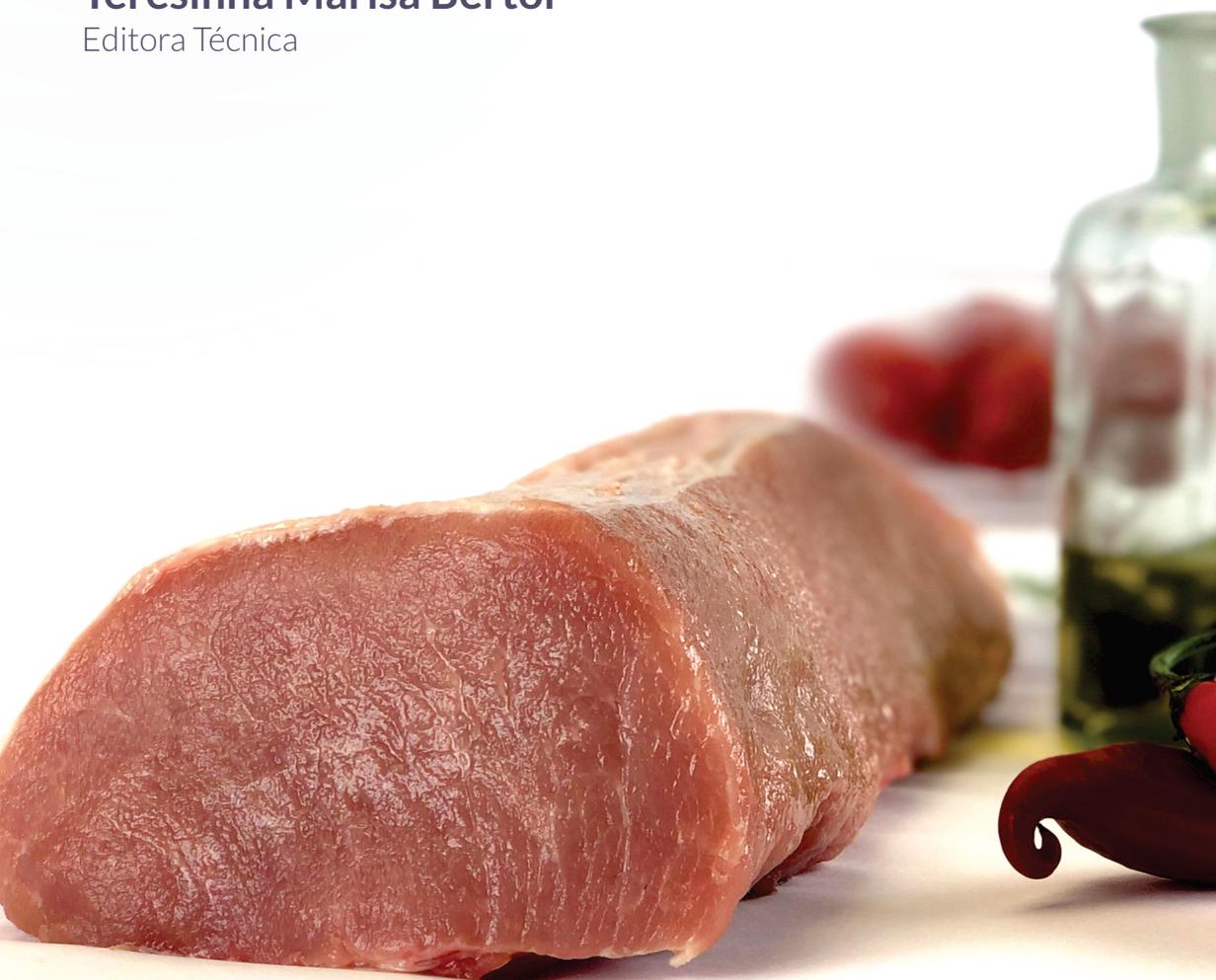


ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

para melhoria da qualidade da carne suína

Teresinha Marisa Bertol

Editora Técnica



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Suínos e Aves
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

ESTRATÉGIAS NUTRICIONAIS

para melhoria da qualidade da carne suína

Teresinha Marisa Bertol
Editora Técnica

Embrapa
Brasília, DF
2019

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na

Embrapa Suínos e Aves Rodovia BR 153 - KM 110 Caixa Postal 321 89.715-899, Concórdia, SC Fone: (49) 3441 0400 Fax: (49) 3441 0497 www.embrapa.br www.embrapa.br/fale-conosco/sac	Revisão técnica <i>Arlei Coldebella</i> <i>Dirceu João Duarte Talamini</i> <i>Franco Muller Martins</i> <i>Gerson Neudi Scheuermann</i> <i>Helenice Mazzuco</i> <i>Jorge Vitor Ludke</i> <i>Luizinho Caron</i> <i>Teresinha Marisa Bertol</i> <i>Vivian Feddern</i>
Unidade responsável pelo conteúdo e pela edição Embrapa Suínos e Aves	Revisão de texto <i>Lucas Scherer Cardoso</i>
Comitê Local de Publicações da Embrapa Suínos e Aves	Normalização bibliográfica <i>Claudia Antunes Arrieche</i>
Presidente <i>Marcelo Miele</i>	Tratamento das ilustrações <i>Vivian Fracasso, Lucas Scherer Cardoso e Marina Schmitt</i>
Secretária-Executiva <i>Tânia Maria Biavatti Celant</i>	Projeto gráfico e editoração eletrônica <i>Vivian Fracasso</i>
Membros <i>Airton Kunz</i> <i>Ana Paula Almeida Bastos</i> <i>Gilberto Silber Schmidt</i> <i>Gustavo Julio Mello Monteiro de Lima</i> <i>Monalisa Leal Pereira</i>	Foto da capa <i>Marina Schmitt</i>
Supervisão editorial <i>Tânia Maria Biavatti Celant</i>	Capa <i>Vivian Fracasso</i>
	1ª edição Publicação digital (2019)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Suínos e Aves

Estratégias nutricionais para melhoria da qualidade da carne suína / Teresinha Marisa Bertol. Editora técnica. - Brasília, DF : Embrapa, 2019.
296 p. : il. color. ; 16,2 cm x 23,8 cm.

ISBN 978-85-7035-936-0

1. Carne suína. 2. Qualidade da carne. I. Bertol, Teresinha Marisa. II. Embrapa Suínos e Aves. III. Título.

CDD 641.364

Capítulo 7

Modificadores do metabolismo e seu efeito sobre a composição da carcaça e qualidade da carne

Teresinha Marisa Bertol



Introdução

Muitos aditivos alimentares com ou sem função nutricional têm sido desenvolvidos pela indústria farmacêutica com aplicação na produção animal. Entre os benefícios que podem ser obtidos com o uso desses aditivos estão a melhoria do desempenho de crescimento, modificação da composição das carcaças de forma a produzir mais carne e menos gordura e melhoria da qualidade da carne. Nessa linha, incluem-se alguns produtos modificadores do metabolismo, tais como os agonistas β -adrenérgicos e os ácidos linoleico conjugados (CLA).

