



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RENILDA TEREZINHA MONTEIRO

**AVALIAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO
DIETÉTICOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO, CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

Londrina
2013

RENILDA TEREZINHA MONTEIRO

**AVALIAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO
DIETÉTICOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE
DESEMPENHO, CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal, da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M775a Monteiro, Renilda Terezinha.

Avaliação do ácido fítico e do ferro inorgânico dietéticos sobre as características de desempenho, carcaça e qualidade da carne suína / Renilda Terezinha Monteiro. – Londrina, 2013.

105f. : il.

Orientador: Caio Abércio da Silva.

Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Suíno – Alimentação e rações – Teses. 2. Carne – Carcaça – Avaliação – Teses. 3. Leitão (Suíno) – Carne – Qualidade – Teses. 4. Ácido fítico – Teses. 5. Oxidação – Teses. I. Silva, Caio Abércio. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. III. Título.

CDU 636.085

RENILDA TEREZINHA MONTEIRO

**AVALIAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO
DIETÉTICOS SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DE DESEMPENHO,
CARCAÇA E QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal, da Universidade Estadual de Londrina,
como requisito parcial para obtenção do título de
Doutor em Ciência Animal.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof. Dr. Caio Abércio da Silva
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Edgard Hideaki Hoshi
UNOPAR – Londrina – PR

Prof. Dr. João Waine Pinheiro
UEL – Londrina – PR

Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Nelson Mauricio Lopera Barrero
UEL – Londrina – PR

Londrina, 19 de abril de 2013.

Ao meu pai, **Antonio Venturato Monteiro** (*in memoriam*) por ser a pessoa que me espelho, meu guia, minha referência de ser humano.

A minha mãe **Maria Terezinha Monteiro**, pelo exemplo de coragem e determinação.

Ao meu filho **Matheus Monteiro de Lima**, razão da minha vida.

A minha neta **Maria Eduarda G. de Lima**, minha alegria.

Ao meu esposo **Edvaldo Conzoni**, pelo amor, dedicação e compreensão.

Aos meus irmãos e amigos, pelo apoio e eterna cumplicidade.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser meu refúgio e fortaleza, que com sua sabedoria e bondade infinita guiou-me em todos os momentos para o melhor caminho.

Ao amigo, Prof. Dr. Caio Abércio da Silva, pela orientação, pela capacidade de transmitir seus conhecimentos, pela confiança que a mim dedicou, pela cumplicidade e compreensão no decorrer desta caminhada. Pelo dom de tornar a vida alegre e leve mesmo nos momentos difíceis. Meu eterno: Obrigada...

À Professora Dra. Ana Maria Bridi, pela amizade, pela gentileza, pela colaboração, pelo auxílio, pelo apoio dispensado durante todo o trabalho. Um exemplo de profissionalismo.

A todos os professores do Curso de Pós-Graduação que com dedicação transmitiram seus conhecimentos.

Ao Prof. Dr. Amauri Alcindo Alfieri, Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pelo trabalho como Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Aos amigos Eidi Yoshihara, José Ricardo C. Junqueira, Ana Cláudia Ambiel, Marcelo Duarte, Claudemir Monteiro Lima, Neuza Maria Vila, Maria Luiza S.P. Servantes e Edson Trevisan, pelo apoio e amizade durante esta caminhada.

À secretária de Pós-graduação Helenice Kieski, pela atenção, carinho e dedicação.

Aos amigos: Eduardo Raele de Oliveira (Du), David Fernando Gavioli (Dhomini), Danyel Bueno Dalto, Graziela Drociumas Pacheco, Wilson Manoel Ferreira e Aline Alves da Silva, pela solidariedade, companheirismo e dedicação. Vocês foram essenciais durante o experimento. Serei eternamente grata a todos.

Um agradecimento especial à Arturo Pardo Lozano, Aliny Novaes, Nayara Andreo e Eliane Regina Francisco da Silva: foram anjos que Deus colocou no meu caminho...

Aos funcionários da Fazenda Escola, pelo apoio e responsabilidade.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição Animal: Marina Avena Tarsitano, Camila Constantino, Louise Manha Peres e Thales de Almeida Bitencourt Cardoso, agradeço de coração pelo apoio a dedicação nas análises laboratoriais.

Ao amigo Cleandro Pazinato pela colaboração e apoio nas análises das rações.

Ao professor Dr. Raul J. H. C. Gómez e aos funcionários do Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos pelo apoio e a possibilidade de realização das análises laboratoriais.

A Profa. Dra. Karina Keller Marques da Costa Flaiban do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, pela participação na realização e algumas análises laboratoriais.

Ao laboratório da VITAGRI - BUNGE FERTILIZANTES-SERRANA NUTRIÇÃO pela análise das rações.

À Universidade Estadual de Londrina, especialmente ao Departamento de Zootecnia, Fazenda Escola e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal pela oportunidade da realização desse Doutorado em Ciência Animal.

Ao Centro Estadual de Educação Tecnológica “Paula Souza”: ETEC Prof. Dr. Antonio Eufrásio de Toledo, pelo afastamento, que me oportunizaram o doutorado e pela FATEC de Presidente Prudente pela colaboração e apoio durante o curso.

À Universidade do Oeste Paulista, especialmente ao Departamento de Ciências Agrárias pela colaboração e incentivo na realização desse doutorado.

A todos os amigos e colegas do curso, pela amizade e companheirismo.

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a conclusão deste trabalho.

"A cada dia que vivo, mais me convenço de que o desperdício da vida está no amor que não damos, nas forças que não usamos, na prudência egoísta que nada arrisca, e que, esquivando-se do sofrimento, perdemos também a felicidade."

Carlos Drummond de Andrade

MONTEIRO, R. T. **Avaliação do ácido fítico e do ferro inorgânico dietéticos sobre as características de desempenho, carcaça e qualidade da carne suína.** 2013. 105f. Tese (Doutorado em Ciência Animal, área de concentração: Produção Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito do ácido fítico (AF) e do ferro inorgânico (FeI) na dieta de suínos em fase de terminação sobre o desempenho zootécnico, perfil sérico, características de carcaça e qualidade da carne durante 24 horas e 7 dias de refrigeração. O experimento foi realizado na granja de suínos da Universidade Estadual de Londrina – PR, sendo utilizados 40 suínos, machos castrados, na fase de terminação, de genética comercial, com peso médio inicial e desvio padrão de $64,34 \pm 6,64$ kg e idade média de 108 dias. Os animais foram pesados e alojados individualmente em baias de alvenaria e piso compacto, com área de 3 m^2 , onde receberam água e ração à vontade durante o período de 30 dias. Foram avaliados o consumo diário de ração, o ganho diário de peso e a conversão alimentar. Durante o abate, na sangria, foi realizada a coleta de sangue, para avaliar o perfil sérico: determinação do eritrograma e dosagem de ferro. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em modelo fatorial 2×2 sendo os fatores correspondentes às dietas com e sem FeI suplementar e com dois níveis de AF na ração, alto (4,85%) e baixo (2,98%). O farelo de germen de milho desengordurado (FGMD) representou um recurso para incrementar a concentração de ácido fítico na ração. Ao atingirem $100,76 \pm 6,54$ kg de peso médio, os animais foram abatidos e submetidos à avaliação das características de carcaça. Foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* para análise da qualidade da carne. As amostras de lombo foram submetidas às avaliações de pH, cor, marmoreio, perda de líquido, maciez, composição de ferro e oxidação lipídica. Não foram verificadas diferenças ($P > 0,05$) entre os fatores para o desempenho, perfil sérico e características de carcaça. A suplementação de ferro inorgânico e /ou retirada e o uso de FGMD, como principal fonte de ácido fítico, não comprometeu os resultados. O uso de dietas com níveis de ácido fítico mais elevados que àquelas formuladas à base de milho e farelo de soja, com ou sem a suplementação de ferro inorgânico, são plenamente possíveis de serem utilizados para suínos em fase de engorda sem prejuízos nos parâmetros séricos, de desempenho, de carcaça e qualidade da carne em especial sobre a oxidação lipídica da carne.

Palavras chave: Antioxidantes naturais. Mineral. Oxidação. Qualidade de carcaça. Terminação.

MONTEIRO, R. T. **Evaluation of dietary phytic acid and inorganic iron on the characteristics of performance, carcass and meat quality of pigs.** 2013. 105p. Thesis (Doctorate in Animal Science) – Londrina State University, Londrina, 2013.

ABSTRACT

The study was conducted to evaluate the effect of dietary phytic acid (PA) and inorganic iron (FeI) for pigs in the finishing phase on performance, serum profile, carcass traits and meat quality during 24 hours and 7 cooling days. The experiment was conducted at the Londrina State University swine farm, in Londrina - PR, where 40 pigs were used. The animals were barrows in the finishing phase, with commercial genetic, with initial average weight and standard deviation of 64.34 ± 6.64 kg and age average of 108 days. They were weighed and placed in individual masonry stalls with compact floor, with an area of 3 m^2 , where they received water and feed at ease during a 30-day period. Daily feed intake, daily weight gain and food conversion were evaluated. In the slaughter, during the bleeding, blood was collected to evaluate the serum profile: erytrogram determination and iron. The experimental design was randomized blocks, in 2×2 factorial design with the factors corresponding to diets with and without supplementary FeI and with two levels of AF in the diet, high (4,85%) and low (2,98%). The Defatted Corn Germ Meal (DCGM) represented a resource to increase the concentration of phytic acid in the diet. Upon reaching the average weight of 100.76 ± 6.54 kg, the animals were slaughtered and subjected to evaluation of carcass traits. Samples of the *Longissimus dorsi* muscle were collected for analysis of meat quality. The samples of loin were subjected to evaluations of pH, color, marbling, fluid loss, tenderness, iron composition and lipid oxidation. There were no differences ($P > 0.05$) among the factors related to performance, serum profile, and carcass traits. Supplementation of inorganic iron and / or withdrawal and the use of DCGM as the main source of phytic acid, did not affect the results. The use of diets with higher levels of phytic acid than the ones formulated from corn and soybean bran, with or without the inorganic iron supplementation, are fully possible and suitable for pigs in the weight gain phase without any loss in serum parameters, performance, carcass and meat quality, especially in terms of lipid oxidation.

Keywords: Carcass quality. Mineral. Natural antioxidants. Oxidation. Termination.

LISTA DE FIGURAS

REVISÃO DE LITERATURA

Figura 1 – Estrutura do ácido fítico	23
Figura 2 – Ácido fítico quelatado com proteínas e aminoácidos.....	25
Figura 3 – Modelo proposto da absorção do ferro iônico pelo enterócito	36

LISTA DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

- Tabela 1** – Composição química do farelo de germen de milho desengordurado empregado em diferentes estudos..... 30
- Tabela 2** – Valores do nível ferro total no músculo longissimus dorsi de suínos, de acordo com diferentes estudos..... 46

ARTIGO 1

- Tabela 1** – Composição percentual, química e energética das dietas experimentais 65
- Tabela 2** – Médias e (desvios-padrão) das variáveis peso inicial (PI), peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF) 67
- Tabela 3** – Médias e (desvios-padrão) dos valores de hemácia, hematócrito (HT), concentração de hemoglobina (HB), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) do sangue de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF) 70
- Tabela 4** – Médias e (desvios-padrão) dos valores da distribuição do diâmetro dos eritrócitos (RDW), linfócito (Linf.), leucócito (LC) e neutrófilo segmentado (Seg) do sangue de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF) 70

Tabela 5 – Interação entre ferro (Fe) e ácido fítico (AF) para o parâmetro de Ferro (Fe) ($\mu\text{g/dL}$) no sangue de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF).....	71
Tabela 6 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis peso vivo final (PV), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça resfriada (PCR), rendimento de carcaça (RC) e rendimento de carne na carcaça resfriada (RCC) de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)	73
Tabela 7 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis, perda de carcaça no resfriamento (PERCR), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), área de olho de lombo (AOL) de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)	73

ARTIGO 2.

Tabela 1 – Composição percentual, química e energética das dietas experimentais de suínos.....	83
Tabela 2 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis pH inicial, pH final, perda de água por pressão (PAP), marmoreio, força de cisalhamento (FC), concentração de ferro na carne (FeC) no músculo longissimus dorsi de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF).....	86
Tabela 3 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis luminosidade (L^*), componente amarelo-azul (b^*) e croma 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 (AF).....	87

Tabela 4 – Interação entre ferro (Fe) e ácido fítico (AF) para o parâmetro componente de cor vermelho-verde (a^*) do lombo de suínos, com 24 horas de refrigeração submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)	88
Tabela 5 – Interação entre ferro (Fe) e ácido fítico (AF) para o parâmetro tonalidade do lombo de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF) após 24 horas de refrigeração do lombo	89
Tabela 6 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis luminosidade (L^*), componente de cor vermelho-verde (a^*), componente amarelo-azul (b^*), croma e tonalidade da carne (lombo) de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF) após os 7 dias de refrigeração do lombo.....	90
Tabela 7 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis, oxidação 24 horas de refrigeração (TBARS 24 horas) e oxidação 7 dias de refrigeração (TBARS 7) do lombo de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)	91

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 OXIDAÇÃO LIPÍDICA	18
2.1.1 Oxidação Lipídica Da Carne	20
2.2 ÁCIDO FÍTICO (AF).....	22
2.2.1 Farelo De Germen De Milho Desengordurado	29
2.3 FERRO (FE)	32
2.3.1 Propriedades Químicas	32
2.3.2 Metabolismo Do Ferro	32
2.3.2.1 Absorção	34
2.3.2.2 Transporte e armazenagem.....	37
2.3.2.3 Excreção	39
2.3.3 Funções.....	40
2.3.4 Sinais De Deficiências.....	41
2.3.5 Exigências E Conteúdo De Ferro Na Alimentação De Suínos.....	43
2.3.6 Ferro Na Carne Suína	44
2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
3 OBJETIVOS	59
3.1 OBJETIVO GERAL	59
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	59
4 ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO	60
4.1 ARTIGO 1. AVALIAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO DIETÉTICOS SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E O PERFIL SÉRICO DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO	61
4.1.1 Introdução.....	62
4.1.2 Material E Métodos	63

4.1.3 Resultados E Discussão	67
4.1.4 Conclusões.....	74
4.1.5 Referências Bibliográficas.....	75
4.2 ARTIGO 2. AVALIAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO DIETÉTICOS	
SOBRE A QUALIDADE CARNE SUÍNA REFRIGERADA	79
4.2.1 Introdução.....	80
4.2.2 Material E Métodos	82
4.2.3 Resultados E Discussão	85
4.2.4 Conclusões.....	92
4.2.5 Referências Bibliográficas.....	92
5 CONCLUSÃO GERAL	97
ANEXO.....	98
ANEXO A – Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação na Revista Semina	99

1 INTRODUÇÃO

A carne suína é a mais consumida no mundo, fornecendo cerca de 38% da ingestão proteica diária mundial (ABIPECS, 2013). Ela é rica em proteína de alto valor biológico, vitaminas do complexo B e diversos minerais, com evidência para o ferro. Possui sabor e maciez característicos e apresenta uma composição lipídica desejável de ácidos graxos poli-insaturados e saturados (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

Cabe aqui ressaltar que os lipídios são importantes componentes das carnes, conferindo características desejáveis como suculência, sabor e aroma. Contudo, a elevada presença de gorduras poli-insaturadas nos produtos cárneos os tornam mais susceptíveis à oxidação (ARAÚJO, 2008).

Morrissey et al. (1998) consideram a oxidação lipídica um problema para todos os segmentos envolvidos na produção de carne, desde produtores primários e processadores até distribuidores. Entender e controlar os processos envolvidos na oxidação lipídica é um grande desafio para os pesquisadores.

O ferro é essencial para todas as células e faz parte do grupo heme de citocromos, peroxidases, catalases, mioglobina e hemoglobina. Por outro lado, o excesso de ferro pode lesar diferentes tecidos por catalisar a reação que converte peróxidos de oxigênio em íons de radicais livres, que destroem a membrana celular, proteínas e o DNA (ZAGO; FALCÃO; PASQUINI, 2001; BOWLUS, 2003; HENTZE; MUCHENTHALER; ANDREWS, 2004).

Neste contexto, a interação do ferro com os ácidos graxos poli-insaturados da carne resulta na geração de radicais livres e na propagação das reações oxidativas. A extensão destas reações poderá comprometer a qualidade final dos produtos industrializados, o que geralmente será detectado somente durante a vida útil. Deve-se considerar também os danos que o eventual consumo de produtos oxidados causa à saúde humana, incluindo a predisposição ao câncer (MACHADO; IZUMI; FREITAS, 2005; BRUM et al., 2011).

Por outro lado, a falta de ferro, além da anemia e alterações sanguíneas, provoca redução de ganho de peso, redução do consumo e menor resistência às infecções (CHURCH; POND 1982; McDOWELL, 1992).

Os níveis de ferro devem ser controlados, pois o excesso e a deficiência de ferro podem causar morte celular. Desta forma, o duplo desafio para evitar a deficiência e excesso de

ferro requer diferentes mecanismos homeostáticos nas células, nos tecidos e no sistema orgânico (HENTZE; MUCHENTHALER; ANDREWS, 2004; ALMEIDA, et al., 2007).

Atualmente, os consumidores são bastante exigentes, e em decorrência da preocupação constante de proporcionar aos consumidores produtos de alta qualidade, é empregada a adoção de medidas que permitem limitar o fenômeno de oxidação durante as fases de processamento e armazenagem de produtos. Neste contexto, a adição de compostos antioxidantes é uma prática comum, razão que justifica o atual interesse pela pesquisa de novos compostos antioxidantes. Pelo risco à saúde humana, os antioxidantes sintéticos vêm sendo substituídos pelos naturais, destacando-se os tocoferóis (vitamina E), o ácido ascórbico (vitamina C), ácidos cítricos e o ácido fítico. A vitamina E corresponde a um dos antioxidantes mais empregados, apresentando ação comprovada quando suplementada nas dietas de aves e suínos, melhorando a estabilidade oxidativa dos produtos cárneos durante o armazenamento e o congelamento (SOUZA et al., 2007).

O ácido fítico é um ácido orgânico, presente na maioria das sementes de leguminosas e cereais, pode ser extraído de cereais como o farelo de arroz e da aveia e o germen de milho. Apresenta-se como um importante antioxidante natural, pela propriedade de quelar o ferro, inibindo a oxidação de produtos alimentares (FUKUJI et al., 2008).

A propriedade antioxidante ou quelante do ácido fítico torna-o um composto interessante como aditivo de alimentos, podendo ser empregado na prevenção da descoloração, na melhora da qualidade nutricional, na prorrogação do tempo de validade dos produtos (STORCKSDIECK; HURRELL, 2007). Todavia, classicamente, na nutrição animal o ácido fítico, devido à propriedade quelante e formação de complexos com alguns minerais importantes e outros nutrientes, é considerado um antinutriente por interferir na biodisponibilidade destes para monogástricos principalmente. Entretanto, a biodisponibilidade depende de fatores experimentais como proporção metal:fítato e tipo de dieta. Desta forma, o ácido fítico pode formar um complexo insolúvel com o ferro no trato intestinal e, com isso, reduzir a biodisponibilidade de ferro solúvel nas carnes dos animais.

Nesta contraposição de ações, objetivando priorizar os benefícios antioxidantes do ácido fítico veiculado na dieta, principalmente pela alta inclusão do farelo de germen de milho desengordurado, mas atento aos possíveis efeitos antinutricionais que a molécula detém, Harbach et al. (2007), Costa et al. (2011) e Pacheco et al. (2012) observaram que o ácido fítico cumpre um

efeito antioxidante na carne e em produtos processados e quando na inclusão entre 40 a 50% nas rações de suínos em fase de terminação não acarretou qualquer dano no desempenho, nas características de carcaça, além de apresentar um custo benefício melhor em relação às dietas à base de milho e farelo de soja (SOARES et al., 2004; AGOSTINI et al., 2006).

Ao se analisar a ação do ácido, duas vertentes são consideradas: um efeito direto como agente antioxidante que, após a absorção atinge vários tecidos (incluindo músculos, cérebro, sangue, etc.), teoria esta proposta por Grases et al. (2004); ou devido a sua alta capacidade quelante, ao associar-se com o ferro, minimizando a presença deste mineral que reconhecidamente é um catalizador de precursor oxidativo (FILGUEIRAS et al., 2009).

Neste sentido, diante da complexidade de benefícios e riscos que o ácido fítico e o ferro oferecem, o presente estudo objetivou investigar os efeitos do ferro veiculado pelo premix associado à alta e à baixa inclusão de farelo de germen de milho desengordurado na dieta de suínos em fase de terminação (como uma rica fonte de ácido fítico), sobre aspectos qualitativos da carne, perfil sérico, índices de desempenho zootécnico e relacionados às características de carcaça.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A fração lipídica dos alimentos está relacionada a diversas propriedades sensoriais, como sabor, aroma, cor, textura, suculência, estabilidade das proteínas, vida útil sob congelamento e conteúdo calórico (FERRARI, 1998). Além disso, os lipídios participam de diversas funções biológicas no organismo, dentre estas, na produção e reserva de energia, como isolantes térmicos e elétricos, na composição das membranas celulares e também como componentes das vitaminas lipossolúveis e hormônios (SANTOS FILHO et al., 2001).

Os lipídios podem ser diferenciados em duas frações básicas: a triglicerídica, que constitui os lipídios neutros, presentes em adipócitos ou no interior das células musculares, que representam uma fonte de reserva energética, e a fração fosfolipídica, que compõe as membranas de células e organelas (ALLEN; FOEGEDING, 1981). De acordo com Araújo (2004a), os lipídios podem ser degradados de diferentes formas, através da oxidação, polimerização, hidrólise, pirólise e da absorção de sabores e odores estranhos.

A oxidação lipídica corresponde a uma série de reações químicas envolvendo a deterioração oxidativa de ácidos graxos poli-insaturados, sendo um processo que se estende de acordo com o número de duplas ligações do ácido graxo (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 (MORRISSEY et al., 1998; FERRARI, 1999).

A oxidação lipídica nos alimentos causa alterações sensoriais, destruição de constituintes essenciais, decréscimo do valor nutricional e a formação de compostos tóxicos durante o processamento e o armazenamento do alimento (KARPINSKA; BOROWSKI; DANOWSKA-OZIEWICZ, 2001). Os produtos tóxicos oriundos da oxidação lipídica provocam processos deteriorativos em humanos, como envelhecimento, doenças do coração e desordens carcinogênicas e mutagênicas (DUTHIE, 1993; GHIRETTI et al., 1997).

Para a indústria alimentícia a oxidação lipídica gera grande problema, uma vez que os produtos originados são considerados indesejáveis, tanto na decomposição dos lipídios como na produção de compostos voláteis (LEE; KOO; MIN, 2004).

A oxidação lipídica é constituída de três fases principais: a iniciação, a propagação e a terminação (SEVANIAM; HOCHSTEIN, 1985). As reações de iniciação da oxidação de gorduras podem ser promovidas por dois grupos de fatores (SLATER et al., 1987): 1) impacto ou absorção de energia (fontes elevadas de energia; radiação ionizante; radiação ultravioleta; degradação térmica de material orgânico etc.); e 2) por reações redox catalisadas por metais de transição (reações de Fenton/Haber-Weiss) (KUBOW, 1992). Tais fatores são capazes de romper a barreira eletroquímica entre o oxigênio e as moléculas do ácido insaturado e constituem os iniciadores da oxidação lipídica (KANNER, 1984).

É importante destacar que o oxigênio possui uma estrutura eletrônica que permite receber ou perder elétrons gerando em sua estrutura um despareamento eletrônico que converte a molécula de oxigênio em um radical livre de alta reatividade química. Devido o oxigênio sofrer diferentes tipos de redução (ganho de elétrons) este transforma-se em distintos tipos de radicais livres: radicais livres superóxidos ou radicais livres de hidroxila (HALLIWELL, 1994).

Estes radicais livres, que constituem formas ativas do oxigênio, podem atacar a estrutura dos ácidos graxos insaturados de um lipídio, iniciando a oxidação lipídica. Portanto, a fase de iniciação da oxidação lipídica decorre então da interação de um iniciador com o oxigênio, que, uma vez ativado, pode reagir com o ácido graxo insaturado, ocorrendo a retirada de um átomo de hidrogênio do carbono adjacente à ligação dupla *cis* do ácido graxo insaturado, resultando na formação de radicais livres (KANNER, 1984; SEVANIAM; HOCHSTEIN, 1985).

Os radicais livres formados na fase de iniciação, sendo instáveis, aumentam as reações de oxidação (fase de propagação), assim a reação segue em cadeia e somente termina quando esgotadas as reservas de ácidos insaturados e oxigênio, ou seja, as reações propagam até a formação de substâncias não reativas, caracterizando o término das reações (fase de terminação do processo) (MORRISSEY et al., 1998).

