



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ROBERTA ABRAMI MONTEIRO SILVA

**EFEITO DA RACTOPAMINA E DAS VITAMINAS C E E NO
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E NA QUALIDADE DA
CARÇA E DA CARNE SUÍNA**

Londrina
2009

ROBERTA ABRAMI MONTEIRO SILVA

**EFEITO DA RACTOPAMINA E DAS VITAMINAS C E E NO
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E NA QUALIDADE DA
CARÇA E DA CARNE SUÍNA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva

Londrina
2009

ROBERTA ABRAMI MONTEIRO SILVA

**EFEITO DA RACTOPAMINA E DAS VITAMINAS C E E NO
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E NA QUALIDADE DA
CARÇAÇA E DA CARNE SUÍNA**

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Caio Abércio da Silva (Orientador) –
Universidade Estadual de Londrina

Profa. Dra. Ana Maria Bridi
Universidade Estadual de Londrina

Prof. Dr. Edgard Hideaki Hoshi
Universidade Norte do Paraná.

Londrina, 10 de dezembro 2009

DEDICATÓRIA

Com muita gratidão e amor dedico esse trabalho à minha família, especialmente à minha Mãe, Julieta, que sempre se preocupou com meu futuro, guiando meus passos com seus exemplos e ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por iluminar meu caminho e por abrir portas permitindo a realização desse Mestrado, e por me dar força e amparo nos momentos mais difíceis da minha vida não me deixando desistir dos meus objetivos.

Ao Professor Dr. Caio Abércio da Silva, meu orientador, pelos ensinamentos, conselhos e por ser um exemplo de profissional em minha vida; além da confiança em mim depositada, paciência durante esses anos e por ser um amigo sempre.

À Professora Dra. Ana Maria Bridi, sempre muito atenciosa e disposta a ajudar; obrigada por todo apoio e companheirismo sempre que precisei, pelo auxílio nas análises estatísticas, pela confiança e amizade. Muito obrigada mesmo.

Aos Professores Drs. Nilva Aparecida Nicolao Fonseca e Alexandre Oba pela colaboração e participação como membros da banca no Exame de Qualificação.

A todos os outros Professores do Departamento de Zootecnia, pelo companheirismo, ajuda e conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Dr. Amauri Alfieri pelo trabalho e dedicação como Coordenador do curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

À secretária Helenice, sempre a disposição para ajudar, pela gentileza, simpatia e dedicação ao trabalho.

Aos funcionários da Fazenda Escola: Sr. Pedro, Sr. Mauro, Sr. Antonio, Zé, Jorge e Inácio, pelo empenho em ajudar nesse trabalho e em muitos outros, pela parceria e amizade desde a graduação.

Ao meu noivo Leandro Tenália, por todo amor e por acreditar na minha capacidade e me incentivar a concluir este trabalho.

A minha mãe, Julieta, por me ajudar financeiramente até hoje e principalmente durante o período em que não havia sido concedida a bolsa de estudos. Te amo muito!

Aos amigos queridos Luciane, Letícia, Carina, Lara e Thales por fazerem parte da minha e sempre estarem presentes quando precisei.

Aos antigos amigos e irmãos, que eu adoro tanto, da produção de suínos da Pós-Graduação: Mara, Graziela, Julian, Piero, Arturo, Luiza e Mauro, e aos novos: Danyel e

Marina pela amizade acima de tudo, por toda ajuda e pelos momentos de descontração e risadas que ficarão guardados pra sempre.

A toda equipe e colegas da suinocultura, especialmente as pessoas que me ajudaram na realização dos trabalhos: Piero, Arturo, Luiza, Danyel, Mauro, Eduardo, Domini, Daniela, Letícia, Thales e Toshiba , agradeço a todos pela dedicação.

À Universidade Estadual de Londrina pelo curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa Valée, especialmente à Médica Veterinária Alessandra, pelo apoio financeiro na condução destes trabalhos.

A todos, muito obrigada por tudo!

SILVA, Roberta A. M. **Efeito da ractopamina e das vitaminas C e E no desempenho zootécnico e na qualidade da carcaça e da carne suína.** 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

RESUMO

Realizou-se um experimento onde se avaliou os efeitos da utilização de aditivos antioxidantes associados ou não à ractopamina nas rações de suínos em terminação durante 28 dias antes do abate. Foram utilizados 51 suínos mestiços (Landrace X Large White), sendo 27 machos castrados e 24 fêmeas, com idade de 132 dias e peso médio inicial de $83,38 \pm 10,82$ kg. Foram estabelecidos três tratamentos experimentais, baseados na inclusão de dois complexos às rações, Complexo 1 (4g de vitamina E + 1g de vitamina C/kg do produto) e Complexo 2 (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg de produto), definindo: ração controle (isenta dos complexos); ração controle + complexo 1 (0,1%); e ração controle + complexo 2 (0,05%). O ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar foram avaliados semanalmente. Na terceira semana do experimento, foram coletadas amostras de sangue para as análises dos níveis de ácido láctico, cortisol e creatina fosfoquinase. Após o abate, as características de carcaça foram avaliadas e foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* para a análise da qualidade da carne. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num arranjo fatorial 3 x 2 (3 tratamentos e 2 gêneros), onde a unidade experimental para as características de desempenho foi a baía e para as demais avaliações a unidade experimental foi o animal. Verificou-se diferença ($P < 0,05$) para o consumo diário de ração, conversão alimentar, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria a favor do tratamento com ractopamina. Houve interação entre gênero e tratamento para as características área de olho de lombo e profundidade de músculo. Os valores de vitamina E na carne foram mais elevados ($P < 0,05$) no músculo dos animais dos grupos que receberam a vitamina. Em relação à qualidade da carne, houve diferença ($P < 0,05$) nos valores de oxidação desta (TBARS) e na taxa de marmoreio, em que os tratamentos que receberam antioxidante apresentaram-se menores índices. A inclusão de ractopamina (10 ppm), juntamente com os antioxidantes testados, resultou em melhora nas características de desempenho e carcaça, e a suplementação com o complexo antioxidante, isoladamente, apresentou melhorias em alguns parâmetros relacionados à qualidade da carne.

Palavras-chave: Beta-adrenérgico. Oxidação lipídica. Tecido adiposo e tecido muscular.

SILVA, Roberta A. M. **Efeito da ractopamina e das vitaminas C e E no desempenho zootécnico e na qualidade da carcaça e da carne suína.** 2009. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

ABSTRACT

An experiment was conducted where was evaluated the effects of the use of additives antioxidants associated or not with ractopamine in feed for finishing pigs during 28 days before the slaughter. Were used 51 crossbred pigs (Landrace X Large White), been 27 barrows and 24 females with 132 days of age and initial weight of 83.38 ± 10.82 kg. Three experimental treatments were established based on the inclusion of two complexes to feed: complex 1 (4g de vitamin E + 1g de vitamin C/kg of product) and complex 2 (0.2g de ractopamine + 4g de vitamin E + 2g de vitamin C/kg of product), defining the ration control (free of complexes), ration control + complex 1 (0.1%) and the ration control + complex 2 (0.05%). The daily weight gain, feed intake and feed conversion were evaluated weekly. In the third week of the experiment, were collected the blood samples to evaluate the levels of lactic acid, cortisol and creatine phosphokinase. After the slaughter the Carcass Characteristics were measured and the samples of *Longissimus dorsi* muscle were obtained been submitted an evaluation of meat quality. The experimental design was blocked randomically, presenting a factorial model 3X2 (3 treatments and 2 genders), been the pen considerate an experimental unit for performance parameters and for other analysis, the repetition was the animal. Were observed difference ($P < 0.05$) for daily feed intake, feed, hot carcass weight, cold carcass weight to the treatment with ractopamine. There was an interaction between gender and treatment to the characteristics of loin eye area and depth of muscle. The values of vitamin E in meat were higher ($P < 0.05$) in muscle of animals in groups receiving the vitamin. Regarding meat quality, there was a difference ($P < 0.05$) in the values of oxidation (TBARS) and the rate of marbling in the treatments that received antioxidant properties was lower indices. The inclusion of ractopamine (10 ppm), together with the antioxidants tested, resulted in improvement in performance and carcass characteristics, and supplementation with the antioxidant complex, alone, showed improvement in some parameters related to meat quality.

Keywords: Beta-adrenergic. Lipid oxidation. Fat tissue and muscular tissue.

LISTA DE TABELAS

Artigo 1 – Desempenho zootécnico, qualidade da carne e perfil de ácidos graxos de suínos alimentados com dietas contendo antioxidante e ractopamina.

Tabela 1 – Composição percentual, química e energética das rações experimentais.....	39
Tabela 2 – Médias e desvios-padrão de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos experimentais e gêneros.....	43
Tabela 3 – Médias e desvios- padrão dos parâmetros sanguíneos creatina fosfoquinase (CK), cortisol e ácido lático de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos	44
Tabela 4 – Médias e desvios-padrão das características: peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça resfriada (PCR), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC) e conformação (CONF), espessura de toucinho (ET) e quantidade de carne magra na carcaça (QCMC) de suínos de diferentes gêneros submetidos aos tratamentos.....	45
Tabela 5 – Interação entre tratamentos e sexos para os parâmetros área de olho de lombo (AOL) e profundidade de músculo (PM) de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos	46
Tabela 6 – Médias e desvios-padrão das características pH inicial e final, cor (a*, b* e L*), croma e tonalidade, expressa em graus (Tonag), de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos	47
Tabela 7 – Médias e desvios-padrão das características perda de água por gotejamento (PAG), TBARS e marmoreio de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos	48
Tabela 8 – Médias e desvios-padrão das características perda de líquido no descongelamento (PLD), perda de líquido na cocção (PLC) e força de cisalhamento (FC) de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.....	49
Tabela 9 – Valores de vitamina E encontrados em amostras de carne de suínos submetidos aos tratamentos experimentais	51
Tabela 10 –Análise do perfil dos ácidos graxos(g/ 100g) de suínos submetidos aos tratamentos experimentais	52

Artigo 2 – Avaliação da associação da ractopamina com antioxidantes para suínos em terminação: efeitos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne.

Tabela 1 – Composição percentual, química e energética das rações experimentais.....	63
Tabela 2 – Médias e desvios-padrão de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos experimentais e gêneros.....	66
Tabela 3 – Médias dos parâmetros sanguíneos creatina fosfoquinase (CK), cortisol e ácido láctico de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.....	67
Tabela 4 – Médias e desvios-padrão das características: peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça resfriada (PCR), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC) e conformação (CONF) de suínos de diferentes gêneros submetidos aos tratamentos.....	69
Tabela 5 – Médias e desvios-padrão das características: espessura de toucinho (ET), profundidade de músculo (PM), área de olho de lombo (AOL) e quantidade de carne magra na carcaça (QCMC) de suínos de diferentes gêneros submetidos aos tratamentos.....	69
Tabela 6 – Médias e desvios-padrão das características pH inicial e final, cor (a*, b* e L*), croma e tonalidade, expressa em graus (Tonag), de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos	71
Tabela 7 – Médias e desvios-padrão das características perda de água por gotejamento (PAG), TBARS e marmoreio de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos	71
Tabela 8 – Médias e desvios-padrão das características perda de líquido no descongelamento (PLD), perda de líquido na cocção (PLC) e força de cisalhamento (FC) de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.....	74
Tabela 9 – Valores de vitamina E encontrados em amostras de carne de suínos submetidos aos tratamentos experimentais	75
Tabela 10 – Análise do perfil dos ácidos graxos (g/100g) de suínos submetidos aos tratamentos experimentais	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura química da Ractopamina 22

Figura 2 – Ativação adrenérgica da lipólise em tecido adiposo 23

Artigo 1

Figura 1 – Valores de TBARS encontrados nas carnes de suínos submetidos aos tratamentos: 1= Ração controle (isenta dos complexos), 2= Ração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e 3= Ração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração) 49

Artigo 2

Figura 1 – Valores de TBARS encontrados nas carnes de suínos submetidos aos tratamentos: 1= Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); 2= Ração controle + 10 ppm de ractopamina e 3= Ração controle + complexo (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg do produto) 72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 OXIDAÇÃO LIPÍDICA	15
2.2 ANTIOXIDANTES	17
2.2.1 Ácido ascórbico (vitamina E)	19
2.2.2 Vitamina E	20
2.3 RACTOPAMINA	21
3 REFERÊNCIAS	26
4 OBJETIVOS	33
4.1 OBJETIVO GERAL	33
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
5 ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO	34
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, QUALIDADE DA CARNE E PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO ANTIOXIDANTE E RACTOPAMINA	35
RESUMO	35
ABSTRACT	36
INTRODUÇÃO	37
MATERIAL E MÉTODOS	38
RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
CONCLUSÃO	54
REFERÊNCIAS	54
AVALIAÇÃO DA ASSOCIAÇÃO DA RACTOPAMINA COM ANTIOXIDANTES PARA SUÍNOS EM TERMINAÇÃO: EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO, QUALIDADE DE CARCAÇA E CARNE	58
RESUMO	58
ABSTRACT	59

INTRODUÇÃO	60
MATERIAL E MÉTODOS	61
RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
CONCLUSÃO	77
REFERÊNCIAS	77
6 CONCLUSÃO GERAL	81

1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a proteína de origem animal mais consumida no mundo. No Brasil, o consumo da carne suína ocupa o terceiro lugar, por alguns consumidores acreditarem que se trata de uma carne com elevado teor de gordura e que faz mal a saúde. Mas é comprovado do ponto de vista nutricional, que isso é uma inverdade, pois diversos trabalhos têm apresentado a carne suína como um produto saudável, rico em proteína, vitaminas do complexo B, minerais, com destaque para o ferro, e com boa relação de ácidos graxos polinsaturados e saturados, desejável à saúde humana (SEUS, 1990).

Porém essa composição de ácidos graxos da carne suína, com elevado teor de ácidos graxos polinsaturados, faz com que esta tenha maior probabilidade de reações de oxidação que são a principal causa de deterioração da carne, levando a rancidez oxidativa. A qualidade da carne representa uma das principais preocupações, especialmente para consumidores mais exigentes, pois as características como cor, a textura e a perda de água despertam a atenção do consumidor na hora da compra. (FÁVERO, 2003).

A diminuição da oxidação lipídica pode ser alcançada pelo uso de antioxidantes, os quais inibem a formação de radicais livres através do seqüestro destes, absorvendo oxigênio ou formando quelatos com metais catalisadores dos processos de oxidação. Os antioxidantes mais utilizados na produção animal, visando melhorar a estabilidade oxidativa das carnes, são o ácido ascórbico (vitamina C) e a vitamina E.

De acordo com Souza (2001), antioxidantes através da dieta de animais aumentam a estabilidade oxidativa de produtos cárneos, principalmente naqueles produtos onde a adição exógena é dificultada.

Aliada à qualidade da carne se encontra também, a quantidade de carne produzida, pois assim como o consumidor quer ser beneficiado consumindo uma carne de qualidade, o produtor também busca um aumento da quantidade de carne produzida, sendo foco a produção de animais precoces, eficientes e que apresentem carcaças com elevada relação carne: gordura.

Segundo Guidoni (2000), a suinocultura industrial melhora continuamente a qualidade de seus produtos não só através da genética, mas também por meio de estratégias nutricionais que resultam em carcaça com maior quantidade de carne, menor espessura de toucinho e maior área de olho de lombo. Tais características são interessantes para a indústria,

uma vez que há maior possibilidade de agregar valores ao produto final e, ao mesmo tempo, atender às exigências do mercado consumidor por um produto de melhor qualidade.

Atualmente, a tipificação de carcaças de suínos, praticada por alguns frigoríficos de médio e grande porte, é usada, principalmente, para a compra do suíno vivo. É um parâmetro utilizado para bonificar a carcaça paga ao produtor e tem sido usado como estratégia comercial para incentivar a produção de carcaças com mais carne e menos gordura. Qualquer estratégia visando à melhoria da qualidade da carcaça pode ter um efeito positivo para aumento da lucratividade do setor.

A maior mudança na composição da carcaça de suínos ocorre na fase de terminação, onde se tem um aumento do desenvolvimento muscular e da deposição de gordura. Como a gordura é nutricionalmente mais cara para ser depositada, nessa etapa ocorre um aumento na conversão alimentar sendo necessária uma formulação de dieta específica, para evitar desperdício de nutrientes e melhorar o desempenho dos animais.

Diante da necessidade de maximizar a produtividade da atividade suinícola, e ao mesmo tempo atender a demanda do consumidor, a produção de suínos com alta capacidade de síntese de tecido magro, em detrimento a deposição de gordura na carcaça, vem sendo priorizada. Para isso, novas estratégias nutricionais têm sido testadas visando promover a partição de nutrientes do tecido adiposo em favor da deposição muscular, como o uso da ractopamina, um beta-adrenérgico, classificada como um promotor de crescimento (BRIDI et al, 2006).

Segundo Girão et al. (2008), a suplementação dos animais com ractopamina tem como objetivo viabilizar o abate de suínos com peso de abate superior ao convencional e, além disso, aumentar o rendimento de carne magra.

Sabe-se que a diminuição da gordura e o aumento da carne magra na carcaça de suínos em terminação significam a valorização desta no mercado, e por consequência, maior retorno financeiro ao produtor (AMARAL et al., 2008).

A ractopamina age modificando o metabolismo animal, melhorando os índices de desempenho e as características de carcaça, direcionando os nutrientes para funções zootécnicas que são desejáveis para o produtor e o consumidor (STELLE et al., 1990).

Reconhecidas as ações da ractopamina e das vitaminas C e E sobre a melhora do desempenho e a minimização da oxidação lipídica da carne, respectivamente, o objetivo deste trabalho foi identificar os efeitos destes compostos, associados ou não, fornecidos para suínos em fase de terminação, frente aos parâmetros de desempenho, carcaça e qualidade de carne.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

Os lipídios são compostos heterogêneos insolúveis em água e solúveis em solventes apolares, como os carboidratos. São constituídos de carbono, hidrogênio e oxigênio (LAIRON, 1996).

Nos alimentos, os lipídios estão relacionados a diversas características sensoriais, como aroma, cor, textura, suculência e vida útil. Os lipídios podem ser degradados de diversas formas, pela oxidação lipídica, hidrólise, polimerização, pirólise e absorção de sabores e odores estranhos (ARAÚJO, 2004).

A oxidação lipídica corresponde a uma série de reações químicas envolvendo a deterioração oxidativa de ácidos graxos polinsaturados (DUTHIE, 1993). A reação é iniciada sob a ação do oxigênio, luz e metais de transição, como o ferro ou pigmentos naturais, quando o ácido graxo perde um elétron ou um hidrogênio do carbono adjacente à dupla ligação de um ácido graxo insaturado caracterizando a fase de inicialização da oxidação (MORRISSEY et al., 1998; FERRARI, 1999).

Segundo Morrissey et al. (1998), a oxidação inicia-se facilmente conforme aumenta o número de duplas ligações do ácido graxo, motivo pelo qual os ácidos graxos polinsaturados são particularmente susceptíveis à oxidação. Com a retirada do hidrogênio ou do elétron há formação de radicais livres, que são substâncias instáveis e reativas. Sendo instáveis, os radicais livres aumentam as reações de oxidação, e essa fase recebe o nome de propagação, ou seja, esses radicais propagam as reações até a formação de substâncias não reativas, caracterizando a fase de terminação, com a finalização das reações.

