústria, essa variável pode influenciar a perda de peso no armazenamento podendo chegar em casos extremos a 10% ou mais. Além disso, a carne suína com baixa capacidade de retenção de água, não detém a cura. Há também redução da palatabilidade e do valor nutritivo, influenciando na qualidade dos produtos pós-processados (JONSÄLL et al., 2001). A menor capacidade de retenção de água da carne 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).

Não foi observada interação ($P < 0,05$) entre o ajuste nutricional das dietas e a suplementação de ractopamina em relação a oxidação. A oxidação também não foi influenciada ($P > 0,05$) pelos planos de suplementação de ractopamina e os ajustes nutricionais das dietas.

A oxidação lipídica é o termo geral utilizado para a descrição de numerosas reações químicas, devido a interação entre a gordura e o oxigênio, ocasionando modificações na cor, aroma, textura, flavor e na qualidade nutricional do produto (DAMODARAM et al., 2010).

A oxidação lipídica quando relacionada aos alimentos, torna-se um grave problema, pois originam-se produtos indesejáveis devido a decomposição dos lipídios e pela produção de compostos voláteis. Como consequência, ocorrem alterações sensoriais, destruição de constituintes essenciais, reduzindo o valor nutricional e a formação de compostos tóxicos durante o processamento e o armazenamento do alimento (KARPINSKA et al., 2001; MELO & GUERRA, 2002).

Quando ocorre o abate e o interrompimento da circulação sanguínea, inicia-se o processo de oxidação da carne, que é normalmente rica em triacilgliceróis e fosfolipídios, originando sabores e odores característicos, sendo causas da rejeição pelo consumidor (OSAWA et al., 2005).

Tem-se observado que a suplementação com ractopamina para suínos promove a redução da gordura corporal, particularmente a subcutânea e a intermuscular (CARR et al., 2005), principalmente devido ao efeito antilipogênico deste agonista (HAESE & BÜNZEN, 2005). A redução da quantidade de gordura, pode resultar na diminuição do índice de oxidação lipídica, favorecendo a qualidade da carne suína (DOMINGUÉZ-VARA et al., 2009; GREGORY et al., 2011). Todavia, a oxidação lipídica não foi alterada em relação aos tratamentos no presente estudo.

Em relação ao pH, o desdobramento da interação indicou que nos planos de suplementação de 0-0 ppm e 10-20 ppm, as dietas sem ajuste nutricional resultaram em maior ($P < 0,05$) pH em relação as dietas com ajuste nutricional. No plano de suplementação 20-20 ppm, observou-se que a dieta com ajuste nutricional apresentou maior valor ($P < 0,05$) para pH quando comparado a dieta sem ajuste. Nos demais planos de suplementação de ractopamina não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre o ajuste nutricional das dietas.

Quando se avaliou o pH dentro das dietas sem ajuste nutricional, verificou-se que o plano de suplementação 0-0 ppm de ractopamina apresentou maior ($P > 0,05$) pH em relação aos planos 5-5 ppm e 5-10 ppm, não diferindo dos demais. Observou-se que o pH do plano

de suplementação 20-20 ppm foi superior aos demais planos de suplementação, dentro das dietas com ajuste nutricional.

O pH e a temperatura da carcaça são fatores importantes no estabelecimento das contrações musculares durante o *rigor mortis*. No músculo do animal vivo, o pH é de aproximadamente 7,2, enquanto que na carne há uma variação entre 5,2-7,0 (ORDÓÑEZ, 2005). Quando ocorre a queda intensa do pH e da temperatura durante o resfriamento, tem-se como consequência um encurtamento do sarcômero e, por conseguinte, redução da maciez e da capacidade de retenção de água na carne. Portanto, devem ser evitados os fatores que podem ocasionar a aceleração da glicólise com consequente queda do pH (CESAR & SOUZA, 2007).

Não se observou interação ($P>0,05$) entre o ajuste nutricional das dietas e a suplementação de ractopamina em relação as variáveis luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*) e teor de amarelo (b^*) (Tabela 7). Verificou-se efeito do ajuste das dietas sobre a luminosidade (L^*), sendo encontrados maiores ($P<0,05$) valores na dieta com ajuste, sendo o contrário para o teor de vermelho (a^*). Os tratamentos não influenciaram ($P>0,05$) o teor de amarelo (b^*).

A cor da carne é descrita como um conjunto de fatores que incluem as tonalidades (vermelho, verde, azul), saturação (intensidade da cor) e brilho ou luminosidade (posição entre o preto e o branco). Qualquer coloração é definida por esses parâmetros básicos, utilizados nas medidas instrumentais (NPPC, 2000).

Tabela 7. Suplementação de ractopamina em dietas sem e com ajuste nutricional para suínos em terminação sobre a luminosidade, teor de amarelo e teor de vermelho.

