



**UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA**

---

**MARA CRISTINA RIBEIRO DA COSTA**

**FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO NA  
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS COMO FONTE DE ÁCIDO  
FÍTICO**

---

Londrina  
2005

**MARA CRISTINA RIBEIRO DA COSTA**

**FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO NA  
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS COMO FONTE DE ÁCIDO  
FÍTICO**

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

Orientador: Prof. Dr. Caio Abécio da Silva

Londrina  
2005

## Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Catalogação na publicação elaborada pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina.

A837f Costa, Mara Cristina Ribeiro da.  
Farelo de gérmen de milho desengordurado na alimentação de suínos como fonte de ácido fólico / Mara Cristina Ribeiro da Costa. – Londrina, 2005.  
87f. : tabs.

Orientador: Caio Abércio da Silva.  
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, 2005.  
Inclui bibliografia.

1. Gérmen de milho. 2. Suíno. 3. Ácido fólico. 4. Nutrição animal.  
I. Silva, Caio Abércio da. II. Universidade Estadual de Londrina.  
III. Título.

CDU 636.085

**MARA CRISTINA RIBEIRO DA COSTA**

**FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO NA  
ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS COMO FONTE DE ÁCIDO  
FÍTICO**

**BANCA EXAMINADORA**

---

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

---

Prof. Dr. João Waine Pinheiro  
Universidade Estadual de Londrina (UEL)

---

Prof. Dra. Maria Cristina Thomaz  
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

Londrina, 03 de março de 2005.

## **OFEREÇO**

Aos meus pais, Herminio e Mariko, pela minha vida, confiança e amor.

## **DEDICO**

Às minhas irmãs, Marli e Marlene, que além de irmãs, são minhas “mães” e amigas.  
Aos meus sobrinhos, Pedro e Jaqueline, as minhas alegrias.

## AGRADECIMENTOS

À Deus por sempre estar ao meu lado iluminando o meu caminho.

Ao Professor Dr. Caio Abércio da Silva, pela orientação desde a graduação, transmissão de conhecimentos, confiança e ser um exemplo não só de profissional, mas de pessoa.

À Professora Dra. Ana Maria Bridi, pela ajuda e dedicação, que além de colaboradora foi uma amiga.

Ao Professor Dr. João Waine Pinheiro, pelo auxílio, apoio e broncas.

À Professora Dra. Nilva Aparecida Fonseca, pelo apoio e auxílio nas análises estatísticas.

À Professora Dra. Ivone Yurica Mizubuti, pelo auxílio laboratorial e apoio.

À Professora Dr. Mara Stirpp Balarim, pelo auxílio nas análises laboratoriais clínicas.

Aos Professores Dr. Massami Shimokomaki, Dra. Elza Yoko Ida e Dra. Adriana Soares e mestranda Ana Paula pela colaboração na condução deste trabalho.

Aos Professores, Dr. Alexandre Oba, Dr. Marco Antônio da Rocha, Dra. Lizete Cabrera, Dr. Edson Luís Azambuja Ribeiro, Dr. José Antônio Fregonezi e Dr. Leandro das Dores e Professores da Pós, pelo apoio e conhecimentos transmitidos.

Ao curso de Pós Graduação em Ciência Animal, ao Professor responsável Dr. Amauri Alfieri e ao secretário Nelson, pela atenção.

À empresa CARAMURU ALIMENTOS S/A, em nome do Sr. Helio Yoshiaki Hishinuma, pelo apoio financeiro.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À secretárias Edilaine e Weda, pela atenção dispensada.

Aos funcionários da Fazenda Escola Sr. Pedro, Sr. Mauro, Inácio, Gilberto, Sr. Antônio e Jorge, pelo auxílio e responsabilidade na condução dos experimentos.

Aos funcionários e residente Karina Keller do Laboratório de Patologia Clínica, pelo auxílio e responsabilidade nas análises clínicas.

Aos funcionários do Laboratório do TAM, pelo auxílio e atenção dispensada.

Aos amigos, especialmente Gisele, Vanessa, Du, Betinha, Flora, Ju Dias, Caco e Eleine, pela amizade, apoio, risadas, choros e bons momentos vividos (e desculpa pela ausência durante esse período).

Aos amigos da Pós, especialmente à Sandra, Carlos, Saulo, César, Romulo, Héleron e Kleber, pela amizade, companheirismo e bons momentos divididos.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição Animal Tânia, Ju, Rinaldo, Rosa, Silvia, Dunga, Fernando, Rafael e Tiago, pela amizade, apoio e boas risadas, afinal “não vamos nos entregar”.

Aos “irmãos” e amigos da suinocultura, especialmente ao Edgard, Deng, Juliana Belé, Piero, Julian, Graziela e Fabio, pelo apoio, amizade e bons momentos divididos.

E a todas as pessoas que diretamente ou indiretamente participaram, o meu muito obrigada!!

COSTA, Mara Cristina Ribeiro da. **Farelo de gérmen de milho desengordurado na alimentação de suínos como fonte de ácido fítico.** 2005. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2005.

## RESUMO

Foram realizados dois experimentos. O primeiro foi o teste de digestibilidade com o objetivo de avaliar as características nutricionais do farelo de gérmen de milho desengordurado (FGMD). Neste experimento foram utilizados 8 suínos (Landrace X Large White) com peso médio inicial de  $62,08 \pm 1,78$ kg, com 2 tratamentos e 4 repetições. Utilizou-se o método da coleta total de fezes e urina. O segundo experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho de suínos na fase de terminação, alimentados com rações com níveis crescentes de FGMD. Foram utilizados 24 suínos (Landrace X Large White), 12 machos castrados e 12 fêmeas, com peso médio inicial de  $70,87 \pm 3,90$ kg. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num modelo fatorial 4x2 (4 níveis de FGMD e 2 sexos) com 3 repetições por unidade experimental. Os tratamentos foram rações com 0, 10, 20 e 40% de inclusão de FGMD. Semanalmente foram realizadas coletas sanguíneas para avaliação do hemograma e leucograma e determinação das concentrações de cálcio, fósforo, uréia, triglicérides e colesterol no soro dos suínos. Após o abate, as características de carcaça foram avaliadas. Foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* (lombo) para análise da qualidade da carne e estabilidade lipídica, amostras do músculo semitendinoso (pernil) para análise da estabilidade lipídica e amostras de ossos para quantificar os níveis de cálcio e fósforo. O FGMD apresentou 2985 kcal de energia digestível e 2773 kcal de metabolizável por quilograma do produto, respectivamente, e 2,86% de ácido fítico na matéria seca. Não foi verificado efeito no desempenho zootécnico dos animais, alterações no hemograma e leucograma. Nas concentrações séricas não houve alterações relacionadas ao consumo de ácido fítico. Nas características de carcaça houve efeito linear apenas para o rendimento de carne na carcaça ( $Y=74,9927+0,379432X$ ) e para a profundidade do músculo ( $Y=54,2525+0,164059X$ ). Para a qualidade da carne houve efeito linear apenas para o marmoreio ( $Y=1,825+0,0153571X$ ). A estabilidade lipídica, segundo os valores de TBARS, apresentou efeito linear para a oxidação lipídica no lombo refrigerado ( $Y=0,529588-0,007314X$ ) e no pernil congelado ( $Y=0,141353-0,000835X$ ). Nos ossos os níveis de cálcio e fósforo foram iguais entre os tratamentos. O FGMD pode ser utilizado como ingrediente e fonte endógena de ácido fítico para preservação da oxidação lipídica na carne suína sem efeitos antinutricionais e alterações hematológicas.

**Palavras-chave:** Germe de milho. Ácido fítico. Suíno. Nutrição animal.

## ABSTRACT

Two experiments were carried out. The first one was a digestibility's test with the objective to evaluate the nutritional characteristic of deffated corn germ meal (DCGM). Eight pigs (Landrace X Large White) with  $62.08 \pm 1.78$ kg of initial weight were used in a experiment , with 2 trataments and 4 repetitions. The pigs were submitted a total feces and urine collected method. The second experiment was a performance's test to evaluate performance of pigs in the finishing phase fed on diets with increased DCGM levels. Twenty four pigs (Landrace X Large White), 12 barrows and 12 females, weightig  $70.87 \pm 3.90$ kg, were used. The experimental design used a randomized blocks, based a 4x2 factorial arrangement (4 levels of DCGM and 2 sexes) with 3 replications per experimental unit. The treatments were composed by diets with 0, 10, 20 and 40% inclusion of DCGM. Blood's collect were carried everyweek to evaluate the hematology and leucogram and to determine serum value of calcium, phosphorus, urea, triglycerides and cholesterol. Carcasses characteristics were analysed after the slaughter. *Longissimus dorsi* muscle samples were then collected to evaluated meat quality and lipid stability, ham's samples were evaluated for lipid stability and sample of bones were collected to determine the levels of calcium and phosphorus. The DCGM presented 2985 and 2773 kcal per kilogram of product of digestible and metabolizable energy, respectively, and 2.86% of phytic acid in dry matter. There were no treatment effect on pigs performance and on hemogram e leucogram. The serum concentrations were not related with phytic acid consumption. There were linear effect to meat in carcass percent ( $Y=74.9927+0.379432X$ ) and muscle depth ( $Y=54.2525+0.164059X$ ) and linear effect to marbling on meat quality ( $Y=1.825+0.0153571X$ ). According TBARS measures, the lipid stability presented linear effect to refrigerated *Longissimus dorsi* muscle ( $Y=0.529588-0.007314X$ ) and freezed ham ( $Y=0.141353-0.000835X$ ). There were no differences on bones levels of calcium and phosphorus between treatments. The DCGM can be used as an ingredient and as endogenous source of phytic acid to prevent the lipid oxidation in pork without antinutrient effect and hematological alteration.

**Keywords:** Corn as feed. Corn - Nutrition. Swine. Phytic acid.

## LISTA DE TABELAS

### FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO COMO FONTE DE ÁCIDO FÍTICO: EFEITOS NO DESEMPENHO, NAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E NA QUALIDADE DA CARNE

<b>Tabela 1</b> - Composição percentual da ração referência na matéria natural .....	33
<b>Tabela 2</b> - Composição percentual e calculada das rações experimentais para avaliação de desempenho .....	36
<b>Tabela 3</b> - Composição química do FGMD e do milho com base na matéria natural.....	39
<b>Tabela 4</b> - Valores de energia bruta, digestível e metabolizável, matéria seca e proteína bruta e proteína digestível do FGMD, na matéria natural e respectivos coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade aparentes.....	40
<b>Tabela 5</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o ganho de peso diário (GPD), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA).....	42
<b>Tabela 6</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o peso carcaça quente (PCQ), peso carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), rendimento de carne magra na carcaça (RCC), quantidade de carne na carcaça (QCC) e área de olho de lombo (AOL).....	43
<b>Tabela 7</b> - Custo médio de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg de PV), índice de eficiência econômica e índice de custo médio .....	44
<b>Tabela 8</b> - Efeito dos níveis do FGMD e do sexo sobre a cor, o marmoreio e na capacidade de retenção de água no músculo <i>Longissimus dorsi</i> .....	45
<b>Tabela 9</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre os lipídios totais do lombo e do pernil.....	46
<b>Tabela 10</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o valor de TBARS (mg/kg) no lombo refrigerado e congelado e no pernil congelado .....	47

## **FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO COMO FONTE DE ÁCIDO FÍTICO: EFEITOS NO PERFIL SÉRICO E NOS OSSOS DE SUÍNOS**

<b>Tabela 1</b> - Composição percentual e calculada das rações experimentais para avaliação de desempenho .....	59
<b>Tabela 2</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem total de hemácias durante o período experimental .....	62
<b>Tabela 3</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a Concentração de hemoglobina durante o período experimental .....	63
<b>Tabela 4</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o volume globular durante o período experimental .....	63
<b>Tabela 5</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem de leucócitos durante o período experimental .....	64
<b>Tabela 6</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem de linfócitos durante o período experimental .....	65
<b>Tabela 7</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem de segmentados durante o período experimental .....	65
<b>Tabela 8</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a concentração sérica de cálcio durante o período experimental .....	67
<b>Tabela 9</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a concentração sérica de fósforo durante o período experimental .....	67
<b>Tabela 10</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a concentração sérica de uréia durante o período experimental .....	68
<b>Tabela 11</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o triglicérides sérico durante o período experimental .....	70
<b>Tabela 12</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o colesterol sérico durante o período experimental .....	70
<b>Tabela 13</b> - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o cálcio e fósforo no osso suíno .....	72

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1 OXIDAÇÃO LIPÍDICA .....	14
2.2 ANTIOXIDANTES .....	16
2.3 ÁCIDO FÍTICO .....	19
2.4 FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO .....	24
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	26
3.1 OBJETIVO GERAL .....	26
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	26
<b>4 ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO</b> .....	27
4.1 FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO COMO FONTE DE ÁCIDO FÍTICO: EFEITOS NO DESEMPENHO, NAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E NA QUALIDADE DA CARNE .....	27
Resumo .....	28
Abstract .....	29
Introdução .....	30
Material e Métodos .....	32
Resultados e Discussão .....	39
Conclusão .....	48
Literatura Citada .....	49
4.2 FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO COMO FONTE DE ÁCIDO FÍTICO: EFEITOS NO PERFIL SÉRICO E NOS OSSOS DE SUÍNOS .....	53
Resumo .....	54
Abstract .....	55
Introdução .....	56
Material e Métodos .....	58
Resultados e Discussão .....	61

Conclusão .....	73
Literatura Citada.....	73
<b>5 CONCLUSÕES GERAIS</b> .....	<b>76</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>77</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>81</b>
Anexo 1 - Normas para preparação de trabalhos científicos submetidos à publicação na Revista Brasileira de Zootecnia.....	82

## 1 INTRODUÇÃO

A carne suína, considerada como de sabor muito agradável, é a carne mais consumida no mundo. No Brasil, entretanto, seu consumo ainda é considerado baixo em relação às carnes bovina e de frango. Atribui-se que esta limitação no consumo se deve ao baixo poder aquisitivo da população e ao alto custo, possivelmente porque 65% da carne suína é consumida sob a forma industrializada e apenas 35% na forma *in natura* (ROPPA, 2004).

Outro fator responsável pelo baixo consumo é a associação que o consumidor estabelece da carne suína com o alto teor de gordura, definindo-a como prejudicial à saúde. Contrariando este paradigma, diversos trabalhos têm apresentado a carne suína como um produto saudável, rico em proteína, vitaminas do complexo B, minerais e com boa relação de ácidos graxos polinsaturados e saturados, desejável à saúde humana.

Com o propósito de aumentar o consumo e atender o consumidor cada vez mais exigente, técnicas modernas de processamento e cortes especiais na carne *in natura* estão sendo empregados, entretanto, um fator essencial é assegurar as características sensoriais da carne como aroma, textura, suculência e cor.

Segundo Fávero (2003), as qualidades que mais despertam a atenção do consumidor na hora da compra são a cor, a textura e a perda de água que vão interferir na maciez e no marmoreio. Para a indústria são desejáveis, além dessas características, o valor do pH, a capacidade de absorção de sal e a resistência à oxidação.

Nas carnes, os lipídios são um dos principais responsáveis pelas características sensoriais. Na gordura intramuscular da carne suína observa-se maior presença de ácidos graxos insaturados que nos produtos bovino e ovino. Esta elevada participação dos ácidos graxos polinsaturados expõe a carne suína a maiores chances de reações de oxidação que são a principal causa de deterioração da carne, levando a rancidez oxidativa e com isso à diminuição da vida útil dos produtos industrializados. Paralelamente, a oxidação gera subprodutos indesejáveis e maléficos à saúde humana.

Portanto, existe grande preocupação de se prevenir esta transformação, não obstante exista grande corrente voltada à utilização de produtos antioxidantes naturais em substituição aos antioxidantes sintéticos.

Neste contexto, a utilização de produtos antioxidantes, quer adicionados diretamente nas carnes ou indiretamente vinculados, através das rações animais, podem representar uma forma efetiva de minimização dos danos de oxidação lipídica. O ácido fítico, presente nos cereais, tem despertado interesse na prevenção de doenças relacionadas com a oxidação lipídica, sugerindo ser um antioxidante possível de ser administrado nas rações, ser absorvido e utilizado pelos animais, determinado ação nos seus tecidos musculares.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

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

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

A oxidação lipídica corresponde a uma série de reações químicas envolvendo a deterioração oxidativa de ácidos graxos polinsaturados (DUTHIE, 1993). A reação é iniciada sob a ação do oxigênio, luz, e metais de transição, como o ferro ou pigmentos naturais, quando o ácido graxo perde um elétron ou um hidrogênio do carbono adjacente à dupla ligação de um ácido graxo insaturado (MORRISSEY et al., 1998; FERRARI, 1999). Segundo Morrissey et al. (1998), a oxidação inicia-se facilmente conforme aumenta o número de duplas ligações do ácido graxo, motivo pelo qual os ácidos graxos polinsaturados são particularmente susceptíveis à oxidação. Com a retirada do hidrogênio ou do elétron há formação de radicais livres, que são substâncias instáveis e reativas. Sendo instáveis, os radicais livres aumentam as reações de oxidação, ou seja, propagam as reações até a formação de substâncias não reativas, caracterizando o término das reações (fase de terminação).