Esses produtos como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, são apontados como substâncias tóxicas que levam à diminuição da qualidade do alimento. Outro fator é a diminuição no valor nutritivo, pela oxidação de vitaminas e proteínas, perda de cor da carne e menor prazo de validade pela rancificação dos lipídios (ARAÚJO, 2004), já que a oxidação é iniciada nos lipídios, mas pode afetar proteínas, pigmentos e vitaminas.

Os produtos da oxidação lipídica provocam processos deteriorativos em humanos, como envelhecimento, doenças do coração, doenças coronárias e desordens carcinogênicas e mutagênicas (DUTHIE, 1993; GHIRETTI et al., 1997).

A oxidação lipídica é uma das maiores causas da perda de qualidade nos alimentos, principalmente em tecidos musculares (LEE e HENDRICKS, 1995), com efeitos negativos nas qualidades sensoriais (GHIRETTI et al., 1997). Segundo Morrissey et al. (1998), a oxidação lipídica é considerada um problema para todos os envolvidos na produção de carne, desde produtores primários e processadores até distribuidores.

Segundo Duthie (1993), no organismo, durante a respiração mitocondrial, a ação de células fagocitárias e o estresse causado por infecções determinam a produção de oxigênio (O_2), que ao receber um elétron, se reduz, torna-se instável, e na condição de radical livre passa a reduzir outras moléculas de oxigênio. Na presença de metais como o ferro ou o zinco, o radical livre forma o radical hidroxil (OH^*), altamente reativo. Esse radical hidroxil provoca danos nas proteínas, ácidos nucleicos e outras biomoléculas e retira o hidrogênio dos ácidos graxos polinsaturados. Portanto, o ferro e seus complexos formados com o oxigênio são os iniciadores desta reação, que através de várias reações em cadeia determinam a produção de mais de 60 produtos finais citotóxicos.

Segundo Morrissey et al. (1998), no animal vivo, as reações de oxidação lipídica são minimizadas por sistemas protetores, como as enzimas que evitam a formação de radicais livres, transportadores de proteínas, que seqüestram os metais de transição e antioxidantes, como as vitaminas E e C. Entretanto, após o abate, eventos como a queda do pH, perda da função de enzimas antioxidantes e liberação de íons metálicos das proteínas transportadoras e armazenadoras, catalisam a reação de oxidação lipídica (MORRISSEY et al., 1998; FERRARI, 1999).

Durante a conversão do músculo em carne, as mudanças bioquímicas dão condições para a oxidação de fosfolipídios insaturados presentes nas membranas celulares, pois o sistema de defesa antioxidante não consegue acompanhar as mudanças dos metabólitos e das propriedades físicas. A fase mais significativa da oxidação lipídica ocorre durante o processamento, estoque e preparo da carne, pela liberação do ferro da hemoglobina e mioglobina (MORRISSEY et al., 1998).

O método mais utilizado para mensurar a oxidação lipídica em sistemas biológicos é o índice de TBARS – Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico. O índice corresponde à condensação de dois moles de TBA com um mol de malonaldeído, produto da oxidação de lipídios polinsaturados quando aquecido em meio ácido, que produz uma solução de cor avermelhada, que é medida espectrofotometricamente a 532 nm (TURNER, 1954; ARAÚJO, 2004).

A estabilidade lipídica nas carnes e nos produtos cárneos pode ser influenciada por diversos fatores, como a espécie animal, o tipo de tecido muscular, o estresse, o abate, as condições de vida dos animais e principalmente pela dieta dos animais.

Segundo Ferrari (1999), as carnes suína e de frango são mais susceptíveis a oxidação que a carne bovina pelo elevado teor de ácidos graxos insaturados, principalmente os fosfolipídios. Em relação ao tipo de tecido muscular, os músculos vermelhos são mais susceptíveis à oxidação lipídica, quando comparados aos músculos brancos, pois os vermelhos apresentam maior concentração de ferro, maior metabolismo oxidativo e a fração triglicéridica sofre hidrólise mais rapidamente que os fosfolipídios.

A idade avançada, as doenças, as infecções e o estresse fisiológico podem também aumentar a produção de oxigênio ativo (radicais livres), que desencadeiam a oxidação lipídica (FERRARI, 1999).

A composição de ácidos graxos nas dietas dos animais e a qualidade da gordura predispõem estes à oxidação lipídica. Neste sentido, suínos que consomem dietas com óleo de soja são mais susceptíveis à oxidação lipídica que suínos alimentados com gordura animal (MORRISSEY et al., 1998).

Na busca por diminuir e minimizar a oxidação lipídica e seus danos, vários estudos estão sendo desenvolvidos na nutrição animal. Morrissey et al. (1998) sugeriram a retirada da suplementação de ferro e zinco, catalíticos na oxidação lipídica. Outro caminho para minimizar a oxidação lipídica das carnes é através da suplementação das rações animais com substâncias que protegem os músculos desta reação, substâncias estas conhecidas como antioxidantes.

2.2 ANTIOXIDANTES

Segundo U.S.F.D.A (United State Food and Drug Administration), os antioxidantes são definidos como substâncias usadas para preservar alimentos por retardar a deterioração, a rancidez ou a descoloração devido à oxidação (SOARES, 1998; SOUZA, 2001).

De acordo com Decker et al. (2002), os antioxidantes podem ser sintéticos ou naturais. Os antioxidantes sintéticos apresentam estruturas fenólicas com graus de substitutos alquilas variáveis. Os mais utilizados são os BHA (hidroxianisol butilato), BHT

(hidroxitolueno), TBHQ (terc-butil hidroquinona) e PG (galato de propila). Contudo, pelos riscos à saúde humana, os antioxidantes sintéticos vêm sendo substituídos pelos naturais.

Os antioxidantes naturais são compostos fenólicos, quinonas, lactonas e polifenóis. Os cereais são excelentes fontes de antioxidantes naturais sendo que estes componentes se concentram principalmente no gérmen do grão (DECKER et al., 2002).

Os principais antioxidantes encontrados nos grãos são os flavanóides, os ácidos fenólicos, o selênio, os tocoferóis (vitamina E) e o ácido fítico. Estudos nutricionais em humanos têm indicado que dietas ricas em cereais atuam prevenindo doenças crônicas, doenças cardíacas e muitos tipos de câncer, doenças estas relacionadas à oxidação lipídica (DECKER et al., 2002).

Tem-se buscado alternativas para reduzir o uso de antioxidantes exógenos (administrando diretamente no alimento de consumo humano), substituindo-os pelos endógenos (oferecido nas rações animais visando indiretamente efeitos antioxidantes na carne), dada a tendência em consumir produtos naturais com mínima dosagem de aditivos (JENSEN et al., 1998).

A introdução de antioxidantes através da dieta de animais corresponde a um método efetivo para o aumento da estabilidade oxidativa de produtos cárneos, principalmente naqueles produtos onde a adição exógena é dificultada (SOUZA, 2001).

Segundo Araújo (2004), a escolha do antioxidante vai depender do conhecimento da química, do modo de ação e da função deste no alimento. A diferença entre os antioxidantes se deve a sua estrutura química, que vai influenciar a estrutura física como solubilidade, volatilidade e estabilidade. Outro fator que deve ser levado em consideração é a natureza do lipídio, estado físico do alimento, condições de armazenamento e a atividade de água do alimento, em que esse antioxidante vai agir.

Os antioxidantes também podem ser classificados em primários e sinérgicos. Os antioxidantes primários atuam bloqueando a ação dos radicais livres através da doação ou recepção de elétrons ou hidrogênio. Os principais antioxidantes primários são o BHA, o BHT, o TBHQ e os tocoferóis. Estes antioxidantes agem na fase de iniciação e propagação da oxidação lipídica (ARAÚJO, 2004).

Os antioxidantes sinérgicos atuam removendo o oxigênio ou agentes complexantes como os metais. Os removedores de oxigênio têm ação em sistemas fechados, em que o oxigênio encontra-se em quantidade limitada. O principal exemplo é o ácido ascórbico (vitamina C). Os agentes complexantes quelatam os metais como o ferro e o zinco, envolvidos nas reações de oxidação lipídica. Os principais antioxidantes quelantes são o ácido

fítico, o EDTA e o ácido cítrico. Esses antioxidantes têm a característica de prolongar a vida útil do alimento (ARAÚJO, 2004).

Nas carnes, os antioxidantes mais utilizados são o ácido ascórbico (vitamina C) e a vitamina E. Segundo Morrissey et al. (1998), o ácido ascórbico, quando suplementado na dieta animal, aumenta a ação da vitamina E. Seu efeito benéfico na prevenção da oxidação lipídica, contudo, ainda é questionável. Há poucos estudos sobre a sua ação e o requerimento deste na dieta de animais de produção.

2.2.1 Ácido Ascórbico (vitamina C)

Alguns antioxidantes obtidos das dietas animais, tais como as vitaminas C e E são extremamente importantes na intercepção dos radicais livres.

A vitamina C conhecida como ácido ascórbico, é caracterizada como uma vitamina hidrossolúvel necessária para o funcionamento adequado do organismo. Na sua forma pura, é bastante instável, sendo facilmente destruída por temperaturas elevadas, luz, umidade, microelementos e lipídios oxidados (TACON, 1991).

A capacidade antioxidante da vitamina C baseia-se na sua ação de captar e liberar íon hidrogênio, promovendo a diminuição da formação de radicais livres e, conseqüentemente, a agressão causada por eles (ROCK; JACOB; BOWEN, 1996)

Alguns estudos têm demonstrado que as vitaminas C e E interagem metabolicamente. O efeito cooperativo entre essas duas vitaminas mostra que a interação entre elas é efetiva na inibição da peroxidação dos lipídeos da membrana e na proteção do DNA (GEY, 1998). A vitamina C melhora a atividade antioxidante da vitamina E por reduzir os radicais de tocoferila para a forma ativa da vitamina E (JACOB, 1995) ou poupar a vitamina E disponível (RETSKY; FREI, 1995).

O ácido ascórbico, em contraste com a vitamina E, é hidrofílico, atuando melhor em ambientes aquosos e, como é um inativador de radicais livres, pode reagir diretamente com os superóxidos e com os ânions hidroxilas, como também com vários lipídios hidroxilados dissolvidos no citoplasma, mantendo a integridade da membrana celular. Entretanto, a sua principal função como antioxidante se deve, possivelmente, à regeneração da forma reduzida da vitamina E, prevenindo assim a peroxidação lipídica (MARKS et al., 1996). Ele serve como co-fator nas oxidações, com funções distintas, as quais

promovem a incorporação de oxigênio molecular em vários substratos (KANEKO et al., 1997).

2.2.2 Vitamina E

A vitamina E (α -tocoferol) é um antioxidante natural e lipossolúvel mais importante em sistemas biológicos capaz de interromper a cadeia da oxidação lipídica nas membranas celulares.

A forma comercial mais utilizada de vitamina E, em ração animal, é o acetato do éster α -tocoferol. A vitamina E na forma de éster é mais resistente aos processos oxidativos sofridos pela ração durante o armazenamento (JENSEN et al., 1998).

A vitamina E protege os ácidos graxos mono e polinsaturados, e o colesterol contra processos oxidativos (SOUZA e SILVA, 2006) em carne suína e seus derivados.

O fornecimento de vitamina E em dietas tem provocado diminuição na oxidação lipídica, na perda por gotejamento, e melhoria na cor de cortes de carne suína, além de melhorar características de desempenho como ganho de peso diário e conversão alimentar, e características de carcaça como redução da espessura de toucinho e aumento da quantidade de carne magra de suínos (MONAHAN et al., 1990; CHEAH et al., 1995; CANNON et al., 1996; HASTY et al., 2002).

Dietas suplementadas com vitamina E são efetivas na redução da oxidação lipídica como também na oxidação da mioglobina, evitando a descoloração em carnes frescas e congeladas (LIU et al., 1995; O'GRADY et al., 1998; EIKELNBOOM et al., 2000).

Morrissey (1994) em seus estudos provou que a vitamina E, especialmente, quando incorporada à ração de animais e depositada nas membranas, é mais eficiente na prevenção da oxidação de lipídios do que qualquer outro anti-oxidante. Ela previne a formação de hidroperóxidos lipídicos, produtos de degradação que causam a deterioração do odor e do sabor, o que é associado com rancidez (WEBER; ANTIPATIS, 2001).

Souza (2001) testou níveis de suplementação de vitamina E durante todo período de crescimento e terminação de suínos, avaliando em seguida a oxidação lipídica na carne e no presunto. Foi observado o efeito antioxidante sem incorporar sabor e aroma estranho ao presunto. Entretanto, um fator que limita o seu uso é o alto custo.

Segundo o NRC (1998), a necessidade de vitamina E no final do crescimento corporal para suínos é de 11 mg/kg de ração. Entretanto, quando a vitamina E é suplementada em níveis maiores (100 a 200 mg/kg de ração) é verificado um efeito antioxidante, aumentando o tempo de vida útil da carne (MORRISSEY et al., 1998; SOUZA, 2001; RADCLIFFE, 2004).

2.3 RACTOPAMINA

Vários compostos sintéticos com estruturas e propriedades químicas e farmacológicas similares a das epinefrinas melhoram o desenvolvimento e a composição da carcaça. Estes compostos, como a ractopamina, cimaterol e salbutamol reagem com os receptores β -adrenérgicos na membrana das células e por isso recebem o nome de agonistas β -adrenérgicos (SQUIRES et al., 1993).

Os agonistas β -adrenérgicos, substâncias de estrutura análoga aos hormônios denominados catecolaminas (adrenalina e noradrenalina), são empregados na produção animal como aditivo. Eles agem como modificadores do metabolismo animal, alterando a partição de nutrientes desviando e promovendo o crescimento e a deposição de tecido magro e reduzindo o teor de gordura na carcaça de suínos em terminação (BRIDI et al., 2003).

Os agentes de repartição, clenbuterol, salbutamol e ractopamina, têm sido estudados, em especial a última, com maior interesse para a suinocultura, pois altera o metabolismo animal, desviando nutrientes para característica desejável, como a produção de carne magra (BELLAVAR et al., 1991; PALERMO NETO, 2002).

A ractopamina é caracterizada pela presença de anel aromático, cadeia lateral da etanolamina e o nitrogênio alifático (SMITH, 1998). A Figura 1 apresenta a estrutura química da ractopamina.

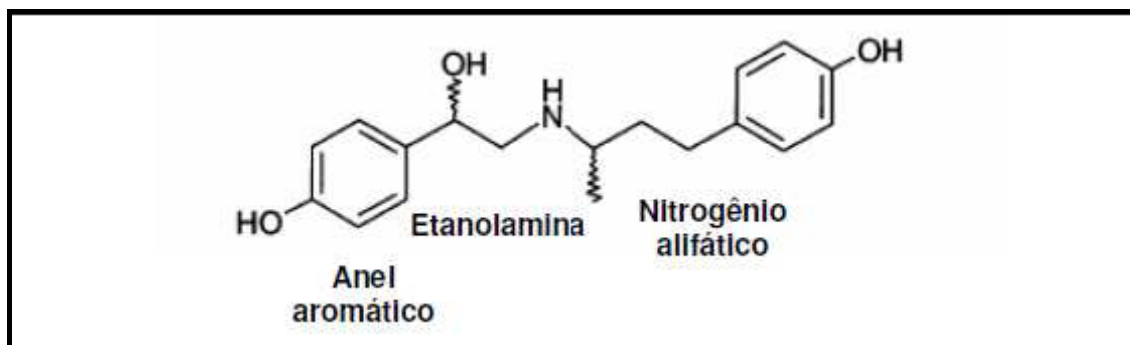


Figura 1 – Estrutura química da Ractopamina (adaptado de SMITH, 1998).

A ractopamina é classificada como um promotor de crescimento, agindo na modificação do metabolismo, levando a redução significativa dos teores de gordura da carcaça, redução esta que é desejável para o produtor e o consumidor (AGOSTINI et al., 2008).

Uma das respostas do metabolismo animal ao uso de ractopamina é o aumento da massa muscular, ocasionado pelo aumento no diâmetro das fibras musculares, ocorrendo principalmente nas fibras brancas. Vários estudos comprovaram que a suplementação da ractopamina para suínos em terminação aumentou a quantidade de carne magra na carcaça (SILVA et al., 2008).

Paralelamente a sua ação no tecido adiposo, a ractopamina se liga aos β -receptores presentes na membrana plasmática das células musculares, aumentando a retenção de aminoácidos e potencializando a síntese protéica nessas células. A ação hipertrófica da ractopamina sobre o músculo esquelético pode ser mediada pelo IGF-I (Fator de crescimento semelhante a insulina-I), que atua estimulando a síntese de proteína miofibrilar pelas células musculares (ADEOLA et al., 1992).

No tecido adiposo, uma série de efeitos sucessivos desde a membrana celular até o interior da célula é iniciada com a ligação destas substâncias com os receptores β -adrenérgicos nas membranas dos adipócitos. Esta ligação resulta na ação de fosforilação e ativação de lipases sensíveis a hormônios, as quais catalisam a quebra de triacilgliceróis (Figura 2).

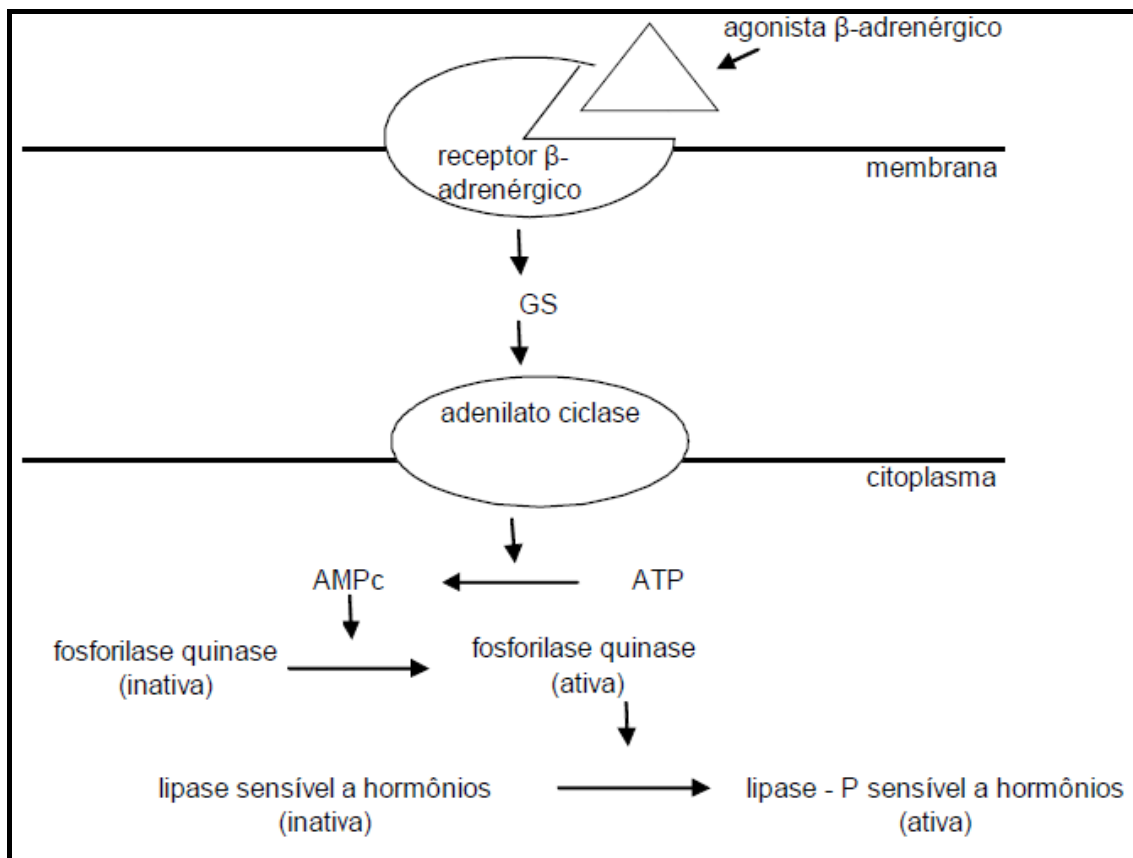


Figura 2 – Ativação adrenérgica da lipólise em tecido adiposo (MERSMANN, 1989)

O mecanismo de ação mais aceito para explicar a ação dos agonistas beta-adrenérgicos como repartidores de nutrientes, favorecendo o anabolismo protéico em detrimento da deposição lipídica, é de que sua fixação sobre uma proteína de ligação Gs (quando na sua forma ativa) leva a uma modificação na fluidez da membrana, determinando a estimulação da ação catalítica da enzima adenilciclase (Ac). A adenilciclase, por sua vez, a partir do ATP (trifosfato de adenosina) irá formar o AMPc (monofosfato ciclico de adenosina) para atuar como segundo mensageiro. O AMPc ativa uma proteína-quinase que conduz à fosforilação de enzimas. Estas, quando fosforiladas, podem estimular a triacil-glicerol-lipase que conduz à degradação dos triglicerídeos no adipócito (RAMOS; SILVEIRA, 1997).