Variáveis	R (ppm) 15 + 15 dias	Dietas			Valor P			CV%
		S/ajuste	C/ajuste	Média	R	D	RL x D	
L*	5-5	48,15	51,43	49,79	0,989	0,025	0,709	14,28
	5-10	48,86	49,58	49,22				
	10-10	48,49	49,66	49,08				
	10-20	47,79	51,85	49,82				
	20-20	49,06	50,16	49,61				
	Média	48,47 ^B	50,55 ^A					
a*	5-5	5,52	5,32	5,42	0,163	0,039	0,881	49,22
	5-10	6,32	5,11	5,71				
	10-10	6,58	5,62	6,10				
	10-20	5,01	4,63	4,82				
	20-20	5,66	4,69	5,18				
	Média	5,83 ^A	5,07 ^B					
b*	5-5	13,24	12,85	13,06	0,426	0,182	0,619	25,42
	5-10	11,60	13,01	12,30				
	10-10	12,63	13,51	13,07				
	10-20	11,64	12,60	12,12				
	20-20	12,52	12,44	12,48				
	Média	12,33	12,88					

R=Ractopamina; D= dieta.

Médias, na mesma linha, seguidas por letras distintas diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste F.

O contrário ocorre quando o pH permanece em níveis superiores a 6,0. Com isso, a desnaturação protéica é reduzida, influenciando na maior absorção de água, tornando a carne escura devido ao aumento na absorção da luz (SHIMOKOMAKI, 2004).

O valor de L* é definido como a quantidade de luz incidida pelo colorímetro sobre a carne foi refletida (BRIDI & SILVA, 2006). Observa-se grande variação na literatura quanto aos valores de L* considerados para carne suína normal (CALDARA et al., 2012). Valores de L* entre 49 e 60, são considerados dentro do padrão de qualidade da carne suína, pela *American Meat Science Association* (AMSA, 2001). Entretanto, para RAMOS & GOMIDE (2007) esses valores situam-se entre 45 e 53.

Existem poucos estudos na literatura que associem a cor da carne à suplementação de ractopamina e os ajustes nutricionais. Dentre os trabalhos, está o de ALMEIDA et al. (2010), que também não constataram o efeito da ractopamina sobre os valores de L* na carne de suínos, embora tenham encontrado menor teor de vermelho encontrado, sugerindo que a

inclusão deste agonista nas dietas de suínos reduziu a quantidade de mioglobina oxigenada na carne, tornando-a com coloração menos vermelha.

Em geral, os valores de vermelho (a^*) para a carne de suínos situam-se entre 5,50 a 5,94 (SILVEIRA, 1997). Pode-se inferir que o valor médio de vermelho no presente estudo está dentro dos padrões estabelecidos por esse autor.

Em relação ao valor médio de amarelo obtido no presente estudo, está acima daqueles citados por SILVEIRA (1997), cujos valores variam de 5,80 a 6,53. Entretanto VAN DER WAL et al. (1988), determina para o valor de amarelo 13,7.

COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Aprovado pelo comissão de ética no uso de animais – protocolo n^o 425/2012 – UFMS.

CONCLUSÕES

A força de cisalhamento é superior nos planos de suplementação com ractopamina 5-5 e 10-20 nas dietas sem ajuste nutricional. Comparando as dietas com ajuste nutricional, os planos de suplementação 0-0 e 5-10 são superiores em relação a força de cisalhamento. A capacidade de retenção de água é superior nos planos de suplementação com ractopamina 0-0, 5-5 e 10-20 nas dietas com ajuste nutricional. O pH é superior nos planos de suplementação com ractopamina 0-0 e 10-20 nas dietas sem ajustes nutricionais, ocorrendo o contrário no plano de suplementação 20-20, onde o pH foi superior em relação ao plano de suplementação com ractopamina na dieta sem ajuste nutricional. Não houve interação da variável oxidação e cor.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B. et al. Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.1969-1977, 2010.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION - AMSA. **Meat evaluation handbook**. Savoy, 2001.

ANDRETTA, I.; LOVATTO, P.A.; SILVA, M.K. da et al. Relação da ractopamina com componentes nutricionais e desempenho em suínos: um estudo meta-analítico. **Ciência Rural**, v.41, p.186-191, 2011.

BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASTEELS, E. et al. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the Commission of the European Communities` (CEC) beef productions research programme. **Elsevier Scientific Publishing Company**, v.8, p.385-397, 1981.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça suína**. Londrina: Midiograf. 2007. 97p.

CALDARA, F.R.; SANTOS, V.M.O. dos; SANTIAGO, J.C. et al. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira de Produção e Saúde Animal**, v.13, p.815-824, 2012.

CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEGER, J. et al. Effects of different cereal grains and ractopamine hydrochloride on performance, carcass characteristics, and fat quality in latefinishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p.223-230, 2005.