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

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

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

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

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

Dentre os métodos utilizados para mensurar a oxidação lipídica, o preferido em sistemas biológicos é o índice de TBARS – substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico. O índice corresponde à condensação de dois moles de TBA com um mol de malonaldeído, produto da oxidação de lípidios polinsaturados quando aquecido em meio ácido, que produz uma solução de cor avermelhada, que é medida espectrofotometricamente a 532 nm (TURNER, 1954; ARAÚJO, 2004a). O TBARS também é utilizado para mensurar a oxidação lipídica *in vivo* (DUTHIE, 1993).

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

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

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

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

Na busca por diminuir e minimizar a oxidação lipídica e seus danos, vários estudos estão sendo desenvolvidos na nutrição animal. Morrissey et al. (1998) sugeriram a retirada da suplementação de ferro e zinco, catalíticos na oxidação lipídica. Miller et al. (1994), trabalhando com níveis baixo, médio e alto de ferro suplementado na ração de suínos, verificaram que as carnes congeladas dos animais do tratamento com alto nível de ferro foram as que tiveram maior oxidação e observaram uma correlação positiva entre o ferro da dieta e o ferro presente no músculo.

Outro caminho para minimizar a oxidação lipídica das carnes é através da suplementação das rações animais com substâncias que protegem os músculos desta reação, substâncias estas conhecidas como antioxidantes.

## **2.2 ANTIOXIDANTES**

Os antioxidantes, segundo U.S.F.D.A (United State Food and Drug Administration) são definidos como substâncias usadas para preservar alimentos por retardar

a deterioração, a rancidez ou a descoloração devido à oxidação (SOARES, 1998; SOUZA, 2001).

Os antioxidantes atuam inibindo a formação de radicais livres através do seqüestro destes, absorvendo oxigênio ou formando quelato com metais envolvidos na oxidação.

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

Os antioxidantes podem ser sintéticos ou naturais. Os antioxidantes sintéticos apresentam estruturas fenólicas com graus de substitutos aquilas variáveis. Os mais utilizados são os BHA (hidroxianisol butilato), BHT (hidroxitolueno), TBHQ (terc-butil hidroquinona) e PG (galato de propila). Contudo, pelos riscos à saúde humana, os antioxidantes sintéticos vêm sendo substituídos pelos naturais.

Os antioxidantes naturais são compostos fenólicos, quinonas, lactonas e polifenóis. Os cereais são excelentes fontes de antioxidantes naturais sendo que estes componentes se concentram principalmente no gérmen do grão. Neste sentido, durante o processamento, os grãos podem perder os compostos antioxidantes.

Todavia, quando o germe é retido na industrialização do grão, este poderá exercer individualmente ou em sinergismo com as fibras, sua ação antioxidante (DECKER et al., 2002).

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

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

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

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

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

A vitamina E já teve seu efeito antioxidante comprovado quando suplementada nas dietas de aves e suínos, melhorando a estabilidade oxidativa dos produtos durante o armazenamento e o congelamento (MORRISSEY et al., 1998; SOUZA, 2001; RADCLIFFE, 2004). Souza (2001) testou níveis de suplementação de vitamina E durante todo período de crescimento e terminação de suínos, avaliando em seguida a oxidação lipídica na carne e no presunto. Foi observado o efeito antioxidante sem incorporar sabor e aroma estranho ao presunto. Entretanto, um fator que limita o seu uso é o alto custo.

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

### 2.3 ÁCIDO FÍTICO

O ácido fítico ou inositol hexafosfato ( $\text{InsP}_6$ ) está presente em diversos cereais, vegetais e leguminosas na concentração de 1 a 5% do peso (GRAF; EATON, 1990; EMPSON; LABUZA; GRAF, 1991; LEE; HENDRICKS, 1995). Apresenta-se como a principal fonte de fosfato nos grãos, sendo que 60 a 90% do fósforo total do grão pode estar na forma de fitato, como sais de cálcio, de potássio e de magnésio. Sugere-se que a ocorrência deste é para proteger a semente contra a deterioração dirigida pelo oxigênio e pelo ferro (GRAF; EATON, 1990).

Este complexo apresenta uma forma estrutural única e devido à energia potencial elevada das seis ligações éster fosfóricas, este é inerte e estável, podendo ser estocado na forma sólida durante anos (LEE; HENDRICKS, 1995; SOARES, 1998).

O ácido fítico pode ser hidrolisado e originar inositol pentafosfato ( $\text{InsP}_5$ ), inositol tetrafosfato ( $\text{InsP}_4$ ), inositol trifosfato ( $\text{InsP}_3$ ), inositol bifosfato ( $\text{InsP}_2$ ), inositol monofosfato ( $\text{InsP}$ ) e fósforo inorgânico. Essa hidrólise ocorre através da ação enzimática da fitase presente nas plantas, produzida pela microflora intestinal ou na mucosa intestinal animal e da fosfatase alcalina da mucosa intestinal animal (GRAF; EATON, 1990; SAKAMOTO; VUCENIK; SHAMSUDDIN, 1993; SEYNAEVE et al., 1999).

Segundo Grases et al. (2001), o ácido fítico é encontrado também em todas 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.

Sakamoto; Vucenik; Shamsuddin (1993) citaram que os compostos do inositol têm papéis importantes como mensageiros secundários na transmissão e sinais intracelulares. Neste sentido, o  $\text{InsP}_6$  foi encontrado no cérebro (GRASES et al., 2001) e o  $\text{InsP}_5$  foi encontrado nos eritrócitos de aves e anfíbios, ligado à hemoglobina, reduzindo a afinidade desta com o oxigênio e o liberando (COSGROVE *apud* GRAF; EATON, 1990).

A estrutura única do ácido fítico sugere elevado poder de quelação, com alta afinidade pelos cátions polivalentes como cálcio, ferro, zinco, cobre e manganês. Pela propriedade de formar quelatos, o ácido fítico é considerado um antinutriente, por interferir na biodisponibilidade de minerais para suínos e aves, principalmente do ferro, cálcio e cobre (FIREMAN; FIREMAN; 1998; SEYNAEVE et al., 1999; SELLE et al., 2000), pois, ao serem quelatados, os minerais não ficam no estado iônico necessário para a absorção (LOPEZ et al., 2002).

O complexo metal-fitato formado é solúvel em pH baixo e, em pH neutro, tem a solubilidade limitada (LEE; HENDRICKS, 1995), motivo que a maior parte desse complexo atravessa o trato gastrointestinal na forma não degradada, apesar de cereais e mucosa intestinal apresentarem atividade da enzima fitase.

Bertechini (1998) relatou que suínos jovens não possuem o intestino desenvolvido e com isso têm pouco aproveitamento do fósforo fítico da dieta. Entretanto, os suínos adultos conseguem aproveitar o fósforo fítico em até 50%. Segundo Minihane; Rimbach (2002), a absorção do ferro é influenciada por diversos fatores, entre eles o ácido fítico. Entretanto, esse efeito inibitório é observado quando pelo menos cinco dos seis possíveis sítios do inositol são fosforilados. O  $\text{InsP}_6$  é o que tem maior poder de quelação e maior inibição na absorção dos minerais comparando com as outras formas.

Segundo Graf; 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.

Já, Seynaeve et al. (1999), ao trabalharem com os efeitos da relação cálcio e fósforo, níveis de fósforo e suplementação de fitase microbiana em suínos em crescimento, verificaram que há desfosforilação do ácido fítico pela ação da fitase dos grãos e da mucosa intestinal, da fosfatase alcalina da mucosa intestinal ou da fitase da flora intestinal, mesmo nos animais que receberam ração sem a suplementação de fitase. A hidrólise é verificada mais no fim do íleo, enquanto no estômago a degradação enzimática pode ser considerada nula, pois o ácido fítico é bem estável ao pH estomacal. Entretanto, quando há suplementação da fitase microbiana na ração, a degradação ocorre no estômago e no final do íleo ela é triplicada.

Grases et al. (2001) testaram a concentração do  $\text{InsP}_6$ ,  $\text{InsP}_5$  e  $\text{InsP}_4$  em tecidos e fluídos biológicos utilizando ratos tratados com dietas sem e com 1%  $\text{InsP}_6$ . Os autores verificaram que a concentração do  $\text{InsP}_6$  presente em tecidos como rins, cérebro e ossos, depende deste na dieta, ou seja, quando o  $\text{InsP}_6$  não estava presente na dieta, houve queda dramática na quantidade de  $\text{InsP}_6$  nos tecidos, sugerindo que o  $\text{InsP}_6$  presente no organismo vem da dieta. A concentração de  $\text{InsP}_5$  também foi afetada pelo  $\text{InsP}_6$  da dieta, pois se verificou que o  $\text{InsP}_5$  é originado a partir da desfosforilação de  $\text{InsP}_6$ . Já o  $\text{InsP}_4$  apresentou níveis semelhantes nos animais que receberam os tratamentos com e sem adição de  $\text{InsP}_6$ , indicando que este pode ser sintetizado, reforçando que este é mensageiro secundário nas células e estas podem controlar os níveis de  $\text{InsP}_4$ . As maiores concentrações de  $\text{InsP}_6$ ,  $\text{InsP}_5$  e

InsP<sub>4</sub> foram verificados no cérebro, sendo que no plasma, o nível de InsP<sub>6</sub> foi 10 vezes maior nos animais submetidos ao tratamento com adição de InsP<sub>6</sub>.

Sakamoto; Vucenik; Shamsuddin (1993), ao trabalharem com InsP<sub>6</sub> marcado e administrado oralmente em ratos, estudaram a presença deste no sangue, na digesta e nos tecidos, uma e 24 horas após sua administração. Os autores verificaram que o InsP<sub>6</sub> marcado foi rapidamente absorvido. Considerando uma administração de 100% de InsP<sub>6</sub>, foram encontrados nas fezes 14,1% e na digesta do trato gastrointestinal 6,9% do total administrado, sugerindo que 79% do InsP<sub>6</sub> teria sido absorvido. Ao contrário de outros trabalhos que indicaram que a desfosforilação não ocorre no estômago, esses autores ao observarem as células epiteliais gástricas e intestinais, verificaram que a desfosforilação ocorre no estômago e também no intestino. Foi verificada grande proporção de atividade radioativa no trato gastrointestinal, na pele e no músculo esquelético. Segundo os autores, essa alta atividade no músculo esquelético se deve ao fato deste ser local de armazenamento do inositol.

Para aumentar a disponibilidade dos minerais, principalmente do fósforo, cálcio e ferro, e com isso diminuir a poluição ambiental pelos dejetos de suínos e reduzir a necessidade de suplementação de fosfatos, um dos itens de maior custo na ração, indica-se a suplementação da fitase microbiana nas rações de suínos (POINTILLART, 1997; FIREMAN; FIREMAN, 1998). Diversos trabalhos apontam melhora no desempenho dos animais ao utilizar a fitase. Entretanto, um ponto pouco discutido é que ao suplementar as rações com a fitase, há liberação de minerais, como o ferro e zinco, que catalisam as reações de oxidação lipídica.

Gebert et al. (1999a, 1999b) testaram dietas suplementadas com fitase, vitamina E e vitamina E + fitase e observaram o efeito destes tratamentos na disponibilidade dos minerais, no desempenho, nas características de carcaça, nas características de carne suína e na qualidade da gordura. Estes autores observaram melhora na disponibilidade dos minerais, pelos animais que receberam os três tratamentos. Em relação ao desempenho, apenas houve efeito nos animais que receberam o tratamento com adição de fitase, enquanto as características de carcaça, como a porcentagem de carne magra e a porcentagem de gordura, não foram influenciadas pelos diferentes tratamentos. Na qualidade da carne, o grupo tratado com vitamina E, apresentou uma tendência à carne com coloração mais vermelha e no tratamento com fitase, à carne pálida. Na gordura não houve diferença entre os tratamentos, já que os autores atribuíram que a variação individual é responsável por essa característica como também pela capacidade de retenção de água. A oxidação lipídica foi maior na carne dos

animais que receberam tratamento com fitase, indicando que este ao aumentar a disponibilidade dos minerais, provavelmente estes catalisaram as reações de oxidação lipídica pela autooxidação da mioglobina ou pela formação do radical hidroxil ( $\text{OH}^\bullet$ ), e com isso houve alteração na cor da carne.

Outra forma de evitar o fator antinutricional do ácido fítico é o desenvolvimento de cereais com baixa concentração deste complexo. Veum et al. (2001) testaram uma variedade de milho modificado com baixa quantidade de ácido fítico na alimentação de suínos. Estes autores observaram *in vitro* que o milho da variedade com baixa concentração de ácido fítico, apresentou alta disponibilidade do fósforo, quando comparado com o milho comum. *In vivo* foi verificado melhor desempenho dos animais alimentados com milho modificado, que apresentava baixa quantidade de ácido fítico, mostrando assim ausência de comprometimento dos valores nutricionais no milho modificado.

A propriedade do ácido fítico em quelatar minerais torna-o também benéfico à saúde e indica o seu uso na prevenção de algumas doenças. Ao quelatar o cálcio, o ácido fítico age na prevenção de cálculos renais e na hipercalcínúria (OHKAWA *apud* GRAF; EATON, 1990). Dietas ricas em cálcio podem resultar no aumento da excreção de cálcio pela urina e conseqüente aumento na incidência de cálculos renais (ZHOU; ERDMAN, 1995). Ao quelatar metais pesados, há uma diminuição na toxicidade destes, como o cádmio (MINIHANE; RIMBACH, 2002).

Segundo os mesmos autores, ao atrasar a absorção da glicose pós prandial, o ácido fítico atua também diminuindo os níveis de colesterol e triglicérides no plasma. Jariwalla et al. (1990) testaram a inclusão ou não de ácido fítico em dietas de ratos com elevados níveis de colesterol. Os autores verificaram que ratos que receberam dieta com níveis elevados de colesterol e de ácido fítico tiveram diminuição nos níveis séricos de colesterol total e triglicérides. Atribui-se a essa diminuição, a modulação hemostática entre o zinco e o cobre pelo ácido fítico na hipercolesterolemia, já que a alta relação entre o zinco e cobre está correlacionada com a hipercolesterolemia e associado a doenças cardiovasculares.

A ligação do ácido fítico com eritrócitos é indicada no tratamento de distúrbios em que há baixa oxigenação nos tecidos, como nos casos de isquemia orgânica, anemia hemolítica e insuficiência pulmonar (GRAF; EATON, 1990).

O efeito benéfico do ácido fítico mais salientado pelos pesquisadores é o de quelatar o ferro. O ácido fítico age como potente antioxidante natural, efetivo agente para inibir a oxidação em produtos alimentares. O ácido fítico, ao contrário dos antioxidantes que atuam agindo com o oxigênio nas reações de oxidação, inibe a formação do radical hidroxil

dirigido por metais, principalmente o ferro, tornando-os inativos (EMPSON; LABUZA; GRAF, 1991; GRAF; EATON, 1990). Assim, o ácido fítico apresenta-se como um antioxidante ideal para a carne suína, já que esta tem elevado teor de ferro, que é um dos catalisadores da oxidação em produtos cárneos.

Lee e Hendricks (1995) testaram soluções de ácido fítico em diferentes tampões e pHs diretamente na carne bovina e verificaram que com a adição de ácido fítico ocorreu diminuição na oxidação lipídica pela autooxidação do ferro ou por quelatar o ferro e o tornar inativo. Entretanto, esse efeito antioxidante depende da concentração e do pH, tendo os maiores efeitos em pH neutro e básico. Os autores verificaram ainda que o ácido fítico teve o efeito antioxidante mais efetivo que outros antioxidantes como o ácido ascórbico, BHT e EDTA.

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).

Segundo Graf; Eaton (1990), na relação 0,25 ácido fítico – ferro, a formação do radical hidroxil é completamente bloqueada. Porres et al. (*apud* MINIHANE; RIMBACH, 2002), ao testarem dietas com níveis alto e baixo de ferro e dietas com e sem a inclusão de fitase, verificaram valores de TBARS maiores nos tratamentos com maior nível de ferro e com inclusão de fitase, indicando que dietas com ácido fítico protegem contra a peroxidação lipídica no cólon em níveis moderadamente altos de ferro.

Para o ácido fítico agir como antioxidante não é necessário ter os seis fósforos ligados ao inositol, ou seja, não só o  $\text{InsP}_6$  atua como antioxidante, mas o  $\text{InsP}_5$ ,  $\text{InsP}_4$  e o  $\text{InsP}_3$  também têm esta ação (GRAF; EATON, 1990). Miyamoto (*apud* MINIHANE; RIMBACH, 2002) citou que as diferentes formas de inositol,  $\text{InsP}_5$ ,  $\text{InsP}_4$ ,  $\text{InsP}_3$  e  $\text{InsP}_2$ , podem prevenir a peroxidação lipídica induzida pelo ferro nas membranas lipossomais.