Segundo Peterla et al. (1990), os β-receptores quando ativados pelas catecolaminas, estimulam a lipólise e conseqüentemente a redução do teor de gordura. Rutz et al., (1998) encontraram em seus trabalhos resultados sobre a correlação tempo x dose ractopamina x resposta, alegando que, a intensidade da resposta mediada pelo receptor é reduzida com a exposição prolongada da célula à ractopamina. A redução é denominada dessensibilização e está associada ao sistema da adenilato ciclase, tendo sido constatado após

redução da lipólise de tecido suíno *in vitro* com ractopamina. A intensidade da resposta mediada pelo receptor é reduzida com a exposição prolongada da célula à ractopamina.

Bark et al. (1992) e Engeseth et al. (1992) trabalhando com suínos em terminação, verificaram que os resultados positivos no ganho de peso diário foram obtidos nos primeiros 14 dias de fornecimento da ractopamina, diminuindo com o tempo de tratamento e cessando, após 4 semanas de fornecimento.

Amplamente pesquisada nos últimos 20 anos, a droga foi aprovada para uso em suínos nos Estados Unidos em 1999 e em vários outros países como o Brasil (FDA, 2000). Desde que seu uso foi liberado no Brasil, o cloridrato de ractopamina vem sendo largamente utilizado pela indústria suinícola nacional. Por proporcionar melhorias significativas no desempenho e nas características de carcaça dos suínos, a ractopamina, tem sido bastante recomendada em rações formuladas em granjas comerciais para suínos em terminação (MARINHO et al. 2007).

A ractopamina é administrada nas rações de suínos em fase de terminação, no período anterior ao abate e em animais que já tenham atingido a maturidade, ou seja, quando a capacidade de retenção das proteínas começa a ser menor. Neste momento associa-se que os efeitos dos agonistas beta-adrenérgicos sejam mais evidentes (MOLONEY; ALLEN, 1992; MOLONEY; BEERMANN, 1996; WILLIAMS, 1989).

A amplitude da resposta da ractopamina está em função da dose utilizada (STHALY, 1990). Segundo Schinckel et al. (2001), a maior parte da resposta com a ractopamina para ganho de peso pode ser já alcançada com uma concentração dietética de 5 ppm. No entanto, níveis mais altos (10 a 20 ppm) maximizam a deposição de carne magra na carcaça e a eficiência de aproveitamento da ração.

Com a utilização da ractopamina *in vitro*, houve degradação de triglicerídeos e inibição da síntese de ácidos graxos nos adipócitos (PREITNER et al., 1998).

Budiño et al. (2005) observaram para animais tratados com ractopamina um maior peso de carcaça, uma redução na espessura de toucinho e um aumento da área de olho de lombo, resultando em maior porcentagem de carne magra nas carcaças.

Embora com contradições, Warris et al. (1990), Moller et al. (1992) e Wood et al. (1994) observaram que o pH final da carne apresentou tendência a ser mais elevado para suínos tratados com ractopamina, decorrentes do maior consumo que os agonistas beta-adrenérgicos determinam no glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate.

Quanto a maciez da carne Carr et al. (2005) encontraram alterações para animais tratados com 10 e 20 ppm de ractopamina, com aumento na força de cisalhamento, atribuída ao maior diâmetro das fibras musculares determinadas pela droga.

Todavia, os beta-agonistas denominados de catecolaminas sintéticas, por seus mecanismos de ação serem semelhantes à adrenalina e à noradrenalina, podem gerar alterações de comportamento, assim como nos parâmetros sanguíneos, refletindo em alterações conseqüentes na qualidade da carne (BELLAVÉR et al., 1991).

3 REFERÊNCIAS

ADEOLA, O.; BALL, R.O; YOUNG, L.G. Porcine skeletal muscle myofibrillar protein synthesis is stimulated by ractopamine, v.122, n. 3, p.488-495, 1992.

AGOSTINI, P.S.; PACHECO, G.D.; SILVA, R.A.M. et al. Níveis de ractopamina para suínos: Efeitos no desempenho e características de carcaça associado ao diâmetro das fibras musculares. In: PORKEXPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2008. p.104-105.

AMARAL, N.O.; SILVA, C.T.C.; ZANGERONIMO, M.G. et al. Viabilidade econômico da suplementação de ractopamina em rações formuladas para suínos machos castrados ou fêmeas, dos 94 aos 130 kg. In: PORKEXPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2008. p.126-128.

ARAÚJO, J. M. A. Antioxidantes. In: _____. **Química de Alimentos**. 3.ed. Viçosa : UFV, 2004. p. 69-99.

BARK, L.J.; STAHLY, T.S.; CROMWELL, G.L. et al. Influence of genetic capacity for lean tissue growth on rate and efficiency of tissue accretion in pigs fed ractopamine. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3391-3400, 1992.

BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; FAVERO, J.A. Níveis de ractopamina na dieta e efeitos sobre o desempenho e características de carcaça de suínos em terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.10, p. 1795-1802, 1991.

BRIDI, A.M.; NICOLAIEWSKY, S; RUBENSAN, J.M. Efeito do genótipo halotano e de diferentes sistemas de produção na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.32, n.6, p.1362-1370, 2003.

BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.

BUDIÑO, F.E.L.; THOMAZ, M.C.; NEME, R. et al. Desempenho e características de carcaça de suínos em terminação recebendo diferentes níveis e marcas comerciais de cloridrato de ractopamina. **Boletim de Indústria animal**, N. Odessa, v.62, n.3, p.245-250, 2005.

CANNON, J.E.; MORGAN, J.B.; SCHMIDT, G.R. et al. Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. **Journal of Animal Science**, v.74, n. 1, p.98-105, 1996.

CARR, S.N.; IVERS, D.J.; ANDERSON, D.B. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.83, n. 12, p.2886-2893, 2005.

CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M.; KRAUSGRILLE, D.I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, n.2, p.255-264, 1995.

DECKER, E.; BEECHER, G.; SLAVIN, J. et al. Whole grains as a source of antioxidants. **Cereal Foods World**, v. 47, n.8, p.370-373, 2002.

DUTHIE, G. G. Lipid peroxidation. **European Journal of Clinical Nutrition**, n.47, p.759-764, 1993.

EIKELENBOOM, G.; HOVING-BOLINK, A.H.; KLUITMAN, I. et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on beef colour stability. **Meat Science**, v.54, n.1, p.17-22, 2000.

ENGESETH, N. J.; LEE, K. O.; BERGEN, W. G. et al. Fatty acid profiles of lipid depots and cholesterol concentration in muscle tissue of finishing pigs fed ractopamine. **Journal of Food Science**, v.57, n. 5, p.1060- 1062, 1992.

FDA. 2000. **Freedom of Information Summary**. Disponível em: <http://www.fda.gov/cvm/efoi/section2/140863.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2008.

FÁVERO, J. A. Carne suína de qualidade: uma exigência do consumidor moderno. **Porkworld**, n. 14, p. 56-65, jul./ago. 2003.

FERRARI, C. K. B. Oxidação de lipídeos e antioxidantes: importâncias nas ciências animal e dos alimentos. **Higiene Alimentar**, v.13, n.60, p. 16-19, 1999.

GEY, K.F. Vitamins E plus C and interacting nutrients required for optimal health. **Biofactors**, v.7, n.1/ 2, p.113-174, 1998.

GIRÃO, L.V.C.; RESENDE, A.E.; CANTARELLI, V.S. et al. Desempenho de suínos pesados, machos castrados e fêmeas, durante o 14 e 28 dias de suplementação com ractopamina. . In: PORKEPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.139-141.

GUIDONI, A.L. Melhoria de processos para a tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. EMBRAPA SUÍNOS E AVES, 2000, Concórdia, SC. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA, 2000. 14p.

GHIRETTI, G.P.; ZANARDI, E.; NOVELLIE, E. et al. Comparative evaluation of some antioxidants in salami milano and mortadella production. **Meat Science**, v. 47, n.1/2, p.167-176, 1997.

HASTY, J.L.; HEUGTEN, E. van; SEE, M.T. et al. Effect of vitamin E on improving fresh pork quality in Berkshire and Hampshire-sired pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, n. 12, p.3230- 3237, 2002.

JACOB, R.A. The integrated antioxidant system. **Nutrition Research**, v.15, n.5, p.755-766, 1995.

JENSEN, C.; SKIBSTED, L.H.; BERTELSEN, G. Oxidative stability of frozen-stored raw pork chops, chill-stored pre-frozen raw pork chops, and frozen-stored pre-cooked sausages in relation to dietary CuSO₄, rapeseed oil and vitamin E. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A**, v.207, p.363-368, 1998.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. The vitamins. In: _____. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. San Diego: Academic Press, 1997. p. 804-820.

LAIRON, D. Dietary fibres: effects on lipid metabolism and mechanisms of action. **European Journal of Clinical Nutrition**, v.50. p.125-133, 1996.

LEE, B.J.; HENDRICKS, D.G. Phytic acid protective effect against beef round muscle lipid peroxidation. **Journal of Food Science**, v.60, n.2, p.241-244, 1995.

LIU, Q.; LANARI, C.; SCHAEFER, D.M. A review of dietary vitamin and supplementation for improvement of beef quality. **Journal of Animal Science**, v.73, n. 10, p.3131-3140, 1995.

MARKS, D. B.; MARKS, A. D.; SMITH, C. M. **Basical medical biochemistry**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1996.

MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O. et al. 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 Zootecnia**. v.36, n.4, p.1061-1068, 2007a.

MARINHO, P.C.; FONTES, D.O.; SILVA, F.C.O.; SILVA, M.A.; PEREIRA, F.A.; AROUCA, C.L.C.A. Efeito dos níveis de lisina digestível e as características de carcaça de suínos machos castrados em terminação. **Revista Brasileira Zootecnia.**, v.36, n.6, p.1791-1798, 2007b.

MERSMANN, H. J. Potential mechanisms for repartition of growth β -adrenergic agonists. In: CAMPION, D.R.; HAUSMANN, G.J.; MARTIN, R.J. (Org.). **Current concepts of animal growth regulation**. Plenum Publishing Corp, 1989. p.337-357.

MOLLER, A.J.; BERTELSEN, G.; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: PUOLANNE, E.; DEMEYER, D.I.; RUUSUNEN, M. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, 1992. p.225-243.

MOLONEY, A.P., ALLEN, P. (1992). (Re) partitioning effects of β -adrenergic agonists in meat. In KUIPER, H.A., HOOGENBOOM, L.A.P., ed. - In Vitro Toxicological Studies and Real Time Analysis of Residues in Food – FLAIR Concerted Action N° 8: proceedings of the Workshops held in Ghent, May 22 - 24, 1992 and Thessaloniki, October 30 - 31, 1992. Wageningen, p. 89-101.

MOLONEY, A.P., BEERMANN, D.H. (1996). Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In ENNE, G., KUIPER, H.A., VALENTINI, A. - Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products. Wageningen: Wageningen Pers, p.124 – 136.

MONAHAN, F.J.; BUCKLEY, D.J.; GRAY, J.I. et al. Effect of dietary vitamin E on the stability of raw and cooked pork. **Meat Science**, v.27, n. 2, p.99-108, 1990.

MORRISSEY, P. A. Overview of vitamin E. In: Meat Symposium 'Vitamin E and meat quality'. **Anais...**, University College Cork, Ireland, 1994.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p.73-86, 1998.

NRC. 1998. **Nutrient Requirements of swine**. 10th ed. National Academy Press, Washington, DC.

O'GRADY, M.; MONAHAN, F.J.; BAILEY, J. et al. Colour-stabilising effect of muscle vitamin E in minced beef stored in high oxygen packs. **Meat Science**, v.50, n.1, p.73-80, 1998.

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**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.545-557.

PETERLA, I.A.; SCANES, C.G. Effects of β -adrenergic agonists on lipolysis and lipogenesis by porcine adipose tissue in vitro. **Journal of Animal Science**. v.68, n.4, p. 1024-1029, 1990.

PREITNER, F.; MUZZIN, P.; REVELLI, J.P. et al. Metabolic response to various beta-adrenoceptor agonists in beta 3-adrenoceptor knockout mice: evidence for a new beta-adrenergic receptor in brown adipose tissue. **British Journal of Pharmacology**, v.124, n.8, p.1684-1688, 1998.

RADCLIFFE, J.S. A importância dos modificadores de carcaça suína para a qualidade da carne. **Porkworld**, n.22, p.50-54, set./out. 2004.

RAMOS, F.; SILVEIRA, M.I.N. Agonistas β 2-adrenérgicos como promotores do crescimento animal. **Revista de Farmácia e Bioquímica**, v.33, p.13 – 21, 1997.

RETSKY, K.L.; FREI, B. Vitamin C prevents metal iondependent initiation and propagation of lipid peroxidation in human low-density lipoprotein. **Biochimica and Biophysica Acta**, v.3, n.1257, p.279-287, 1995.

RUTZ, F.; XAVIER, E.G. Agentes repartidores de energia para aves e suínos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu, 1998. p.201-218.

SCHINCKEL, A.P. et al. Efeito da ractopamina sobre o crescimento, a composição de carcaça, e a qualidade dos suínos. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2., 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: 2001. p.324-335.

SEUS, I. The nutritional value of meat and meat products. A critical look at their constituents as compared with other foods. **Fleischwirtsch**, v. 70, p. 1444-1447, 1990.

SILVA, M.L.F.; WOLP, R.C; AMARAL, N.O. et al. Efeito da ractopamina em rações com diferentes níveis de lisina sobre as características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. In: PORKEXPLO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2008. p.111-113.

SMITH, D.J. The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. **Journal of Animal Science**, v.76, p. 173- 94, 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.

SOARES, A.L. **Ação de ácido fítico e vitamina E na oxidação lipídica e aroma de requeijado em filés de peito de frango**.1998. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SOUZA, V.L.F. **A influência de dietas suplementadas com vitamina E desde o crescimento e terminação do suíno até o presunto cozido no seu período de validade: índices zootécnicos, estabilidade oxidativa, perfil de ácidos graxos, colesterol e óxidos de colesterol**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

SOUZA, V.L.F. de; SILVA, R.S.S.F. da. Dietary vitamin E supplementation on cholesterol and cholesterol oxides of pig meat and cooked ham. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.49, p.197-205, 2006.

STHALY, T.S. Impact of somatotropin and Beta- Adrenergic agonists on growth, carcass, composition and nutrient requirements of pigs. **Recent Advances in Animal Nutrition**. p 103.1990.

STEELE, N. C., CAMPBELL, R. G., CARPENA, T. J. **Proceedings of Georgia Nutrition Conference**, p. 9-18, 1990.

TACON, A.G.J. Vitamin nutrition in shrimp and fish. In: aquacultures feed processing and nutrition workshop, Singapore, 1991. **Proceedings**. Singapore: American Soybean Association, p.11-41, 1991.

TURNER, E.W., PAYNTER, W.D., MONTIE, E.J.; et al. Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. **Food Technology**. p.326-330, 1954.

WARRIS, P.D. 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.

WEBER, G. M; ANTIPATIS, C. Qualidade da carne suína e dieta de vitamina E. In: II Conferência Internacional Virtual Sobre a Qualidade De Carne SUÍNA. Disponível em: <http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2_weber_pt.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2009.

WILLIAMS, P.E.V. Brève revue et nouvelles donnés sur les effects du traitement des nimaux d'élevage par des Bêta-agonistes. **Bulletin-GTV**, 3, 33 – 42, 1989.

WOOD, J.D.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. (Eds.) **Principles of pig science**. London: Nottingham University Press, 1994. p.446-448.

4 OBJETIVO

4.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o desempenho até a qualidade da carne de suínos alimentados com rações contendo ractopamina e antioxidantes (vitamina C + vitamina E).

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o desempenho de suínos tratados com rações contendo ractopamina, antioxidantes e a associação desses durante a fase terminação;
- Avaliar as características de carcaça;
- Avaliar a qualidade da carne;
- Avaliar o efeito da ractopamina e dos antioxidantes nos níveis de ácido láctico, cortisol e creatina fosfoquinase;
- Avaliar o efeito da ractopamina e dos antioxidantes na estabilidade lipídica da carne suína.

5 ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO

Desempenho zootécnico, qualidade da carne e perfil de ácidos graxos de suínos alimentados com dietas contendo antioxidante e ractopamina.

Avaliação da associação da ractopamina com antioxidantes para suínos em terminação: efeitos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne.

Desempenho zootécnico, qualidade da carne e perfil de ácidos graxos de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina.

Resumo

Realizou-se um experimento onde se avaliou os efeitos da utilização de aditivos antioxidantes associados ou não à ractopamina nas rações de suínos em terminação durante 28 dias antes do abate. Foram utilizados 51 suínos mestiços (Landrace X Large White), sendo 27 machos castrados e 24 fêmeas, com idade de 132 dias e peso médio inicial de $83,38 \pm 10,82$ kg. Foram estabelecidos três tratamentos experimentais, baseados na inclusão de dois complexos às rações, Complexo 1 (4g de vitamina E + 1g de vitamina C/kg do produto) e Complexo 2 (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg de produto), definindo: ração controle (isenta dos complexos); ração controle + complexo 1 (0,1%); e ração controle + complexo 2 (0,05%). O ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar foram avaliados semanalmente. Na terceira semana do experimento, foram coletadas amostras de sangue para as análises dos níveis de ácido láctico, cortisol e creatina fosfoquinase. Após o abate, as características de carcaça foram avaliadas e foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* para a análise da qualidade da carne. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num arranjo fatorial 3 x 2 (3 tratamentos e 2 gêneros), onde a unidade experimental para as características de desempenho foi a baia e para as demais avaliações a unidade experimental foi o animal. Verificou-se diferença ($P < 0,05$) para o consumo diário de ração, conversão alimentar, peso de carcaça quente, peso de carcaça fria a favor do tratamento com ractopamina. Houve interação entre gênero e tratamento para as características área de olho de lombo e profundidade de músculo. Os valores de vitamina E na carne foram mais elevados ($P < 0,05$) no músculo dos animais dos grupos que receberam a vitamina. Em relação à qualidade da carne, houve diferença ($P < 0,05$) nos valores de oxidação desta (TBARS) e na taxa de marmoreio, em que os tratamentos que receberam antioxidante apresentaram-se menores índices. A inclusão de ractopamina (10 ppm), juntamente com os antioxidantes testados, resultou em melhora nas características de desempenho e carcaça, e a suplementação com o complexo antioxidante, isoladamente, apresentou melhorias em alguns parâmetros relacionados à qualidade da carne.