CESAR, M.F.; SOUSA, W.H. **Carcaças ovinas e caprinas: Obtenção - Avaliação - Classificação**. Uberaba: Agropecuária Tropical, 2007. 147p.

DAMODARAM, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900p.

DOMÍNGUÉZ-VARA, I.A.; MONDRAGÓN-ANCELMO, J.; RONQUILLO, M.G. et al. Los beta-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**, v.16, p.278-284, 2009.

FERNANDES, A. R. M.; ORRICO JUNIOR, M.A.P; ORRICO, A.C.A. et al. 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**, v.40, p.1822-1829, 2011.

FERNANDES DE SÁ, E.M. A influência da água nas propriedades da carne. **Revista Nacional da Carne**, v.325, p.51-54, 2004.

FLETCHER, D. L. Broiler breast meat color variation, pH and texture. **Poultry Science**, v. 78, p. 1323-1327, 1999.

GREGORY, M.K.; KING, H.W.; BAIN, P.A. et al. Development of a fish cell culture mode to investigate the impact of fish oil replacement on lipid peroxidation. **Lipids**, v.46, p.753-764, 2011.

HAESE, D.; BÜNZEN, S. Ractopamina. **Revista Eletrônica em Nutrição**, v.2, p.176-182, 2005.

HONIKEL, K.O. Reference Methods for the Assessments of Physical Characteristics of Meal. **Meat Science**, v.49, p. 447-457, 1998.

JONSÄLL, A.; JOHANSSON, L.; LUNDSTRÖM, K. Sensory quality and cooking loss of ham muscle (*Muscle biceps femoris*) from pigs reared indoors and outdoors. **Meat Science**, v.57, p.245-250, 2001.

KARPINSKA, M.; BOROWSKI, J.; DANOWSKA-OZIEWICZ, M. et al. The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. **Food Chemistry**, v. 72, p. 5-9, 2001.

MARINHO, P.C. Efeito da ractopamina e de métodos de formulação de dietas sobre o desempenho e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1791-1798, 2007.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 36, p. 1-11, 2002.

MILLS, S.E. Biological basis of the ractopamine response. **Journal of Animal Science**, v.80, p. E28-E32, 2002.

NAKAMURA M.; KATOH, K. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat bull. Ishikawa Prefec. **College Agricultural**, v11, p.45-49, 1985.

NPPC. Pork Composition & Quality. Assessment procedures. National Pork Producers Council. E. P. Berg, Ed. Des Moines, Iowa. 2000. 42 p.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P.E.; GONÇALVES, L.A.G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, v.28, p.655-663, 2005.

PARNELL-CLUNIES, E.M.; KAKUDA, Y; MULLENET, K. et al. Physical properties of yogurt: a comparison of vat versus continuous heating systems of milk. **Journal of Dairy Science**, v.69, p.2593-2603, 1986.

PEREIRA. F.A.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeitos da ractopamina e dos níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaças de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, p.943-952, 2008.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Ed. UFV, 2007. 599 p.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N.D. Agonistas adrenérgicos β_2 e produção animal: II - Relação estrutura-atividade e farmacocinética. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**, v.96, p.167-175, 2001.

RING, C.; KORTMANN, R. Effect of electrical stunning on the quality of pigmeat. **Fleischwirtsch**, v.68, p.1421-1422, 1988.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, A.S.; SILVA, L.C. da. **Características da Carne Suína**. Espírito Santo: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007. 7p. (Boletim Técnico, PIEUFES: 00907).

SCHINCKEL, A.P.; LI, N.; RICHERT, B.T. et al. Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.81, p.1106-1119, 2003.

SHIMOKOMAKI, M. Característica de qualidade da carne de aves. **Avicultura Industrial**, v.1126, p. 26-28, 2004.

SILVEIRA, E.T.F. **Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína**. Campinas, 1997. 226p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 1997.

STOLLER, G. M.; ZERBY, H.N.; MOELLER, S.J. et al. The effect of feeding ractopamine (Paylean®) on loin quality and sensory characteristics in three genetic lines of swine. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 79, 2003.

VAN DER WAL, P.G.; BOLINK, A.H.; MERKUS, G.S.M. Differences in quality Characteristics of normal, PSE and DFD Pork. **Meat Science**, v.24, p.79-84,1988.

VYNCKE, W. Direct determination of thiobarbituric acid value in trichloroacetic extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette-Seifen Arstrichmittel**, v.72, 1084-1087, 1970.

ZEOLA, N.M.B.L.; SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A. 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**, v.59, p.1058-1066, 2007.

WARRIS, P.D.; BROWN, S.N.; ROLPH, T.P. et al. Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3669-76, 1990.

WATANABE, P.H. **Ractopamina em dietas para fêmeas suínas**. 2009, 100f. Tese (Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP, 2009.