A ractopamina é um agonista β -adrenérgico utilizado como promotor de crescimento na produção de suínos desde a década de 1990. Este aditivo é aprovado para uso na produção de suínos e bovinos em diversos países, incluindo o Brasil, EUA, Canadá e Austrália, mas é proibido na União Europeia, na Rússia e na China, além de outros países. O objetivo de seu uso na produção animal são os ganhos proporcionados pela melhoria da eficiência alimentar e redução da proporção de gordura na carcaça. Porém, muitos questionamentos têm surgido quanto ao efeito da ractopamina sobre o bem-estar dos animais e a qualidade da carne.

Os CLA são isômeros do ácido linoleico que apresentam várias funções biológicas, tais como efeito anticarcinogênico, antioxidante e antiarterosclerótico, modulação do sistema imune, aumento da sensibilidade à insulina e modulação do metabolismo dos lipídios. Estes ácidos graxos podem estar presentes naturalmente em alguns tipos de alimentos, mas também podem ser produzidos como ácidos graxos livres por biohidrogenação em nível laboratorial, via síntese bacteriana ou química. Na pesquisa científica que envolve a área de produção de carne suína, o isômero que mais tem despertado interesse é o C18:2trans-10, cis-12, o qual é responsável por alterações na adipogênese e no metabolismo dos lipídios.

Neste capítulo serão abordados os efeitos da suplementação da dieta de suínos com ractopamina e CLA sobre a composição da carcaça e qualidade da carne. Serão abordados aspectos de qualidade tecnológica e sensorial, bem como aspectos de importância para a saúde humana.

Ractopamina

A ractopamina é uma fenetanolamina que faz parte do grupo dos agonistas β -adrenérgicos (Pleadin et al., 2013), com propriedades lipolíticas e antilipogênicas, capaz de redirecionar nutrientes que seriam destinados à deposição de tecido adiposo para deposição de músculo e por isso é, da mesma forma que outros β -agonistas, denominado de repartidor de nutrientes. Seus efeitos sobre o desempenho de crescimento e composição da carcaça, com aumento da taxa de ganho de peso, melhoria da eficiência alimentar e redução da gordura corporal, estão bem documentados na literatura (Carr et al., 2005; Weber et al., 2006; Webster et al., 2007; Apple et al., 2008).

O efeito da ractopamina sobre a qualidade da carne também foi exaustivamente avaliado em inúmeros estudos (Carr et al., 2005; Weber et al., 2006; Webster et al., 2007; Apple et al., 2008; Fernández-Dueñas et al., 2008; Patience et al., 2009; Rincker et al., 2009; Leick et al., 2010; Puls et al., 2015). A partir desses estudos, verificou-se que, com os níveis suplementares atualmente utilizados, de 5 ppm a 10 ppm da dieta por períodos de 21 dias a 28 dias, a ractopamina não apresenta efeitos negativos sobre o pH inicial ou final, escores de cor e firmeza, perda por gotejamento e valor de L*. Por outro lado, alguns efeitos negativos foram relatados sobre outras características de qualidade da carne, tais como os valores de a* e b* (Carr et al., 2005; Apple et al., 2008; Puls et al., 2015), indicando que animais alimentados com ractopamina apresentam carne com coloração vermelha e amarela menos intensas. A maciez é discretamente reduzida, efeito detectado tanto pela medida instrumental (aumento do valor de *shear force*; Fernández-Dueñas et al., 2008; Patience et al., 2009; Puls et al., 2015) como pela análise sensorial (Carr et al., 2005; Patience et al., 2009). Esse efeito é, provavelmente, dependente da dose, pois Brana et al. (2014) verificaram que a suplementação com 5 ppm de ractopamina não afetou o escore de maciez, enquanto que nos estudos onde a ractopamina reduziu a maciez os níveis dietéticos de ractopamina variaram de 5 ppm a 20 ppm. Em alguns estudos foi demonstrado que a gordura intramuscular, avaliada visualmente através do escore de marmoreio (Leick et al., 2010) ou por extração da gordura em laboratório (Weber et al., 2006), apresentou ligeira redução em função da suplementação com ractopamina,

mas este efeito não foi observado na maior parte dos estudos, sendo dependente também de outros fatores, tais como o sexo. Por exemplo, Brana et al. (2014) verificaram que a suplementação com ractopamina reduziu a gordura intramuscular em machos castrados cirurgicamente, mas não em machos imunocastrados. Por outro lado, Apple et al. (2008) relataram aumento da gordura intramuscular com a suplementação de 10 ppm de ractopamina na dieta. É importante salientar que os efeitos negativos da ractopamina são de pequena magnitude e que os efeitos sobre a gordura intramuscular foram relatados em um pequeno número de estudos.

A redução da gordura intramuscular relatada em alguns estudos pode estar relacionada em parte com os altos níveis de proteína utilizados nas dietas dos animais suplementados com ractopamina, pois altos níveis dietéticos de proteína ou aminoácidos induzem à redução do conteúdo de gordura intramuscular. O National Research Council (2012) recomenda um aumento de 20% a 25% no conteúdo de aminoácidos nas dietas de suínos suplementados com ractopamina em relação aos não suplementados para que se aproveite plenamente o maior potencial de deposição de proteína muscular proporcionado por este aditivo. Outra possível causa para a redução do marmoreio é a mudança na proporção das fibras musculares, pois a ractopamina induz à redução da proporção das fibras oxidativas (*slow oxidative*) e das fibras intermediárias (*fast oxidative*) e ao aumento a proporção de fibras glicolíticas (*fast glycolytic*) (Carr et al., 2005; Almeida et al., 2015), sendo que as fibras oxidativas e as intermediárias tendem a apresentar maior conteúdo de lipídios do que as fibras glicolíticas (Essén-Gustavsson et al., 1994).

A redução da maciez também pode estar relacionada com o aumento da síntese muscular de proteína induzida pela ractopamina (Bergen et al., 1989) e com os altos níveis de nutrição proteica oferecidos aos suínos alimentados com este aditivo, pois altos níveis de proteína na dieta normalmente aumentam a síntese e *turnover* de proteína no músculo. Outras possíveis causas para a redução da maciez na carne dos suínos alimentados com ractopamina são o aumento da proporção de fibras glicolíticas nos músculos (Chang et al., 2003) e a associação negativa entre a redução do conteúdo de gordura intramuscular e a maciez (Hodgson et al., 1991; Castell et al., 1994; Cannata et al., 2010).

A suplementação das dietas com ractopamina produz cortes mais magros, com mais carne. Porém, não foram relatados efeitos negativos sobre as características sensoriais da carne suína em função da suplementação com ractopamina, exceto os efeitos já mencionados acima sobre a maciez (Carr et al., 2005; Fernández-Dueñas et al., 2008; Patience et al., 2009). Por outro lado, Brana et al. (2014) observaram aumento da suculência da carne com a suplementação de 5 ppm de ractopamina na dieta. Além disso, não foram detectados efeitos negativos sobre as características de processamento e as características sensoriais de copas curadas e bacon produzidos com carne de animais alimentados com ractopamina (Tavarez et al., 2012). Porém, o mesmo pode não ser verdadeiro na produção de outros produtos processados, principalmente produtos curados como os presuntos crus, por exemplo, onde a quantidade e a composição da gordura têm grande importância para as características organolépticas desejáveis do produto.