Palavras-chave: beta-adrenérgico, oxidação lipídica, tecido adiposo e tecido muscular.

Performance, meat quality and fatty acid pattern of pigs fed diets with antioxidants and ractopamine

Abstract

An experiment was conducted where was evaluated the effects of the use of additives antioxidants associated or not with ractopamine in feed for finishing pigs during 28 days before the slaughter. Were used 51 crossbred pigs (Landrace X Large White), been 27 barrows and 24 females with 132 days of age and initial weight of 83.38 ± 10.82 kg. Three experimental treatments were established based on the inclusion of two complexes to feed: complex 1 (4g de vitamin E + 1g de vitamin C/kg of product) and complex 2 (0.2g de ractopamine + 4g de vitamin E + 2g de vitamin C/kg of product), defining the ration control (free of complexes), ration control + complex 1 (0.1%) and the ration control + complex 2 (0.05%). The daily weight gain, feed intake and feed conversion were evaluated weekly. In the third week of the experiment, were collected the blood samples to evaluate the levels of lactic acid, cortisol and creatine phosphokinase. After the slaughter the Carcass Characteristics were measured and the samples of *Longissimus dorsi* muscle were obtained been submitted an evaluation of meat quality. The experimental design was blocked randomically, presenting a factorial model 3X2 (3 treatments and 2 genders), been the pen considerate an experimental unit for performance parameters and for other analysis, the repetition was the animal. Were observed difference ($P < 0.05$) for daily feed intake, feed, hot carcass weight, cold carcass weight to the treatment with ractopamine. There was an interaction between gender and treatment to the characteristics of loin eye area and depth of muscle. The values of vitamin E in meat were higher ($P < 0.05$) in muscle of animals in groups receiving the vitamin. Regarding meat quality, there was a difference ($P < 0.05$) in the values of oxidation (TBARS) and the rate of marbling in the treatments that received antioxidant properties was lower indices. The inclusion of ractopamine (10 ppm), together with the antioxidants tested, resulted in improvement in performance and carcass characteristics, and supplementation with the antioxidant complex, alone, showed improvement in some parameters related to meat quality.

Key words: beta-adrenergic, lipid oxidation, fat tissue and muscular tissue.

Introdução

A qualidade e a segurança dos alimentos representam uma das características mais exigidas pelo mercado consumidor atualmente. Neste sentido, estes conceitos estão bem sedimentados na cadeia da carne suína, sendo foco a produção de animais precoces, eficientes e que apresentem carcaças com elevada relação carne: gordura associada a um ótimo padrão de qualidade.

Do ponto de vista qualitativo e de segurança alimentar, o uso de antioxidantes através da suplementação das rações animais, corresponde a uma das ferramentas para atingir esses objetivos, minimizando a oxidação lipídica das carnes, ajudando na sua preservação, retardando sua deterioração, ou seja, a rancidez e sua descoloração (SOARES, 1998; SOUZA, 2001).

Os antioxidantes mais utilizados na produção de carnes são a vitamina E e o ácido ascórbico (vitamina C). Segundo Morrissey et al. (1998), o ácido ascórbico, quando suplementado na dieta animal, aumenta a ação da vitamina E. Seu efeito benéfico na prevenção da oxidação lipídica, contudo, ainda é questionável. Há poucos estudos sobre a sua ação e o requerimento deste na dieta de animais de produção. Morrissey (1998) provou que a vitamina E, especialmente quando incorporada à ração de animais, é depositada nas membranas celulares, sendo mais eficiente na prevenção da oxidação de lipídios do que qualquer outro antioxidante (WEBER e ANTIPATIS, 2001).

Segundo o NRC (1998), a necessidade de vitamina E no final do crescimento corporal para suínos é de 11 mg/kg de ração. Entretanto, quando a vitamina E é suplementada em níveis maiores (100 a 200 mg/kg de ração) é verificado um efeito antioxidante, aumentando o prazo de validade da carne (MORRISSEY et al., 1998; SOUZA, 2001; RADCLIFFE, 2004).

No aspecto produtivo a suinocultura também recorre a outros recursos nutricionais que promovem um maior ganho em músculo em detrimento da gordura. Neste aspecto, destaca-se a ractopamina, um aditivo repartidor de nutrientes, beta-adrenérgico, classificada como um promotor de crescimento (BRIDI et al, 2006). A droga age modificando o metabolismo animal, melhorando os índices de desempenho e as características de carcaça, direcionando os nutrientes para funções zootécnicas que são desejáveis para o produtor e o consumidor (STELLE et al., 1990).

A ractopamina é administrada nas rações de suínos em fase de terminação, no período anterior ao abate e em animais que já tenham atingido a maturidade, ou seja, quando a capacidade de retenção das proteínas começa a ser menor. Neste momento associa-

se que os efeitos dos agonistas beta-adrenérgicos sejam mais evidentes (MOLONEY e ALLEN, 1992; MOLONEY e BEERMANN, 1996; WILLIAMS, 1989; AGOSTINI, 2008).

O presente trabalho teve por objetivo avaliar dois complexos comerciais contendo antioxidantes (vitamina E, vitamina C) associados ou não à ractopamina, frente à promoção dos aspectos quantitativos e qualitativos de interesse na cadeia suinícola, destacando-se às características de desempenho, carcaça, carne e suas relações com alguns parâmetros sanguíneos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina. As análises laboratoriais demandadas foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal, Patologia Clínica, e de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da Universidade Estadual de Londrina.

Foram utilizados 51 suínos mestiços (Landrace X Large White), sendo 27 machos castrados e 24 fêmeas, com a mesma idade (132 dias) e peso médio inicial de $83,38 \pm 10,82$ kg. Foram utilizadas nove baias para os machos (3 animais por baia) e nove para as fêmeas (sendo seis baias com 3 animais e três, uma de cada tratamento, com 2 animais). Os animais foram alojados em instalações de alvenaria, piso compacto com 3 m^2 . Durante o período experimental (28 dias) os animais receberam água e ração à vontade.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso num arranjo fatorial com 3 tratamentos e 2 sexos. Os animais foram blocados de acordo com o peso inicial, sendo divididos em leves, intermediários e pesados. Para o teste de desempenho cada repetição foi definida por uma baia, composta por animais do mesmo gênero.

Foram definidas três rações distintas, baseadas na inclusão de 2 complexos de aditivos: complexo 1 (4g de vitamina E + 1g de vitamina C/kg do produto) e complexo 2 (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg de produto), definindo: ração controle (isenta dos complexos); ração controle + complexo 1 (0,1%); e ração controle + complexo 2 (0,05%). As rações controle + complexo 1 e controle + complexo 2 apresentaram concentrações finais de 400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina /kg de ração, e 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C e 10 ppm /kg de ração, respectivamente.

As rações eram isonutrientes, sendo formuladas visando atender as exigências previstas pela genética, atendendo no mínimo as recomendações nutricionais estabelecidas pelo NRC (1998).

Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição percentual, química e energética das rações experimentais.

Ingredientes (kg)	Ração Controle	Ração Controle + Complexo 1	Ração Controle + Complexo 2
Milho	72,84	72,84	72,84
Farelo de soja	22,60	22,60	22,60
Óleo de Soja	1,49	1,49	1,49
Núcleo único suínos ¹	2,50	2,50	2,50
L-Lisina-HCl	0,47	0,47	0,47
Inerte (caulim)	0,1	-	0,05
Complexo 1 ²	-	0,10	-
Complexo 2 ³	-	-	0,05
Valores calculados			
Proteína bruta (%)	16,71	16,71	16,71
Extrato etéreo (%)	4,31	4,31	4,31
Fibra bruta (%)	2,76	2,76	2,76
Matéria mineral (%)	2,43	2,43	2,43
Cálcio (%)	0,65	0,65	0,65
Fósforo total (%)	0,48	0,48	0,48
Energia Met. (Kcal/kg)	3296,00	3296,00	3296,00
Lisina total (%)	1,17	1,17	1,17

¹Composição do núcleo único suínos por kg de produto: vit.A, 239.000 UI; vit.B12, 538 mcg; vit.D3, 66.000 UI; vit.E, 517 mg; vit.K3, 60 mg; ácido fólico, 32 mg; ácido pantotênico, 254 mg; biotina, 1,1 mg; niacina, 422 mg; piridoxina, 41 mg; riboflavina, 90 mg; tiamina, 33 mg; colina, 4 g; promotor de crescimento, 2595 mg; Ca, 231 g; Co, 5,5 mg; Cu, 5000 mg; Fe, 2760 mg; F, 881 mg; P, 59 g; I, 43 mg; Mn, 1310 mg; Se, 8,46 mg; Na, 50 g; Zn, 3720 mg.

²Complexo 1= 4g de vitamina E + 1g de vitamina C/kg do produto.

³Complexo 2= 0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg de produto.

Foram avaliados os parâmetros de desempenho ganho diário de peso (GMD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA).

Aos 21 dias de experimento os animais foram submetidos à coleta de sangue para análises dos níveis de ácido láctico, cortisol e creatina fosfoquinase, realizadas no laboratório Lab Med em Londrina.

Após o período experimental de 28 dias foi realizado o manejo pré-abate, retirando a ração 12 horas antes do embarque, permanecendo os animais sob dieta hídrica até o abate.

Os suínos foram abatidos com idade média de 160 dias e peso médio de $111,43 \pm 12,14$ kg em um frigorífico localizado a 45 km da cidade de Londrina. O processo de abate consistiu primeiramente na insensibilização via corrente elétrica, com um equipamento da marca Petrovina® IS 2000 com dois eletrodos, utilizando-se 350 volts e 1,3 ampères. O choque elétrico foi aplicado por um período de aproximadamente três segundos. A sangria foi realizada através do corte dos grandes vasos, com os animais na posição vertical, suspensos pelo membro posterior. Após o abate, escaldagem e evisceração, as carcaças foram divididas ao meio longitudinalmente, pesadas para a obtenção do peso de carcaça quente (PCQ) e resfriadas à temperatura de 2 ± 1 °C, por 24 horas, na câmara de resfriamento do frigorífico.

Após o período de 24 horas, as carcaças foram avaliadas individualmente de acordo com as orientações da ABCS (1973). Foram obtidos os dados de peso da carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC), conformação (CONF) e, cada meia carcaça esquerda foi seccionada na altura da última costela onde foram realizadas as medidas de área de olho de lombo (AOL), profundidade do músculo (PM) *Longissimus dorsi* e espessura de toucinho (ET). Com essas medidas foi possível calcular a quantidade de carne magra na carcaça (QCMC). Para as análises de carcaça e qualidade de carne, cada animal foi considerado uma unidade experimental, totalizando 16 repetições por tratamento (oito machos castrados e oito fêmeas).

O pH da carne foi medido no músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela, aos 45 minutos após o abate (pH inicial) e após 24 horas de resfriamento (pH final) a aproximadamente 2 ± 1 °C.

Após 24 horas de resfriamento, foi retirada de cada meia carcaça esquerda uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de aproximadamente 20 cm, as quais foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Londrina. De cada lombo retirou-se a gordura adjacente e então foram coletadas 5 amostras de aproximadamente 2,5cm de espessura.

Dessas cinco amostras do lombo de cada animal, uma foi utilizada para avaliação da cor (valores de a^* , b^* e L^*), marmoreio e estimou-se a perda de água por gotejamento (PAG), e as demais amostras foram embaladas e congeladas a -20 °C até serem analisadas.

Para a análise de cor, as amostras ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi medida pelo aparelho colorímetro portátil Minolta® CR10, com esfera de integração e ângulo de visão de 8°, ou seja, iluminação d/8 e iluminante C. Os componentes L* (luminosidade), a* (componente vermelho-verde) e b* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB. E através dessas três leituras foram também aferidos o croma e a tonalidade da carne. Os valores do croma foram obtidos calculando-se a hipotenusa do triângulo retângulo cujos outros dois lados são dados pelos valores de a* e b*, e o índice de saturação foi obtido através da relação entre os valores a*/b* (BRIDI e SILVA, 2007). Estas mesmas amostras foram utilizadas para a avaliação subjetiva da taxa de marmoreio, através de padrões fotográficos (National Pork Producers Council, 1991), onde foram atribuídas notas de 1 a 5 (1 = traços de marmoreio e 5 = marmoreio abundante).

A capacidade de retenção de água da carne foi avaliada através da perda de água por gotejamento, segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981).

A análise da oxidação lipídica foi realizada 30 dias após o abate. As amostras eram retiradas do freezer 24 horas antes do procedimento para que estivessem totalmente descongeladas. O método utilizado para a análise foi o Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), segundo Tarladgis et al. (1964) modificado por Crackel et al. (1988). O método consiste em determinar espectrofotometricamente a 530 nm o complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois moles de ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) com um mol de malonaldeído e/ou outras substâncias que reagirem com o TBARS.

As amostras destinadas à análise de maciez foram congeladas por 90 dias e pesadas logo que retiradas do freezer e após o degelo por 24 horas na temperatura de 2 ± 2 °C, obtendo assim, pela diferença desses dois pesos, os valores de perda de líquido por descongelamento (PLD). Essas amostras foram utilizadas também para a análise de perda de líquido na cocção, que foi obtida pela diferença de peso da amostra descongelada e após o cozimento em forno pré-aquecido a 180 °C, até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente 71 °C (BRIDI e SILVA, 2009).

Depois da cocção as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente e acondicionadas em uma geladeira por 24 horas a 2 ± 2 °C. Após esse período de 24 horas foram retiradas de cada amostra, de 5 a 6 sub-amostras de 2,5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, utilizando-se um amostrador de aço da forma cilíndrica. A força de cisalhamento foi

tomada perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler adaptada no texturômetro Stable Mycro Systems TA-XT2i (BOUTON et al., 1971).

O Perfil de Ácidos Graxos das carnes foi analisado na Universidade Estadual de Maringá através da técnica de Bligh e Dyer (1959). As amostras permaneceram congeladas por 60 dias e depois encaminhadas para a análise.

Para a análise de vitamina E, as amostras também foram congeladas após o abate por 60 dias e encaminhadas para o ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos), localizado na cidade de Campinas-SP, onde foram analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). O método consiste na saponificação da amostra para eliminar os lipídeos, liberar os tocoferóis naturais das células e hidrolisar ésteres de tocoferóis a tocoferóis livres; extração da matéria insaponificável com éter etílico e evaporação deste; dissolução em éter de petróleo e injeção no HPLC com coluna de óxido de silício e detecção das frações dos tocoferóis por fluorescência (BRUBACHER; MULLER-MULOT; SOUTHGATE, 1985).

Para as análises das carcaças e características da carne, cada animal representou uma unidade experimental.

Os dados relativos aos tratamentos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o programa SAEG (1997).

Resultados e Discussão

Os resultados referentes aos parâmetros de desempenho, carcaça, qualidade da carne e níveis séricos estão demonstrados nas Tabelas 2 a 10, e Figura 1.

Na Tabela 2 pode-se observar diferença ($P < 0,05$) a favor do grupo tratado com a associação dos antioxidantes e ractopamina (ração controle + complexo 2) em relação ao grupo que recebeu somente antioxidantes (ração controle + complexo 1) para os parâmetros ganho diário de peso e conversão alimentar, sendo que não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) entre os gêneros.

Tabela 2 – Médias e desvios-padrão de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos experimentais e gêneros.

Tratamentos	Parâmetros		
	CDR (kg)	GDP (kg)	CA
Ração Controle ¹	2,86 (0,30)	0,94 (0,58) ab	3,02 (0,25) ab
Ração Controle + Complexo 1 ²	3,01 (0,36)	0,91 (0,80) b	3,33 (0,43) a
Ração Controle + Complexo 2 ³	3,02 (0,47)	1,10 (0,14) a	2,74 (0,17) b
Gênero			
Machos castrados	3,07 (0,40)	0,98 (0,13)	3,13 (0,35)
Fêmeas	2,86 (0,32)	0,98 (0,13)	2,93 (0,39)
Coefficiente de Variação (%)	8,20	11,09	7,80

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Rração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Rração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Girão et al. (2008), trabalhando com suínos que receberam ractopamina, durante 14 ou 28 dias, independentemente do nível de suplementação, apresentaram maior peso final, maior ganho de peso médio diário e melhor conversão alimentar.

Sabe-se que animais castrados e fêmeas, quando submetidos aos tratamentos com agonistas beta-adrenérgicos, as fêmeas respondem melhor (COLE et al., 1987). Segundo Ferrando e Vanbelle, 1989, as fêmeas têm maior capacidade de mobilização dos lipídios corporais, cuja diminuição é mais evidente no tecido subcutâneo e menor no tecido adiposo intramuscular.

Cannon et al. (1996), Dirinck et al. (1996), Hoving-Bolink et al. (1998) e Onibi et al. (1998) não observaram influência dos níveis de vitamina E sobre o ganho de peso e conversão alimentar.

Hoving-Bolink et al. (1998), em experimento com suínos entre 44 e 84 kg de peso vivo e com suplementação de 200 mg de vitamina E, observaram valores menores de conversão alimentar, o que proporcionou melhor desempenho dos animais.

Quanto aos parâmetros séricos (Tabela 3), não foi observada diferença ($P > 0,05$) para os tratamentos nem para os gêneros.

Tabela 3 – Médias e desvios-padrão dos parâmetros sanguíneos creatina fosfoquinase (CK), cortisol e ácido lático de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros		
	CK (u/l)	Cortisol (ug/ dL)	Ácido Lático (mmol/L)
Ração Controle ¹	2166,67 (1985,42)	3,73 (2,03)	4,39 (1,52)
Ração Controle + Complexo 1 ²	1608,50 (1203,38)	4,00 (2,01)	4,34 (2,40)
Ração Controle + Complexo 2 ³	3314,31 (5328,91)	3,89 (1,80)	4,81 (0,96)
Gênero			
Machos castrados	2762,15 (4482,38)	4,28 (1,92)	4,72 (2,00)
Fêmeas	1964,17 (1581,58)	3,47 (1,83)	4,30 (1,36)
Coefficiente de Variação (%)	141,37	46,83	39,35

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Rração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Rração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Alguns trabalhos realizados utilizando-se ractopamina em suínos e bubalinos elucidam que há aumento nos níveis sanguíneos de lactato, constituindo dessa forma um forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular com a utilização desse beta-agonista (PALERMO-NETO, 2002).

Segundo Marchant-Forde (2003), após a utilização da ractopamina durante quatro semanas em animais de terminação, observou-se, com relação aos níveis de cortisol circulantes, que não houve diferença entre os tratamentos quer antes ou depois do transporte dos animais ao abatedouro.