WEBSTER, M.J.; GOODBAND, R.D.; PAS TOKACH, M.D. et al. Interactive effects between ractopamine hydrochloride and dietary lysine on finishing pig growth performance, carcass characteristics, pork quality and tissue accretion. **The Professional Animal Scientist**, v.23, p.597-611, 2007.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M. Prerigor and *post rigor* changes in tenderness of ovine *Longissimus* muscle. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1232-1238,1994.

XIONG, Y. L.; GOWER, M.J.; LI, C.; ELMORE, C.A. et al. Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. **Meat Science**, v. 73, p. 600-604, 2006.

NÍVEIS DE ENERGIA LÍQUIDA E RACTOPAMINA NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA

RESUMO

Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar qualitativamente a carne de suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de energia líquida e suplementadas com 10 ppm de ractopamina. Foram utilizados 100 suínos, machos castrados, de alto potencial genético, com peso médio inicial de $73,62 \pm 4,76$ kg e peso médio final de $97,31 \pm 1,12$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x2 (cinco níveis de energia líquida: 2.300; 2.425; 2.550; 2.675; 2.800 kcal/kg de ração e dois níveis ractopamina na dieta: 0 e 10 ppm/kg ração). Adotou-se o peso inicial como critério de bloqueamento. Não se observou ($P>0,05$) interação entre os níveis de energia líquida e a suplementação de ractopamina na dieta para as variáveis força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, oxidação, pH e cor da carne. Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia líquida e de ractopamina na força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, oxidação, pH e coloração da carne dos suínos. Os níveis de energia líquida e o nível de 10 ppm de ractopamina não alteram a força de cisalhamento, a capacidade de retenção de água, a oxidação, a coloração e o pH das carne de suínos.

Palavras-chave: β -adrenérgico, cor, força de cisalhamento, nutrição, oxidação

ENERGY AND RACTOPAMINE LEVELS IN MEAT PORK QUALITY

ABSTRACT

We conducted this study in order to assess qualitatively the meat of pigs fed diets containing different levels of net energy and supplemented with 10 ppm of ractopamine. 100 pigs, gilts with high genetic potential, with an average initial weight of 73.62 ± 4.76 kg and average final weight of 97.31 ± 1.12 kg were used . The animals were divided into experimental design of randomized blocks in a 5x2 factorial scheme (five net energy levels : 2,300 , 2,425 , 2,550 , 2,675 , 2,800 kcal / kg feed and two dietary ractopamine levels : 0 and 10 ppm / kg diet) . We adopted the initial weight as a blocking criterion. Was not observed ($P > 0.05$) interaction between the net energy levels and the supplemental dietary ractopamine for the variables shear force , water holding capacity , oxidation , pH and meat color . There was no effect ($P > 0.05$) the net energy levels and ractopamine in shear force, water hholding capacity, oxidation , pH and color of the meat of pigs. The net energy levels and the level of 10 ppm of ractopamine did not alter the shear force, water holding capacity , oxidation , color and pH of the meat of pigs .

Keywords: β -adrenergic, nutrition, shear force, staining, oxidation

INTRODUÇÃO

Uma das alternativas para a melhora na produtividade da suinocultura tem sido a utilização de aditivos nutricionais visando incrementar a quantidade de proteína e reduzir a deposição de gordura na carcaça (MOURA et al., 2011). Para atingir esse objetivo, tem-se a utilização de aditivos como a ractopamina na alimentação de suínos em terminação. Classificada como uma substância repartidora de energia, é responsável pela modificação dos padrões do depósito de tecido muscular e lipídico na carcarça, sem afetar a deposição de outros tecidos (ARMSTRONG et al., 2004).

Contudo, para a expressão máxima da ractopamina, é necessário realizar ajustes nutricionais da dieta, devido ao aumento progressivo da necessidade de nutrientes para suportar o aumento da deposição de proteína muscular (JACELA et al., 2009).

Para se avaliar o teor energético da alimentação dos suínos, tem-se a determinação da energia líquida, definida como a diferença entre a energia metabolizável e o incremento calórico, geradas no processo de fermentação e metabolismo dos produtos absorvidos da fermentação/digestão. Obtendo-se a estimativa da energia líquida, a formulação das dietas tornam-se mais precisas em relação às necessidades energéticas, influenciando o desempenho e o padrão de deposição de tecidos na carcaça em suínos. As mudanças na distribuição de energia podem resultar no aumento do ganho diário de peso e melhora da conversão alimentar, bem como redução do consumo de ração diário (MORENO et al., 2008).

