

INFLUÊNCIA DA RACTOPAMINA NA QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS¹

Priscila Furtado Campos², Bruno Andreatta Scottá², Bárbara Lopes de Oliveira³

RESUMO – A ractopamina é um agonistas β -adrenérgico muito utilizado nas dietas de suínos em terminação por proporcionar um redirecionamento dos nutrientes, reduzindo a gordura e aumentando a deposição de carne magra na carcaça. Já foi demonstrado que a ractopamina promove melhora no desempenho e nas características de carcaça de suínos. Alguns estudos mais antigos demonstram que o agonista não exerce impacto significativo sobre a qualidade da carne, porém estudos recentes demonstram influência do agonista na coloração e composição de ácidos graxos. Nesta revisão, objetiva-se fazer uma análise dos estudos mais recentes nessa área, demonstrando a influência do agonista na qualidade da carne suína. Os principais parâmetros de qualidade de carne normalmente avaliados são: pH, capacidade de retenção de água, gordura intramuscular, cor, maciez, suculência, sabor. Metodologicamente utilizou-se nessa revisão teses e artigos nacionais e internacionais, relacionados ao tema. Conclui-se que, de acordo com os trabalhos avaliados, a ractopamina tem mostrado exercer influência na qualidade da carne, promovendo aumento da força de cisalhamento e na quantidade de ácidos graxos insaturados e mudança na coloração da carne. Porém não tem sido observadas mudanças nas características organolépticas como textura e sabor.

Palavras-chave: β -adrenérgico, cor, maciez, pH.

INFLUENCE OF RACTOPAMINE IN MEAT QUALITY OF PIGS

ABSTRACT – *Ractopamine is a β -adrenergic agonists widely used in diets for finishing pigs by providing a redirection of nutrients, reducing fat and increasing lean meat deposition in the carcass. It has been shown that ractopamine promotes improved in performance and carcass characteristics of pigs. Some older studies demonstrate that the agonist does not have significant impact on the quality of the meat, but recent studies show the influence of agonist in the color and fatty acid composition. In this review, the objective is to analyze of the most recent studies in this area, demonstrating the influence of agonist on quality of pork meat. The main parameters of meat quality are usually evaluated: pH, water retention capacity, fat marbling, color, tenderness, juiciness and flavor. Methodologically up that review theses and national and international articles, related to the theme. It is concluded that, according to the studies evaluated the ractopamine has been shown to influence the quality of the meat, increasing the shear force and the amount of unsaturated fatty acids and change in color of the meat. However there has not been observed changes in the organoleptic characteristics such as texture and flavor.*

Keywords: β -adrenergic, color, pH, tenderness.

¹ Recebido para publicação em 23/04/2013 e aprovado em 15/07/2013.

² Zootecnista, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - DZO/UFV - pricampos2@yahoo.com.br

³ Estudante de Zootecnia - UFV/bolsista de iniciação científica (Fapemig).



1. INTRODUÇÃO

Os consumidores modernos estão cada vez mais preocupados com a saúde e com a qualidade de vida, o que traz reflexos sobre os produtos cárneos e seus processos de produção. A gordura, principalmente da carne suína, é considerada hoje em dia pela maioria dos consumidores como um componente desnecessário, sendo que os produtores trabalham cada vez mais de forma a conseguir maior produção de carne magra e menos gordura.

Nesse sentido, têm sido adotadas novas tecnologias na área de nutrição que permitam aumentar a produção e porcentagem de carne magra na carcaça dos suínos, potencializando o desempenho e garantindo a qualidade final do produto.

Dentre as alternativas está a ractopamina que é um aditivo beta-adrenérgico com estrutura semelhante à das catecolaminas epinefrina e norepinefrina, que age alterando o metabolismo animal modificando a forma como ocorre a repartição dos nutrientes. Têm-se observado um redirecionamento dos nutrientes que seriam destinados a produção e deposição de lipídeos para serem utilizados na deposição de tecido muscular (Pereira et al., 2008). Assim, ao mesmo tempo em que ocorre redução na síntese lipídica, há aumento na síntese proteica, o que proporciona melhora do desempenho e das características quantitativas de carcaça dos suínos. A ractopamina é utilizada na fase de terminação de suínos por ser a fase que apresenta maior transformação na composição da carcaça, com maior consumo de ração e menor eficiência alimentar.