Ao formar quelato com o ferro, o ácido fítico age também protegendo contra danos da isquemia cardíaca (ZHOU; ERDMAN, 1995), desordens cancerígenas como câncer no cólon e mamário (GRAF; EATON, 1990; ZHOU; ERDMAN, 1995), e a ação anti-neoplásica não é observada apenas na fase inicial, mas também na fase pós-inicial (SAKAMOTO; VUCENIK; SHAMSUDDIN, 1993). Pela ação anti-neoplásica, através da regulação na proliferação celular, mesmo após a estimulação carcinogênica, o ácido fítico tem sido um importante candidato à quimioprevenção. Estudos em ratos demonstraram que quando o ácido fítico foi adicionado em 8,9 % na dieta, houve diminuição no crescimento de

tumores e aumento no tempo de sobrevivência dos animais, provavelmente pela formação do complexo magnésio-fitado que foi efetivo neste tratamento (ZHOU; ERDMAN, 1995).

Entre as propriedades anticarcinogênicas mais estudadas do ácido fítico está a diminuição no risco de câncer de cólon induzido por metais. Segundo Minihane; Rimbach (2002), o alto consumo de metais aumenta o risco de câncer de cólon e dietas com altos níveis de ácido fítico podem reduzir efeitos danosos da oxidação por estes metais.

#### **2.4 FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO**

O milho e o farelo de soja são os principais ingredientes na alimentação de suínos, compondo um dos itens de maior custo de produção. O milho, pela sua inclusão nas rações, pode ser responsável por até 40% do custo de produção de suínos (BELLAYER, 2004). Visando diminuir estes custos, é contínua a busca por ingredientes alternativos que possam substituir o milho e o farelo de soja. Neste sentido têm-se destacado os subprodutos da indústria.

O farelo de gérmen de milho desengordurado é um subproduto do milho resultante da extração de óleo. Na indústria, no método mais comum de extração de óleo, o milho é limpo e degerminado, através da moagem em que se obtêm a canjica e o gérmen. O gérmen passa por moagem, peneiração, peletização e secagem, obtendo-se um gérmen peletizado rico em lipídios. Desse gérmen peletizado é extraído o óleo com o uso do solvente hexano. Após a separação do gérmen e solvente, tem-se o gérmen lex. Após ajuste nos níveis dos minerais do gérmen lex, o produto sofre nova peletização e origina o gérmen de milho desengordurado (LEAL, 2000).

O farelo de gérmen de milho desengordurado e o gérmen lex são nutricionalmente indicados na alimentação de aves e suínos como produtos alternativos em substituição principalmente ao milho. Moreira et al. (2002) e Soares et al. (2004) determinaram os seus valores protéicos (10,20 e 10,68%, respectivamente) e energéticos (3060 kcal de ED e 2097 kcal de ED, respectivamente) e confirmaram que este pode ser utilizado na dieta de suínos. As variações nos valores nutricionais do farelo de gérmen de milho encontrados pelos autores possivelmente devem-se às diferenças de solo, clima e cultivares ou ainda às condições de processamento.

Soares et al. (2004) testando a inclusão de 0, 10, 20 e 40% farelo de gérmen de milho desengordurado na ração de suínos em crescimento e terminação, concluíram que é viável a utilização deste em até 30%, sem causar efeitos negativos sobre as características de carcaça. Moreira et al. (2002) testaram a inclusão de 0, 15, 30 e 45% e também não encontraram efeito negativo nas características de carcaça, entretanto, verificaram piora na conversão alimentar e no ganho diário de peso em todos os níveis de inclusão. Porém, um ponto salientado em ambos trabalhos foi a viabilidade econômica deste produto, tornando interessante sua inclusão de acordo com o custo do produto.

Além de ser um produto alternativo, o farelo de gérmen de milho desengordurado é uma excelente fonte de ácido fítico. Leal (2000) extraiu o ácido fítico de diversas formas do gérmen de milho e determinou o teor máximo de 6,24%, no gérmen obtido logo após a degerminação e separação da canjica. Este valor encontra-se próximo ao valor de 6,40% descrito por Graf; Eaton (1990). O valor mínimo de 1,95% de ácido fítico foi encontrado no gérmen com alta quantidade de impurezas, com mais amido que as outras formas de gérmen.

Os valores médios de ácido fítico no gérmen lex e no gérmen de milho desengordurado foram, 3,70 e 2,90%, respectivamente. Após a extração do ácido fítico no gérmen de milho desengordurado, Leal (200) obteve um produto com 34,97% de ácido fítico, e este ao ser utilizado como antioxidante diretamente sobre a carne teve os seus efeitos comprovados, inibindo a oxidação lipídica da coxa e da sobrecoxa de frangos.

Portanto, diante destas características, o farelo de gérmen de milho desengordurado apresenta-se como uma fonte de ácido fítico, além de ingrediente alternativo passível de, sob uso endógeno (via ração), desenvolver alguma atividade antioxidante, melhorando as características químicas e sensoriais da carne suína.

### **3 OBJETIVO**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar suínos alimentados com farelo de gérmen de milho desengordurado como fonte de ácido fítico desde o desempenho até a qualidade da carne.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analisar as características nutricionais do farelo de gérmen de milho desengordurado;
- Avaliar o desempenho de suínos tratados com níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado na ração durante a terminação;
- Avaliar as características de carcaça de suínos tratados com níveis de farelo de gérmen de milho desengordurado na ração durante a terminação;
- Avaliar a qualidade da carne de suínos tratados com níveis diferentes de farelo de gérmen de milho desengordurado na ração durante a terminação;
- Avaliar o efeito do farelo de gérmen de milho desengordurado como fonte de ácido fítico na estabilidade lipídica da carne suína;
- Avaliar o efeito antinutricional do ácido fítico do farelo de gérmen de milho desengordurado, quando utilizado na fase de terminação de suínos.

## **4 ARTIGOS PARA PUBLICAÇÃO**

**4.1 FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO COMO FONTE DE ÁCIDO FÍTICO:  
EFEITOS NO DESEMPENHO, NAS CARACTERÍSTICAS DE CARÇA E NA QUALIDADE CARNE  
SUÍNA**

## **Farelo de Gérmen de Milho Desengordurado como Fonte de Ácido Fítico: Efeitos no Desempenho, nas Características de Carcaça e na Qualidade da Carne Suína**

### **Resumo**

Foram realizados dois experimentos. O primeiro foi o teste de digestibilidade com o objetivo de avaliar as características nutricionais do farelo de gérmen de milho desengordurado (FGMD). Neste experimento foram utilizados 8 suínos (Landrace X Large White) com peso médio inicial de  $62,08 \pm 1,78$ kg, com 2 tratamentos e 4 repetições. Utilizou-se o método da coleta total de fezes e urina. O segundo experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho de suínos na fase de terminação, alimentados com rações com níveis crescentes de FGMD. Foram utilizados 24 suínos (Landrace X Large White), 12 machos castrados e 12 fêmeas, com peso médio inicial de  $70,87 \pm 3,90$ kg. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num modelo fatorial 4x2 (4 níveis de FGMD e 2 sexos) com 3 repetições por unidade experimental. Os tratamentos foram rações com 0, 10, 20 e 40% de inclusão de FGMD. Após o abate, as características de carcaça foram avaliadas. Foram coletadas amostras do músculo *Longissimus dorsi* (lombo) para análise da qualidade da carne e estabilidade lipídica e amostras do músculo semitendinoso (pernil) para análise da estabilidade lipídica. O FGMD apresentou 2985 e 2773 kcal de energia digestível e metabolizável por quilograma do produto, respectivamente, e 2,86% de ácido fólico na matéria seca. No teste desempenho não houve diferença para os níveis de inclusão de FGMD. Nas características de carcaça houve efeito linear apenas para o rendimento de carne na carcaça e para a profundidade do músculo. Para a qualidade da carne houve efeito linear apenas para o marmoreio. A estabilidade lipídica, segundo os valores de TBARS, apresentou efeito linear para a oxidação lipídica no lombo refrigerado e no pernil congelado. O FGMD pode ser utilizado como ingrediente e fonte endógena de ácido fólico para preservação da oxidação lipídica na carne suína.

**Palavras chave:** antioxidante, fitato, gérmen de milho, *Longissimus dorsi*, oxidação lipídica

## Deffated Corn Germ Meal as a Source of Phytic Acid: Effects on Performance, Carcasses Characteristics and Pork Quality

Two experiments were carried out. The first one was a digestibility's test with the objective to evaluate the nutritional characteristic of deffated corn germ meal (DCGM). Eight pigs (Landrace X Large White) with  $62.08 \pm 1.78$ kg of initial weight were used in a experiment, with 2 trataments and 4 repetitions. The pigs were submitted a total feces and urine collected method. The second experiment was a performance's test to evaluate performance of pigs in the finishing phase fed on diets with increased DCGM levels. Twenty four pigs, 12 barrows and 12 females (Landrace X Large White), weighting  $70.87 \pm 3.90$ kg, were used. The experimental design used a randomized blocks, based a 4x2 fatorial arrangement with 3 replications per experimental unit. The treatments were composed by diets with 0, 10, 20 and 40% inclusion of DCGM. Carcasses characteristics were analysed after the slaughter. *Longissimus dorsi* muscle samples were then collected to evaluated meat quality and lipid stability and ham's samples were evaluated for lipid stability. The DCGM presented 2985 and 2773 kcal of digestible and metabolizable energy per kilogram of product, respectively, and 2.86% of phytic acid in dry matter. There were no differences between DGCM levels to performance. There were linear effect to meat in carcass percent and muscle depth and linear effect to marbling on meat quality. According TBARS measures, the lipid stability presented linear effect to refrigerated *Longissimus dorsi* muscle and freezed ham. The DCGM can be used as an ingredient and as endogenous source of phytic acid to prevent the lipid oxidation in pork.

**Key words:** antioxidant, corn germ, lipid oxidation, *Longissimus dorsi*, phytate

## Introdução

Nas carnes, os lipídios são um dos principais responsáveis pelas características sensoriais. Na gordura intramuscular da carne suína observa-se maior presença de ácidos graxos insaturados que nos produtos bovino e ovino.

Esta elevada concentração de ácidos graxos polinsaturados expõe a carne suína a maiores chances de reações de oxidação, que são a principal causa de deterioração da carne, levando a rancidez oxidativa e com isso à diminuição da vida útil dos produtos industrializados.

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

Na oxidação lipídica há formação de produtos como aldeídos, cetonas, álcoois e hidrocarbonetos, substâncias tóxicas que levam à diminuição na qualidade do alimento. Outro fator é a diminuição no valor nutritivo, pela oxidação de vitaminas e proteínas, perda de cor da carne e menor tempo de vida útil, pela rancificação dos lipídios (Araújo, 2004), já que a oxidação é iniciada nos lipídios, mas pode afetar proteínas, pigmentos e vitaminas.

Os produtos da oxidação lipídica são apontados como substâncias tóxicas que provocam processos deteriorativos em humanos, como envelhecimento, doenças do coração, doenças coronárias e desordens carcinogênicas e mutagênicas (Ghiretti et al., 1997; Duthie, 1993).

Na tentativa de diminuir e minimizar a oxidação lipídica e seus danos, vários estudos estão sendo desenvolvidos na nutrição animal. Morrissey et al. (1998) sugeriram a retirada da suplementação de ferro e zinco, catalíticos na oxidação lipídica. Outra forma comumente utilizada envolve o uso de antioxidantes.

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

O ácido fítico ou inositol hexafosfato (InsP<sub>6</sub>) apresenta-se como um importante antioxidante natural. Ele está presente em diversos cereais, vegetais e leguminosas na concentração de 1 a 5% do peso (Graf & Eaton, 1990; Empson et al., 1991; Lee & Hendricks, 1995).

A estrutura única do ácido fítico sugere elevado poder de quelação, com alta afinidade pelos cátions polivalentes como cálcio, ferro, zinco, cobre e manganês. Entretanto pela propriedade de formar quelatos, o ácido fítico é considerado um antinutriente por interferir na biodisponibilidade de minerais em aves e suínos, principalmente do ferro, cálcio e cobre (Fireman & Fireman, 1998; Seynaeve et al., 1999; Selle et al., 2000).

O efeito benéfico salientado pelos pesquisadores é que ao quelatar o ferro, o ácido fítico age como potente antioxidante natural, inibindo a oxidação em produtos alimentares. O ácido fítico, ao contrário dos antioxidantes que atuam agindo com o oxigênio nas reações de oxidação, este inibe a formação do radical hidroxil dirigido por metais, principalmente o ferro, tornando-o inativo (Empson et al., 1991; Graf & Eaton, 1990). Assim, o ácido fítico apresenta-se como um antioxidante ideal para a carne suína, já que esta tem elevado teor de ferro.

Considerando as propriedades do ácido fítico e reconhecendo o farelo de gérmen de milho, um subproduto da extração industrial do óleo do grão de milho, como um ingrediente com elevado teor de ácido fítico, este poderia ser utilizado tanto como ingrediente primário na formulação de rações animais como fonte de antioxidante endógeno.

Leal (2000) extraiu o ácido fítico de diversas formas do gérmen de milho e determinou seu teor máximo em 6,24%, obtido logo após a degerminação e separação da canjica.

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as características nutricionais do farelo de gérmen de milho desengordurado e seus efeitos sobre o desempenho, as características de carcaça e a qualidade da carne de suínos alimentados com diferentes níveis do produto na fase de terminação.

### **Material e Métodos**

Para realização deste trabalho, foram realizados dois experimentos com suínos na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina. O primeiro experimento constituiu-se de um ensaio de digestibilidade realizado no galpão de metabolismo de suínos.

Foram utilizados oito suínos mestiços (Landrace X Large White), machos castrados com peso médio inicial de  $62,075 \pm 1,78$  kg. Os suínos foram alojados em gaiolas metabólicas durante doze dias, sendo os sete primeiros para adaptação dos animais às gaiolas e às dietas. No oitavo dia, os animais foram pesados para o cálculo do peso metabólico e ajuste da quantidade de ração a ser fornecida. Nos cinco dias subseqüentes foi realizada a coleta total de fezes e urina, e para determinar o início e o final do período de coleta, foi utilizado como marcador fecal 2% de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Os tratamentos experimentais foram ração referência e ração teste, sendo esta composta por 60% da ração referência e 40% do farelo de gérmen de milho desengordurado (FGMD). A ração referência foi formulada visando atender as exigências nutricionais mínimas dos suínos nessa fase (terminação), segundo o NRC (1998), excetuando-se os níveis nutricionais de cálcio e fósforo disponível, que não foram suplementados para permitir a verificação da disponibilidade do fósforo fítico. Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados da ração referência encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Composição percentual e calculada da ração referência na matéria natural  
 Table 1 – Percentage and calculate composition of basal diet in fed basis

Ingredientes <i>Ingredients</i>	Valores Values
Milho (%) <i>Corn</i>	86,454
Farelo de soja (%) <i>Soybean meal</i>	12,643
Suplemento vitamínico <sup>1</sup> (%) <i>Vitamin supplement<sup>1</sup></i>	0,500
Sal comum (%) <i>Salt</i>	0,250
Óleo de soja (%) <i>Soybean oil</i>	0,076
Suplemento mineral <sup>2</sup> (%) <i>Mineral supplement<sup>2</sup></i>	0,050
L-lisina HCL-78% (%) <i>L-Lisine – HCL-78%</i>	0,027
<hr/>	
Valores Calculados <sup>3</sup> <i>Calculated values<sup>3</sup></i>	
Matéria Seca (%) <i>Dry matter</i>	87,379
Proteína Bruta (%) <i>Crude protein</i>	13,200
Energia Metabolizável (kcal/kg) <i>Metabolizable energy</i>	3277
Energia Digestível (kcal/kg) <i>Digestible energy</i>	3440
Fibra Bruta (%) <i>Crude fiber</i>	2,508
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	0,071
Fósforo Total (%) <i>Total phosphorus</i>	0,277
Fósforo Disponível (%) <i>Available phosphorus</i>	0,092
Lisina (%) <i>Lysine</i>	0,600
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,229

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico terminação por kg de produto (*vitamin supplement per kg of product*): vit.A, 550.000 UI; vit.D3 150.000 UI; vit.E, 2.500UI; vit.K3, 550 mg; vit. B1, 175 mg; vit.B2, 900 mg; vit; vit.B12, 3.000 mcg; ácido fólico (*folic acid*), 150 mg; ácido pantotênico (*pantotenic acid*), 3.000 mg; niacina (*niacin*), 4.750 mg; selênio (*selenium*), 75 mg; antioxidante (*antioxidant*), 2,5 g.

<sup>2</sup> Suplemento mineral por kg de produto (*mineral supplement per kg of product*): Fe, 48.000 mg; Cu, 16.000 mg; Mg, 30.000 mg; Zn, 140.000 mg; Co, 200 mg; I, 850 mg; Se, 120 mg.