Apesar dos desempenhos favoráveis com o uso de ractopamina, o uso do produto não alterou os parâmetros fisiológicos e sanguíneos dos suínos em terminação (AGOSTINI et al., 2008).

Para as características de carcaça (Tabela 4) somente foram verificadas diferenças ($P < 0,05$) para os pesos de carcaça quente e carcaça resfriada, favorecendo o grupo que recebeu ractopamina (ração controle + complexo 2). Em relação ao gênero, as fêmeas apresentaram melhores resultados para os parâmetros espessura de toucinho e quantidade de carne magra na carcaça.

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão das características: peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça resfriada (PCR), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC), conformação (CONF), espessura de toucinho (ET) e quantidade de carne magra na carcaça (QCMC) de suínos de diferentes gêneros submetidos aos tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros						
	PCQ (kg)	PCR (kg)	RC (%)	CC (cm)	CONF (1-3)	ET (mm)	QCMC (kg)
Ração Controle ¹	83,05 (10,85) b	80,98 (10,67) b	75,39 (2,68)	94,91 (3,44)	1,91 (0,47)	14,23 (3,93)	60,24 (3,03)
Ração Controle + Complexo 1 ²	84,01 (8,48) b	82,00 (8,38) b	76,48 (1,55)	94,68 (2,55)	1,94 (0,35)	13,49 (4,15)	60,41 (3,31)
Ração Controle + Complexo 2 ³	87,93 (10,95) a	85,79 (10,76) a	72,35 (18,50)	94,81 (3,79)	2,15 (0,63)	15,09 (5,50)	59,84 (3,91)
Gênero							
Machos castrados	86,05 (10,74)	83,97 (10,57)	76,52 (1,38)	95,32 (3,37)	2,00 (0,54)	16,59 (4,10) b	58,41 (2,98) b
Fêmeas	83,82 (9,59)	81,75 (9,44)	72,73 (15,54)	94,21 (3,04)	2,00 (0,47)	11,66 (3,51) a	62,14 (2,64) a
Coefficiente de Variação (%)	5,24	5,31	14,20	2,52	22,29	25,23	4,61

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Ração controle + complexo 1 (400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Ração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Carter et al. (1991) e Cardoso e Stock (1996) explicam que a diminuição da gordura na carcaça é acompanhada por um aumento do teor em água que está associado ao correspondente incremento de proteína. Isto representa um dos principais fatores que justificam o aumento do ganho de peso da carcaça e que pode explicar o melhor rendimento de carcaça observada.

Os resultados foram semelhantes aos observados por Carr et al. (2005), que não observaram diferenças na espessura de toucinho e no comprimento de carcaça entre animais tratados com ractopamina e controle.

Cannon et al. (1996) não observaram diferenças significativas nas características de carcaça em suínos suplementados com vitamina E. Todavia, Cheah et al. (1995) e Hasty et al. (2002) observaram aumento na quantidade de carne magra e redução na espessura de toucinho na carcaça de suínos suplementados com vitamina E.

Para os parâmetros área de olho de lombo (AOL) e profundidade de músculo (PM) houve interação entre os tratamentos e gêneros (Tabela 5). Em relação aos tratamentos, para os dois parâmetros, o grupo que recebeu ração com antioxidante associado à ractopamina (ração controle + complexo 2) apresentou melhores resultados, e, em relação aos gêneros, foi encontrada diferença estatística ($P < 0,05$) somente para os animais que receberam ração controle, sendo que as fêmeas apresentaram-se melhores para as características.

Tabela 5 – Interação entre tratamentos e sexos para os parâmetros área de olho de lombo (AOL) e profundidade de músculo (PM) de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Parâmetros	Tratamentos			CV (%)
	Ração Controle ¹	Ração Controle + Complexo 1 ²	Ração Controle + Complexo 2 ³	
AOL (cm²)				
Machos castrados	40,22 (2,70) bB	42,91 (3,27) aB	45,78 (6,38) aA	9,45
Fêmeas	45,68 (2,51) aAB	41,90 (2,51) aB	47,22 (5,71) aA	7,75
PM (mm)				
Machos castrados	60,12 (6,47) bB	61,74 (6,82) aB	70,58 (5,58) aA	9,65
Fêmeas	70,93 (6,60) aA	64,40 (6,42) aA	68,50 (5,74) aA	8,22

Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas linhas e letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença no teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Rração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Ração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Para os parâmetros de qualidade de carne encontrados na Tabela 6, não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) para os tratamentos. Entre os gêneros houve diferença ($P < 0,05$) nos valores de L* a favor dos machos, visto que as fêmeas apresentaram carnes mais claras o que é desfavorável no aspecto de qualidade de carne, por ser uma das medidas que indicam carnes PSE (pálida, mole e exudativa).

Tabela 6 – Médias e desvios-padrão das características pH inicial e final, cor (a*, b* e L*), croma e tonalidade, expressa em graus (Tonag), de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros						
	pH inicial	pH final	a*	b*	L*	Croma	Tonag
Ração Controle ¹	6,24 (0,27)	5,59 (0,14)	2,59 (1,81)	7,83 (1,63)	57,01 (3,72)	8,33 (2,09)	73,26 (8,23)
Ração Controle + Complexo 1 ²	6,17 (0,42)	5,68 (0,22)	2,15 (1,51)	7,89 (1,05)	57,38 (3,09)	8,26 (1,40)	75,73 (8,07)
Ração Controle + Complexo 2 ³	6,06 (0,38)	5,64 (0,17)	1,69 (0,93)	7,32 (0,86)	58,06 (2,93)	7,56 (0,95)	77,00 (6,85)
Gênero							
Machos castrados	6,08 (0,38)	5,68 (0,22)	1,97 (1,58)	7,49 (1,29)	56,56 (3,26) a	7,83 (1,64)	76,32 (8,21)
Fêmeas	6,24 (0,33)	5,60 (0,09)	2,34 (1,37)	7,89 (1,18)	58,52 (2,91) b	8,30 (1,46)	74,22 (7,20)
Coefficiente de Variação (%)	5,82	3,19	69,23	16,08	5,44	19,42	10,39

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Rração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Rração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Para as características de qualidade da carne encontradas na Tabela 7, foram verificadas diferenças (P<0,05) para o TBARS, onde os grupos que receberam ração com antioxidante (ração controle + complexo 1 e ração controle + complexo 2) apresentaram melhores resultados em relação ao grupo que recebeu ração controle; e para o marmoreio, em que os resultados encontrados foram a favor do grupo tratado com a associação da ractopamina ao antioxidante (ração controle + complexo 2), porém não houve diferença (P>0,05) em relação ao grupo tratado com a ração contendo somente antioxidante (ração controle + complexo 1).

Tabela 7 – Médias e desvios- padrão das características perda de água por gotejamento (PAG), TBARS e marmoreio de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros		
	PAG	TBARS	Marmoreio
Ração Controle ¹	4,02 (1,10)	0,13 (0,04) a	1,41 (0,36) b
Ração Controle + Complexo 1 ²	4,31 (1,40)	0,09 (0,02) b	1,59 (0,51) ab
Ração Controle + Complexo 2 ³	3,36 (1,28)	0,08 (0,02) b	1,94 (0,63) a
Gênero			
Machos castrados	3,47 (1,45) a	0,10 (0,04)	1,67 (0,55)
Fêmeas	4,33 (0,98) b	0,10 (0,03)	1,62 (0,56)
Coefficiente de Variação (%)	29,08	28,76	32,14

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Rração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Ração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Entre os gêneros, houve diferença ($P < 0,05$) na perda de água por gotejamento, sendo que os machos apresentaram-se melhores para o parâmetro com uma menor perda.

Bridi et al. (2006), utilizando 10 ppm de ractopamina na ração de suínos em fase de terminação, não encontraram alterações nos valores de pH inicial e final da carne, no grau de marmoreio, na maciez, na perda de água, coloração e frequência de PSE da carne.

A Figura 1 mostra que os animais que receberam antioxidante na ração apresentaram carnes com menores índices de oxidação (menores valores de TBARS) e dados mais homogêneos em relação ao grupo que recebeu ração controle, o qual apresentou maior dispersão nos dados e maiores valores de TBARS. O baixo nível de TBARS presentes nos grupos que receberam suplementação com antioxidante se deve ao fato de que a vitamina E neutraliza radicais livres e interrompe a cadeia de reações oxidativas, atuando como um escudo protetor ao redor de cada célula e reduzindo os danos aos tecidos (RADCLIFFE, 2004; PENNY, 2004).

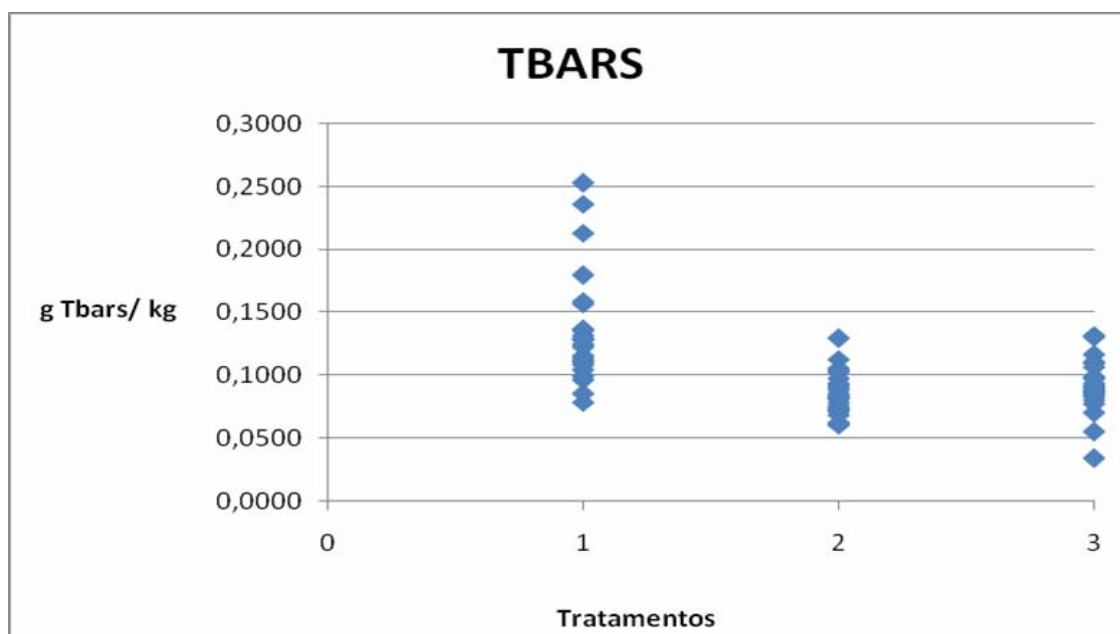


Figura 1 – Valores de TBARS encontrados nas carnes de suínos submetidos aos tratamentos: 1= Ração controle (isenta dos complexos), 2= Ração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e 3= Ração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Segundo Araújo (2004), a vitamina E tem sua ação mais pronunciada na gordura animal, especialmente na presença de sinérgicos.

Os valores de perda de líquido no descongelamento, perda de líquido na cocção e força de cisalhamento estão presentes na Tabela 8.

Tabela 8 – Médias e desvios-padrão das características perda de líquido no descongelamento (PLD), perda de líquido na cocção (PLC) e força de cisalhamento (FC) de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros		
	PLD	PLC	FC (kgf)
Ração Controle ¹	8,99 (2,32)	25,17 (2,86)	4,15 (0,65)
Ração Controle + Complexo 1 ²	7,33 (1,89)	24,60 (3,66)	4,13 (0,95)
Ração Controle + Complexo 2 ³	8,70 (2,11)	24,19 (3,98)	4,47 (1,00)
Gênero			
Machos castrados	8,66 (2,05)	24,82 (3,01)	4,12 (0,83)
Fêmeas	8,03 (2,32)	24,49 (3,93)	4,38 (0,92)
Coefficiente de Variação (%)	25,50	13,99	20,89

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Ração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Ração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Quanto às características de perda de água no descongelamento e cocção não ocorreram diferenças entre os tratamentos ($P>0,05$). Isso pode ser explicado pela preservação da integridade da membrana das células musculares devido ao uso dos antioxidantes (as vitaminas C e E), e pela não alteração de pH entre os tratamentos, já que a quantidade de água retida na carne está diretamente influenciada pelos valores de pH inicial e pH final. Alterações no pH, como a diminuição brusca, juntamente com altas temperaturas das carcaças ocasionam a desnaturação das proteínas e conseqüentemente aumentam o extravasamento de água e pigmentos.

Os resultados estão de acordo com os encontrados por Bridi et al. (2006), que não acharam diferenças ($P>0,05$) para perda de água no descongelamento e perda de água na cocção entre animais controle e animais tratados com 10 ppm de ractopamina.

Embora se esperasse que os animais que receberam ractopamina (ração controle + complexo 2) apresentassem carne mais dura, pois de acordo com Moloney e Beermann, (1996) esse β - adrenérgico aumenta o diâmetro das fibras musculares e conseqüentemente aumenta a resistência ao corte, não foi encontrada diferença significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos para os valores de força de cisalhamento.

A maciez é tratada como um atributo de textura (BOURNE, 2002), sendo quantificada pela força de cisalhamento. Quanto menor for o valor obtido de força de cisalhamento (kgf), mais macia será a carne.

Segundo Walker et al. (1989) e Moloney e Beermann, (1996), a força de cisalhamento é dependente do nível de inclusão de ractopamina, ou seja, quanto maior for a inclusão, mais dura será a carne.

Quanto aos níveis de vitamina E no músculo *L. dorsi*, houve diferença ($P<0,05$) para os tratamentos (Tabela 9). Os resultados mostram valores superiores para os tratamentos que têm a vitamina E associada ou não à ractopamina em relação ao tratamento controle. Estes valores podem valorizar o produto, ou melhorando os aspectos sensoriais e de qualidade da carne, decorrentes de uma menor oxidação, ou como uma fonte desta vitamina diretamente para o consumidor.

Tabela 9 – Valores de Vitamina E encontrados em amostras de carne de suínos submetidos aos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Vitamina E (mg/kg)
Ração Controle ¹	0,12 (0,03) b
Ração Controle + Complexo 1 ²	0,34 (0,10) a
Ração Controle + Complexo 2 ³	0,27 (0,10) ab
Gênero	
Machos castrados	0,23 (0,01)
Fêmeas	0,26 (0,02)
Coefficiente de Variação (%)	37,32

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Rração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Rração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

Na Tabela 10, pode-se observar diferença estatística para alguns ácidos graxos presentes na carne de suínos submetidos aos diferentes tratamentos. Para os ácidos graxos saturados, encontrou-se diferença (P<0,05) nos ácidos graxos pentadecanóico (15:0) e beênico (22:0), que se apresentaram mais baixos nos animais que receberam ração controle e maiores quantidades nos que receberam ração com antioxidante. Houve diferença também para os ácidos graxos monoinsaturados palmitoléico (16:1n-5) e o poliinsaturado linolênico (18:3n-ttc), onde os maiores valores foram encontrados nos animais que receberam ração controle e os menores nos animais que receberam ração com antioxidante, associado ou não à ractopamina. O ácido graxo linolênico (C18:3) é essencial para a saúde humana. No entanto, apresenta menor ponto de fusão e maior risco de peroxidação da gordura com a formação de *flavour* mais intenso (CIFUNE et al., 2000). Todavia, o efeito negativo da peroxidação só ocorre na presença de grande quantidade deste ácido graxo. A dieta pode alterar a concentração de C18:3 (COOPER et al., 2004).

Tabela 10 – Análise do perfil dos ácidos graxos (g/100g) de suínos submetidos aos tratamentos experimentais.

Ácidos Graxos	Tratamentos			Sexo		CV (%)
	Ração Controle ¹	Ração Controle + Complexo 1 ²	Ração Controle + Complexo 2 ³	Macho	Fêmea	
AGS	0,7022	0,6066	0,5402	0,5017	0,6916	38,24
14:0	0,0186	0,0174	0,0088	0,0133	0,0157	57,59
15:0	0,0010 b	0,0008 ab	0,0003 a	0,0008	0,0006	47,96
16:0	0,4153	0,4733	0,2976	0,3788	0,4054	45,14
17:0	0,0041	0,0050	0,0028	0,0035	0,0042	42,13
18:0	0,2003	0,2588	0,1989	0,2334	0,2112	48,46
20:0	0,0062	0,0132	0,0007	0,0108	0,0037	144,63
21:0	0,0056	0,0136	0,0081	0,0046	0,0130	88,78
22:0	0,0407 b	0,0192 ab	0,0177 a	0,0173	0,0304	48,35
23:0	0,0011	0,0011	0,0020	0,0014	0,0015	67,62
24:0	0,0097	0,0051	0,0054	0,0052	0,0075	39,89
AGMI	0,7140	0,9728	0,6844	0,8083	0,7865	44,56
16:1n-5	0,0032 a	0,0016 b	0,0022 ab	0,0021	0,0024	27,64
16:1n-7	0,0535	0,0508	0,0296	0,0377	0,0487	47,42
17:1n-10	0,0029	0,0029	0,0019	0,0023	0,0027	54,33
18:1n-9t	0,0030	0,0019	0,0024	0,0022	0,0025	32,78
18:1n-9c	0,7179	0,9089	0,6439	0,7564	0,7622	45,39
18:1n-7	0,0021	0,0015	0,0019	0,0014	0,0021	57,41
20:1n-9	0,0037	0,0021	0,0021	0,0032	0,0021	41,56
AGPI	0,2037	0,1284	0,1254	0,1165	0,1731	39,25
18:2n-ct	0,0008	0,0009	0,0007	0,0007	0,0009	124,04
18:2n-tc	0,0009	0,0017	0,0009	0,0016	0,0009	48,26
18:2n-6	0,1766	0,1281	0,1005	0,1040	0,1532	37,64
18:3n-6	0,0009	0,0018	0,0012	0,0016	0,0011	66,39
18:3n-tct	0,0013	0,0008	0,0024	0,0025	0,0008	134,30
18:3n- cct	0,0007	0,0020	0,0020	0,0014	0,0017	86,90
18:3n-ttc	0,0056 a	0,0009 b	0,0025 ab	0,0043	0,0017	71,89
18:3n-3	0,013	0,0087	0,0134	0,0132	0,0107	41,24
24:4n-9	0,0034	0,0018	0,0019	0,0017	0,0027	47,39
ω3	0,0187	0,0124	0,0192	0,0203	0,0139	43,91
ω6	0,1785	0,1338	0,1032	0,1083	0,1561	36,76
trans	0,0092	0,0082	0,0104	0,0108	0,0081	34,96

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

AGS = Ácidos Graxos Saturados; AGM= Ácidos Graxos Monoinsaturados; AGP = Ácidos Graxos Poliinsaturados.

¹ Ração controle (isenta dos complexos), ² Ração controle + complexo 1(400 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 0 ppm de ractopamina / kg de ração) e ³ Ração controle + complexo 2 (200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C + 10 ppm de ractopamina / kg de ração).

A utilização de antioxidantes na dieta é uma das estratégias para diminuir a rancidez oxidativa, que pode ser ocasionada por maior quantidade de ácidos graxos insaturados, portanto, a menor presença desses componentes na carne de animais que receberam rações com antioxidante pode estar relacionada a esse fato.