Diversos trabalhos já comprovaram a eficiência da ractopamina em melhorar o desempenho e as características de carcaça de suínos, porém os resultados para qualidade de carne ainda são controversos. Trabalhos mais antigos indicam que a ractopamina não exerce nenhum impacto significativo sobre a qualidade da carne suína, inclusive na cor, na marmorização, na firmeza e nos valores de pH final (Stites et al., 1994; Uttaro et al., 1993). Porém trabalhos mais recentes indicam efeito da ractopamina sobre a cor devido a mudanças na composição das fibras musculares (Chang et al., 2003), além da diminuição na quantidade de ácidos graxos saturados e aumento da poliinsaturação de lipídios da carne suína (Carr et al., 2005).

Desse modo, serão abordados nesta revisão os estudos mais recentes que associam a suplementação

de ractopamina em dietas para suínos e sua influência sobre os aspectos relacionados à qualidade da carne.

2. EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO DE DIETAS COM RACTOPAMINA SOBRE A QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS

2.1. Ractopamina

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico que tem sido muito utilizada nas dietas de suínos de terminação por proporcionar melhorias significativas no desempenho e nas características de carcaça, sendo classificada como repartidora de nutrientes, proporcionando redução na gordura da carcaça, e aumento na quantidade de carne magra o que é desejável tanto para o produtor quanto para o consumidor (Agostini et al., 2008).

Quando há a estimulação dos receptores β por β -adrenérgicos no interior da membrana celular, começam as ações mediadas pela ractopamina. O agonista juntamente com o receptor forma um complexo que é acoplado a uma proteína chamada de proteína G_s , que consiste de três subunidades, alfa, beta e gama. A proteína G_s quando na sua forma desativada tem sua subunidade alfa ligada a guanosina difosfato (GDP) (Lehninger et al., 2007). A ractopamina atua como primeiro mensageiro sobre o receptor β fazendo com que a subunidade alfa se desligue da beta e gama e o GDP substituído pelo GTP pela subunidade alfa. O complexo alfa-GTP promove uma modificação na fluidez da membrana permitindo o seu deslocamento lateral e estimulando a ação catalítica da adenilato ciclase (Barros et al., 1999). A guanosina trifosfato (GTP) interage com adenilato ciclase, formando o complexo que converte adenosina trifosfato (ATP) para adenosina monofosfato cíclica (AMPc). Que passa a atuar como segundo mensageiro (Mcgraw & Liggett, 2005). O AMPc ativa a proteína quinase (PKA), que se encontra na forma inativa, tornando-a ativa, a qual conduz a fosforilação de enzimas responsáveis pela resposta final da célula (Mcgraw & Liggett, 2005).

Essas enzimas quando estão fosforiladas (na forma EPO_4), promovem respostas celulares que incluem: estimulação da lipólise, glicogenólise, aumentos da insulina e glucagon, relaxamento da musculatura lisa e aumento da contração cardíaca (Moody et al., 2000). Algumas enzimas quando são fosforiladas ficam inativas, como é o caso da acetil-CoA carboxilase, envolvida no processo de biossíntese de ácidos graxos (Mersmann, 1998).



Dessa forma, a ractopamina tem sido recomendada na fase final da produção de suínos, com o objetivo de promover o aumento na deposição de tecido magro e diminuição na lipogênese.

2.2. Qualidade da carne de suínos

A definição da qualidade da carne não é um conceito simples, uma vez que envolve um conjunto de características objetivas e subjetivas. Os aspectos objetivos incluem pH, capacidade de retenção de água e gordura intramuscular, e os subjetivos cor, maciez, suculência, aparência da carne, resistência à mastigação, sabor e aroma. Essas características são de extrema importância tanto para o produtor quanto para o consumidor, sendo relacionadas à palatabilidade e as perdas que ocorrem durante processamento e armazenamento.