<sup>3</sup>Valores calculados com base nas tabelas da EMBRAPA (1991) (*Calculated from EMBRAPA, 1991 tables*)

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com dois tratamentos e quatro repetições, cada repetição foi representada por um animal e para formação dos blocos foi levado em conta o peso inicial dos animais.

As rações foram fornecidas duas vezes ao dia, às 8h00 e às 17h00. O fornecimento de água foi segundo a relação: 3 mL de água / g de ração consumida.

As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, às 8h30 e às 17h30, armazenadas em sacos plásticos e mantidas em temperatura de congelamento até a análise laboratorial. A urina foi coletada às 9h00 horas em baldes contendo 20 mL de ácido clorídrico (1:1). Após a coleta, a urina tinha seu volume medido e retirada uma amostra que foi mantida em refrigeração (4°C) até a análise laboratorial.

Após o período de coleta, as fezes foram descongeladas, secas em estufa de ventilação forçada a 60°C e trituradas. Amostras do FGMD, ração referência, ração teste e fezes foram analisadas quanto aos valores de matéria seca, energia bruta, proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo, matéria mineral e fósforo total (AOAC, 1995) e a partir da urina foi obtido somente o valor da energia bruta, através da bomba calorimétrica, no Laboratório de Análises Físico Químicas da EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia – SC.

A partir desses resultados, foram calculados os valores de coeficiente de digestibilidade da matéria seca, da proteína bruta, da fibra bruta e energia bruta, possibilitando o cálculo da matéria seca digestível, da proteína digestível e da energia digestível. O coeficiente de metabolizabilidade da energia digestível permitiu a obtenção da energia metabolizável do FGMD. Para os cálculos de digestibilidade foi empregado o método de Matterson et al. (1965).

O ácido fítico (AF) foi quantificado no FGMD, nas rações e nas fezes segundo a metodologia descrita por Latta & Eskin (1980) e modificado por Ellis & Morris (1986), no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina.

O segundo experimento constituiu-se de um ensaio de desempenho realizado na unidade de engorda de suínos da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina.

Foram utilizados 24 suínos mestiços (Landrace X Large White), sendo 12 fêmeas e 12 machos castrados, com peso médio inicial de  $70,870 \pm 3,90$ kg. Os animais foram mantidos em baias individuais de alvenaria, com piso compacto e área de  $3\text{m}^2$  cada, onde receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental.

Os tratamentos foram compostos por quatro rações isoprotéicas, isolisínicas e isoenergéticas. Excetuando o valor da energia metabolizável as rações foram formuladas visando atender as exigências mínimas da fase de terminação, segundo o NRC (1998). Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 2.

T1: Tratamento controle, ração com 0% de inclusão de FGMD;

T2: Ração com 10% de inclusão de FGMD;

T3: Ração com 20% de inclusão de FGMD;

T4: Ração com 40% de inclusão de FGMD.

Tabela 2 - Composição percentual e calculada das rações experimentais para avaliação de desempenho  
 Table 2 – Percentage and calculated composition of the experimental diets for performance evaluation

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Tratamentos <i>Treatments</i>			
	0%	10%	20%	40%
Milho <i>Corn</i>	73,395	65,971	58,547	43,698
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	15,262	14,333	13,404	11,546
Farelo de gérmen de milho desengordurado <i>Deffated corn germ meal</i>	0,000	10,000	20,000	40,000
Casca de arroz <i>Hull's rice</i>	6,705	5,029	3,353	0,000
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	2,264	2,212	2,162	2,061
Óleo soja <i>Soybean oil</i>	1,300	1,300	1,300	1,300
Suplemento vitamínico <sup>1</sup> <i>Vitamin supplement<sup>1</sup></i>	0,400	0,400	0,400	0,400
Suplemento mineral <sup>2</sup> <i>Mineral supplement<sup>2</sup></i>	0,050	0,050	0,050	0,050
Calcário <i>Limestone</i>	0,363	0,432	0,500	0,637
Sal <i>Salt</i>	0,250	0,250	0,250	0,250
L-Lisina-HCl-78% <i>L-lysine-HCL-78%</i>	0,011	0,023	0,034	0,058
Total <i>Total</i>	100,000	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados <sup>3</sup> <i>Calculated values<sup>3</sup></i>				
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	0,850	0,850	0,850	0,850
Energia metabolizável (kcal/kg) <i>Metabolizable energy</i>	3005	3005	3005	3005
Fibra bruta (%) <i>Crude fiber</i>	5,073	4,632	4,193	3,314
Fósforo disponível (%) <i>Available phosphorus</i>	0,505	0,505	0,505	0,505
Fósforo total (%) <i>Total phosphorus</i>	0,685	0,703	0,722	0,759
Extrato etéreo (%) <i>Crude fat</i>	4,016	3,952	3,888	3,760
Lisina (%) <i>Lysine</i>	0,630	0,630	0,630	0,630
Matéria seca (%) <i>Dry matter</i>	88,320	88,196	88,072	87,826
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,224	0,227	0,229	0,234
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	13,500	13,500	13,500	13,500

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico por kg de produto (*vitamin supplement per kg of product*): vit.A, 550.000 UI; vit.D3 150.000 UI; vit.E, 2.500UI; vit.K3, 550mg; vit. B1, 175mg; vit.B2, 900mg; vit. vit.B12, 3.000mcg; ácido fólico (*folic acid*), 150mg; ácido pantotênico (*pantotenic acid*), 3.000mg; niacina (*niacin*), 4.750 mg; selênio (*selenium*), 75mg; antioxidante (*antioxidant*), 2,5g.

<sup>2</sup> Suplemento mineral por kg de produto (*mineral supplement per kg of product*): Fe, 90.000mg; Cu, 16.000mg; Mg, 30.000mg; Zn, 140.000mg; Co, 200mg; I, 850mg; Se, 120mg.

<sup>3</sup>Valores calculados com base nas tabelas da EMBRAPA (1991) (*Calculated from EMBRAPA, 1991 tables*)

O ácido fítico foi quantificado nas rações segundo a metodologia descrita por Latta & Eskin (1980) e modificado por Ellis & Morris (1986), no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina.

Os animais foram pesados no início e no final do período experimental e seu consumo de ração computado, obtendo-se o ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar.

A viabilidade econômica da utilização do FGMD na ração foi verificada, segundo Bellaver et al. (1985).

Na seqüência, foi calculado o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo Médio (IC), segundo Barbosa et al. (1992), segundo as fórmulas:

$$IEE = \frac{MCe}{CTei} \times 100;$$

$$IC = \frac{CTei}{MCe} \times 100, \text{ em que:}$$

MCe = menor custo médio observado em ração por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

CTei = custo médio do tratamento i considerado.

Com  $91,10 \pm 6,07$  kg de peso médio, 25 dias após o início do período experimental, os animais foram abatidos num frigorífico da cidade de Rolândia – PR. O abate foi com insensibilização elétrica e seguiu a rotina de abate do frigorífico. Após a lavagem da carcaça, estas foram pesadas, obtendo o peso de carcaça quente, e mantidas na câmara fria durante 24 horas. Em seguida, as carcaças foram novamente pesadas, obtendo o peso da carcaça fria, sendo estas avaliadas individualmente de acordo com as orientações da ABCS (1973). Foram então determinados o rendimento de carcaça, área de olho de lombo e comprimento de carcaça. A espessura de toucinho e a profundidade do músculo *Longissimus dorsi* foram medidas na altura da última costela a 6 cm da linha média do corte e, através dos valores

dessas medidas foi obtido o rendimento de carne na carcaça e a quantidade de carne na carcaça segundo equações descritas por Irgang (2004), segundo as fórmulas:

$$\text{RENDIMENTO DE CARNE NA CARÇAÇA (\%)} = 60 - (\text{ESPESSURA DE TOUCINHO} \times 0,58) + (\text{PROFUNDIDADE DE MÚSCULO} \times 0,10)$$

$$\text{QUANTIDADE DE CARNE NA CARÇAÇA} = \text{PESO CARÇAÇA RESFRIADA} \times \text{RENDIMENTO DE CARNE}$$

Após a avaliação das características de carcaça, foi coletado o lombo de meia carcaça de cada animal e uma amostra do músculo semitendinoso (pernil) para análise da qualidade de carne. A seguir estas foram encaminhadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina.

No laboratório, cada lombo foi desossado e a gordura extra muscular retirada. Após a extração da gordura, cada lombo foi separado em quatro amostras retiradas sempre do sentido caudal para o cranial. As duas primeiras amostras foram seccionadas com dois centímetros de espessura. Na primeira amostra foi realizada a avaliação da cor e do marmoreio e na segunda, a análise da capacidade de retenção de água. A terceira amostra e parte da amostra do pernil foram armazenadas em temperatura de congelamento para posterior determinação de lipídios totais. A quarta amostra do lombo foi cortada em cubos e homogenizada para análise da oxidação lipídica. Uma amostra foi mantida em temperatura de refrigeração (4° C), protegida da luz durante sete dias e outra amostra, assim como a amostra de pernil, foi mantida em temperatura de congelamento (-20° C), protegida da luz, durante cinco meses.

A avaliação da cor e do marmoreio foi realizada pelo método indireto, utilizando-se painel de comparações, segundo American Meat Science Association (2001), e para avaliar a capacidade de retenção de água foi utilizado o método de gotejamento de água (Boccard et al., 1981). A análise de lipídios totais foi através da extração em Soxhlet, utilizando o éter de petróleo (Instituto Adolfo Lutz, 1985).

Para a análise da oxidação lipídica utilizou-se o método indicativo de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo Tarladgis et al. (1964), modificado por Torres et al. (1986).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, num modelo fatorial 4x2 (4 níveis de FGMD e 2 sexos) com 3 repetições por unidade experimental. Para formação dos blocos foi levado em consideração o peso inicial dos animais.

Os resultados foram analisados através de análise de regressão e as de médias foram submetidas ao teste de Tukey, utilizando-se o programa SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1997).

### Resultados e Discussão

Os valores da matéria seca, proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo, matéria mineral e fósforo total do FGMD encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Composição química do FGMD e do milho com base na matéria natural  
Table 3 – Chemical composition of DCGM and corn with base in natural matter

Composição <i>Composition</i>	FGMD <sup>1</sup> <i>DCGM<sup>1</sup></i>	FGMD <sup>2</sup> <i>DCGM<sup>2</sup></i>	FGMD <sup>3</sup> <i>DCGM<sup>3</sup></i>	FGMD <sup>4</sup> <i>DCGM<sup>4</sup></i>	Milho <sup>5</sup> <i>Corn<sup>5</sup></i>
Matéria seca (%) <i>Dry matter</i>	87,30	90,33	91,14	90,16	87,10
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	10,99	10,68	10,20	10,85	8,57
Fibra bruta (%) <i>Crude fiber</i>	4,29	8,21	-	2,78	1,95
Extrato etéreo (%) <i>Crude fat</i>	2,12	0,86	1,27	1,29	3,46
Matéria mineral (%) <i>Mineral matter</i>	3,51	3,75	-	6,59	1,28
Fósforo total (%) <i>Total phosphorus</i>	0,52	0,52	0,41	-	0,24

<sup>1</sup> Valores obtidos (*values obtained*)

<sup>2</sup> Soares et al. (2004)

<sup>3</sup> Moreira et al. (2002)

<sup>4</sup> Rodrigues et al. (2001)

<sup>5</sup> Rostagno (2000)

O valor de proteína bruta encontrado foi semelhante aos valores encontrados por Rodrigues et al. (2001), Moreira et al. (2002) e Soares et al. (2004), e os de matéria mineral e

fósforo total foram semelhantes aos observados por Soares et al. (2004). Entretanto, os valores de fibra bruta e extrato etéreo obtidos divergiram dos valores citados pelos autores.

O FGMD, por ser um subproduto, apresenta variações esperadas, pois mudanças nas condições de solo, clima e cultivares podem afetar a composição dos alimentos como o milho e seus subprodutos (Rodrigues et al., 2001) e, principalmente em relação ao extrato etéreo, que depende do método de extração de óleo pela indústria do milho.

Ao comparar os valores do FGMD encontrados com os valores de milho (Rostagno, 2000), pode-se observar que o FGMD apresentou-se um alimento 22% mais protéico, 19,4% mais fibroso e com 53,9% de fósforo total a mais, entretanto, apresentou 38,7% menos energia, provavelmente devido à extração do óleo.

Os valores do coeficiente de digestibilidade da matéria seca, da proteína bruta, da fibra bruta e energia bruta do ensaio de digestibilidade, que possibilitaram o cálculo da matéria seca digestível, da proteína digestível e da energia digestível e o coeficiente de metabolizabilidade da energia digestível que permitiu a obtenção da energia metabolizável encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 – Valores de matéria seca, proteína bruta e energia digestível e energia metabolizável do FGMD, na matéria natural e respectivos coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade aparentes

*Table 4 – Values of dry matter, crude protein and energy digestible and metabolizable energy of DCGM in natural matter and respective coefficients of digestibility and apparent metabolizability*

FGMD DCGM	Valores Values	Coefficientes (%) Coefficient
Matéria seca digestível (%) <i>Digestible dry matter</i>	58,20	66,67
Proteína digestível (%) <i>Digestible protein</i>	8,57	68,10
Energia digestível (kcal/kg) <i>Digestible energy</i>	2985	68,11*
Energia metabolizável (kcal/kg) <i>Metabolizable energy</i>	2773	80,71**

\* Coeficiente de digestibilidade

\* *Coefficient of digestibility*

\*\* Coeficiente de metabolizabilidade

\*\* *Coefficients of metabolizability*

Os valores respectivos de energia digestível e metabolizável obtidos foram maiores que 2097 kcal/kg e 2078 kcal/kg, encontrados por Soares et al. (2004) e menores que 3060 kcal/kg e 2949 kcal/kg, encontrados por Moreira et al. (2002). Ao comparar os valores de energia digestível e energia metabolizável do milho (3476 kcal/kg e 3331 kcal/kg, respectivamente), segundo Rostagno (2000), com os valores obtidos do FGMD neste experimento, observou-se que foram 14% e 17% maiores, e isto se deve ao processamento para obtenção do produto.

O FGMD utilizado neste experimento apresentou 2,86% de ácido fítico na matéria seca, valor próximo ao encontrado por Leal (2000), que quantificou o ácido fítico em diversas formas do gérmen de milho proveniente da indústria de processamento e extração de óleo, encontrando valores variando de 2,34% a 3,26% no gérmen desengordurado. O valor de 6,40% de ácido fítico citado por Graf & Eaton (1990) no gérmen de milho foi próximo ao valor de 6,24% de ácido fítico encontrado por Leal (2000) no gérmen de milho grosso, obtido após a separação da canjica e gérmen no milho.

A metodologia utilizada para determinar o ácido fítico nas fezes dos suínos não foi sensível o bastante para determiná-lo. Outros trabalhos que quantificaram o ácido fítico em tecidos biológicos (Grases et al. 2001), utilizaram métodos mais precisos como a cromatografia gasosa. Pode-se sugerir também que o ácido fítico foi metabolizado pelo animal, não sendo possível quantificá-lo na forma correspondente ao inositol hexafosfato (InsP<sub>6</sub>). Possivelmente, nas fezes estariam presentes seus metabólitos como, inositol pentafosfato (InsP<sub>5</sub>), inositol tetrafosfato (InsP<sub>4</sub>) e inositol trifosfato (InsP<sub>3</sub>), cuja técnica empregada tem limitações para sua determinação. Segundo Grases et al. (2001), o ácido fítico ou InsP<sub>6</sub> não consegue ser sintetizado pelo organismo, mas o InsP<sub>5</sub>, InsP<sub>4</sub> e InsP<sub>3</sub> são obtidos a partir do InsP<sub>6</sub> vindo da dieta.

Com relação ao segundo experimento, os dados relativos ao desempenho dos suínos encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o ganho diário de peso (GDP), consumo diário de ração (CDR) e conversão alimentar (CA)  
 Table 5 – Effect of levels of DCGM and sex on daily weight gain (DWG), daily feed intake (DFG) and feed gain ratio (FG)

Tratamentos <i>Treatments</i>	Fatores <i>Factors</i>		
	GPD (g) <i>DWG (g)</i>	CDR (g) <i>DFI (g)</i>	CA <i>FG</i>
0%	840	2949	3,667
10%	836	2943	3,525
20%	826	2864	3,515
40%	836	2882	3,473
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>			
Machos castrados <i>Barrows</i>	907 <sup>a</sup>	3075a	3,397
Fêmeas <i>Females</i>	754b	2744b	3,692
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	11,571	5,922	11,718

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (5%)

*Different letters indicate significant difference by Tukey test (5%)*

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Não foi verificada diferença significativa ( $P>0,05$ ) entre os parâmetros avaliados com a inclusão de FGMD.