As gorduras adicionadas na dieta animal possuem dentre outras funções, o fornecimento de ácidos graxos essenciais e de vitaminas lipossolúveis. Algumas pesquisas demonstram que as gorduras melhoram a utilização da energia e a digestibilidade de outros componentes das rações por interações ainda não conhecidas (PUPA, 2004). Portanto, considerando-se a carência de informações relacionadas as possíveis interações entre ractopamina e energia, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis de energia líquida, a suplementação de ractopamina e suas interações nas características qualitativas da carne de suínos por meio da avaliação do pH, determinação da cor, da capacidade de retenção de água, da força de cisalhamento e da oxidação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de suínos, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e na EMBRAPA Gado de Corte, em Campo Grande/MS. Foram utilizados 100 suínos híbridos comerciais, machos

castrados, de alto potencial genético, com peso médio inicial de $73,62 \pm 4,76$ kg e peso médio final de $97,31 \pm 1,12$ kg. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 5×2 , composto por cinco níveis de energia líquida (2.300; 2.425; 2.550; 2.675; 2.800 kcal/kg de ração) e dois níveis de ractopamina (0 e 10 ppm/kg de ração). O critério de bloqueamento adotado foi o peso inicial dos animais.

As dietas experimentais (Tabela 8) foram preparadas à base de milho e farelo de soja, suplementadas com minerais e vitaminas, sendo formuladas de acordo com Rostagno et al. (2011). A ractopamina foi incluída nas dietas em substituição ao caulim, na concentração de 10 ppm/kg de ração. As rações e água foram fornecidas à vontade aos animais durante todo o período experimental.

O período experimental teve duração de 30 dias. Ao término do período experimental, os animais permaneceram em jejum de sólidos por 8 horas, sendo posteriormente transportados ao frigorífico, onde foram alojados em baias coletivas de espera, com livre acesso a água, por 12 horas. Posteriormente, foram abatidos de acordo com normas vigentes pelo Serviço de Inspeção Municipal. Após a insensibilização, seguiram-se as etapas de sangria, escaldagem, depilação e evisceração. As carcaças foram serradas longitudinalmente ao meio, pela coluna vertebral, dividindo-se em duas metades, e em seguida, realizou-se a lavagem.

Foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi* de uma das meias-carcaças, à altura da 12^a costela, sendo submetidas ao resfriamento lento e posterior congelamento. O descongelamento somente ocorreu nos laboratórios de carnes da EMBRAPA Gado de Corte, em temperatura de refrigeração, para a determinação da cor, da capacidade de retenção de água, do pH, da força de cisalhamento e da oxidação. O desenvolvimento das análises laboratoriais foi em laboratório com ambiente refrigerado.

O pH intramuscular foi determinado em profundidade. A leitura foi realizada em aparelho medidor de pH DMPH – 2 (Digimed, São Paulo) com eletrodo para carnes (modelo DME-CF1), após a calibração do equipamento (pH 4,0 e 7,0). O pH intramuscular e a cor foram avaliados em triplicata antes da realização dos demais testes.

A cor (valores L*, a* e b*) foi avaliada tomando-se seis pontos de leitura sobre o músculo, nas duas faces da amostra, com uso do colorímetro Minolta CR-10 previamente calibrado.

A capacidade de retenção de água foi medida conforme descrito por PARNELL-CLUNIES et al. (1986), utilizando-se a diferença de peso antes e depois da centrifugação. Pesou-se 1g de amostra (PAI), sendo submetido a centrifugação refrigerada (4^oC) por quatro

minutos. Em seguida, foi realizada a pesagem da amostra (PAPC), sendo submetido à secagem em estufa, por 12 horas. Posteriormente, é realizada a pesagem da amostra seca (PAS), sendo os dados aplicados em uma fórmula. Os resultados foram expressos em porcentagem.

Para avaliação da força de cisalhamento, utilizou-se o texturômetro TA.XT plus (Stable Micro Systems), calibrado para 2,0 kg. As amostras foram submetidas ao cozimento (72 a 75⁰C), sendo resfriadas como auxílio de gelo. Posteriormente, as amostras foram refrigeradas a 5⁰C por 12 horas. Três amostras foram retiradas, no formato de paralelepípedos com 1 × 1 × 4 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina, no aparelho, sendo os resultados expressos em kgf/g. A metodologia foi realizada de acordo com BOCCARD et al (1981) e HONIKEL (1998).

A determinação da oxidação foi determinada pesando 10g da amostra, sendo adicionado 25 mL de TCA a 75%. A homogeneização foi realizada através de um aparelho denominado STOMACHER, por um minuto. Realizou-se a filtração, sendo destinados 4 mL a um tubo de ensaio contendo 1mL de TCA a 7,5% e 5mL de TBA a 0,02M. O filtrado foi submetido ao aquecimento por 40 minutos, sendo feita a leitura em espectrofotômetro a 538 nm (VYNCKE, 1970; OSAWA et al., 2005).

