

# EFEITO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO DIETÉTICOS NA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA REFRIGERADA<sup>1</sup>

RENILDA TEREZINHA MONTEIRO<sup>2</sup>, CAIO ABERCIO DA SILVA<sup>3\*</sup>, ANA MARIA BRIDI<sup>3</sup>, ALEXANDRE OBRA<sup>3</sup>, ARTURO PARDO LOZANO<sup>3</sup>, LOUISE MANHA PERES<sup>3</sup>, ALINY KETILIM NOVAIS<sup>3</sup>, EDUARDO RAELE DE OLIVEIRA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 30/04/15. Aceito para publicação em 22/09/15.

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia de Presidente Prudente, Presidente Prudente, SP, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Zootecnia, Londrina, PR, Brasil.

\*Autor correspondente: casilva@uel.br

RESUMO: O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação do ferro inorgânico e do ácido fítico na dieta de suínos em terminação sobre a qualidade da carne após 24 horas e 7 dias de refrigeração. Foram utilizados 40 suínos machos castrados, na fase de terminação, de genética comercial, com  $64,34 \pm 6,64$  kg de peso médio inicial e 108 dias de idade. Os animais foram pesados e alojados individualmente em baias de alvenaria com área de 3 m<sup>2</sup> e piso compacto, onde receberam água e ração à vontade durante o período de 30 dias. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em modelo fatorial 2 x 2, sendo os fatores correspondentes às dietas com e sem ferro inorgânico suplementar (FeI) e com dois níveis de ácido fítico (AF) na ração, alto (4,85%) e baixo (2,98%). Ao atingirem  $100,76 \pm 6,54$  kg de peso médio, os animais foram abatidos, sendo coletadas amostras do músculo *longissimus dorsi* para análise da qualidade da carne. As amostras foram submetidas às avaliações de pH, cor, marmorização, perda de água por pressão, força de cisalhamento, composição de ferro e oxidação lipídica. Os valores das variáveis avaliadas não foram diferentes entre os fatores, excetuando-se a concentração de ferro no músculo, que foi superior para a dieta com a inclusão de ferro inorgânico. A oxidação lipídica não foi influenciada pela presença ou não do AF e FeI. Os resultados demonstraram que dietas com níveis de AF mais elevados, com ou sem a suplementação de FeI, podem ser utilizadas para suínos em fase de terminação sem prejuízos à qualidade da carne durante a fase de refrigeração.

Palavras-chave: antioxidante natural, farelo de gérmen de milho desengordurado, mineral, oxidação lipídica, terminação.

## EFFECT OF DIETARY PHYTIC ACID AND INORGANIC IRON ON THE QUALITY OF CHILLED PORK

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of supplementing inorganic iron and phytic acid to the diet for finishing pigs on meat quality after 24 hours and 7 days of refrigeration. Forty castrated male finishing pigs of a commercial genotype, with an initial mean weight of  $64.34 \pm 6.64$  kg and age of 108 days, were used. The animals were weighed and housed individually in brick pens with an area of three m<sup>2</sup> and compact floor, receiving water and ration *ad libitum* for 30 days. A randomized block design in a 2 x 2 factorial scheme was used, corresponding to diets supplemented or not with inorganic iron and with two levels of phytic acid, high (4.85%) and low (2.98%). The animals were slaughtered when they had reached a mean weight of  $100.76 \pm 6.54$  kg and longissimus dorsi muscle samples were collected for the analysis of meat quality. The following parameters were analyzed in the samples: pH, color, marbling, water loss through pressure, shear force, iron composition, and lipid oxidation. No differences in the variables analyzed were observed between factors, except for muscle iron concentration, which

was higher for the diet with inclusion of inorganic iron. Lipid oxidation was not influenced by the presence or absence of phytic acid and inorganic iron. The results show that diets with elevated phytic acid levels supplemented or not with inorganic iron can be used for finishing pigs without compromising meat quality during the refrigeration phase.

Keywords: defatted maize germ meal, finishing, lipid oxidation, mineral, natural antioxidant.

## INTRODUÇÃO

A suinocultura é uma importante atividade do agronegócio mundial, passando por transformações por meio de melhorias no manejo, genética, sanidade e nutrição (ANTUNES, 2012). A carne suína é a mais consumida no mundo, rica em nutrientes essenciais e possui relação de ácidos graxos poli-insaturados e saturados desejável, quando comparada às outras carnes (MAGNONI e PIMENTEL, 2007). Estes ácidos graxos insaturados estão sujeitos à oxidação lipídica, que têm como resultado a redução do tempo de vida útil, perda do valor nutricional, alteração do odor e sabor e desenvolvimento de compostos tóxicos na carne (ARAÚJO, 2008). Desta forma, a utilização de antioxidantes nas rações animais pode representar uma forma efetiva de minimizar os danos de oxidação lipídica, em especial pelo uso de antioxidantes naturais em substituição aos sintéticos, uma tendência atual (COSTA *et al.*, 2005).

O uso de antioxidantes como vitamina E, selênio e ácido ascórbico, fornecidos via dieta para os animais (SOUZA *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2015), e ácido fítico, presente nos próprios cereais que compõem a ração, têm comprovada capacidade de diminuir a oxidação da carne, melhorando sua qualidade (HARBACH *et al.*, 2007; PACHECO *et al.*, 2012).

