

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – ICTA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS – PPGCTA

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS  
ALIMENTADOS COM FARELO DE TRIGO E FITASE OU COM ADIÇÃO DE  
ÁCIDO FÍTICO NA DIETA**

Taís Dufau de Vargas

Porto Alegre

2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – ICTA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS – PPGCTA

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS  
ALIMENTADOS COM FARELO DE TRIGO E FITASE OU COM ADIÇÃO DE  
ÁCIDO FÍTICO NA DIETA**

Taís Dufau de Vargas  
(Nutricionista – Universidade Feevale)

Dissertação de Mestrado apresentada  
ao Programa de Pós-graduação em Ciência  
e Tecnologia de Alimentos da Universidade  
Federal do Rio Grande do Sul, como  
requisito parcial para a obtenção do Título de  
Mestre em Ciência e Tecnologia de  
Alimentos.

Orientador: Dr. Adriano Brandelli  
Co-Orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

Porto Alegre, março de 2012

## CIP - Catalogação na Publicação

Vargas, Taís Dufau de  
637.5 Avaliação de parâmetros da qualidade da carne de frangos  
V297 alimentados com farelo de trigo e fitase ou com adição de ácido  
fítico na dieta / Taís Dufau de Vargas. -- 2012.  
91 f.: il.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Porto Alegre, BR-RS, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Brandelli.

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre de Mello Kessler

1. Frangos. 2. Qualidade de carne. 3. Farelo de trigo. 4. Ácido fítico. 5. Fitase. I. Brandelli, Adriano, orient. II. Kessler, Alexandre de Mello, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pela autora.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM C&T DE ALIMENTOS/PPGCTA**

**Autor:** Taís Dufau de Vargas

**Título da dissertação:** Avaliação de parâmetros da qualidade da carne de frangos alimentados com farelo de trigo e fitase ou com adição de ácido fítico na dieta

**Dissertação aprovada por:**

Prof.Dr. Adriano Brandelli

**Orientador – PPGCTA/UFRGS**

Prof.Dr. Alexandre de Mello Kessler

**Co-Orientador – PPG em Zootecnia/UFRGS**

Prof.Dr. Erna Vogt de Jong

**Membro da Comissão Julgadora – PPGCTA/UFRGS**

Prof.Dr. Heloisa Helena Chaves Carvalho

**Membro da Comissão Julgadora – Centro Universitário Metodista IPA**

Prof.Dr. Maitê de Moraes Vieira

**Membro da Comissão Julgadora – PPG em Zootecnia/UFRGS**

Prof.Dr. José Maria Wiest  
**Coordenador do PPGCTA**

Prof.Dr. Vitor Manfroi  
**Diretor do ICTA/UFRGS**

**Porto Alegre, 01 de março de 2012.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por me dar força, benção, coragem, fé e saúde para trilhar meu caminho todos os dias.

A toda minha família, meus pais, Beth e Nelson, e meus irmãos, Tiago e Taíne, por me apoiarem sempre!

Ao meu orientador, Prof. Adriano Brandelli, pela confiança depositada em mim e por me dar a oportunidade de estar aqui hoje, realizando este trabalho.

À querida Prof<sup>a</sup>. Erna Vogt de Jong, por me ajudar tantas vezes, por solucionar dúvidas em relação ao meu trabalho e pelos ensinamentos valiosos que me passaste.

Ao meu co-orientador, Prof. Alexandre Kessler, por me acolher na zootecnia e pelos conhecimentos partilhados.

Ao pessoal do laboratório 218 do ICTA, em especial, à minha bolsista de iniciação científica, Rafaela Salazar, que foi um anjo que apareceu na minha vida na hora certa... Obrigada por tudo, e continue assim, querida e dedicada como tu és! À Stela, que foi a primeira pessoa que conheci no lab. e que sempre esteve disposta a me ajudar quando eu precisei. À colega de mestrado e amiga, Cibele, pela hospedagem, risadas e momentos descontraídos que passamos juntas. À Ana Paula, pela amizade, parceria, momentos alegres e pela ajuda com géis. À Roberta, pela amizade, conselhos, hospedagem, conversas e saídas na noite. À Simone, pela amizade, conversas e auxílio com o protocolo e análise de TBARS das minhas amostras. Ao Carlos, pela amizade, apoio e convivência. E aos demais colegas do laboratório, Dani, Karla, Jamile, Fernanda Lopes e aos novos integrantes, Indjara e Kendi, pela amizade, coleguismo, troca de experiências, ajuda e momentos alegres.

Às minhas colegas de mestrado, Mariana, Priscilla, Cleice e Sheila, que se tornaram minhas amigas também, obrigada pelos momentos que passamos juntas, pelo apoio quando precisei, pelas conversas, risadas, choros e desesperos compartilhados. E ao colega Tiago, que também tive um ótimo convívio, obrigada pela amizade!

Aos integrantes dos laboratórios do Prof. Plinho, Isa e Eduardo e aos integrantes do laboratório 213, pelo auxílio com materiais, equipamentos e análises. Em especial também, à bolsista voluntária Daiane, por me auxiliar na técnica de

extração de gordura. E à Prof.<sup>a</sup> Heloísa, por solucionar tantas vezes as minhas dúvidas.

Ao pessoal do LEZO, que me fizeram sentir em casa e que me proporcionaram muitos momentos alegres! Em especial, à Luciane Bockor, pela amizade, conselhos, desabafos, várias hospedagens, escrita de resumos para congressos e por tudo que você me ajudou desde o início do meu experimento, muito obrigada!! À Rita, pelo auxílio no experimento, amizade e ajuda nas análises de cor das minhas amostras. À Prof.<sup>a</sup>. Maitê, por todo o auxílio durante a realização do meu experimento, pelos conhecimentos partilhados e pela assistência nas estatísticas dos meus dados.

Ao Júlio, Fábio, Márcia, Willian, Luiz, Manuela, Mariana, Camila, Mariane, Marcelo, Aricson, Gabriel, Prof. Luciano e Prof.<sup>a</sup>. Andrea, pelo convívio, amizade, troca de opiniões e risadas, e à Luciana Teixeira, por apresentar tão bem o meu trabalho no SIC 2011 da UFRGS.

À querida, Márcia Alexandre, pela amizade e por compartilharmos experiências semelhantes ao mesmo tempo... boa sorte na tua defesa também.

E à CAPES pelo apoio financeiro.

### **Dedicatória**

*Dedico este trabalho aos meus pais, duas pessoas que são essenciais na minha vida, que fazem parte do que sou e aprendi até hoje! Obrigada, mãe e pai, pelos ensinamentos, preocupações, dedicação, apoio, paciência, amor, carinho, estímulo e por acreditarem sempre na minha capacidade durante estes dois anos do mestrado! Obrigada pelo incentivo que vocês me passaram para que eu estivesse aqui hoje! Amo vocês!*

# **AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS DA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGOS ALIMENTADOS COM FARELO DE TRIGO E FITASE OU COM ADIÇÃO DE ÁCIDO FÍTICO NA DIETA<sup>1</sup>**

Autor: Taís Dufau de Vargas

Orientador: Dr. Adriano Brandelli

Co-Orientador: Dr. Alexandre de Mello Kessler

## **RESUMO**

Com o objetivo de avaliar a qualidade da carne de frangos recebendo dietas com inclusão de ácido fítico (AF) ou com farelo de trigo (FT) e adição ou não de fitase, foram utilizados 216 frangos de corte Cobb 500<sup>®</sup>, machos, de 22 a 35 dias de idade. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 6 repetições com 6 animais cada. Foram testadas 6 dietas: 1- dieta controle (a base de milho e farelo de soja); 2- dieta controle com adição de AF; 3- dieta com 25% de FT e sem fitase; 4- dieta com 25% de FT + 6-fitase/2500 FTU/g (fitase A); 5- dieta com 25% de FT + 6-fitase/5000 FTU/g (fitase B); 6- dieta com 25% de FT + 3-fitase/5000 FTU/g (fitase C). Os parâmetros avaliados foram: peso da carcaça, peso e rendimento dos cortes de peito, de coxa e de perna de frango, pH inicial e final da carne, cor, lipídeo total, colesterol total (CT), oxidação lipídica (TBARS), perda de peso por descongelamento (PPD), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC). Os resultados indicaram não haver interação das diferentes dietas para as respostas de: peso da carcaça, peso e rendimento dos cortes, lipídeo total, PPD, PPC e pH inicial, ou seja, todas estas variáveis mostraram-se semelhantes entre as dietas testadas, conferindo uma carne de igual qualidade para estes parâmetros. Entretanto, o pH final da carne do peito foi menor para os frangos alimentados com a dieta controle (com milho e soja) que, ainda mostrou na avaliação de cor, um peito de frango com teor de amarelo (b\*) mais intenso do que os apresentados pelas outras dietas. Embora tenham sido diferentes, esses dois parâmetros apresentaram valores que são considerados normais para peito de frango. A adição de AF na dieta controle promoveu um efeito muito importante na redução do colesterol total (CT) e da oxidação lipídica (TBARS) da carne de frango.