Soares et al. (2004) ao incluir o FGMD em até 30% nas rações de suínos em crescimento e terminação, verificaram que com o aumento dos níveis de FGMD, houve efeito linear decrescente para o consumo diário de ração e conversão alimentar na fase de crescimento II (50 a 80 Kg de peso vivo). Na fase de terminação (80 a 100 kg de peso vivo) houve apenas efeito linear decrescente no consumo diário de ração.

Moreira et al. (2002) testaram a inclusão do FGMD em até 45% para suínos nas fases de crescimento e terminação e verificaram no crescimento (até 54,80 kg de peso vivo) redução linear no ganho de peso com a inclusão do FGMD. No mesmo experimento, na terminação, foi verificado efeito quadrático com ponto de mínima para o consumo diário de ração e efeito linear decrescente para ganho diário de peso e conversão alimentar. A piora na conversão

alimentar, segundo os autores, decorreu da superestimativa do valor energético do FGMD ou ao reflexo da baixa digestibilidade da proteína (51,15%).

O resultado do presente trabalho diferiu dos resultados dos autores supra citados. Soares et al. (2004) trabalharam com valor de energia metabolizável variando de 3265 a 3300 kcal/kg na ração, necessitando a inclusão de óleo vegetal para corrigir a energia conforme se aumentava a inclusão do FGMD na ração e com isso o consumo de ração diminuiu.

Em relação ao sexo, os machos apresentaram maiores ( $P \leq 0,05$ ) ganho diário de peso e consumo diário de ração, enquanto a conversão alimentar não foi afetada ( $P > 0,05$ ).

Para nenhuma das características analisadas houve efeito de interação entre tratamentos e sexo.

Os dados referentes às características de carcaça estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o peso carcaça quente (PCQ), peso carcaça fria (PCF), rendimento de carcaça (RC), comprimento de carcaça (CC), espessura de toucinho (ET), profundidade do músculo (PM), rendimento de carne na carcaça (RCC), quantidade de carne na carcaça (QCC) e área de olho de lombo (AOL)

Table 6 – Effect of levels of DCGM and sex on hot carcass weight (HCW), cold carcass weight (CCW), carcass percent (CP), carcass length (LC), backfat depth (BD), muscle depth (MD), lean meat percent (LM), carcass meat yield (YPC) and loin area (LA)

Tratamentos <i>Treatments</i>	PCQ <i>HCW</i> (kg)	PCF <i>CCW</i> (kg)	RC <i>CP</i> (%)	CC <i>LC</i> (cm)	ET <i>BD</i> (mm)	PM <i>MD</i> (mm)	RCC <i>LM</i> (%)	QCC <i>YPC</i> (kg)	AOL <i>LA</i> (mm)
0%	69,15	67,52	75,35	89,92	11,43	54,47	58,82	39,68	37,10
10%	69,28	67,72	74,96	90,25	12,26	56,49	58,54	39,61	37,74
20%	68,28	66,52	75,86	87,95	12,62	56,03	58,28	38,70	36,01
40%	69,83	67,88	76,66	89,92	13,02	61,33	58,58	39,75	40,06
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	LINEAR <sup>1</sup>	NS	NS	LINEAR <sup>2</sup>	NS	NS	NS
	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>LINEAR<sup>1</sup></i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>LINEAR<sup>2</sup></i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>									
Machos castrados <i>Barrows</i>	71,91a	70,24	75,39	90,29	13,30	57,72	58,06	40,76a	37,56
Fêmeas <i>Females</i>	66,36b	64,58	76,03	88,72	11,36	56,44	59,06	38,11b	37,90
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	2,90	3,78	1,36	3,17	19,38	9,57	2,19	3,59	10,82

Letras diferentes indicam diferença significativa ao Teste de Tukey (5%)

*Different letters indicate significant difference by Tukey test (5%)*

NS – Não significativo ( $P > 0,05$ )

*NS – Not significant ( $P > 0.05$ )*

<sup>1</sup>  $Y = 74,9927 + 0,379432X$  ( $R^2 = 0,79$ )

<sup>2</sup>  $Y = 54,2525 + 0,164059X$  ( $R^2 = 0,90$ )

O aumento nos níveis de inclusão do FGMD nas rações dos suínos levou ao aumento no rendimento de carcaça e na profundidade do músculo *Longissimus dorsi* ( $P \leq 0,05$ ).

Os resultados obtidos foram semelhantes aos encontrados por Moreira et al. (2002) e Soares et al. (2004), que não verificaram diferença para estas características para inclusão de até 45 e 30% de FGMD, respectivamente. Estes resultados indicaram ausência de efeitos deletérios nas características de carcaça.

Em relação ao sexo foi verificada diferença ( $P \leq 0,05$ ) para as características peso da carcaça quente e quantidade de carne na carcaça, em que os machos apresentaram as maiores médias.

Não houve efeito de interação entre tratamentos e sexo para as características analisadas.

Os resultados calculados para avaliação econômica estão demonstrados na Tabela 7. Observou-se, de acordo com as condições deste experimento e dos preços das matérias primas no período experimental, que os melhores índices econômicos e de custo médio foram para a ração com 40% de inclusão de FGMD.

Tabela 7- Custo médio de ração por quilograma de peso vivo ganho (R\$/kg ganho de PV), índice de eficiência econômica e índice de custo médio  
 Table 7 – Median cost of ration per kg of live weight gain (R\$/kg of LW), index of economic efficiency and index of median cost

	Tratamentos			
	0%	10%	20%	40%
Custo de ração por kg ganho de PV (R\$) <i>Cost of ration per kg of LW (R\$)</i>	0,563	0,550	0,537	0,534
Índice de Eficiência Econômica <i>Index of economic efficiency</i>	93,121	95,093	98,872	100
Índice de Custo Médio <i>Index of median cost</i>	107,387	105,160	101,141	100

Entretanto, esse valor não é constante, pois assim como o milho, o FGMD tem seu preço oscilante, dependendo da oferta e procura no mercado.

Os resultados de qualidade de carne estão demonstrados na Tabela 8. Não foi verificada diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos e sexos para as características cor e capacidade de retenção de água.

Tabela 8 - Efeito dos níveis do FGMD e do sexo sobre a cor, o marmoreio e na capacidade de retenção de água no músculo *Longissimus dorsi*  
 Table 8 - Effect of levels of DCGM and sex on meat colour, marbling and water-holding capacity in *Longissimus dorsi* muscle

Tratamentos <i>Treatments</i>	Cor <i>Meat color</i>	Marmoreio <i>Marbling</i>	Capacidade de retenção de água (%) <i>Water-holding capacity (%)</i>
0%	2,667	1,750	3,205
10%	2,667	1,833	3,178
20%	2,833	2,500	3,231
40%	2,833	2,292	3,078
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS <i>NS</i>	LINEAR <sup>1</sup> <i>LINEAR<sup>1</sup></i>	NS <i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>			
Machos castrados <i>Barrows</i>	2,667	2,208	3,474
Fêmeas <i>Females</i>	2,833	1,979	2,872
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	15,17	17,41	37,65

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0,05$ )*

<sup>1</sup>  $Y=1,825+0,0153571X$  ( $R^2=0,53$ )

Para marmoreio foi verificado apenas efeito de regressão linear crescente para os tratamentos, demonstrando que à medida que aumentaram os níveis de inclusão do FGMD aumentou o percentual de marmoreio na carne.

Para nenhuma das características analisadas houve efeito de interação entre tratamentos e sexo.

Os resultados referentes aos lipídios totais do lombo e do pernil encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9 - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre os lipídios totais do lombo e do pernil

Table 9- Effect of levels of DCGM and sex on Longissimus dorsi muscle and ham lipids

Tratamentos Treatments	Lipídios totais lombo <i>Longissimus dorsi muscle lipids</i> (%)	Lipídios totais do pernil <i>Ham lipids</i> (%)
0%	3,150	4,000
10%	2,800	3,750
20%	3,233	4,100
40%	3,317	3,300
Efeito da regressão <i>Regresion effect</i>	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>		
Machos castrados <i>Barrows</i>	3,492 <sup>a</sup>	4,013
Fêmeas <i>Females</i>	2,758 <sup>b</sup>	3,533
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	22,46	24,49

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (5%)

*Different letters indicate significant difference by Tukey test (5%)*

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Não houve efeito ( $P>0,05$ ) dos tratamentos sobre os lipídios totais do lombo e do pernil. O pernil apresentou quantidade de lipídios maior que o lombo, o que era previsto, já que o pernil é uma carne com maior quantidade de gordura em relação ao lombo.

Gebert et al. (1999) estudaram a quantidade de gordura no músculo *Longissimus dorsi* de suínos submetidos às dietas com suplementação de fitase e vitamina E. E observaram diferença entre os tratamentos, atribuindo-as às variações na quantidade de lipídios como sendo de caráter individual. Os valores encontrados pelos autores variaram entre 2,49 e 3,42%, entretanto, os animais foram abatidos com peso médio maior (de 104,7 a 106,7 kg de peso vivo) comparado com este experimento.

Em relação ao sexo, verificou-se que os machos apresentaram maior quantidade de nos lipídios totais no lombo ( $P\leq 0,05$ ). Esse comportamento pode ser esperado, pois os machos apresentam maior quantidade de gordura que as fêmeas. Tendência ( $P>0,05$ ) à deposição de lipídios totais no pernil foi observada nos machos.

Para nenhuma das características analisadas houve efeito de interação entre tratamentos e sexo.

Os resultados referentes aos valores de TBARS do lombo refrigerado por 7 dias, congelado por 5 meses e do pernil congelado por 5 meses encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 - Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o valor de TBARS (mg/kg) no lombo refrigerado e congelado e no pernil congelado

Table 10- Effect of levels of DCGM and sex on TBARS values to refrigerated and freezed Longissimus dorsi (LD) muscle and freezed ham

Tratamentos <i>Trataments</i>	TBARS lombo refrigerado <i>TBARS refrigerated LD</i> (mg/kg)	TBARS lombo congelado <i>TBARS freezed LD</i> (mg/kg)	TBARS pernil congelado <i>TBARS freezed ham</i> (mg/kg)
0%	0.6282	0.1371	0.1576
10%	0.3166	0.1310	0.1129
20%	0.3959	0.1300	0.1225
40%	0.2657	0.1090	0.1141
Efeito da regressão <i>Regresion effect</i>	LINEAR <sup>1</sup> <i>LINEAR<sup>1</sup></i>	NS <i>NS</i>	LINEAR <sup>2</sup> <i>LINEAR<sup>2</sup></i>
Sexos <i>Sexs</i>			
Machos castrados <i>Barrows</i>	0.4269	0.1253	0.1279
Fêmeas <i>Females</i>	0.3417	0.1283	0.1256
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	20,42	20,23	18,87

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

<sup>1</sup>  $Y=0,529588-0,007314X$  ( $R^2=0,61$ )

<sup>2</sup>  $Y=0,141353-0,000835X$  ( $R^2=0,46$ )

Foi verificado efeito linear decrescente para a oxidação lipídica no lombo refrigerado e no pernil congelado, como pode ser verificado através dos valores de TBARS.

A maior estabilidade lipídica foi verificada para os tratamentos com maior nível de inclusão do FGMD, e, conseqüentemente, com maiores níveis de ácido fítico, sugerindo que este foi efetivo como antioxidante no lombo refrigerado e no pernil congelado, diminuindo a oxidação lipídica em 57,71 e 27,60%, respectivamente, nos tratamentos com inclusão de 40% de FGMD, em relação ao tratamento controle. A mesma tendência de queda na oxidação lipídica foi observada no lombo congelado.

Pode-se sugerir que o ácido fítico presente no FGMD (2,86% na matéria seca) atuou como antioxidante na carne ao ser fornecido nas dietas dos animais. O milho e o farelo de soja apresentam ácido fítico, entretanto a maior fonte nas rações experimentais foi o FGMD.

As rações com 0, 10, 20 e 40% de FGMD apresentaram, respectivamente, 0,875; 1,256; 1,556 e 1,750% de ácido fítico na matéria natural. Considerando o consumo médio diário de ração de cada tratamento para cada animal, pode-se determinar que o consumo médio diário de ácido fítico foi de 25,80; 36,96; 44,56 e 50,44g para os respectivos tratamentos.

Efetivamente, o maior consumo de ácido fítico resultou em melhores efeitos antioxidantes. Grases et al. (2001) comentaram que todo inositol hexafosfato presente no organismo vem da dieta, sendo que principalmente no tecido muscular, local de armazenamento do inositol hexafosfato, forma mais fosforilada do ácido fítico (Sakamoto et al., 1993) o processo de quelação com o ferro é estabelecido.

Os cortes congelados apresentaram menores valores de TBARS em relação ao resfriado e isso se deve, provavelmente, à temperatura, que foi efetiva em promover maior estabilidade lipídica.

Em relação ao sexo, não houve efeito ( $P>0,05$ ) para as análises de oxidação lipídica. Não houve efeito de interação entre tratamentos e sexo, para essas análises.

### **Conclusão**

O FGMD apresentou 2985 kcal de energia digestível, 2773 kcal de energia metabolizável 2,86% de ácido fítico na matéria seca. O FGMD pode ser utilizado em até 40% na ração de suínos na fase de terminação sem efeitos deletérios no desempenho destes, com maior profundidade de músculo e rendimento de carne na carcaça. Os maiores níveis de inclusão de FGMD na ração foram os que apresentaram maior estabilidade lipídica, indicando este como fonte de ácido fítico com ação antioxidante na carne suína. O melhor resultado

econômico foi com 40% de inclusão, porém este critério deverá ser avaliado continuamente, dada a variação constante no preço dos ingredientes nas rações.

### **Agradecimentos**

À empresa CARAMURU ALIMENTOS S/A pelo apoio financeiro na condução deste trabalho e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

### **Literatura Citada**

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION . **Meat evaluation handbook**. U.S.A., 2001.

ARAÚJO, J. M. A. Oxidação de lipídios em alimentos. In: \_\_\_\_\_. **Química de Alimentos**. 3.ed. Viçosa : UFV, 2004. p.1-67.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS – ABCS. **Método brasileiro de classificação de carcaças**. 2ed. Rio Grande do Sul, 1973.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis** . 16ed. Virginia, 1995.

BARBOSA, H.P.; FIALHO, E.T.; FERREIRA, A.S. et al. Triguilho para suínos nas fases inicial de crescimento, crescimento e terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.21, n.5, p.827-837, 1992.

BELLAVER, C.; FIALHO, E.T.; PROTAS, J.F.S. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.20, n.8, p.969-974, 1985.

BOCCARD, D. R.; BUCHTER, L.; CASSELS, E. et al. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. **Beef Production Program: Report of a Working Group in the Commission of the European Communities**. 1981.

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

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 1991. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3ed. Concórdia: Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves.

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.

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.

FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, n.1, p.173-178, 1998.

GEBERT, S.; BEE, G.; PFIRTER, H.P. et al. Phytase and vitamin E in the feed of growing pigs: 2. influence on carcass characteristics, meat and fat quality. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, n.81, p. 20-30, 1999.

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

GRAF, E.; EATON, J.W. Antioxidant functions of phytic acid. **Free Radical Biology & Medicine**, v.8, n.1, p.61-69, 1990.

GRASES, F. ; SIMONET, B.M.; PRIETO, R.M. et al. 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.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz**. 3ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos.

IRGANG, R. [rirgang@cca.ufsc.br](mailto:rirgang@cca.ufsc.br). **Predição do rendimento de carne na carcaça de suínos** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por [ambridi@hotmail.com](mailto:ambridi@hotmail.com) em 2 jul. 2004.

LATTA, M.; ESKIN, M. A simple e rapid method for phytate determination **Journal Agriculture Food Chemistry**. v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.

LEAL, E.S. **Extração, obtenção e caracterização parcial de ácido fítico do germe grosso de milho e aplicação como antioxidante**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

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.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report**, v.7, p. 3-11, 1965.

MOREIRA, I.; RIBEIRO, C.R.; FURLAN, A.C. et al. Utilização do farelo de germe 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.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998.

RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S. ; ALBINO, L.F.T. et al. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.2046-2058, 2001.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ed. Viçosa: UFV, 2000.

SAKAMOTO, K.; VUCENIK, I.; SHAMSUDDIN, A.M. [<sup>3</sup>H] Phytic acid (inositol hexaphosphate) is absorbed and distributed to various tissues in rats. **Nutrient Metabolism**, n.123, p.713-720, 1993.

SELLE, P.H., RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R.A. et al. Phytate and phytase: consequences for protein utilisation. **Nutrition Research Reviews**, n.13, p.255-278, 2000.

SEYNAEVE, M.; JANSSES, G.; HESTA, C. et al. 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.

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

SOARES, L.L.P.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W. et al. Farelo de gérmen de milho desengordurado na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1768 – 1776, 2004.

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

TARLADGIS, B. G.; PEARSON, A.M.; DUGAN JR., L.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 Jr., B.C. et al. 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.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistemas de análise estatísticas e genéticas**. Versão 7,1, Viçosa. MG, 1997 (Manual do usuário).