Contudo, a ação antioxidante do ácido fítico pode contrastar com seu efeito antinutricional de quelar nutrientes, em especial os minerais, interferindo na biodigestibilidade destes, podendo acarretar prejuízos no desempenho dos animais (FIREMAN e FIREMAN, 1998). A presença de ácido fítico na dieta pode promover a formação de complexos com diversos nutrientes, destacando-se o ferro, tornando-o menos disponível para a absorção (LINDER, 1991). O ferro, vital para todas as células, tem a função, entre outras, de transporte de oxigênio no sangue e músculos e transferência de elétrons no metabolismo da energia (LINDER, 1991), o que indica necessidade de suplementação dietética para o bom desenvolvimento do suíno. Por outro lado, este mineral pode determinar danos em diferentes tecidos por catalisar a reação que converte peróxidos de oxigênio em íons radicais livres, que degradam a membrana celular, proteínas

e o DNA (ZAGO *et al.*, 2001; BOWLUS, 2003; HENTZE *et al.*, 2004). Desta forma, a interação do ferro com os ácidos graxos polinsaturados pode resultar na potencialização de reações que levam à geração de radicais livres e à propagação das reações oxidativas, comprometendo a vida útil dos produtos cárneos. Portanto, a falta de ferro pode levar à problemas de doenças (anemia), interferindo no desempenho dos animais, e o excesso, à oxidação de tecidos.

Neste contexto, diante da limitada informação sobre a relação do ácido fítico e do ferro dietéticos nas características relacionadas à qualidade de carne, o presente estudo teve por objetivo avaliar a influência da suplementação de ferro inorgânico e de dois níveis de ácido fítico, oriundo principalmente da inclusão de farelo de gérmen de milho desengordurado na formulação das rações (ingrediente rico em ácido fítico), na dieta de suínos em terminação, sobre a qualidade da carne após 24 horas e 7 dias de refrigeração.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, PR, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética do Uso de Animais processo CEUA N° 16275.2012.43.

Foram utilizados 40 suínos machos castrados, na fase de terminação, de genética comercial, com 64,34 ± 6,64 kg de peso médio inicial e 108 dias idade. Os animais foram alojados individualmente em baias de alvenaria, com piso compacto e 3 m<sup>2</sup> de área, onde receberam água e ração à vontade durante o período experimental de 30 dias. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em modelo fatorial 2 x 2, sendo dieta com e sem ferro inorgânico suplementar (50 e 0 ppm, respectivamente) e dois níveis de ácido fítico (AF) na ração, alto (4,85%) e baixo (2,98%). O farelo de gérmen de milho desengordurado (FGMD) representou um recurso para incrementar a concentração de ácido fítico na ração. Foram utilizadas 10 repetições, sendo cada representada por um animal. Os grupos experimentais foram formados de acordo com o peso inicial dos animais, em 2 blocos, leves e pesados.

Foram utilizadas rações isoprotéicas, isolisínicas e isoenergéticas, além de dois premixes minerais, sendo um com 25 g de Fe ( $\text{FeSO}_4$ )/kg de premix (totalizando 50 ppm de ferro por kg de ração) e outro isento deste mineral. As rações dos diferentes tratamentos foram submetidas à análise para determinação do Fe, Cu, Zn, Mn e Mg, segundo metodologias recomendadas pela (AOAC,1984).

O ácido fítico foi determinado nas matérias primas milho, farelo de soja e FGMD e nas rações segundo a metodologia descrita por LATTI e ESKIN (1980) e modificada por ELLIS e MORRIS (1986). Os demais valores nutricionais das rações foram calculados segundo as tabelas de composição nutricional estabelecidas por ROSTAGNO *et al.* (2011). Foi adotada a inclusão de 40% de FGMD nas rações para incrementar o nível de ácido fítico. Excetuando o valor da energia metabolizável, as rações foram formuladas segundo o NRC (1998), visando atender as exigências mínimas dos suínos para a fase de terminação. A composição das rações e seus respectivos valores nutricionais estão demonstrados na Tabela 1.

Após 30 dias do início do período experimental e com  $100,76 \pm 6,54$  kg de peso médio, os animais foram abatidos em frigorífico comercial, localizado 40 km da granja experimental. O manejo pré-abate consistiu da retirada da ração 12 horas antes do embarque, e dieta hídrica. O abate seguiu a rotina do frigorífico, obedecendo às orientações do Serviço de Inspeção Federal, sendo os animais previamente submetidos à insensibilização elétrica por meio do equipamento Petrovina® IS 2000 (Sertãozinho, SP, Brasil), com dois eletrodos, utilizando-se 350 volts e 1,3 amperes.

Após a sangria, escaldagem e evisceração, as carcaças foram divididas longitudinalmente ao meio, pesadas e mantidas em câmara fria durante 24 horas à temperatura de  $2 \pm 1$  °C. O pH da carne foi determinado no músculo *Longissimus dorsi*, na altura da última costela, aos 45 minutos após o abate (pH inicial) e após 24 horas de resfriamento a aproximadamente  $2 \pm 1$  °C (pH final) com potenciômetro Sentron 1001 (Apeldoorn, The Netherlands).