E a inclusão de FT na dieta, em relação à dieta basal de frangos, ainda refletiu em teores de CT semelhantes ou menores aos obtidos por esta última dieta (dieta controle). Porém, nos valores de TBARS não ocorreu a mesma resposta, pois o FT só conseguiu ter efeito na inibição da oxidação lipídica (em relação à dieta controle) quando ele foi adicionado de fitase (mais especificamente uma 6-fitase de *E. coli*, definida como fitase B no presente estudo). Ao mesmo tempo, a adição desta fitase na dieta com FT, foi a que refletiu na maior força de cisalhamento (FC) dos peitos de frango entre as distintas dietas. Entretanto, o valor de FC obtido nesta dieta e nas outras, está dentro do valor considerado como macio. Ou seja, todas as dietas conferiram em uma carne de textura macia. Contudo, o FT pode ser utilizado em dietas para frangos de corte sem prejudicar as respostas de qualidade de carne. Além disso, o AF parece ser o componente responsável por diminuir o CT e a oxidação lipídica da carne de frango.

Palavras-chave: frangos, qualidade de carne, farelo de trigo, ácido fítico

<sup>1</sup>Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos (Especialidade: Química e Bioquímica dos Alimentos), Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, março de 2012.

# **EVALUATION OF MEAT QUALITY PARAMETERS OF BROILER FED ON WHEAT BRAN AND PHYTASE OR WITH ADDITION OF PHYTIC ACID IN THE DIET<sup>1</sup>**

Author: Taís Dufau de Vargas

Adviser: Doc. Adriano Brandelli

Co-Adviser: Doc. Alexandre de Mello Kessler

## **ABSTRACT**

With the objective to evaluate of meat quality of broilers receiving diets with inclusion of phytic acid (PA) or wheat bran (WB) and addition or not of phytase, were used 216 Cobb 500<sup>®</sup> broilers, males, from 22 to 35 days old. The experimental design was completely randomized with six treatments and six replicates of six animals each. Six diets were tested: 1- control diet (with corn and soybeans); 2- control diet with addition of PA; 3- diet with 25% WB and without phytase; 4- diet with 25% of WB + 6-phytase/2500 FTU/g (phytase A); 5- diet with 25% of WB + 6-phytase/5000 FTU/g (phytase B); 6- diet with 25% of WB + 3-phytase/5000 FTU/g (phytase C). Were evaluated the parameters: carcass weight, cuts weight and income of chicken breast, of thigh and of on-thigh, initial and final pH of chicken, color, total lipid, total cholesterol (TC), lipid oxidation, (TBARS), weight loss by thawing (WLT), weight loss by cooking (WLC) and shear force (SF). The results showed there is not interaction of the different diets for the answers of: carcass weight, cuts weight and income, total lipid, WLT, WLC and pH initial, that is, all these variables were similar among the diets tested, resulting in an quality equal meat for these parameters. However, the final pH of breast meat was lower in chickens fed the control diet (corn and soybeans) that also showed in the evaluation of color, a chicken breast with content of yellow (b \*) more intense than the presented by the other diets. Although have been different, these two parameters had values that are considered normal for chicken breast. The addition of PA in the control diet promoted a significant effect in reducing total cholesterol (TC) and lipid oxidation (TBARS) of chicken meat. And the inclusion of WB in the diet in relation to the chicken basal diet, reflected still in TC levels similar or lower to those obtained by this diet latter (control diet). However, on TBARS values did not occur the same answer, because the WB only managed to have an effect on the inhibition of lipid oxidation (in relation to the control diet) when it

was added of phytase (more specifically a 6-phytase from *E. coli*, defined as phytase B in this study). At the same time, the addition of phytase in the diet with WB, was the which reflected in higher shear force (SF) of the chicken breasts between the different diets. However, the SF value obtained in this diet and on the other is within of the value regarded as tender. That is, all diets resulting in a soft texture meat. However, the WB can be used in diets for broilers without affecting meat quality answers. In addition, the PA seems to be the component responsible for reducing of the TC and lipid oxidation of chicken meat.

Keywords: chicken, meat quality, wheat bran, phytic acid

<sup>1</sup> Master dissertation on Food Science and Technology (Specialty: Food Chemistry and Biochemistry), Institute of Food Science and Technology, Federal University of Rio Grande do Sul, March 2012.

## SUMÁRIO

	Página
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>14</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Objetivos.....	17
1.1.1 Objetivo geral.....	17
1.1.1 Objetivos específicos.....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
2.1 Qualidade da carne.....	18
2.2 Carne de frango.....	21
2.3 Alimentação de frangos.....	24
2.4 Farelo de trigo.....	26
2.5 Enzima Fitase.....	31
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Características físico-químicas da carne de frangos alimentados com dietas contendo farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fítico.....	34
3.2 Desempenho, metabolismo e mineralização óssea de frangos de corte recebendo dietas com farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fítico.....	62
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>80</b>
<b>6 APÊNDICES.....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE TABELAS

### Artigo referente ao item 3.1

Características físico-químicas da carne de frangos alimentados com dietas contendo farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fólico

Tabela 1 – Composição das dietas experimentais e composição nutricional calculada para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade.....	40
Tabela 2 – Média de peso (em gramas) de carcaça eviscerada e média de peso (em gramas) e rendimento (Rend, em %) de dois peitos, duas coxas e duas pernas, sem pele e sem osso, de frangos de corte aos 35 dias de idade.....	48
Tabela 3 – Valores médios de pH inicial (pH 1h) e pH final (pH 24h) nos cortes de peito, coxa e perna de frangos de corte.....	49
Tabela 4 – Componentes de cor <sup>4</sup> de peito, coxa e perna de frangos de corte, avaliados 24 horas post mortem.....	50
Tabela 5 – Valores médios de lipídeo total (LipTot) em % e de colesterol total (CT) em mg/100g de carne, encontrados nos cortes de peito, coxa e perna de frangos de corte.....	52
Tabela 6 – Valores médios de TBARS (mg de MDA/kg de carne) encontrados em coxa e perna de frangos de corte em 24 horas post mortem (Oxi24h) e após 10 dias de refrigeração (Oxi10d).....	54
Tabela 7 – Valores médios de perda de peso por descongelamento (PPD) e de perda de peso por cocção (PPC) em % e força de cisalhamento (FC) ou textura em kgf/cm <sup>2</sup> , encontrados em peito de frangos de corte.....	56

### Artigo referente ao item 3.2

Desempenho, metabolismo e mineralização óssea de frangos de corte recebendo dietas com farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fólico

Tabela 1 – Consumo de ração em gramas (CR), ganho de peso em gramas (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte no período de 22 a 35 dias de idade.....	69
Tabela 2 – Coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), da proteína bruta (CMPB) e da energia bruta (CMEB), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) em kcal/kg de ração e valores de tibia seca (Tbseca) e peso de cinzas na tibia em gramas (TbCZ) de frangos de corte aos 35 dias de idade.....	70
Tabela 3 – Colesterol total em mg/dl (CT), Albumina em g/l (Ab), cálcio em mg/dl (Ca), Fósforo em mg/dl (P), Relação Cálcio e Fósforo (Ca:P), Alanina Transaminase em U/L (ALT) e Aspartato Transaminase em U/L (AST) em soro sanguíneo de frangos de corte aos 35 dias de idade.....	73

## LISTA DE ABREVIATURAS

a*	Teor de vermelho
Ab	Albumina
AF	Ácido fítico
ALT	Alanina transaminase
ANOVA	Análise de variância
AOAC	Association of Official Agricultural Chemists
AST	Aspartato transaminase
b*	Teor de amarelo
Ca	Cálcio
CA	Conversão alimentar
Ca:P	Relação cálcio e fósforo
CMEB	Coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta
CMMS	Coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca
CMPB	Coeficiente de metabolizabilidade da proteína bruta
CR	Consumo de ração
CT	Colesterol total
Cu	Cobre
DFD	<i>Dark, Firm and Dry</i> (escura, firme e seca)
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EMAn	Energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio
FC	Força de cisalhamento
Fe	Ferro
Fitase A	6-fitase de <i>E. Coli</i> (2500 FTU/g)
Fitase B	6-fitase de <i>E. Coli</i> (5000 FTU/g)
Fitase C	3-fitase de <i>Trichoderma reesei</i> (5000 FTU/g)
FT	Farelo de trigo
FTU	Unidade de fitase
g/l	Gramas por litro
GP	Ganho de peso
L*	Teor de luminosidade
Mg	Magnésio
mg/dl	Miligrama por decilitro
P	Fósforo
pH	Potencial de hidrogênio iônico
PPC	Perda de peso por cocção
PPD	Perda de peso por descongelamento
PSE	<i>Pale, Soft and Exudative</i> (pálida, flácida e exsudativa)
SNK	Teste de Student-Newman-Keuls
TBARS	Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico
TbCZ	Peso de cinzas da tibia em gramas
Tbseca	Tibia seca
U/L	Unidade por litro
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria
Zn	Zinco

## 1 INTRODUÇÃO

As exigências pela qualidade da carne estão cada vez maiores tanto no mercado internacional como no nacional, pois o consumidor está mais ciente dos atributos de qualidade da carne. Essas exigências provocaram mudanças que envolvem toda a cadeia produtiva. Tais modificações incluem desde a produção de um frango com atributos de qualidade melhorados, tendo como alicerce uma alimentação de alto padrão técnico e nutricional, como o aprimoramento das diversas etapas da linha de abate, suprimindo assim as exigências tanto do consumidor interno quanto do externo (CASTILHO, 2006). Uma crescente preocupação dos consumidores em relação ao produto consumido e sua interferência na saúde têm feito da qualidade dos alimentos um ponto importante na hora da escolha. Desta forma, maneiras de se enriquecer o produto final através de modificações nas dietas fornecidas aos animais vêm sendo estudadas com a finalidade de agregar valor ao produto (EYNG, 2009).