Conclusão

A inclusão de ractopamina (10 ppm), juntamente com as vitaminas E e C, durante 28 dias, para suínos em fase de terminação, resultou no incremento das características de desempenho e de carcaça, e a suplementação com os antioxidantes (vitamina E + vitamina C) determinou melhora da qualidade da carne com uma diminuição da oxidação lipídica desta, atendendo aos anseios da cadeia suinícola.

Referências

- AGOSTINI, P.S.; PACHECO, G.D.; SILVA, R.A.M. et al. Qualidade de carne associada aos parâmetros fisiológicos e sanguíneos de suínos submetidos a diferentes níveis de ractopamina. In: PORKEPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2008. p.106-107.
- ARAÚJO, J. M. A. Antioxidantes. In: _____. **Química de Alimentos**. 3.ed. Viçosa : UFV, 2004. p. 69-99.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS – ABCS. **Métodos Brasileiro de Classificação de Carcaças**. 2.ed. Rio Grande do Sul: Estrela, 1973.
- BLIGH, E.; DYER, W.J. A rapid methods of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry**, v.37, p.911-917, 1959.
- BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E et al. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Beef Production Program: Report of a working group n the Commision of the European Communits. 1981.
- BOURNE, M. C. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2002. 436p
- BOUTON P.E.; HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v.36, p.435-439, 1971.
- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2007. 97p.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midiograf, 2009. 120p.
- BRUBACHER, G.; MULLER-MULOT, W.; SOUTHGATE, D. A. T. **Methods for the determination of vitamins in food**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1985.
- CANNON, J.E.; MORGAN, J.B.; SCHMIDT, G.R. et al. Grouwth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. **Journal of Animal Science**, v.74, n. 1, p.98-105, 1996.

- CARDOSO, L.A., STOCK, M.J. Effect of clenbuterol on growth and body composition during food restriction in rats. **Journal of Animal Science**. v.74, n.9, p.2245 - 2252. 1996.
- CARR, S.N.; IVERS, D.J.; ANDERSON, D.B. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**. v.83, n. 12, p.2886–2893, 2005.
- CARTER, W.J., DANG, A.Q., FAAS, F.H. et al. Effects of clenbuterol on skeletal muscle mass, body composition, and recovery from surgical stress in senescent rats. **Metabolism**, v.40, n. 8, p.855 - 860. 1991.
- CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M.; KRAUSGRILLE, D.I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, n.2, p.255-264, 1995.
- CIFUNE, G.F.; NAPOLITANO, F.; PACELLI, C. et al. Effect of age at slaughter on carcass traits, fatty acid composition and lipid oxidation of Apulian lambs. **Small Ruminant Research**, v.35, n. 1, p.65-70, 2000.
- COLE, D.J.A., WOOD, J.D., KILPATRICK, M.J. Effects of the beta agonist GAH/034 (salbutamol) on growth, carcass quality and meat quality in pigs. In: HANRAHAN, J.P. **Beta-agonists and their effects on animal growth and carcass quality**. Londres : Elsevier, 1987. p.137-142.
- COOPER, S.L.; SINCLAIR, L.A.; WILKINSON, R.G. et al. Manipulation of the n–3 polyunsaturated fatty acid content of muscle and adipose tissue in lambs. **Journal of Animal Science**, v.82, n. 5, p.1461-1470, 2004.
- CRACKEL, R.L.; GRAY, I.J.; PEARSON, A.M. et al. Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation in meats. **Food Chemistry**, v.28, n.3, p.187-196, 1988.
- DIRINCK, P.; DE WINNE, A.; CASTEELS, M. et al. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n. 1, p.65-68, 1996.
- FERRANDO, R., VANBELLE, M. (1989). β -agonistes et production de la viande: considérations et réflexions. **Recueil de Medecine Veterinaire**. 165, 91-96.
- GIRÃO, L.V.C.; RESENDE, A.E.; CANTARELLI, V.S. et al. Desempenho de suínos pesados, machos castrados e fêmeas, durante o 14 e 28 dias de suplementação com ractopamina. . In: PORKEXPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.139-141.
- HASTY, J.L.; HEUGTEN, E. van; SEE, M.T. et al. Effect of vitamin E on improving fresh pork quality in Berkshire- and Hampshire-sired pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, n. 12, p.3230-3237, 2002.
- HOVING-BOLINK, A.H.; EIKELEEMBOOM, G.; DIEPEN, J.T.M. van et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on pork quality. **Meat Science**, v.49, n. 2, p.205-212, 1998.

- MARCHANT-FORDE, J.N.; LAY JR, D.C.; PAJOR, E.A. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**. 2003. 81:416–422.
- MOLONEY, A.P., ALLEN, P. (1992). (Re) partitioning effects of β -adrenergic agonists in meat. In KUIPER, H.A., HOOGENBOOM, L.A.P.(Ed.) - In Vitro Toxicological Studies and Real Time Analysis of Residues in Food – FLAIR Concerted Action N° 8: proceedings of the Workshops held in Ghent, May 22 - 24, 1992 and Thessaloniki, October 30 - 31, 1992. Wageningen, p. 89-101.
- MOLONEY, A.P., BEERMANN, D.H. (1996). Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In ENNE, G., KUIPER, H.A., VALENTINI, A. - Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products. Wageningen: Wageningen Pers, p.124 - 136.
- MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p.73-86, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL . **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington: National Academy Press. 1998.
- ONIBI, G.E.; SCAIFE, J.R.; MURRAY, I. et al. Use of α -tocopherol acetate to improve fresh pig meat quality of full-fat rapeseed-fed pigs. **Journal of American Oil Chemists Society**, v.75, n.2, p.189-198, 1998.
- 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**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.545-557.
- PENNY, P. Elevação dos teores de DHA omega-3 e selênio na carne suína: agregando valor para consumidores e produtores. **Porkworld**, São Paulo, n.22, p.66-69, set./out. 2004.
- RADCLIFFE, J.S. A importância dos modificadores de carcaça suína para a qualidade da carne. **Porkworld**, n.22, p.50-54, set./out. 2004.
- SAEG. Sistema para análises estatísticas. Viçosa, Mg: Fundação Arthur Bernardes, 1997.
- SOARES, A.L. **Ação de ácido fólico e vitamina E na oxidação lipídica e aroma de requeijado em filés de peito de frango**. 1998. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- SOUZA, V.L.F. **A influência de dietas suplementadas com vitamina E desde o crescimento e terminação do suíno até o presunto cozido no seu período de validade: índices zootécnicos, estabilidade oxidativa, perfil de ácidos graxos, colesterol e óxidos de colesterol**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- STEELE, N. C., CAMPBELL, R. G., CARPENA, T. J. **Proceedings of Georgia Nutrition Conference**. p. 9-18,1990.

TARLADGIS, B.G. et al. Chemistry of 2- thiobarbituric test for determination of oxidative rancidity in foods. II. Formation of the TBA- malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal of Food Science and Agriculture**, v.5, n. 9, p.602-604, 1964.

WALKER, W.R. et al. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, 67, 168 – 176, 1989.

WEBER, G. M; ANTIPATIS, C. (2001). Qualidade da carne suína e dieta de vitamina E. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. Disponível em :
<http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2_weber_pt.pdf>.
Acesso em: 18 novembro 2008.

WILLIAMS, P.E.V. (1989). Brève revue et nouvelles donnés sur les effects du traitement des animaux d'élevage par des Bêta-agonistes. Bull. GTV. 3, 33 - 42.

Avaliação da associação da ractopamina com antioxidantes para suínos em terminação: efeitos sobre o desempenho, qualidade de carcaça e carne.

Resumo

Foi realizado um experimento onde se avaliou a inclusão de uma ractopamina e sua associação a vitamina E e vitamina C nas rações de suínos em terminação durante 28 dias antes do abate. Foram utilizados 48 suínos híbridos comerciais de genética PIC, 24 machos castrados e 24 fêmeas, com 115 dias e peso médio inicial de $71,5 \pm 5,85$ kg, sendo alojados em número de 2 por baia. Os tratamentos experimentais foram: ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ração controle + ractopamina (10 ppm) e ração controle + complexo – 0,05% (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg de produto). Os animais foram abatidos com peso médio de $100,81 \pm 7,81$ kg. Semanalmente, foi avaliado o desempenho zootécnico dos animais. Na terceira semana do experimento, foram coletadas amostras de sangue para as análises dos níveis de ácido láctico, cortisol e creatina fosfoquinase. Após o abate, as características de carcaça foram avaliadas e foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* para a análise da qualidade da carne. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num arranjo fatorial 3X2 (3 tratamentos e 2 sexos) onde a unidade experimental, para a avaliação zootécnica, foi a baia e para as demais avaliações a unidade experimental foi o animal, totalizando 16 repetições por tratamento. Verificou-se diferença ($P < 0,05$) para a conversão alimentar e conformação da carcaça a favor dos tratamentos que continham ractopamina. Em relação à qualidade da carne, houve diferença ($P < 0,05$) nos valores de pH final, que foi mais elevado nos tratamentos que continham ractopamina; nos valores de TBARS, em que o tratamento que recebeu antioxidantes apresentou-se melhor; marmoreio, sendo melhor no tratamento com ractopamina, e valores de vitamina E no músculo, que foram mais elevados nos animais que receberam o tratamento com antioxidantes. Os resultados da inclusão de ractopamina foram melhores quando comparados à inclusão da ractopamina associada aos antioxidantes.

Palavras-chave: agonista beta-adrenérgico, síntese protéica, tecido adiposo e vitamina.

Evaluation of the use of the association of the ractopamine with antioxidants for finishing pigs: effects about the performance, carcass and meat quality.

Abstract

An experiment was conducted in order to evaluate inclusion of a ractopamine its association to vitamin E and vitamin C in feed for finishing pigs during 28 days before the slaughter. Were used 48 hybrid pigs PIC, 24 barrows and 24 females with 115 days and initial weight of 71.5 ± 5.85 kg, been allocated 2 animals per pen. The experimental treatments were: ration control (ration without ractopamine, vitamin E and vitamin C); ration control + 10 ppm of ractopamine and ration control + complex – 0.05% (0.2g of ractopamine + 4g of vitamin E + 2g of vitamin C/ kg of product). The animals were slaughtered weighting an average of 100.81 ± 7.81 kg. Weekly, were evaluated the animals performance. In the third week of the experiment, blood samples were collected to evaluate the levels of lactic acid, cortisol and creatine phosphokinase. After the slaughtering the carcass characteristics were measured and samples of *L. dorsi* muscle were obtained for evaluation of meat quality. The experimental design for evaluation zootechnical was in randomized blocks in a factorial arrangement with 3 treatments and 2 women, been the pen considerate a replicate and or other analysis, the animal was the replicate and the design was completely randomized, with three treatments and 16 replicates per treatment. Were observed difference ($P < 0.05$) for food conversion and carcass conformation to the treatments containing ractopamine. Regarding meat quality, there was a difference ($P < 0.05$) in final pH values, which was higher in treatments containing ractopamine; in the values of TBARS, which the treatment with antioxidants was better, marbling, and the best treatment with ractopamine, and values of vitamin E in the muscle, which were higher in animals that received treatment with antioxidant. The results of the inclusion of ractopamine were better when compared to the inclusion of ractopamine associated with antioxidants.

Key words: beta-adrenergic agonist, protein synthesis, fat tissue and vitamin.

Introdução

A suinocultura moderna, para atender as exigências do consumidor, apresenta desafios como aumentar o rendimento de carne magra nas carcaças sem interferir negativamente sua qualidade sensorial, fortemente influenciada pela presença da gordura e do perfil dos ácidos graxos que a compõem.

Com objetivo de se obter animais que apresentem carcaças com ótima relação carne: gordura, identificadas com as demandas do mercado, são disponibilizados muitos recursos nutricionais para a otimização destes alvos, como por exemplo, a ractopamina (aditivo classificado como um repartidor de nutrientes que promove melhorias no desempenho e nas características de carcaça) e os antioxidantes (aditivos que atuam reduzindo a oxidação da carne, melhorando sua qualidade).

A ractopamina é classificada como um agonista beta-adrenérgico, da classe das fenetanolaminas, que age no metabolismo animal, inibindo a lipogênese, estimulando a lipólise e retendo o nitrogênio, aumentando assim a síntese protéica (MIYADA, 1996). A droga atua através da liberação de estímulos a partir de receptores especializados que desencadeiam processos bioquímicos relacionados com o AMP cíclico. Esta ação determina um aumento na deposição do músculo pela hipertrofia do diâmetro das fibras musculares, mais especificamente das fibras brancas e intermediárias (AALHUS et al., 1992), incrementando o desempenho e as características de carcaça (STELLE et al., 1990).

Os resultados promovidos pela ractopamina no ganho de peso, na eficiência alimentar e na deposição de carne magra na carcaça, se identificam com os objetivos da indústria e do consumidor, no entanto, atribuiu-se que esse aditivo, pela ação similar às catecolaminas, pode também determinar alterações no comportamento dos animais, assim como nos parâmetros sanguíneos, refletindo nas características relacionadas com a qualidade da carne (MARCHANT-FORDE, 2003).

Paralela ao uso da ractopamina, com foco mais dirigido aos aspectos qualitativos e de segurança alimentar, a inclusão de aditivos antioxidantes nas rações constitui um recurso para melhorar as reações de oxidação na carne, diminuindo sua deterioração, diminuindo a vida e promovendo sua vida útil. A relação elevada de ácidos graxos polinsaturados na carne suína a expõe a maiores chances de oxidação.

Nas carnes, os antioxidantes mais utilizados são o ácido ascórbico (vitamina C) e a vitamina E. Segundo Morrissey et al. (1998), o ácido ascórbico, quando suplementado na dieta animal, aumenta a ação da vitamina E. Seu efeito benéfico na prevenção da oxidação lipídica, contudo, ainda é questionável. Há poucos estudos sobre a sua ação e o requerimento

deste na dieta de animais de produção. Morrisey (1998) em seus estudos provou que a vitamina E, especialmente, quando incorporada à ração de animais e depositada nas membranas, é mais eficiente na prevenção da oxidação de lipídios do que qualquer outro antioxidante. Ela previne a formação de hidroperóxidos lipídicos, produtos de degradação que causam a deterioração do odor e do sabor, o que é associado com rancidez (WEBER e ANTIPATIS, 2001).

Segundo o NRC (1998), a necessidade de vitamina E no final do crescimento corporal para suínos é de 11 mg/kg de ração. Entretanto, quando a vitamina E é suplementada em níveis maiores (100 a 200 mg/kg de ração) é verificado um efeito antioxidante, aumentando o tempo de vida útil da carne (MORRISSEY et al., 1998; SOUZA, 2001; RADCLIFFE, 2004).

Atualmente, tem-se buscado alternativas para reduzir o uso de antioxidantes exógenos (administrando diretamente no alimento de consumo humano), substituindo-os pelos endógenos (oferecido nas rações animais visando indiretamente efeitos antioxidantes na carne), dada a tendência em consumir produtos naturais com mínima dosagem de aditivos. A introdução de antioxidantes através da dieta de animais corresponde a um método efetivo para o aumento da estabilidade oxidativa de produtos cárneos, principalmente naqueles produtos onde a adição exógena é dificultada (SOUZA, 2001).

O objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos da utilização de uma nova ractopamina e de um complexo comercial contendo ractopamina associada a antioxidantes (vitaminas E + vitamina C), sobre o desempenho zootécnico, a qualidade de carcaça e da carne e nos parâmetros sanguíneos considerados mais importantes em suínos.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Setor de Suinocultura da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina. As análises laboratoriais demandadas foram realizadas nos laboratórios de Nutrição Animal, Patologia Clínica, e Laboratório de Tecnologia de Alimentos e Medicamentos da Universidade Estadual de Londrina.

Foram utilizados 48 suínos híbridos comerciais de genética PIC, sendo 24 machos castrados e 24 fêmeas, de mesma idade (115 dias) e peso médio inicial de $71,5 \pm 5,85$ kg. Os animais, em número de 2 por baía, foram alojados em instalações de alvenaria, piso compacto com 3 m². Foram, portanto, utilizadas 24 baias, metade com fêmeas e metade com machos. Durante o período experimental (28 dias) os animais receberam água e ração à vontade.

Foram definidas três rações distintas, caracterizando os tratamentos experimentais, ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ração controle + ractopamina (10 ppm) e ração controle + complexo– 0,05% (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg de produto), sendo que a terceira ração apresentou 10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração.

As rações eram isonutrientes, sendo formuladas visando atender as exigências previstas pela genética, atendendo no mínimo as recomendações nutricionais estabelecidas pelo NRC (1998).

Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 1.

Foram avaliados os parâmetros de desempenho ganho diário de peso, consumo diário de ração e conversão alimentar.

O delineamento experimental, para as avaliações zootécnicas, de carcaça e qualidade de carne foi em blocos ao acaso num arranjo fatorial 3x2 (3 tratamentos e 2 sexos). Os animais foram blocados de acordo com o peso inicial, sendo divididos em leves e pesados. Para o teste de desempenho cada repetição foi definida por uma baía composta por dois animais de mesmo sexo (4 repetições de machos e 4 de fêmeas).

No vigésimo dia de experimento os animais foram submetidos à coleta de sangue para análises dos níveis de ácido láctico, cortisol e creatina fosfoquinase, realizadas no laboratório Lab Med em Londrina.

A ração foi retirada 12 horas antes do embarque dos animais para o frigorífico, permanecendo estes sob dieta hídrica até o sacrifício.

Os suínos foram abatidos com idade média de 145 dias e peso médio de $100,81 \pm 7,81$ kg em um frigorífico localizado a 45 km da cidade de Londrina. O processo de abate consistiu primeiramente na insensibilização via corrente elétrica, com um equipamento da marca Petrovina® IS 2000 com dois eletrodos, utilizando-se 350 volts e 1,3 ampéres. O choque elétrico foi aplicado por um período de aproximadamente três segundos. A sangria foi realizada através do corte dos grandes vasos, com os animais na posição vertical, suspensos pelo membro posterior. Após o abate, escaldagem e evisceração, as carcaças foram divididas ao meio longitudinalmente e resfriadas à temperatura de 2 ± 1 °C, por 24 horas, na câmara de resfriamento do frigorífico.

Tabela 1 – Composição percentual, química e energética das rações experimentais.

Ingredientes	Ração Controle	Ração controle + Ractopamina 10 ppm	Ração Controle + Complexo 1
Milho	72,84	72,84	72,84
Farelo de soja	22,60	22,60	22,60
Óleo de Soja	1,49	1,49	1,49
Núcleo único suínos ¹	2,5	2,5	2,5
L-Lisina-HCl	0,47	0,47	0,47
Inerte (caulim)	0,1	0,05	0,05
Ractopamina (2%)	-	0,05	-
Complexo 1 ²	-	-	0,05
Valores calculados			
Proteína bruta (%)	16,710	16,710	16,710
Extrato etéreo (%)	4,309	4,309	4,309
Fibra bruta (%)	2,759	2,759	2,759
Matéria mineral (%)	2,430	2,430	2,430
Cálcio (%)	0,650	0,650	0,650
Fósforo total (%)	0,480	0,480	0,480
Energia Met. (Kcal/kg)	3296,00	3296,00	3296,00
Lisina total (%)	1,170	1,170	1,170

¹Composição do núcleo único suínos por kg de produto: vit.A, 239.000 UI; vit.B12, 538 mcg; vit.D3, 66.000 UI; vit.E, 517 mg; vit.K3, 60 mg; ácido fólico, 32 mg; ácido pantotênico, 254 mg; biotina, 1,1 mg; niacina, 422 mg; piridoxina, 41 mg; riboflavina, 90 mg; tiamina, 33 mg; colina, 4 g; promotor de crescimento, 2595 mg; Ca, 231 g; Co, 5,5 mg; Cu, 5000 mg; Fe, 2760 mg; F, 881 mg; P, 59 g; I, 43 mg; Mn, 1310 mg; Se, 8,46 mg; Na, 50 g; Zn, 3720 mg.