**5.2 FARELO DE GÉRMEN DE MILHO DESENGORDURADO COMO FONTE DE ÁCIDO FÍTICO:  
EFEITO NO PERFIL SÉRICO E NOS OSSOS DE SUÍNOS**

## **Farelo de Gérmen de Milho Desengordurado como Fonte de Ácido Fítico: Efeitos no Perfil Sérico e nos Ossos de Suínos**

### **Resumo**

Foi realizado um experimento com o objetivo de verificar o efeito antinutricional do ácido fítico do farelo de gérmen de milho desengordurado (FGMD) para suínos na fase de terminação. Foram utilizados 24 suínos (Landrace X Large White), 12 machos castrados e 12 fêmeas, com peso médio inicial de  $70,87 \pm 3,90$ kg. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num modelo fatorial 4x2 (4 níveis de FGMD e 2 sexos) com 3 repetições por unidade experimental. Os tratamentos foram rações com 0, 10, 20 e 40% de inclusão de FGMD. Semanalmente foram realizadas coletas sanguíneas para avaliação do hemograma e leucograma e determinação da concentração de cálcio, fósforo, uréia, triglicérides e colesterol no soro dos suínos. Após o abate, foi coletada uma amostra dos ossos para quantificar os níveis de cálcio e fósforo. Não foi verificado efeito no desempenho zootécnico dos animais, alterações no hemograma e leucograma. Nas concentrações séricas não houve alterações relacionadas ao consumo de ácido fítico. Nos ossos os níveis de cálcio e fósforo foram iguais entre os tratamentos. O FGMD pode ser utilizado até a inclusão de 40% nas rações de terminação sem efeitos antinutricionais e alterações hematológicas.

**Palavras chave:** fator antinutricional, fitato, hematologia, nutrição

## **Deffated Corn Germ Meal as a Source of Phytic Acid: Effects on Serum Concentrations and on Swine's Bone**

### **Abstract**

An experiment was carried out to evaluate the antinutritional effect of the phytic acid of the deffated corn germ meal (DCGM) on swine's during the finishing phase. Twenty four pigs, 12 barrows and 12 females (Landrace X Large White), weighting  $70.87 \pm 3.90$ kg were used in the experiment. The experimental design used a randomized blocks, based a 4x2 factorial arrangement with 3 replications per experimental unit. The treatments were ratios with four levels of DCGM: 0, 10, 20 and 40%. Blood's collect were carried everyweek to evaluate the hematology and leucogram and to determine serum value of calcium, phosphorus, urea, triglycerides and cholesterol. The animals were slaughtered and sample of bones were collected to determine the levels of calcium and phosphorus. There were no treatment effect on pigs performance and on hemogram e leucogram. The serum concentrations were not related with phytic acid consumption. There were no differences on bones levels of calcium and phosphorus between treatments. Up to 40% of DCGM can be added to ration for finishing phase pigs without antinutrient effect and hematological alteration.

**Palavras chave:** antinutritional effect, hematology, nutrition, phytate

## Introdução

O ácido fítico ou inositol hexafosfato (InsP<sub>6</sub>) está presente em diversos cereais, vegetais e leguminosas na concentração de 1 a 5% do peso (Graf & Eaton, 1990; Empson et al., 1991; Lee & Hendricks, 1995). Apresenta-se como a principal fonte de fosfato nos grãos, sendo que 60 a 90% do fósforo total do grão pode estar na forma de fitato.

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

A estrutura única do ácido fítico sugere elevado poder de quelação, com alta afinidade pelos cátions polivalentes como cálcio, ferro, zinco, cobre e manganês. Pela propriedade de formar quelatos, o ácido fítico é considerado um antinutriente, por interferir na biodisponibilidade de minerais em aves e suínos, principalmente do ferro, cálcio, cobre e fósforo (Fireman & Fireman, 1998; Seynaeve et al., 1999; Selle et al., 2000), pois, ao serem quelatados, os minerais não ficam no estado iônico, necessário para a absorção (Lopez et al., 2002).

O complexo metal-fitato formado é solúvel em pH baixo e, em pH neutro tem a solubilidade limitada (Lee & Hendricks, 1995), motivo pelo qual a maior parte desse complexo atravessa o trato gastrointestinal na forma não degradada, apesar dos cereais e mucosa intestinal apresentarem atividade da enzima fitase.

Bertechini (1998) citou que suínos jovens não possuem o intestino desenvolvido e com isso têm pouco aproveitamento do fósforo fítico da dieta. Entretanto, os suínos adultos conseguem aproveitar o fósforo fítico em até 50%.

Para aumentar a disponibilidade dos minerais, principalmente do fósforo, cálcio e ferro, e com isso diminuir a poluição ambiental pelos dejetos de suínos, diminuindo também a necessidade de suplementação de fosfatos, um dos itens de maior custo na ração, indica-se a

suplementação da fitase microbiana nas rações de suínos (Pointillart, 1997; Fireman & Fireman, 1998).

Outra forma de evitar o fator antinutricional do ácido fítico é o desenvolvimento de cereais com baixa concentração deste complexo. Veum et al. (2001) testaram uma variedade de milho modificado com baixa quantidade de ácido fítico na alimentação de suínos e verificaram melhor desempenho dos animais alimentados com milho modificado, o qual mostrou ausência do comprometimento dos valores nutricionais.

A propriedade do ácido fítico em quelatar minerais torna-o também benéfico à saúde e indica o seu uso na prevenção de algumas doenças. Ao quelatar o cálcio, este ácido age na prevenção de cálculos renais e na hipercalcinúria (Ohkawa *apud* Graf & Eaton, 1990). Ao quelatar metais pesados, há diminuição na toxicidade destes, como o cádmio (Minihane & Rimbach, 2002).

Segundo os mesmos autores, ao atrasar a absorção da glicose pós prandial, o ácido fítico atua também diminuindo os níveis de colesterol e triglicérides no plasma. Jariwalla et al. (1990) testaram a inclusão ou não de ácido fítico em dietas de ratos com elevados níveis de colesterol. Os autores verificaram que ratos que receberam dieta com níveis elevados de colesterol e de ácido fítico tiveram diminuição nos níveis séricos de colesterol total e triglicérides.

O efeito benéfico mais salientado pelos pesquisadores na saúde humana deve-se à quelação com o ferro, pois age como potente antioxidante natural, efetivo agente para inibir a oxidação em produtos alimentares. Ao formar quelato com o ferro, o ácido fítico age também protegendo contra danos da isquemia cardíaca (Zhou & Erdman, 1995) e outras desordens como câncer no cólon e mamário (Graf & Eaton, 1990; Zhou & Erdman, 1995).

Considerando as propriedades do ácido fítico e reconhecendo o farelo de germen de milho desengordurado (FGMD), um subproduto da extração industrial do óleo do grão de

milho, como um ingrediente de elevado teor de ácido fítico, o objetivo deste trabalho foi verificar se há efeito antinutricional do ácido fítico presente no FGMD ao utilizá-lo na alimentação de suínos sobre o perfil sérico e concentração de cálcio e fósforo ósseo.

### **Material e Métodos**

Foi conduzido um experimento na unidade de engorda de suínos da Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina.

Foram utilizados 24 suínos mestiços (Landrace X Large White), sendo 12 fêmeas e 12 machos castrados, com peso médio inicial de  $70,870 \pm 3,90$ kg. Os animais foram mantidos em baias individuais de alvenaria, com piso compacto e área de  $3\text{m}^2$ , onde receberam água e ração à vontade durante todo o período experimental.

Os tratamentos foram compostos por quatro rações isoprotéicas, isolisínicas e isoenergéticas. As rações, exceto os valores de energia metabolizável, foram formuladas visando atender as exigências mínimas da fase de terminação, segundo o NRC (1998). Os ingredientes, a composição percentual e os valores calculados das rações experimentais encontram-se na Tabela 1.

T1: Tratamento controle, ração com 0% de inclusão de FGMD;

T2: Ração com 10% de inclusão de FGMD;

T3: Ração com 20% de inclusão de FGMD;

T4: Ração com 40% de inclusão de FGMD.

Tabela 1 - Composição percentual e calculada das rações experimentais para avaliação de desempenho  
 Table 1 – Percentage and calculated composition of the experimental diets for performance evaluation

Ingredientes (%) <i>Ingredients(%)</i>	Tratamentos <i>Treatments</i>			
	0%	10%	20%	40%
Milho <i>Corn</i>	73,395	65,971	58,547	43,698
Farelo de soja <i>Soybean meal</i>	15,262	14,333	13,404	11,546
Farelo de gérmen de milho desengordurado <i>Deffated corn germ meal</i>	0,000	10,000	20,000	40,000
Casca de arroz <i>Hull's rice</i>	6,705	5,029	3,353	0,000
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	2,264	2,212	2,162	2,061
Óleo soja <i>Soybean oil</i>	1,300	1,300	1,300	1,300
Suplemento vitamínico <sup>1</sup> <i>Vitamin supplement<sup>1</sup></i>	0,400	0,400	0,400	0,400
Suplemento mineral <sup>2</sup> <i>Mineral supplement<sup>2</sup></i>	0,050	0,050	0,050	0,050
Calcário <i>Limestone</i>	0,363	0,432	0,500	0,637
Sal <i>Salt</i>	0,250	0,250	0,250	0,250
L-Lisina-HCl-78% <i>L-lysine-HCL-78%</i>	0,011	0,023	0,034	0,058
Total <i>Total</i>	100,000	100,00	100,00	100,00
Valores Calculados <sup>3</sup> <i>Calculated values<sup>3</sup></i>				
Cálcio (%) <i>Calcium</i>	0,850	0,850	0,850	0,850
Energia metabolizável (kcal/kg) <i>Metabolizable energy</i>	3005	3005	3005	3005
Fibra bruta (%) <i>Crude fiber</i>	5,073	4,632	4,193	3,314
Fósforo disponível (%) <i>Available phosphorus</i>	0,505	0,505	0,505	0,505
Fósforo total (%) <i>Total phosphorus</i>	0,685	0,703	0,722	0,759
Gordura (%) <i>Fat</i>	4,016	3,952	3,888	3,760
Lisina (%) <i>Lysine</i>	0,630	0,630	0,630	0,630
Matéria seca (%) <i>Dry matter</i>	88,320	88,196	88,072	87,826
Metionina (%) <i>Methionine</i>	0,224	0,227	0,229	0,234
Proteína bruta (%) <i>Crude protein</i>	13,500	13,500	13,500	13,500

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico por kg de produto (*vitamin supplement per kg of product*): vit.A, 550.000 UI; vit.D3 150.000 UI; vit.E, 2.500UI; vit.K3, 550mg; vit. B1, 175mg; vit.B2, 900mg; vit. vit.B12, 3.000mcg; ácido fólico (*folic acid*), 150mg; ácido pantotênico (*pantotenic acid*), 3.000mg; niacina (*niacin*), 4.750 mg; selênio (*selenium*), 75mg; antioxidante (*antioxidant*), 2,5g.

<sup>2</sup> Suplemento mineral por kg de produto (*mineral supplement per kg of product*): Fe, 90.000mg; Cu, 16.000mg; Mg, 30.000mg; Zn, 140.000mg; Co, 200mg; I, 850mg; Se, 120mg.

<sup>3</sup>Valores calculados com base nas tabelas da EMBRAPA (1991) (*Calculated from EMBRAPA, 1991 tables*)

O ácido fítico foi quantificado no FGMD e nas rações segundo a metodologia descrita por Latta & Eskin (1980) e modificado por Ellis & Morris (1986), no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina.

Semanalmente foram realizadas coletas de sangue de todos os animais, totalizando cinco períodos de coleta (dia 0, dia 7, dia 14, dia 21 e dia 25), sendo que a primeira foi realizada logo após a chegada dos animais, antecedendo qualquer consumo de ração. A última coleta foi realizada um dia antes do abate.

As coletas foram realizadas no período da manhã, por punção da veia cava anterior e distribuídas em frascos de colheita a vácuo de 5 mL com anticoagulante EDTA a 10% (etilenodiaminotetracético–potássico) para obtenção do plasma e em frascos de 20 mL sem anticoagulante para obtenção do soro. Os frascos foram encaminhados ao Laboratório de Patologia Clínica do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva da Universidade Estadual de Londrina.

No laboratório, as amostras com anticoagulante foram, após 2 horas da coleta, submetidas a contagem de hemácias, determinação da concentração de hemoglobina, do volume globular, contagem total e diferencial de leucócitos (Jain, 1993). A contagem total de hemácias foi realizada pela técnica do hemocítômetro, a concentração da hemoglobina pelo método da cianometahemoglobina e a determinação do volume globular por meio do microhematócrito. Para obtenção da leucometria, utilizou-se a técnica do hemocítômetro e a contagem diferencial de cem células em esfregaço corado pelo Panótico rápido (Jain, 1993).

O soro foi armazenado à temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  até o momento do processamento, sendo avaliadas a concentração sérica do colesterol, triglicérides, cálcio, fósforo e uréia, através do uso de kits enzimáticos colorimétricos.

Com  $91,10 \pm 6,07$  kg de peso médio, 25 dias após o início do período experimental, os animais foram abatidos num frigorífico da cidade de Rolândia – PR. O abate foi com

insensibilização elétrica e seguiu a rotina de abate do frigorífico. Após 24 horas do abate, foi coletada uma amostra do músculo *longissimus dorsi* com ossos da costela e vértebras de cada carcaça e encaminhada para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina. As amostras coletadas foram dissecadas e os ossos das vértebras e costela (presentes nas peças do lombo) separados.

Os ossos foram desengordurados com éter de petróleo, secos, triturados e enviados para o Laboratório de Análises Físico Químicas da EMBRAPA Suínos e Aves, Concórdia – SC para determinação de cálcio e fósforo, segundo AOAC (1995).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num modelo fatorial 4x2 (4 níveis de FGMD e 2 sexos) com 3 repetições por unidade experimental. Para formação dos blocos foi levado em consideração o peso inicial dos animais.

Os resultados foram analisados pela análise de regressão, sendo considerados apenas os efeitos lineares e quadráticos. As médias foram submetidas ao teste Tukey, utilizando-se o programa SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1997).

### **Resultados e Discussão**

O FGMD utilizado neste experimento apresentava 2,86% de ácido fítico na matéria seca, valor próximo ao encontrado por Leal (2000), que quantificou-o em diversas formas do gérmen de milho provenientes da indústria de processamento e extração de óleo, encontrando valores de 2,34% a 3,26% no gérmen peletizado desengordurado. O valor de 6,40% de ácido fítico, citado por Graf; Eaton (1990), no gérmen de milho foi próximo ao valor de 6,24% encontrado por Leal (2000) no gérmen de milho grosso, obtido após a separação do milho da canjica e do gérmen.

As rações com 0, 10, 20 e 40% de FGMD apresentaram, respectivamente, 0,875; 1,256; 1,556 e 1,750% de ácido fítico na matéria natural. Considerando o consumo médio diário de ração de cada tratamento para cada animal, pode-se determinar que o consumo médio diário

de ácido fítico foi de 25,80; 36,96; 44,56 e 50,44g para cada animal para os respectivos tratamentos.

Os valores hematológicos utilizados como referência de suínos, para contagem de hemácias, determinação da concentração de hemoglobina e do volume globular são 5,0 a 8,0 x 10<sup>6</sup>/μL; 10,6 a 16,0 g/dL e 32 a 50%, respectivamente (JAIN, 1993). Os valores séricos para contagem total de hemácias, concentração de hemoglobina e volume globular obtidos durante as semanas experimentais encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente.

Os valores relativos do sangue total ao início do processo experimental foram perdidos, restando as quatro semanas subseqüentes.

Tabela 2 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem total de hemácias durante o período experimental

*Table 2 - Effect of levels of DCGM and sex on the total count of erythrocytes during experimental period*

Tratamentos <i>Treatments</i>	Contagem total de hemácias <i>Total count of erythrocytes</i> (x 10 <sup>6</sup> /μL)			
	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	7,57	7,40	7,58
10%	7,23	7,41	7,35	7,22
20%	7,35	7,41	7,46	7,35
40%	7,30	7,54	7,78	7,30
Efeito da regressão <i>Regresion effect</i>	NS	NS	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>				
Machos castrados <i>Barrows</i>	7,27	7,40	7,45	7,25
Fêmeas <i>Females</i>	7,45	7,47	7,64	7,46
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	5,70	4,71	5,55	5,80

NS – Não significativo (P>0,05)

*NS – Not significant (P>0.05)*

Tabela 3 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a Concentração de hemoglobina durante o período experimental

Table 3 - Effect of levels of DCGM and sex on hemoglobin concentration during experimental period

Tratamento <i>Treatment</i>	Concentração de hemoglobina <i>Hemoglobin concentration</i> (g/dL)			
	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	10,35	10,52	13,97
10%	10,35	10,27	13,65	13,33
20%	10,30	10,43	13,43	14,03
40%	10,45	10,37	14,38	13,62
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>				
Machos castrados <i>Barrows</i>	10,16	10,50	13,94	13,67
Fêmeas <i>Females</i>	10,57	10,29	13,78	13,48
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	4,62	5,39	6,23	4,39

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Tabela 4 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o volume globular durante o período experimental

Table 4 - Effect of levels of DCGM and sex on globular volum during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Volume globular <i>Globular volum</i> (%)			
	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	37,00	37,83	37,83
10%	37,00	35,50	36,67	36,00
20%	38,67	37,17	37,33	36,67
40%	37,50	37,33	38,83	36,33
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>	NS <i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>				
Machos castrados <i>Barrows</i>	36,92	37,42	37,17	36,17
Fêmeas <i>Females</i>	38,17	36,50	38,17	37,17
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	6,36	5,76	5,63	5,73

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Não houve efeitos dos tratamentos ( $P>0,05$ ) sobre os parâmetros hematológicos avaliados. Para a concentração de hemoglobina, os valores permaneceram entre os valores

referência, apesar de ser observado aumento durante o período experimental. Esse aumento foi verificado em todos os tratamentos, inclusive no controle.