É digno de nota o fato de que, embora a ractopamina promova aumento da deposição de proteína muscular, redução da deposição de gordura e aumento da proporção de fibras glicolíticas nos músculos, seu efeito sobre a qualidade da carne seja bastante limitado. Sabe-se que os diferentes tipos de fibras musculares podem afetar a qualidade da carne e que as fibras oxidativas são associadas com melhor qualidade de carne em relação ao pH, perda por gotejamento, cor e maciez, enquanto que as fibras glicolíticas são associadas com características de qualidade menos favoráveis (Chang et al., 2003). Porém, como as fibras musculares de um mesmo tipo podem diferir em termos funcionais e fenotípicos entre diferentes raças e músculos (Chang et al., 2003), é possível que essas propriedades das fibras também sejam afetadas pela ractopamina, alterando essa relação entre tipo de fibra e características de qualidade da carne, que, como se pode notar, é bastante complexa.

O efeito da ractopamina sobre o perfil de ácidos graxos foi avaliado em diversos estudos (Carr et al., 2005; Weber et al., 2006; Apple et al., 2007; Webster et al., 2007; Apple et al., 2008; Leick et al., 2010; Tavarez et al., 2012). A maioria dos resultados indicou que a suplementação com 5 ppm ou 10 ppm de ractopamina causa alteração no perfil dos ácidos graxos da gordura suína, com discreta redução na proporção dos ácidos graxos saturados e monoinsaturados e aumento dos ácidos graxos poli-insaturados, principalmente C18:2 e C18:3. Como resulta-

do dessa alteração, observa-se pequeno aumento do índice de iodo, o qual, em geral, permanece ainda dentro de valores aceitáveis, ou seja, igual ou menor do que 70 mg de I/100 mg de gordura. Porém, o efeito da ractopamina sobre o índice de iodo pode ser potencializado pela associação com a suplementação de óleos altamente insaturados na dieta, tais como o óleo de soja (Apple et al., 2007). O mesmo vale para o uso de ingredientes alternativos com alto conteúdo de gordura poli-insaturada, tais como o farelo de arroz integral e o DDGS, entre outros. Porém, em condições práticas de produção comercial de suínos no Brasil isto não se constitui em problema, pois não se utiliza suplementação com óleos nem níveis elevados de ingredientes altamente energéticos nas dietas de terminação. A firmeza da barriga, que é um indicador da qualidade da gordura para processamento, não é afetada pela ractopamina (Carr et al., 2005; Scramlin et al., 2008; Weber et al., 2006; Apple et al., 2007; Leick et al., 2010). Em apenas um estudo foi relatado redução da firmeza da barriga, mas esta resposta foi associada mais com a redução da proporção da gordura e aumento da proporção de carne do que com o perfil dos ácidos graxos (Webster et al., 2007).

A alteração no perfil dos ácidos graxos associada à suplementação com ractopamina tem sido atribuída à redução da síntese *de novo* dos ácidos graxos nos adipócitos suínos (Wiegand et al., 2011), o que explica a redução da proporção de ácidos graxos saturados e monoinsaturados. Isto explica parcialmente a dependência do efeito dessaturante da ractopamina em relação à fonte de gordura suplementar. Porém, parte do efeito dessaturante também se deve à redução da gordura total da carcaça, pois desta forma os lipídios neutros (mais saturados), presentes nos adipócitos e no interior das fibras musculares, têm sua proporção reduzida em relação aos lipídios polares (poli-insaturados), presentes nas membranas celulares.

Resíduos de ractopamina podem ser depositados nos tecidos nos suínos, mas este aditivo tem meia-vida curta, sendo rapidamente eliminado pela urina. Após 48 horas de retirada da dieta não foram detectados resíduos de ractopamina (limite de detecção de 10 ppb) na gordura de suínos alimentados com dietas contendo 30 ppm deste aditivo (Dalidowicz et al., 1992 citado por Smith, 1998). Da mesma forma, no primeiro dia de retirada da ractopamina não foram detectados resíduos deste aditivo nos músculos e na gordura de suínos alimentados com

18 ppm de ractopamina na ração por 28 dias (Qiang et al., 2007). Nesse mesmo estudo, os níveis de resíduos encontrados foram de $2,6 \mu\text{g/g} \pm 0,88 \mu\text{g/g}$ de músculo, $31,1 \mu\text{g/g} \pm 19,08 \mu\text{g/g}$ de fígado e $70,5 \mu\text{g/g} \pm 24,52 \mu\text{g/g}$ de rim, em média (Qiang et al., 2007), nos suínos abatidos no 28º dia de fornecimento de ractopamina. Dong et al. (2011) encontraram resíduos de ractopamina em níveis de $6,54 \mu\text{g/g} \pm 1,10 \mu\text{g/g}$ de músculo, $36,78 \mu\text{g/g} \pm 11,90 \mu\text{g/g}$ de fígado e $128,48 \mu\text{g/g} \pm 23,05 \mu\text{g/g}$ de rim de suínos alimentados com 20 ppm de ractopamina por 30 dias e abatidos após meio dia de retirada. Estes valores estão abaixo dos limites de tolerância estabelecidos pela JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives), que são de $10 \mu\text{g/g}$ (músculo ou gordura), $40 \mu\text{g/g}$ (fígado) e $90 \mu\text{g/g}$ (rim), exceto para os resíduos no rim encontrados por Dong et al. (2011). Porém, é importante considerar que os níveis (5 ppm a 10 ppm) e o período de fornecimento (máximo 28 dias) de ractopamina utilizados atualmente na produção de suínos são menores do que os utilizados nos estudos citados, o que deve resultar em níveis de resíduos nos tecidos menores do que os relatados acima. Por outro lado, os níveis máximos de tolerância definidos pelo Japão e pelo FDA estão bem acima dos níveis estabelecidos pelo JECFA. Não obstante, importantes importadores de carne suína do Brasil, como a Rússia e a China, não aceitam carne com resíduos de ractopamina. Esse fato na prática inviabiliza seu uso na produção desses animais quando a carne é destinada para estes países, mesmo que não haja provas científicas de que a presença de seus resíduos na carne dentro dos limites impostos pelo JECFA cause danos à saúde humana.