As carnes estão entre os alimentos de origem animal que possuem alto teor de gordura e colesterol. Porém, as carnes brancas como as de frango são consideradas mais saudáveis por apresentarem menor teor de gordura saturada e colesterol. A preferência pelas carnes brancas (devido ao menor custo) fez com que as empresas brasileiras exportadoras de carne de frango conquistassem novos mercados.

A alimentação dos animais é um dos fatores que podem influenciar na qualidade da carne. Entretanto, os estudos com animais são conduzidos com alimentação diferenciada para avaliar, na maioria das vezes, o efeito desta no desempenho do animal, como no ganho de peso, consumo e produtividade, mas não avaliam a influência da dieta na qualidade da carne.



Um tema de grande relevância relacionado à formulação de rações para animais é o aproveitamento de subprodutos de origem industrial, devido ao crescente interesse em agregar valor aos subprodutos e da importância da reciclagem e conservação de energia. Neste sentido, o farelo de trigo é um subproduto gerado em grande quantidade, entretanto, ele ainda tem participação inexpressiva na produção de ração para frangos devido ao seu baixo conteúdo energético. Como a maior parte das dietas para produção de aves tem alta concentração energética, o farelo de trigo não alcança valorização nestas rações, porque seu uso traz a necessidade de suplementação com ingredientes de alto conteúdo energético, mas de alto custo, como os óleos vegetais. Porém, existe a possibilidade de aumentar o valor energético do farelo de trigo com uso de enzimas exógenas nas formulações, pois estas enzimas atuam nas frações do farelo de trigo que as aves não conseguem digerir.

O efeito da adição de enzimas em dietas de aves tem como objetivo principal melhorar o aproveitamento de componentes dietéticos de baixa digestibilidade, como a fibra e o ácido fítico, e então melhorar o aproveitamento energético, tendo como efeito secundário redução da produção de excretas, e com isto, a redução do potencial poluente da produção animal.

Algumas pesquisas apontam o papel do ácido fítico (presente no farelo de trigo) como um antioxidante em carne, portanto, o seu papel na inibição da oxidação lipídica é um fator importante para manter a qualidade da carne (LEE & HENDRICKS, 1995; LEE, HENDRICKS & CONFORTH, 1998; SOARES et al., 2004; HARBACH et al., 2007).

Dessa forma, este estudo pretende verificar se a inclusão de farelo de trigo e fitase ou de ácido fítico na dieta de frangos apresenta diferença nos parâmetros de qualidade da carne destes animais.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Avaliar parâmetros de qualidade da carne de frangos alimentados com ou sem farelo de trigo, ácido fítico ou fitase na dieta.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Analisar o teor de colesterol total, oxidação lipídica (TBARS), lipídio total, cor, pH, força de cisalhamento, peso da carcaça e dos cortes, rendimento dos cortes, perda de peso por cocção e perda de peso por descongelamento da carne de frangos alimentados com ou sem farelo de trigo, ácido fítico ou fitase na dieta.

Avaliar respostas de desempenho, metabolismo e mineralização óssea dos frangos alimentados com as mesmas dietas. E ainda avaliar o perfil bioquímico do soro sanguíneo destes frangos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Qualidade da carne

Por muitos anos, a indústria avícola tem olhado para a melhoria dos índices de produção e crescimento de frangos de corte através das mudanças de reprodução em benefício da qualidade final dos produtos. Muitos fatores podem levar a alterações na qualidade da carne, como as práticas pré e pós-abate, a idade das aves, a espécie, sexo, ambiente e alimentação (PELICANO et al., 2003).

O pH apresenta fundamental importância no processo de transformação do músculo em carne, sendo que, sobre as características sensoriais influi não somente o pH final, mas também a velocidade de queda do mesmo. Para que o músculo de um animal abatido se transforme em carne é necessário que ocorram processos bioquímicos conhecidos como modificações *post mortem*. Em condições normais, sucedem na carcaça dois estágios distintos, o primeiro é o desenvolvimento do *rigor mortis* associado ao consumo das reservas energéticas musculares e o segundo estágio coincide com a aparente resolução do *rigor mortis*. Em músculos de peito de frango, esse processo acontece num período médio de 4 a 8 horas (LAWRIE, 2005; DAWSON et al., 1987). O pH final (24 horas *post mortem*) é determinante para a qualidade da carne, pois está relacionado diretamente com as proteínas e com os pigmentos da carne. Assim, o valor em que ele se estabiliza influencia diretamente nos parâmetros de cor, maciez, perda de peso por cocção, suculência, estabilidade microbiológica, entre outros (QIAO et al., 2001; FLETCHER, 2002).

De acordo com Bliska (2000) a qualidade de um produto pode ser definida como o conjunto de atributos que satisfaçam o consumidor ou até mesmo que

superem suas expectativas iniciais. É um conceito complexo, pois varia conforme a região geográfica, classe sócio-econômica, cultura do consumidor, estágio de desenvolvimento tecnológico do setor e ainda pode variar de acordo com o mercado a que o produto se destina. Os principais atributos de qualidade da carne considerados por Fletcher (2002) são aparência, textura, suculência, sabor e propriedades funcionais, enquanto para Gaya e Ferraz (2006), a cor e a capacidade de retenção de água também determinam a qualidade da carne.

Duarte, Junqueira e Borges (2010) consideram que a maciez ou textura é um dos critérios de qualidade mais importantes em qualquer tipo de carne, pois está associada à satisfação final do consumidor. Trata-se de um parâmetro sensorial que possui como atributos primários, maciez, coesividade, viscosidade e elasticidade, e como secundários, gomosidade, mastigabilidade, suculência, fraturabilidade e adesividade. Os dois fatores que mais contribuem para a textura da carne de frango são: a maturidade do tecido conjuntivo, que envolve as ligações cruzadas de colágeno no músculo e o estado contrátil das proteínas miofibrilares, que é a função primária da severidade do desenvolvimento do *rigor mortis*. Anadón (2002) ressalta que a textura está intimamente relacionada à quantidade de água intramuscular e, portanto, à capacidade de retenção de água da carne, de modo que quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, maior a maciez da carne.

Outro fator importante na percepção do consumidor quanto à qualidade da carne é a cor da carne "*in natura*", pois é uma das características que influenciam na compra, na hora do consumidor escolher qual carne adquirir. E a cor está relacionada com as fibras musculares, o pigmento mioglobina e a hemoglobina presente no sangue. Estas duas substâncias são proteínas associadas ao ferro e têm a possibilidade de reagir com oxigênio, alterando a cor da carne. O componente

que confere cor à carne é a mioglobina. Quanto maior o tamanho, atividade muscular do animal, maior o teor de mioglobina e mais escura é a carne. Outros fatores que interferem na coloração da carne são a idade, a espécie, o sexo, a alimentação e o habitat do animal (VENTURINI, SARCINELLI e SILVA, 2007).

Os lipídios têm um papel determinante na aceitação da carne, já que a sua concentração e composição influenciam fortemente nas propriedades sensoriais, tais como textura, sabor, aroma e cor (PINO, 2005; SOUZA, ARTHUR e CANNIATTI-BRAZACA, 2007). Segundo Komprda et al. (2003) o conhecimento sobre o conteúdo de colesterol nos alimentos também é importante, especialmente em carnes de aves e peixe, pois atualmente o consumo destes alimentos está aumentando com base nas recomendações de alimentação saudável. O que pode influenciar no conteúdo de colesterol dos tecidos animais é a composição da dieta, especialmente pela taxa de ácidos graxos poli-insaturados.

Gordura e ácidos graxos tanto no tecido adiposo quanto no músculo, contribuem para vários aspectos da qualidade da carne e são fundamentais para seu valor nutricional (WOOD et al., 2008).

O sabor, um dos atributos relacionados à qualidade das carnes, não deve ser oxidado ou rançoso, pois conforme Soares et al. (2004) o sabor requentado tem sido reconhecido como uma das principais causas de deterioração da qualidade de carnes durante os processos como arrefecimento, refrigeração e pré-cozimento. O termo sabor requentado foi introduzido pela primeira vez por Tims & Watts (1958) para descrever o rápido desenvolvimento do sabor oxidado em carne cozida em seguida ao aquecimento subsequente. O desenvolvimento do sabor requentado está associado com a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), como os fosfolipídeos, localizados na membrana celular das carnes, sendo que o conteúdo

de PUFA varia conforme a espécie de carne, tais como peixe > ave > porco > boi > cordeiro (LAWRIE, 2005). Acredita-se que o aquecimento acelera a oxidação dos fosfolípidos por liberar cataliticamente o ferro ativo da mioglobina e de outras proteínas que contêm ferro (SOARES et al., 2004).