Após 24 horas de resfriamento, foram retiradas de cada meia carcaça esquerda amostras, de aproximadamente 25 cm, do músculo *Longissimus dorsi* (lombo) no sentido longitudinal para a realização de análises físico-químicas. As amostras foram transportadas para o laboratório em caixas de isopor e gelo e processadas, sendo retirada a gordura extramuscular (subcutânea) e efetuados

os cortes transversais, sentido caudal-cranial, obtendo-se 4 amostras com aproximadamente 2,5 cm de espessura que seguiram para as análises físico-químicas. Após a secção do músculo no laboratório avaliou-se, na primeira amostra, a cor, a marmorização e a perda de água por pressão (PAP); na segunda amostra a força de cisalhamento da carne; na terceira amostra realizou-se a análise de oxidação lipídica com 24 horas e aos 7 dias de refrigeração; e na quarta amostra realizou-se a análise de ferro da carne. A segunda e a quarta amostras, assim que obtidas, foram congeladas, mantendo-se nesta condição até as respectivas análises.

Para a análise de cor, as amostras de carne foram avaliadas 24 horas após o abate, e sete dias de refrigeração, por meio de colorímetro portátil Konica Minolta® CR10 (Osaka, Japan), com esfera de integração e ângulo de visão de 8°, iluminação d/8 e iluminante C. Baseado no sistema de cor CIELAB, luminosidade ( $L^*$ ), componente vermelho-verde ( $a^*$ ) e componente amarelo-azul ( $b^*$ ) foram expressos. Com esses valores calculou-se o ângulo de tonalidade ( $h^*$ ) pela equação  $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$ , e o índice de saturação ( $c^*$ ) a partir da equação  $c^* = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$ . Estas mesmas amostras foram submetidas à avaliação de marmorização pelo método indireto, utilizando-se painel de comparações, segundo o (AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 2001), e atribuídas notas de 1 a 5 (1 = traços de marmoreio e 5 = marmorização abundante).

A perda de água por pressão foi avaliada segundo metodologia descrita por BARBUT (1996). A maciez da carne foi determinada utilizando as amostras congeladas que após 24 horas à temperatura de  $2 \pm 2$  °C foram descongeladas. Na sequência as amostras foram assadas em forno pré-aquecido a 170 °C, até alcançarem temperatura interna de aproximadamente 71 °C (BRIDI e SILVA, 2009). Após cocção, as amostras permaneceram em refrigeração a  $2 \pm 2$  °C por 24 horas. Subamostras cilíndricas, de 2,5 cm de comprimento e 1,27 cm de diâmetro, foram retiradas utilizando-se amostrador de aço cilíndrico. 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). As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré e pós teste e de 2 mm/s no teste.

Para determinação de ferro da carne, as amostras foram analisadas de acordo com a técnica proposta por MALAVOLTA *et al.* (1992) e

Tabela 1. Composição percentual, química e energética das dietas experimentais de suínos.

Ingredientes (%)	Dietas			
	Sem ferro Baixo AF	Sem ferro Alto AF	Com ferro Baixo AF	Com ferro Alto AF
FGMD <sup>1</sup>	-	40,00	-	40,00
Milho grão	72,34	38,46	72,34	38,46
Farelo de soja	20,18	15,80	20,18	15,80
Óleo de soja	1,20	3,18	1,20	3,18
Premix com ferro <sup>2</sup>	-	-	2,00	2,00
Premix sem ferro <sup>3</sup>	2,00	2,00	-	-
Fosfato bicálcico	-	0,19	-	0,19
L-Lisina-HCl	-	0,07	-	0,07
Sal comum	0,30	0,30	0,30	0,30
Inerte	3,98	-	3,98	-
Total	100	100	100	100
Valores nutricionais e energéticos calculados				
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.142	3.142	3.142	3.142
Fibra bruta (%)	3,99	3,49	3,99	3,49
Proteína bruta (%)	15,50	15,50	15,50	15,50
Gordura (%)	3,87	4,82	3,87	4,82
Fósforo disponível (%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Fósforo total (%)	0,45	0,58	0,45	0,58
Cálcio (%)	0,69	0,74	0,69	0,74
Sódio (%)	0,16	0,14	0,16	0,14
Fe (mg/kg) <sup>4</sup>	138,0	141,5	213,5	252,0
Cu (mg/kg) <sup>4</sup>	152,0	128,0	146,5	158,5
Zn (mg/kg) <sup>4</sup>	321,0	203,5	188,5	178,0
Mn (mg/kg) <sup>4</sup>	94,60	72,60	79,50	84,70
Mg (mg/kg) <sup>4</sup>	1.310	3.070	1.300	3.365
Lisina total (%)	0,75	0,75	0,75	0,75
Metionina total (%)	0,25	0,25	0,25	0,25
Ácido fítico (%) <sup>5</sup>	2,98	4,85	2,98	4,85

<sup>1</sup>Farelo de gérmen de milho desengordurado. <sup>2</sup>Composição do premix para suínos em terminação 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, 32mg; ácido pantotênico 254 mg; biotina 1,1mg; niacina, 422 mg; piridoxina, 41 mg; riboflavina, 90 mg; tiamina, 33 mg; colina 4g; promotor de crescimento, 2595 mg; Ca, 231 g; Co 5,5 mg; Cu, 5.000 mg; Fe, 25 g; F, 881 mg; P, 59 g; I, 43 mg; Mn, 1,310 mg; Se, 8,46 mg; Na, 50 g; Zn, 3720 mg. <sup>3</sup>Premix semelhante ao descrito acima exceto não incluir ferro. <sup>4</sup>Determinados pelas técnicas descritas no (AOAC, 1984). <sup>5</sup>Determinado pela técnica descrita por LATTI e ESKIN (1980) e modificado por ELLIS e MORRIS (1986).