Ácidos linoleico conjugados

Os ácidos linoleico conjugados (CLA) são isômeros geométricos e posicionais do ácido linoleico, os quais apresentam importantes atividades biológicas com potenciais efeitos benéficos para a saúde humana, tais como atividades anticarcinogênica, antioxidante e antiarterosclerótica, modulação do sistema imune, aumento da sensibilidade à insulina e redução da deposição de gordura corporal (Azain, 2003). Os CLA estão naturalmente presentes em alguns alimentos, como a carne de ruminantes, leite e seus derivados (Chin et al., 1992; O'Quinn et al., 2000). Os dois isômeros de CLA que mais têm atraído o interesse

a nível científico são o C18:2trans-10, cis-12 e o C18:2cis-9, trans-11, sendo que o primeiro é responsável pelas alterações na adipogênese e no metabolismo dos lipídios que resultam na redução da quantidade, em alteração da composição da gordura subcutânea e no aumento da gordura intramuscular (Zhou et al., 2007). O C18:2cis-9, trans-11 é apontado como protetor contra alguns tipos de câncer (Ip et al., 1999).

Em suínos, os CLA têm sido intensivamente estudados por seu efeito sobre o metabolismo dos lipídios e sobre a resposta imune, valendo-se para isso de suplementos comerciais produzidos em laboratório. Enquanto o efeito dos CLA sobre a composição da gordura corporal é muito consistente entre os diferentes estudos, caracterizando-se por redução do conteúdo de MUFA e aumento do conteúdo de SFA, seu efeito sobre a composição da carcaça e qualidade da carne apresenta resultados controversos devido à variabilidade nas respostas obtidas. Em uma metanálise com 15 estudos, Andretta et al. (2009) concluíram que a suplementação com CLA na dieta de suínos aumenta o conteúdo de carne magra na carcaça e reduz a espessura de toucinho. Em diversos estudos a suplementação das dietas de suínos com CLA resultou em efeitos positivos nas respostas indicadoras de aumento da muscularidade ou redução da adiposidade das carcaças, tais como redução da porcentagem de gordura e aumento da porcentagem de carne magra, redução da espessura de toucinho e aumento da área ou profundidade do lombo (Ostrowska et al., 1999; Thiel-Cooper et al., 2001; Wiegand et al., 2002; Szymczyk, 2005a; Weber et al., 2006; Barnes et al., 2012; Pompeu et al., 2013; Tous et al., 2013). Por outro lado, em outros estudos, não houve resposta sobre a composição da carcaça (Eggert et al., 2001; Gatlin et al., 2002; Corino et al., 2003; Morel et al., 2008; Larsen et al., 2009; White et al., 2009; Martínez-Aispuro et al., 2014). Ainda, em um estudo com animais na fase de crescimento, a suplementação com baixos níveis de CLA (0,25% e 0,50% da dieta) resultou em aumento da espessura de toucinho, enquanto que em níveis mais elevados (1% e 2%) não houve efeito sobre essa variável (Ramsay et al., 2001). Entre os fatores mais comuns presentes nesses estudos e que poderiam explicar a ausência de efeito dos CLA sobre a composição das carcaças estão a baixa espessura de toucinho dos animais utilizados (menos de 20 mm), seja em função do uso de genótipos magros ou em função de avaliação em fases mais precoces, com abate em peso vivo abaixo dos 100 kg (Ramsay et al., 2001; Gatlin et al., 2002; Morel et al., 2008; Martinez

Aispuro et al., 2014) e o curto período de tempo de suplementação (10 dias) (White et al., 2009). Portanto, o grau de adiposidade do genótipo, a fase de fornecimento/peso de abate e a duração do período de suplementação parecem ser os principais fatores determinantes do efeito dos CLA sobre a composição da carcaça. Períodos de fornecimento de quatro semanas já se mostram suficientes para imprimir a maior parte dos efeitos dos CLA sobre a composição da carcaça, ainda que períodos mais longos intensifiquem essas respostas (Weber et al., 2006). Embora na maior parte dos estudos os níveis de óleo de CLA avaliados tenham sido de no mínimo 1%, níveis de inclusão a partir de 0,5% já se mostram suficientes para imprimir as características desejadas na composição da carcaça (Thiel-Cooper et al., 2001), o que corresponde a níveis de inclusão dos isômeros de CLA de 0,30% da dieta.

Com relação à qualidade da carne, o efeito mais consistente dos CLA ocorre sobre o conteúdo de gordura intramuscular, mas outras características de qualidade da carne também podem ser positivamente afetadas em função do aumento da saturação da gordura, o que proporciona maior estabilidade oxidativa e influencia o rendimento e textura dos produtos processados. A suplementação das dietas de suínos com CLA aumenta o conteúdo de gordura intramuscular em níveis variáveis (Dugan et al., 1999; Gatlin et al., 2002; Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Morel et al., 2008; Barnes et al., 2012; Go et al., 2012; Su et al., 2013), efeito que tem sido observado tanto em genótipos magros como naqueles com espessura de toucinho na última costela igual ou maior do que 20 mm. Por outro lado, Weber et al. (2006) não obtiveram aumento da gordura intramuscular com a inclusão de 1% de CLA na dieta por oito semanas. Porém, esses autores utilizaram dietas com elevados níveis de aminoácidos e suplementação com ractopamina, ambos fatores conhecidos por reduzir a gordura intramuscular. Além disso, Szymczyk (2005a) detectou redução da gordura intramuscular com a suplementação da dieta com CLA em níveis de até 0,6%.

A redução da espessura de toucinho em suínos suplementados com CLA pode estar associada com a redução da área dos adipócitos, sem alteração em seu número (Giancamillo et al., 2009), com a redução da proporção de grandes adipócitos, fato este provavelmente relacionado com a redução da atividade da enzima stearoyl-CoA dessaturase (Smith et al., 2002) e com a inibição da proliferação e diferenciação

das células adiposas precursoras dos adipócitos (ZHOU et al., 2007) no tecido adiposo subcutâneo. Por outro lado, o aumento da gordura intramuscular em músculos de suínos suplementados com CLA parece estar associado ao aumento do tamanho dos adipócitos (Barnes et al., 2012), aumento da taxa de síntese de lipídios a partir do palmitato (GO et al., 2012) e aumento da transdiferenciação de mioblastos a adipócitos (Zhou et al., 2007). Dessa forma, fica caracterizado que diferentes mecanismos regulam a adipogênese e o metabolismo dos lipídios nos adipócitos localizados na gordura intramuscular e no tecido adiposo subcutâneo (Zhou et al., 2007), o que possibilita o efeito inverso dos CLA sobre esse fenômeno nesses dois depósitos de gordura.

A suplementação da dieta com CLA reduz a oxidação dos lipídios associados à carne ou a produtos processados (Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Szymczyk, 2005b; Larsen et al., 2009; SU et al., 2013), reduzindo inclusive a oxidação das proteínas (Su et al., 2013). Além disso, quando associados com matérias-primas contendo elevados níveis de gordura poli-insaturada (como o DDGS) ou com aditivos dietéticos que levam ao aumento da insaturação da gordura, os CLA podem prevenir os efeitos negativos destas matérias-primas sobre a composição dos ácidos graxos, firmeza da barriga e oxidação lipídica (Weber et al., 2006; Su et al., 2013). Este resultado se deve ao seu efeito de indução à saturação das gorduras associadas à carne, o que torna a matriz carne-gordura menos susceptível à oxidação.