Pino (2005) ressalta que a oxidação lipídica ou rancidez é o processo pelo qual ocorre perda de qualidade da carne e seus produtos, depois da deterioração microbiana. O autor afirma ainda que, além da alteração de odor e gosto, a oxidação lipídica está relacionada também com a oxidação dos pigmentos da carne, provocando perda de cor. A oxidação lipídica é determinante na vida-útil do produto, a medida que gera produtos indesejáveis do ponto de vista sensorial e degrada vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais. O valor de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) constitui-se numa maneira de expressar o valor obtido no teste de TBA, especialmente em carnes e derivados. O teste de TBA quantifica o malonaldeído (MDA), um dos principais produtos de decomposição dos hidroperóxidos de ácidos graxos poliinsaturados, formado durante o processo oxidativo (OSAWA, FELÍCIO e GONÇALVES, 2005). Um dos procedimentos utilizados para retardar o processo de oxidação dos lipídeos é o congelamento, que tem como objetivo principal a preservação da qualidade sensorial e nutricional dos alimentos por um maior período de tempo (MURAKAMI, 2009).

## **2.2 Carne de frango**

A carne de frango é considerada um alimento saudável, pobre em gorduras e com baixo teor de colesterol, desde que seja consumida sem pele. Essa carne constitui uma fonte importante de proteína de alto valor biológico por ser rica em

aminoácidos essenciais. Além disso, é rica em vitaminas e minerais como o ferro, e é considerada fonte importante de vitaminas do complexo B, principalmente, B<sub>2</sub> e B<sub>12</sub>. Estas vitaminas são indispensáveis na alimentação humana, pois ajudam na síntese de energia a partir dos nutrientes ingeridos (VENTURINI, SARCINELLI e SILVA, 2007).

Segundo relatórios anuais produzidos pela ABEF (2010), a produção de carne de frango no Brasil no ano de 2010 chegou a 12,23 milhões de toneladas, um crescimento de 11,38% em relação a 2009, quando foram produzidas 10,98 milhões de toneladas. Com este desempenho o Brasil se aproximou da China, sendo o segundo maior produtor mundial, cuja produção de 2010 teria somado 12,55 milhões de toneladas, abaixo apenas dos Estados Unidos, com 16,65 milhões de toneladas, conforme projeções do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA). Em exportações, registrou-se em 2010 novo recorde histórico em volume, com total de 3,8 milhões de toneladas de frangos, exportadas para mais de 150 países. O crescimento em 2010 foi impulsionado principalmente pelo aumento de consumo de carne de frango e pela expansão de 5,1% nas exportações.

No Brasil, de acordo com Sarcinelli, Venturini e Silva (2007), o frango é classificado em frango inteiro e frango carcaça. O frango inteiro é aquele que contém fígado, moela, pés, cabeça e pescoço, pesando em média 2,5 kg e, frango carcaça, possui peso inferior a 2 kg sendo vendido sem miúdos. Para os mesmos autores a carne de frango permite alguns cortes:

- Asa: no Brasil é comercializada inteira, ou em partes, tais como, coxinha da asa e meio da asa.
- Peito: é o corte mais nobre do frango por possuir aspecto agradável, cor atraente e ser bastante utilizado na culinária requintada e em pratos de uma

alimentação saudável. No Brasil, é comercializado inteiro, com osso e com pele, e também em forma de filé.

- Coxas (que são as pernas do frango) e Sobrecoxas (que são as coxas do frango): o corte é feito manualmente e, no Brasil são comercializadas inteiras ou em cortes, resultando em pernas e coxas separadamente.
- Outras partes e miúdos: o frango oferece outras partes apreciadas pelo consumidor ou que apresentam importância para a fabricação dos produtos industrializados. Os miúdos de frango são muito apreciados pelos brasileiros, que consomem, preferencialmente, o coração.

Pavan et al. (2003) ressaltam o significativo consumo de partes desossadas de frango, sobretudo de cortes nobres, como peito e coxas (ou sobrecoxas). Em função da crescente demanda de refeições rápidas, existe grande produção de filés de peito junto a uma constante preocupação com as características de qualidade, sobretudo no que se refere à maciez, pH, cor, suculência, sabor, além dos aspectos higiênicos da carne (ALMEIDA et al., 2002).

A cor da carne de frango é branca, mas pode variar da tonalidade cinza a vermelho pálido (VENTURINI, SARCINELLI e SILVA, 2007).

A gordura na carne de aves apresenta cerca de 30-35% de ácidos graxos saturados, 10-50% de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) e pequena quantidade (até 20%) de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), estando a proporção de PUFA n-6 em relação ao PUFA n-3 totalmente fora do ideal, variando de 10,6: 1 até 22,6: 1, dependendo do músculo, da linhagem e da alimentação das aves (FERREIRA et al., 1999; ALMEIDA et al., 2006).

O peito, que é o corte mais magro do frango, contém apenas 2% de lipídios. Além disso, as gorduras são de boa qualidade, visto que se trata em grande parte de



gorduras mono e poliinsaturadas (VENTURINI, SARCINELLI e SILVA, 2007). Aguiar (2006) ressalta que o baixo teor de gordura na carne de peito de aves é devido à reduzida necessidade de estocar energia neste músculo. Os depósitos de gordura subcutânea, na cavidade abdominal e nas sobrecoxas são bastante acentuados.

### **2.3 Alimentação de frangos**

Segundo Nunes et al. (2001) a formulação e o balanceamento de rações consistem na mistura de vários alimentos, com a finalidade de atender as exigências nutricionais dos animais, para que possam expressar o máximo de seu potencial genético, sendo necessário, conhecer a composição nutricional e os respectivos valores energéticos dos alimentos, bem como suas limitações nutricionais.

A descrição da energia disponível de um alimento para aves é muito complexa, pois todos os componentes orgânicos do alimento, sujeitos à digestão e absorção pelos animais, contribuem com energia, mesmo tendo diferentes destinos no organismo animal. Além disso, a energia não é um nutriente, e sim o resultado da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo (EYNG, 2009).

O valor da energia metabolizável é o que melhor representa a quantidade de energia disponível nos alimentos para as aves. Segundo Pozza et al. (2008) a variação na composição química dos alimentos pode influenciar nos valores energéticos dos alimentos. No entanto, há a necessidade de estimar este valor, principalmente, para os alimentos com maior variação, que é o caso dos subprodutos avícolas, como as farinhas de vísceras e de penas (NASCIMENTO et al., 2005). Além da preocupação em conhecer o valor nutritivo e energético dos ingredientes alternativos, existe a necessidade de estudar a influência da dieta

fornecida sob o desempenho dos animais, bioquímica sanguínea, composição e rendimento da carcaça e características organolépticas da carne, levando em consideração o nível de inclusão desses alimentos nas rações (EYNG, 2009).

No Brasil, o milho e o farelo de soja são componentes básicos na alimentação de frangos de corte. No entanto, a disponibilidade destes grãos é variável em função da região e época do ano, implicando em variações nos custos dessas matérias-primas e afetando diretamente a lucratividade na avicultura. Dessa forma, considerando os altos preços do milho, principalmente em épocas de entressafra, existe uma opção para otimizar a rentabilidade na produção animal, que é o uso de alimentos alternativos, como o trigo, em substituição parcial ao milho e farelo de soja na alimentação animal (TAVERNARI et al., 2010).

Atualmente, são também utilizados na alimentação de animais os resíduos ou subprodutos agroindustriais (como os bagaços, farelos, polpas, entre outros) que são gerados no processamento de alimentos. Araújo et al. (2008a) consideram que o uso destes resíduos na alimentação de aves é importante para fortalecer a avicultura pelo provável impacto positivo na redução dos custos de produção, além de contribuir na diminuição de passivos ambientais, relacionados ao inadequado destino destes resíduos, que, em alguns casos, apresentam elevada carga poluidora.

Segundo Madhukumar e Muralikrishna (2010) os farelos de cereais e de cascas estão disponíveis em abundância na Índia e são usados como alimentos para vários animais não-ruminantes de fazenda como, por exemplo, as aves. Silva et al. (2003) destacam que, entre os farelos de cereais utilizados em grande escala na alimentação animal, estão os de arroz, de aveia, de trigo e de milho, pois fornecem,

além de fibras, proteínas, calorias e quantidades consideráveis de vitaminas e minerais e são de baixo custo.

O trigo (*Triticum aestivum*) é um ingrediente alimentar primário em todo o mundo, contendo importantes componentes nutricionais benéficos (VAHER, et al., 2010). O farelo de trigo é o principal e mais abundante subproduto da indústria do trigo e um recurso alimentar renovável ainda pouco explorado na fabricação de rações para aves. Apesar disso, as indústrias já estão utilizando o farelo de trigo na formulação de rações para aves reprodutoras e de postura, no entanto, não há dados precisos na literatura sobre os níveis adequados desse alimento nas dietas e seus efeitos sobre o desempenho produtivo das aves (MANISSERI e GUDIPATI, 2010; ARAÚJO et al., 2008b).