Os resultados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico SAS, considerando-se o nível de 5% de significância. Foram avaliados os efeitos entre a suplementação da ractopamina e os ajustes nutricionais da dieta. Posteriormente, efetuou-se o desdobramento das interações e as médias do fator ajuste das dietas foram avaliadas pelo teste F e as médias dos planos de suplementação de ractopamina foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Composições nutricionais das dietas experimentais

Ingrediente	Energia Líquida (kcal/kg de dieta)				
	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
Milho	70,15	70,15	70,15	70,15	70,15
Farelo de soja (45%)	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
Óleo de soja	0,000	1,697	3,394	5,091	6,800
Inerte (caulim)	6,850	5,153	3,456	1,759	0,050
Fosfato bicálcico	0,832	0,832	0,832	0,832	0,832
Calcário calcítico	0,445	0,445	0,445	0,445	0,445
Suplemento Vit.+Min. ¹	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Sal comum	0,305	0,305	0,305	0,305	0,305
L-Lisina HCl	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451

DL-Metionina	0,159	0,159	0,159	0,159	0,159
L-Treonina	0,177	0,177	0,177	0,177	0,177
L-Triptofano	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037
Ractopamina ² ou inerte	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050
Valores nutricionais calculados ³					
Energia Líquida (kcal/kg)	2.300	2.425	2.550	2.675	2.800
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.045	3.186	3.327	3.468	3.608
Proteína bruta	16,00	16,00	16,00	16,00	16,00
Lisina digestível	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Met+Cist digestível	0,617	0,617	0,617	0,617	0,617
Treonina digestível	0,667	0,667	0,667	0,667	0,667
Triptofano digestível	0,187	0,187	0,187	0,187	0,187
Valina digestível	0,638	0,638	0,638	0,638	0,638
Arginina digestível	0,259	0,259	0,259	0,259	0,259
Histidina digestível	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164
Leucina digestível	0,669	0,669	0,669	0,669	0,669
Fenil+Tir digestível	0,432	0,432	0,432	0,432	0,432
Cálcio	0,484	0,484	0,484	0,484	0,484
Fósforo disponível	0,248	0,248	0,248	0,248	0,248
Sódio	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160

¹Conteúdo por quilograma do produto: Vit. A - 1.250.000 UI; Vit. D₃ - 250.000 UI; Vit. E - 6.250 UI; Vit. K₃ - 750 mg; Vit. B₁ - 375 mg; Vit. B₂ - 1.000 mg; Vit. B₆ - 375 mg; Vit. B₁₂ - 4.500 mcg; niacina - 4.500 mg; Ácido pantotênico - 2.300 mg; Ácido fólico - 125 mg; ferro - 25 g; cobre - 3.750 mg; manganês - 12.5 g; zinco - 31.25 g; iodo - 250 mg; selênio - 75 mg e excipiente q.s.p. - 1000g.

²Cloridrato de ractopamina na concentração de 10 ppm.

³Valores calculados com base na composição nutricional das matérias-primas, conforme Rostagno et al. (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não se observou ($P>0,05$) interação entre os níveis de energia líquida e a suplementação de ractopamina na dieta para as variáveis força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, oxidação e pH da carne (Tabela 9).

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia líquida e da ractopamina na força de cisalhamento da carne dos suínos. Os resultados obtidos para a força de cisalhamento, no presente estudo, estão de acordo com os resultados de Agostini et al. (2011), que também não observaram efeito da suplementação de 10 ppm de ractopamina na dieta de suínos machos em terminação sobre essa variável. Porém, esses pesquisadores, como também no presente estudo, verificaram valores de força de cisalhamento superiores aos considerados por Silveira (1997) como valores normais (2,24 a 3,01 kgf/g), para a carne suína.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia líquida e da ractopamina na capacidade de retenção de água da carne dos suínos no presente estudo. Considerando-se a

variação da capacidade de retenção de água na carne de suínos, pode-se inferir que o valor médio de 45,75%, obtido no presente estudo, pode ser considerado como normal. Essa variável também pode sofrer variações de acordo com o aumento do diâmetro das fibras devido a maior síntese de proteínas ocasionada pela ractopamina. O aumento do conteúdo proteico da carcaça nos suínos eleva os índices de força de cisalhamento, ou seja, ocorre a redução na maciez da carne (ALVES et al., 2005).