De acordo com Warris & Brown (2000) a qualidade da carne é uma medida das características desejadas e valorizadas pelo consumidor, principalmente em seus aspectos sensoriais e tecnológicos. Rosenvold & Andersen (2001) citam como principais atributos de interesse: as características sensoriais (aparência, cor, sabor, textura e suculência), a CRA, a composição, o conteúdo de gordura, a estabilidade oxidativa e a uniformidade.

Fatores genéticos e não genéticos podem influenciar a qualidade da carne. A importância dos fatores genéticos pode ser verificada através de diferenças substanciais de herdabilidade entre e dentro de raças, sendo que a herdabilidade para a maioria das características da carne suína varia de 0,15 a 0,50. Entre os fatores não genéticos estão: as condições da granja, do transporte, do abate e processamento.

3. CARACTERÍSTICAS DA CARNE DE SUÍNOS SUPLEMENTADOS COM RACTOPAMINA

As características de carcaça de forma geral são melhoradas com a utilização da ractopamina e um dos efeitos é a diminuição da quantidade de gordura. Esta substância inibe a síntese de ácidos graxos em várias espécies, além de estimular sua degradação. Porém, os resultados referentes à suplementação de ractopamina em dietas para suínos e sua influência na qualidade da carne mostram resultados contraditórios. Stites et al. (1991) afirmam que a ractopamina não causa efeitos negativos à qualidade da carne e pode trazer

maior benefícios econômicos para a indústria de alimentos.

Bridi et al. (2006) trabalhando com suínos machos castrados e fêmeas dos genótipos halotano homocigoto dominante (Hal^{NN}) e heterocigoto (Hal^{Nn}) suplementadas ou não com ractopamina verificaram que o uso de 10 ppm de ractopamina na ração não afetou os valores de pH inicial e final da carne, a temperatura da carcaça 45 minutos após o abate, o grau de marmoreio e a maciez da carne dos suínos. Da mesma forma não verificaram diferenças sobre os parâmetros de perda de água e coloração da carne entre os suínos suplementados ou não com ractopamina. Warris et al. (1990) observou maior valor de pH da carne de suínos em terminação suplementados com salbutamol. O autor sugeriu que o agonista consome o glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido lático na carcaça após o abate. O pH é o parâmetro utilizado para determinar o nível de acidificação e alcalinidade da carne. É uma das formas de avaliação mais utilizada atualmente pelas indústrias para auxiliar na determinação da qualidade da carne, por ser prática e fornecer resultados instantâneos. Cor, firmeza e capacidade de retenção de água são afetadas pelo pH do músculo. Valores ótimos de pH (avaliado 24 horas após o abate) para carne fresca de suínos deve estar entre 5,5 a 5,8 (Dalla Costa, 2005).

A maciez é um dos fatores mais importante para o consumidor, para julgar a qualidade da carne. De acordo com Koohmaraie (1992) o principal sistema proteolítico relacionado com a maciez da carne é denominado calpaínas, proteínas que contêm no sítio ativo um resíduo de cisteína, produzidas pelos músculos como proenzimas que são ativadas por cálcio, tendo três componentes principais: calpaína tipo I e tipo II, e calpastatinas, que têm a função de inibir as calpaínas. Entre espécies, quanto maior a atividade de calpastatina maior a força de cisalhamento medida na carne, e menor a maciez, sendo que a carne bovina apresenta maior calpastatina e menor maciez da carne, enquanto a espécie suína apresenta menor calpastatina e maior maciez da carne. Da mesma forma, a força de cisalhamento também é utilizada para avaliar a maciez da carne, sendo que quanto maior a força de cisalhamento maior a dureza da carne.