SILVA (1999). A análise da oxidação lipídica foi determinada em amostras do músculo *Longissimus dorsi* pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo TARLADGIS *et al.* (1964), modificado por TORRES *et al.* (1986). As amostras referentes à primeira determinação da oxidação, logo após serem obtidas no laboratório, foram armazenadas durante 24 horas a temperatura

de 4 °C. As amostras da segunda avaliação foram também submetidas durante 7 dias à temperatura de armazenamento de 4 °C. Ambas foram mantidas em embalagens a vácuo e protegidas da luz até o momento das análises.

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey, utilizando o programa SAEG (UFV, Viçosa, MG).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) da suplementação do ferro inorgânico e do ácido fítico na dieta de suínos em terminação para pH, perda de água, marmorização e força de cisalhamento no músculo *Longissimus dorsi* (Tabela 2). Os valores de pH, tanto inicial quanto final, encontraram-se na faixa de normalidade, segundo WARNER *et al.* (1997) e CHANNON *et al.* (2000), não repercutindo negativamente nas características ligadas à qualidade da carne.

Para o fator AF, os resultados foram semelhantes aos descritos por PACHECO *et al.* (2012) que, trabalhando com suínos de 60 a 90 kg de peso vivo, também não observaram efeitos negativos da maior concentração de AF nas dietas (decorrente da participação de FGMD na formulação das rações) no pH, perda de água por pressão e marmorização da carne, validando os achados deste trabalho.

Em relação ao fator ferro, embora no presente trabalho tenha sido utilizada a dose de 50 ppm, os resultados concordam com os de SADDORIS *et al.* (2003), que relataram que o pH, firmeza e a marmorização foram similares entre suínos alimentados com dieta controle e dieta suplementada com 90 ppm de ferro. Os resultados do presente trabalho também foram semelhantes aos relatados por APPLE *et al.* (2007) que, avaliando a qualidade da carne suína durante a exposição no varejo, verificaram que sob diferentes níveis de ferro na ração (premix com 100 ppm de Fe ( $\text{FeSO}_4$ )/kg e premix sem Fe), bem como a substituição por uma fonte de ferro orgânico (Availa-Fe: 50, 100 e 150 ppm de Fe), não houve efeito no marmoreio e na resistência ao corte da carne. Este resultado indica que o ferro, mesmo em maiores concentrações dietéticas e oriundo de fontes orgânicas, não teve ação sobre as características acima mencionadas.

Os níveis de ferro no músculo *longissimus dorsi* estão demonstrados na Tabela 2. Não houve efeito de interação, mas para o fator ferro os valores para a dieta sem ferro e para a dieta com ferro foram de 8,5 a 11,8 mg/kg ( $P<0,05$ ), respectivamente. Os resultados foram superiores aos obtidos por PONNAMPALAM *et al.* (2009a), que variaram entre 4,6 a 5,25 mg/kg, e distintos do que descreve a literatura, cujos valores situam-se entre 4,18 a 6,6 mg/kg (REICHARDT *et al.*, 2002; VAN LAACK *et al.*, 1994). Os valores ficaram abaixo dos observados por SENSER e SCHERZ (1991) e SOUCI *et al.* (1994), compreendidos entre 18 a 21 mg/kg. Mesmo utilizando fontes orgânicas naturais e ricas em ferro, como fibra de chicória (inulina) associada ou não à fonte orgânica comercial na alimentação de suínos em fase de terminação, PONNAMPALAM *et al.* (2009b) verificaram que os resultados não determinaram aumento no conteúdo de ferro total na carne. O mesmo ocorreu no trabalho de YU *et al.* (2000) e O'SULLIVAN *et al.* (2002, 2003), trabalhando com dietas suplementadas com ferro. Preservadas as diferenças nos valores de ferro entre os trabalhos citados, que podem ser decorrentes dos níveis, período de uso e das distintas fontes de ferro utilizados, além da idade dos animais, a suplementação do mineral na dieta influenciou positivamente sua concentração no músculo.

Os valores de luminosidade ( $L^*$ ), componente amarelo-azul ( $b^*$ ) e índice de saturação ( $c^*$ ) da carne, após 24 horas de refrigeração, estão na Tabela 3. Não foram observados efeitos de interação ou dos fatores nessas variáveis. Os resultados corroboram com os obtidos por APPLE *et al.* (2007) que, avaliando a suplementação dos diferentes níveis de ferro e das diferentes fontes na dieta de suínos em terminação, verificaram que não houve interferência na cor da carne. O ferro é um agente oxidante que pode alterar estes parâmetros por

**Tabela 2. Média (desvio-padrão) de variáveis de qualidade da carne de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico**

Fatores	pH inicial	pH final	PAP <sup>1</sup> (%)	Marmoreio	FC <sup>2</sup> (kgf)	Fe mg/kg
Sem Ferro	6,11 (0,38)	5,47 (0,75)	34,90 (2,43)	1,72 (0,71)	3,06 (0,83)	8,50 (0,24)
Com Ferro	6,28 (0,31)	5,48 (0,13)	34,96 (3,78)	1,97 (0,74)	2,99 (0,74)	11,8 (0,24)
Baixo AF <sup>3</sup>	6,13 (0,40)	5,47 (0,68)	35,21 (2,93)	1,63 (0,64)	3,11 (0,81)	10,4 (0,34)
Alto AF	6,26 (0,30)	5,47 (0,13)	34,63 (3,41)	2,09 (0,75)	2,94 (0,75)	9,90 (0,31)
Ferro	NS <sup>4</sup>	NS	NS	NS	NS	S <sup>5</sup>
AF	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup>Perda de água por pressão. <sup>2</sup>Força de cisalhamento. <sup>3</sup>Ácido fítico. <sup>4</sup> $P>0,05$ . <sup>5</sup> $P<0,05$ .