Tabela 9. Níveis de energia líquida em dietas contendo ractopamina para suínos em terminação na força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, oxidação e pH

Variáveis	EL	R		Média	Valor P			CV%
		0	10		EL	R	ELxR	
Força de cisalhamento kgf/g	2.300	4,83	4,55	4,69	0,633	0,694	0,864	26,464
	2.425	4,43	4,58	4,50				
	2.550	4,80	4,62	4,71				
	2.675	4,41	4,39	4,40				
	2.800	3,37	4,33	3,91				
	Média	4,41	4,50					
Capacidade de retenção de água %	2.300	46,54	45,98	46,26	0,561	0,196	0,932	8,508
	2.425	47,33	46,55	46,98				
	2.550	45,89	42,58	44,24				
	2.675	46,94	45,20	46,07				
	2.800	45,91	44,38	45,06				
	Média	46,58	44,94					
Oxidação mg de malonaldeído/kg	2.300	0,02	0,03	0,020	0,231	0,937	0,890	72,903
	2.425	0,03	0,02	0,023				
	2.550	0,04	0,03	0,036				
	2.675	0,02	0,02	0,020				
	2.800	0,03	0,03	0,028				
	Média	0,025	0,025					
pH	2.300	5,74	5,77	5,76	0,457	0,694	0,440	3,326
	2.425	5,76	5,50	5,64				
	2.550	5,49	5,72	5,61				
	2.675	5,67	5,62	5,65				
	2.800	5,74	5,70	5,72				
	Média	5,68	5,66					

R=Ractopamina; EL= energia líquida; EL x R= Interação entre energia líquida e ractopamina.

Não houve efeito ($P>0,05$) dos níveis de energia líquida e ractopamina na oxidação da carne de suínos. São escassos os trabalhos observados na literatura relacionados à utilização de ractopamina e a oxidação lipídica. Em geral, valores acima de 1,59 mg de malonaldeído/kg de amostra podem causar danos à saúde do consumidor (TERRA et al.,

2006). O malonaldeído é um composto formado pela decomposição dos hidroperóxidos lipídicos, e sua concentração é utilizada para avaliar a intensidade da peroxidação lipídica em tecidos.

O processo de oxidação da carne determina a vida de prateleira tanto da matéria-prima como do produto industrializado, sendo que a principal alteração sensorial é o desenvolvimento de odor rançoso (DEGÁSPARI & WASZCZYNKYJ, 2004). Os ácidos graxos insaturados são tidos como componentes altamente instáveis, sendo que a carne suína é mais suscetível à oxidação devido a presença da grande quantidade desses ácidos graxos o que pode comprometer a qualidade da carne *in natura* e dos produtos processados, resultando em alterações indesejáveis em relação aos aspectos sensoriais.

Os níveis de energia líquida e de ractopamina na dieta não influenciaram ($P>0,05$) o pH da carne de suínos. A determinação do pH é a metodologia mais comum e universalmente aceita como indicador da qualidade final da carne. As alterações dessa variável no músculo ocorrem em decorrência das mudanças bioquímicas associadas com a glicólise anaeróbica, levando a maior ou menor produção de lactato nos processos bioquímicos *post mortem*. O pH das carnes sofre variação entre 5,2 a 7,0. Por sua vez, o pH da carne suína varia entre 5,7 e 5,9, sendo reduzido devido à formação ácida (ORDÓÑEZ, 2005).

A queda do pH abaixo de 5,8 na primeira hora após o abate, concomitante com a temperatura alta do músculo, torna possível a existência de uma carne com característica pálida, flácida e exsudativa. Suas características englobam uma maior palidez, o aparecimento da flacidez e redução na capacidade de retenção de água da carne, tornando a carne exsudativa (MAGANHINI et al., 2007).

Por outro lado, Minatti & Sá (2006) citam que a carne seca, firme e escura, possui pH final mais elevado, acima de 6,0, aumentando a capacidade de retenção de água, porém, sua aparência é firme, escura, apresentando a superfície seca. Todavia, o valor médio de 5,67 para o pH da carne, observado no presente estudo, pode ser considerado como valor normal.

Não se observou interação ($P>0,05$) entre os níveis de energia líquida e ractopamina sobre a luminosidade, teor de vermelho e teor de amarelo (Tabela 10). Da mesma forma, não houve ($P>0,05$) efeito dos níveis de energia líquida e de ractopamina sobre a luminosidade, teor de vermelho e teor de amarelo.

Tabela 10. Níveis de energia líquida em dietas contendo ractopamina para suínos em terminação sobre a luminosidade, o teor de vermelho e o teor de amarelo

Variáveis	EL	R		Média	Valor P			CV%
		0	10		EL	R	ELxR	
L*	2.300	48,04	43,28	45,660	0,276	0,083	0,166	7,692
	2.425	48,62	47,82	48,255				
	2.550	47,34	50,14	48,740				
	2.675	48,12	44,04	46,080				
	2.800	48,90	45,98	47,278				
	Média	48,19	46,25					
a*	2.300	7,14	6,32	6,73	0,680	0,223	0,840	23,616
	2.425	6,37	7,12	6,71				
	2.550	8,22	7,00	7,61				
	2.675	6,90	6,28	6,59				
	2.800	7,53	6,70	7,07				
	Média	7,18	6,68					
b*	2.300	14,84	14,14	14,49	0,061	0,135	0,295	13,027
	2.425	14,52	15,18	14,82				
	2.550	14,98	15,02	15,00				
	2.675	13,96	13,42	13,69				
	2.800	18,25	14,76	16,31				
	Média	15,16	14,50					

R= Ractopamina; EL= energia líquida; EL x R= Interação entre energia líquida e ractopamina.