²Complexo 1= (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg de produto)

Após o período de 24 horas, as carcaças foram avaliadas individualmente de acordo com as orientações da ABCS (1973). Foram obtidos os dados de peso da carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC), conformação (CONF) e, cada meia carcaça esquerda foi seccionada na altura da última costela onde foram realizadas as medidas de área de olho de lombo (AOL), profundidade do músculo (PM) *Longissimus dorsi* e espessura de toucinho (ET). Com essas medidas foi possível calcular a quantidade de carne magra na carcaça (QCMC). Para as análises de carcaça e qualidade de

carne, cada animal foi considerado uma unidade experimental 16 repetições por tratamento (oito machos castrados e oito fêmeas).

O pH da carne foi medido no músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela, aos 45 minutos após o abate (pH inicial) e após 24 horas de resfriamento (pH final) a aproximadamente $2 \pm 1^\circ \text{C}$.

Após 24 horas de resfriamento, foi retirada de cada meia carcaça esquerda uma amostra do músculo *Longissimus dorsi* de aproximadamente 20 cm, as quais logo após foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual de Londrina. De cada lombo retirou-se a gordura adjacente e então foram coletadas 5 amostras de aproximadamente 2,5cm de espessura cada, onde uma foi utilizada para avaliação da cor (valores de a^* , b^* e L^*), marmoreio e estimou-se a perda de água por gotejamento (PAG), e as demais amostras foram embaladas e congeladas a -20°C durante até serem analisadas.

Para a análise de cor, as amostras ficaram expostas ao ar por 40 minutos para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi medida pelo aparelho colorímetro portátil Minolta® CR10, com esfera de integração e ângulo de visão de 8° , ou seja, iluminação $d/8$ e iluminante C. Os componentes L^* (luminosidade), a^* (componente vermelho-verde) e b^* (componente amarelo-azul) foram expressos no sistema de cor CIELAB. Através dessas três leituras foram também aferidos o croma e a tonalidade da carne. Os valores do croma foram obtidos calculando-se a hipotenusa do triângulo retângulo cujos outros dois lados são dados pelos valores de a^* e b^* , e o índice de saturação foi obtido através da relação entre os valores a^*/b^* (BRIDI e SILVA, 2007). Estas mesmas amostras foram utilizadas para a avaliação subjetiva da taxa de marmoreio, através de padrões fotográficos, onde foram atribuídas notas de 1 a 5 (1 = traços de marmoreio e 5 = marmoreio abundante).

A capacidade de retenção de água da carne foi avaliada através da perda de água por gotejamento, segundo a técnica descrita por Boccard et al. (1981).

A análise da oxidação lipídica foi realizada 30 dias após o abate. As amostras eram retiradas do freezer 24 horas antes do procedimento para que estivessem totalmente descongeladas. O método utilizado para a análise foi o Indicativo de Substâncias Reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS), segundo Tarladgis et al. (1964) modificado por Crackel et al. (1988). O método consiste em determinar espectrofotometricamente a 530 nm o complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois moles de ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) com um mol de malonaldeído e/ou outras substâncias que reagirem com o TBARS.

As amostras destinadas à análise de maciez foram congeladas por 60 dias e pesadas logo que retiradas do freezer e após o degelo por 24 horas na temperatura de 2 ± 2 °C, obtendo assim, pela diferença desses dois pesos, os valores de perda de líquido por descongelamento (PLD). Essas amostras foram utilizadas também para a análise de perda de líquido na cocção, que foi obtida pela diferença de peso da amostra descongelada e após o cozimento em forno pré-aquecido a 180 °C, até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente 71 °C (BRIDI e SILVA, 2009).

Depois da cocção as amostras foram resfriadas a temperatura ambiente e acondicionadas em uma geladeira por 24 horas a 2 ± 2 °C. Após esse período de 24 horas foram retiradas de cada amostra, de 5 a 6 sub-amostras de 2,5 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro, utilizando-se um amostrador de aço da forma cilíndrica. A força de cisalhamento foi tomada perpendicularmente à orientação das fibras musculares com a lâmina Warner-Bratzler adaptada no texturômetro Stable Mycro Systems TA-XT2i (BOUTON et al., 1971). Quanto maior a força encontrada (kgf), menos macia era a carne.

Para a realização do perfil de ácidos graxos, as amostras permaneceram congeladas por 60 dias e após esse período foram encaminhadas ao Laboratório de Química da Universidade Estadual de Maringá onde os lipídios totais foram extraídos conforme metodologia de Bligh e Dyer (1959) e a transesterificação dos ácidos graxos realizada segundo os procedimentos de Hartman e Lago (1973), onde utilizou-se para a separação dos ésteres de ácidos graxos um cromatógrafo gás 14-A (Shimadzu).

Para a análise de vitamina E, as amostras também foram congeladas após o abate por 60 dias e encaminhadas para o ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos), localizado na cidade de Campinas–SP, onde foram analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC). O método consiste na saponificação da amostra para eliminar os lipídeos, liberar os tocoferóis naturais das células e hidrolisar ésteres de tocoferóis a tocoferóis livres; extração da matéria insaponificável com éter etílico e evaporação deste; dissolução em éter de petróleo e injeção no HPLC com coluna de óxido de silício e detecção das frações dos tocoferóis por fluorescência (BRUBACHER; MULLER-MULOT; SOUTHGATE, 1985).

Para as análises das carcaças e características da carne, cada animal representou uma unidade experimental.

Os dados relativos aos tratamentos foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o programa SAEG (UFV, 1997).

Resultados e Discussão

Os resultados referentes aos parâmetros de desempenho, carcaça, qualidade da carne e níveis séricos estão demonstrados nas Tabelas 2 a 11 e Figura 1.

Na Tabela 2 pode-se observar diferença ($P < 0,05$) para o parâmetro conversão alimentar a favor do grupo tratado com a associação da ractopamina aos antioxidantes (ração controle + complexo) em relação ao grupo controle. O grupo tratado com 10 ppm de ractopamina somente não apresentou diferença em relação aos demais. Para os parâmetros consumo diário de ração e conversão alimentar houve diferença ($P < 0,05$) entre os gêneros, sendo que as fêmeas apresentaram melhores resultados.

Tabela 2 – Médias e desvios-padrão de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de acordo com os tratamentos experimentais e gêneros.

Tratamentos	Parâmetros		
	CDR (kg)	GDP (kg)	CA
Ração Controle ¹	2,81 (0,88)	1,01 (0,09)	2,79 (0,30) b
Ração controle + Ractopamina ²	2,69 (0,35)	1,04 (0,09)	2,57 (0,17) ab
Ração Controle + Complexo ³	2,49 (0,39)	0,97 (0,13)	2,57 (0,14) a
Gênero			
Machos Castrados	2,85 (0,41) b	1,03 (0,12)	2,76 (0,24) b
Fêmeas	2,47 (0,25) a	0,98 (0,09)	2,52 (0,16) a
Coefficiente de variação (%)	10,54	8,75	6,56

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Almeida et al. (2008), verificaram que a suplementação com ractopamina proporcionou melhora de aproximadamente 4% na conversão alimentar dos animais. Agostini et al. (2008), constataram efeito linear da ractopamina, quanto maior o nível de inclusão da ractopamina, maior os resultados sobre o ganho de peso diário e melhor a conversão alimentar.

Sabe-se que as fêmeas respondem melhor quando submetidos aos tratamentos com agonistas beta-adrenérgicos comparadas a animais castrados (COLE et al., 1987). Provavelmente as fêmeas têm maior capacidade de mobilização dos lipídios corporais,

cuja diminuição é mais evidente no tecido subcutâneo e menor no tecido adiposo intramuscular (FERRANDO; VANBELLE, 1989).

As respostas da ractopamina foram muito parecidas entre castrados e fêmeas para o crescimento, consumo de ração, ganho de carne magra e comprimento de carcaça (ELANCO, 1999).

Cannon et al. (1996), Dirinck et al. (1996), Hoving-Bolink et al. (1998) e Onibi et al. (1998) não observaram influência dos níveis de vitamina E sobre o ganho de peso e conversão alimentar.

Hoving-Bolink et al. (1998), em experimento com suínos entre 44 e 84 kg de peso vivo e com suplementação de 200 mg de vitamina E, observaram valores menores de conversão alimentar, o que proporcionou melhor desempenho dos animais.

Quanto aos parâmetros séricos encontrados na Tabela 3, não foi observada diferença ($P>0,05$) para os tratamentos. Para o fator gênero houve diferença entre os grupos ($P<0,05$), sendo encontrados níveis mais altos de cortisol nos machos castrados.

Tabela 3 – Médias dos parâmetros sanguíneos creatina fosfoquinase (CK), cortisol e ácido láctico de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros		
	CK (u/l)	Cortisol (ug/ dL)	Ácido Láctico (mmol/L)
Ração Controle ¹	4251,37 (2883,62)	1,95 (0,86)	3,49 (2,18)
Ração controle + Ractopamina ²	8720,81 (10301,48)	2,59 (0,94)	3,64 (0,79)
Ração Controle + Complexo ³	5777,12 (5907,46)	2,11 (0,93)	5,01 (3,06)
Gênero			
Machos castrados	5691,14 (7813,89)	2,61 (0,88) b	4,43 (2,45)
Fêmeas	6808,40 (6547,12)	1,82 (0,83) a	3,66 (2,07)
Coefficiente de Variação (%)	116,86	36,43	55,79

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey ($P<0,05$).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Há de se considerar, entretanto, que embora se constate uma diferença numérica importante entre os valores de creatinina fosfoquinase entre os tratamentos, não se identificou significância entre estes ($P>0,05$), sendo atribuída à grande variação encontrada nos dados (alto coeficiente de variação).

Alguns trabalhos realizados utilizando-se ractopamina em suínos e bubalinos elucidam que há aumento nos níveis sanguíneos de lactato, constituindo dessa forma um forte indicador da ocorrência de glicogenólise muscular com a utilização desse beta-agonista (PALERMO-NETO, 2002).

Segundo Marchant-Forde (2003), após a utilização da ractopamina durante quatro semanas em animais de terminação, observou-se um aumento significativo nos valores de adrenalina e noradrenalina em relação aos animais do grupo controle. Observou-se um aumento do estresse, da frequência cardíaca e conseqüentemente na dificuldade de manejo, onde os animais apresentaram mais tempo em atividade e deitados em decúbito externo e menos tempo deitados em decúbito lateral, quando comparados ao grupo controle. Com relação aos níveis de cortisol circulantes, entretanto, não foi observada diferença entre os tratamentos quer antes ou depois do transporte dos animais ao abatedouro.

Para as características de carcaça (Tabelas 4 e 5) somente foram verificadas diferenças ($P < 0,05$) para a conformação, com favorecimento para o grupo tratado com ractopamina (ração controle + 10ppm de ractopamina), mas esse não diferiu estatisticamente do grupo tratado com ractopamina associada aos antioxidantes (ração controle + complexo). Em relação ao gênero, as fêmeas apresentaram melhores resultados para os parâmetros rendimento de carcaça, espessura de toucinho, área de olho de lombo e quantidade de carne magra na carcaça. Não houve interações entre os fatores.

Tabela 4 – Médias e desvios-padrão das características: peso de carcaça quente (PCQ), peso de carcaça resfriada (PCR), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC), conformação (CONF) de suínos de diferentes gêneros submetidos aos tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros				
	PCQ (kg)	PCR (kg)	RC (%)	CC (cm)	CONF
Ração Controle ¹	76,28 (5,51)	74,43 (5,51)	76,05 (1,33)	90,84 (4,36)	2,16 (0,57) b
Ração controle + Ractopamina ²	78,47 (7,12)	76,61 (6,95)	77,15 (1,48)	90,80 (4,28)	2,52 (0,49) a
Ração Controle + Complexo ³	76,06 (7,82)	74,28 (7,66)	76,91 (1,70)	89,59 (3,94)	2,34 (0,47) ab
Gênero					
Machos Castrados	76,97 (7,70)	74,99 (7,54)	76,23 (1,59) b	89,75 (4,76)	2,48 (0,54) a
Fêmeas	76,90 (6,00)	75,22 (5,86)	77,18 (1,40) a	91,08 (3,40)	2,20 (0,47) b
Coefficiente de Variação (%)	5,55	5,58	1,87	4,35	17,70

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Tabela 5 – Médias e desvios-padrão das características: espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), área de olho de lombo (AOL) e quantidade de carne magra na carcaça (QCMC) de suínos de diferentes gêneros submetidos aos tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros			
	ET (mm)	PM (mm)	AOL (cm ²)	QCMC (kg)
Ração Controle ¹	11,28 (2,77)	68,69 (5,40)	46,29 (5,01)	62,67 (1,98)
Ração controle + Ractopamina ²	11,07 (2,85)	69,79 (5,57)	46,11 (4,10)	62,85 (2,13)
Ração Controle + Complexo ³	10,77 (2,65)	70,29 (6,30)	46,37 (4,14)	63,17 (1,83)
Gênero				
Machos Castrados	11,92 (2,57) b	69,32 (6,21)	44,47 (3,10) b	62,27 (1,87) b
Fêmeas	10,16 (2,60) a	69,86 (5,23)	48,04 (4,73) a	63,53 (1,87) a
Coefficiente de Variação (%)	24,40	7,62	8,38	3,12

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Hoving-Bolink et al. (1998) também observaram diferença ($P < 0,05$) na porcentagem de carne magra entre os sexos, com valores de $56,6 \pm 0,59\%$ em fêmeas e $54,6 \pm 0,59\%$ nos machos castrados.

Os resultados foram semelhantes aos observados por Carr et al. (2005) que não observaram diferenças na espessura de toucinho e no comprimento de carcaça entre animais tratados com ractopamina e controle.

Cannon et al. (1996) não observaram diferenças significativas nas características de carcaça entre os tratamentos. Onibi et al. (1998), no entanto, observaram diferenças significativas entre os tratamentos, com os maiores pesos em suínos que receberam dietas suplementadas.

Silva et al. (2008); Almeida et al. (2008); Pereira et al. (2008), encontraram resultados semelhantes a Marinho (2007), que quando feito o uso da ractopamina, houve melhora significativa nas características de carcaça e desempenho de 4,25%, em relação aos animais que não receberam suplementação.

Para quantidade de carne magra na carcaça, Corassa et al. (2008) utilizando 10 ppm de ractopamina na ração, observou que dietas com maior nível de ractopamina acrescentaram 1,4% em relação à dieta com 5 ppm. A ractopamina além de aumentar a carne magra da carcaça, aumentou a deposição muscular e reduziu a deposição de gordura.

Cheah et al. (1995) e Hasty et al. (2002) observaram aumento na quantidade de carne magra, e redução na espessura de toucinho em suínos suplementados com vitamina E.

Para as características ligadas à qualidade da carne, foi verificada diferença ($P < 0,05$) para o pH final (Tabela 6), marmoreio (Tabela 6) a favor do grupo tratado com ração controle + 10 ppm de ractopamina, porém não houve diferença em relação ao grupo tratado com a associação de ractopamina com antioxidantes (ração controle + complexo) e para o TBARS (Tabela 7), onde o grupo que foi suplementado com antioxidantes apresentou melhores resultados, porém não diferiu do grupo que recebeu a associação dos antioxidantes com ractopamina.

Tabela 6 – Médias das características pH inicial e final, cor (a*, b* e L*), croma e tonalidade, expressa em graus, de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos

Tratamentos	Parâmetros						
	pH inicial	pH final	a*	b*	L*	Croma	Tonag
Ração Controle ¹	5,88 (0,26)	5,43 (0,07) b	4,56 (1,88)	7,99 (1,24)	56,17 (2,69)	9,27 (1,93)	61,46 (7,41)
Ração controle + Ractopamina ²	5,84 (0,33)	5,54 (0,09) a	4,71 (0,67)	8,08 (1,26)	54,00 (13,37)	9,37 (1,26)	59,51 (4,39)
Ração Controle + Complexo ³	5,71 (0,25)	5,48 (0,58) ab	4,91 (1,27)	8,67 (1,22)	58,66 (2,85)	9,98 (1,61)	60,90 (4,08)
Gênero							
Machos	5,81 (0,29)	5,49 (0,07)	4,79 (1,51)	8,22 (1,17)	53,66 (10,62) a	9,56 (1,67)	60,54 (5,96)
Fêmeas	5,81 (0,29)	5,48 (0,10)	4,67 (1,19)	8,27 (1,35)	58,90 (2,66) b	9,53 (1,60)	60,71 (5,01)
Coefficiente de Variação (%)	4,97	1,46	29,03	15,25	13,61	17,31	8,92

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Tabela 7 – Médias das características perda de água por gotejamento (PAG), TBARS e marmoreio de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros		
	PAG	TBARS	Marmoreio
Ração Controle ¹	4,74 (1,99)	0,13 (0,04) a	2,03 (0,74) b
Ração controle + Ractopamina ²	3,34 (1,34)	0,12 (0,03) ab	2,75 (0,73) a
Ração Controle + Complexo ³	4,27 (1,69)	0,10 (0,02) b	2,28 (0,95) ab
Gênero			
Machos castrados	3,67 (1,75)	0,11 (0,03)	2,44 (0,82)
Fêmeas	4,56 (1,68)	0,12 (0,04)	2,27 (0,88)
Coefficiente de Variação (%)	40,49	25,79	34,17

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

De acordo com Warris et al. (1990), Moller et al. (1992) e Wood et al. (1994), o pH final da carne tende a ser mais elevado em suínos tratados com ractopamina, isso ocorre porque os agonistas beta-adrenérgicos consomem o glicogênio muscular, resultando em menor produção e acúmulo de ácido láctico na carcaça pós-abate.

Bridi et al. (2006), todavia, utilizando 10 ppm de ractopamina na ração de suínos em fase de terminação não encontraram alterações nos valores de pH inicial e final da carne, no grau de marmoreio, na maciez da carne, na perda de água, coloração e frequência de carne PSE.

Segundo Rübersam (2000), o pH pode exercer influência direta ou indireta sobre as diversas características de qualidade da carne, tais como cor, capacidade de retenção de água, maciez, suculência e sabor.

A Figura 1 mostra que os animais que receberam antioxidante na ração (ração controle + complexo) apresentaram carnes com menores índices de oxidação (menores valores de TBARS) e dados mais homogêneos em relação ao grupo que recebeu ração controle, o qual apresentou maior dispersão nos dados e maiores valores de TBARS. O baixo nível de TBARS presentes nos grupos que receberam suplementação com antioxidante se deve ao fato de que a vitamina E neutraliza radicais livres e interrompe a cadeia de reações oxidativas, atuando como um escudo protetor ao redor de cada célula e reduzindo os danos aos tecidos (RADCLIFFE, 2004; PENNY, 2004).