**Tabela 3. Média (desvio-padrão) das variáveis de cor do lombo de suínos, após 24 horas de refrigeração, submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico**

Fatores	L* <sup>1</sup>	b* <sup>2</sup>	c* <sup>3</sup>
Sem Ferro	58,61 (3,23)	12,58 (1,22)	14,86 (2,15)
Com Ferro	56,97 (4,53)	12,29 (0,99)	14,16 (1,55)
Baixo AF <sup>4</sup>	57,32 (4,92)	12,42 (1,17)	14,86 (2,13)
Alto AF	58,32 (2,57)	12,47 (1,06)	14,12 (1,54)
Ferro	NS <sup>5</sup>	NS	NS
AF	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS

<sup>1</sup>Luminosidade. <sup>2</sup>Componente amarelo-azul. <sup>3</sup>Índice de saturação.

<sup>4</sup>Ácido fítico. <sup>5</sup>P>0,05.

oxidar a mioglobina, tornando-a oximioglobina que levaria a carne a apresentar, principalmente, menor valor de L\*. Entretanto, este efeito não aconteceu, o que pode significar que o nível de ferro dietético foi insuficiente para alterar este quadro, ou que sob a presença do AF, mesmo sob um nível menor nas dietas que não foram formuladas com FGMD, tenha tornado o ferro dietético parcialmente indisponível.

Quanto ao parâmetro vermelho-verde (a\*), houve efeito da interação entre os fatores AF e ferro (Tabela 4). Sob dieta com baixo teor de ácido fítico, na ausência de ferro suplementar observou-se maior a\* comparado com a dieta com ferro suplementar, o que indica que o ferro interferiu nessa variável, provavelmente oxidando a mioglobina, determinando cor menos vermelha à carne. Entretanto, para a dieta sem ferro suplementar dietético e na maior concentração de AF o valor de a\* também foi menor, comparado com a dieta com baixo teor de ácido fítico, indicando que o ácido fítico exerceu efeito sobre essa variável. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por MINIHANE e RIMBACH (2002), que relataram o efeito interativo do ferro e do ácido fítico nas características relacionadas à cor da carne. Considerando somente o papel do ferro na ração, O'SULLIVAN *et al.* (2002) relataram que dieta de suínos com 3000 ppm de FeSO<sub>4</sub>, o que representa alta concentração do mineral, resultou em maior descoloração durante a exibição da carne, e atribuíram esta ocorrência ao aumento da formação de metamioglobina.

Na Tabela 5 verifica-se a interação entre os fatores ferro e AF para a variável tonalidade do lombo após 24 horas de refrigeração que, na ausência do ferro suplementar e sob menor concentração de AF dietético, apresentou menor

**Tabela 4. Interação entre ferro e ácido fítico para o componente de cor vermelho-verde do lombo de suínos, após 24 horas de refrigeração, submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico**

Fatores	Baixo AF <sup>1</sup>	Alto AF
Sem Ferro	8,82 (3,03) Aa	6,10 (1,08) Ba
Com Ferro	6,84 (2,27) Ab	6,92 (1,57) Aa

<sup>1</sup>Ácido fítico. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si (P<0,10).

**Tabela 5. Interação entre ferro e ácido fítico para ângulo de tonalidade (h\*) do lombo de suínos, após 24 horas de refrigeração, submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico**

Fatores	Baixo AF	Alto AF
Sem Ferro	55,66 (7,78) Bb	64,64 (4,18) Aa
Com Ferro	61,69 (8,22) Aa	61,06 (4,61) Aa

<sup>1</sup>Ácido fítico. Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si (P<0,10).

média de ângulo. O tratamento com ausência de ferro e maior presença de AF apresentou maior ângulo de tonalidade (menos vermelho, sugerindo oxidação da mioglobina). De acordo com PACHECO *et al.* (2012), maior valor de tonalidade significa maior auto-oxidação da mioglobina, normalmente desencadeada por elevada liberação de minerais. RAMOS e GOMIDE (2007) verificaram que a diferença na tonalidade da cor está relacionada com o metabolismo respiratório (oxidativo) predominante nos músculos vermelhos, em que o armazenamento de oxigênio, realizado pela mioglobina, é consistente com elevada proporção de enzimas envolvidas no metabolismo oxidativo e baixa quantidade de enzimas glicolíticas encontradas nessas fibras.