Quanto às outras características de qualidade de carne, a suplementação com CLA não afeta a perda por gotejamento ou a capacidade de retenção de água (Dugan et al., 1999; Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; GO et al., 2012; Tous et al., 2013) nem a cor da carne fresca avaliada por escore visual de acordo com o padrão do NPPC (Dugan et al., 1999; Wiegand et al., 2002; Barnes et al., 2012). Da mesma forma, a cor avaliada através das coordenadas L^* e a^* , Hue e Chroma na carne fresca não é afetada pelos CLA (Dugan et al., 1999; Joo et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Go et al., 2012). Por outro lado, na carne exposta à vida de prateleira, a carne proveniente de animais suplementados com CLA pode apresentar maior estabilidade da cor, com menores alterações nos valores de L^* , a^* e b^* ao longo do tempo de resfriamento (Joo et al., 2002; Su et al., 2013) demonstrando efeito protetor dos CLA sobre a cor da carne. A perda por exsudação durante

a vida de prateleira também pode ser reduzida na carne de animais alimentados com CLA (Joo et al., 2002). Este efeito protetor conferido pelos CLA é resultante provavelmente do maior índice de saturação das gorduras associadas à carne, que a torna menos susceptível à oxidação e aumenta sua capacidade de retenção de água quando desafiada durante a exposição em condições de resfriamento.

Apesar de aumentar o conteúdo de gordura intramuscular e de reduzir a oxidação dos lipídios e proteínas, a qualidade sensorial da carne e dos produtos processados não é influenciada pela suplementação das dietas de suínos com CLA (Dugan et al., 1999; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Larsen et al., 2009), exceto pela melting quality, que se mostrou superior em presuntos Parma produzidos com os animais alimentados com CLA (Corino et al., 2003).

Os isômeros dos CLA são incorporados na gordura intramuscular e na gordura subcutânea de suínos alimentados com CLA, permanecendo presentes nos tecidos e nos produtos processados (Eggert et al., 2001; Ramsay et al., 2001; Thiel-Cooper et al., 2001; Gatlin et al., 2002; Smith et al., 2002; Wiegand et al., 2002; Corino et al., 2003; Szymczyk, 2005b; Weber et al., 2006; Morel et al., 2008; Larsen et al., 2009; Barnes et al., 2012; Go et al., 2012; Tous et al., 2013; Bothma et al., 2014; Martínez-Aispuro et al., 2014). Os dois isômeros presentes em maior proporção nos suplementos de CLA avaliados nos estudos citados acima são o C18:2trans-10, cis-12 e o C18:2cis-9, trans-11, sendo que a incorporação do segundo na gordura animal é mais eficiente do que a do primeiro, mesmo quando suplementados na mesma proporção (Smith et al., 2002; Szymczyk, 2005b; Weber et al., 2006; Morel et al., 2008). Porém, a incorporação dos CLA na gordura corporal ocorre em maior proporção no tecido adiposo subcutâneo do que na gordura intramuscular (Ramsay et al., 2001; Szymczyk, 2005b; Morel et al., 2008; Tous et al., 2013). Esse efeito é atribuído à diferença no metabolismo dos lipídios entre o tecido adiposo e o tecido muscular, considerando uma maior função do tecido adiposo como acumulador de ácidos graxos, em contraste com maior oxidação dos ácidos graxos no músculo (Ramsay et al., 2001). O acúmulo de isômeros de CLA nos tecidos corporais é potencializado por suplementação simultânea de CLA e gordura animal na dieta (Gatlin et al., 2002).

A deposição de isômeros de CLA nos tecidos pode representar um diferencial a mais proporcionado por esses compostos no que diz respeito à qualidade da carne, considerando-se os potenciais efeitos benéficos desses ácidos graxos para a saúde. Jiang et al. (2010) observaram níveis de 1,68% de C18:2cis-9, trans-11 e 0,76% de C18:2trans-10, cis-12, enquanto que Tous et al. (2013) obtiveram níveis de 1,30% e 0,80%, respectivamente, destes ácidos graxos na gordura intramuscular do músculo *longissimus dorsi* de suínos alimentados com dietas suplementadas com CLA. No toucinho, a incorporação dos CLA fornecidos via dieta ocorreu de forma mais intensa. Foram obtidos níveis de 5,17% e 3,24% de C18:2cis-9, trans-11 e C18:2trans-10, cis-12, respectivamente, por Jiang et al. (2010) e 3,09% e 2%, respectivamente, por Tous et al. (2013). Porém, é pouco provável que essa quantidade dos isômeros de CLA acumulada nos músculos seja suficiente para, isoladamente, produzir efeitos sobre a saúde humana, considerando-se que o conteúdo de gordura associada aos cortes de carne mais consumidos normalmente é baixo, variando de 8% a 10% nos cortes mais magros até 20% nos cortes mais gordos e considerando-se também o volume de carne normalmente consumido nas refeições.

Ip et al. (1991) obtiveram redução de 50% na incidência de tumores mamários em ratos com a suplementação de CLA na dieta, porém, os níveis dietéticos eram de 0,8% de CLA, contendo 92% de C18:2cis-9, trans-11, sendo essa dieta o único alimento desses animais. Por outro lado, embora contendo nível insuficiente para induzir um efeito funcional mais efetivo, a carne enriquecida com CLA poderia, conjuntamente com outros alimentos ricos nesses ácidos graxos (carne bovina, manteiga), compor uma dieta capaz de influenciar positivamente a saúde humana.

Conclusões

O uso da ractopamina na produção de suínos é uma realidade em vários países entre os mais importantes produtores, embora seu uso represente um entrave para a exportação de carne suína, pois países importadores, como a Rússia, impõem restrições severas quanto aos limites de resíduo deste aditivo na carne. Além disso, na China e na União

Europeia seu uso é proibido, de forma que estes países não importam carne produzida com esse aditivo.

A utilização da ractopamina como aditivo alimentar na produção de suínos proporciona ganhos econômicos pela melhoria da performance de crescimento e redução da porcentagem de gordura na carcaça. Estes ganhos são obtidos sem efeitos negativos sobre a qualidade da carne, outros além de uma discreta redução da maciez. Portanto, do ponto de vista técnico, não há restrições ao uso da ractopamina na produção de suínos. Por outro lado, a proibição do uso da ractopamina em diversos países que são importantes consumidores de carne suína impõe restrições ao seu uso naquelas situações em que o setor produtivo visa aqueles mercados.