## **2.4 Farelo de trigo**

O farelo de trigo é um subproduto da farinha de trigo, obtido após a moagem convencional de grãos de trigo, ou seja, ele é retirado no processo de refinamento industrial, representando aproximadamente 15% do peso do grão de trigo (HEMERY et al., 2010).

De acordo com Vitaglione, Napolitano e Fogliano (2008) o conceito tradicional em relação à moagem de grãos afirmava que este processo era necessário para concentrar os componentes desejáveis do grão e para remover os compostos mal digeridos e contaminantes. E os grãos processados eram considerados nutricionalmente, higienicamente e sensorialmente superiores aos grãos não processados e, o farelo era utilizado principalmente para alimentação animal. Atualmente, a importância das frações do farelo de cereais está firmemente

reconhecida tanto pela presença de fibra dietética como também pela contribuição para a ingestão de antioxidantes em geral (VITAGLIONE, NAPOLITANO e FOGLIANO, 2008).

Existe número crescente de estudos que tem salientado o farelo de trigo como um ingrediente com elevado potencial nutritivo. Mas, atualmente, o farelo de trigo ainda é um subproduto desvalorizado (HEMERY et al., 2010). Esse subproduto apresenta em torno de 24,7% de carboidrato digerível, 3% de lipídio, 5,6% de cinzas e 15,52% de proteína (com base na matéria natural), entretanto, possui alta concentração de fibra dietética (em torno de 37,7%), o que limita sua adição em dietas para aves (RAUPP et al., 2004; ARAÚJO et al., 2008b).

Segundo Montenegro et al. (2008) o farelo de trigo representa uma importante fonte de fibra insolúvel, sendo que o teor de fibra alimentar total presente no farelo de trigo encontra-se em torno de 50%, e, desse total, o teor de fibra insolúvel representa cerca de 86% e, o de fibra solúvel, 14%. Fama et al. (2010) ressalta que o farelo de trigo é uma boa fonte de fibras que podem atuar como enchimentos naturais (de biocompostos comestíveis), que são materiais com importante valor nutricional devido à sua grande concentração de vitaminas, minerais e carboidratos e são compostos principalmente de celulose, carboidratos não-celulósicos e lignina.

Além disso, o farelo de trigo é composto de múltiplas camadas e constituído por vários tecidos aderentes: pericarpo externo, pericarpo interno, testa, epiderme e a camada de aleurona, que é a última parte externa do endosperma. As camadas do farelo apresentam diferentes funções durante o desenvolvimento do grão e, portanto, são caracterizadas por estruturas e composições distintas. Os pericarpos, externo e interno, são compostos por células vazias e contêm principalmente

heteroxilanas ramificadas, celulose e lignina, com inúmeras ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas. A testa é uma camada hidrofóbica cujas paredes celulares são ricas em lignina, enquanto a epiderme contém principalmente uma parede celular de polissacarídeos com mais de 90% de ligações mal cruzadas de arabinoxilanas. A aleurona é constituída de células vivas incluindo compostos bioativos, rodeada por paredes celulares grossas compostas de arabinoxilanas relativamente lineares e  $\beta$ -glucanas, e poucas proteínas (HEMERY et al., 2010).

De acordo com a resolução 19/1999 da ANVISA (BRASIL, 1999) os alimentos com alegação de propriedades funcionais são aqueles que produzem efeitos metabólicos ou fisiológicos através da atuação de um nutriente ou não nutriente no crescimento, desenvolvimento, na manutenção e em outras funções normais do organismo humano. Vaher et al. (2010) considera que o trigo e os ingredientes alimentares à base de trigo, ricos em antioxidantes naturais, podem idealmente servir como base para o desenvolvimento de alimentos com alegação de propriedade funcional. Segundo Montenegro et al. (2008) o farelo de trigo possui capacidade antioxidante, pois existem vários compostos fenólicos encontrados no trigo que também estão concentrados no farelo, contribuindo para o teor de antioxidantes do cereal. A quantidade total de polifenóis presentes no farelo de trigo (161,7mg/100g) é maior do que na farinha de trigo (112,2mg/100g). Entre os principais polifenóis encontrados no farelo de trigo estão o ácido elágico, ácido hidroxibenzoico, ácido ferúlico, ácido sinápico, ácido cafeico, epicatequina e malvidina (ARRANZ e SAURA CALIXTO, 2010).

Evidência crescente indica que a ingestão de alimentos de trigo pode promover efeitos benéficos à saúde, devido a fatores bioativos presentes no grão, tais como carboidratos não digeríveis e fitoquímicos. Um grupo de fitoquímicos

presente, com baixo peso molecular, no trigo tem atividade antioxidante. Estes incluem, mas não estão limitados, aos carotenoides, tocoferóis, lignanas, flavonoides e ácidos fenólicos (VAHER et al., 2010). Segundo Halliwell (2001), antioxidantes podem ser definidos como substâncias capazes de retardar ou inibir a oxidação de substratos oxidáveis. Estudos sobre a informação do conteúdo dos outros polifenóis (lignanas e flavonoides) do trigo são pobres. Mas, a maioria das lignanas é encontrada no farelo de trigo. Várias flavonas (apigenina, luteolina, crisoeriol, tricina) foram detectadas no tecido foliar do trigo em suas formas de glicosil. Os flavonoides importantes são a apigenina-C-diglicosídeo (flavonóis), a cianidina-3-glicosídeo e a peonidina-3-glicosídeo (antocianinas) (VAHER et al., 2010).

O farelo de trigo também contém ácido fítico (PA; hexafosfato de inositol) que é um constituinte natural de plantas, compreendendo de 1 a 5% em peso, de legumes, cereais ou oleaginosas, sendo que os seus resíduos de fósforo compreendem 60-90% do fósforo total existente em grãos (SOARES et al., 2004; GRAF e EATON, 1990). Muitas pesquisas apontam o ácido fítico como um antioxidante em carne, portanto, o seu papel na inibição da oxidação lipídica é um fator importante para manter a qualidade da carne. Esta função ocorre devido à sua capacidade de quelar minerais, especialmente o ferro de pigmentos da mioglobina, tornando este mineral cataliticamente inativo. Porém, também é descrito o efeito antinutricional do ácido fítico na dieta de animais em relação à biodisponibilidade de minerais, embora isto pareça depender da proporção relativa de íons do metal fitato e de outros componentes da dieta (LEE & HENDRICKS, 1995; LEE, HENDRICKS & CONFORTH, 1998; SOARES et al., 2004; HARBACH et al., 2007).

De acordo com Manisseri e Gudipati (2010) o farelo de trigo pode ainda ser utilizado como fonte para obtenção de oligossacarídeos prebióticos, pois ele contém

xilo-oligossacarídeos, que são uma definição ampla de oligossacarídeos não digeríveis (NDOs); também chamados de polissacarídeos não-amídicos (PNA) conforme Maes, Vangeneugden e Delcour (2004).

Segundo Madhukumar e Muralikrishna (2010), dos alimentos com alegação de propriedades funcionais atualmente conhecidos, os oligossacarídeos não digeríveis mantêm uma posição importante e conforme Manisseri e Gudipati (2010) esta importância comercial crescente de xilo-oligossacarídeos é devido aos seus potenciais benefícios para a saúde, no que diz respeito à sua atividade prebiótica. O prebiótico é definido como “um ingrediente alimentar não digerível que afeta benéficamente o hospedeiro por estimular seletivamente o crescimento e/ou atividade de uma bactéria ou um número limitado de bactérias do cólon e, conseqüentemente, melhora a saúde do hospedeiro” (GIBSON & ROBERFROID, 1995).

De acordo com Maes, Vangeneugden e Delcour (2004), os principais polissacarídeos não-amídicos (PNA) presentes na fração fibrosa do farelo de trigo são as arabinoxilanas (36,5%), a celulose (11%), a lignina (3 a 10%) e os ácidos urônicos (3 a 6%). A elevada proporção de PNA, notadamente as arabinoxilanas, constitui um problema para a eficiência digestiva das aves, pois, de acordo com Silva e Smithard (2002), as galinhas não possuem enzimas endógenas capazes de digerir esses componentes, o que compromete a digestibilidade da dieta. Araújo et al. (2008b) afirmam que as arabinoxilanas do trigo causam inibição geral da digestão dos nutrientes, afetando a digestibilidade de carboidratos, gorduras e proteínas, o que pode ser explicado por um provável desarranjo da proteína e/ou por uma redução, ou até mesmo inibição, da absorção dos aminoácidos causada pelos fatores antinutricionais contidos nos PNA. Segundo Du et al. (2009) as

arabinoxilanas estão mais concentradas nas camadas externas do farelo de trigo, e o rendimento e pureza das arabinoxilanas extraídas destas camadas também são maiores do que nas camadas internas do farelo.