Após 7 dias de manutenção do lombo sob refrigeração, não houve efeito de interação e tampouco efeito dos fatores nos valores de L\*, a\*, b\*, c\* e tonalidade (Tabela 6). Esses resultados foram similares aos de APPLE *et al.* (2007), que utilizaram dietas suplementadas com 100 ppm de Fe (FeSO<sub>4</sub>)/kg, e dietas com 50, 100 ou 150 ppm de ferro orgânico a partir do Availa-Fe (um complexo de ferro aminoácido), e de PONNAMPALAM *et al.* (2009b), que trabalharam com ferro orgânico (Bioflex, 15% Fe) 500 mg/kg e dietas à base de 5% de inulina (fibra de chicória - Fibruline®). Nos referidos

**Tabela 6. Média (desvio-padrão) das variáveis de cor do lombo de suínos, após 7 dias de refrigeração, submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico**

Fatores	L* <sup>1</sup>	a* <sup>2</sup>	b* <sup>3</sup>	c* <sup>4</sup>	h* <sup>5</sup>
Sem Ferro	59,27 (2,96)	6,91 (1,21)	13,52 (0,73)	15,22 (0,98)	63,05 (3,89)
Com Ferro	57,85 (2,55)	6,94 (1,68)	13,31 (0,95)	15,06 (1,43)	62,88 (5,32)
Baixo AF <sup>6</sup>	58,57 (3,07)	7,40 (1,57)	13,56 (0,89)	15,50 (1,27)	61,70 (5,31)
Alto AF	58,55 (2,59)	6,39 (1,09)	13,25 (0,77)	14,73 (1,02)	64,38 (3,22)
Ferro	NS <sup>7</sup>	NS	NS	NS	NS
AF	NS	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>1</sup>Luminosidade. <sup>2</sup>Componente vermelho-verde. <sup>3</sup>Componente amarelo-azul. <sup>4</sup>Índice de saturação.

<sup>5</sup>Ângulo de tonalidade. <sup>6</sup>Ácido fítico. <sup>7</sup>P>0,05.

trabalhos, não foram relatados efeitos significativos na cor da carne dos animais alimentados com dietas com suplementação de diferentes níveis de ferro. Entretanto, SADDORIS *et al.* (2003) observaram que ao comparar carne de animais suplementados com 90 ppm de ferro orgânico (Availa-Fe) e 90 ppm de ferro inorgânico (FeSO<sub>4</sub>), o primeiro determinou lombo mais vermelho após 1, 2, 3 e 7 dias sob exibição no varejo. Na comparação dos resultados obtidos no presente trabalho com os resultados descritos acima, deve-se ressaltar as diferenças entre eles, como o tempo, os níveis e as fontes de ferro utilizados, embora tenham sido utilizadas as mesmas metodologias de avaliação.

O'SULLIVAN *et al.* (2003) avaliaram a cor da carne *in natura* de suínos suplementados com ferro e vitamina E, e observaram que todas as amostras tornaram-se menos vermelhas e mais marrons ao longo do tempo de armazenamento na vitrine de refrigeração. Durante os dias de refrigeração, as amostras com o tratamento com vitamina E se tornaram mais vermelhas e menos marrons em comparação com as outras amostras, seguindo a ordem: controle; ferro + vitamina e ferro. Estes resultados explicam que o tempo de armazenamento inevitavelmente compromete a oxidação, mesmo sob o uso de um antioxidante efetivo como a vitamina E. Ao mesmo tempo, o ferro mostra-se um potente elemento pró-oxidante.

Para os valores de oxidação lipídica (TBARS) do lombo refrigerado após 24 horas e no sétimo dia de refrigeração (Tabela 7), verificou-se que não houve efeito de interação ou dos fatores AF e ferro dietético. Todavia, ao se comparar os resultados entre os períodos 24 horas e 7 dias, observou-se que a oxidação foi menor para o lombo no início, o que efetivamente é uma condição esperada.

**Tabela 7. Média e (desvio-padrão) da oxidação após 24 horas de refrigeração e oxidação após 7 dias de refrigeração do lombo de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico.**

Fatores	TBARS 24h <sup>1</sup> (mg/kg)	TBARS 7dias <sup>2</sup> (mg/kg)
Sem Ferro	0,16 ± 0,030 a	0,34 ± 0,097 b
Com Ferro	0,14 ± 0,012 a	0,33 ± 0,089 b
Baixo AF <sup>3</sup>	0,17 ± 0,044 a	0,25 ± 0,044 b
Alto AF	0,18 ± 0,029 a	0,32 ± 0,051 b
Ferro	NS <sup>4</sup>	NS
AF	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS

<sup>1</sup>Oxidação após 24 horas de refrigeração. <sup>2</sup>Oxidação após 7 dias de refrigeração. <sup>3</sup>Ácido fítico. <sup>4</sup>P>0,05. Médias seguidas de letras distintas nas colunas, diferem entre si (P<0,05).

Para o fator AF, os resultados foram diferentes dos verificados por HARBACH *et al.* (2007), COSTA *et al.* (2011) e PACHECO *et al.* (2012) que, trabalhando com condições de fornecimento de dietas com concentração de AF semelhantes ao presente trabalho, constataram que dietas com maiores concentrações de AF para suínos em fase de terminação observaram menor taxa de oxidação na carne refrigerada. Pode-se atribuir que as rações formuladas com FGMD para constituírem maior AF demandaram maior inclusão de energia, cuja fonte foi o óleo de soja refinado (3,18% versus 1,20%). As rações com mais óleo de soja podem conferir aos animais que as consomem maior risco de oxidação lipídica muscular, ou na carne, pois a modulação do perfil lipídico neste tecido através da dieta é efetiva em monogástricos, como o suíno. Considerando

esta gordura mais sujeita à oxidação pelo maior grau de instauração dos ácidos graxos, presume-se que a participação do AF pode ter evitado um quadro de piora de oxidação.