Watkins et al. (1990) e Stites et al. (1991) não relataram diferenças na determinação da firmeza dos músculos

de animais tratados ou não com ractopamina. Por outro lado, maior força de cisalhamento em carnes de suínos tratados com $\hat{\alpha}$ -adrenérgicos foi detectada por, Jones et al. (1985), Uttaro et al. (1993) e Warris et al. (1991). No entanto, a diminuição da textura da carne desses animais não ocorre em função das modificações da estrutura do tecido conjuntivo muscular, mas sim como consequência dos efeitos da diminuição lipídica do músculo e das alterações das miofibrilas musculares, como se pode constatar durante os processos de maturação da carne (Kretchmar et al., 1990; Berge et al., 1993).

Uma meta-análise conduzida por Apple et al. (2007) mostrou que a força de cisalhamento aumentou em 4.4, 10.9 e 8.6% quando os animais foram suplementados com 5, 10 e 20 ppm de RAC respectivamente. Através de análise sensorial foi demonstrada menor maciez para animais recebendo RAC, o que está de acordo com os maiores valores para a força de cisalhamento. Este aumento na força de cisalhamento pode estar relacionado com o menor índice de fragmentação miofibrilar, pois a RAC pode predispor ao aumento da expressão gênica relativa às isoformas da calpastatina (Calp 1 – 1xa e Calp 3 – 1u).

Leonardo (2008) realizou um estudo utilizando animais da raça Large White e Duroc, suplementados com 0, 10 e 20 ppm de ractopamina, com o objetivo de quantificar três isoformas (Calp1 – 1xa; Calp2 – 1xb; Calp 3 – 1u) do gene da calpastatina e relaciona-las com índice de fragmentação miofibrilar, medido 0, 3 e 5 dias pós-abate, e força de cisalhamento 1 e 5 dias pós-abate. Observou maior expressão da isoforma Calp 1 nos animais Large White e nos animais tratados com 10 e 20 ppm de ractopamina, demonstrando a influência do agonista na maciez da carne.

A marmorização ou gordura intramuscular é uma característica que pode ser avaliada visualmente e objetivamente, estando diretamente relacionada com a qualidade da carne. A gordura intermuscular impede a perda do suco muscular durante o cozimento, aumentando a capacidade de retenção de água pela carne, com consequente aumento da suculência.

Estudos realizados por Warris et al. (1990) mostram redução de gordura intramuscular nos animais tratados com agonistas $\hat{\alpha}$ -adrenérgicos. Por outro lado, Stites et al. (1991) e Bark et al. (1992) não observaram diferenças na taxa de marmoreio da carne de animais suplementados com ractopamina.

Adeola et al. (1990) não observaram diferenças significativas para a composição de proteína bruta, extrato etéreo e cinzas do músculo *Longissimus dorsi* de animais suplementados com 20 ppm de RAC, no entanto, alguns estudos mostram maiores valores para proteína bruta e como consequência, diminuição da porcentagem de gordura dos mesmos (Uttaro et al., 1993; Xiao et al., 1999).

A perda de água no gotejamento é um parâmetro indicativo da capacidade de retenção de água (CRA) da carne. Segundo Warris et al. (1990), a capacidade de retenção de água da carne aumenta nos animais tratados com ractopamina, uma vez que há menor deposição de gordura e a maior deposição protéica, que determina um incremento na retenção de água. A CRA compromete a aparência da carne, influencia diretamente no processo industrial uma vez que juntamente com a água são perdidas proteínas solúveis, vitaminas e minerais, e tem forte relação com a suculência e textura da carne fresca após o cozimento (Warris, 2000).

Almeida et al. (2010), avaliaram o efeito da adição de ractopamina, cromo metionina e suas combinações em dietas para suínos em crescimento e terminação sobre a qualidade da carne. Os autores não observaram efeito de interação entre o nível de ractopamina \times nível de cromo-metionina para nenhuma das variáveis de qualidade da carne estudadas, porém observaram efeito da suplementação de 5 ppm de ractopamina nos teores de vermelho e amarelo os quais foram menores em animais suplementados com ractopamina, e menor perda de peso por gotejamento da carne dos animais que receberam 5 ppm de ractopamina nas dietas. O pH final não foi influenciado pela adição de ractopamina nesse estudo (tabela 3). Por outro lado, Uttaro et al. (1993), Carr et al. (2005) trabalhando com suplementação de ractopamina para suínos em terminação não observaram efeito do agonista na perda de água no gotejamento.