A suplementação da dieta de suínos com CLA a partir de 0,5% da dieta por um período de no mínimo quatro semanas apresenta efeitos positivos sobre a composição da carcaça e a qualidade da carne em suínos abatidos acima dos 100 kg de peso vivo. Considerando-se que nos genótipos modernos utilizados para produção industrial de carne magra as espessuras de toucinho médias ao abate ficam abaixo dos 18 mm mesmo para os machos castrados cirurgicamente, chegando a menos de 15 mm em machos imunocastrados (dados não publicados obtidos da avaliação de carcaças em agroindústrias do Sul do Brasil), o uso dos CLA com o objetivo de reduzir a adiposidade das carcaças não se justifica. No entanto, se o objetivo for aumentar a gordura intramuscular, efeitos positivos podem ser obtidos, principalmente considerando-se os baixos níveis de gordura intramuscular verificados nos genótipos industriais em uso atualmente (Bertol et al. 2017). Além disso, em se tratando de genótipos mais gordos produzidos para fabricação de produtos especiais, onde a principal característica almejada é a elevação da gordura intramuscular, mas, quando esta é obtida a partir de seleção genética normalmente vem acompanhada por aumento da espessura de toucinho, a suplementação das dietas com CLA pode proporcionar efeitos simultâneos de redução da espessura de toucinho e aumento da gordura intramuscular, contribuindo também para a firmeza e estabilidade oxidativa da gordura e para a estabilidade da cor. Nesse caso se poderia obter o melhor conjunto de resultados por efeito dos CLA, pois a produção excessiva de gordura, mesmo na produção de suínos para fabricação de produtos especiais, pode representar um problema para

as agroindústrias. Suplementos de CLA produzidos em nível laboratorial a partir de síntese microbiana ou por processo químico estão disponíveis no mercado, porém não foi determinada a viabilidade econômica de seu uso na produção de suínos.

Referências

- ALMEIDA, V. V.; NUÑEZ, A. J. C.; SCHINCKEL, A. P.; WARD, M. G.; ANDRADE, C.; SBARDELLA, M.; BERENCHTEIN, B.; COUTINHO, L. L.; MIYADA, V. S. Gene expression of beta-adrenergic receptors and myosin heavy chain isoforms induced by ractopamine feeding duration in pigs not carrying the ryanodine receptor mutation. *Livestock Science*, v. 172, p. 91-95, Fev. 2015. DOI: 10.1016/j.livsci.2014.12.007.
- ANDRETTA, I.; LOVATTO, P. A.; LEHNEN, C. R.; HAUSCHILD, L. ROSSI, C. A. R. Meta-análise do uso de ácido linoleico conjugado na alimentação de suínos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 7, p. 754-760, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000700016.
- APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; KUTZ, B. R.; RAKES, L. K.; SAWYER, J. T.; JOHNSON, Z. B.; ARMSTRONG, T. A.; CARR, S. N.; MATZAT, P. D. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on pork quality characteristics of fresh pork chops during simulated retail display. *Journal of Animal Science*, v. 86, p. 2711-2722, Oct. 2008. DOI: 10.2527/jas.2007-0327.
- APPLE, J. K.; MAXWELL, C. V.; SAWYER, J. T.; KUTZ, B. R.; RAKES, L. K.; DAVIS, M. E.; JOHNSON, Z. B.; CARR, S. N.; ARMSTRONG, T. A. Interactive effect of ractopamine and dietary fat source on quality characteristics of fresh pork bellies. *Journal of Animal Science*, v. 85, p. 2682-2690, Oct. 2007. DOI: 10.2527/jas.2007-0174.
- AZAIN, M. J. Conjugated linoleic acid and its effects on animal products and health in single-stomached animals. *Proceedings of the Nutrition Society*, v. 62, n. 2 p. 319-328, May 2003.
- BARNES, K. M.; WINSLOW, N. R.; SHELTON, A. G.; HLUŠKO, K. C.; AZAIN, M. J. Effect of dietary conjugated linoleic acid on marbling and intramuscular adipocytes in pork. *Journal of Animal Science*, v. 90, p. 1142-1149, Apr. 2012. DOI: 10.2527/jas.2011-4642.
- BERGEN, W. G.; JOHNSON, S. E.; SKJAERLUND, D. M.; BABIKER, A. S.; AMES, N. K.; MERKEL, R. A.; ANDERSON, D. B. Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamine. *Journal Animal Science*, v. 67, p. 2255-2262, Sept. 1989. DOI: 10.2527/jas1989.6792255x.
- BERTOL, T. M.; COLDEBELLA, A.; DOS SANTOS FILHO, J. I.; GUIDONI, A. L. Swine carcasses classified by degree of exudation and marbling content. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 52, n. 2, p. 121-128, Feb. 2017. DOI: 10.1590/s0100-204x2017000200006.

BOTHMA, C.; HUGO, A.; OSTHOFF, G.; JOUBERT, C. C.; SWARTS, J. C.; DE KOCK, H. L. Effect of dietary conjugated linoleic acid supplementation on the technological quality of backfat of pigs. **Meat Science**, v. 97, p. 277-286, June 2014. DOI: 10.1016/j.meatsci.2014.02.002.

BRAÑA, D. V.; ROJO-GÓMEZ, G. A.; ELLIS, M.; CUARON, J. A. Effect of gender (gilt and surgically and immunocastrated male) and ractopamine hydrochloride supplementation on growth performance, carcass, and pork quality characteristics of finishing pigs under commercial conditions. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 5894-5904, Dec. 2013. DOI: 10.2527/jas.2013-6545.

CANNATA, S.; ENGLE, T. E.; MOELLER, S. J.; ZERBY, H. N.; RADUNZ, A. E.; GREEN, M. D.; BASS, P. D.; BELK, K. E. Effect of visual marbling on sensory properties and quality traits of pork loin. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 428-434, July 2010. DOI: 10.1016/j.meatsci.2010.02.011.

CARR, S. N.; IVERS, D. J.; ANDERSON, D. B.; JONES, D. J.; MOWREY, D. H.; ENGLAND, M. B.; KILLEFER, J.; RINCKER, P. J.; MCKEITH, F. K. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 2886-2893, Dec. 2005. DOI: 10.2527/2005.83122886x.

CASTELL, A. G.; CLIPLEF, R. L.; POSTE-FLYNN, L. M.; BUTLER, G. Performance, carcass and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine: energy ratio. **Canadian Journal Animal Science**, v. 74, p. 519-528, 1994. DOI: 10.4141/cjas94-073.

CHANG, K. C.; COSTA, N. da; BLACKLEY, R.; SOUTHWOOD, O.; EVANS, G.; PLASTOW, G.; WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I. Relationships of myosin heavy chain fibre types to meat quality traits in traditional and modern pigs. **Meat Science**, v. 64, p. 93-103, May 2003. DOI: 10.1016/S0309-1740(02)00208-5.

CHIN, S. F.; LIU, W.; STORKSON, J. M.; HA, Y. L.; PARIZA, M. W. Dietary sources of conjugated dienoic isomers of linoleic acid, a newly recognized class of anticarcinogens. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 5, p. 185-197, Sept. 1992. DOI: 10.1016/0889-1575(92)90037-K.

CORINO, C.; MAGNI, S.; PASTORELLI, G.; ROSSI, R.; MOUROT, J. Effect of conjugated linoleic acid on meat quality, lipid metabolism, and sensory characteristics of dry-cured hams from heavy pigs. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 2219-2229, Sept. 2003. DOI: 10.2527/2003.8192219x.