As reações de propagação levam a formação de diversos peróxidos, que podem ser mensurados, servindo como índice de oxidação lipídica, seja nos alimentos ou mesmo no organismo humano (HALLIWELL; CHIRICO, 1993; WANG et al., 1995; FERRARI, 1998).

Os produtos finais da oxidação lipídica compreendem, principalmente, os derivados da decomposição de hidroperóxidos, como álcoois, aldeídos, cetonas, furanas, ésteres e outros hidrocarbonetos, geralmente voláteis. Também podem ser mensurados em óleos e

gorduras, carnes, leite, cerveja, frutas (sucos), especiarias, essências oleosas e outros alimentos (FERRARI, 1998).

Dos métodos utilizados para mensurar a oxidação lipídica, o preferido em sistemas biológicos é o índice de TBARS – substâncias reativas ao ácido tiobartúrico. Um dos métodos de análise, propostos por Tarladgis, Pearson e Dugan (1964), consiste em detectar espectrofotometricamente a 530 nm o complexo de coloração vermelha formado pela condensação de dois moles do ácido 2-tiobarbitúrio (TBARS) com um mol de malonaldeído. O malonaldeído é volatilizado quando aquecidos em meio ácido. O TBARS também é utilizado para mensurar a oxidação lipídica *in vivo* (DUTHIE, 1993).

Atualmente muitos estudos na nutrição animal estão sendo desenvolvidos para minimizar e diminuir a oxidação lipídica, uma vez que o consumo de alimentos rancificados, pode induzir doenças coronárias, câncer e derrame cerebral (LIRA et al., 2000).

Segundo Morrissey et al. (1998), a fase mais expressiva da oxidação lipídica ocorre durante o processamento, estoque e preparo da carne, pela liberação do ferro da hemoglobina e da mioglobina. Neste sentido, os autores sugeriram a retirada de ferro e zinco, catalíticos na oxidação lipídica.

Para Costa et al. (2011), outra alternativa para minimizar a oxidação lipídica das carnes é a utilização da suplementação das rações animais com substâncias que protejam os músculos desta reação, substâncias estas conhecidas como antioxidantes. Os cereais são excelentes fontes de antioxidantes naturais, como exemplo o farelo de germen de milho desengordurado (FGMD), rico em ácido fítico que possui a capacidade de quelar minerais, principalmente íons de ferro, diminuindo a oxidação lipídica da carne.

2.1.1 Oxidação Lipídica da Carne

A oxidação lipídica é um dos principais processos pelo qual ocorre perda da qualidade da carne, definindo sua vida útil na medida em que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e destrói vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (OSAWA; FELÍCIO; GONÇALVES, 2005). Além da alteração de odor e gosto, a oxidação lipídica também está relacionada com a oxidação dos pigmentos da carne, provocando alteração na cor (PINO, 2005).

As gorduras poli-insaturadas presentes nos produtos cárneos os tornam mais susceptíveis à oxidação, assim como algumas operações de processamento, como a redução do tamanho das porções de carne, o cozimento e a adição de sal, promovendo a alteração no balanço oxidativo, determinando um rápido desenvolvimento da rancidez oxidativa (ARAÚJO, 2008).

Na carne a oxidação inicia nos lipídios, mas pode também oxidar as proteínas, pigmentos e vitaminas, resultando em perda do valor nutritivo e na alteração da cor. Além disso, a oxidação lipídica determina um menor tempo de vida útil (ARAÚJO, 2004a).

Muitos pesquisadores sustentam que existe interdependência entre a oxidação lipídica e a formação de metamioglobina (a forma oxidada do pigmento heme). A oxidação do pigmento e a liberação do ferro cataliticamente ativo da molécula pode induzir a oxidação lipídica, levando ao ranço. Por sua vez, os radicais livres produzidos durante a oxidação lipídica podem oxidar o pigmento heme, bem como provocar a desnaturação da parte proteica, levando a mudanças de cor indesejáveis (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A oxidação lipídica promove a modificação da cor de carnes pela transformação do pigmento oximioglobina, de coloração vermelho brilhante, em metamioglobina, tornando a carne marrom-acinzentada, aspecto que o consumidor rejeita (FERRARI, 1999).

A oxidação lipídica também altera a textura de carnes, uma vez que os lipídios oxidados e os produtos da oxidação lipídica podem formar complexos proteína-lipídeo ou provocar a cisão de proteínas. Também são formados complexos proteína-proteína e aldeídos-grupamentos amino, definindo polímeros, resultando na desnaturação proteica, inibição da atividade enzimática e diminuição da solubilidade (FERRARI, 1998).

A estabilidade lipídica nas carnes e nos produtos cárneos pode ser influenciada por diversos fatores, como a espécie do animal, o tipo de tecido muscular, o estresse, o abate, as condições de vida dos animais e, principalmente, pela dieta dos animais (COSTA et al., 2011).

De acordo com Ferrari (1999), as carnes suína e de frango são mais susceptíveis à oxidação que a carne bovina, devido o elevado teor de ácidos graxos insaturados, principalmente fosfolipídios. Em relação ao tipo de tecido muscular, os músculos vermelhos são mais susceptíveis à oxidação lipídica que os 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). Em relação à dieta dos animais, verifica-se que a composição de ácidos graxos e a qualidade da gordura na dieta predispõem à oxidação lipídica, desta forma, suínos que recebem dietas com óleo de soja são mais susceptíveis à oxidação lipídica que os suínos alimentados com gordura animal (MORRISSEY et al., 1998).

O uso de substâncias antioxidantes, fornecidas via dieta dos animais, como vitamina E, selênio, ácido fólico e ácido ascórbico são capazes de neutralizar os radicais livres do oxigênio que dão origem à iniciação ou os radicais livres que são formados nos ácidos graxos durante a propagação da oxidação, conservando a qualidade da carne (BRIDI, 2012).

Miller et al. (1994), trabalhando com níveis baixo, médio e alto de ferro suplementado na ração de suínos, constataram que as carnes congeladas dos animais do tratamento com alto nível de ferro foram as que tiveram maior oxidação e verificaram uma correlação positiva entre o ferro da dieta e o ferro presente no músculo para incremento do processo oxidativo.

O controle da oxidação lipídica nos alimentos é desejável e o benefício dos antioxidantes durante a estocagem de alimentos cárneos tem sido bastante estudado (AHN; GRÜN; MUSTAPHA, 2007).

O interesse recente pelos antioxidantes naturais tem aumentado, devido à percepção negativa dos consumidores sobre a segurança dos antioxidantes sintéticos, os quais têm sido restringidos devido ao seu potencial de carcinogênese, bem como outros efeitos maléficos à saúde (TANG et al., 2001; VELAZCO, 2005). Neste contexto, a utilização de cereais como fonte de antioxidantes naturais tem sido uma excelente alternativa para veiculação deste princípio nas dietas dos animais.

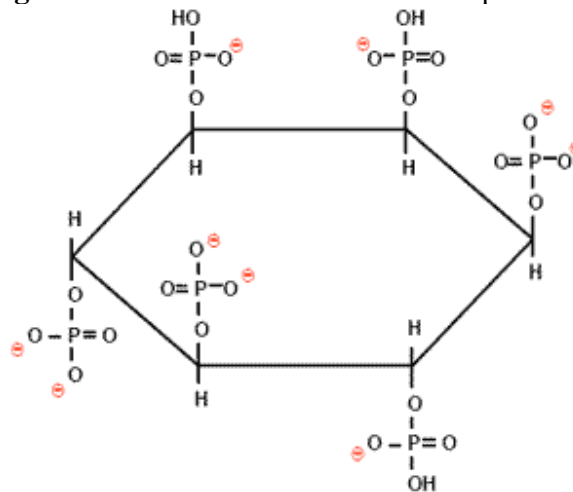
2.2 ÁCIDO FÍTICO (AF)

O ácido fólico (AF) é um ácido orgânico, normalmente denominado mio-inositol hexafosfato (IP₆). É um constituinte que está presente em maior quantidade em vegetais, principalmente nas leguminosas, oleaginosas, pólenes e amêndoas, cuja concentração varia de 1 a 5% do seu peso, (CHERYAN, 1980; GRAF; EATON, 1990).

O ácido fítico é a forma livre do mio-inositol hexafosfato ou IP_6 . O fitato é uma denominação usada para forma de sal livre (forma aniônica do IP_6) e o termo fitina refere-se especificamente aos complexos de IP_6 com magnésio, potássio e cálcio e pode ainda, às vezes, também estar ligado a proteínas e amidos (PLAAMI, 1997; ANGEL et al., 2002; SELLE; RAVINDRAN, 2007).

A estrutura química do ácido fítico (mio-inositol hexafosfato) apresenta seis grupos fosfato ligados ao anel de inositol (Figura 1). O ácido fítico apresenta 12 hidrogênios dissociáveis, e a sua substituição, proporciona uma propriedade quelante com metais polivalentes, especialmente cátions di e trivalentes, formando complexos do ácido fítico (FUKUJI et al., 2008). Esta propriedade fornece ao ácido fítico potencial de antinutriente por formar complexos com alguns minerais, tornando-os indisponíveis e afetando a sua biodisponibilidade (CHERYAN, 1980; LOPEZ et al., 2002; CASEY; MALSH, 2004).

Figura 1 – Estrutura do ácido fítico em pH neutro



Fonte: www.ergomix.com

Durante a estocagem, fermentação, germinação, processamento e digestão dos grãos e sementes, o ácido fítico pode ser parcialmente desfosforilado para produzir compostos pentafosfato (IP_5), tetrafosfato (IP_4), trifosfato (IP_3) e possivelmente inositol difosfato (IP_2) e monofosfato (IP), por ação de fitases endógenas (BURBANO et al., 1995; ZHOU; ERDMAN, 1995). O IP_6 e IP_5 têm efeito negativo na biodisponibilidade de minerais, entretanto, os ésteres fosfóricos menores (IP_4 , IP_3 , IP_2 , IP) são compostos com baixa capacidade de ligar-se a minerais ou os complexos formados são mais solúveis e possuem papel importante no processo de

transmissão de sinais e na mobilização de cálcio no armazenamento celular de animais e plantas (DASGUPTA et al., 1996).

Segundo Raboy (2003), o ácido fítico é um componente primário de estocagem de fósforo nas sementes, representando até 80% do total de fósforo, contribuindo com cerca de 1,5% do peso seco da semente, sendo que sua função primária é estocar fosfatos como fonte de energia e antioxidante para germinação da semente.

O teor de ácido fítico em alimentos de origem vegetal varia de acordo com o tipo de planta, parte ou órgão utilizado; grau de maturação; genética; variações ambientais; condições de irrigação; tipos de solo; tipo de adubação e aplicações de fertilizantes (DOST; TOKUL, 2006).

Nos cereais o ácido fítico está distribuído em diferentes componentes do grão. No trigo e no arroz está presente em maior concentração na camada do aleurona e no pericarpo, respectivamente, e é o milho que apresenta a mais elevada concentração de ácido fítico no seu germen, com teor aproximado de 6,5% (ERDMAN, 1979; REDDY; SATHE; SALUNKHE, 1982; LEAL, 2000; NOGUEIRA, 2004), podendo variar, segundo Fukuji et al. (2008) de 6,65 a 9,33%. Em grãos de feijão, como exemplo, os níveis de ácido fítico situam-se entre 0,7 a 1,48% (COELHO et al., 2002).

A proporção do fósforo na forma de fitato é de 60% no farelo de soja e 72% no milho. Esse fósforo é apenas parcialmente utilizado pelo suíno, devido sua baixa biodisponibilidade. A proporção de fósforo disponível no farelo de milho varia de 12 a 14%, enquanto a do soja varia de 23 a 31% (SELLE; RAVINDRAN, 2008).

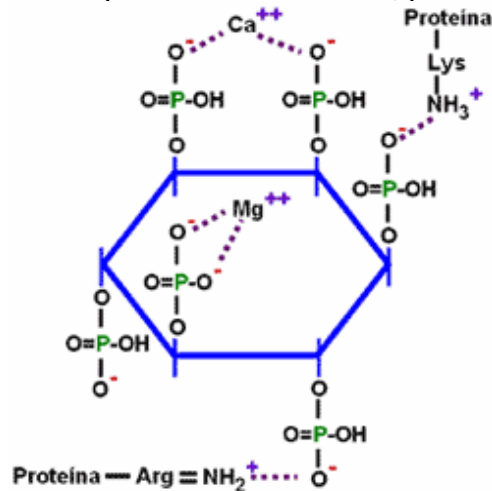
Bertechini (2006) descreveu que suínos jovens não possuem o intestino desenvolvido e com isso têm pouco aproveitamento do fósforo fítico da dieta. Porém, os suínos adultos conseguem aproveitar o fósforo fítico em até 50%.

De acordo com Grases et al. (2001), o ácido fítico é encontrado também em todas as células e fluídos animais, mas as razões que explicam esta ocorrência não são totalmente conhecidas, assim como a síntese e a síntese *de novo* deste nos animais.

O fitato, nos alimentos, sob condições naturais encontra-se carregado negativamente, o que lhe confere alto potencial de quelação com íons positivos como Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} e K^{+} , diminuindo a absorção desses minerais pelos monogástricos. O fitato pode ainda, formar complexos com íons positivos de proteínas, aminoácidos, carboidratos e

lipídios, diminuindo sua solubilidade e digestibilidade (CHERYAN, 1980; NOCERA, 2005) (Figura 2).

Figura 2 – Ácido fítico quelatado com minerais, proteínas e aminoácidos



Fonte: www.ergomix.com

A ligação do fitato aos minerais é influenciada por alguns fatores, como, pH, concentração e presença de outros minerais (WYATT; TRIANA- TEJAS, 1994). Em pH neutro ocorre o favorecimento da complexação do ácido fítico com cátions bivalentes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+}), e também com amido, proteínas e enzimas. Em pH baixo, o complexo fitato-proteína é formado. Já em pH elevado a interação entre as proteínas e o ácido fítico diminui, tornando-se instáveis e desfazendo-se. Sob certas concentrações de fitato, ao aumentar-se o pH, pode ocorrer tanto interação de fitatos com minerais ou com proteínas, como também a formação de complexos ternários proteína-metal-fitato (CHERYAN, 1980; GRAF, 1983; CHAMPAGNE; PHILLIPPY, 1989).

Os fitatos geralmente são solúveis em pH baixo e quase completamente insolúveis em pH intestinal. Os complexos ácido fítico-minerais são insolúveis em pH neutro e próximo ao pH do intestino delgado. Como o intestino delgado é o principal local de absorção dos cátions divalentes, isso implica em baixa biodisponibilidade dos minerais ligados ao fitato (JONGBLOED; KEMME; MROZ, 1993). Segundo Graf e Eaton (1990), a mucosa e a microflora intestinal apresentam certa atividade fítica, entretanto a maior parte do ácido fítico ingerido passa através do trato gastrointestinal de forma não degradada.

Os cátions divalentes como cálcio, zinco, ferro e cobre, geralmente formam com o ácido fítico sais insolúveis penta e hexa substituídos (TORRE; RODRIGUEZ; SAURACALIXTO, 1991). Complexos insolúveis ácido fítico-cálcio podem contribuir para reduzir a biodisponibilidade de outros minerais. O zinco ou ferro podem ligar-se ao complexo ácido fítico-cálcio para formar complexos ainda menos solúveis. Entretanto, alguns autores sugerem que essa propriedade em formar quelatos com minerais como o zinco e cobre, traz benefícios, diminuindo o colesterol e triglicerídeos séricos (ZHOU; ERDMAN, 1995).

De acordo com Leeson (1993), os “lipofitins” que são um complexo de Ca/Mg-fitado, lipídios e peptídeos, podem estar envolvidos na formação de sabões metálicos no lúmen intestinal, o que seria a maior restrição na utilização da energia derivada do lipídio, particularmente daquelas provenientes das gorduras saturadas. Os suínos apresentam pequena capacidade de utilizar o fitin, sendo que a digestibilidade do fitin pode variar de 0 a 40% nos suínos.

Costa et al. (2011) apontam que para aumentar a disponibilidade dos minerais, principalmente do fósforo, cálcio e ferro, e com isso diminuir a poluição ambiental pelos dejetos de suínos (LUDKE et al., 2002b) e reduzir a necessidade de suplementação de fosfatos, indica-se a suplementação da fitase microbiana nas rações de suínos.

A enzima fitase é produzida por muitas espécies de bactérias, fungos e leveduras e é capaz de eliminar as propriedades antinutricionais do fitato (COUSINS, 1999; LUDKE et al., 2002a; SELLE; RAVINDRAN, 2008). Segundo Kornegay (1996), a magnitude de resposta da fitase microbiana é influenciada pelo nível de fósforo total e disponível (incluindo o fósforo fítico) na dieta, pela quantidade de fitase suplementada e pela relação cálcio e fósforo.

De acordo com Selle e Ravindran (2007), o principal problema em utilizar as fitases, sejam as adicionadas à ração ou aquelas presentes naturalmente nos cereais, é a sua conservação no curso da fabricação dos alimentos.

O ácido fítico é considerado um antinutriente por interferir na biodisponibilidade de minerais para suínos e aves, principalmente do ferro, cálcio e cobre (SEYNAEVE et al., 1999; SELLE et al., 2000). No entanto, o ácido fítico tem sido investigado como um potente antioxidante natural efetivo para inibir a oxidação em produtos alimentares.

De acordo com Graf e Eaton (1990), o ácido fítico inibe a formação do radical hidroxila ($\cdot\text{OH}$) dirigida por metais, principalmente pelo ferro, através da formação de quelatos com estes, tornando-os inativos.

O ácido fítico apresenta propriedade antioxidante devido sua capacidade de ligação e inativação dos íons ferro. O ácido fítico atua ligando-se ao íon ferroso (Fe^{+2}), impedindo que ele reaja com o peróxido de hidrogênio e produza o radical hidroxila na reação de Fenton, e se liga ao íon férrico (Fe^{+3}) impedindo sua redução no Ciclo de Haber-Weiss, o que habilitaria a produção de radical hidroxila (WONG; KITTTS, 2001). Desta forma, a oxidação lipídica é inibida, já que a formação do principal radical livre para a iniciação do processo de oxidação é interrompida.

Empson, Labuza e Graf (1991) demonstraram que a adição de pequenas quantidades de ácido fítico em alimentos diminuiu as mudanças oxidativas induzidas pelo ferro e demonstraram que o ácido fítico atuou na inibição das transformações oxidativas, com redução da degradação de ácido ascórbico e diminuição da peroxidação em carne de frango.

Em função da propriedade antioxidativa, o ácido fítico tem potencial para antioxidante natural muito versátil na indústria de alimentos, prevenindo a hidrólise do óleo de soja, rancidez de carnes e estabilizando agentes que conferem cor aos alimentos (GRAF, 1983).

Lee e Hendricks (1995) pesquisaram os efeitos do ácido fítico sobre a peroxidação lipídica na carne bovina, usando soluções de ácido fítico em diferentes tampões e pHs diretamente na carne, e observaram que com a adição de ácido fítico ocorreu uma diminuição na oxidação lipídica pela autooxidação do ferro ou por quelar o ferro, tornando-o inativo. Os autores observaram que o ácido fítico teve maior efeito antioxidante em pH neutro e básico e quando comparado com outros antioxidantes como ácido ascórbico, BHT e EDTA teve o efeito antioxidante mais efetivo.

No salame Milano e na mortadela, o ácido fítico pode ser uma alternativa ao uso do ascorbato sódico, em relação às características de cor e estabilidade lipídica (GHIRETTI et al., 1997).

Brum et al. (2011) avaliaram os efeitos sobre a cor e indicadores da vida útil em um produto cárneo tipo hambúrguer com a substituição do antioxidante eritorbato de sódio pelo ácido fítico. Os resultados demonstraram que os produtos com adição de ácido fítico

apresentaram valores de TBARS significativamente inferiores ao padrão durante todo período, evidenciando maior proteção oxidativa.

O ácido fítico presente no germen de milho foi oferecido na dieta dos suínos em fase de terminação e, ao final, verificou-se uma prevenção da inibição da rancidez da carne, mantendo a saúde dos animais (HARBACH et al., 2007).

Stodolak et al. (2007), ao avaliarem o efeito antioxidante do ácido fítico, quando adicionado em lombo suíno e em carne bovina homogeneizados, observaram que os efeitos no lombo suíno foram menores do que na carne bovina, justificando que a carne bovina poderia ser mais susceptível ao dano oxidativo por apresentar maior quantidade de ferro (17,5 mg) que a carne suína (9,9 mg).

Costa et al. (2011), estudando o ácido fítico fornecido principalmente através da inclusão do farelo de germen de milho desengordurado (FGMD) na ração de suínos em terminação, verificaram que à medida que se aumentou o nível de inclusão (0, 10, 20 e 40%) de FGMD nas rações, a carne refrigerada (7 dias) apresentou menor oxidação.

Para Pacheco et al. (2012) o ácido fítico é indicado como um antioxidante ideal para produtos cárneos, pois estes possuem elevado teor de ferro. Além disso, a utilização do ácido fítico apresenta vantagem por ser solúvel em água, já que antioxidantes não muito solúveis podem criar dificuldades no processamento de carnes (FUKUJI et al., 2008).

De acordo com Brum et al. (2011), a clássica visão do ácido fítico como uma substância de características antinutricionais tem sido revista nos últimos anos, uma vez que propriedades benéficas são atribuídas a esse composto em modelos investigativos à doenças humanas como, câncer, terapias preventivas ao mal de Parkinson, arteriosclerose e cálculos renais.

Neste contexto, vários pesquisadores têm enfatizado os efeitos benéficos do ácido fítico à saúde humana, como diminuição do colesterol e triglicérides (KLEVAY, 1977; JARIWALLA et al., 1990; ONOMI; OKAZAKI; KATAYAMA, 2004), na prevenção do câncer de cólon (YANG; SHANSUDDIN, 1995), doenças do coração e outras (PLAAMI, 1997). Os efeitos positivos do ácido fítico também estão presentes no apoio aos tratamento com quimioterapia e na prevenção do câncer (ULLAH; SHAMSUDIN, 1990; THOMPSON; ZHANG, 1991; VUCENIK et al., 1993).

O ácido fítico ainda tem implicações na digestibilidade do amido, na resposta à glicose sanguínea (LEE et al., 2006), e na prevenção da calcificação distrófica em tecidos moles (GRASES et al., 2004) quanto na prevenção das formações de cálculos renais (SELVAM, 2002).

De acordo com Quirrenbach et al. (2009), a propriedade quelante do ácido fítico pode facilitar a eliminação de metais pesados potencialmente tóxicos para o organismo, bem como auxiliar na quimioprevenção do câncer.

Midorikawa et al. (2001) e Somasundar et al. (2005) mostraram que o ácido fítico apresenta efeito inibidor contra os danos oxidativos causados ao DNA e contra tumores, incluindo os de mama e os de cólon.

2.2.1 Farelo de Germen de Milho Desengordurado

O grão de milho é formado por três partes, o endosperma (82,9%), o germen (11,1%) e o pericarpo (6,0%). O endosperma é considerado como porção amilácea por apresentar na sua composição 87,6% de amido e 0,8% de lipídios. O pericarpo é rico em fibras e o germen se caracteriza por apresentar alto teor de lipídios (33,2%), médio teor de proteínas (18,4%) e baixo teor de amido (0,8%) (WIGNEZ; BOSE, 2000).

Entre os cereais utilizados na alimentação animal, o milho é o que apresenta a mais elevada concentração de ácido fítico no seu germen, com o teor aproximadamente de 6,5% (ERDMAN, 1979; REDDY; SATHE; SALUNKHE, 1982; LEAL, 2000; NOGUEIRA, 2004).

O farelo de germen de milho desengordurado (FGMD) é um subproduto da industrialização do milho obtido através da separação do germen, no processo de moagem úmida, seguida da separação do óleo do germen, por meio de solventes, sendo posteriormente submetidos à secagem e a prensagem (BRITO et al. 2002a,b). O hexano é o solvente utilizado nas indústrias brasileiras para extração do óleo do germen de milho (LEAL, 2000).

De acordo com Moreira et al. (2002), dentre os ingredientes não convencionais, pode-se destacar o FGMD como uma opção para substituir o milho. Para Graf e Eaton (1990), o farelo de germen de milho desengordurado é um ingrediente de excelente fonte de ácido fítico, com teor máximo de 6,40%.

Os produtos de milho derivados do germen podem ser utilizados como importante fonte de ácido fítico por causa de sua atuação como um alimento funcional e com capacidade antioxidante (GRAF et al., 1984; GRAF; EATON, 1990).