Para sexo, também não foi verificada diferença ( $P>0,05$ ) nas características hematológicas avaliadas. Para o hemograma não houve efeito de interação entre tratamentos e sexo.

Os valores referência para o leucograma e para a contagem diferencial de células são de 11.000 a 22.000 leucócitos/ $\mu\text{L}$ , 39 a 62 linfócitos e 28 a 47 segmentados.

Os valores de leucócitos, linfócitos e segmentados encontram-se nas Tabelas 5, 6 e 7, respectivamente.

Tabela 5 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem de leucócitos durante o período experimental

*Table 5 - Effect of levels of DCGM and sex on leucocytes during experimental period*

Tratamentos <i>Treatments</i>	Leucócitos <i>Leucocytes</i> (/ $\mu\text{L}$ )			
	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	12.950	13.783	15.900
10%	14.717	14.300	15.550	14.833
20%	15.867	17.217	16.517	18.958
40%	14.883	14.600	14.683	15.192
Efeito da regressão <i>Regresion effect</i>	NS	NS	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>				
Machos castrados <i>Barrows</i>	13.542	14.408	14.942	15.263
Fêmeas <i>Females</i>	15.667	15.542	16.383	16.175
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	21,69	18,71	23,30	30,20

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Tabela 6 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem de linfócitos durante o período experimental

Table 6 - Effect of levels of DCGM and sex on lymphocytes during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Linfócitos <i>Lymphocytes</i>			
	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	62	69	69
10%	73	70	72	66
20%	68	70	68	64
40%	70	66	64	63
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>				
Machos castrados <i>Barrows</i>	65b	68	68	65
Fêmeas <i>Females</i>	71a	70	69	67
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	7,86	8,56	12,20	13,99

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa pelo Teste de Tukey (5%)

*Different letters indicate significant difference by Tukey test (5%)*

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Tabela 7 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a contagem de segmentados durante o período experimental

Table 7 - Effect of levels of DCGM and sex on mature neutrophils during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Segmentados <i>Mature neutrophils</i>			
	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	36,67	27,50	30,67
10%	24,00	26,00	25,33	25,83
20%	29,50	26,83	30,33	30,33
40%	28,17	31,17	32,00	31,00
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>				
Machos castrados <i>Barrows</i>	32,08	28,17	30,08	28,50
Fêmeas <i>Females</i>	27,08	27,58	29,08	28,33
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	22,22	23,35	27,63	22,42

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Não houve efeito dos tratamentos ( $P\leq 0,05$ ) para o leucograma e contagem diferencial de células durante o período experimental. Em relação ao sexo, houve diferença ( $P\leq 0,05$ )

somente para contagem de linfócitos no dia 7, em que as fêmeas apresentaram maior média. Para o leucograma não houve efeito de interação entre tratamentos e sexo.

Os valores obtidos para as contagens de leucócitos e segmentados ficaram entre os valores referência para a espécie suína, exceto para a contagem de segmentados para o tratamento com 10% de inclusão de FGMD, que ficou abaixo do valor referência. Entretanto, esses valores ficaram estáveis durante todo o período experimental. Os valores de linfócitos se apresentaram próximos e até acima dos valores referências, contudo, esse comportamento foi observado em todos os tratamentos, inclusive no controle. Apesar de se apresentar maior, este nível não indica associação com um processo inflamatório. Durante o período experimental, os animais não apresentaram sinais clínicos indicativos que sugerissem alguma patologia.

Os valores do hemograma e leucograma, em geral, permaneceram estáveis e dentro do intervalo considerado normal para a espécie suína, indicando ausência de fatores antinutricionais nas rações consumidas.

Os valores de concentração sérica referência para a espécie suína são de 7,1 a 11,6 mg/dL de cálcio, 5,3 a 9,6 mg/dL de fósforo e 10,0 a 30,0 mg/dL de uréia (Kaniko et al., 1997). Os valores observados para cálcio, fósforo e uréia sérica durante o período experimental encontram-se nas Tabelas 8, 9 e 10, respectivamente.

Tabela 8 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a concentração sérica de cálcio durante o período experimental

Table 8 - Effect of levels of DCGM and sex on serum calcium during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Cálcio sérico <i>Serum calcium</i> (mg/dL)				
	Dia 0 <i>Day 0</i>	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	7,800	3,350	6,733	6,883
10%	8,100	3,683	6,733	7,183	6,417
20%	6,650	3,467	5,583	6,133	5,317
40%	7,800	3,750	7,083	6,067	6,283
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	NS	NS	NS
	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>					
Machos castrados <i>Barrows</i>	7,617	3,392	6,017	6,358	5,742
Fêmeas <i>Females</i>	7,558	3,733	6,650	6,775	6,025
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	20,95	25,01	15,90	22,66	14,77

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Tabela 9 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a concentração sérica de fósforo durante o período experimental

Table 9 - Effect of levels of DCGM and sex on serum phosphorum during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Fósforo sérico <i>Serum phosphorum</i> (mg/dL)				
	Dia 0 <i>Day 0</i>	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	10,450	7,367	8,933	8,383
10%	10,983	6,383	6,900	9,050	8,767
20%	9,050	7,200	8,300	9,617	8,667
40%	10,217	7,500	8,850	9,217	8,233
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	NS	NS	NS
	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>					
Machos castrados <i>Barrows</i>	9,533	7,042	8,508	9,175	9,150
Fêmeas <i>Females</i>	10,817	7,183	7,983	8,958	8,283
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	17,136	15,436	11,298	24,175	28,659

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Tabela 10 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre a concentração sérica de uréia durante o período experimental

Table 10 - Effect of levels of DCGM and sex on serum urea during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Uréia sérica <i>Serum urea</i> (mg/dL)				
	Dia 0 <i>Day 0</i>	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	34,117	28,200	28,350	21,333
10%	32,767	30,867	30,550	26,733	20,033
20%	34,050	29,667	27,033	22,200	18,183
40%	29,333	26,567	28,817	21,983	16,833
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	NS	NS	NS
	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
Sexos <i>Sexs</i>					
Machos castrados <i>Barrows</i>	30,892	29,800	30,792a	24,775a	18,567
Fêmeas <i>Females</i>	34,242	27,850	26,583b	21,350b	17,333
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	28,66	14,38	7,92	13,94	14,14

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao Teste de Tukey (5%)

*Different letters indicate significant difference by Tukey test (5%)*

NS – Não significativo ( $P > 0,05$ )

*NS – Not significant ( $P > 0.05$ )*

Para as concentrações séricas de cálcio, fósforo e uréia, não houve efeito ( $P \leq 0,05$ ) do tratamento durante o período experimental. Para o fator sexo foi verificada diferença ( $P \leq 0,05$ ) apenas para a concentração sérica de uréia no dia 14 e dia 21, em que os machos apresentaram as maiores médias.

Para concentrações séricas analisadas não houve efeito de interação entre tratamentos e sexo.

Nos valores de cálcio sérico foi verificada queda na segunda coleta (dia 7) e um restabelecimento dos níveis nas coletas subseqüentes seguintes, entretanto os valores ficaram abaixo dos valores referência. Essa queda não pode ser atribuída ao fator antinutricional ácido fítico, pois esse comportamento foi verificado no tratamento controle também. Deficiências nutricionais podem levar semanas ou meses para se desenvolverem.

Nos valores de fósforo sérico pode ser observado queda durante a segunda coleta (dia 7), com recuperação nas coletas seguintes. Esse comportamento não pode ser explicado como

fator relacionado à baixa disponibilidade deste na alimentação, considerando esse curto período experimental. Também é importante relatar que os valores apresentaram-se dentro do intervalo de referência.

Os menores valores de cálcio e fósforo na segunda coleta podem ser consequência da adaptação dos animais ao estresse da primeira semana.

Com relação aos valores de uréia sérica, também houve queda nas semanas após a primeira coleta, entretanto os valores se apresentaram dentro do intervalo de referência. Fialho et al. (2004) determinaram a uréia no plasma ao suplementar níveis crescentes de fitase na ração de suínos em crescimento e observaram efeito quadrático, indicando o uso da enzima para aumentar o aproveitamento de proteínas da dieta, diminuindo o valor da concentração de uréia no plasma.

Ao observar as concentrações séricas de cálcio, fósforo e uréia ao longo do período experimental, para cada tratamento, houve um comportamento semelhante dos níveis desses elementos entre os tratamentos.

Os valores de triglicérides e colesterol séricos estão apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente.

Tabela 11 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o triglicérides sérico durante o período experimental

Table 11 - Effect of levels of DCGM and sex on serum triglycerides during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Triglicérides sérico <i>Serum triglycerides</i> (mg/dL)				
	Dia 0 <i>Day 0</i>	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	69,167	46,800	55,920	58,017
10%	73,717	38,233	67,683	48,100	25,550
20%	70,233	41,233	51,117	56,067	25,983
40%	71,533	66,800	71,117	57,567	40,817
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	NS	NS	NS
	NS	NS	NS	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>					
Machos castrados <i>Barrows</i>	67,783	53,692 <sup>a</sup>	67,667	51,883	28,342
Fêmeas <i>Females</i>	74,542	42,842 <sup>b</sup>	55,252	57,992	33,933
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	39,34	23,19	26,52	33,53	47,63

Letras diferentes na coluna indicam diferença significativa ao Teste de Tukey (5%)

*Different letters indicate significant difference by Tukey test (5%)*

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Tabela 12 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o colesterol sérico durante o período experimental

Table 12 - Effect of levels of DCGM and sex on serum cholesterol during experimental period

Tratamentos <i>Treatments</i>	Colesterol sérico <i>Serum cholesterol</i> (mg/dL)				
	Dia 0 <i>Day 0</i>	Dia 7 <i>Day 7</i>	Dia 14 <i>Day 14</i>	Dia 21 <i>Day 21</i>	Dia 24 <i>Day 24</i>
	0%	96,150	94,667	90,550	91,267
10%	99,867	103,867	98,300	84,500	90,267
20%	112,283	104,167	91,733	83,350	79,817
40%	101,517	95,950	89,700	83,450	78,217
Efeito da regressão <i>Regression effect</i>	NS	NS	NS	NS	NS
	NS	NS	NS	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>					
Machos castrados <i>Barrows</i>	99,475	103,667	95,508	85,942	83,008
Fêmeas <i>Females</i>	105,433	95,658	89,633	85,342	86,400
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	17,02	16,22	12,38	14,26	20,60

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

*NS – Not significant ( $P>0.05$ )*

Para a concentração sérica de triglicérides e colesterol não houve diferença ( $P \leq 0,05$ ) entre os tratamentos. Para o sexo, só foi verificada diferença ( $P \leq 0,05$ ) a favor dos machos para a concentração de triglicérides na segunda coleta. Não houve efeito da interação entre tratamentos e sexo para essas características analisadas.

Com relação à concentração de triglicérides, conforme os animais foram consumindo as rações experimentais, ou seja, do dia 0 até o dia 24, pode-se verificar que os níveis séricos diminuíram 53,45; 65,34; 63,00 e 42,94%, respectivamente, para os tratamentos com 0, 10, 20 e 40% de inclusão de FGMD.

Para o colesterol sérico também foi verificada essa diminuição nos níveis a medida que o experimento evoluiu. Entre a primeira coleta e a última houve uma diminuição de 5,86; 9,61; 28,91 e 22,95%, respectivamente, para os tratamentos com 0, 10, 20 e 40% de inclusão de FGMD.

Pode-se sugerir que houve relação entre o consumo de ácido fítico com a diminuição destes níveis, pois segundo Minihane; Rimbach (2002), o ácido fítico atua diminuindo os níveis de colesterol e triglicérides no plasma. Jariwalla et al. (1990), ao fornecerem ácido fítico na dieta de ratos que apresentavam elevados níveis de colesterol, verificaram diminuição nos níveis séricos de colesterol total e triglicérides.

Os valores de cálcio e fósforo nos ossos encontram-se na Tabela 13.

Tabela 13 – Efeito dos níveis de inclusão do FGMD e do sexo sobre o cálcio e fósforo nos ossos suíno  
 Table 13 - Effect of levels of DCGM and sex to calcium and phosphorus on swine's bone

Tratamentos <i>Treatments</i>	Cálcio (%) <i>Calcium</i>	Fósforo (%) <i>Phosphorus</i>
0%	96,150	94,667
10%	99,867	103,867
20%	112,283	104,167
40%	101,517	95,950
Efeito da regressão <i>Regresion effect</i>	NS	NS
Sexos <i>Sexs</i>		
Machos castrados <i>Barrows</i>	99,475	103,667
Fêmea <i>Females</i>	105,433	95,658
Coefficiente de variação (%) <i>Coefficient of variation (%)</i>	17,02	16,22

NS – Não significativo ( $P>0,05$ )

NS – Not significant ( $P>0.05$ )

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) entre os tratamentos e sexos para os níveis de cálcio e fósforo dos ossos e não houve interação entre tratamentos e sexo.

Pode-se sugerir que durante a fase estudada (terminação) o ácido fítico não tenha interferido na disponibilidade do cálcio e principalmente do fósforo a ponto de ser necessário o seqüestro destes minerais dos ossos.

## Conclusão

O FGMD, como fonte de ácido fítico, pode ser utilizado em até 40% na ração de suínos na fase de terminação sem efeitos deletérios nos valores hematológicos e no leucograma, nas concentrações séricas de cálcio, fósforo e uréia e no seqüestro de minerais nos ossos.

## Agradecimentos

À empresa CARAMURU ALIMENTOS S/A pelo apoio financeiro na condução deste trabalho e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa.

## Literatura Citada

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC.. **Official methods of analysis** . 16ed. Virginia, 1995.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo dos minerais. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p.169-208.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. 1991. **Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves**. 3ed. Concórdia: Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves.

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.

FIALHO, E. T.; SILVA, H. O.; LIMA, J. A. F. et al. Efeito da fitase sobre o desempenho e teor de uréia no plasma de suínos na fase de crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, n.41, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: EMBRAPA gado de corte, 2004. (CDROM).

FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, n.1, p.173-178, 1998.

GRAF, E.; EATON, J.W. Antioxidant functions of phytic acid. **Free Radical Biology & Medicine**, v.8, n.1, p.61-69, 1990.

GRASES, F. ; SIMONET, B.M.; PRIETO, R.M. et al. 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.

JAIN, N. C. The pigs: normal hematology with comments on response to disease. In: \_\_\_\_\_. **Shalm's Veterinary Hematology**. 4ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1993. p.240-255.

JARIWALLA, R.J.; SABIN, R.; LAWSON, S. et al. Lowering of serum cholesterol and triglycerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. **Journal of Applied Nutrition**, v.42, n.1, p.18-28, 1990.

KANIKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **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.

LEAL, E.S. **Extração, obtenção e caracterização parcial de ácido fítico do germe grosso de milho e aplicação como antioxidante**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

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.

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

MINIHANE, A.M.; RIMBACH, G. Iron absorption and the iron binding and anti-oxidant properties of phytic acid. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p.741-748, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of swine**. 10.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1998.

POINTILLART, A. Importância dos fitatos e das fitases na alimentação dos suínos. **A Hora Veterinária**, n.95, p.66-72, jan./fev. 1997.

SELLE, P.H., RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R.A. et al. Phytate and phytase: consequences for protein utilisation. **Nutrition Research Reviews**, n.13, p.255-278, 2000.

SEYNAEVE, M.; JANSSES, G.; HESTA, C. et al. 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.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. **SAEG – Sistemas de análise estatísticas e genéticas**. Versão 7,1, Viçosa. MG, 1997 (Manual do usuário).

VEUM, T.L.; LEDOUX, D.R.; RABOY, V. et al. Low-phytic acid corn improves nutrient utilization for growing pigs. **Journal Animal Science**, n.79, p. 2873-2880, 2001.

ZHOU, J.R.; ERDMAN JR., J. W. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.35, n.6, p.495-508, 1995.