Pesquisas anteriores têm demonstrado reduções significativas com a adição de ractopamina sobre os valores de a^* e b^* . Carr et al. (2005) verificaram valores menores de a^* e b^* em animais suplementados com 5 e 7,4 ppm de ractopamina. Da mesma forma Fernández-Dueñas et al. (2008) também observaram que a suplementação de 10 ou 20 ppm de rac nas dietas promove redução nos valores de a^* e b^* . Entretanto, há estudos mostrando que a suplementação de 5, 10 ou 20 ppm



de ractopamina para suínos não influenciou a coloração da carne (Armstrong et al., 2004; Bridi et al., 2006).

O valor de a^* é indicativo da concentração de oximioglobina presente na carne (Uttaro et al., 1993). Dessa forma, carnes que apresentam valores menores de a^* apresentam coloração menos vermelha, o que não é interessante do ponto de vista da indústria.

De modo geral, o valor de b^* avalia os pigmentos carotenóides que se depositam na gordura (Bressan et al., 2004). Segundo Cisneros et al. (1996), animais abatidos mais tardiamente são mais susceptíveis a variações nos valores de b^* , uma vez que apresentam maior deposição lipídica, tanto na camada subcutânea quanto no interior dos músculos com o aumento do peso. Além disso, as alterações no valor de b^* podem ser um indicativo de mudanças na composição de ácidos graxos da gordura intramuscular (Joo et al., 2002). Segundo Armstrong et al. (2004), os diferentes resultados observados na literatura com relação ao efeito da suplementação de ractopamina sobre os parâmetros de cor da carne suína podem ser atribuídas aos diferentes equipamentos utilizados para a descrição física da cor, bem como diferentes tipos de escalas, cada uma com seu diâmetro da abertura e ângulo de observação.

Garbossa (2010) ao avaliar a inclusão de diferentes níveis de ractopamina (0, 5, 10, 15 e 20 ppm) em dietas para suínos em terminação verificou menor quantidade de proteína bruta no músculo *Longissimus dorsi* e maior quantidade de extrato etéreo em animais recebendo suplementação com 20 ppm de RAC. Segundo o autor o aumento da deposição de gordura pode estar relacionado à diminuição do número de receptores denominado “*down-regulation*”. Com relação à coloração da carne, não observou diferença nos valores de L, porém verificou menor valor de a^* em animais suplementados com 15 ppm de rac e menor valor de b^* com a suplementação de 10 ppm de rac. Foi verificado também menor perda de água no gotejamento e maior força de cisalhamento para animais recebendo 20 ppm de rac.

Agostini et al. (2011) avaliou níveis de suplementação de ractopamina (0, 10 e 20 ppm) em dietas para suínos machos castrados e fêmeas em terminação e sua influência sobre a qualidade da carne. Os autores não observaram efeito de interação da ractopamina com o sexo. Os autores não verificaram efeito da ractopamina no pH inicial e final da carne,

na força de cisalhamento e nas perdas de água (descongelamento, gotejamento e cocção). Porém verificaram menor valor de a^* e maior diâmetro da fibra em animais suplementados com 20 ppm de ractopamina. A taxa de marmoreio também foi menor em animais que receberam o maior nível do agonista. De acordo com os autores, a redução no valor do marmoreio de acordo com o aumento dos níveis de ractopamina é indicativo de um aumento no diâmetro das fibras musculares associado à redução da lipogênese e ao aumento da lipólise do tecido adiposo, ações específicas determinadas pelo agonista.

O efeito da ractopamina sobre a síntese proteica ocorre pela ligação aos receptores de membranas, aumentando o diâmetro das fibras musculares (Aalhus et al., 1992). O aumento na síntese proteica pode ser o resultado da maior expressão gênica das miofibrilas observadas em suínos geneticamente melhorados para produção de carne magra (Aalhus et al., 1992).