O potencial antioxidante do ácido fítico do FGMD foi confirmado por Filgueiras et al. (2009), pela atividade de sequestro de radicais livres e quelação de metais, por meio de ensaios de deoxirribose e batofenantrolina. A atividade de sequestro do radical hidroxil foi dependente da concentração de ácido fítico do FGMD. A atividade quelante para o Fe^{+2} aumentou com elevação da concentração do ácido fítico do FGMD e com o tempo de contato com o Fe^{+2} .

Fukuji et al. (2008), pesquisando o ácido fítico de híbridos de milho e de alguns produtos industrializados, observaram que os produtos derivados de milho, elaborados basicamente com endosperma, tais como canjica, creme de milho, farinha de milho e fubá fino, apresentaram menor teor de ácido fítico, enquanto aqueles originários dos germens desengordurado, fino, gordo e película de milho apresentaram maior teor de ácido fítico.

Estudos indicam variação na composição química do FGMD, devido aos processos industriais, como a extração do óleo (PACHECO et al., 2012). Desta forma a utilização do FGMD como ingrediente na ração de suínos tem gerado resultados controversos devido as variações na composição química e nos níveis de inclusão na dieta (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição química do farelo de germen de milho desengordurado empregado em diferentes estudos

Composição (%)	FGMD ¹	FGMD ²	FGMD ³	FGMD ⁴	FGMD ⁵	FGMD ⁶
Matéria seca	90,16	91,14	90,33	87,30	87,35	88,19
Proteína bruta	10,85	10,20	10,68	10,99	10,72	10,88
Fibra bruta	2,78	-	8,21	4,29	3,67	-
Extrato etéreo	1,29	1,27	0,86	2,12	2,49	0,22
Matéria mineral	6,59	-	3,75	3,51	4,69	3,91

Fonte: Elaboração dos autores.

¹ Rodrigues et al. (2001a)

² Moreira et al. (2002)

³ Soares et al. (2004)

⁴ Costa (2007)

⁵ Costa (2009)

⁶ Pacheco (2009).

Os valores dos componentes analisados divergem entre estes autores, o que pode ser explicado pelas diferenças de solo, cultivo, clima, variedades e formas de processamento a que foram submetidos (LIMA, 2001; RODRIGUES et al., 2001b).

Moreira et al. (2002), utilizando rações para suínos na fase de terminação com diferentes inclusões de FGMD (0 a 45%), observaram que o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais pioraram de forma linear com a inclusão do FGMD e sugeriram que a causa desta piora foi devido a menor digestibilidade do farelo. Neste mesmo trabalho os pesquisadores observaram ainda que o FGMD apresentou boa palatabilidade (influenciando positivamente o consumo) e as características de carcaça não foram influenciadas pelos níveis crescentes de sua inclusão.

O FGMD pode ser utilizado na dieta de suínos, em fase de crescimento e terminação, em até 30% de inclusão sem causar efeitos negativos sobre o desempenho dos animais e as características de carcaça (SOARES et al., 2004).

Costa et al. (2007), trabalhando com a inclusão máxima de 40% de FGMD em suínos na fase de terminação, não constataram diferença no desempenho zootécnico, entretanto verificaram maior estabilidade lipídica da carne para os tratamentos cujos animais consumiram maiores quantidades de FGMD, sugerindo que este foi efetivo como antioxidante no lombo refrigerado e no pernil congelado, sem efeitos deletérios no desempenho e com ausência de efeitos antinutricionais, verificado através de análises hematológicas e concentrações séricas e pela diminuição dos níveis séricos de triglicérides e colesterol.

No fornecimento de 50% de FGMD para suínos aos 0, 7, 14, e 21 dias antes do abate, Costa et al. (2011) observaram que essa inclusão de FGMD na dieta dos animais não influenciou os resultados de desempenho, as características de carcaça e a qualidade de carne. A inclusão do ingrediente mostrou-se economicamente viável, além de aumentar a vida útil do lombo refrigerado, sendo a preservação proporcional ao período de inclusão antes do abate dos animais.

2.3 FERRO (FE)

2.3.1 Propriedades Químicas

O elemento ferro (Fe) é um metal de transição, o que significa que ele tem níveis de energia não preenchidos abaixo dos níveis dos elétrons de valência. Em seu estado elementar possui 26 elétrons, tendo valência 8, ou seja, oito elétrons preenchendo o último nível de configuração de orbital $3d^6 4s^2$. O ferro apresenta peso atômico de 56 e dois estados de oxidação estáveis (+2 e +3) e uma grande variedade de potenciais redox. Essas características tornam o ferro um composto usual nas reações de transferência de elétrons. É estável em ambientes secos, mas oxida rapidamente em ambiente úmido (RAMOS; GOMIDE, 2007).

2.3.2 Metabolismo do Ferro

O Fe é o elemento-traço mais abundante no corpo animal e um dos mais abundantes na natureza. A sua habilidade em aceitar e doar elétrons o torna imprescindível para diversas reações biológicas. É um componente fundamental para formação da molécula heme e participa da formação de diversas proteínas. Na forma de hemoproteína é essencial para o transporte de oxigênio para o metabolismo energético e a síntese de DNA. É um cofator importante para enzimas da cadeia respiratória mitocondrial e na fixação do nitrogênio (GROTTO, 2010).

De acordo com Lima e Grotto (2004), o conteúdo total de ferro no organismo é dividido em três compartimentos: funcional (hemoglobina e mioglobina), de estoque (ferritina e hemossiderina) e de transporte (transferrina).

Segundo Leeson e Summers (2001), o ferro representa cerca de 0,005% do peso corporal, sendo que 57% deste se encontra na forma de hemoglobina e 7% na forma de mioglobina. Além disso uma reserva variável está localizada no fígado e secundariamente no baço e rins. Parte do ferro se encontra no organismo como ferro hemínico ou cromoproteico, e compreende a hemoglobina, mioglobina, os citocromos **a**, **b** e **c**, a citocromoxidase, a catalase e as peroxidases. Por outro lado, a outra parte não ligada ao sistema hemínico compreende a transferrina, a ferritina, a hemossiderina e os proteínatos de ferro.

A hemoglobina contém 4 átomos de ferro e constitui o pigmento respiratório do sangue pelo fato de se unir com o oxigênio, a certa pressão, e liberá-lo a pressão mais baixa, desta forma controlando o suprimento do oxigênio aos tecidos. É no sangue, particularmente nos eritrócitos, que se encontra a totalidade da hemoglobina do organismo (BACILA, 2003).

A mioglobina é encontrada nos músculos e pertence ao grupo da hemoglobina. É o pigmento vermelho necessário à utilização do oxigênio no músculo. Os citocromos **a**, **b** e **c** apresentam importante função na respiração, como transportadores de elétrons através da reversibilidade da valência do ferro. A citocromoxidase tem função de transportar elétrons do citocromo **a** ao oxigênio molecular. A peroxidase e a catalase são enzimas respiratórias de oxidação (LEESON; SUMMERS, 2001).

A transferrina é encontrada no plasma sanguíneo e é uma globulina que pode fixar duas moléculas de ferro, no estado férrico (+3). A ferritina é uma proteína cristalizada, contendo elemento ferro no estado férrico. É uma das formas de armazenamento do ferro e pode conter 23% de ferro. Representa função essencial na absorção do ferro. É encontrada principalmente no baço, rins, medula óssea, na mucosa intestinal e na placenta. A hemossiderina é outra forma de reserva orgânica de ferro, sendo uma combinação não definida de hidróxido de ferro coloidal e fósforo. É encontrada principalmente no baço e fígado (MAYNARD et al., 1984; BACILA, 2003).

A absorção do ferro nos monogástricos é influenciada por vários fatores: idade, “status” de ferro no organismo, quantidade e forma química do ferro ingerido, quantidade e proporção de outros minerais e compostos da dieta. A presença de outros metais divalentes, como o cobre, manganês, cobalto e o cádmio, podem competir com o sítio de absorção do ferro. Além disto, a absorção ainda pode ser alterada, conforme as condições do trato gastrointestinal, particularmente do duodeno, que é o principal sítio de absorção (LINDER, 1991; UNDERWOOD, 1999).

A excreção do ferro é pequena, podendo haver perdas pelas fezes, através da bile (bilirrubina), de descamações epiteliais, suor, urina e em condições patológicas (hemoglobinúria) (BERTECHINI, 2006).

Leeson e Summers (2001) afirmaram que o ferro é essencial para o metabolismo celular. No entanto, o ferro em excesso pode gerar espécies altamente reativas de oxigênio, radicais hidroxila (OH) e superóxido ($[O_2^-]$). Estes radicais podem produzir danos ao

DNA, prejudicando a síntese de proteínas, lipídios de membrana e carboidratos; ativação de proteases e alterações na proliferação celular. Adicionalmente, o ferro livre pode reagir com ácidos graxos insaturados e induzir a peroxidação lipídica, provocando danos à integridade celular e a sua morte.

Para evitar o potencial tóxico e atender às necessidades biológicas essenciais, os níveis de ferro no organismo devem ser rigorosamente controlados, pois tanto a deficiência quanto o excesso alteram o equilíbrio bioquímico-fisiológico e possuem alta prevalência e relevância clínica (MACHADO; IZUMI; FREITAS, 2005).

De acordo com Grotto (2008), deve haver um perfeito sincronismo entre absorção, utilização e estoque de ferro para manutenção do equilíbrio desse metal no organismo, e as alterações nesses processos podem levar tanto à deficiência como acúmulo de ferro.

2.3.2.1 Absorção

A absorção do ferro em mamíferos ocorre principalmente no intestino delgado proximal. Em condições normais, a quantidade absorvida não deve exceder a quantidade perdida diariamente pelas vias fisiológicas. Uma vez que o ferro absorvido é avidamente retido pelo organismo e a capacidade de excreção é limitada, o controle da absorção intestinal é o principal meio de regulação dos estoques. Desta forma, a quantidade de ferro absorvida é regulada pela necessidade do organismo. Assim, em situações em que há falta de ferro ou aumento da necessidade (gestação, puberdade ou hemólise, por exemplo) há uma maior absorção de ferro (MACHADO; IZUMI; FREITAS, 2005; GROTTTO, 2008).

De acordo com Fairweather, Payne e Willians (1984), a absorção do ferro é maior em animais com deficiência do mineral. Além disso, existem outros fatores que influenciam a absorção do ferro e sua disponibilidade, como: idade; espécie; status de ferro orgânico; concentração na dieta; quantidade e forma química do ferro ingerido; quantidade e proporcionalidade dos outros componentes ingeridos; estado de saúde do animal e condições de integridade da saúde intestinal (LINDER, 1991; ANDERSON; EASTER, 1999; UNDERWOOD, 1999).

Segundo Ponnampalam et al. (2009a), o nível de absorção e a biodisponibilidade do ferro no corpo podem ser influenciados pela disponibilidade de substâncias inibidoras e/ou reforço na dieta.

A absorção do ferro é mais eficiente em pH entre 2 e 3,5, e a absorção aumenta com a presença de determinados aminoácidos (valina, histidina, lisina, cisteína, metionina), ácido ascórbico, ácidos orgânicos (lático, pirúvico e cítrico) e açúcares (frutose e o sorbitol), provavelmente pela formação de quelatos solúveis. Por outro lado, os fatores nutricionais como: ácido oxálico, taninos, fitatos, carbonatos, fibra, excesso de minerais (Co, Cu, Zn, Cd, Mn, Mg Pb) e fatores endógenos (reserva elevada de ferro, infecções e deficiência de ácido no estômago) inibem a absorção de ferro (UNDERWOOD, 1999).

O ferro é absorvido pelas células da mucosa epitelial duodenal em uma das três formas: ferrosa (Fe^{+2}), férrica (Fe^{+3}) ou como parte de um componente orgânico (MONTEIRO, 2006). A forma ferrosa (Fe^{+2}) é a mais solúvel e, portanto, a mais indicada como suplemento alimentar (BERTECHINI, 2006).

A mucosa intestinal, principalmente no duodeno, representa um elemento regulador entre as necessidades do organismo, a situação das reservas orgânicas que se refletem pela taxa sanguínea de ferro e o ferro presente na dieta (GROTTO, 2008).

O ferro reduzido (Fe^{+2}) é absorvido em sentido unidirecional, ou seja, da luz do intestino ao líquido circulante e aos tecidos, com a participação da apoferritina (receptor de ferro na mucosa intestinal). O ferro na forma ferrosa (Fe^{+2}), ao combinar-se com a apoferritina, passa para a forma oxidada (Fe^{+3}), formando a ferritina. O ferro uma vez liberado da ferritina na forma Fe^{+2} , passa para corrente circulatória (BACILA, 2003).

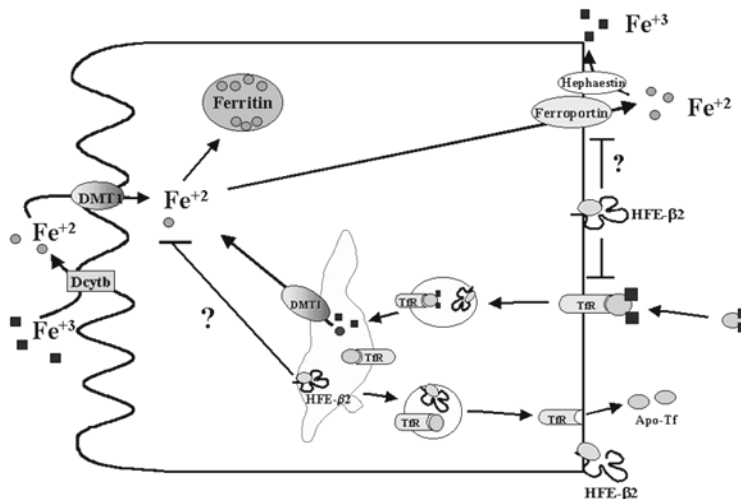
A forma ferrosa é encontrada na hemoglobina, enquanto a férrica está armazenada na ferritina, e combinada com a transferrina, que é a principal proteína transportadora de ferro no plasma. Após a absorção, o ferro é oxidado (Fe^{+3}) e pode ser armazenado pela ferritina nas células da mucosa intestinal ou captado pela transferrina e distribuído para outras células. A transferrina entrega o Fe^{+3} a vários tecidos para a formação de citocromos, hemoglobina e mioglobina. O ferro não utilizado é armazenado na ferritina (MONTEIRO, 2006).

A concentração de ferro sérico reflete o ferro que é transportado no plasma ligado à transferrina (WALLACH; KANAAN, 2003; LEWIS; BAIN; BATES, 2005). A ferritina

sérica se relaciona com os estoques corpóreos totais de ferro no corpo (WALLACH; KANAAN, 2003).

Conforme Ezquer et al. (2006), o ferro férrico é reduzido no lúmen intestinal pela enzima redutase DcytB da membrana. O ferro ferroso é transportado através da membrana do plasma pelo carreador divalente DMT-1 do metal. Dentro das células, o ferro é armazenado na forma ferritina ou exportado através da superfície basolateral pelo carreador do ferro ferroportina. O ferro exportado é convertido ao ferro férrico pela proteína “para a distribuição aos tecidos” (Figura 3).

Figura 3 – Modelo proposto da absorção do ferro iônico pelo enterócito



Fonte: Ezquer et al. (2006, p. 114).

O metabolismo do Fe é regulado pelo intestino, sendo a absorção controlada pela concentração de ferro nas células da membrana. Sabe-se que parte do ferro absorvido pelas células da mucosa intestinal é transferida para o sangue, ficando o ferro retido nas células e perdido no lúmen intestinal quando da descamação celular (CHURCH; POND, 1982; MERTZ, 1987).

O ferro utilizado pelo organismo é obtido de duas fontes principais: da dieta e da reciclagem de hemácias senescentes. Existem duas formas de ferro na dieta, ferro heme (forma orgânica) e não-heme (inorgânica). O ferro heme é encontrado em alimentos de origem animal (músculos) e o não heme é encontrado em alimentos de origem vegetal, como cereais, na forma

Fe^{+3} . O ferro heme é mais facilmente absorvido pelo organismo que a forma não heme, portanto, vegetarianos tem maior tendência de apresentarem quadros clínicos de deficiência de ferro (GROTTO, 2010).

Níveis elevados de fosfatos inorgânicos reduzem a absorção de Fe, e de Zn^{+2} , Mn^{+2} , Cu^{+2} e Cd^{+2} , provavelmente pela competição por sítios de ligação na mucosa intestinal (CHURCH; POND, 1982; LINDER, 1991; GROTTO, 2008). Fitatos, oxalatos, taninos e compostos fenólicos da dieta e água alcalina promovem a formação de quelatos insolúveis, tornando o ferro não disponível para a absorção (LINDER, 1991).

O ácido fítico e os polifenóis são encontrados em dietas a base de vegetais e são os maiores inibidores da absorção do ferro. Por outro lado, a vitamina C e peptídios nos alimentos podem aumentar a absorção e biodisponibilidade do ferro não heme, através da ligação do ferro no complexo solúvel, impedindo-os de reagirem com inibidores (STORCKSDIECK; HURRELL, 2007; PONNAMPALAM et al., 2009a).

2.3.2.2 Transporte e armazenagem

O transporte e o armazenamento do Fe nos mamíferos são mediados por três proteínas principais: transferrina, receptor de transferrina e ferritina. A transferrina do ferro da corrente sanguínea para os tecidos depende da ligação da transferrina a receptores específicos na superfície da membrana celular. Embora estes receptores não interajam diretamente com o ferro, eles controlam o estoque intracelular (GROTTO, 2008).

Os receptores de transferrina são glicoproteínas existentes nas membranas celulares que captam o complexo transferrina/ferro e o interiorizam numa vesícula onde o ferro é libertado intracelularmente, e o complexo transferrina/receptor da transferrina retorna para a superfície celular, libertando novamente para o plasma a transferrina (PAIVA; MARGATO, 2002; MACHADO; IZUMI; FREITAS, 2005).

O ferro absorvido é liberado na superfície serosa na forma férrica, onde se liga com a transferrina, uma glicoproteína sintetizada e secretada pelo fígado, que possui a capacidade de ligar com dois átomos de Fe por mol, possui dois sítios homólogos com afinidade pelo Fe^{+3} . O ferro é transportado no plasma pela transferrina, que além de solubilizar o ferro, atenua sua reatividade e facilita a sua liberação para as células. Em condições normais, a transferrina

plasmática tem capacidade de transportar até 12 mg de ferro, mas essa capacidade é raramente utilizada e, em geral, 3 mg de ferro circulam ligados à transferrina, ou seja, 30% da transferrina está saturada com o ferro (GROTTO, 2008; GROTTO, 2010).

O ferro livre no soro, que excede a capacidade de transporte da transferrina, causa danos às membranas celulares, resultando em lesão vascular, hepática, choque e morte (SOBESTIANSKY et al., 1999). De acordo com Koury e Donangelo (2003), as proteínas específicas (transferrina e ferritina) ligam-se ao ferro, transportando-os e estocando-os, desta forma, estas proteínas previnem ou minimizam as reações de oxidação catalisadas por este mineral.

O armazenamento de ferro em recém-nascidos é influenciado pela dieta materna durante o período de gestação, sendo que a maior parte do armazenamento ocorre no final da gestação. Se o número de recém-nascidos é maior que o usual, por exemplo, em casos de gêmeos em humanos ou leitegada supranumerária em suínos, o aporte individual tende a ser menor (MAYNARD et al., 1984).

A concentração de ferritina nos tecidos, juntamente com a hemossiderina, reflete os status de ferro no organismo animal, sendo que a ferritina sérica se relaciona com os estoques corpóreos totais de ferro. À medida que a deficiência de ferro se instala, ocorre uma diminuição da ferritina sérica (ALMEIDA et al., 2007).

O ferro fica estocado nas células reticuloendoteliais do fígado, baço, e medula óssea, nas formas de ferritina e hemossiderina. A apoferritina, proteína livre do ferro, quando capta o núcleo férrico constitui a ferritina, a forma solúvel de armazenamento. Deste modo, a ferritina contém e mantém os átomos de ferro que poderiam formar agregados de precipitados tóxicos. A hemossiderina corresponde à forma degradada da ferritina (GROTTO, 2008).

A hemossiderina contém 35% de ferro na forma de hidróxido férrico, está presente nos tecidos como um pigmento marrom, sendo considerada uma forma insolúvel do Fe, enquanto a ferritina pode ser considerada uma forma solúvel de armazenagem. Em condições normais e de deficiência o Fe é armazenado em quantidades iguais em ambas as formas. Em condições de excesso de ferro a hemossiderina predomina (CHURCH; POND, 1982; LINDER, 1991).

A ferritina é a proteína de armazenamento do ferro, que sequestra-o numa forma presumidamente não tóxica, providenciando uma reserva mobilizável de ferro para síntese

de compostos que necessitam deste elemento. A ferritina é abundante nas células especializadas na síntese de compostos com ferro (precursores eritróides) e no metabolismo e armazenamento do ferro (macrófagos e hepatócitos) (GROTTO, 2008).

A catabolização da ferritina pode resultar na reutilização do ferro ou na conversão em hemossiderina, um composto com maior teor de ferro e menor “turnover” do que a ferritina. Para evitar excesso de ferro livre ou falta dele dentro da célula, proteínas reguladoras do ferro (IRP) controlam a expressão pós-transcricional dos genes moduladores da captação e estoque do ferro. (GROTTO, 2010).

A concentração de ferro sérico reflete o ferro que é transportado no plasma ligado à transferrina (WALLACH; KANAAN, 2003; LEWIS; BAIN; BATES, 2005).

2.3.2.3 Excreção

O ferro uma vez absorvido é retido de forma tenaz pelo organismo, que por sua vez, não o elimina em quantidades consideráveis. Portanto, o ferro não é facilmente eliminado do organismo. Embora o animal seja muito eficiente na conservação do ferro, ocorre uma perda pela urina, fezes e suor (MAYNARD et al., 1984).

De acordo com Grotto (2010), o ferro é eliminado do organismo pelas secreções corpóreas, descamações das células intestinais e epidermais. O organismo não possui um mecanismo específico para eliminar o excesso de ferro absorvido ou acumulado após a reciclagem do ferro pelos macrofágos.

As hemácias após um período de 6 a 12 semanas são destruídas. Por ocasião do processo de destruição, a fração contendo o ferro da hemoglobina é desdobrada em composto de ferro e em bilirrubina, a qual é transportada ao fígado e eliminada pela bile. O ferro, entretanto, pode ser reutilizado para a formação da hemoglobina, praticamente sem perda (BACILA, 2003).

O ferro que é liberado da hemoglobina durante a quebra dos eritrócitos, é carregado até o fígado, e é secretado na bile. A maior parte do ferro da bile é reabsorvido e reutilizado para a formação de nova hemoglobina. Embora a excreção seja muito baixa, as quantidades perdidas são de importância nutricional para animais em fase de crescimento e gestação (MONTEIRO, 2006).

O ferro fecal é resultante do ferro não absorvido, embora pequena proporção (0,3 a 0,5 mg/kg) seja perdida através da bile e descamação das células epiteliais. No entanto, quando o ferro é injetado (pouco é excretado por via fecal e urinária) só ocorrem perdas quando o ferro via parenteral é fornecido em excesso em relação à capacidade ligante de Fe do plasma, ou quando agentes quelatantes são fornecidos (CHURCH; POND, 1982).

Um animal adulto, com as reservas plenas, exceto por perda de sangue ou outras condições patológicas, necessita de pouco ferro na ração (aproximadamente 40 mg/kg) quando comparado a um animal jovem que necessita de maior quantidade (aproximadamente 100 mg/kg) (ROSTAGNO et al., 2011). Assim o animal regula normalmente a absorção, armazenamento e excreção do ferro de acordo com suas necessidades.

2.3.3 Funções

Os minerais apresentam no organismo quatro funções básicas: a estrutural, quando constituem as estruturas ósseas e musculares; a catalítica, participando de sistemas enzimáticos e hormonais; a fisiológica, garantindo o equilíbrio osmótico, balanço ácido-básico e permeabilidade de membranas; e finalmente a reguladora, atuando nos processos de replicação e diferenciação celular (BARBOSA; CARVALHO; MCDOWELL, 2003).

De acordo com Carvalho, Baracat e Sgarbieri (2006), o ferro se caracteriza por ser um metal de transição e a extensão de sua utilização biológica está na capacidade de existir em diferentes estados de oxidação, formar muitos complexos, além de agir como um centro catalítico para diversas funções biológicas.