DONG, Y.; XIA, X.; WANG, X.; DING, S.; LI, X.; ZHANG, S.; JIANG, H.; LIU, J.; LI, J.; FENG, Z.; YE, N.; ZHOU, M.; SHEN, J. Validation of an ultra-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for determination of ractopamine: Application to residue depletion study in swine. **Food Chemistry**, v. 127, p. 327-332, July 2011. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.138.

DUGAN, M. E. R.; AALHUS, J. L.; JEREMIAH, L. E.; KRAMER, J. K. G.; SCHAEFER, A. L. The effects of feeding conjugated linoleic acid on subsequent pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 79, n. 1, p. 45-51, 1999. DOI: 10.4141/A98-070.

EGGERT, J. M.; BELURY, M. A.; KEMPA-STECZKO, A.; MILLS, S. E.; SCHINCKEL, A. P. Effects of conjugated linoleic acid on the belly firmness and fatty acid composition of genetically lean pigs. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2866-2872, Nov. 2001. DOI: 10.2527/2001.79112866x.

ESSÉN-GUSTAVSSON, B.; KARLSSON, A.; LUNDSTRÖM, K.; ENFÄLT, A. -C. Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in halothane-gene-free pigs fed high or low protein diets and its relation to meat quality. **Meat Science**, v. 38, n. 2, p. 269-277, 1994. DOI: 10.1016/0309-1740(94)90116-3.

FERNÁNDEZ-DUEÑAS, D. M.; MYERS, A. J.; SCRAMLIN, S. M.; PARKS, C. W.; CARR, S. N.; KILLEFER, J.; MCKEITH, F. K. Carcass, meat quality, and sensory characteristics of heavy body weight pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 3544-3550, Dec. 2008. DOI: 10.2527/jas.2008-0899.

GATLIN, L. A.; SEE, M. T.; LARICK, D. K.; LIN, X.; ODLE, J. Conjugated linoleic acid in combination with supplemental dietary fat alters pork fat quality. **The Journal of Nutrition**, v. 132, n. 10, p. 3105-12, Oct. 2002. DOI: 10.1093/jn/131.10.3105.

GIANCAMILLO, A. DI; ROSSI, R.; VITARI, F.; PASTORELLI, G.; CORINO, C.; DOMENEGHINI, C. Dietary conjugated linoleic acids decrease leptin in porcine adipose tissue. **The Journal of Nutrition**, v. 139, n. 10, p. 1867-1872, Oct. 2009. DOI: 10.3945/jn.109.110627.

GO, G.; WU, G.; SILVEY, D. T.; CHOI, S.; LI, X.; SMITH, S. B. Lipid metabolism in pigs fed supplemental conjugated linoleic acid and/or dietary arginine. **Amino Acids**, v. 43, p. 1713-1726, Oct. 2012. DOI: 10.1007/s00726-012-1255-5.

HODGSON, R. R.; DAVIS, G. W.; SMITH, G. C.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R. Relationships between pork loin palatability traits and physical characteristics of cooked chops. **Journal of Animal Science**, v. 69, p. 4858-4865, Dec. 1991. DOI: 10.2527/1991.69124858x.

IP, C.; BANNI, S.; ANGIONI, E.; CARTA, G.; MCGINLEY, J.; THOMPSON, H. J.; BARBANO, D.; BAUMAN, D. Conjugated linoleic acid-enriched butter fat alters mammary gland morphogenesis and reduces cancer risk in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n. 12, p. 2135-2142, Dec. 1999. DOI: 10.1093/jn/129.12.2135.

JIANG, Z. Y.; ZHONG, W. J.; ZHENG, C. T.; LIN, Y. C.; YANG, L.; JIANG, S. Q. Conjugated linoleic acid differentially regulates fat deposition in backfat and *longissimus* muscle of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 1694-1705, May 2010. DOI: 10.2527/jas.2008-1551.

JOO, S. T.; LEE, J. I.; HA, Y. L.; PARK, G. B. 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, Jan. 2002. DOI: 10.2527/2002.801108x.

LARSEN, S. T.; WIEGAND, B. R.; PARRISH JÚNIOR, F. C.; SWAN, J. E.; SPARKS, J. C. Dietary conjugated linoleic acid changes belly and bacon quality from pigs fed varied lipid sources. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 285-295, Jan. 2009. DOI: 10.2527/jas.2008-1213.

LEICK, C. M.; PULS, C. L.; ELLIS, M.; KILLEFER, J.; CARR, T. R.; SCRAMLIN, S. M.; ENGLAND, M. B.; GAINES, A. M.; WOLTER, B. F.; CARR, S. N.; MCKEITH, F. K. Effect of distillers dried grains with solubles and ractopamine (Paylean) on quality and shelf-life of fresh pork and bacon. **Journal of Animal Science**, v. 88, p. 2751-2766, Aug. 2010. DOI: 10.2527/jas.2009-2472.

MARTÍNEZ-AISPURO, M.; FIGUEROA-VELASCO, J. L.; ZAMORA-ZAMORA, V.; CORDERO-MORA, J. L.; NARCISO-GAYTÁN, C.; SÁNCHEZ-TORRES, M. T.; CARRILLO-DOMÍNGUEZ, S.; CASTILLO-DOMÍNGUEZ, R. M. Effect of CLA supplementation to low-protein diets on the growth performance, carcass characteristics, plasma urea nitrogen concentration, and fatty acid profile in the meat of pigs. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 57, n. 5, p. 742-754, 2014. DOI: 10.1590/S1516-8913201401407.

MOREL, P. C. H.; JANZ, J. A. M.; ZOU, M.; PURCHAS, R. W.; HENDRIKS, W. H.; WILKINSON, B. H. P. The influence of diets supplemented with conjugated linoleic acid, selenium, and vitamin E, with or without animal protein, on the composition of pork from female pigs. **Journal of Animal Science**, v. 86, p. 1145-1155, May 2008. DOI: 10.2527/jas.2007-0358.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Swine**. 11th rev. ed. Washington, DC: National Academy Press, 2012. 400 p.

O'QUINN, P. R.; NELSEN, J. L.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D. Conjugated linoleic acid. **Animal Health Research Reviews**, v. 1, n. 1, p. 35-46, June 2000.

OSTROWSKA, E.; MURALITHARAN, M.; CROSS, R. F.; BAUMAN, D. E.; DUNSHEA, F. R. Dietary conjugated linoleic acids increase lean tissue and decrease fat deposition in growing pigs. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n. 11, p. 2037-2042, Nov. 1999. DOI: 10.1093/jn/129.11.2037.

PATIENCE, J. F.; SHAND, P.; PIETRASIK, Z.; MERRILL, J.; VESSIE, G.; ROSS, K. A.; BEAULIEU, A. D. The effect of ractopamine supplementation at 5 ppm of swine finishing diets on growth performance, carcass composition and ultimate pork quality. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 89, n. 1, p. 53-66, 2009. DOI: 10.4141/CJAS07152.