No mesmo estudo realizado por Agostini et al. (2011) foi realizada a análise sensorial da carne e não foi observada diferença entre os níveis de ractopamina, porém a maior pontuação em valores absolutos foi para a carne de animais que não receberam a suplementação de ractopamina na dieta.

Athayde et al. (2012), ao avaliar a suplementação de ractopamina (0, 5 ou 10 ppm) em dietas para suínos machos castrados ou fêmeas em terminação não observaram diferenças para o pH inicial e final, perda de água por exsudação e valores de L* e b*. Porém verificaram menor perda de água na cocção para o nível de 10 ppm de ractopamina e maior força de cisalhamento. De acordo com os autores, a ractopamina é responsável pelo aumento do diâmetro da fibra muscular, pela redução da atividade da enzima proteolítica calpaína e esta redução da maciez é consequência da diminuição da degradação de proteínas e da quebra de miofibrilas nos músculos de suínos alimentados com ração contendo este aditivo. Também verificaram que animais suplementados com 10 ppm de ractopamina apresentaram valores de a^* (vermelho) inferiores, quando comparados aos animais que não foram suplementados com esse aditivo. Foi observado diminuição do escore visual de marmorização com a inclusão de ractopamina, havendo diferença somente entre os animais do grupo controle (0 ppm) e aqueles que receberam 10 ppm de ractopamina. De acordo com os autores, a inclusão de 10 ppm influencia

negativamente os parâmetros de qualidade de carne, recomendando-se, portanto a inclusão de 5 ppm de ractopamina.

Outro parâmetro que tem sido analisado por pesquisadores, é o perfil de ácidos graxos na carne suína. Segundo Braganolo & Rodriguez-Amaya (2002), a carne suína apresenta um excelente equilíbrio em ácidos graxos insaturados e saturados. Através da alimentação é possível modificar a composição de ácidos graxos da carne, uma vez que os ácidos graxos da alimentação não sofrem modificação química, sendo depositados diretamente nos tecidos. Segundo Weber et al. (2006) a inclusão de 10 ppm de ractopamina às dietas de suínos em terminação não influencia a composição dos ácidos graxos. Por outro lado, Carr et al. (2005) afirma que a suplementação de ractopamina influenciam os teores de ácidos graxos na gordura subcutânea, causando diminuição na quantidade de ácidos graxos saturados e aumento da poliinsaturação de lipídios da carne suína, podendo alterar o perfil de ácidos graxos da carne, tornando-o mais insaturado o que poderia aumentar a chance da ocorrência de oxidação e como consequência perda de qualidade organoléptica e possível rejeição por parte do consumidor, sendo que essas alterações podem ocorrer com níveis mais altos de inclusão (Apple et al., 2007).

Watanabe et al. (2012) analisaram a qualidades física, química e sensorial, além do perfil de ácidos graxos da carne de fêmeas suínas alimentadas com dietas com (0, 5, 10 ou 15 mg de rac/kg). Não observaram efeito da adição de ractopamina nas dietas sobre o pH, a capacidade de retenção de água, a força de cisalhamento, a cor (L^* , a^* , b^*) e a oxidação lipídica da carne de fêmeas suínas. Observaram maiores perdas por cocção da carne, com as crescentes concentrações de ractopamina adicionadas às dietas sendo o maior valor de perdas por cocção estimado para a concentração de 11,57mg de ractopamina/kg de dieta. Também não verificaram efeito da adição de ractopamina nas dietas sobre a composição em ácidos graxos e a proporção de ácidos graxos saturados e insaturados das amostras do músculo *Longissimus* de fêmeas suínas

Em relação à análise sensorial das amostras do músculo *Longissimus* de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta,

não foi observada diferença ($P>0,05$) entre as amostras para os parâmetros de sabor, textura e aceitação geral.