O ferro primariamente funciona como componente do heme encontrado na hemoglobina, que é responsável pelo transporte de oxigênio para os tecidos, contudo, também é encontrado na mioglobina nos músculos, no soro como transferrina, na placenta como uteroferrina, no leite como lactoferrina e no fígado como ferritina e hemossiderina (BERTECHINI, 2006).

O mineral tem papel importante nas enzimas metabólicas (NRC, 1998; MAYNARD et al., 1984). Sendo indispensável para constituição da hemoglobina, o ferro representa papel fundamental na hematopoiese, e é elemento de primeira importância pelo fato de entrar em combinações organometálicas indispensáveis à realização dos processos oxidativos,

tais como o transporte do oxigênio via hemoglobina, a utilização do oxigênio nos músculos através da mioglobina, e a respiração celular, onde participam os citocromos, a catalase e a peroxidase (BACILA, 2003). Também está relacionado à proliferação celular, à produção e à deposição de radicais de oxigênio e peróxidos, hormônios de ação sistêmica e a defesa imune (LINDER, 1991).

O ferro participa de componentes enzimáticos importantes para o funcionamento do sistema imunológico, assim como dos citocromos que são indispensáveis para a produção de energia, de enzimas no ciclo do ácido cítrico, ribonucleotídeo redutase e NADPH redutase (envolvida na síntese de DNA). Participa também nas enzimas envolvidas na síntese e degradação de amins biogênicas (hidroxilases de tirosina e triptofano) e, ainda, na síntese de dopamina, serotonina, catecolaminase e possivelmente, do ácido gamaaminobutírico e na formação de melina (LINDER, 1991; CARVALHO; BARACAT; SGARBIERI, 2006)

As enzimas da cadeia de transporte de elétrons, citocromo-oxidase, ferredoxina, mieloperoxidase, catalase e o citocromo P-450, também necessitam de ferro como co-fatores (fisiologia). A catalase e as peroxidases contém ferro no estado férrico Fe^{+3} e liberam oxigênio dos peróxidos. As enzimas citocromo-oxidases da mitocôndria atuam na transferência de elétrons em virtude da oxidação reversível do Fe ($Fe^{+2} \rightleftharpoons Fe^{+3}$). Outras enzimas contendo ferro incluem a xantina oxidase, succinato desidrogenase e NADH-citocromo redutase (CHURCH; POND, 1982).

2.3.4 Sinais de Deficiências

A deficiência de ferro pode ocorrer como resultado do balanço negativo prolongado de ferro ou devido à falha do organismo em atender às necessidades fisiológicas aumentadas. Em muitos casos, fatores etiológicos múltiplos estão envolvidos no desenvolvimento da deficiência (CARVALHO; BARACAT; SGARBIERI, 2006). O balanço negativo de ferro pode ocorrer em condições de baixo consumo de ferro biodisponível, de prejuízo na absorção e de aumento nas perdas de ferro pelo organismo (sangramentos gastrointestinais, distúrbio de hemostasia, entre outros). A deficiência de ferro, caracterizada por longos períodos de balanço negativo deste elemento químico, pode levar ao esgotamento de reservas do organismo,

dificultando assim a produção de hemácias, ocorrendo anemia ferropriva (CARVALHO; BARACAT; SGARBIERI, 2006).

A falta de ferro afeta diversos sistemas em função da redução na oxigenação pelo decréscimo na concentração de hemoglobina. O sinal mais comum de deficiência é uma anemia microcítica, hipocrômica, caracterizada por células vermelhas menores e em concentração menor que a hemoglobina normal. A anemia microcítica pode ocorrer devido à perda de sangue (hemorragias) e à deficiência nutricional, com déficit de fatores essenciais, como ferro, cobre ou baixos índices de fatores hematopoiéticos, como a vitamina B₂ (riboflavina) (HARVEY, 2000).

Os sinais de falta de ferro, além da anemia e relacionados às alterações sanguíneas, incluem redução de ganho de peso, apatia, incapacidade de resistência em esforço circulatório, alteração da taxa respiratória após exercício leve e redução do apetite e resistência a infecções (CHURCH; POND 1982; McDOWELL, 1992).

A deficiência de ferro é comum em leitões lactentes criados em sistema de confinamento ou animais dependentes de alimentação baseada exclusivamente em leite, dada à baixa reserva de ferro ao nascimento, à baixa transferência de ferro da mãe aos leitões através da placenta, e particularmente ao baixo nível de ferro no leite materno e à rápida curva de crescimento após o nascimento até o desmame aos 21 dias de idade (UNDERWOOD, 1984; ALLEN, 2005). De acordo com Mores et al. (1998), o quadro característico de anemia em leitões pode ser observado através do exame das mucosas. Em animais de pelagem branca, a pele, inicialmente pálida, pode assumir o aspecto de porcelana branca.

A prevenção da anemia ferropriva em leitões recém-nascidos é rotineiramente realizada com uma única injeção contendo 100 a 200 mg de ferro suplementar (geralmente dextrano), fornecido intramuscular (CUTLER et al., 1999).

A falta de ferro resulta em pelo menos duas anormalidades na resposta imune: defeito na imunidade mediada por células e prejuízos na morte bacteriana por fagocitose (atividade da mieloperoxidase reduzida). A evidência de imunidade mediada por células defeituosas inclui uma redução de até 35% do número de células T circulantes. Tanto as células T auxiliares como supressoras são afetadas (LEE et al., 1998).

2.3.5 Exigências e Conteúdo de Ferro na Alimentação de Suínos

O ferro dietético existe nas duas formas: ferro-heme, derivado da hemoglobina e da mioglobina, que apresentam elevada biodisponibilidade; e o ferro não-heme, presente principalmente nos vegetais. O ferro não-heme ocorre na valência férrica (Fe^{+3}), apresenta baixa biodisponibilidade e deve ser primeiro reduzido à valência ferrosa (Fe^{+2}), que é solúvel no pH do lúmen intestinal, portanto, mais biodisponível (APPLE et al., 2007; COCATO et al., 2008).

A necessidade de ferro da dieta diminui com o aumento da idade e peso dos suínos, devido a diminuição do volume sanguíneo por unidade de peso corporal e pela maior ingestão de ferro através do elevado consumo de ração. Animais jovens, notadamente leitões e bezerras, possuem maior exigência que animais adultos; e devido à alta taxa de ganho de peso nos primeiros dias de vida, a espécie suína é uma das mais susceptíveis às deficiências de ferro, sendo a exigência para leitões no período imediato pós desmame estimado em 80 mg/kg (NRC, 1998). É comum na prática o fornecimento de ferro para leitões recém-nascidos, via intramuscular, sob doses entre 100 a 200 mg (MONTEIRO, 2006).

De acordo com Pickett et al. (1960), o requerimento de ferro no desmame é de aproximadamente 80 ppm e diminui com o avançar da idade e peso corporal devido à diminuição do volume sanguíneo por unidade de peso corporal e devido a uma maior ingestão diária de ferro através do maior consumo de ração (NRC, 1998). Pupa et al. (2005), estudando os níveis nutricionais empregados nas dietas de suínos, apresentaram os níveis máximos e mínimos utilizados pelos nutricionistas na fase de terminação, 55 e 60 ppm, com uma variação de 9%.

De acordo com Pietruszka et al. (2009), os requerimentos de ferro na dieta de suínos não estão estabelecidos com precisão. O requerimento indicado pelo NRC (1998) é de 40 a 100 mg/kg a partir da fase de crescimento. Na União Européia o requerimento do mineral é diferenciado entre as fases, sendo para fase de crescimento de 80-150 mg/kg e de 65-110 mg/kg para fase de terminação. Nos termos do Commission Regulation (No 1334/2003/EC) o teor máximo de ferro na ração não pode ultrapassar a 750 mg/kg. De acordo com Rostagno et al. (2011), os requerimentos nas fases de crescimento e terminação são de 56-64 e 40-48 mg/kg respectivamente.

Na dieta o ferro pode ser suplementado sob formas inorgânicas (carbonato, sulfato ou óxido) ou quelatados (complexo com metionina). A forma quelada apresenta maior

biodisponibilidade para o elemento, tendo maior assimilação intestinal em relação às formas inorgânicas (PESCE, 2002).

De acordo com Rostagno et al. (2011), as fontes de ferro utilizadas para suplementar as rações de aves e suínos no Brasil são o carbonato de ferro (FeCO_3), sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), contendo, respectivamente, 43%, 30% e 20% de ferro.

Para Cocato et al. (2008), a fonte de ferro mais usada nas rações é o $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. Apesar da alta biodisponibilidade, forma grandes cristais, cujas propriedades reológicas não permitem boa distribuição nas rações. Devido à elevada reatividade, o composto possui grande potencial pró-oxidante e reage com outros componentes da ração, produzindo características sensoriais indesejáveis ou tornando-se menos disponível para a absorção.

Harmon et al. (1969) verificaram que o ganho de peso médio diário (GMD) foi reduzido com dietas de suínos contendo menos que 29 ppm de Fe, entretanto o GMD não foi alterado em dietas com níveis variando de 34 a 117 ppm de Fe. Dowe e Ewan (1990) relataram que, dietas de suínos suplementados com 100 a 1000 ppm de Fe não influenciaram o desempenho.

A suplementação de fontes orgânicas de ferro na dieta tem sido um caminho para aumentar os níveis de ferro no sistema circulatório. O nível de absorção do ferro na dieta pode variar com a idade, espécie, nutrição, status fisiológico, fonte de alimentos e a composição da dieta (forma química, níveis de outros componentes da dieta incluindo vitaminas, tipos de proteínas e compostos vegetais secundários) (NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH, 2007).

2.3.6 Ferro na Carne Suína

O ferro, além de ser um elemento essencial para os processos metabólicos, como transporte de oxigênio, metabolismo oxidativo e crescimento celular, é responsável pela coloração da carne. Alguns tecidos animais contêm ferro na forma heme, ferritina e hemosiderina (MARTINI, 2002).

A cor da carne é um dos principais atributos de qualidade, constituindo o primeiro impacto sensorial que o consumidor avalia (RAMOS; GOMIDE, 2007).

De acordo com Olivo (2005), o pigmento mioglobina, principal responsável pela cor das carnes, é constituído por uma proteína (a globina) e uma parte não protéica (o grupo heme). O grupo heme possui um átomo de ferro na posição central. O estado químico deste ferro irá determinar a cor da carne. Com sua forma reduzida (Fe^{+2}) a cor da carne apresenta-se vermelha (oximioglobina) e com sua forma oxidada (Fe^{+3}) a cor da carne torna-se marrom (metamioglobina). A parte proteica auxilia na estabilidade desta cor. Com a eventual desnaturação da parte proteica (como ocorre no cozimento ou em outras situações), a carne muda de cor para o marrom. Sob condições extremas, o pigmento pode ser decomposto, com a separação do grupo heme da parte protéica. Isto ocasiona a separação do átomo de ferro da estrutura, levando à cor amarelada e/ou esverdeada.

A quantidade de mioglobina depende da espécie, raça, do tipo de músculo, do sexo, idade e do tipo de fibra muscular. Por exemplo, as fibras vermelhas, por seu metabolismo oxidativo, apresentam maior conteúdo de mioglobina que as fibras brancas glicolíticas. No músculo vivo, o ferro presente na mioglobina encontra-se no estado reduzido Fe^{+2} (ferroso), o que lhe confere a cor vermelho púrpura. Após o corte da carne e a exposição à pressão O_2 , ocorre a oxigenação do ferro, formando a oximioglobina (Fe^{+2} reduzido oxigenado) e a carne torna-se vermelho brilhante. Se o ferro do pigmento for oxidado (Fe^{+3} férrico), ocorre formação da metamioglobina e a carne torna-se marrom (RAMOS; GOMIDE, 2007).

O teor de ferro varia de acordo com o tipo de músculo, sendo que nos músculos do alto da cernelha de suínos contém duas vezes mais ferro que no lombo (*longissimus dorsi*). Os valores encontrados foram de 13 e 5 mg/kg, respectivamente (LEONHARD; KREUZER; WENK, 1997). De acordo com Kim et al. (2006), uma grande variedade de conteúdo de ferro foi observada em um estudo realizado entre 21 tecidos musculares em carcaças de suínos. Entre os tipos de músculos examinados, o músculo *vasto intermediário* (pernil) e o músculo *infra espinhal* (ombro), tiveram maior teor de ferro, enquanto que o músculo *longissimus dorsi* (lombo) teve menor teor de ferro.

Estudos indicam variação no nível de ferro no músculo *longissimus dorsi* de suínos (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores do nível de ferro total no músculo *longissimus dorsi* de suínos, de acordo com diferentes estudos

Autor	Fe (mg/kg)
Reichardt, Müller e Leiterer (2002)	4,18
Walz e Pallauf (1998)	4,60
Leonhard, Kreuzer e Wenk (1997)	5,00
Van Laack et al. (1994)	6,60
Ponnampalam et al. (2009a)	4,60 a 5,25
Senser e Scherz (1991)	18,00
Oster (1994); Souci; Fachmann e Kraut (1994)	21,00

Fonte: Elaboração dos autores.

De acordo com O’Sullivan et al. (2002), a suplementação das dietas de suínos com 3.000 ppm de FeSO₄ resultou em maior descoloração da carne durante a exibição desta ao varejo, atribuído ao aumento da metamioglobina. Os mesmos autores verificaram que são escassos os estudos para avaliar os efeitos de Fe na dieta sobre a composição da carne e a qualidade da carcaça de suínos.

Ponnampalam et al. (2009a) encontraram que a ração de suíno suplementada com ferro orgânico não aumentou o teor de ferro na carne dos suínos.

Em outro estudo, Ponnampalam et al. (2009b) verificaram que o teor de ferro heme na carne suína (*in natura*) aumentou significativamente com a adição de inulina (chicória) na ração de suínos em terminação, entretanto o conteúdo de ferro total não foi alterado e a adição de ferro orgânico não alterou o teor de ferro total da carne ou ferro heme.

2.4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, P. S.; COSTA, M. C. R.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; SILVA, C. A. Farelo de germen de milho desengordurado como fonte de ácido fítico: efeitos no desempenho, nas características de carcaça e na qualidade de carne suína. In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC-**Anais**... Florianópolis, 2006

AHN, J.; GRÜN; MUSTAPHA, A. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiology*, London, v. 24, n. 1, p. 7-14, 2007.

ALLEN, C. E.; FOEGEDING, E. A. Some lipid characteristics and interactions in muscle foods-review. **Food Technology**. v. 35, n. 5, p. 253, 1981.

ALLEN, L. H. Multiple micronutrientes in pregnancy and lactation: an overview. **American Journal of Clinical Nutrition**. Rockville, v. 8, n. 5, p. 1206-1212, 2005.

- ALMEIDA, R. F.; LOPES, E. L.; NUNES, R. C.; MATOS, M. P. C.; SOBESTIANSKY, J.; FIORAVANTE, M. C. S.; OLIVEIRA, A. P. A.; RUFINO, L. M. Metabolismo do ferro em suínos recebendo dietas contendo fitase, níveis reduzidos de fósforo inorgânico e sem suplemento micromineral e vitamínico. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1097-1103, 2007.
- ANDERSON, J.K; EASTER, R.A. A review of iron nutrition in pigs. Pig Book. **Champaign: Illinois University**, 1999. p. 75-89.
- ANGEL, R.; TAMIN, N.M.; APLEGATE, T. J.; DHANDU, A. S.; ELLESTAD, L. E. Phytic acid chemistry: influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, p. 471-480, 2002.
- 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, J. M. A. Oxidação de lipídios em alimentos. In: **Química de Alimentos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004a. p.1-67.
- ARAÚJO, J. M. A. Antioxidantes. In: **Química de Alimentos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004b. p.69-99.
- ARAÚJO, M. A. J. **Química dos Alimentos: Teoria e Prática**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 596 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA PRODUTORA E EXPORTADORA DE CARNE SUÍNA – ABIPECS. **Carne suína brasileira**, 2013. Disponível em: <<http://www.abipecs.org.br/>>. Acesso em: 09 mar. 2013.
- BACILA, M. **Bioquímica Veterinária**. 2.ed. São Paulo: Editora Robe, 2003. 583p.
- BARBOSA, F. A.; CARVALHO, F. A. N.; McDOWELL, L. R. **Nutrição de bovinos a pasto**. Belo Horizonte: Papelform, 2003. 438 p.
- BERTECHINI, A. G. Metabolismo dos minerais. In: **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. p.169-213.
- BOWLUS, C. L. The role of iron in T cell development and autoimmunity. **Autoimmunity Reviews**, Amsterdam, v. 2, n. 2, p. 73-78, 2003.
- BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2009. 97p.
- BRIDI, A. M. **Importância dos aspectos físicos e químicos na qualidade da carne**. Disponível em: <<http://www.uel.br/pessoal/ambridi/Carnesecarcacasarquivos/Aspectos.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2012.

- BRITO, A. B.; CRUZ, C. P. da; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S.; XAVIER, S. A.G. Determinação do valor de energia metabolizável verdadeira e da composição nutricional de germen de milho integral para aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2002. **Anais...** Campinas: FACTA, 2002a. p.17.
- BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S. M.; XAVIER, S. A. G.; CRUZ, C. P. da. Desempenho de frangos de corte recebendo farelo de germen de milho integral na ração inicial e de crescimento. In: XXXIX REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. **Anais...** Recife, 2002b.
- BRUM, F. B.; MACAGNAN, F. T.; MONEGO, M. A.; KAMINSKI, T. A.; SILVA, L. P. Aplicação de ácido fítico em produto cárneo tipo hambúrguer. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v.70, n.1, p.47-52, 2011.
- BURBANO, C.; MUZQUIZ, M.; OSAGIE, A.; AYET, G.; CUADRADO, C. Determination of phytate and lower inositol phosphates in Spanish legumes by HPLC methodology. **Food Chemistry**, Barking, v.52, n.3, p.321-325, 1995.
- CARVALHO, M. C.; BARACAT, E. C. E.; SGARBIERI, V. C. Anemia Ferropriva e Anemia de Doença Crônica: Distúrbios do Metabolismo de Ferro. **Revista Segurança Alimentar e Nutricional**, v.12, n.2, p. 54-63, 2006.
- CASEY, A.; MALSH, G. Identification and characterization of a phytase of potential commercial interest. **Journal of Biotechnology**, v.110, p.313-322, 2004.
- CHAMPAGNE, E. T., PHILLIPPY, B. Q. Effects of pH on calcium, zinc, and phytate solubilities and complexes following in vitro digestions of soy protein isolate. **Journal Science of Food Science**, Chicago, v.54, n.3, p.587-592, 1989.
- CHERYAN, M. Phytic acid interaction in food systems. CRC Cr. **Revist Food Science.**, Amherst, v.13, n. 297, 1980.
- CHURCH, D. C.; POND, W. G. **Basic animal nutrition and feeding**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 403p. 1982.
- COCATO, M. L.; NETO TRINDADE, M. A.; BERTO, D. A.; RÉ, M. I.; COLLI, C. Biodisponibilidade de ferro em diferentes compostos de leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, n.12, p. 2129-2135, 2008.
- COELHO, C. M. M.; SANTOS, J.C. P.; TSAI, S. M.; VITORELLO, V. A. Seed phytate content and phosphorus uptake and distribution in dry bean genotypes. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 14, n.1, p.51-58, 2002.
- COSTA, M. C. R.; SILVA, R. A. M.; YWAVAKI, M. S.; BRIDI, A. M. ; SILVA, C. A. Efeito do período de inclusão do farelo de germen de milho desengordurado, como fonte de ácido fítico, na ração de suínos sobre a estabilidade lipídica da carne. In: ZOOTEC 2007. **Anais...** Londrina, 2007.

COSTA, M. C. R. **Farelo de germen de milho desengordurado**: ingrediente na dieta de suínos e fonte de antioxidante endógeno na carne. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

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** (Impresso) v. 32, p. 1863-1863, 2011.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999. **Anais...** Concórdia, [s.n], 1999.p.118-132.

CUTLER, R. S.; FAHY, V. A.; SPICER, E. M.; CRONIN, G. M. Pre-weaning Mortality. In: STRAW, B. E.; D'ALLAIRE, S.; MENGELING, W. L.; TAYLOR, D. J. **Diseases of Swine**, 8. ed. Ames: Iowa State University Press, 1999. p. 985-1002.

DASGUPTA S.; DASGUPTA D.; BISWAS, S. M.; BISWAS, B. B. Interaction of myoinositol trisphosphate-phytase complex with the receptor for intercellular Ca^{+2} mobilization in plants. **Biochemistry**, v.35, n. 15, p.4994-5001, 1996.

DOST, K.; TOKUL, O. Determination of phytic acid in wheat and wheat products by reverse phase high performance liquid chromatography. **Analytica Chimica Acta**, v.558, p.22–27, 2006.

DOWE; C. R.; EWAN, R. C. Effect of excess dietary copper, iron or zinc on the tocopherol and selenium status of growing pigs. **Journal of Animal Science**. v. 68, p. 2407-2413, 1990.

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

EMPSON, K. L.; LABUZA, T. P.; GRAF, E. Phytic acid as a food antioxidant. **Journal of Food Science**, v.56, n.2, p.560-563, 1991.

ERDMAN, J. W. Oilseed phytates: nutritional implications. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 56, p.736, 1979.

EZQUER, F.; NUNEZ, M. T.; ROJAS, A.; ASENJO, J.; ISRAEL, Y. Hereditary hemochromatosis: an opportunity for gene therapy. **Biological Research**. v. 39, p. 113-124, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.cl/pdf/bres/v39n1/art14.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2012.

FAIRWEATHER, S.; PAYNE, V.; WILLIAMS, C, M. The effect of iron supplements on pregnancy in rats given a low zinc diet. **The British Journal of Nutrition**. v. 52, p. 79-86, 1984.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: Mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. Artigo de Revisão. **Revista de Nutrição**. v. 11, n.1, p. 3-14. 1998.

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

- FILGUEIRAS, C. T.; SOARES, A. L.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Avaliação da atividade antioxidante do ácido fítico de germen de milho. **Química Nova**, v. 32, n. 7, p. 1787-1791, 2009.
- FUKUJI, T. S.; FERREIRA, D. L.; SOARES, A. L.; CAVENAGHI, P.; IDA, E. I. Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados. **Acta Scientiarum Agronomy**. v. 30, n. 1, p.31-35, 2008.
- GRAF, E. Applications of phytic acid. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 60, n. 11, 1983.
- GRAF, E.; MAHONEY, J. R.; BRYANT, R. G.; EATON, J. W. Iron-catalyzed hydroxyl radical formation. **Journal Biologic Chemical**, Bethesda, v. 259, n. 6, p. 3620-3624, 1984.
- GRAF, E.; EATON, J. W. Antioxidant functions of phytic acid. **Free Radical Biology e Medicine**, v.8, n.1, p.61-69, 1990.
- GRASES, F.; SIMONET, B. M.; PRIETO, R. M.; MARCH, J. G. Variation of InsP4, InsP5 and InsP6 levels in tissues and biological fluids depending on dietary phytate. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 12, p. 595-601, 2001.
- GRASES, F.; PERELLÓ, J.; PRIETO, R. M.; SIMONET, B. M.; TORRES, J. J. Dietary myo-inositol hexaphosphate prevents dystrophic calcifications in soft tissues: a pilot study in wistar rats. **Life Sciences**, v.75, n.1, p.11-19, 2004.
- GROTTO, H. Z. W. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v.30, n.5, p.390-397, 2008.
- GROTTO, H. Z. W. Fisiologia e metabolismo do ferro. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v.32, (Supl. 2), p.8-17, 2010.
- GHIRETTI, G. P.; ZANARDI, E.; NOVELLI, E.; CAMPANINI, G.; DAZZI, G.; MADARENA, G.; CHIZZOLINI, R. Comparative evaluation of some antioxidants in salame Milano and mortadella production. **Meat Science**, v.47, n.1/2, p.167-176, 1997.
- HALLIWELL, B. Radicales libres, antioxidantes y enfermedad humana: Curiosidad, causa o consecuencia? **Lancet**, v. 26, n. 2, p. 109-113, 1994. (Edición española).
- HALLIWELL, B.; CHIRICO, S. Lipid peroxidation: is mechanism, measurement, and significance. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 57, n. 5, p. S715-S725, 1993. Supplement.
- HARBACH, A. P. R.; COSTA, M. C. R.; SOARES, A. L.; BRIDI, A. M.; SHIMOKOMAKI, M.; SILVA, C. A. da. 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.