Quanto ao fator ferro, MILLER *et al.* (1994ab) observaram que a suplementação dietética com FeSO<sub>4</sub> aumentou a peroxidação lipídica da carne suína cozida e moída. Entretanto, não ocorreu este mesmo efeito na carne fresca e nos músculos inteiros armazenados por até 12 horas. Os resultados obtidos, portanto, contrariam os observados pelos autores APPLE *et al.* (2007), que testaram o efeito da suplementação de ferro orgânico (Availa-Fe) nas dietas de suínos em crescimento e terminação sobre a qualidade e prazo de validade da carne fresca no varejo (tempo de prateleira), e verificaram que embora os valores de TBARS fossem mais baixos durante a exibição no varejo (aumentando de 0,008 para 0,16 mg/kg de 0 para 7 dias), houve interação entre dieta x dias de exibição nos valores de TBARS.

### CONCLUSÃO

A suplementação de ferro e a maior concentração de ácido fítico na ração, veiculado pelo farelo de gérmen de milho desengordurado na dieta de suínos em terminação, não determinou diferenças na qualidade da carne durante a fase de refrigeração.

O ácido fítico não teve efeito na estabilidade lipídica da carne, não sendo efetivo como um antioxidante endógeno. A presença ou a retirada de ferro suplementar na dieta não exerceu influência sobre a oxidação lipídica.

### REFERÊNCIAS

- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. Alton: Amer Meat science Assn, 2001.
- ANTUNES, R.C. **O futuro da qualidade de carne no Brasil e a pesquisa com qualidade**. 2012. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/frigorifico/artigos/futuro-qualidade-carne-brasil-t1210/378-p0.htm>> Acesso em: 10 dez. 2012.
- AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 14th ed. Washington: A.O.A.C., 1984.
- APPLE, J.K.; WALLIS-PHELPS, W.A.; MAXWEL, C.V.; RAKES, L.K.; SAWYER, J.T.; HUTCHISON, S.; FAKLER, T.M. Supplemental iron on finishing swine performance, carcass characteristics and pork quality during retail display. **Journal of Animal Science**, v.85, p.735-745, 2007.
- ARAÚJO, M.A.J. **Química dos alimentos: teoria e prática**. 4.ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.
- BARBUT, S. Estimates and detection of the PSE problem in young turkey breast meat. **Journal of Animal Science**, v.76, p.455-457, 1996.
- 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.
- BOWLUS, C.L. The role of iron in T cell development and autoimmunity. **Autoimmunity Reviews**, v.2, p.73-78, 2003.
- BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2009.
- CHANNON, H.A.; PAYNE, A.M.; WARNER, R.D. Halothane genotype, preslaughter handling and stunning method all influence pork quality. **Meat Science**, v.56, p.291-299, 2000.
- COSTA, M.C.R.; SILVA, BRIDI, A.M.; FONSECA, N.A.N.; OBA, A.; SILVA, R.A.M.; SILVA, P. A.; YWAZAKI, M.S.; DALTO, D.B. Estabilidade lipídica do pernil e da linguiça frescal de suínos tratados com dietas com alta concentração de ácido fítico. **Semina: Ciências Agrárias**, v.32, p.1863-1863, 2011.
- COSTA, M.C.R.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; SOUZA, N.E.; VISENTAINER, J.V.; BELÉ, J.C.; BOROSKY, J.C.; MOURINHO, F.L.; AGOSTINI, P.S. Utilização da torta de girassol na alimentação de suínos em fases de crescimento e terminação: efeitos no desempenho e nas características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1581-1588, 2005.
- ELLIS, R.; MORRIS, R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**, v.63, p.58-59, 1986.
- FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, p.173-178, 1998.
- HARBACH, A.P.R.; COSTA, M.C.R.; SOARES, A.L.; BRIDI, A.M.; SHIMOKOMAKI, M.; SILVA, C.A.; IDA, E.I. Dietary corn germ containing phytic acid prevents pork meat lipid oxidation while maintaining normal animal growth performance. **Food Chemistry**, v.100, p.1630-1633, 2007.
- HENTZE, W.M.; MUCHENTHALER, M.U.; ANDREWS, N.C. Balancing acts: molecular control of mammalian iron metabolism. **Cell**, v.117, p.285-297, 2004.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple e rapid method for phytate determination. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, p.1313-1315, 1980.
- LINDER, M.C. Nutrition and metabolism of the trace elements. In: LINDER, M.C. **Nutritional biochemistry and metabolism with clinical applications**. 2nd edition. New York: Elsevier Science, 1991. Cap.7, p. 215-276.