Rossi et al. (2010), trabalhando com suínos machos castrados e fêmeas em terminação com adição de ractopamina nas dietas (0, 10 ou 20 ppm), verificaram que a utilização da ractopamina na alimentação de suínos aumentou as concentrações de proteína e umidade no músculo *Longissimus dorsi*, e diminuiu a quantidade de gordura. Também verificaram alteração no perfil de ácidos graxos insaturados do músculo *Longissimus dorsi*, com aumento na quantidade de ácido linoleico e diminuição no araquidônico.

O aumento da relação entre ácidos graxos insaturados e saturados agrega maior valor à carne suína, uma vez que se torna um produto mais saudável, porém esse aumento não é vantajoso para a indústria, uma vez que aumenta a susceptibilidade à oxidação dessa gordura contida na carne. Neste sentido, novas pesquisas têm sido feitas associando a ractopamina com o uso de antioxidantes naturais nas dietas visando diminuir a oxidação dos ácidos graxos insaturados na carne suína.

4. CONCLUSÃO

A maioria dos estudos atuais que relacionam a utilização da ractopamina e sua influência na qualidade da carne de suínos demonstra que a ractopamina exerce influência em alguns parâmetros relacionados à qualidade da carne. Observa-se aumento na força de cisalhamento, alteração da cor e maior relação ácidos graxos insaturados/saturados. Porém de acordo com análise sensorial a suplementação de ractopamina não exerce influência na textura e sabor da carne. Dessa forma torna-se necessário a realização de mais estudos que associam a utilização da ractopamina com a qualidade da carne suína.

5. LITERATURA CITADA

AALHUS, J.L.; SCHAEFER, A.L.; MURRAY, A.C. et al. The effect of ractopamine on myofibre distribution and morphology and their relation to meat quality in swine. **Meat Science**, v.31, n.4, p.397-409, 1992.

ADEOLA, O.; DARKO, E.A.; HE, P. et al. Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.68, n.11, p.3633-3641, 1990.



- 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, n.231, p.659-660, 2011.
- 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.
- APPLE, J.K.; RINCHER, F.K.; MCKEITH, S.N. et al. **Review: Meta-Analysis of the Ractopamine Response in Finishing Swine. The Professional Animal Scientist**, v 23, p.179-196, 2007.
- ARMSTRONG, T.A.; IVERS, D.J.; WAGNER, J.R. et al. The effect of dietary ractopamina 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.; COSTA, O.A.D.; ROÇA, R.O. et al. **Influência da ractopamina na qualidade da carne suína**. In Comunicado Técnico, Embrapa, 2012.
- BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, O.L. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamina. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3391-3400, 1992.
- BARROS, R.D.A.; OKOSHI, M.P.; CICOGNA, A.C. Via beta-adrenérgica em corações normais e hipertrofiados. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, Rio de Janeiro, v.72, n.5, p.641-648, 1999.
- 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.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.22, n.1, p.98-104, 2002.
- BRESSAN, M.C.; JARDIM, N.S.; PERÉZ, J.N.O. et al. Influência do sexo e faixas de peso ao abate nas características físico-químicas de carne de capivara. **Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, p.357-362, 2004.
- 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**, Viçosa, v.35, p.2027-2033, 2006.
- CARR, S.N.; RINCKER, P.J.; KILLEFER, 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.
- 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.
- CISNEROS, F.; ELLIS, M.; MCKEITH, F.K. et al. Influence of slaughter weight on growth and carcass characteristics, commercial cutting and curing yields, and meat quality of barrows and gilts from two genotypes. **Journal of Animal Science**, v.74, p.925-933, 1996.
- DALLA COSTA, O.A. **Efeitos do manejo pré-abate no bem-estar e na qualidade de carne de suínos**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Jaboticabal, SP: UNESP, 2005, 162p.
- FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D.M.; MYERS, A.J.; SCRAMLIN, S.M. et al. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy weight pigs fed ractopamina hydrochloride (Paylean®). **Journal of Animal Science**, 2008. Abstract. Disponível em: <<http://jas.fass.org/cgi/content/abstract/jas.2008-0899v1>>
- GARBOSSA, C.A.P. **Composição química, características físicas e peroxidação lipídica da carne de suínos alimentados com diferentes níveis de ractopamina**. Tese (Mestrado em Ciências Veterinárias). Lavras, MG: UFLA, 2010, 71p.