Entretanto, a adição de enzimas apropriadas na ração de aves é capaz de reduzir algumas das propriedades anti-nutricionais dos PNA da parede celular (ARAÚJO et al., 2008a), diminuir a variação da qualidade nutricional das dietas, permitir digestão mais rápida e completa, diminuindo a excreção fecal de nutrientes e, conseqüentemente, a poluição ambiental, além de reduzir a incidência de fezes úmidas quando as aves são alimentadas com dietas de alta viscosidade (BEDFORD, 2000).

## **2.5 Enzima Fitase**

As enzimas fitases são originadas de vários organismos, como fungos, bactérias, leveduras e plantas (ULLAH; SETHUMADHAVAN, 2003). Alguns alimentos apresentam alta atividade endógena de fitase, tais como o centeio, o trigo e a cevada. Alimentos como o milho, a aveia, o sorgo e as oleaginosas apresentam baixa ou nenhuma atividade desta enzima (SEBASTIAN, TOUCHBURN e CHAVEZ, 1998).

A fitase (mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase) é uma enzima pertencente ao grupo das fosfatases histidina ácida que hidrolisam o fitato a inositol e fosfato inorgânico. As fitases são classificadas em duas categorias de enzimas, dependendo do local em que elas iniciam a desfosforilação (ou hidrólise) da molécula de ácido fítico: mio-inositol hexafosfato 3-fosfohidrolase (3-fitase), que inicia a desfosforilação pelo carbono 3 da molécula de ácido fítico; e mio-inositol hexafosfato 6-fosfohidrolase (6-fitase ou 6-fosfohidrolase), que inicia a hidrólise pelo



carbono 6 do fitato (VOHRA; SATYANARYANA, 2003). A 6-fitase desfosforila completamente o ácido fítico, no entanto, a 3-fitase não hidroliza o fosfato monoéster (WODZINKI; ULLAH, 1996).

Para avaliar a atividade de fitase não existe uma unidade padronizada, esse fato tem causado confusões na indústria de rações e na eficiência de comparações de diferentes fontes de fitases. A unidade de medida depende das condições do ensaio, como concentração de substrato utilizado (fitato de sódio), temperatura e pH. A fitase de *Aspergillus niger* introduzida em 1991, foi definida como unidade de fitase (FTU), em que um FTU é a quantidade de enzima que libera 1µmol de ortofosfato inorgânico/ minuto de 0,0051 mol L<sup>-1</sup> de fitato de sódio, pH de 5,5 e temperatura de 37°C (ENGELEN et al.,1994).

A atividade da enzima é influenciada por diversos fatores, entre eles o substrato ou matérias primas vegetais utilizadas nas formulações de rações e níveis de cálcio e fósforo inorgânico da dieta (BALLAM, NELSON e KIRBY, 1984). Como resultado, cada fitase tem diferentes recomendações sobre melhorias de digestibilidade do fósforo, cálcio, aminoácidos e energia (COWIESON, RAVINDRAN e SELLE, 2008).

Vários produtos de fitase distintas estão atualmente disponíveis comercialmente e as três fitases mais utilizadas em dietas de aves são derivadas a partir de fontes de fungos (*Aspergillus niger* e *Peniophora Lycii*), que são 3-fitases, ou de bactérias (*Escherichia coli*), que são 6-fitases (SELLE & RAVINDRAN, 2007).

### 3. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho estão apresentados em forma de artigos, sendo cada subtítulo deste capítulo correspondente a um artigo.

3.1 Características físico-químicas da carne de frangos alimentados com dietas contendo farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fólico

3.2 Desempenho, metabolismo e mineralização óssea de frangos de corte recebendo dietas com farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fólico

### **3.1 Características físico-químicas da carne de frangos alimentados com dietas contendo farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fítico**

Taís Dufau de Vargas<sup>1</sup>, Rafaela Salazar Sikilero<sup>1</sup>, Luciane Bockor<sup>2</sup>, Rita de Albernaz Gonçalves da Silva<sup>2</sup>, Simone Pieniz<sup>1</sup>, Adriano Brandelli<sup>1,\*</sup>, Alexandre de Mello Kessler<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Aplicada – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP: 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Laboratório de Ensino Zootécnico – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712 – CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

\* Autor correspondente: Adriano Brandelli, ICTA-UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP: 91501-970 – Porto Alegre, RS, Brasil. Fax: 51 3308 7048; e-mail: [abrand@ufrgs.br](mailto:abrand@ufrgs.br)

**Resumo:** O farelo de trigo (FT) possui pequena participação na produção de rações para monogástricos, devido ao seu baixo conteúdo energético. Porém, o uso de fitases pode melhorar o aproveitamento de energia do FT e de alguns de seus componentes, como o ácido fítico (AF), que pode ter função antioxidante em carnes. Para avaliar a influência de dietas com FT, fitase e AF nas características físico-

químicas da carne de frango, foram utilizados 216 frangos de corte Cobb 500<sup>®</sup>, machos, de 22 a 35 dias de idade, alojados em baterias metálicas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 6 repetições com 6 animais cada. Foram testadas 6 dietas: 1- dieta controle; 2- dieta controle com adição de AF; 3- dieta com 25% de FT e sem fitase; 4- dieta com 25% de FT + 6-fitase/2500 FTU/g (fitase A); 5- dieta com 25% de FT + 6-fitase/5000 FTU/g (fitase B); 6- dieta com 25% de FT + 3-fitase/5000 FTU/g (fitase C). Foram realizadas análises de: peso da carcaça, peso dos cortes de peito, de coxa e de perna de frango, rendimento dos cortes, pH inicial e final da carne, cor, lipídeo total e colesterol total (CT). Análises de oxidação lipídica (TBARS) em 24 horas *post mortem* (Oxi24h) e após 10 dias de refrigeração (Oxi10d) foram determinadas na carne da coxa e perna de frango. A perda de peso por descongelamento (PPD), perda de peso por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) foram avaliadas no peito de frango. Não houve alteração ( $P>0,05$ ) entre as distintas dietas para as respostas de peso da carcaça, peso e rendimento dos cortes, lipídeo total, PPD, PPC e pH inicial dos diferentes cortes de frango, entretanto os frangos alimentados com a dieta 1 apresentaram menor pH final e um teor de amarelo mais intenso apenas para carne do peito de frango. O CT de peito e coxa de frango foi menor para as aves alimentadas com a dieta 2. A carne da perna apresentou menor teor de CT com as dietas 2 e 3. A coxa de frango mostrou menores valores de TBARS para as dietas 2 e 5, tanto em Oxi24h quanto em Oxi10d. O menor valor de TBARS da perna de frango Oxi24h foi obtido com a dieta 2. Após 10 dias de refrigeração, a perna apresentou os menores valores de TBARS com as dietas 1 e 2. A FC foi maior no peito de frangos alimentados com a dieta 5. O FT pode ser utilizado em dietas para frangos de corte sem prejudicar as respostas de qualidade de carne,

entretanto, algumas respostas podem ser melhoradas com a adição de fitase nesta dieta. Além disso, o AF mostrou que pode reduzir o CT e a oxidação lipídica da carne de frangos.

**Palavras-chave:** ácido fítico, carne de frango, fitase, inibição da oxidação lipídica, trigo, qualidade da carne

**Abstract:** Wheat bran (WB) has a small stake in the production of feed for monogastrics, due to its low energy content. However, the use of phytase can improve the utilization of energy of WB and of some of its components such as phytic acid (PA), which may have antioxidant function in meats. To evaluate the influence of WB, phytases and PA in the physicochemical characteristics of chicken meat, were used 216 Cobb 500<sup>®</sup> broilers, male, 22 to 35 days old, housed in metabolic cages. The experimental design was completely randomized with six treatments and six replicates of six animals each. Six diets were tested: 1- control diet; 2- control diet with addition of PA; 3- diet with 25% WB and without phytase; 4- diet with 25% of WB + 6-phytase/2500 FTU/g (phytase A); 5- diet with 25% of WB + 6-phytase/5000 FTU/g (phytase B); 6- diet with 25% of WB + 3-phytase/5000 FTU/g (phytase C). Were performed analysis of: carcass weight, cuts weight of chicken breast, thigh and drumstick, income of cuts, pH initial and final of meat, color, total lipid and total cholesterol (TC). Analysis of lipid oxidation, (TBARS) at 24 hours *post mortem* (Ox24h) and after 10 days by cooling (Ox10d), were determined in chicken thigh and drumstick. The weight loss by thawing (WLT), weight loss by cooking (WLC) and shear force (SF) were evaluated in chicken breast. There was no change ( $P>0.05$ )

between diets different for the responses of carcass weight, weight and income of cuts, total lipid, WLT, WLC and initial pH of the chicken cuts different, however the broilers fed with diet 1 had lower final pH and an intense more yellow content only for chicken breast meat. The TC of chicken breast and thigh was lower for birds fed diet 2. The chicken drumstick meat showed lower content of TC with diets 2 and 3. The chicken thigh showed lowest TBARS values for diets 2 and 5, in both Oxi24h and Oxi10d. The lowest TBARS value of chicken drumstick Ox24h was obtained from diet 2. After 10 days by cooling, the drumstick showed the lowest TBARS values for diet 1 and 2. The SF was higher to the breast of broilers fed with diet 5. The WB can be used in diets for broilers without affecting meat quality responses, however, some responses may be improved with the addition of phytase in this diet. Moreover, PA shown that can reduce TC and lipid oxidation of chicken meat.