- HARMON, B. G.; HOGE, D. E.; JENSEN, A. H.; BAKER, D. H. Efficacy of ferrous carbonate as a hematinic for young swine. **Journal of Animal Science**, v. 28, p. 706-710, 1969.
- HARVEY, J. W. Microcytic Anemias. In: FELDMAN, B. F.; ZINKL, J. G.; JAIN, N. C. **Schalm's veterinary hematology**. 5. ed. Philadelphia: Lippincott Williams e Wilkins, 2000, p.200-204, 2000.
- HENTZE, W. M.; MUCHENTHALER, M. U.; ANDREWS, N. C. Balancing acts: molecular control of mammalian iron metabolism. **Cell**, Heidelberg, v. 117, p. 285-297, 2004.
- JARIWALLA, R. J.; SABIN, R.; LAWSON, S.; HERMAN, Z. S. Lowering of serum cholesterol and triglycerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. **Journal Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, Salt Lake City, v. 42, p. 18-28, 1990.
- JONGBLOED, A. W.; KEMME, P. A.; MROZ, Z. The role of microbial phytases in pig production, In: ENZYMES IN ANIMAL PRODUCTION, 1993, Kartause Ittingen. **Proceedings...**, Kartause Ittingen, Switzerland, 1993. p. 173-180.
- KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, Essex, v.36, n.1/2, p.169-189, 1984.
- KARPINSKA, M.; BOROWSKI, J.; DANOWSKA-OZIEWICZ, M. The use of natural antioxidants in ready-to-serve food. **Food Chemistry**, Washington, v. 72, n. 1, p. 5-9, 2001.
- KIM, T.; MULLANEY, E. J.; PORRES, J. M.; RONEKER, K. R.; CROWE, S.; RICE, S.; KO, T.; ULLAH, A. H.; DALY, C. B.; WELCH, R.; LEI, X. G. Shifting the ph profile of *Aspergillus niger* phya phytase to match the stomach ph enhances its effectiveness as an animal feed additive. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 72, n.6, p. 4397-4403, 2006.
- KLEVAY, L. M. Coronary heart disease: the zinc/copper hypothesis. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Berthesta, v. 28, p. 764-774, 1977.
- KORNEGAY, E. T. Phitase in poultry and swine phosphorus management. In: EASTERN NUTRITION CONFERENCE, 1996, Ottawa. **Proceedings...**Ottawa: CFIA, 1996, p. 71-113.
- KOURY, J. C.; DONANGELO, C. M. Zinco, estresse oxidativa e atividade física. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.16, n, 4, p. 433-441, 2003.
- KUBOW, S. Routes of formation and toxic consequences of lipid oxidation products in foods. **Free Radical Biology and Medicine**, New York, v.12, n.1, p.63-81, 1992.
- LEAL, E. S. **Extração, obtenção e caracterização parcial de ácido fítico do germen gross de milho e aplicação como antioxidante**, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.
- 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.

LEE, G. R.; BITHELL, T. C.; FORESTER, J.; ATHENS, J. W.; LUKENS, J. N. **Wintrobe: hematologia clínica**. 3. Ed. São Paulo: Manole, 1998. 2559 p.

LEE, J.; KOO, N.; MIN, D. B. Reactive oxygen species, aging, and antioxidative nutraceuticals. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, E.U.A., v. 3, p. 21-33, 2004.

LEE, S. H.; PARK, H. J.; CHUN, H. K.; CHO, S. Y.; CHO, S. M.; LILLEHOJ, H. S. Dietary phytic acid lowers the blood glucose level in diabetic KK mice. **Nutrition Research**, v. 26, n.9, p. 474-479, 2006.

LEESON, S. Recent advances in fat utilization by poultry. In: Recent Advances in Animal Nutrition in Australia. **Proceedings...**The University of New England, Armidale, NSW, 1993. p.170–181.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Nutrition of the chicken**. 4 ed. Guelph, Ontário: University Books, 2001. 591 p.

LEONHARD, M.; KREUZER, M.; WENK, C. Available iron and zink in major lean meat cuts and their contribution to the recommended trace element supply in Switzerland. **Nahrung**, 1997, v. 41, p. 289-292.

LEWIS, S. M.; BAIN, B. J.; BATES, I. **Hematologia prática de Dacie e Lewis**. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 572 p.

LIMA, G. A. F. M.; GROTO, H. Z. W. Avaliação das medidas de ferro sérico e capacidade de ligação do ferro à transferrina (TBIC) usando o método Synermed. **NewsLab**, São Paulo, v. 65, 2004.

LIMA, G. J. M. de. Grãos de alto valor nutricional para a produção de aves e suíno: Oportunidades e Perspectivas. In: XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001, Piracicaba. **Seminário...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001.

LINDER, M. C. Nutrition and Metabolism of the trace elements. In: **Nutritional Biochemistry and Metabolism with clinical applications**. Second edition. Elsevier Science Publishing Company. New York, New York C.7, p. 215-276, 1991.

LIRA, G. M.; SHIMOKOMAKI, M.; MANCINI-FILHO, J.; TORRES, E.A.F.S. Avaliação da oxidação lipídica em carne-de-sol. **Higiene Alimentar**, v. 14, n. 68, p. 66-69, 2000.

LOPEZ, H. W.; LEENHARDT, F.; COUDRAY, C.; REMESY, C. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? International. **Journal of Food Science and Technology**, v.37, p.727-739, 2002.

LUDKE, M. C. M. M.; LÓPEZ, J.; LUDKE, J. V.; NICOLAIEWSKY, S. Utilização da fitase em dietas com e sem farelo de arroz desengordurado para suínos em crescimento/terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2002-2010, 2002a.

- LUDKE, M. C. M. M.; LÓPEZ, J.; LUDKE, J. V. Fitase em dietas para suínos e crescimento: (I) Impacto ambiental. **Ciência Rural**, v.32, n.1, p.97-102, 2002b.
- MACHADO, A. A.; IZUMI, C.; FREITAS, O. Bases moleculares da absorção do ferro. **Alimentos Nutrição**, Araraquara, v.16, n.3, p. 293-298, jul./set. 2005.
- MARTINI, F. C. C. **Comparação entre a disponibilidade de ferro na presença de vitamina A e beta-caroteno em alimentos e medicamentos**. Piracicaba, 2002. 113p. Dissertação - (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- MAYNARD, L. A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. **Nutrição animal**. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. p. 260-335.
- McDOWELL, L. R. **Minerals in Animal and Human Nutrition**. Academic Press, San Diego, CA. 1992.
- MERTZ, W. ed. **Trace elements in Human and Animal Nutrition**. Academic Press, New York, NY.v.1, p.1-19, 1987.
- MIDORIKAWA, K.; MURATA, M.; OIKAWA, S.; HIRAKU, Y.; KAWANISHI, S. Protective effect of phytic acid on oxidative DNA damage with reference to cancer chemoprevention. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.288, n.3, p.552-557, 2001.
- 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, 1994.
- MONTEIRO, D. P. **Utilização de um suplemento alimentar a base de ferro quelatado em substituição ao ferro dextrano na fase pré-inicial de vida dos leitões**. Curitiba: Universidade Estadual do Paraná. 2006. Dissertação (Mestrado em ciências veterinárias) UFPR. Curitiba/PR. 2006.
- MOREIRA, I.; RIBEIRO, C. R.; FURLAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; KUBTSCHENKO, M. Utilização do farelo de germen de milho desengordurado na alimentação de suínos em crescimento e terminação – digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2238 – 2246, 2002.
- MORES, N.; CRISTANI, J.; PIFFER, I. A.; BARIONI JUNIOR, W.; LIMA, G. M. M. Effects of zinc oxide on postweaning diarrhea control in pigs experimentally infected with E. coli. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 50, n. 5, p: 513-523, 1998.
- MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J. P.; BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, n. 1, p. 73-86, 1998.
- NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH. **Dietary supplement fact sheet: Iron**, 2007. Disponível em: <<http://dietary-supplements.info.nih.gov/factsheets/iron.asp>>. Acesso em 17 nov. 2012.

- NOCERA, G. A. **Efeito da fitase e do diâmetro geométrico médio do milho na dieta sobre o desempenho de frangos de corte**. 2005. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- NOGUEIRA, R. B. **Fitases e fosfatases ácidas de milho germinado: hidrólise do fitato, extração, purificação e caracterização parcial**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)- Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.
- NUTRIENT REQUIREMENT OF SWINE - **NRC**. 10. ed. Washington: National Academic of Sciences, 1998.
- OLIVO, R. **Fatores que influenciam as características que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas**, 2005. Disponível em: <<http://www.globalfood.com.br/site/site/arquivos/03.pdf>>. Acesso em: 15 nov. 2012.
- ONOMI, S.; OKAZAKI, Y.; KATAYAMA, T. Effect of dietary level of phytic acid on hepatic and serum lipid status in rats fed a high-sucrose diet. **Bioscience Biotechnology and Biochemistry**, v. 68, n. 6, p. 1379-1381, 2004.
- OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E.; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**, v.28, n.4, p.655-663, 2005.
- OSTER, O. **Fleisch in der Ernährung: Der Beitrag von Fleisch zur Spurenelement – Elektrolyt – und Mineralienversorgung des Menschen in der Bundesrepublik Deutschland, unter besonderer Berücksichtigung von Selen**. Ed. By R. Klutze und H. Kasper, pp. 32-543. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1994.
- 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.
- PACHECO, G. D. **Efeitos do ácido fítico dietético e da enzima fitase em suínos na fase de terminação e ação do ácido fítico sobre a integridade epitelial das células IPEC – 1**. 127.f. Tese (Doutorado em Ciência Animal). Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2010.
- 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** (Impresso), v. 33, p. 819-828, 2012.
- PAIVA, R.; MARGATO, C. **Anemia ferropênica**. Diagnóstico e avaliação: Disponível em: <<http://lusomed.sapo.pt/Xn300/457536.html>>. Acesso em: 17 jan. 2002.
- PESCE, D. M. C. Microminerais protegidos em nutrição animal. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n. 39, p. 85-91, 2002.

PICKETT, R. A.; PLUMLEE, M. P.; SMITH, W. H.; BEESON, W. M. Oral iron requirement of the early-weaned pig. **Journal of Animal Science**, v. 19, p. 1284, 1960 (Abstr.).

PIETRUZKA, A.; JACYNO, E.; KOŁODZIEJ, A.; KAWECKA, M.; ELZANOWSKI, C.; MATYSIAK, B. Effects of L-carnitine and iron diet supplementations on growth performance, carcass characteristics and blood metabolites in fattening pigs. **Agricultural and Food Science**, v. 18, p. 27-34, 2009.

PINO, L. M. **Estabilidade oxidativa da carne de frangos alimentados com diferentes fontes lipídicas, armazenadas sob congelamento**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Ciência dos Alimentos, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

PLAAMI, S. Myoinositol phosphates: analysis, content in foods and effects in nutrition. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**. Amsterdam, v.30, p.633-647, 1997.

PONNAMPALAM; E.; JAYASOORIYA, D.; DUNSHEA, F.; GILL, H. **Nutritional strategies to increase the selenium and iron content in pork and promote human health**, 2009a. Disponível em: < http://www.porkcrc.com.au/3A-102_Final_Report_0905.pdf >. Acesso em: 13 nov. 2012.

PONNAMPALAM; E.; JAYASOORIYA, D.; DUNSHEA, F.; GILL, H. **Nutritional manipulation of iron level in finisher pigs and fresh pork**, 2009b. Disponível em: < http://www.apri.com.au/3A-108-_Iron_manipulation_in_pork_-_Final_Report.pdf >. Acesso em: 13 nov. 2012.

PUPA, J. M.; ORLANDO; U. A. D.; HANNAS, M. I; LIMA, I. L. Níveis nutricionais utilizados nas dietas de suínos no Brasil. In SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. 2005, Viçosa. **Anais...**Ed. Viçosa: UFV, 2005.p.349-374.

QUIRRENBACH, H. R.; KANUMFRE, F.; ROSSO, N. D.; FILHO CARVALHO, M. A. Comportamento do ácido fítico na presença de Fe(II) e Fe(III). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.29, n.1, p.24-32, 2009.

RABOY, V. Myo-Inositol-1,2,3,4,5,6-hexakisphosphate. **Phytochemistry**, v.64, n.6, p.1033-1043, 2003.

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

REDDY, N. R., SATHE, S. K., SALUNKHE, D. K. Phytates in legumes and cereals. **Advances in Food Research**, New York, v.28, p.1-92, 1982.

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.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; BARBOZA, W. A.; SANTANA, R. T. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, (supl.), 1767-1777, 2001a.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; BARBOZA, W. A.; NUNES, R. V. Aminoácidos digestíveis verdadeiros do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com Galos Adultos Cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, (supl.), p.2046-2058, 2001b.

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**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 3. ed., 2011. 252p.

SANTOS FILHO, J. M.; MORAIS, S. M.; BESERRA, F. J.; ZAPATA, J. F. F. Lipídios em carnes de animais utilizados para consumo humano: Uma Revisão, **Ciência Animal**, v.11, n.2, p.87-100, 2001.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. Características da carne suína. Universidade Federal do Espírito Santo-UFES, **Boletim técnico – PIE – UFES**. 00907, 2007.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, A.; BRYDEN, W. L. Phytate and phytase: consequences for protein utilization. **Nutrition Research Reviews**, n. 13, p. 255-278, 2000.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v. 135, p. 1-41, 2007.

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. **Livestock Science**, v.113, p.99-122, 2008.

SELVAN, R. Calcium oxalate stone disease: role of lipid peroxidation and antioxidants. **Urological Research**, v. 30, n. 1, p. 35-47, 2002.

SENER, F.; SCHERZ, H. **Der Kleine Souci-Fachmann-Kraut, Lebensmitteltabelle für die Praxis**, 2. Auflage Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1991.

SEVANIAN, A.; HOCHSTEIN, P. Mechanisms and consequences of lipid peroxidation in biological systems. **Annual Reviews of Nutrition**, Palo Alto, v.5, p. 365-390, 1985.

SEYNAEVE, M.; JANSSES, G.; HESTA, C.; VAN NEVEL, C.; WILDE, R. O. Effects of dietary Ca/P ratio, P level and microbial phytase supplementation on nutrient digestibilities in growing pigs: breakdown of phytic acid, partition of P and phytase activity along the intestinal tract. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, n. 83, p.193-204, 1999.

SLATER, T. F.; CHEESEMAN, K. H.; DAVIES, M. J.; PROUDFOOT, K.; XIU, W. Free radical mechanisms in relation to tissue injury. **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v.46, n.1, p.1-12, 1987.

SOARES, L. L. P.; SILVA, C. A.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; CABRERA, L.; HOSHI, E. H.; SILVA, M. A. A. da.; CANTERI, R. C. Farelo de germen de milho desengordurado na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1768-1776, 2004.

SOBESTIANSKY, J.; BARCELLOS, D. E. S. N.; MORAES, N.; CARVALHO, L. F. O. S.; OLIVEIRA, S. J.; MORENO, A. M. M.; ROEHE, P. M. (Edit.). **Clínica e patologia suína**. 2 ed. Goiânia: Art 3 Impresses Especiais, 1999. 464p.

SOMASUNDAR, P.; RIGGIS, D. R.; JACKSON, B. J.; CUNNINGHAM, C.; VONA-DAVIS, L.; McFADDEN, D.W. Inositol hexaphosphate (IP6): a novel treatment for pancreatic cancer. **Journal of Surgical Research**, v.126, n.2, p. 199-203, 2005.

STORCKSDIECK, S.; HURRELL, R. F. Iron-binding properties, amino acid composition, and structure os muscle tissue peptides from invitro digestion of different meat sources. **Journal of Food Science**, v. 77, p. 519-529, 2007.

SOUZA, V. L. F. de; 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**, 5 th edn. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, 1994.

STODOLAK, B.; STARZYNSKA, A.; CZYSZCZON, M.; ZYLA, K. The effect of phytic acid on oxidative stability of raw and cooked meat. **Food Chemistry**, v.101, p.1041–1045, 2007.

TANG, S.; KERRY, J. P.; SHEEHAN, D.; BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. **Food Research International**, Ontario, v. 34, n. 8, p. 651-657, 2001.

THOMPSON, L. U.; ZHANG, L. Phytic acid and minerals: effects on early markers of food products of cereals and colon carcinogenis. **Carcinogenesis**, New York, v.12, p. 2041-2045, 1991.

TORRE, M.; RODRIGUEZ, A. R.; SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.1, n.1, p.1-22, 1991.

ULLAH, A.; SHANSUDDIN, A. M. Dose-dependent inhibition of large intestinal cancer by inositol hexaphosphatein F 344 rats. **Carcinogenesis**, New York, v.11, p.2219-2222, 1990.

UNDERWOOD, E. J.; **Nutrition Reviews: Present Knowledge in Nutrition**. 5. ed. Washington: The Nutrition Foundation Inc., 1984. 528. p.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. 3. ed. Wallingford: CABI, 1999, 614 p.

- VAN LAACK, R. L. J. M.; KAUFFMAN, R. G.; SYBESMA, F. J. M.; SMULDERS, F. J. M.; EIKELBOOM, G.; ET PINHEIRO, J. C. Is colour brightness (L-Value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle? **Meat Science**, v. 38, n.2, p. 193-201, 1994.
- VELAZCO, J. Aplicación de antioxidantes naturales em productos cárnicos. **Carnetec**, Chicago, v. 12, n. 1, p. 35-37, 2005.
- VUCENIK, I.; SAKAMOTO, K.; BANSAL, M.; SHAMSUDDIN, A. M. Inhibition rat mammary carcinogenesis by inositol hexaphosphate (phitic acid). A pilot study. **Cancer Letters**, Clare, v. 75, p. 95-102, 1993.
- WALLACH, J.; KANAAN, S. **Interpretação de exames laboratoriais**. Rio de Janeiro: Medsi, 2003. 1067 p.
- WALZ, O. P.; PALLAUF, J. Zur wirkung von geschutzem DL- methionine beim ferkel. **100 th Vdlufa Congress**, Bonn. 19-27 September, 1998.
- WANG, Z. ; KORNEGAY, E. T.; WOOD, C. M.; LINDEMANN, M. D. **Influence of supplemental chromium picolinate on nitrogen balance, dry matter digestibility and leanness in growing-finishing pigs**. M.S. Thesis. Virginia Polytechnic Institute and State University. 1995.
- WIGNEZ, H.; BOSE, M. C. V. Milho e Sorgo. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. de. **Nutrição de bovinos**. Piracicaba: FEALQ, 2000. p.229-257.
- WONG, P. Y. Y.; KITTS, D. D. An iron binding assay to measure activity of known food sequestering agentes: studies with buttermilk solids. **Food Chemistry**, v.72, n.2, p.245-254, 2001.
- WYATT, C. J.; TRIANA-TEJAS, A. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in northern Mexico. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington DC, v.43, n.10, p.2204-2209, 1994.
- YANG, G. Y.; SHAMSUDDIN, A. M. IP6-induced growth inhibition and differentiation of HT-29 human colon cancer cells: involvement of intracellular inositol phosphates. **Anticancer Reseach**, Attiki, v.15, n.6, p.2479-2487, 1995.
- ZAGO, A.; FALCÃO, R. P.; PASQUINI, R. **Hematologia: fundamentos e prática**. São Paulo: Atheneu, 2001. 1081p.
- ZHOU, J. R., ERDMAN, J. W. Phytic acid in the health and disease. **CRD Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.35, n.6, p.495-508, 1995.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar os efeitos e as possíveis interações do ácido fítico e do ferro inorgânico dietéticos na alimentação de suínos em fase de terminação sobre características de desempenho, perfil sérico, carcaça e qualidade da carne.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as características de desempenho dos suínos em fase de terminação submetidos à dieta com diferentes níveis de ácido fítico e ferro inorgânico;
- Avaliar as características de carcaça e a qualidade da carne suína de animais submetidos à dieta com diferentes níveis de ácido fítico e ferro inorgânico;
- Avaliar o efeito do ácido fítico e o ferro inorgânico dietéticos na estabilidade lipídica da carne suína;
- Avaliar o perfil sérico de suínos em terminação que receberam dietas suplementadas ou não com ferro inorgânico e com adição de dois níveis de ácido fítico.

4 ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO

Artigo 1 – Avaliação do ácido fítico e do ferro inorgânico dietéticos sobre o desempenho zootécnico, características de carcaça e o perfil sérico de suínos em fase de terminação

Artigo 2 – Avaliação do ácido fítico e do ferro inorgânico dietéticos sobre a qualidade da carne suína refrigerada

4.1 ARTIGO 1:

AVALIAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO DIETÉTICOS SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E O PERFIL SÉRICO DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO

Artigo editado de acordo com as normas de publicação da *Revista Semina*

RESUMO: O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do ácido fítico e do ferro inorgânico dietéticos para suínos em fase de terminação sobre o desempenho zootécnico, características de carcaça e o perfil sérico. Foram utilizados 40 suínos, machos castrados, na fase de terminação, de genética comercial, com peso médio inicial e desvio padrão de $64,34 \pm 6,64$ kg e idade média de 108 dias. Os animais foram pesados e alojados individualmente em baias de alvenaria e piso compacto, com dimensão de 3 m^2 , onde receberam água e ração à vontade durante o período de 30 dias. Foram avaliados o consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em modelo fatorial 2×2 , sendo os fatores correspondentes às dietas com e sem ferro inorgânico suplementar e com dois níveis de ácido fítico (AF) na ração, alto (4,85%) e baixo (2,98%). O farelo de gérmen de milho desengordurado representou um recurso para incrementar a concentração de ácido fítico na ração. Ao atingirem $100,76 \pm 6,54$ kg de peso médio, os animais foram abatidos em frigorífico comercial e submetidos à avaliação das características de carcaça. Durante o abate, na sangria, foi realizada a coleta de sangue, para determinação do eritrograma e dosagem de ferro. Não foram verificadas diferenças ($P > 0,05$) entre os fatores para o desempenho, perfil sérico e características de carcaça. O uso de dietas com valores de ácido fítico mais elevados que àquelas formuladas à base de milho e farelo de soja, com a suplementação (25g Fe/kg de premix) ou sem a suplementação de ferro inorgânico, são plenamente possíveis de serem utilizados para suínos em fase de engorda sem prejuízos nos parâmetros séricos, de desempenho e de carcaça.

Palavras Chave: Antioxidante natural. Mineral. Qualidade de carcaça.

EVALUATION OF DIETARY PHYTIC ACID AND INORGANIC IRON ON THE PERFORMANCE, CHARACTERISTICS OF CARCASS, SERUM PROFILE OF FINISHING PIGS

ABSTRACT: The present work aimed to evaluate the effect of phytic acid and inorganic dietary iron for finishing pigs on performance, carcass traits and serum profile. Forty (40) pigs were used in the study. All the animals were barrows, with commercial genetics, initial average weight and standard deviation of 64.34 ± 6.64 kg and average age of 108 days. The animals were weighed and placed in individual masonry stalls with compact floor, with an area of 3 m^2 , where they received water and feed *ad libitum* during a 30-day period. We evaluated the daily feed intake,

daily weight gain and feed conversion. The experimental design was randomized blocks, in 2 x 2 factorial design with the factors corresponding to diets with and without supplementary inorganic iron and with two levels of phytic acid (FA) in the diet, high (4,85%) and low (2,98%). The defatted corn germ meal (DCGM) represented a resource to increase the concentration of phytic acid in the diet. Once the animals reached the average weight of 100.76 ± 6.54 kg, they were slaughtered in a commercial abattoir in the region and submitted to evaluation of carcass traits. In the slaughter, during the bleeding, blood was collected to evaluate the serum profile: erytrogram determination and the iron rates. There were no differences ($P > 0,05$) among the factors in terms of the performance, serum profile, and carcass traits. The use of diets with higher levels of phytic acid than the ones formulated from corn and soybean bran, with the supplementation (25g Fe/Kg of premix) or without the supplementation of inorganic iron, are fully possible and suitable for pigs in the weight gain phase without any loss in serum parameters, performance and carcass.

Keywords: Natural antioxidant. Mineral. Carcass quality.

4.1.1 Introdução

A suinocultura brasileira nos últimos anos tem apresentado um crescente desenvolvimento produtivo e tecnológico para se tornar mais competitiva em relação às demais proteínas animais, como bovinos e frangos (LIMA et al., 2012). O crescimento da atividade envolve cenários otimistas em virtude da maior aceitação por parte do consumidor pela carne suína, aumentando o consumo interno e a abertura de novos mercados externos (RISTOW, 2007).

Um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos tenros, suculentos e com cor e sabor agradável e que estas características mantenham-se estáveis durante toda a sua vida útil, com a maior segurança e o menor custo possível. Neste aspecto, o conhecimento das propriedades funcionais das matérias-primas e os fatores que as influenciam são imprescindíveis para garantir a satisfação dos clientes e os resultados econômicos dos fabricantes (BRAGAGNOLLO; AMAYA, 2002).