- MAGNONI, D.; PIMENTEL, I. **A importância da carne suína na nutrição humana.** São Paulo: UNIFEST, 2007.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicação.** 2.ed. São Paulo: Potafós, 1992.
- MILLER, D.K.; GOMEZ-BASAURI, J.V.; SMITH, V.L.; KANNER, J.; MILLER, D.D. Dietary iron in swine rations affects nonheme iron and TBARS in pork skeletal muscles. **Journal of Food Science**, v.59, p.747-750, 1994a.
- MILLER, D.K.; SMITH, V.L.; KANNER, J.; MILLER, D.D. Lipid oxidation and warmed-over aroma in cooked group pork from swine fed increasing levels of iron. **Journal of Food Science**, v.59, p.751-756, 1994b.
- MINIHANE, A.M.; RIMBACH, G. Iron absorption and the iron binding and anti-oxidant properties of phytic acid. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.741-748, 2002.
- NRC-NUTRIENT REQUIREMENT OF SWINE. 10th ed. Washington: National Academic of Sciences, 1998.
- O'SULLIVAN, M.G.; BYRNE, D.V.; STAGSTED, J.; ANDERSEN, H.J.; MARTENS, M. Sensory colour assessment of fresh meat from pigs supplemented with iron and vitamin E. **Meat Science**, v.60, p.253-265, 2002.
- O'SULLIVAN, M.G.; BYRNE, D.V.; NIELSEN, J.H.; ANDERSEN, H.J.; MARTENS, M. Sensory and chemical assessment of pork supplemented with iron and vitamin E. **Meat science**, v.64, p.175-189, 2003.
- PACHECO, G.D.; LOZANO, A.P.; VINOKUROVAS, S.L.; SILVA, R.A.M.; DALTO, D.B.; AGOSTINI, P.S.; FONSECA, N.A.N.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Utilização do farelo de germen de milho desengordurado, como fonte de fitato, associado à fitase em rações de suínos: efeitos sobre a qualidade da carne e da linguiça tipo frescal. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, p.819-828, 2012.
- PONNAMPALAM, E.; JAYASOORIYA, D.; DUNSHEA, F.; GILL, H. **Nutritional strategies to increase the selenium and iron content in pork and promote human health.** febr. 2009a. 17p. Disponível em: < [http://www.porkcra.com.au/3A-102\\_Final\\_Report\\_0905.pdf](http://www.porkcra.com.au/3A-102_Final_Report_0905.pdf) >. Acesso em: 13 nov. 2012.
- PONNAMPALA, E.; JAYASOORIYA, D.; DUNSHEA, F.; GILL, H. **Nutritional manipulation of iron level in finisher pigs and fresh pork.** Set. 2009b. 12p. Disponível em: < [http://www.apri.com.au/3A-108-Iron\\_manipulation\\_in\\_pork\\_-\\_Final\\_Report.pdf](http://www.apri.com.au/3A-108-Iron_manipulation_in_pork_-_Final_Report.pdf) >. Acesso em: 13 nov. 2012.
- RAMOS, E.M.; GOMIDE, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias.** Viçosa: UFV, 2007.
- REICHARDT, W.; MÜLLER, S.; LEITERER, M. Iron content in m. Longissimus lumborum et thoracis (m. l. l. t.) of fattening pigs. **Nahrung**, v.46, p.11-14, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 3.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SADDORIS, K.L.; CRENSHAW, T.D.; CLAUS, J.R.; FAKLER, T.M. Growth performance, carcass characteristics, and pork color in finishing pigs fed two sources of supplemental iron. **Journal of Animal Science**, v.81, p.43, 2003. Supplement, 2.
- SENSER, F.; SCHERZ, H. **Der Kleine Souci-Fachmann-Kraut, Lebensmittelabelle für die Praxis.** Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsges, 1991.
- SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes.** Brasília: EMBRAPA, 1999.
- SILVA, R.A.M.; PACHECO, G.D.; AGOSTINI, P.S.; VINOKUROVAS, S.L.; OLIVEIRA, E.R.; GAVIOLI, D.; LOZANO, A.P.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos alimentados com dietas contendo antioxidantes e ractopamina. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, p.3971-3982, 2013.
- SILVA, R.A.M.; PACHECO, G.D.; VINOKUROVAS, S.L.; OLIVEIRA, E.R.; GAVIOLI, D.F.; LOZANO, A.P.; AGOSTINI, P.S.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Associação de ractopamina e vitaminas antioxidantes para suínos em terminação. **Ciência Rural**, v.45, p.311-316, 2015.
- SOUZA, V.L.F.; SILVA, R.S.S.F.; SILVA, C.A.; GASPARINO, E. Vitamina E no desempenho, características de carcaça e qualidade do presunto cozido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.581-587, 2007.
- SOUCI, S.W.; FACHMANN, W.; KRAUT, H. **Food Composition and Nutrition Tables.** 5th ed. Stuttgart: Medpharm Scientific Publishers, 1994.
- TARLADGIS, B.G.; PEARSON, A.M.; DUGAN, J.R. Chemistry of the 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, p.602-604, 1964.
- TORRES, E.A.F.S.; AZEVEDO, C.H.M.; CARVALHO JUNIOR, B.C.; LANDGRAF, M.; FRANCO, B.D.G.M.; SHIMOKOMAKI, M. Charque V. Modificações da sua qualidade durante o processamento. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 9., 1986, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade brasileira de ciência e tecnologia de alimentos, 1986. p.45.

- VAN LAACK, R.L.J.M.; KAUFFMAN, R.G.; SYBESMA, F.J.M.; SMULDERS, F.J.M.; EIKELENBOOM, G.; PINHEIRO, J.C. Is colour brightness (L-Value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle?. **Meat Science**, v.38, p.193-201, 1994.
- WARNER, R.D.; KAUFFMAN, R.G.; GREASER, M.L. Muscle protein changes posmortem in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v.45, p.339-352, 1997.
- YU, B.; HUANG, W.; CHIOU, P.W. Bioavailability of iron from amino acid complex in weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.9-52, 2000.
- ZAGO, A.; FALCÃO, R.P.; PASQUINI, R. **Hematologia: fundamentos e prática**. São Paulo: Atheneu, 2001.