**Keywords:** phytic acid, chicken, phytase, inhibition of lipid oxidation, wheat, meat quality

## 1. Introdução

A produção de carne de aves atualmente é uma atividade extremamente competitiva. Os cortes são cada vez mais vendidos em relação às carcaças inteiras. Além disso, há um número crescente de produtos posteriormente processados, tais como nuggets, empanados e outros produtos “prontos para cozinhar” e “prontos para comer”, disponíveis no mercado. No entanto, a qualidade destes produtos está

diretamente relacionada com a qualidade da carne utilizada para prepará-los (GARCIA et al., 2010). Nesse contexto competitivo e de exigências de qualidade, aumenta-se a necessidade de pesquisas que envolvam modificações nas dietas fornecidas aos animais como uma forma de enriquecer o produto final.

O uso de alimentos alternativos, como o trigo, em substituição parcial ao milho e farelo de soja, vem sendo estudados na alimentação animal (TAVERNARI, 2010). O farelo de trigo (FT) é o principal e mais abundante subproduto da indústria do trigo, mas ele ainda tem participação inexpressiva na produção de rações para frangos devido ao seu baixo valor energético (MANISSERI & GUDIPATI, 2010). Entretanto, uma alternativa que pode melhorar o aproveitamento energético do FT é a utilização de enzimas exógenas na dieta de frangos, como por exemplo, a fitase, que auxilia também na disponibilidade de alguns componentes do FT, como o ácido fítico (AF). As fitases são classificadas em duas categorias de enzimas, dependendo do local em que elas iniciam a desfosforilação (ou hidrólise) da molécula de AF: uma das enzimas é a 3-fitase, que inicia a desfosforilação pelo carbono 3 da molécula de AF; e a outra é a 6-fitase, que inicia a hidrólise pelo carbono 6 do fitato (VOHRA & SATYANARAYANA, 2003). Algumas pesquisas apontam o AF como um antioxidante em carne, devido ao seu importante papel na inibição da oxidação lipídica, mantendo desta forma a qualidade da carne (LEE & HENDRICKS, 1995; LEE, HENDRICKS & CONFORTH, 1998; MORRYSSEY et al., 1998; SOARES et al., 2004; HARBACH et al., 2007).

O objetivo deste trabalho foi avaliar as características físico-químicas da carne de frangos alimentados com dietas com adição de ácido fítico ou inclusão de farelo de trigo com adição ou não de fitase.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Condições experimentais

O estudo foi conduzido no Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Foram alojados 216 frangos de corte, machos, da linhagem Cobb 500<sup>®</sup>, de 22 a 35 dias de idade, com peso médio inicial de  $1.100 \pm 25$  gramas. As aves foram instaladas em baterias metálicas com  $0,77\text{m}^2$  de área (0,95m de comprimento, 0,81m de largura e 0,40m de altura) compostas por bebedouros e comedouros e uma bandeja para coleta das excretas, em sala climatizada, na temperatura de conforto térmico (24 a 26°C) com 21 horas de luz e 3 horas de escuridão por dia. O fornecimento da ração e da água foi “*ad libitum*”. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis tratamentos e seis repetições com seis animais cada.

Este trabalho estava de acordo com a Lei nº 11.794, que estabelece Procedimentos para o Uso Científico de Animais (BRASIL, 2008) e foi previamente submetido e aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFRGS) (Protocolo nº 19778) em reunião do dia 11/04/2011.

### 2.2 Tratamentos

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as exigências nutricionais propostas nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2005), com aproximadamente 2900 kcal/kg de EM (energia metabolizável) e demais nutrientes, sendo todas isoproteicas e isoenergéticas (Tabela 1).



**Tabela 1** – Composição das dietas experimentais e composição nutricional calculada para frangos de corte de 22 a 35 dias de idade

Dietas Ingredientes	Controle	Controle + ácido fítico	Farelo de Trigo sem fitase	Farelo de Trigo + fitase
	(%)	(%)	(%)	(%)
Milho	55,50	55,50	46,77	45,17
Farelo de trigo	-	-	25,00	25,00
Farelo de soja	21,36	21,36	15,50	19,48
Farinha de carne 50%	6,36	6,36	5,14	1,94
Farinha de sangue 84%	2,00	2,00	2,00	2,00
Caulin	5,65	5,65	-	-
Óleo de soja	3,50	3,50	3,50	3,50
Calcário calcítico 36%	0,58	0,58	0,89	1,76
Sal	0,35	0,35	0,35	0,40
DL- Metionina	0,30	0,30	0,31	0,28
L-Lisina HCl	0,16	0,16	0,26	0,18
L-Treonina	0,06	0,06	0,10	0,09
Colina-Cl 60%	0,05	0,05	0,05	0,04
Pré – mistura vitamínica <sup>1</sup>	0,03	0,03	0,03	0,03
Pré – mistura mineral <sup>2</sup>	0,07	0,07	0,07	0,07
Monensina 40%	0,03	0,03	0,03	0,03
Casca de arroz moída	4,00	2,72	-	-
Ácido fítico 50%	-	1,28	-	-
Fitase <sup>3</sup>	-	-	-	0,04/0,02
Total	100	100	100	100/100
<b>Composição nutricional calculada</b>				
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.924	2.924	2.924	2.924
Proteína bruta (%)	19,50	19,50	19,50	19,50
Metionina digestível (%)	0,57	0,57	0,57	0,54
Lisina digestível (%)	1,04	1,04	1,04	1,04
Metionina + Cistina digestível (%)	0,78	0,78	0,78	0,78
Treonina digestível (%)	0,70	0,70	0,70	0,70
Triptofano digestível (%)	0,16	0,16	0,12	0,17
Cálcio (%)	0,92	0,92	0,92	0,92
Fósforo Total (%)	0,56	0,56	0,67	0,55
Fósforo Disponível (%)	0,37	0,37	0,37	0,37
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20

<sup>1</sup> Quantidade adicionada por kg de ração: Vit A 8000 UI; Vit D3 2000 UI; Vit E 35 UI; Vit K<sub>3</sub> 1,50 mg; Vit B<sub>1</sub> 2,2 mg; Vit B<sub>2</sub> 5,4 mg; Vit B<sub>6</sub> 3,6 mg; Vit B<sub>12</sub> 0,020 mg; Biotina 0,085 mg; Ácido Pantotênico 12 mg; Niacina 30 mg; Ácido Fólico 0,8 mg;

<sup>2</sup> Quantidade adicionada por kg de ração: Selênio 0,3 mg; Iodo 1,5 mg; Ferro 50 mg; Cobre 11 mg; Zinco 80 mg; Manganês 75 mg;

<sup>3</sup> Variável em função das dietas experimentais: dieta 4: fitase A – 0,04%; dieta 5: fitase B – 0,02%; dieta 6: fitase C – 0,02%.

Foram testadas seis dietas: 1 – Dieta controle a base de milho e farelo de soja (com inclusão de farinha de carne e ossos e farinha de sangue como fonte proteica, para redução do nível basal de fitato na formulação); 2 – Dieta controle com adição de 1,28% de ácido fítico 50% (AF); 3 – Dieta com 25% de farelo de trigo (FT) e sem adição de fitase; 4 – Dieta com 25% de FT e adição de 0,04% de 6-fitase/2500 FTU/g (fitase A); 5 – Dieta com 25% de FT e adição de 0,02% de 6-fitase/5000 FTU/g (fitase B); 6 – Dieta com 25% de FT e adição de 0,02% de 3-fitase/5000 FTU/g (fitase C). O AF foi utilizado na forma líquida (Ingal Alimentos/UFSM). A adição de 1,28% de ácido fítico à 50% foi calculada de forma a suplementar quantidade equivalente ao conteúdo de AF em 25% de FT (o conteúdo de AF no FT foi estimado a partir da análise de fósforo total neste ingrediente). As fitases<sup>1</sup> que foram adicionadas nas dietas, definidas como A e B são 6-fitases derivadas de *Escherichia coli* e com atividade enzimática de 2500 FTU/g (*Quantum*<sup>®</sup>) e 5000 FTU/g (*Finase*<sup>®</sup> EC5P) respectivamente. A enzima C (*Finase*<sup>®</sup> P) é uma 3-fitase produzida por fungos do grupo *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g. A adição das enzimas nos tratamentos foi calculada para alcançar a quantidade de 1000 FTU/kg de ração.