A carne suína é a mais consumida no mundo e apresenta uma excelente composição lipídica devido à grande quantidade de ácidos graxos insaturados, contudo, este perfil graxo a caracteriza como um produto bastante susceptível à oxidação. A utilização de antioxidantes e a manipulação de minerais na dieta, principalmente o ferro, dada a sua alta capacidade pro-oxidante, podem ser condutas adequadas para minimizar este problema. A investigação do uso de antioxidantes naturais neste aspecto tem constituído uma meta paralela para este fim em razão dos riscos que os produtos sintéticos oferecem a saúde humana. Neste

contexto, o ácido fítico é considerado um antioxidante natural, podendo ser utilizado na alimentação de suínos (SOUSA; SILVA; CARNEIRO, 2003).

Concomitante, a manipulação dos valores do mineral ferro na dieta para minimizar a oxidação da carne ainda transita na esfera da pesquisa, não obstante seja sabido que a interação do mineral e de outros agentes pro-oxidantes com os ácidos graxos poli-insaturados, resulta na geração de radicais livres e na propagação das reações oxidativas. A extensão destas reações poderá comprometer a qualidade final dos produtos industrializados, o que geralmente será detectado somente durante a vida útil (O'GRAD et al., 2000).

Alguns produtos têm sido recentemente avaliados visando atender as necessidades antioxidantes indiretamente veiculados por meio das rações animais. Neste aspecto, o farelo de gérmen de milho desengordurado tem se apresentado como um ingrediente nutricional e com alta capacidade antioxidante quando participa na formula das rações de suínos em fase de terminação, dada a elevada presença de ácido fítico em sua composição (PACHECO et al., 2012).

Diante desses fatores, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos e a possível interação do ácido fítico, contido principalmente no farelo de gérmen de milho desengordurado (FGMD) e a suplementação de ferro inorgânico na dieta de suínos em terminação sobre os parâmetros produtivos, consumo de ração; ganho de peso diário e conversão alimentar, bem como o perfil sérico e características de carcaça.

4.1.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL)-PR, sendo o projeto aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais, processo CEUA Nº 16275.2012.43. Foram utilizados 40 suínos machos castrados, na fase de terminação, de genética comercial, com peso médio inicial de $64,34 \pm 6,64$ kg e idade média de 108 dias. Os animais foram alojados individualmente em baias de alvenaria, com piso compacto, com 3 m² de área, onde receberam água e ração à vontade durante o período experimental 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 e com dois níveis de ácido fítico (AF) na ração, alto (4,85%) e baixo (2,98%). O FGMD representou um

recurso para incrementar a concentração de ácido fítico na ração. Foram utilizados 10 repetições, sendo cada repetição representada por um animal. Os grupos experimentais foram formados de acordo com o peso inicial dos animais, em 2 blocos (leves e pesados).

As rações apresentaram-se isoprotéicas, isolisínicas e isoenergéticas. Dois premixes minerais foram utilizados: um com 25g de Fe (FeSO_4)/kg de premix e outro isento deste mineral. As rações dos diferentes tratamentos foram submetidas à análise para determinação do Fe, Cu, Zn, Mn e Mg, no laboratório da VITAGRI - BUNGE FERTILIZANTES-SERRANA NUTRIÇÃO, segundo metodologias recomendadas pela AOAC (1984).

O ácido fítico foi determinado nas matérias-primas milho, farelo de soja e farelo de germen de milho desengordurado (FGMD) e nas rações, segundo a metodologia descrita por Latta e Eskin (1980) e modificado por Ellis e Morris (1986), no laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina. Os demais valores nutricionais das rações foram calculadas segundo as tabelas de composição nutricional estabelecidas por Rostagno et al. (2011). Nas rações onde se objetivou incrementar o nível de ácido fítico, foi adotada a inclusão de 40% de FGMD. 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.

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 ¹	-	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 ²	-	-	2,00	2,00
Premix Sem Ferro ³	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) ⁴	138,0	141,5	213,5	252,0
Cu (mg/kg) ⁴	152,0	128,0	146,5	158,5
Zn (mg/kg) ⁴	321,0	203,5	188,5	178,0
Mn (mg/kg) ⁴	94,60	72,60	79,50	84,70
Mg (mg/kg) ⁴	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 (%) ⁵	2,98	4,85	2,98	4,85

Fonte: Elaboração dos autores.

¹ Farelo de Germen de Milho Desengordurado

² 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

³ Premix semelhante ao descrito acima exceto não possuir ferro

⁴ Determinados pelas técnicas descritas no AOAC (1984).

⁵ Determinado pela técnica descrita por Latta e Eskin (1980) e modificado por Ellis e Morris (1986).

Como parâmetros de desempenho foram avaliados o ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar.

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

Durante o abate, na calha de sangria, foi realizada coleta de sangue de cada animal (10 mL), utilizando-se seringas descartáveis (20 mL). Na sequência, uma fração de 2 mL foi colocada em tubo de vidro com anticoagulante etilenodiaminotetracetato de potássio (EDTA) a 10% para realização do eritograma, e 8 mL de sangue foram colocados em tubo de vidro sem anticoagulante para obtenção do soro.

As amostras com anticoagulante foram encaminhadas ao laboratório e as análises foram realizadas por meio de métodos hematológicos tradicionais (JAIN, 1993), compreendendo: contagem total de hemácias, realizada através da técnica do hematocítmetro manual; determinação do volume globular ou hematócrito, por meio da técnica de microhematócrito (Centrifuga para microhematócrito, Fanem®); mensuração da hemoglobina, por meio da técnica de cianometahemoglobina com leitura espectrofotométrica (Bio 200, Bioplus®); cálculo dos índices hematimétricos: volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM) e concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM).

As amostras sem anticoagulante foram mantidas em banho-maria a 37° por 20 minutos, sendo em seguida centrifugadas a 3.000 rpm por dez minutos. Os soros, após a separação, foram congelados a temperatura de -20°C, até o momento da realização dos exames.

No soro foi avaliada a concentração sérica de ferro, por meio de kits enzimáticos colorimétricos (Analisa®) e a leitura realizada por meio do analisador bioquímico colorimétrico Airone 200®. Para obtenção da leucometria foi utilizada a técnica do hematocítmetro e a contagem diferencial de cem células em esfregaço corado pelo método panótico rápido (JAIN, 1993).

Após a sangria, escaldagem e evisceração, as carcaças foram divididas ao meio longitudinalmente, pesadas e mantidas na câmara fria durante 24 horas à temperatura de 2 ± 1 °C.

As carcaças foram avaliadas individualmente de acordo com as orientações de Bridi e Silva (2009), onde as carcaças, sem o crânio e com preservação da máscara, foram pesadas ao final do abate e 24 horas após, obtendo-se o peso da carcaça quente (PCQ), o peso da carcaça fria (PCF), o rendimento da carcaça (RC) e a perda de peso da carcaça pelo resfriamento (PPCR). As características, espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM) e área de olho de lombo (AOL) foram medidas nas meias carcaças direitas, 24 horas após o abate. A espessura de toucinho e a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* foram medidas na altura da última costela a 6 cm da linha do corte. A partir dessas medidas, estimou-se o rendimento e a quantidade de carne na carcaça (RCC e QCC), de acordo com a metodologia de Guidoni (2000).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SAEG (1997).

4.1.3 Resultados e Discussão

Os resultados referentes ao desempenho zootécnico (Tabela 2) demonstram que os fatores não influenciaram ($P > 0,05$) o desempenho dos animais para todas as variáveis analisadas, não havendo também efeito de interação entre os tratamentos.

Tabela 2 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis peso inicial (PI), peso final (PF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Parâmetros			
	PF (kg)	CDR (kg)	GDP (kg)	CA
Sem Ferro	100,73(6,11)	3,25(0,39)	1,06(0,15)	3,08(0,23)
Com Ferro	102,52(4,42)	3,28(0,32)	1,08(0,12)	3,07(0,32)
Baixo AF	101,62(5,30)	3,24(0,39)	1,05(0,15)	3,11(0,22)
Alto AF	102,06(5,50)	3,29(0,31)	1,09(0,11)	3,04(0,34)
Ferro	NS	NS	NS	NS
AF	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	5,40	11,15	12,66	9,31

NS- Não significativo ($P > 0,05$).

Fonte: Elaboração dos autores.

No que se refere à participação do FGMD como principal fonte de ácido fítico (AF), a sua inclusão não influenciou ($P>0,05$) o desempenho dos animais, portanto a utilização do FGMD como fonte alternativa, substituindo o milho em 40%, pode ser utilizada sem haver comprometimento nos parâmetros zootécnicos. Neste contexto, sugere-se que o ácido fítico não teve efeito antinutricional, não interferindo ou interagindo num nível negativo com o ferro e outros nutrientes essenciais para a performance dos animais.

Este resultado concorda com Harbach et al. (2007) e Pacheco et al. (2012), que avaliando o desempenho de suínos em terminação, recebendo dietas sem e com (40%) de FGMD, observaram ausência de diferença ($P>0,05$) para os parâmetros de desempenho.

Segundo Costa et al. (2011), a inclusão de diferentes níveis (0, 10, 20 e 40%) de FGMD em rações de suínos em fase de terminação, durante 25 dias pré abate, não alterou o desempenho dos animais, independentemente do nível utilizado. A inclusão de até 50% do FGMD para suínos durante 7, 14 ou 21 dias antes do abate, também não influenciou o desempenho. Entretanto, Soares et al. (2004), ao incluir o FGMD em até 30% nas rações de suínos em terminação, verificaram efeito linear decrescente no consumo diário de ração, sendo este atribuído à maior adição de óleo de soja nas rações com níveis progressivamente maiores de FGMD, o que limitou o consumo pelo incremento da concentração energética das rações.

Moreira et al. (2002), utilizando rações para suínos na fase de terminação com diferentes inclusões de FGMD (0 a 45%), observaram que o ganho de peso e a conversão alimentar dos animais pioraram de forma linear com a inclusão do FGMD e sugeriram que a causa desta piora foi devido a menor digestibilidade do farelo.

Em síntese, rações que têm maior presença de ácido fítico em relação àquelas formuladas à base de milho e farelo de soja (que detém menores níveis de ácido fítico) não são comprometedoras para os parâmetros de desempenho, preservado o fato de que o veículo utilizado (FGMD), por ser um ingrediente menos energético, demanda maior inclusão de óleo, além de possíveis efeitos negativos vinculados à palatabilidade que confere à dieta para animais em fase de terminação (MOREIRA et al., 2002).

Em relação à suplementação ou não de Fe Inorgânico, não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nos valores de desempenho. Os resultados foram semelhantes aos obtidos por Apple et al. (2007), que ao testarem diferentes níveis de ferro na ração (premix com 100 ppm de Fe (FeSO_4)/ kg e premix sem Fe), bem como a substituição por uma fonte orgânica (Avalia-

Fe: 50, 100 e 150 ppm de Fe), para suínos em fase de terminação, verificaram que não houve interferência nas características produtivas avaliadas. Os resultados também se identificaram com os obtidos por Oliveira et al. (2010), que avaliaram o desempenho de suínos em terminação frente à retirada completa dos suplementos micromineral/vitamínico.

Ponnampalam et al. (2009) verificaram que uso do ferro proveniente de fontes orgânicas (5% Fibruline[®] chicory fibre) e (Bioflex- 500 ppm de Fe) também não afetou os parâmetros de desempenho.

Utilizando uma fonte de ferro orgânica (Availa-Fe), Yu; Huang e Chiou (2000) e Sadoris et al. (2003) verificaram que o ganho de peso diário, o consumo diário e a eficiência alimentar não foram afetados pela suplementação de dietas de suínos com 30 a 120 ppm do mineral.

Dove e Haydon (1991) também não conseguiram detectar efeito da suplementação de 50 a 300 ppm de ferro na dieta de suínos na fase de terminação sobre os parâmetros de desempenho. Semelhante aos resultados de Harmon et al. (1969) e Dowe; Ewan (1990), o desempenho de suínos na fase de terminação, não foi alterado quando os níveis de ferro variaram entre 34 a 1.000 ppm.

Um possível efeito interativo com a formação de complexos ferro-fitato, com resultados que levem a piora da disponibilização do ferro, não foram evidentes sobre as características de desempenho, assim como foi tratado por Zago; Falcão; Pasquim (2001).

McGlone (2000) afirma que as deficiências de minerais e vitaminas levam semanas ou meses para produzir manifestações clínicas em suínos, e dietas para esta espécie geralmente são formuladas para exceder as necessidades nas diferentes fases de desenvolvimento.

Na visualização dos resultados do hemograma, após 30 dias de experimento (Tabelas 3 e 4), observa-se que não houve diferença ($P>0,05$) entre os fatores e tampouco foram observados efeitos de interação, com exceção do RDW (amplitude de distribuição do tamanho das hemácias) que foi superior para a dieta com baixo ácido fítico. Ademais, todos os valores encontrados permaneceram dentro dos valores de referência, de acordo com Kaneko, Harvey e Bruss (1997), indicando o não comprometimento da maior presença de ácido fítico e limitação do ferro na dieta sobre estas características. Os valores de RDW, que revelam um quadro de anisocitose, enquadraram-se nos intervalos de referências propostos por Kaneko, Harvey e Bruss (1997), sendo, portanto, considerados normais (Tabela 4). Segundo Allard, Carlos e Faltin (1989)

e Lowseth et al. (1993), os animais domésticos podem apresentar variações nos valores hematológicos dependendo da raça, idade, sexo, estado nutricional, condições ambientais, alterações comportamentais, estado clínico e método de análise da amostra.

Tabela 3 – Médias e (desvios-padrão) dos valores de hemácia, hematócrito (HT), concentração de hemoglobina (HB), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM) do sangue de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Parâmetros					
	Hemácias (x10 ⁶ /µL)	HT (%)	HB (g/dL)	VCM (fL)	HCM (fL)	CHCM (%)
Sem Ferro	8,35 (0,68)	46,05 (2,93)	13,84 (0,93)	55,42 (4,09)	16,55 (0,87)	30,04 (1,59)
Com Ferro	8,46 (0,92)	47,76 (4,38)	14,26 (1,22)	56,41 (3,16)	16,86 (0,71)	30,01 (1,15)
Baixo AF	8,51 (0,84)	47,22 (3,62)	14,13 (1,10)	55,50 (4,39)	16,61 (0,94)	30,10 (1,75)
Alto AF	8,29 (0,77)	46,55 (3,51)	13,96 (1,09)	56,38 (2,61)	16,82 (0,62)	29,95 (0,82)
Ferro	NS	NS	NS	NS	NS	NS
AF	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	8,760	8,227	7,453	5,682	4,633	4,380

NS - Não significativo (P>0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 4 – Médias e (desvios-padrão) dos valores da distribuição do diâmetro dos eritrócitos (RDW), linfócito (Linf.), leucócito (LC) e neutrófilo segmentado (Seg) do sangue de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Parâmetros			
	RDW (%)	Linf. (%)	LC. (x 10 ³ /mm ³)	Seg (%)
Sem Ferro	16,21 (1,09)	56,22 (11,59)	16283,33 (5277,171)	41,44 (11,87)
Com Ferro	16,20 (0,62)	54,88 (12,14)	15861,11 (3068,653)	42,83 (11,88)
Baixo AF	16,43 (0,90) a	55,31 (12,93)	16789,47 (4766,771)	42,10 (13,24)
Alto AF	15,96 (0,77) b	55,82 (10,59)	15260,59 (3583,079)	42,17 (10,18)
Ferro	NS	NS	NS	NS
AF	*	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	4,88	21,30	27,581	27,951

a,b letras distintas nas coluna, para cada fator, indicam diferença (P<0,05)

NS - Não significativo (P>0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

Considerando o fator ácido fítico, Pacheco et al. (2012), avaliando o hemograma de suínos submetidos à dietas com alta concentração de ácido fítico e a enzima

exógena fitase, não observaram comprometimento da maior presença do ácido fítico na dieta e da adição de fitase na ração sobre os parâmetros hematológicos. Os resultados obtidos se identificaram com este trabalho, quando a alta concentração de ácido fítico e a ausência de fitase constituíram um fator dietético.

Pode-se considerar que as dietas de suínos em terminação com e sem ferro inorgânico e com alta e baixa concentração de ácido fítico não desencadearam alterações nos parâmetros hematológicos, portanto, sem reflexos nos parâmetros de desempenho. Desta forma sugere-se que os níveis de ferro das rações experimentais atenderam às exigências nutricionais para a fase, e hipoteticamente o ácido fítico não comprometeu sua disponibilidade.

Para o parâmetro ferro sérico houve interação entre os fatores ferro e ácido fítico (Tabela 5), indicando que sob um menor nível de ácido fítico e com a suplementação de ferro inorgânico na dieta, os suínos apresentaram valores menores de ferro no sangue ($P < 0,05$), entretanto, os valores apresentados permaneceram dentro de uma faixa normal para a espécie suína, 91 a 199 $\mu\text{g/dL}$, segundo Kaneko, Harvey e Bruss (1997).

Tabela 5 – Interação entre ferro (Fe) e ácido fítico (AF) para o parâmetro de Ferro (Fe) ($\mu\text{g/dL}$) do sangue de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Baixo AF	Alto AF
Sem Ferro	165,90 (51,28) A a	152,25 (56,50) A a
Com Ferro	131,27 (30,41) B b	182,07 (32,25) A a
CV% 24,53		P = 0,018

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes nas linhas e letras maiúsculas diferentes nas colunas indicam diferença no teste de Tukey ($P=0,018$)

Fonte: Elaboração dos autores.

De acordo com os resultados, os animais que apresentaram maior quantidade de Ferro sérico foram aqueles que receberam na dieta ferro inorgânico com a presença de FGMD, o que demonstra que o ácido fítico na dieta não apresentou o papel de antinutriente na ração (Tabela 5).

A absorção do ferro em monogástricos é influenciada por vários fatores, como: idade, status de ferro no organismo, forma química do ferro, quantidade e proporção de outros minerais na dieta (ALENCAR; KOHAYAGAWA; CAMPOS, 2002). Desta forma, verifica-se no presente estudo, conforme composição percentual (Tabela 1), que nos tratamentos com alta

concentração de ácido fítico (4,85%), os níveis de magnésio (Mg) também aumentaram (1.310 para 3.070mg/kg e 1.300 para 3.365 (mg/kg)³). Assim sugere-se que a presença de outros minerais divalentes, bem como o magnésio (Mg), podem competir com o sítio de absorção do ferro.

De acordo com Grotto (2008), a deficiência de ferro acarreta consequências como a anemia, e o excesso de ferro tem efeito tóxico para os tecidos, havendo então a necessidade de um equilíbrio no metabolismo do mineral (homeostase). A quantidade de ferro absorvida é regulada pela necessidade do organismo. Assim, em situação em que há falta de ferro ou aumento da necessidade, há uma maior absorção de ferro. Dentro da homeostase do ferro, os mecanismos de excreção são menos desenvolvidos e eficazes do que aqueles que regulam a absorção e distribuição.

Neste contexto, estima-se que na fase de terminação os suínos apresentam menor necessidade de ferro absorvido para manutenção do *status* de ferro no organismo (ALMEIDA et al., 2007a). Portanto, um animal adulto, com as reservas plenas (estoque de ferro), exceto por perda de sangue ou outras condições patológicas, necessita de menores níveis de ferro na ração, tornando-se por base a tabela brasileira de Rostagno et al. (2011).

Considerando os resultados obtidos, não foram observadas alterações importantes na quantidade de ferro sérico e nos parâmetros relacionados ao hemograma, independente dos tratamentos. Provavelmente este quadro se justificou dado o período experimental, além dos animais pertencerem a uma categoria cujo estoque de ferro é elevado e as demandas do mineral para a manutenção do *status* de ferro no organismo é menor em relação à categoria mais jovem.

Estes resultados foram semelhantes ao estudo de Ponnampalam et al. (2009), que verificaram que o nível de ferro sérico foi maior nos suínos que foram suplementados com ferro orgânico, intermediário com inulina ou inulina + ferro, e menor em suínos com dieta controle. Contudo, não houve diferença nos níveis de hemoglobina ou contagem de células vermelhas do sangue entre os diferentes tratamentos.

Almeida et al. (2007b), ao avaliarem o metabolismo do ferro por meio da determinação do eritrograma de suínos em fase de terminação, alimentados com dietas contendo fitase, sem suplemento micromineral/vitamínico e redução dos níveis de fósforo inorgânico (Pi), encontraram que a redução do fósforo inorgânico, a retirada do suplemento vitamínico e mineral,

bem como a adição da fitase, não desencadearam alterações significativas no metabolismo de ferro.

Os resultados deste trabalho também se apresentaram semelhantes aos obtidos por Nunes (2000), que avaliou o hemograma de suínos na fase de terminação (até 100 kg de peso vivo) frente à retirada dos suplementos micromineral/vitamínica e não identificaram diferenças entre os tratamentos.

Os dados referentes às características de carcaça estão apresentados nas Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis peso vivo final (PV), peso da carcaça quente (PCQ), peso da carcaça resfriada (PCR), rendimento de carcaça (RC) e rendimento de carne na carcaça resfriada (RCC) de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Parâmetros			
	PCQ(kg)	PCR (kg)	RC (%)	RCC (%)
Sem Ferro	76,03 (4,52)	73,78 (4,32)	75,50 (1,54)	48,79 (3,05)
Com Ferro	77,62 (3,98)	75,40 (3,99)	75,70 (1,15)	48,91 (3,12)
Baixo AF	76,82 (3,83)	74,30 (3,66)	75,62 (1,43)	48,83 (2,46)
Alto AF	77,19 (4,82)	74,90 (4,84)	75,57 (1,28)	48,87 (3,66)
Ferro	NS	NS	NS	NS
AF	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	5,70	5,77	1,83	6,50

NS- Não significativo (P>0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 7 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis, perda de peso na carcaça no resfriamento (PERCR), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), área de olho de lombo (AOL) de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e com baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Parâmetros			
	PERCR (%)	ET (mm)	PM (mm)	AOL (cm ²)
Sem Ferro	2,95 (0,27)	19,99 (4,61)	56,92 (5,37)	32,46
Com Ferro	2,87 (0,78)	19,73 (4,85)	58,01 (6,03)	33,65
Baixo AF	2,91 (0,20)	19,77 (3,59)	58,26 (5,22)	33,28
Alto AF	2,92 (0,83)	19,97 (5,75)	56,57 (5,55)	32,81
Ferro	NS	NS	NS	NS
AF	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	20,40	24,51	9,58	12,21

*NS- Não significativo (P>0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

Para as características de carcaça (Tabelas 6 e 7) observa-se que não houve diferenças para os fatores ácido fítico (AF) e ferro ($P>0,05$) ou efeito de interação.

Para o fator AF, os resultados foram semelhantes aos obtidos por Pacheco et al. (2012), que não observaram alterações significativas no peso vivo, peso da carcaça quente, peso da carcaça resfriada, rendimento de carcaça e rendimento de carne na carcaça resfriada dos suínos que receberam rações nos últimos 28 dias de terminação com alto teor de AF.

Os resultados também se identificaram aos obtidos por Costa et al. (2011), que constataram que o FGMD pode ser utilizado em até 40% na ração de suínos na fase de terminação sem efeitos deletérios nas características de carcaça. Contrariamente, Moreira et al. (2002) evidenciaram que os níveis crescentes de FGMD nas rações de suínos em fase de crescimento e terminação levaram à redução da espessura de toucinho.

Em relação ao ferro, os resultados obtidos foram semelhantes aos observados por Apple et al. (2007), que verificaram que dietas com fontes de ferro (orgânico e inorgânico) não influenciaram as características da carcaça. Também os tratamentos com e sem ferro inorgânico apresentaram valores similares para as características de carcaça. Os autores ainda constataram que dietas de suínos (terminação) suplementadas com níveis de ferro acima dos requerimentos do NRC (1998) não alteram a deposição muscular de gordura da carcaça.

Saddoris et al. (2003) observaram que suplementando dietas de suínos com 90 ppm de Fe a partir da fonte orgânica (Availa Fe) ou FeSO_4 não afetou a média da espessura de toucinho ou a área de olho de lombo.

Pode-se considerar que a ausência de diferenças para as características de carcaça, de acordo com os tratamentos empregados, em geral representam um reflexo dos resultados obtidos nos parâmetros de desempenho.

4.1.4 Conclusões

O uso de dietas com valores de ácido fítico mais elevados que aquelas formuladas à base de milho e farelo de soja, com a suplementação (25g Fe/kg de premix) ou sem a suplementação de ferro inorgânico, são plenamente possíveis de serem utilizados para suínos em fase de engorda sem prejuízos nos parâmetros séricos, de desempenho e de carcaça.