A cor é o índice de frescor e qualidade das carnes mensurada de forma subjetiva pelo consumidor, sendo determinada pela mioglobina. A coloração indica a sua concentração e seu estado de oxigenação ou oxidação na superfície do músculo, 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 melhorar a coloração da carne (LIMA JUNIOR et al., 2011).

Além disso, tem-se constatado que a perda da cor da carne pode estar relacionada com a oxidação de vitaminas e proteínas, que podem diminuir o valor nutritivo da carne e que estão relacionados as alterações que ocorrem nas fibras musculares (CHANG et al., 2003). Algumas pesquisas têm avaliado a importância desses grupamentos presentes na carne como catalizadores de processos oxidativos de lipídeos (FAUSTMAN et al., 2010).

Valores de L* entre 49 e 60, são considerados dentro do padrão de qualidade da carne suína, pela *American Meat Science Association* (AMSA, 2001). Para Ramos & Gomide (2007), esses valores se situam entre 45 e 53. O valor médio de 47,23 obtido no presente estudo está dentro dos valores normais. Valores de vermelho (a*) para a carne de suínos

situam-se entre 5,50 a 5,94 (SILVEIRA, 1997). Entretanto, o valor médio de 6,95 observado no presente estudo foi superior. Em relação ao valor médio de amarelo (b*) de 14.89 obtido no presente estudo, está acima daqueles citados por Silveira (1997), cujos valores variam de 5,80 a 6,53.

CONCLUSÕES

Dessa forma, pode-se concluir que níveis de energia líquida entre 2.300 e 2.800 kcal/kg de dieta e níveis de 10 ppm de ractopamina não alteram a força de cisalhamento, a capacidade de retenção de água, a oxidação, o pH e a coloração da carne de suínos.

COMITÊ DE ÉTICA E BIOSSEGURANÇA

Aprovado pela comissão de ética no uso de animais – protocolo nº 425/2012 – UFMS.

REFERÊNCIAS

AGOSTINI, P.S; SILVA, C.A.; BRIDI, A.M. et al. Efeito da ractopamina na performance e na fisiologia do suíno. **Archivos de Zootecnia**, v.60, p.659-670, 2011.

ALVES, D.D.; GOES, R.H. de T.B.; MANCIO, A.B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, p.135-149, 2005.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. Savoy: 2001. 160p.

ARMSTRONG, T.A. et al. 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**, v.82, p.3245-3253, 2004.

CHANG, K.C.; COSTA, N. da; BLACKLEY, R. et al. Relationships of myosin heavy chain fiber types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, v.64, 93-103, 2003.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v.5, p.33-40, 2004.

FAUSTMAN, C.; SUN, Q.; MANCINI, R. et al. Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. **Meat Science**, v.86, p.86-94, 2010.

JACELA, J.Y.; DEROCHEY, J.M.; TOKACH, M.D. et al. Feed additives for swine: Fact sheets – carcass modifiers, carbohydrate-degrading enzymes and proteases, and anthelmintics. **Journal of Swine Health and Production**, v.17, p.325-332, 2009.

LIMA JUNIOR, D.M. de; RANGEL, A.H. do N.; URBANO, S.A.; MACIEL, M. do V.; AMARO, L.P. de A. Alguns aspectos qualitativos da carne bovina: uma revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.5, p.351-358, 2011.

MAGANHINI, M.B.; MARIANO, B.; SOARES, A.L. et al. Carnes PSE (*Pale, Soft, Exsudative*) e DFD (*Dark, Firm, Dark*) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, p. 69-72, 2007.

MORENO, R.; MILLER, P.S.; BURKEY, T.E. Effect of increasing lysine:net energy ratio on growth performance and plasma urea nitrogen concentration of late-finishing barrows fed low-protein amino acid-supplemented diets and ractopamine. **Nebraska Swine Report**, v.42, p.30-32, 2008.

MOURA, M.S. de; KIEFER, C; SILVA, C.M. et al. Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, p.1968-1974, 2011.

PUPA, J.M.R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.1, p.69-73, 2004.

RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e Metodologias**. Ed. UFV, 2007. 599 p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.

SILVEIRA, E.T.F. **Técnicas de abate e seus efeitos na qualidade da carne suína**. Campinas, 1997. 226p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), 1997.

TERRA, N.N.; CICHOSKI, A.J.; FREITAS, R.J.S. de. Valores de nitrito e TBARS durante o processamento e o armazenamento da paleta suína curada, maturada e fermentada. **Ciência Rural**, v.36, p.965-970, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com este estudo, não foram conclusivos quanto ao uso da ractopamina na dieta de suínos em terminação, em relação à qualidade da carne.