- JONES, R.W.; EASTER, R.; McKEITH, R.H. Effect of the α - adrenergic cimaterol on the growth and carcass characteristics of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.61, p.905-913, 1985.
- JOO, S.T.; LEE, J.I.; HA, Y.L. et al. Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color, and water-holding capacity of pork loin. **Journal of Animal Science**, v.80, p.108-112, 2002.
- KOOHMARAIE, M. Ovine skeletal muscle multicatalytic proteinase complex (proteasome): purification, characterization, and comparison of its effect on myofibrils with mcalpain. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3697-3708, 1992.
- KRETCHMAR, D.H.; HATHAWAY, M.R.; EPLEY, R.J. et al. Alterations in postmortem degradation of myofibrillar proteins in muscle of lambs fed a β -adrenergic agonist. **Journal of Animal Science**, v.68, p.1760-1772, 1990.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 2007. 1232p.
- LEONARDO, E.F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos**. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens), Piracicaba, SP: ESALQ, 2008. 65p.
- MCGRAW, D.W.; LIGGETT, S.B. Molecular mechanisms of beta-adrenergic receptor function and regulation. **Proceedings of the American Thoracic Society**, v.2, n.4, p.292-296, 2005.
- MERSMANN, H.J. Overview of the effects of β -adrenergic receptor agonists on animal growth including mechanisms of action. **Journal of Animal Science**, v.76, n.1, p.160-172, 1998.
- MOODY, D.E.; HANCOCK, D.L.; ANDERSON, D.B. Phenethanolamine repartitioning agents. **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB, p.65-95, 2000.
- PEREIRA, F.A.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. Efeitos da ractopamina e de dois níveis de lisina digestível na dieta sobre o desempenho e características de carcaça de leitoas em terminação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.4, p.943-952, 2008.
- ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J. Factors of significance for pork quality: a review. **Meat Science**, v.59, p.397-406, 2001.
- ROSSI, C.A.R.; LOVATTO, P.A.; LENHEN, C.R. et al. Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: características químicas e perfil de ácidos graxos do músculo *longissimus dorsi*. **Arquivos de Veterinária**, v.26, n.2, p.95-103, 2010.
- STITES, C.R.; McKEITH, F.K.; SINGH, S.D. et al. Palatability and visual characteristics of hams and loin chops from swine treated with ractopamine hydrochloride. **Journal of Muscle Foods**, v.5, p.367-376, 1994.
- STITES, C.R.; McKEITH, F.K.; SINGH, S.D. et al. The effect of ractopamina hydrochloride on the carcass cutting yields of finishing swine. **Journal of Animal Science**, v.69, p.3094-3101, 1991.
- 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.
- WARRISS, P.D.; BROWN, S.N. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão Britânica. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p.17-20, 2000.
- WARRISS, P.D.; BROWN, S.N.; ROLPH, T.P. et al. Interactions between the betaadrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v.68, p.3669-3676, 1990.
- WARRIS, P.D.; NUTE, G.R.; ROLPH, T.P. et al. Eating quality of meat from pigs given the beta-adrenergic agonist salbutamol. **Meat Science**, v.30, p.75-80, 1991.



WATANABE, M.C.; THOMAZ, L.A.F.; PASCOAL, U.S. et al. Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.5, p.1381-1388, 2012.

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.

WEBER, T.E.; RICHERT, B.T.; BELURY, M.A. Evaluation of the effects of dietary fat, conjugated linoleic acid, and ractopamine on growth performance, pork quality, and fatty acid profiles in genetically lean gilts. **Journal of Animal Science**, v.84, p.720-732, 2006.

XIAO, R.J.; XU, Z.R.; CHEN, H.L. **Effect of ractopamine at different dietary protein levels on growth performance and carcass characteristics in finishing pigs.** **Animal Feed Science Technology**, v.79, p.119-127, 1999.