4.1.5 Referências Bibliográficas

- ALENCAR, N. X.; KOHAYAGAWA, A.; CAMPOS, K. C. H. Metabolismo do ferro nos animais domésticos: revisão. **Revista de Educação Continuada, CRMV/SP**, v.5, p.192-205, 2002.
- ALLARD, R. L., CARLOS, A. D., FALTIN, E. C. Canine hematologia changes during gestation and lactation. **Companion Animal Practice**, v.19, p.3-6, 1989.
- ALMEIDA, R. F.; LOPES, E. L.; NUNES, R. C.; MATOS, M. P. C.; FIORAVANTI, M. C. S.; SOBESTIANSKY, J.; BRITO, L. A. B.; RUFINO, L. M. Ferro e imunidade humoral em suínos alimentados com fitase e níveis reduzidos de fósforo. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 4, p. 767-776, out./dez. 2007a.
- ALMEIDA, R. F.; LOPES, E. L.; NUNES, R. C.; MATOS, M. P. C.; SOBESTIANSKY, J.; FIORAVANTI, M. C. S.; OLIVEIRA, A. O. A.; RUFINO, L. M. Metabolismo do ferro em suínos recebendo dietas contendo fitase, níveis reduzidos de fósforo inorgânico e sem suplemento micromineral e vitamínico. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.1097-1103, 2007b.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. Washington, A.O.A.C., ed. 14, 141p. 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.
- BRAGAGNOLO, N.; AMAYA, D. B. R. Teores de colesterol, lipídios totais e ácido graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 98-104, 2002.
- BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2009. 97p.
- 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.
- DOWE; C. R.; EWAN, R. C. Effect of excess dietary copper, iron or zinc on the tocopherol and selenium status of growing pigs. **Journal of Animal Science**. v. 68, p. 2407-2413, 1990.
- DOVE, C. R.; HAYDON, K. D. The effect of copper addition to diets with various iron levels on the performance and hematology of weanling swine. **Journal of Animal Science**. n. 69, p. 2013-2019, 1991.

- ELLIS, R.; MORRIS, R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 1, p. 58-59, 1986.
- GROTTO, H. Z. W. Metabolismo do ferro: uma revisão sobre os principais mecanismos envolvidos em sua homeostase. **Revista Brasileira de Hematologia e Hemoterapia**, v.30, n.5, p.390-397, 2008.
- GUIDONI, A. L. Melhoria de processos para tipificação e valorização de carcaças suínas no Brasil. In: CONFERENCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE A QUALIDADE DE CARNE SUÍNA. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2000. p. 221-234.
- 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.
- HARMON; B. G.; HOGE, D. E.; JENSEN, A. H.; BAKER, D. H. Efficacy of ferrous carbonate as a hematinic for young swine. **Journal of Animal Science**, v. 28, p. 706-710, 1969.
- JAIN, N.C. **Essentials of Veterinary Hematology**. Pennsylvania: Lea & Febiger. 1993. 417p.
- KANEKO, J. J., HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.). **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5ed. Academic Press, 1997.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple e rapid method for phytate determination. **Journal Agriculture Food Chemistry**, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.
- LIMA, M. M.; THOMAZ, M. C.; FILARD, R. S.; CASTELINI, F. R.; DANIEL, E.; MARUJO, M. V.; HAUSCHILD, L.; RODRIGUES, D. J.; OLIVEIRA, M. S. F. GHILLEN, Y. S. Níveis de farelo de girassol em dietas para suínos submetidos a programa de restrição alimentar qualitativa: qualidade da carne. In: **VI Fórum Internacional de suinocultura, PorkExpo**, Curitiba, set. 2012.
- LOWSETH, L. A.; GILLET, N. A.; GERLACH, R. F.; MUGGENBURG, B. A. The effects of agin on hematology and serum chemistry values in the beagle dog. **Veterinary Clinical Pathology**, v.19, 1993. p.13-19.
- McGLONE, J. J. Deletion of supplemental minerals and vitamins during the late finishing period does not affect weight gain and feed intake. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2797-2800, 2000.
- MOREIRA, I.; RIBEIRO, C. R.; FURLAN, A. C.; SCAPINELLO, C.; KUBTSCHENKO, M. Utilização do farelo de germen de milho desengordurado na alimentação de suínos em crescimento e terminação – digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2238-2246, 2002.
- NATIONAL SEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed. Washington, D. C.: National Academy Press, 1998.

NUNES, R. C. **Retirada dos suplementos micromineral e/ou vitamínico da ração de suínos em fase de terminação. Parâmetros eritroleucométricos e bioquímico-séricos.** 2000. 67p. Tese (Doutorado-produção animal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal, SP.

NUTRIENT REQUIREMENT OF SWINE - **NRC.** 10. ed. Washington: National Academic of Sciences, 1998.

O'GRAD, M. N.; MONAHAM, F. J.; BURKE, R. M.; ALLEN, P. The effect of oxygen level and exogenous α -tocopherol on the oxidative stability of minced beef in modified atmosphere packs. **Meat Science**, v.55, p. 39-45, 2000.

OLIVEIRA, A. P. A.; NUNES, R. C. N.; RONEER, M. N. B.; STRINGHINI, J. H.; RUFINO, L. M.; FARIAS, L. A. Desempenho e avaliação da carcaça em suínos alimentados com rações de terminação com fitase associada à retirada de microminerais, vitaminas e fósforo inorgânico. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 11, n.4, p. 775-783, out./dez., 2010.

PACHECO, G. D.; LOZANO, A. P.; V. 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 manipulation of iron level in finisher pigs and fresh pork**, 2009. Disponível em: <http://www.apri.com.au/3A-108-Iron_manipulation_in_pork_-_Final_Report.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2012.

RISTOW, L. E. **Doenças na fase de creche:** diagnóstico, prevenção e tratamento. Disponível em: <http://www.engormix.com/doencas_na_fase_creche_p_artigos_22_PO_artigos_22_POR.htm>. Acesso em: 18 dez. 2012.

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. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 3. ed. 2011. 252p.

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 (Suppl.2) n. 69 (Abstr.), 2003.

SAEG – **Sistema de Análise Estatísticas e Genéticas.** Universidade Federal de Viçosa-UFV. Versão 7.1. Viçosa, MG, 1997, 150p.

SOARES, L. L. P.; SILVA, C. A.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; CABRERA, L.; HOSHI, E. H.; SILVA, M. A. A. da.; CANTERI, R. C. Farelo de germen de milho

desengordurado na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1768-1776, 2004.

SOUSA, R. V.; SILVA, H. O.; CARNEIRO, D. O. Suinocultura: Enriquecimento da dieta de suínos com ácidos graxos poli-insaturados: efeito na qualidade da carne. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, n.42, p71-86, 2003.

YU, B.; HUANG, W.; CHIOU, P. W. Bioavailability of iron from amino acid complex in weanling pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, n.1, p.9-52, 2000.

ZAGO, A.; FALCÃO, R. P.; PASQUINI, R. **Hematologia: fundamentos e prática**. São Paulo: Atheneu, 2001. 1081p.

4.2 ARTIGO 2.

AVALIAÇÃO DO ÁCIDO FÍTICO E DO FERRO INORGÂNICO DIETÉTICOS SOBRE A QUALIDADE DA CARNE SUÍNA REFRIGERADA

Artigo editado de acordo com as normas de publicação da *Revista Semina*

RESUMO: O estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação do ferro inorgânico e do ácido fítico (incrementado na dieta pela formulação com o farelo de germen de milho desengordurado) na dieta de suínos em terminação sobre a qualidade da carne durante 24 horas e 7 dias de refrigeração. Foram utilizados 40 suínos, machos castrados, na fase de terminação, de genética comercial, com peso médio inicial de $64,34 \pm 6,64$ kg e idade de 108 dias. Os animais foram pesados e alojados individualmente em baias de alvenaria com área de 3 m^2 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 2×2 , 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%). Foram utilizadas 10 repetições, representada por um animal. 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, marmoreio, perda de líquido, maciez, 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 o uso de dietas com níveis de AF mais elevados que àquelas formuladas à base de milho e farelo de soja, com ou sem a suplementação de FeI, podem ser utilizados para suínos em fase de engorda sem prejuízos à qualidade da carne durante a fase de refrigeração.

Palavras Chave: Antioxidante natural. Farelo de germen de milho desengordurado. Mineral. oxidação lipídica. Terminação.

EVALUATION OF THE DIETARY PHYTIC ACID AND INORGANIC IRON ON THE QUALITY OF REFRIGERATED PIG MEAT.

ABSTRACT: The study aimed to evaluate the effect of inorganic iron and phytic acid supplementation (incremented in the diet through the formulation with defatted corn germ bran) in the diet of finishing pigs concerning meat quality during 24 hours and 7 cooling days. A total of 40 pigs, barrows, commercial genetics, with an average initial weight of 64.34 ± 6.64 kg and 108 days of age were used. The animals were weighed and placed in individual 3 m^2 masonry stalls with compact floor, where they received water and feed at ease during a 30-day period. The experimental design was randomized blocks, in 2×2 factorial design. The factors corresponding

to diets with and without supplementary inorganic iron (FeI) and with two levels of phytic acid (FA): high (4,85%) and low (2, 98%). Ten (10) repetitions were used, each represented by an animal. Upon reaching an average weight of $100,76 \pm 6.54$ kg, the animals were slaughtered. Samples of the *longissimus dorsi* muscle were collected for meat quality analysis. The samples were evaluated concerning pH, color, marbling, fluid loss, tenderness, iron composition and lipid oxidation. The values of variables have not presented differences among the factors, except for the iron concentration in the muscle, which was higher for the diet with the addition of inorganic iron. Lipid oxidation was not influenced by the presence or absence of AF and FeI. The results showed that the use of diets with higher levels of AF than those formulated from corn and soybean bran, with or without FeI supplementation, can be used for pigs in the weight gain phase without impairing the quality of the meat during the refrigeration period.

Keywords: Natural antioxidant. Defatted corn germ bran. Mineral. Oxidation. Termination.

4.2.1 Introdução

A suinocultura é uma importante atividade do agronegócio mundial, passando nos últimos anos por muitas transformações, através de melhorias no manejo, genética, sanidade e nutrição (ANTUNES, 2012). Como resultado desta evolução a carne suína é hoje uma das mais seguras para o consumo humano. É a mais consumida no mundo, rica em nutrientes essenciais e possui uma relação de ácidos graxos poli-insaturados e saturados desejável, quando comparado com outras carnes (MAGNONI; PIMENTEL, 2007).

Por outro lado, estes ácidos graxos insaturados estão sujeitos à oxidação lipídica, que têm como resultado a redução do tempo de vida útil, a perda do valor nutricional, a alteração do odor e sabor e o desenvolvimento de produtos tóxicos na carne (ARAÚJO, 2008).

Desta forma, a utilização de produtos antioxidantes adicionados por meio das rações animais podem representar uma forma efetiva de minimização dos danos de oxidação lipídica, principalmente de produtos naturais em substituição aos antioxidantes sintéticos (COSTA et al., 2005).

Neste contexto, o uso substâncias antioxidantes, fornecidas via dieta dos animais, como vitamina E, selênio, ácido ascórbico e ácido fítico são capazes de diminuir a oxidação, conservando assim a qualidade da carne (SOUZA et al., 2007).

Sabendo-se que o componente mais crítico na produção de suínos é a alimentação, pois representam até 85% dos custos, busca-se ingredientes alternativos que possam substituir o milho e o farelo de soja. Um exemplo de ingrediente alternativo é o farelo de germen de milho desengordurado (FGMD). Este é um subproduto da indústria de óleo de milho,

apresenta elevado teor de ácido fítico, e poderia ser utilizado tanto como ingrediente primário (substituição do milho) na formulação de rações animais como fonte de antioxidante endógeno (AGOSTINI et al., 2006).

Entretanto, o ácido fítico, se por um lado apresenta a característica de ser um potente antioxidante, por outro lado, pode ser considerado um fator antinutricional dietético, uma vez que tem a capacidade de quelar nutrientes, podendo acarretar prejuízos no desempenho dos animais.

Neste sentido, 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 é vital para todas as células e está incluído no grupo heme de citocromos, peroxidases, catalases, mioglobina e hemoglobina, possuindo funções de transporte de oxigênio no sangue e músculos e de transferência de elétrons no metabolismo da energia, entre outros (LINDER, 1991), o que torna a suplementação deste mineral necessária para o bom desenvolvimento do suíno.

Todavia, este mineral pode determinar danos em diferentes tecidos por catalisar a reação que converte peróxidos de oxigênio em íons radicais livres, que destroem a membrana celular, proteínas e o DNA (ZAGO; FALCÃO; PASQUINI, 2001; BOWLUS, 2003; HENTZE; MUCHENTHALER, ANDREWS, 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, são percebidas duas vertentes, a falta de ferro pode levar a problemas de doenças (anemia), interferindo no desempenho dos animais, e o excesso de ferro pode levar oxidação de tecidos.

Neste contexto, considerando a oxidação lipídica da carne suína como uma questão primária, o presente estudo teve por objetivo avaliar a interação entre a participação de dois níveis de ácido fítico dietético (cuja principal fonte é o FGMD usado como ingrediente na ração) e da suplementação de ferro inorgânico na dieta de suínos em terminação sobre a qualidade da carne após 24 horas e 7 dias de refrigeração.

4.2.2 Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (UEL)-PR, sendo o projeto aprovado pelo Comitê de Ética do Uso de Animais processo CEUA Nº 16275.2012.43. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos e Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia e no Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos, ambos da Universidade Estadual de Londrina.

Foram utilizados 40 suínos machos castrados, na fase de terminação, de genética comercial, com peso médio inicial de $64,34 \pm 6,64$ kg e idade média de 108 dias. Os animais foram alojados individualmente em baias de alvenaria, com piso compacto, e 3 m² de área, onde receberam água e ração à vontade durante o período experimental 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 e com dois níveis de ácido fítico (AF) na ração, alto (4,85%) e baixo (2,98%). O FGMD representou um recurso para incrementar a concentração de ácido fítico na ração. Foram utilizados 10 repetições, sendo cada repetição representada por um animal. Os grupos experimentais foram formados de acordo com o peso inicial dos animais, em 2 blocos (leves e pesados).

As rações apresentaram-se isoprotéicas, isolisínicas e isoenergéticas. Dois premixes minerais foram utilizados: um com 25g de Fe (FeSO₄)/kg de premix e outro isento deste mineral. As rações dos diferentes tratamentos foram submetidas à análise para determinação do Fe, Cu, Zn, Mn e Mg, no laboratório da VITAGRI - BUNGE FERTILIZANTES-SERRANA NUTRIÇÃO, segundo metodologias recomendadas pela AOAC (1984).

O ácido fítico foi determinado nas matérias primas milho, farelo de soja e farelo de germen de milho desengordurado (FGMD) e nas rações segundo a metodologia descrita por Latta e Eskin (1980) e modificado por Ellis e Morris (1986), no laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina. Os demais valores nutricionais das rações foram calculados segundo as tabelas de composição nutricional estabelecidas por Rostagno et al., (2011). Nas rações onde se objetivou incrementar o nível de ácido fítico, foi adotado a inclusão de 40% de FGMD. 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.

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 ¹	-	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 ²	-	-	2,00	2,00
Premix Sem Ferro ³	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) ⁴	138,0	141,5	213,5	252,0
Cu (mg/kg) ⁴	152,0	128,0	146,5	158,5
Zn (mg/kg) ⁴	321,0	203,5	188,5	178,0
Mn (mg/kg) ⁴	94,60	72,60	79,50	84,70
Mg (mg/kg) ⁴	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 (%) ⁵	2,98	4,85	2,98	4,85

Fonte: Elaboração dos autores.

¹ Farelo de Germen de Milho Desengordurado

² 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

³ Premix semelhante ao descrito acima exceto não possuir ferro

⁴ Determinados pelas técnicas descritas no AOAC (1984).

⁵ Determinado pela técnica descrita por Latta e Eskin (1980) e modificado por Ellis e Morris (1986).

Com $100,76 \pm 6,54$ kg de peso médio, 30 dias após o início do período experimental, os animais foram abatidos em um frigorífico da região, localizado 40 km da granja experimental. O manejo pré-abate consistiu da retirada da ração 12 horas antes do embarque, permanecendo os animais em dieta hídrica até o abate. O abate seguiu a rotina do frigorífico, obedecendo às orientações do SIF, sendo os animais previamente submetidos à insensibilização elétrica através do equipamento da marca Petrovina® IS 2000 com dois eletrodos, utilizando-se 350 volts e 1,3 amperes.

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

Após 24 horas de resfriamento, foram retiradas de cada meia carcaça esquerda amostras de aproximadamente 25 cm do músculo *longissimus dorsi* (lombo) para análises da qualidade da carne que em laboratório foram processadas, sendo retirada a gordura extramuscular (subcutânea) e efetuados os cortes transversais (sentido caudal-cranial) no músculo, obtendo-se 4 amostras com aproximadamente 2,5 cm de espessura que seguiram para as análises de qualidade de carne.

Na primeira amostra avaliou-se a cor, o marmoreio e a perda de água por pressão; na segunda amostra a maciez 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, com exceção das amostras submetidas à avaliações de cor e marmoreio realizadas 24 horas após o abate. As demais amostras foram acondicionadas individualmente em sacos plásticos, vedadas e armazenadas em freezer a -20 °C até a realização das 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 um colorímetro portátil Minolta® CR10, com esfera de integração e ângulo de visão de 8°, ou seja, iluminação d/8 e iluminante C. Baseado no sistema de cor CIELAB os componentes: 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 do marmoreio pelo

método indireto, utilizando-se painel de comparações, segundo o American Meat Science Association (2001), onde foram atribuídas notas de 1 a 5 (1 = traços de marmoreio e 5 = marmoreio abundante).

A perda de água foi avaliada utilizando-se a metodologia: perda de água por pressão, segundo a técnica descrita por Barbut (1996).

A maciez da carne foi avaliada utilizando as amostras congeladas que após 24 horas à temperatura de $2 \pm 2^\circ\text{C}$ foram descongeladas. Posteriormente estas amostras foram assadas em forno pré-aquecido a 170°C , até alcançarem a temperatura interna de aproximadamente 71°C (BRIDI; SILVA, 2009). Após a cocção, as amostras permaneceram armazenadas novamente por 24 horas a $2 \pm 2^\circ\text{C}$. Sub-amostras cilíndricas foram retiradas de 2,5 cm de comprimento e 1,27 cm de diâmetro, utilizando-se um 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; HARRIS; SHORTHOSE, 1971). As velocidades utilizadas foram de 5 mm/s no pré e pós teste e de 2 mm/s no teste.

A análise da oxidação lipídica foi determinada no músculo *longissimus dorsi* pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo Tarladgis, Person e Dugan (1964), modificado por Torres et al. (1986).

Para determinação de ferro da carne, as amostras foram analisadas de acordo com a técnica proposta por Malavolta, Vitti e Oliveira (1992) e Silva (1999).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância utilizando o programa SAEG (1997).

4.2.3 Resultados e Discussão

Os valores das variáveis pH, capacidade de retenção de água, marmoreio e força de cisalhamento no músculo *longissimus dorsi* (Tabela 2) não foram diferentes ($P>0,05$) entre os fatores, excetuando a concentração de ferro no músculo. Tampouco houve efeito de interação entre os fatores. Para o pH, tanto inicial quanto final, os valores encontraram-se dentro da faixa de normalidade, segundo Warner, Kauffman e Greaser (1997) e Channon, Payne e Warner (2000), não repercutindo negativamente nas características ligadas à qualidade da carne.

Tabela 2 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis pH inicial, pH final, perda de água por pressão (PAP), marmoreio, força de cisalhamento (FC), concentração de ferro na carne (Fe C) no músculo *longissimus dorsi* de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Parâmetros					
	pH inicial	pH final	PAP (%)	Marmoreio ^{*1}	FC (kgf)	Fe C 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)a
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)b
Baixo AF	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	NS	NS	NS	NS	*
AF	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	5,65	1,88	9,32	6,50	26,58	28,41

¹ < marmoreio < 7, sendo valor 1 a carne apresentando somente traços de marmoreio e valor 7 a carne com marmoreio excessivo

^{a,b} letras distintas nas linhas, para cada fator, indicam diferença (P>0,05)

NS- Não significativo (P>0,05)

Fonte: Elaboração dos autores.

Quanto à concentração de ferro no *longissimus dorsi*, o tratamento com a suplementação de ferro apresentou nível mais elevado do mineral (P<0,05).

Para o fator AF, os resultados foram semelhantes aos encontrados por Pacheco et al. (2012), que também não observaram efeitos negativos da maior concentração de componente decorrente da adição de FGMD em dietas sobre as características de pH, capacidade de retenção de água e marmoreio.

Em relação ao fator ferro, os resultados deste estudo se identificaram com os achados de Saddoris et al. (2003), que relataram que o pH, firmeza e o marmoreio foram similares entre suínos alimentados com uma dieta controle sem ferro e uma dieta suplementada com 90 ppm de ferro.

Os resultados também foram semelhantes aos encontrados 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 (FeSO₄)/ kg e premix sem Fe), bem como a substituição por uma fonte orgânica (Availa-Fe: 50, 100 e 150 ppm de Fe), não houve efeito no marmoreio, na resistência ao corte da carne e na perda de água por gotejamento. Todavia, houve um efeito contrário aos observados para a concentração de ferro, onde os autores também não identificaram diferença.

Mesmo utilizando fontes orgânicas naturais e ricas em ferro, como fibra de chicória (inulina) associada ou não à fonte orgânica comercial (Bioflex) 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.

Yu, Huang e Chiou (2000) e O'Sullivan et al. (2002, 2003), trabalhando com dietas suplementadas com ferro, não observaram alteração na concentração do mineral no lombo suíno.

Na literatura é citado que o valor do mineral no músculo lombar situa-se entre 4,18 a 6,6 mg/kg (REICHARDT; MÜLLER; LEITERER, 2002; VAN LAACK et al., 1994).

Os níveis de ferro no músculo *longissimus dorsi* de suínos, segundo Ponnampalam et al. (2009a), variaram entre 4,6 a 5,25 mg/kg. No presente estudo os valores para o teor de ferro total no músculo *longissimus dorsi* encontraram-se entre 8,5 a 11,8 mg/kg, ou seja, foram mais elevados, entretanto, Senser e Scherz (1991); Oster (1994) e Souci; Fachimann, Kraut (1994) observaram valores compreendidos entre 18 a 21 mg/kg.

A Tabela 3 indica os valores das variáveis luminosidade (L*), componente amarelo-azul (b*) e croma da carne, após 24 horas de refrigeração.

Tabela 3 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis luminosidade (L*), componente amarelo-azul (b*) e croma 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 (AF)

Fatores	L* ¹	b* ²	croma ³
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	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	NS	NS
AF	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS
C.V.(%)	6,95	9,20	12,83

NS- Não significativo (P>0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

¹ $0 \leq L^* \leq 100$ corresponde do preto ao branco, respectivamente;

² $-b^*$ até $+b^*$ corresponde do azul ao amarelo, respectivamente;

³ Croma = $(a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$;

Para os parâmetros de cor L*, b* e croma, os resultados identificam-se 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.

Tabela 4 – Interação entre ferro (Fe) e ácido fítico (AF) para o parâmetro componente de cor vermelho-verde (a^{*1}) do lombo de suínos, com 24 horas de refrigeração, submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Baixo AF	Alto AF
Sem Ferro	8,82 (3,03) A a	6,10 (1,08) B a
Com Ferro	6,84 (2,27) A b	6,92 (1,57) A a
CV%	31,038	P = 0,071

Médias seguidas de letras maiúsculas nas diferentes nas linhas e letras minúsculas nas colunas indicam diferença no teste de Tukey ($P < 0,10$)

¹-a* até + a* corresponde do verde ao vermelho, respectivamente.

Fonte: Elaboração dos autores.

Quanto ao parâmetro vermelho-verde (a^*) houve interação entre os fatores (Tabela 4). Sob uma dieta com baixo teor de ácido fítico, na ausência de ferro suplementar houve um a^* maior comparado com uma dieta com ferro suplementar, apontando que o ferro interferiu no parâmetro, provavelmente oxidando a mioglobina, determinando uma cor menos vermelha à carne. Entretanto, para uma dieta sem ferro suplementar dietético e na menor concentração de AF o valor de a^* também foi menor, comparado com uma dieta com baixo teor de ácido fítico, apontando que o ácido fítico não exerceu um efeito sobre o parâmetro (MINIHANE; RIMBACH, 2002).

O'Sullivan et al. (2002) relataram que a dieta de suínos com 3000 ppm de $FeSO_4$ resultou em maior descoloração durante a exibição da carne, atribuindo esta ocorrência ao aumento da formação de metamioglobina.