## **5 CONCLUSÕES GERAIS**

O farelo de gérmen de milho desengordurado, fonte de ácido fítico, pode ser utilizado em até 40% nas rações de terminação de suínos sem efeitos deletérios no desempenho e características de carcaça e proporcionou maior estabilidade lipídica na carne suína, sendo fonte de antioxidante natural para a carne com ausência de efeitos antinutricionais para os animais. O melhor resultado econômico foi com 40% de inclusão, porém este critério deverá ser avaliado continuamente, dada a variação constante no preço dos ingredientes nas rações.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- BELLAVER, C. Utilização de grãos na produção de carne suína de qualidade. **Porkworld**, n.19, p. 44-46, 2004.
- BERTECHINI, A. G. Metabolismo dos minerais. In: \_\_\_\_\_. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. p.169-208.
- DECKER, E.; BEECHER, G.; SLAVIN, J. et al. Whole grains as a source of antioxidants. **Cereal Foods World**. v. 47, n.8, p.370-373, Sep./Oct., 2002.
- 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.
- FÁVERO, J.A. Carne suína de qualidade: uma exigência do consumidor moderno. **Porkworld**, n.14, p.56-65, jul./ago.2003.
- FERRARI, C. K. B. Oxidação de lipídios e antioxidantes: importância nas ciências animal e dos alimentos. **Higiene Alimentar**. v.13, n.60, p.16-19, 1999.
- FIREMAN, F.A.T.; FIREMAN, A.K.B.A.T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, v.28, n.1, p.173-178, 1998.
- GEBERT, S.; BEE, G.; PFIRTER, H.P. et al. Phytase and vitamin E in the feed of growing pigs: 1. influence on growth, mineral digestibility and fatty acid in digesta. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, n.81, p. 9-19, 1999a.

GEBERT, S.; BEE, G.; PFIRTER, H.P. et al. Phytase and vitamin E in the feed of growing pigs: 2. influence on carcass characteristics, meat and fat quality. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, n.81, p. 20-30, 1999b.

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

GRAF, E.; EATON, J.W. Antioxidant functions of phytic acid. **Free Radical Biology & Medicine**, v.8, n.1, p.61-69, 1990.

GRASES, F. ; SIMONET, B.M.; PRIETO, R.M. et al. 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.

JARIWALLA, R.J.; SABIN, R.; LAWSON, S. et al. Lowering of serum cholesterol and triglycerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. **Journal of Applied Nutrition**, v.42, n.1, p.18-28, 1990.

LEAL, E.S. **Extração, obtenção e caracterização parcial de ácido fítico do germe grosso de milho e aplicação como antioxidante**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

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.

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

MILLER, D.K.; SMITH, V.L.; KANNER, J.; MILLER, D.D.; et al. Lipid oxidation and warm-over aroma in cooked ground pork from swine fed increasing levels of iron. **Journal of Food Science**, v.59, n.4, p.751-756, 1994.

MINIHANE, A.M.; RIMBACH, G. Iron absorption and the iron binding and anti-oxidant properties of phytic acid. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 37, p.741-748, 2002.

MOREIRA, I.; RIBEIRO, C.R.; FURLAN, A.C. et al. Utilização do farelo de germe 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.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – (NRC). 1998. **Nutrient requirements of swine**. 10 ed. Washington: National Academy Press. 189p.

POINTILLART, A. Importância dos fitatos e das fitases na alimentação dos suínos. **A Hora Veterinária**, n.95, p.66-72, jan./fev. 1997.

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

ROPPA, L. O consumo de carne suína no mundo. **Porkworld**, n.22, p.30-36, set./out. 2004.

SAKAMOTO, K.; VUCENIK, I.; SHAMSUDDIN, A.M. [<sup>3</sup>H] Phytic acid (inositol hexaphosphate) is absorbed and distributed to various tissues in rats. **Nutrient Metabolism**, n.123, p.713-720, 1993.

SELLE, P.H., RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R.A. et al. Phytate and phytase: consequences for protein utilisation. **Nutrition Research Reviews**, n.13, p.255-278, 2000.

SEYNAEVE, M.; JANSSES, G.; HESTA, C. et al. 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.

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

SOARES, L.L.P.; SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W. et al. 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.

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

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

VEUM, T.L.; LEDOUX, D.R.; RABOY, V. et al. Low-phytic acid corn improves nutrient utilization for growing pigs. **Journal Animal Science**, n.79, p. 2873-2880, 2001.

ZHOU, J.R.; ERDMAN JR., J. W. Phytic acid in health and disease. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.35, n.6, p.495-508, 1995.

**ANEXOS**

## **Anexo 1**

### **Normas para preparação de trabalhos científicos submetidos à publicação na Revista Brasileira de Zootecnia**

## Normas para preparação de trabalhos científicos submetidos à publicação na Revista Brasileira de Zootecnia

### 1. Preparo do artigo

#### 1.1. Apresentação

Os artigos científicos devem ser submetidos em três vias (uma original e duas cópias) e um disquete 3½ (devidamente identificado). Nas duas cópias, devem ser **omitidos** o nome dos autores e o rodapé. Em anexo, o autor deve enviar uma carta informando o título do trabalho, o nome completo de todos os autores, endereço, telefone, fax e endereço eletrônico (quando pertinentes) do responsável pelo trabalho junto à Revista Brasileira de Zootecnia e a seção (**Aqüicultura; Forragicultura; Melhoramento, Genética e Reprodução; Monogástricos; Produção Animal; e Ruminantes**) em que deseja publicar o trabalho.

#### 1.2. Tamanho

Os artigos devem ter, no máximo, **25 páginas** de tamanho A4, fonte “Times New Romans”, 12 cpi, com margens superior, inferior, esquerda e direita de 2,5; 2,5; 3,5; e 2,5 cm, respectivamente. Todo parágrafo é iniciado a 1,0 cm a partir da margem esquerda. Os números de página devem ser centralizados na margem inferior da página. As páginas devem apresentar linhas numeradas (no menu Arquivo, escolha a opção Configurar página...Layout...Número de linhas).

#### 1.3. Originalidade

Os trabalhos já publicados ou sob consideração em qualquer outra publicação não serão aceitos. Deve-se ressaltar que isto não se aplica a resumos expandidos.

#### 1.4. Linguagem

Só serão aceitos trabalhos escritos em português (língua oficial da Revista), porém Figuras e Tabelas deverão ser apresentadas em forma bilíngüe (Português/Inglês).

### 2. Apresentação

#### 2.1. Geral

O artigo deve ser dividido em seções com cabeçalho, em negrito, na seguinte ordem: **Resumo, Abstract, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimento e Literatura Citada**. Cabeçalhos de 3ª ordem devem ser digitados em caixa baixa, parágrafo único e itálico.

#### 2.2. Título

Deve ser preciso e informativo. Quinze palavras são o ideal e 25, o máximo. Digitá-lo em negrito e centralizado, no qual somente a primeira letra de cada palavra deve ser maiúscula (Ex.: **Valor Nutritivo da Cana-de-Açúcar para Bovinos em Crescimento**). Quando necessário, indicar a entidade financiadora da pesquisa, como primeira chamada de rodapé numerada.

#### 2.3. Autores

Todos os autores devem estar em dia com a anuidade da SBZ, exceto co-autores que não militam na área zootécnica, como estatísticos, químicos, biólogos, entre outros, desde que não sejam o primeiro autor.

No original, devem ser listados com o nome completo, em que somente a primeira letra de cada palavra deve ser maiúscula (Ex.: **Anacleto José Benevenuto**), centralizado e em negrito. Não listá-los apenas com as iniciais e o último sobrenome (Ex.: **A.J. Benevenuto**).

Digitá-los separados por vírgula, com chamadas de rodapé numeradas e em sobrescrito, que indicarão o cargo e o endereço profissional dos autores (inclusive endereço eletrônico).

#### 2.4. Resumo

Deve conter entre **150 e 300** palavras. O texto deve ser justificado e digitado em parágrafo único e **espaço 1,5**, começando por RESUMO, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda.

#### 2.5. Abstract

Deve aparecer obrigatoriamente na **segunda** página. O texto deve ser justificado e digitado em **espaço 1,5**, começando por ABSTRACT, em parágrafo único, iniciado a 1,0 cm da margem esquerda. Deve ser redigido em inglês, refletindo fielmente o RESUMO.

#### 2.6. Palavras-chave e Key Words

Apresentar até seis (6) Palavras-chave e Key Words imediatamente após o RESUMO e ABSTRACT, em ordem alfabética, que deverão ser retiradas exclusivamente do artigo como um todo. Digitá-las em letras minúsculas, com alinhamento justificado e separado por vírgulas. Não devem conter ponto final.

#### 2.7. Texto

Todo o texto deve ser justificado e digitado em **espaço duplo**, com parágrafos iniciados a 1,0 cm da margem esquerda. Os cabeçalhos **Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões e Agradecimento** devem ser digitados em negrito e centralizados, em que somente a primeira letra deve ser maiúscula.

##### 2.7.1. Introdução

Deve começar obrigatoriamente na **terceira** página.

Evitar a citação de várias referências para o mesmo assunto.

##### 2.7.2. Material e Métodos

Devem começar logo após o final da **Introdução**.

**Nas cópias, deve-se omitir o local onde se realizaram as análises e o experimento**, a fim de se manter o caráter confidencial do trabalho durante o parecer dos revisores *ad hoc*.

##### 2.7.3. Resultados e Discussão

Símbolos e unidades devem ser listados conforme os exemplos abaixo:

- Usar **36%**, e não 36 % (sem espaço entre o n<sup>o</sup> e %)
- Usar **88 kg**, e não 88Kg (com espaço entre o n<sup>o</sup> e kg, que deve vir em minúsculo)
- Usar **136,22**, e não 136.22 (usar vírgula, e não ponto)
- Usar **42 mL**, e não 42 ml (litro deve vir em L **maiúsculo**, conforme padronização internacional)
- Usar **25°C**, e não 25 °C (sem espaço entre o n<sup>o</sup> e °C)

Devem ser evitadas abreviações não-consagradas, como por exemplo: “o T3 foi maior que o T4, que não diferiu do T5 e do T6”. Este tipo de redação é muito cômoda para o autor, mas é de difícil compreensão para o leitor.

#### 2.7.4. Conclusões

Devem iniciar em página separada e não podem apresentar marcadores.

Evitar expressões do tipo: “*Concluiu-se que...*”; “*Com base nas condições...*”; “*Considerando-se...*”. Não devem ter resumo de resultados, mas podem conter inferência.

#### 2.7.5. Agradecimento

Deve iniciar logo após as **Conclusões**.

**Nas cópias, o texto de Agradecimento deve ser omitido**, a fim de se manter o caráter confidencial do trabalho durante o parecer dos revisores *ad hoc*.

#### 2.7.6. Citações do texto

As citações de autores no texto são em letras minúsculas, seguidas do ano de publicação. Quando houver dois autores, usar & (e comercial) e, no caso de três ou mais autores, citar apenas o sobrenome do primeiro, seguido de et al.

### 3. Tabelas

Prepará-las, em espaço simples, por meio do menu Tabela do Win Word, em que os valores de resultado devem estar centralizados na página (no menu Tabela, escolha a opção Tamanho de Célula...Linha Centralizado) e alinhados de acordo com a casa decimal.

**Devem ser numeradas seqüencialmente em algarismos arábicos e apresentadas logo após a chamada no texto.**

São expressas em forma bilíngüe (português e inglês), em que o correspondente expresso em inglês deve ser digitado em tamanho menor e italizado.

O título da Tabela deve ser o menor possível e digitado em caixa baixa (espaço simples), sem ponto final. Descrever as abreviações da Tabela adequadamente em notas do rodapé, que devem ser referenciadas por números sobrescritos (1,2,3), e não letras (a,b,c). Colocar unidades de medida nos cabeçalhos das colunas.

Não devem conter linhas nas bordas esquerda e direita.

### 4. Figuras

São expressas em forma bilíngüe (português e inglês), em que o correspondente expresso em inglês deve ser digitado em tamanho menor e italizado.

**Devem ser numeradas seqüencialmente em algarismos arábicos e apresentadas logo após a chamada no texto.** Digitar os títulos na mesma página em espaço simples. Devem conter ponto final.

A edição das Figuras deve ser monocromática. Dessa forma, a distinção entre tratamentos, estruturas, espécies etc deve ser feita mediante símbolos apropriados. Para facilitar a diagramação dos textos, os gráficos devem ser preparados por meio do editor de gráficos do Win Word ou do Excel. Neste último caso, deverão ser inseridos no trabalho mediante a opção Gráfico do Excel.

Usar sempre o mesmo tipo de letra e o estilo para todas as Figuras.

### 5. Literatura Citada

#### 5.1. Geral

São normalizadas segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (NBR 6023), à exceção das exigências de local dos periódicos e citação de todos os autores. Devem ser redigidas em página separada e ordenadas alfabeticamente pelo(s) sobrenome(s) do(s)

autor(es). Os destaques deverão ser em **NEGRITO** e os nomes científicos, em **ITÁLICO**. **NÃO ABREVIAR O TÍTULO DOS PERIÓDICOS**.

Indica-se o(s) autor(es) com entrada pelo último sobrenome seguido do(s) prenome(s) abreviado (s), exceto para nomes de origem espanhola, em que entram os dois últimos sobrenomes.

Em obras com dois e três autores, mencionam-se os autores separados por ponto e vírgula e naquelas com mais de três autores, os três primeiros, seguidos de et al. O termo et al. não deve ser italizado e nem precedido de vírgula.

Digitá-las em espaço simples e formatá-las segundo as seguintes instruções: no menu FORMATAR, escolha a opção PARÁGRAFO... ESPAÇAMENTO...ANTES...6 pts.

### **5.2. Obras de responsabilidade de uma entidade coletiva (a entidade é tida como autora)**

Exemplo: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of analysis**. 12.ed. Washington , D.C.: 1975. 1094p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Versão 7.1.Viçosa, MG: 1997. 150p. (Manual do usuário).

### **5.3. Livros**

NEWMANN, A.L.; SNAPP, R.R. **Beef cattle**. 7.ed. New York: John Wiley, 1997. 883p.

### **5.4. Teses e Dissertações**

Exemplo: CASTRO, F.B. **Avaliação do processo de digestão do bagaço de cana-de-açúcar auto-hidrolisado em bovinos**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1989. 123p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/Universidade de São Paulo, 1989.

OSPINA, H. **Influência do nível de consumo de feno sobre a digestibilidade, cinética digestiva e degradação ruminal em bovinos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 249p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995.

### **5.5. Boletins e Relatórios**

BOWMAN, V.A. **Palatability of animal, vegetable and blended fats by equine**. [S.L.]: Virgínia Polytechnic Institute and State University, 1979. p.133-141 (Research division report, 175).

### **5.6. Capítulo de livro**

LINDHAL, I.L. Nutrición y alimentación de las cabras In: CHURCH, D.C. (Ed.) **Fisiologia digestiva y nutrición de los ruminantes**. 3.ed. Zaragoza: Acríbia, 1974. p.425-434.

### **5.7. Artigos de periódicos**

LUCY, M.C.; De La SOTA, R.L.; STAPLES, C.R. et al. Ovarian follicular populations in lactating dairy cows treated with recombinant bovine somatotropin (Sometribove) or saline and fed diets differing in fat content and energy. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.4, p.1014-1027, 1993.

### 5.8. Artigos apresentados em congressos, reuniões, seminários etc

RESTLE, J.; SOUZA, E.V.T.; NUCCI, E.P.D. et al. Performance of cattle and buffalo fed with different sources of roughage. In: WORLD BUFFALO CONGRESS, 4., 1994, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: Associação Brasileira dos Criadores de Búfalos, 1994. p.301-303.

CASACCIA, J.L.; PIRES, C.C.; RESTLE, J. Confinamento de bovinos inteiros ou castrados de diferentes grupos genéticos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., 1993, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p.468.

### 5.9. Citação de trabalhos publicados em CD ROM

Na citação de material bibliográfico publicado em CD ROM, o autor deve proceder como o exemplo abaixo:

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Avaliação de cultivares de *Panicum maximum* em pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** São Paulo: Gmosis, 1999, 17par. CD-ROM. Forragicultura. Avaliação com animais. FOR-020.

### 5.10. Citação de trabalhos disponíveis em meios eletrônicos

Na citação de material bibliográfico obtido via Internet, o autor deve procurar sempre usar artigos assinados, sendo também sua função decidir quais fontes têm realmente credibilidade e confiabilidade.

#### Usenet News

Autor, < e-mail do autor, “Assunto”, “Data da publicação”, <newsgroup (data que foi acessado)

#### Mailing List

Autor [se conhecido], < e-mail do autor, “Assunto”, “Data da postagem”, < endereço do mailing list (data que foi acessado).=

Alguns exemplos são dados a seguir:

#### E.mail

Autor, < e-mail do autor. “Assunto”, Data de postagem, e-mail pessoal, (data da leitura)

#### Web Site

Autor [se conhecido], “Título”(título principal, se aplicável), última data da revisão [se conhecida], < URL (data que foi acessado)

#### FTP

Autor [se conhecido] “Título do documento”(Data da publicação) [se disponível], Endereço FTP (data que foi acessado)