PLEADIN, J.; VULIC, A.; PERS, N.; TERZIC, S.; ANDRISIC, M.; ARKOVIC, I. Z.; ANDOR, K. S.; PERAK, E.; MIHALJEVIC, Z. Accumulation of Ractopamine residues in hair and ocular tissues of animals during and after treatment. **Journal of Analytical Toxicology**, v. 37, n. 2, p. 117-121, Mar. 2013. DOI: 10.1093/jat/bks092.

POMPEU, D.; WIEGAND, B. R.; EVANS, H. L.; RICKARD, J. W.; GERLEMANN, G. D.; HINSON, R. B.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; BOYD, R. D.; ALLEE, G. L. Effect of corn dried distillers grains with solubles, conjugated linoleic acid, and ractopamine (Paylean) on growth performance and fat characteristics of late finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 91, p. 793-803, Feb. 2013. DOI: 10.2527/jas.2012-5257.

PULS, C. L.; TROUT, W. E.; RITTER, M. J.; MCKEITH, F. K.; CARR, S. N.; ELLIS, M. Impact of ractopamine hydrochloride on growth performance, carcass and pork quality characteristics, and responses to handling and transport in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 1229-1238, Mar. 2015. DOI: 10.2527/jas.2014-8097.

QIANG, Z.; SHENTU, F.; WANG, B.; WANG, J.; CHANG, J.; SHEN, J. Residue depletion of ractopamine and its metabolites in swine tissues, urine, and serum. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v. 55, p. 4319-4326, Apr. 2007. DOI: 10.1021/jf070167c.

RAMSAY, T. G.; EVOCK-CLOVER, C. M.; STEELE, N. C.; AZAIN, M. J. Dietary conjugated linoleic acid alters fatty acid composition of pig skeletal muscle and fat. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 2152-2161, Aug. 2001. DOI: 10.2527/2001.7982152x.

RINCKER, P. J.; KILLEFER, J.; MATZAT, P. D.; CARR, S. N.; MCKEITH, F. K. The effect of ractopamine and intramuscular fat content on sensory attributes of pork from pigs of similar genetics. **Journal of Muscle Foods**, v. 20, p. 79-88, Dec. 2009. DOI: 10.1111/j.1745-4573.2008.00135.x.

SCRAMLIN, S. M.; CARR, S. N.; PARKS, C. W.; FERNANDEZ-DUEÑAS, D. M.; LEICK, C. M.; MCKEITH, F. K.; KILLEFER, J. Effect of ractopamine level, gender, and duration of ractopamine on belly and bacon quality traits. **Meat Science**, v. 80, p. 1218-1221, Dec. 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2008.05.034.

SMITH, D. J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of β -adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 173-194, Jan. 1998. DOI: 10.2527/1998.761173x.

SMITH, S. B.; HIVELY, T. S.; CORTESE, G. M.; HAN, J. J.; CHUNG, K. Y.; CASTEÑADA, P.; GILBERT, C. D.; ADAMS, V. L.; MERSMANN, H. J. Conjugated linoleic acid depresses the $\delta 9$ desaturase index and stearoyl coenzyme A desaturase enzyme activity in porcine subcutaneous adipose tissue. **Journal of Animal Science**, v. 80, p. 2110-2115, July 2002. DOI: 10.1093/ansci/80.8.2110.

SU, B.; WANG, L.; WANG, H.; SHI, B.; SHAN, A.; LI, Y. Conjugated linoleic acid and betain prevent pork quality issues from diets containing distillers' dried grains with solubles. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, p. 477-485, Dec. 2013. DOI: 10.4141/cjas2013-056.

SZYMCZYK, B. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) on fatty acid composition, lipid oxidation and quality of pork meat. **Annals of Animal Science**, v. 5, n. 1, p. 145-157, 2005b.

SZYMCZYK, B. Effects of conjugated linoleic acid (CLA) on pig performance, carcass quality, chemical composition of meat and serum lipid profile. **Annals of Animal Science**, v. 5, n. 1, p. 135-144, 2005a.

TAVÁREZ, M. A.; BOLER, D. D.; CARR, S. N.; RITTER, M. J.; PETRY, D. B.; SOUZA, C. M.; KILLEFER, J.; MCKEITH, F. K.; DILGER, A. C. Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 5122-5134, Dec. 2012. DOI: 10.2527/jas.2012-5438.

THIEL-COOPER, R. L.; PARRISH JÚNIOR, F. C.; SPARKS, J. C.; WIEGAND, B. R.; EWAN, R. C. Conjugated linoleic acid changes swine performance and carcass composition. **Journal of Animal Science**, v. 79, p. 1821-1828, July 2001. DOI: 10.2527/2001.7971821x.

TOUS, N.; LIZARDO, R.; VILÀ, B.; GISPERT, M.; FONT-I-FURNOLS, M.; ESTEVE-GARCIA, E. Effect of a high dose of CLA in finishing pig diets on fat deposition and fatty acid composition in intramuscular fat and other fat depots. **Meat Science**, v. 93, p. 517-524, 2013. DOI: 10.1016/j.meatsci.2012.10.005.

WEBER, T. E.; RICHERT, B. T.; BELURY, M. A.; GU, Y.; ENRIGHT, Y.; SCHINCKEL, A. P. 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, Mar. 2006. DOI: 10.2527/2006.843720x.

WEBSTER, M. J.; GOODBAND, R. D.; TOKACH, M. D.; NELSEN, J. L.; DRITZ, S. S.; UNRUH, J. A.; BROWN, K. R.; REAL, D. E.; DEROUCHÉY, J. M.; WOODWORTH, J. C.; GROESBECK, C. N.; MARSTELLER, T. A. 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, n. 6, p. 597-611, Dec. 2007. DOI: 10.15232/S1080-7446(15)31029-9.

WHITE, H. M.; RICHERT, B. T.; RADCLIFFE, J. S.; SCHINCKEL, A. P.; BURGESS, A. P.; KOSER, S. L.; DONKIN, S. S.; LATOUR, M. A. Feeding conjugated linoleic acid partially recovers carcass quality in pigs fed dried corn distillers grains with solubles. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 1, p. 157-166, Jan. 2009. DOI: 10.2527/jas.2007-0734.

WIEGAND, B. R.; HINSON, R. B.; RITTER, M. J.; CARR, S. N.; ALLEE, G. L. Fatty acid profiles and iodine value correlations between 4 carcass fat depots from pigs fed varied combinations of ractopamine and energy. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 11, p. 3580-3586, Nov. 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3303.

WIEGAND, B. R.; SPARKS, J. C.; PARRISH JÚNIOR, F. C.; ZIMMERMAN, D. R. Duration of feeding conjugated linoleic acid influences growth performance, carcass traits, and meat quality of finishing barrows. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 3, p. 637-643, Mar. 2002. DOI: 10.2527/2002.803637x.

ZHOU, X.; LI, D.; YIN, J.; NI, J.; DONG, B.; ZHANG, J.; DU, M. CLA differently regulates adipogenesis in stromal vascular cells from porcine subcutaneous adipose and skeletal muscle. **Journal of Lipid Research**, v. 48, n. 8, p. 1701-1709, May 2007. DOI: 10.1194/jlr.M600525-JLR200.