Na Tabela 5 verifica-se a interação entre os fatores ferro e o AF para o parâmetro tonalidade do lombo após 24 horas de refrigeração, onde na ausência do ferro suplementar e a menor concentração de AF dietético, a tonalidade apresentou menor média de ângulo. Por outro lado, o tratamento com ausência de ferro e maior presença de AF apresentou maior ângulo de tonalidade (menos vermelho, sugerindo oxidação da mioglobina). O maior valor

de tonalidade significa uma maior auto-oxidação da mioglobina, normalmente desencadeada pela mais elevada liberação de minerais (PACHECO et al., 2012).

De acordo com Ramos e Gomide (2007), 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 a elevada proporção de enzimas envolvidas no metabolismo oxidativo e a baixa quantidade de enzimas glicolíticas encontradas nessas fibras.

Tabela 5 – Interação entre ferro (Fe) e ácido fítico (AF) para o parâmetro tonalidade¹ do lombo de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem Ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF) após 24 horas de refrigeração do lombo

Fatores	Baixo AF	Alto AF
Sem Ferro	55,66 (7,78) B b	64,64 (4,18) A a
Com Ferro	61,69 (8,22) A a	61,06 (4,61) A a
CV%11,13		P = 0,07

Médias seguidas de letras maiúsculas nas diferentes linhas e letras minúsculas diferentes nas colunas indicam diferença no teste de Tukey (P<0,10)

¹tonalidade = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$.

Fonte: Elaboração dos autores.

Após 7 dias de manutenção do lombo sob refrigeração os valores da luminosidade, componente de vermelho-verde, componente amarelo-azul, croma e tonalidade do lombo de suínos, não se diferiram para os fatores e tampouco houve efeito de interação (Tabela 6).

Tabela 6 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis luminosidade (L*), componente de cor vermelho-verde (a*), componente amarelo-azul (b*), croma e tonalidade do lombo de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF) após 7 dias de refrigeração do lombo

Fatores	L* ¹	a* ²	b* ³	croma ⁴	tonalidade ⁵
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	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	NS	NS	NS	NS
AF	NS	NS	NS	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS	NS	NS	NS
C.V.(%)	4,79	20,33	6,37	7,91	7,26

NS- Não significativo (P>0,05).

Fonte: Elaboração dos autores.

Os resultados foram similares aos de Apple et al. (2007) que utilizaram dietas suplementadas com 100 ppm de Fe (FeSO₄)/kg, e dietas com 50, 100 ou 150 ppm de ferro orgânico a partir do Availa-Fe (um complexo de ferro aminoácido) e Ponnampalam et al. (2009b) que trabalharam com ferro orgânico (Bioflex, 15% Fe) 500 mg/kg e com dietas à base de 5% de inulina (fibra de chicória - Fibruline®). Nos referidos trabalhos não foi encontrado efeito significativo na cor da carne dos animais alimentados com dietas com suplementação de diferentes níveis de ferro. Entretanto, Saddoris et al. (2003) observaram que ao se comparar suplementações dos suínos em terminação com 90 ppm de ferro orgânico (Availa-Fe) e 90 ppm de ferro inorgânico (FeSO₄), a primeira determinou um lombo mais vermelho após 1, 2, 3 e 7 dias sob exibição no varejo.

O'Sullivan et al. (2003) estudaram a avaliação da cor da carne *in natura* de suínos suplementados com ferro e vitamina E. Eles observaram que todas as amostras tornaram-se menos vermelha e mais marrom 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 marrom em comparação com as outras amostras, seguindo a ordem: controle; ferro + vitamina e ferro.

¹ $0 \leq L^* \leq 100$ corresponde do preto ao branco, respectivamente;

² a* até + a* corresponde do verde ao vermelho, respectivamente;

³ b* até + b* corresponde do azul ao amarelo, respectivamente;

⁴ Croma = $(a^{*2} + b^{*2})^{0,5}$;

⁵ Tonalidade = $\tan^{-1}(b^*/a^*)$.

Para os valores de oxidação lipídica (TBARS) do lombo refrigerado após 24 horas e no sétimo dia de refrigeração (Tabela 7), verifica-se que não houve diferença ($P>0,05$) dentro dos fatores e também qualquer efeito de interação.

Todavia ao se comparar os resultados entre os períodos 24 horas e 7 dias observa-se que a oxidação foi menor para o lombo no início, o que efetivamente é uma condição esperada.

Para o fator AF os resultados foram diferentes dos verificados por Harbach et al. (2007); Costa et al. (2011); Pacheco et al. (2012), que trabalhando com condições de fornecimento de dietas com concentração de AF semelhantes, constataram que dietas com maiores concentrações de AF para suínos em fase de terminação determinaram que a carne refrigerada apresenta menor taxa de oxidação. 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 um maior risco de oxidação lipídica muscular, ou no caso, 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 de seus ácidos graxos, pode-se presumir que a participação do AF pode ter ao mínimo evitando um quadro de piora de oxidação.

Tabela 7 – Médias e (desvios-padrão) das variáveis, oxidação 24 horas de refrigeração (TBARS 24 horas) e oxidação 7 dias de refrigeração (TBARS 7) do lombo de suínos submetidos aos tratamentos dietéticos com e sem ferro suplementar e baixa e alta concentração de ácido fítico (AF)

Fatores	Parâmetros	
	TBARS 24 h (mg/kg)	TBARS 7 (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	0,17 ± 0,044 a	0,25 ± 0,044 b
Alto AF	0,18 ± 0,029 a	0,32 ± 0,051 b
Ferro	NS	NS
AF	NS	NS
Ferro x AF	NS	NS
C.V. (%)	18,66	23,62

NS- Não significativo ($P>0,05$).

Letras na linha indicam diferença significativa entre colunas (tempo).

Fonte: Elaboração dos autores.

Quanto ao fator ferro, Miller et al. (1994 a,b) observaram que a suplementação dietética com FeSO_4 , aumentou a peroxidação lipídica da carne suína cozida e moída. Entretanto, não ocorreu este mesmo efeito na carne fresca, e 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 p/ 0,16 mg/kg de 0 para 7 dias), houve uma interação entre o tratamento da dieta x dias de exibição nos valores de TBARS.

Ao considerar que os valores de ferro no músculo, apesar de diferentes estatisticamente, encontram-se dentro de um padrão de normalidade. Pode-se atribuir que os níveis não foram, portanto, suficientemente baixos, no caso da dieta não suplementada com o mineral para resultar em benefícios sobre a oxidação lipídica. Isto pode também sugerir a ausência de resultados de interação dos fatores AF e ferro.

4.2.4 Conclusões

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 determinaram resultados significantes sobre os parâmetros de qualidade da carne durante a fase de refrigeração.

O ácido fítico não exerceu influência positiva sobre a estabilidade lipídica da carne, não apresentando efeito antioxidante endógeno. A presença ou a retirada de ferro suplementar na dieta não exerceu influência sobre o parâmetro oxidação lipídica.

4.2.5 Referências Bibliográficas

AGOSTINI, P. S.; COSTA, M. C. R.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA, N. A. N.; SILVA, C. A. Farelo de germen de milho desengordurado como fonte de ácido fítico: efeitos no desempenho, nas características de carcaça e na qualidade de carne suína. In: **Anais do 58ª Reunião Anual da SBPC**- Florianópolis, jul/2006.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat evaluation handbook**. U.S.A., 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**. Washington, A.O.A.C., ed. 14, 141p., 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. 596 p.

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**, Amsterdam, v. 2, n. 2, p. 73-78, 2003.

BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2009. 97p.

CHANNON, H. A.; PAYNE, A. M.; WARNER, R. D. Halothane genotype, preslaughter handling and stunning method all influence pork quality. **Meat Science**, Barking, v.56, p.291-299, 2000.

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 da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n.5, p. 1581-1588, 2005.

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** (Impresso) v. 32, p. 1863-1863, 2011.

ELLIS, R.; MORRIS, R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. **Cereal Chemistry**, v. 63, n. 1, p. 58-59, 1986.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: Mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. Artigo de Revisão. **Revista de Nutrição**, v.11, n.1, p.3-14. 1998.

- HARBACH, A. P. R.; COSTA, M. C. R.; SOARES, A. L.; BRIDI, A. M.; SHIMOKOMAKI, M.; SILVA, C. A. da. 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**, Heidelberg, v. 117, p. 285-297, 2004.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple e rapid method for phytate determination. **Journal Agriculture Food Chenistry**, v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.
- LINDER, M. C. Nutrition and metabolism of the trace elements. In:**Nutritional biochemistry and metabolism with clinical applications**. Second edition. Elsevier Science Publishing Company. New York, New York C.7, p. 215-276, 1991.
- 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: Potafôs, 1992. 234p.
- 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 warmwd-over aroma in cooked group pork from swine fed increasing levels of iron. **Journal of Food Science**, v.59, n.4, p.751-756, 1994b.
- MINIHANE, A. M.; RIMBACH, G. Iron absorption and the iron binding and anti-oxidantproperties of phytic acid. **International Journal of Food Science and Technology**, v.37, n.7,p.741-748, 2002.
- NUTRIENT REQUERIMENT OF SWINE - **NRC**. 10. ed. Washington: National Academic of Sciences, 1998.
- OSTER, O. **Fleisch in der Ernährung: Der Beitrag von Fleisch zur Spurenelement – Elektrolyt – und Mineralienversorgung ndes Menschen in der Bundesrepublik Deustschand**, unter besonderer Berücksichtigung von Selen. Ed. By R. Klutze und H. Kasper, pp. 32-543. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1994.
- 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**, 2009a. Disponível em: < http://www.porkcrc.com.au/3A-102_Final_Report_0905.pdf >. Acesso em: 13 nov. 2012.

PONNAMPALAM; E.; JAYASOORIYA, D.; DUNSHEA, F.; GILL, H. **Nutritional manipulation of iron level in finisher pigs and fresh pork**, 2009 b. Disponível em: < 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, 599p.

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. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 3. ed. 2011. 252p.

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 (Suppl.2) n. 69 (Abstr.), 2003.

SAEG - **SISTEMA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS**. Universidade Federal de Viçosa-UFV. Versão 7.1. Viçosa, MG, 1997, 150p.

SENER, F.; SCHERZ, H. **Der Kleine Souci-Fachmann-Kraut, Lebensmitteltable für die Praxis**, 2. Auflage Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart, 1991.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

SOUCI, S. W.; FACHMANN, W. KRAUT, H. **Food Composition and Nutrition Tables**, 5 th ed. Medpharm Scientific Publishers, Stuttgart, 1994.

SOUZA, V. L. F. de; 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.

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, **Programa e Resumos**, Curitiba, 1986.

VAN LAACK, R. L. J. M.; KAUFFMAN, R. G.; SYBESMA, F. J. M.; SMULDERS, F. J. M.; EIKELBOOM, G.; PINHEIRO, J. C. Is colour brightness (L-Value) a reliable indicator of water-holding capacity in porcine muscle? **Meat Science**, v. 38, n. 2, 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, n.3, 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, n.1, p.9-52, 2000.

ZAGO, A.; FALCÃO, R. P.; PASQUINI, R. **Hematologia: fundamentos e prática**. São Paulo: Atheneu, 2001. 1081p.

5 CONCLUSÃO GERAL

O uso de dietas com níveis de ácido fítico mais elevados que àquelas formuladas à base de milho e farelo de soja, com ou sem a suplementação de ferro inorgânico, são plenamente possíveis de serem utilizados para suínos em fase de engorda sem prejuízos nos parâmetros séricos, de desempenho, de carcaça e qualidade da carne em especial sobre a oxidação lipídica da carne.

A suplementação de ferro e a maior concentração de ácido fítico na ração, veiculado pelo farelo de germen de milho desengordurado na dieta de suínos em terminação não determinaram resultados significantes sobre os parâmetros de qualidade da carne durante a fase de refrigeração.

O ácido fítico não exerceu influência positiva sobre a estabilidade lipídica da carne, não apresentando efeito antioxidante endógeno. A presença ou a retirada de ferro suplementar na dieta não exerceu influência sobre o parâmetro oxidação lipídica.

ANEXO

ANEXO A

Normas para preparação de trabalhos científicos para publicação na Revista Semina

Os artigos poderão ser submetidos em português e após o aceite serem traduzidos para o inglês.

Os artigos em inglês terão prioridade de publicação.

Os artigos em inglês deverão estar acompanhados (como documento suplementar) do comprovante de tradução; correção de um dos seguintes tradutores American Journal Experts; Editage e Elsevier

O autor principal deverá anexar no sistema **documento comprobatório** dessa correção.

Categorias dos Trabalhos

a) Artigos científicos: no máximo 20 páginas incluindo figuras, tabelas e referências bibliográficas;

b) Comunicações científicas: no máximo 12 páginas, com referências bibliográficas limitadas a 16 citações e no máximo duas tabelas ou duas figuras ou uma tabela e uma figura;

c) Relatos de casos: No máximo 10 páginas, com referências bibliográficas limitadas a 12 citações e no máximo duas tabelas ou duas figuras ou uma tabela e uma figura;

d) Artigos de revisão: no máximo 25 páginas incluindo figuras, tabelas e referências bibliográficas.

Apresentação dos Trabalhos

Os originais completos dos artigos, comunicações, relatos de casos e revisões podem ser escritos em português, inglês ou espanhol, no editor de texto Word for Windows, com espaçamento 1,5, em papel A4, fonte Times New Roman, tamanho 11 normal, com margens esquerda e direita de 2 cm e superior e inferior de 2 cm, respeitando-se o número de páginas, devidamente numeradas, de acordo com a categoria do trabalho. Figuras (desenhos, gráficos e

fotografias) e Tabelas serão numeradas em algarismos arábicos e devem estar separadas no final do trabalho.

As figuras e tabelas deverão ser apresentadas nas larguras de 8 ou 16 cm com altura máxima de 22 cm, lembrando que se houver a necessidade de dimensões maiores, no processo de editoração haverá redução para as referidas dimensões. As legendas das figuras deverão ser colocadas em folha separada obedecendo à ordem numérica de citação no texto. Fotografias devem ser identificadas no verso e desenhos e gráfico na parte frontal inferior pelos seus respectivos números do texto e nome do primeiro autor. Quando necessário deve ser indicado qual é a parte superior da figura para o seu correto posicionamento no texto.

Preparação dos manuscritos

Artigo científico:

Deve relatar resultados de pesquisa original das áreas afins, com a seguinte organização dos tópicos: Título; Título em inglês; Resumo com Palavras-chave (no máximo seis palavras); Abstract com Key words (no máximo seis palavras); Introdução; Material e Métodos; Resultados e Discussão com as conclusões no final ou Resultados, Discussão e Conclusões separadamente; Agradecimentos; Fornecedores, quando houver e Referências Bibliográficas. Os tópicos devem ser escritos em letras maiúsculas e minúsculas e destacados em negrito, sem numeração. Quando houver a necessidade de subitens dentro dos tópicos, os mesmos devem receber números arábicos. O trabalho submetido não pode ter sido publicado em outra revista com o mesmo conteúdo, exceto na forma de resumo de congresso, nota prévia ou formato reduzido.

A apresentação do trabalho deve obedecer à seguinte ordem:

1. *Título do trabalho*, acompanhado de sua tradução para o inglês.
2. *Resumo e Palavras-chave*: Deve ser incluído um resumo informativo com um mínimo de 150 e um máximo de 300 palavras, na mesma língua que o artigo foi escrito, acompanhado de sua tradução para o inglês (*Abstract e Key words*).
3. *Introdução*: Deverá ser concisa e conter revisão estritamente necessária à introdução do tema e suporte para a metodologia e discussão.

4. *Material e Métodos*: Poderá ser apresentado de forma descritiva contínua ou com subitens, de forma a permitir ao leitor a compreensão e reprodução da metodologia citada com auxílio ou não de citações bibliográficas.

5. *Resultados e discussão com conclusões ou Resultados, Discussão e Conclusões*: De acordo com o formato escolhido, estas partes devem ser apresentadas de forma clara, com auxílio de tabelas, gráficos e figuras, de modo a não deixar dúvidas ao leitor, quanto à autenticidade dos resultados, pontos de vistas discutidos e conclusões sugeridas.

6. *Agradecimentos*: As pessoas, instituições e empresas que contribuíram na realização do trabalho deverão ser mencionadas no final do texto, antes do item Referências Bibliográficas.

Observações:

Quando for o caso, antes das referências, deve ser informado que o artigo foi aprovado pela comissão de bioética e foi realizado de acordo com as normas técnicas de biosegurança e ética.

Notas: Notas referentes ao corpo do artigo devem ser indicadas com um símbolo sobrescrito, imediatamente depois da frase a que diz respeito, como notas de rodapé no final da página.

Figuras: Quando indispensáveis figuras poderão ser aceitas e deverão ser assinaladas no texto pelo seu número de ordem em algarismos arábicos. Se as ilustrações enviadas já foram publicadas, mencionar a fonte e a permissão para reprodução.

Tabelas: As tabelas deverão ser acompanhadas de cabeçalho que permita compreender o significado dos dados reunidos, sem necessidade de referência ao texto.

Grandezas, unidades e símbolos: Deverá obedecer às normas nacionais correspondentes (ABNT).

7. *Citações dos autores no texto*: Deverá seguir o sistema de chamada alfabética seguidas do ano de publicação de acordo com os seguintes exemplos:

- a) Os resultados de Dubey (2001) confirmam que...
- b) De acordo com Santos et al. (1999), o efeito do nitrogênio.....
- c) Beloti et al. (1999b) avaliaram a qualidade microbiológica.....
- d) [...] e inibir o teste de formação de sincício (BRUCK et. al., 1992).

e) [...]comprometendo a qualidade de seus derivados (AFONSO; VIANNI, 1995).

Citações com três autores

Dentro do parêntese, separar por ponto e vírgula.

Ex: (RUSSO; FELIX; SOUZA, 2000).

Incluídos na sentença, utilizar virgula para os dois primeiros autores e (e) para separar o segundo do terceiro.

Ex: Russo, Felix e Souza (2000), apresentam estudo sobre o tema....

Citações com mais de três autores

Indicar o primeiro autor seguido da expressão et al.

Observação: Todos os autores devem ser citados nas Referências Bibliográficas.

8. *Referências Bibliográficas*: As referências bibliográficas, redigidas segundo a norma NBR 6023, ago. 2000, da ABNT, deverão ser listadas na ordem alfabética no final do artigo. Todos os autores participantes dos trabalhos deverão ser relacionados, independentemente do número de participantes (única exceção à norma – item 8.1.1.2). A exatidão e adequação das referências a trabalhos que tenham sido consultados e mencionados no texto do artigo, bem como opiniões, conceitos e afirmações são da inteira responsabilidade dos autores.

As outras categorias de trabalhos (Comunicação científica, Relato de caso e Revisão) deverão seguir as mesmas normas acima citadas, porem, com as seguintes orientações adicionais para cada caso:

Comunicação científica

Uma forma concisa, mas com descrição completa de uma pesquisa pontual ou em andamento (nota prévia), com documentação bibliográfica e metodologia completas, como um artigo científico regular. Deverá conter os seguintes tópicos: Título (português e inglês); Resumo com Palavras-chave; Abstract com Key words; Corpo do trabalho sem divisão de tópicos, porém seguindo a seqüência – introdução, metodologia, resultados (podem ser incluídas tabelas e figuras), discussão, conclusão e referências bibliográficas.

Relato de caso

Descrição sucinta de casos clínicos e patológicos, achados inéditos, descrição de novas espécies e estudos de ocorrência ou incidência de pragas, microrganismos ou parasitas de interesse agrônomo, zootécnico ou veterinário. Deverá conter os seguintes tópicos: Título (português e inglês); Resumo com Palavras-chave; Abstract com Key-words; Introdução com revisão da literatura; Relato do (s) caso (s), incluindo resultados, discussão e conclusão; Referências Bibliográficas.

Artigo de revisão bibliográfica

Deve envolver temas relevantes dentro do escopo da revista. O número de artigos de revisão por fascículo é limitado e os colaboradores poderão ser convidados a apresentar artigos de interesse da revista. No caso de envio espontâneo do autor (es), é necessária a inclusão de resultados relevantes próprios ou do grupo envolvido no artigo, com referências bibliográficas, demonstrando experiência e conhecimento sobre o tema.

O artigo de revisão deverá conter os seguintes tópicos: Título (português e inglês); Resumo com Palavras-chave; Abstract com Key-words; Desenvolvimento do tema proposto (com subdivisões em tópicos ou não); Conclusões ou Considerações Finais; Agradecimentos (se for o caso) e Referências Bibliográficas.

Outras informações importantes

1 A publicação dos trabalhos depende de pareceres favoráveis da assessoria científica "Ad hoc" e da aprovação do Comitê Editorial da Semina: Ciências Agrárias, UEL.

2. Não serão fornecidas separatas aos autores, uma vez que os fascículos estarão disponíveis no endereço eletrônico da revista (<http://www.uel.br/revistas/uel>).

3. Os trabalhos não aprovados para publicação serão devolvidos ao autor.

4. Transferência de direitos autorais: Os autores concordam com a transferência dos direitos de publicação do referido artigo para a revista. A reprodução de artigos somente é permitida com a citação da fonte e é proibido o uso comercial das informações.

5. As questões e problemas não previstos na presente norma serão dirimidos pelo Comitê Editorial da área para a qual foi submetido o artigo para publicação.

6. Informações devem ser dirigidas a:

<p>Universidade Estadual de Londrina Centro de Ciências Agrárias</p> <p>Departamento de Medicina Veterinária Preventiva Comitê Editorial da Semina Ciências Agrárias Campus Universitário - Caixa Postal 600186051-990 Londrina, Paraná, Brasil.</p> <p>Informações: Fone: 0xx43 33714709 Fax: 0xx43 33714714 Emails: vidotto@uel.br; csvjneve@uel.br</p>	<p>ou Universidade Estadual de Londrina Coordenadoria de Pesquisa e Pós-graduação Conselho Editorial das revistas Semina Campus Universitário - Caixa Postal 600186051-990 Londrina, Paraná, Brasil.</p> <p>Informações: Fone: 0xx43 33714105 Fax: Fone 0xx43 3328 4320 Emails: eglema@uel.br;</p>
--	---

Condições para submissão

Como parte do processo de submissão, os autores são obrigados a verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. As submissões que não estiverem de acordo com as normas serão devolvidas aos autores.

1. A contribuição é original e inédita, e não está sendo avaliada para publicação por outra revista; caso contrário, deve-se justificar em "Comentários ao Editor".

2. **Devem ser preenchidos dados de autoria de todos os autores no processo de submissão.**

Utilize o botão "**incluir autor**"

3. **No passo seguinte preencher os metadados em inglês.**

Para incluí-los, após salvar os dados de submissão em português, clicar em "**editar metadados**" no topo da página - alterar o idioma para o inglês e inserir: título em inglês, abstract e key words. Salvar e ir para o passo seguinte.

4. A **identificação de autoria** do trabalho foi removida do arquivo e da opção Propriedades no Word, garantindo desta forma o critério de sigilo da revista, caso submetido para avaliação por pares (ex.: artigos), conforme instruções disponíveis em Assegurando a Avaliação Cega por Pares.

5. Os arquivos para submissão estão em formato Microsoft Word, OpenOffice ou RTF (desde que não ultrapassem 2MB)

6. O texto está em espaço 1,5; fonte Time New roman de tamanho 11; emprega itálico em vez de sublinhado (exceto em endereços URL);

O texto segue os padrões de estilo e requisitos bibliográficos descritos em Diretrizes para Autores, na seção Sobre a Revista.

7. URLs para as referências foram informadas quando necessário.

8. **Taxa de Submissão de novos artigos**

Declaração de Direito Autoral

Os **Direitos Autorais** para artigos publicados nesta revista são de direito do autor. Em virtude de aparecerem nesta revista de acesso público, os artigos são de uso gratuito, com atribuições próprias, em aplicações educacionais e não-comerciais.

A revista se reserva o direito de efetuar, nos originais, alterações de ordem normativa, ortográfica e gramatical, com vistas a manter o padrão culto da língua e a credibilidade do veículo. Respeitará, no entanto, o estilo de escrever dos autores.

Alterações, correções ou sugestões de ordem conceitual serão encaminhadas aos autores, quando necessário. Nesses casos, os artigos, depois de adequados, deverão ser submetidos a nova apreciação.

As opiniões emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade.

Política de Privacidade

Os nomes e endereços informados nesta revista serão usados exclusivamente para os serviços prestados por esta publicação, não sendo disponibilizados para outras finalidades ou a terceiros.

Semina: Ciências Agrárias

Londrina – PR

ISSN 1676-546X

E-ISSN 1679-0359