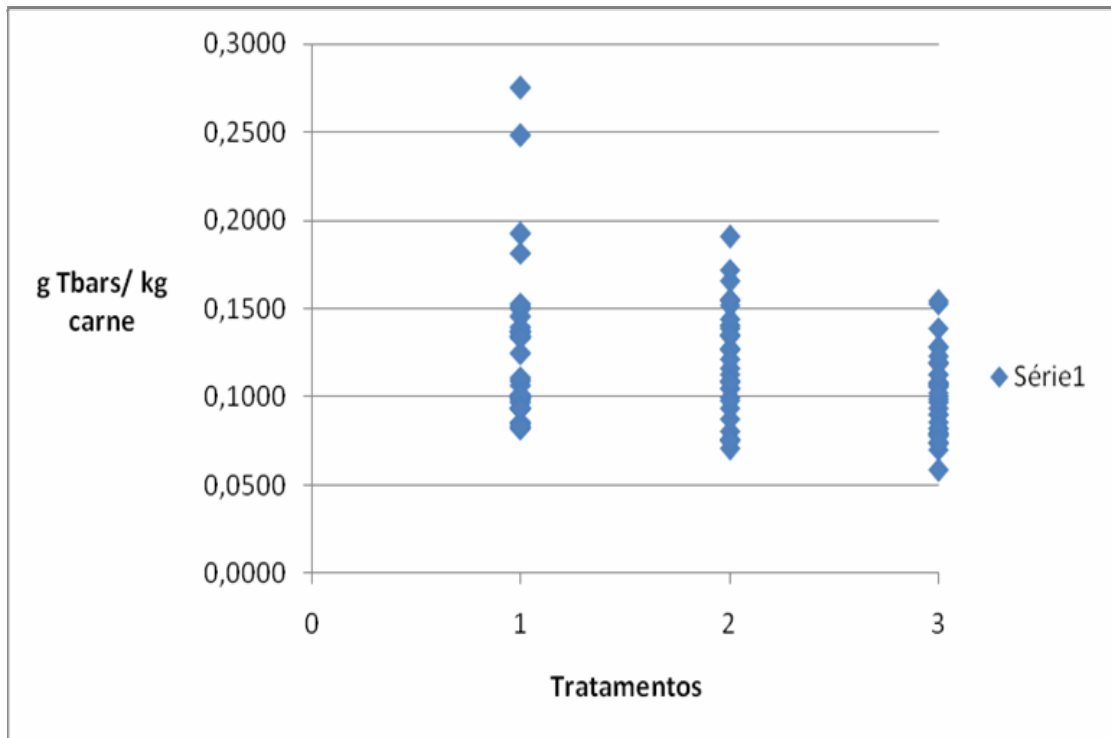


Figura 1 – Valores de TBARS encontrados nas carnes de suínos submetidos aos tratamentos após 30 dias de congelamento: 1= Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); 2= Ração controle + 10 ppm de ractopamina e 3= Ração controle + complexo (0,2g de ractopamina + 4g de vitamina E + 2g de vitamina C/kg do produto).

Weber et al. (2005), ao estudar o efeito da suplementação de vitaminas A, D3, E e Ivermectina em bovinos, encontraram uma redução nos índices de TBARS de 22,6% em amostras de carne armazenadas resfriadas, e 30,7% em amostras congeladas.

Na Tabela 8, encontram-se os valores de perda de líquido no descongelamento, perda de líquido na cocção e força de cisalhamento. Entre os tratamentos não ocorreram diferenças ($P>0,05$) quanto às características de perdas de líquido no descongelamento e na cocção e força de cisalhamento. Os resultados estão de acordo com os encontrados por Bridi et al. (2006), que não acharam diferenças ($P>0,05$) para perda de água no descongelamento e perda de água na cocção entre animais controle e animais tratados com 10 ppm de ractopamina.

Tabela 8 – Médias e desvios-padrão das características perda de líquido no descongelamento (PLD), perda de líquido na cocção (PLC) e força de cisalhamento (FC) de suínos de diferentes gêneros submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamentos	Parâmetros		
	PLD (%)	PLC (%)	FC (kgf)
Ração Controle ¹	9,53 (1,92)	38,30 (1,86)	6,69 (1,08)
Ração controle + Ractopamina ²	8,60 (1,15)	37,44 (2,35)	6,95 (1,70)
Ração Controle + Complexo ³	8,48 (1,25)	37,47 (1,99)	6,31 (1,22)
Gênero			
Machos castrados	9,11 (1,41)	37,24 (1,80)	7,38 (1,34) b
Fêmeas	8,64 (1,56)	38,17 (2,22)	5,92 (0,92) a
Coefficiente de Variação (%)	16,55	5,03	17,25

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Entre os gêneros houve diferença (P<0,05) nos valores de força de cisalhamento, sendo que as fêmeas apresentaram carnes com menor resistência ao corte e conseqüentemente mais macias. A maciez da carne pode estar associada ao diâmetro das fibras musculares, sendo que animais que apresentam maiores diâmetros, conseqüentemente podem apresentar maior resistência ao core e carne mais dura.

Quanto menor for o valor obtido de força de cisalhamento (kgf), mais macia será a carne. A maciez é tratada como um atributo de textura (BOURNE, 2002), sendo quantificada pela força de cisalhamento.

A força de cisalhamento é dependente do nível de inclusão de ractopamina, ou seja, quanto maior for a inclusão, mais dura será a carne (WALKER et al., 1989; MOLONEY e BEERMANN, 1996).

A inclusão de ractopamina (10 ppm) utilizada no presente trabalho não alterou a maciez da carne.

Em relação aos níveis de vitamina E no músculo *L. dorsi* (Tabela 9) ocorreu diferença significativa (P<0,05) nos tratamentos, os animais que receberam ração contendo antioxidantes (ração controle + complexo) apresentaram maiores valores comparados aos animais que receberam ração controle. Estes valores podem valorizar o produto, ou

melhorando os aspectos sensoriais e de saúde da carne decorrentes de uma menor oxidação ou como uma fonte desta vitamina diretamente para o consumidor. Entre os gêneros não houve diferença ($P < 0,05$).

Tabela 9 – Valores de Vitamina E encontrados em amostras de carne de suínos submetidos aos tratamentos experimentais.

Tratamentos	Vitamina E (mg/kg)
Ração Controle ¹	0,08 (0,02) b
Ração Controle + Complexo ²	0,23 (0,05) a
Gênero	
Machos castrados	0,15 (0,08)
Fêmeas	0,15 (0,08)
Coefficiente de Variação (%)	31,57

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey ($P < 0,05$).

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C) e ² Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Na Tabela 10 encontra-se o perfil dos ácidos graxos presentes na carne de suínos submetidos aos diferentes tratamentos. Houve diferença estatística ($P < 0,05$) somente para o ácido graxo saturado araquídico (21:0), onde menores quantidades foram encontradas em animais que receberam ração controle e maiores quantidades nos que receberam as rações contendo ractopamina.

Tabela 10 – Análise do perfil dos ácidos graxos(g/100g) de suínos submetidos aos tratamentos experimentais.

Ácidos Graxos	Tratamentos			Sexo		CV (%)
	Ração Controle	Ração Controle + Ractopamina 10 ppm	Ração Controle + Complexo 1	Macho	Fêmea	
AGS	0,3925	0,5372	0,5224	0,5115	0,4749	23,71
14:0	0,0108	0,0128	0,0116	0,0123	0,0114	40,68
15:0	0,0005	0,0006	0,0015	0,0008	0,0010	131,96
16:0	0,2388	0,3219	0,2942	0,3045	0,2761	24,11
17:0	0,0024	0,0038	0,0031	0,0030	0,0032	40,14
18:0	0,1090	0,1619	0,1570	0,1535	0,1387	21,79
20:0	0,0005	0,0006	0,0027	0,0007	0,0017	134,23
21:0	0,0078 a	0,0141 b	0,0125 ab	0,0154	0,0090	27,34
22:0	0,0181	0,0135	0,0162	0,0138	0,0173	45,44
23:0	0,0006	0,0017	0,0019	0,0016	0,0013	94,92
24:0	0,0036	0,0064	0,0046	0,0058	0,0043	67,60
AGMI	0,5107	0,7242	0,6808	0,6772	0,6256	23,97
16:1n-5	0,0012	0,0012	0,0018	0,0014	0,0014	36,42
16:1n-7	0,0304	0,0375	0,0344	0,0361	0,0330	40,28
17:1n-10	0,0022	0,0023	0,0025	0,0025	0,0023	23,44
18:1n-9t	0,0010	0,0021	0,0021	0,0020	0,0016	41,55
18:1n-9c	0,4716	0,6750	0,6106	0,6286	0,5678	20,57
18:1n-7	0,0012	0,0012	0,0019	0,0019	0,0011	67,42
AGPI	0,1022	0,1168	0,1406	0,1185	0,1231	23,28
18:2n-ct	0,0003	0,0005	0,0009	0,0006	0,0006	87,57
18:2n-tc	0,0005	0,0003	0,0005	0,0004	0,0005	43,73
18:2n-6	0,0938	0,1035	0,1196	0,1069	0,1062	21,85
18:3n-6	0,0008	0,0009	0,0009	0,0007	0,0009	62,19
18:3n-tct	0,0005	0,0008	0,0010	0,0007	0,0008	45,46
18:3n-cct	0,0002	0,0018	0,0008	0,0016	0,0005	139,14
18:3n-ttc	0,0003	0,0011	0,0020	0,0006	0,0017	180,24
18:3n-3	0,0044	0,0059	0,0076	0,0052	0,0067	44,74
20:1n-9	0,0029	0,0044	0,0044	0,0039	0,0040	39,73
24:4n-9	0,0013	0,0020	0,0019	0,0017	0,0018	30,83
ω3	0,0057	0,0092	0,0116	0,0082	0,0097	55,10
ω6	0,0952	0,1054	0,1270	0,1087	0,1114	24,30
trans	0,0030	0,0066	0,0076	0,0060	0,0059	53,24

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna indicam diferença no teste de Tukey (P<0,05).

AGS = Ácidos Graxos Saturados; AGM= Ácidos Graxos Monoinsaturados; AGP = Ácidos Graxos Poliinsaturados

¹ Ração controle (isenta de ractopamina, vitamina E e vitamina C); ² Ração controle + 10 ppm de ractopamina e ³ Ração controle + complexo (10 ppm de ractopamina + 200 mg de vitamina E + 100 mg de vitamina C / kg de ração).

Conclusão

A associação da ractopamina na dose de 10 ppm com a vitamina E e C (respectivamente, 200 e 100 mg/kg de ração) durante 28 dias para suínos em fase de terminação determina melhora na conversão alimentar, porém sem repercussões na promoção da qualidade da carne.

Referências

- AALHUS, J.L.; JONES, S.D.; SCHAEFER, S.D.M. et al. The effect of ractopamine on performance, carcass composition and meat quality of finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, v.70, n.5, p.943-952, 1990.
- AGOSTINI, P.S.; PACHECO, G.D.; SILVA, R.A.M. et al. Níveis de ractopamina para suínos: Efeitos no desempenho e características de carcaça associado ao diâmetro das fibras musculares. In: PORKEXPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2008. p.104-105..
- ALMEIDA, V.V.; BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B. et al. Ractopamina, cromometionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. In: PORKEXPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. al 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.130-132, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS – ABCS. **Métodos Brasileiro de Classificação de Carcaças**. 2.ed. Rio Grande do Sul: Estrela, 1973.
- BLIGH, E.; DYER, W.J. A rapid methods of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry**, v.37, p.911-917, 1959.
- BOCCARD, R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. et al. Proceedingas for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Beef Production Program: Report of a working group in the Commision of the European Communits. 1981.
- BOURNE, M. C. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2.ed. San Diego: Academic Press, 2002. 436p
- BOUTON P.E.; HARRIS, P.V.; SHORTHOSE, W.R. Effect of ultimate pH upon the water-holding capacity and tenderness of mutton. **Journal of Food Science**, v.36, p.435-439, 1971.
- BRIDI, A.M.; OLIVEIRA, A.R.; FONSECA, N.A. et al. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.35, n.5, p.2027-2033, 2006.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2007.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Avaliação da Carne Suína**. Londrina: Midiograf, 2009. 120p.

BRUBACHER, G.; MULLER-MULOT, W.; SOUTHGATE, D. A. T. **Methods for the determination of vitamins in food**. London: Elsevier Applied Science Publishers, 1985.

CANNON, J.E.; MORGAN, J.B.; SCHMIDT, G.R. et al. Growth and fresh meat quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. **Journal of Animal Science**, v.74, n. 1, p.98-105, 1996.

CARR, S.N.; IVERS, D.J.; ANDERSON, D.B. et al. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, v.83, n. 12, p.2886–2893, 2005

CHEAH, K.S.; CHEAH, A.M.; KRAUSGRILLE, D.I. Effect of dietary supplementation of vitamin E on pig meat quality. **Meat Science**, v.39, n.2, p.255-264, 1995.

COLE, D.J.A., WOOD, J.D., KILPATRICK, M.J. Effects of the beta agonist GAH/034 (salbutamol) on growth, carcass quality and meat quality in pigs. In: HANRAHAN, J.P. **Beta-agonists and their effects on animal growth and carcass quality**. Londres : Elsevier, 1987. p.137-142.

CORASSA, A.; LOPES, D.C.; TEIXEIRA, A.O. et al Níveis de ractopamina em dietas de suínos em terminação contendo fitase-análise descritiva. PORKEXPO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA. 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, p.143-144.

CRACKEL, R.L.; GRAY, I.J.; PEARSON, A.M. et al. Some further observations on the TBA test as an index of lipid oxidation in meats. **Food Chemistry**, v.28, n.3, p.187-196, 1988.

DIRINCK, P.; DE WINNE, A.; CASTEELS, M. et al. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.44, n. 1, p.65-68, 1996.

ELANCO. Paylean Swine Nutrition Guide for Industry Professionals. **Elanco Animal Health**. Indianapolis, IN, 1999.

FERRANDO, R., VANBELLE, M. β -agonistes et production de la viande: considérations et réflexions. **Recueil de Medecine Veterinaire**. 165, 91-96, 1989.

HARTMAN, L.; LAGO, R.C.A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. **Laboratory Practice**, v.22, n.8, p. 175-176, 1973.

HASTY, J.L.; HEUGTEN, E. van; SEE, M.T. et al. Effect of vitamin E on improving fresh pork quality in Berkshire- and Hampshire-sired pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, n. 12, p.3230-3237, 2002.

HOVING-BOLINK, A.H.; EIKELEEMBOOM, G.; DIEPEN, J.T.M. van et al. Effect of dietary vitamin E supplementation on pork quality. **Meat Science**, v.49, n. 2, p.205-212, 1998.

MARCHANT-FORDE, J.N.; LAY JR, D.C.; PAJOR, E.A. et al. The effects of ractopamine on the behavior and physiology of finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.81, n.2, p.416–422, 2003.

MARINHO, P.C.; FONTES,D.O.; SILVA, F.C.O. et al. 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 Zootecnia**. v.36, n.4, p.1061-1068, 2007.

MIYADA, V.S. Fatores que influenciam as exigências nutricionais dos suínos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996.

MOLLER, A.J.; BERTELSEN, G.; OLSEN, A. Processed pork technological parameters related to type of raw material – review. In: PUOLANNE, E.; DEMEYER, D.I.; RUUSUNEN, M. et al. (Eds.) **Pork quality: genetic and metabolic factors**. Wallingford: Redwood Books, 1992. p.225-243.

MOLONEY, A.P., BEERMANN, D.H. (1996). Mechanisms by which β -adrenergic agonists alter growth and body composition in ruminants. In ENNE, G., KUIPER, H.A., VALENTINI, A. - Residues of veterinary drugs and mycotoxins in animal products. Wageningen: Wageningen Pers, p.124 - 136.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P.J.A.; GALVIN, K. et al. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p.73-86, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL . **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington: National Academy Press. 1998.

ONIBI, G.E.; SCAIFE, J.R.; MURRAY, I.; FOWLER, V.R. Use of α -tocopherol acetate to improve fresh pig meat quality of full-fat rapeseed-fed pigs. **Journal of American Oil Chemists Society**, v.75, n.2, p.189-198, 1998.

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**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p.545-557.

PENNY, P. Elevação dos teores de DHA omega-3 e selênio na carne suína: agregando valor para consumidores e produtores. **Porkworld**, São Paulo, n.22, p.66-69, set./out. 2004.

PEREIRA, L.M.; ALMEIDA, E.C.; RODRIGUES, N.E.B. et al. Níveis de lisina em rações com ou sem ractopamina, sobre a composição e rendimento de cortes da carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. In: PORKEXPLO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba, 2008. p.128-130.

RADCLIFFE, J.S. A importância dos modificadores de carcaça suína para a qualidade da carne. **Porkworld**, n.22, p.50-54, set./out. 2004.

SAEG. Sistema para análises estatísticas. Viçosa, Mg: Fundação Arthur Bernardes, 1997.

RÜBERSAM, J.M. Transformações *postmortem* e qualidade da carne suína. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2000. CDROM.

SILVA, M.L.F.; WOLP, R.C; AMARAL, N.O. et al. Efeito da ractopamina em rações com diferentes níveis de lisina sobre as características de carcaça de suínos machos castrados e fêmeas. In: PORKEXPLO E FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008, Curitiba. **Anais...** 2008, p.111-113.

SOUZA, V.L.F. **A influência de dietas suplementadas com vitamina E desde o crescimento e terminação do suíno até o presunto cozido no seu período de validade: índices zootécnicos, estabilidade oxidativa, perfil de ácidos graxos, colesterol e óxidos de colesterol.** 2001. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

STEELE, N. C., CAMPBELL, R. G., CARPENA, T. J. **Proceedings of Georgia Nutrition Conference**, 1990. p. 9-18.

TARLADGIS, B.G. et al. Chemistry of 2- thiobarbituric test for determination of oxidative rancidity in foods. II. Formation of the TBA- malonaldehyde complex without acid-heat treatment. **Journal of Food Science and Agriculture**, v.5, n. 9, p.602-604, 1964.

WALKER, W.R. et al. Evaluation of cimaterol for finishing swine including a drug withdrawal period. **Journal of Animal Science**, 67, 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, n. 11, p.3669-3676, 1990.

WEBER, C.I.; SOARES, A.L.; HISASI, C.S. et al. Ivermectina suplementada com vitaminas A, E e D3 no bovino inibe a rancidez da carne. **Revista Nacional da Carne**, v.30, p.20-24, 2005.

WEBER, G. M; ANTIPATIS, C. (2001). Qualidade da carne suína e dieta de vitamina E. In: II CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. Disponível em : <http://www.conferencia.uncnet.br/pork/seg/pal/anais01p2_weber_pt.pdf>. Acesso em: 18 novembro 2008.

WOOD, J.D.; WISEMAN, J.; COLE, D.J.A. Control and manipulation of meat quality. In: COLE, D.J.A.; WISEMAN, J.; VARLEY, M.A. (Eds.) **Principles of pig science**. London: Nottingham University Press, 1994, p.446-448.

6 CONCLUSÃO GERAL

A utilização de ractopamina, associada ou não aos antioxidantes (Vitamina E + Vitamina C) na dieta de suínos em terminação durante um período de 28 dias, maximizou o desempenho e as características de carcaça dos animais. E a suplementação da dieta com os antioxidantes testados gerou melhoras na qualidade da carne, diminuindo a oxidação lipídica através de seu efeito antioxidante.