### 2.3 Abate das aves e coleta das amostras (até a armazenagem)

Os animais foram abatidos aos 35 dias de idade. O método de insensibilização utilizado nas aves foi o atordoamento elétrico, seguido de morte por

---

<sup>1</sup> Obtidas da ABVista Feed Ingredients.

sangria jugular, de acordo com o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue (BRASIL, 2000), que também é sugerido pela American Veterinary Medical Association (2007). O fluxograma de abate (depenagem, evisceração, resfriamento) seguiu o preconizado em abatedouro comercial. Após a instalação do *rigor mortis*, as carcaças resfriadas ( $3 \pm 1^\circ\text{C}$ ) foram submetidas aos cortes em perna, coxa e peito, sem pele e desossados, que foram coletados em sacos de polietileno. O peso da carcaça e dos cortes foi determinado no Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) da UFRGS, logo após a finalização do abate. As análises na carne de frango foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Aplicada do Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos (ICTA) da UFRGS, exceto as análises de textura, perda de peso por cocção e perda de peso por descongelamento, que foram avaliadas no Centro de Ensino, Pesquisa e Tecnologia de Carnes (CEPETEC) da Faculdade de Veterinária (FAVET) da UFRGS.

Metade das amostras de carne ( $n= 36$  de cada corte) foi inicialmente armazenada sob refrigeração a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  por um período de 24 horas, para realização das análises físico-químicas de 24 horas após abate (cor e pH de três cortes e TBARS de coxa e perna de frango). Após estas análises, as amostras de peito de frango foram submetidas às avaliações de textura e perda de peso por cocção, e as amostras de coxa e perna de frango foram armazenadas por mais 10 dias sob refrigeração ( $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ) para a segunda análise de TBARS. Outra metade das amostras de carne ( $n= 36$  de cada corte) foi diretamente congelada ( $-18^\circ\text{C}$ ) para avaliar a perda de peso por descongelamento do peito de frango e o teor de lipídio total e colesterol total dos três cortes.

As demais partes da carcaça dos frangos (incluindo penas, ossos, vísceras e pés) foram destinadas à composteira do Laboratório de Ensino Zootécnico do Departamento de Zootecnia, da Faculdade de Agronomia da UFRGS.

#### *2.4 Análises físico-químicas*

Foram realizadas as seguintes avaliações em perna, coxa e peito de frango: peso, rendimento, pH (inicial e final), cor (L, a, b), lipídio total e colesterol total. Foi avaliado ainda o peso da carcaça.

As análises de oxidação lipídica (TBARS) foram realizadas apenas em coxa e perna de frango por serem cortes com maior teor de gordura do que o peito, onde a oxidação lipídica pode ser mais evidenciada.

As análises de textura, perda de peso por cocção e perda de peso por descongelamento foram realizadas apenas no peito de frango, visto que é o corte mais usado para estas variáveis avaliadas.

##### *2.4.1 Peso dos cortes e da carcaça e rendimento dos cortes*

O peso de carcaça foi avaliado na carcaça resfriada e eviscerada. Os cortes (perna, coxa e peito) foram pesados separadamente após desossa e retirada da pele. As pesagens foram realizadas em balança semi-analítica (URANO, modelo UD 2000/0,2-L).

Para estimar o rendimento dos cortes, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Rendimento do corte (\%)} = \frac{\text{Peso do corte} \times 100}{\text{Peso da carcaça eviscerada}}$$

#### 2.4.2 pH inicial e final

O pH foi determinado em peito, coxa e perna de frango através de um pHmetro (QUIMIS<sup>®</sup>, modelo Q-400A) com eletrodos de penetração, que medem o potencial elétrico existente entre eles e a amostra, sendo relacionado com a concentração de íons de solução, de acordo com Ramos & Gomide (2007). A medição de pH foi feita em dois momentos distintos: 60 minutos *post mortem* (pH inicial, medido após a etapa de resfriamento (chiller)) e 24hs *post mortem* (pH final, das amostras que foram mantidas refrigeradas a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ ).

#### 2.4.3 Cor

A cor do peito, da coxa e da perna de frango foi avaliada 24 horas *post mortem* através da média de três leituras na parte central das amostras com auxílio de um colorímetro Chroma Meter (modelo CR-400, da Konica Minolta Sensing<sup>®</sup>). Utilizou-se o Sistema CIELab e suas escalas de cor, em que  $L^*$  = teor de luminosidade,  $a^*$  = teor de vermelho e  $b^*$  = teor de amarelo (de acordo com metodologia de VAN LAACK et al., 2000).

#### 2.4.4 Perfil lipídico (lipídio total, colesterol total e oxidação lipídica (TBARS))

Para as análises de lipídio total e colesterol total, as amostras de peito, coxa e perna de frango foram inicialmente trituradas e homogeneizadas em um mini processador de alimentos (Black & Decker<sup>®</sup>, modelo HC31). E, alíquotas de 3,5 g de cada corte foram pesadas em balança analítica (Shimadzu do Brasil Ltda, modelo AX 200). Após esta etapa, realizou-se a extração dos lipídios das amostras em duplicata, através da mistura de clorofórmio, metanol e água, na proporção de

1:2:0,8 segundo a metodologia descrita por Bligh & Dyer (1959). Posteriormente, alíquotas dos extratos lipídicos dos três cortes foram utilizados para determinar a concentração de colesterol total das carnes, pelo método enzimático, utilizando kits laboratoriais (Laborclin<sup>®</sup> Bioliquid, Pinhais/PR) compostos por um reagente contendo cinco concentrações de reativos (0,25 mmol/L de 4-aminofenazona, 25 mmol/L de fenol, > 100 U/L de colesterol oxidase, > 150 U/L de colesterol esterase e > 5000 U/L de peroxidase) e uma solução padrão de colesterol contendo 200 mg/dL de colesterol em etilenoglicol monometil-éter e ativadores. A determinação da concentração de colesterol nas amostras foi realizada conforme o procedimento técnico e o cálculo do kit enzimático, sendo que, para o fator de calibração foi utilizada a solução padrão de colesterol do kit (conforme metodologia proposta por Pimentel, 2007).

A oxidação lipídica em coxa e perna de frango foi determinada em dois momentos distintos: 24 horas *post mortem* e após 10 dias de refrigeração a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . A análise foi realizada em duplicata, através da concentração de TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances) segundo a metodologia adaptada de Ohkawa, Ohishi & Yagi (1979). Amostras de 10 gramas de carne foram pesadas em balança analítica (Shimadzu do Brasil Ltda<sup>®</sup>, modelo AX 200) e homogeneizadas com 100 ml de TRIS HCl 0,1M pH 7,0 (na proporção de 1:10 ml) em um mini processador de alimentos (Black & Decker<sup>®</sup>, modelo HC31). Posteriormente, 2 ml de cada amostra homogeneizada foram centrifugados (Eppendorf Centrifuge, modelo 5415R) por 10 minutos, e em seguida, o sobrenadante desta mistura foi utilizado para a determinação dos níveis da Reação ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS). Foram utilizados 4 tubos de ensaio/amostra, adicionados de água destilada, Tris HCl (0,1 mM) e 100  $\mu\text{l}$  do homogeneizado da carne, sendo que os tubos 1 e 3 foram

submetidos à oxidação por sulfato ferroso 10  $\mu$ M (APÊNDICE A). Posteriormente, os 4 tubos foram incubados em banho-maria (Thermomix BM - 18BU - Braun Biotech International) a 37°C por 2 horas. Após 2 horas de incubação, foram adicionados aos tubos, 200  $\mu$ l de Lauril Sulfato de Sódio (SDS) 8,1%, 500  $\mu$ l de Tampão de Ácido Acético pH 3,44 e 500  $\mu$ l de Ácido Tiobarbitúrico (TBA) 0,6% (APÊNDICE A). Em seguida, os tubos foram incubados novamente em banho-maria (Thermomix BM - 18BU - Braun Biotech International) a 100°C por 1 hora. Os produtos da reação foram determinados por medida de absorbância em 532 nm, sendo esta leitura realizada em espectrofotômetro (Spectrophotometer Hitachi® U-1100). A concentração de TBARS foi estimada pela curva padrão em concentrações conhecidas de 1,1,3,3-tetrametoxipropano, e os resultados expressos em mg de Malonaldeído (MDA)/kg de amostra. A curva padrão foi composta por água destilada, MDA 0,03 mM, SDS 8,1%, Tampão de ácido acético pH 3,44 e TBA 0,6%, incubados em banho-maria (Thermomix BM - 18BU - Braun Biotech International) a 100°C, por 1 hora (APÊNDICE B).

#### *2.4.5 Perda de peso por descongelamento (PPD) e perda de peso por cocção (PPC)*

Para avaliar a PPD, as amostras de peito de frango inteiras, cruas e congeladas foram pesadas em uma balança eletrônica de precisão (MARCONI®, modelo AS 1000) e então descongeladas em um refrigerador (Eletrolux® RDE 30 Super) a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  por 24 horas, até atingir a temperatura interna de aproximadamente 10°C. Neste momento se fez uma nova pesagem das amostras, na mesma balança. A PPD foi determinada pela diferença entre peso inicial e final das amostras (KUSS et al., 2005).

Para determinar a porcentagem de PPC, foi realizado um registro dos pesos das amostras de peito de frango em balança eletrônica de precisão (MARCONI<sup>®</sup>, modelo AS 1000), antes e após a cocção. As amostras foram embaladas em sacos plásticos e cozidas em banho-maria (Thermomix BM - 18BU - Braun Biotech International), sob temperatura de 80°C por 60 minutos. Em seguida, as amostras foram resfriadas por 50 minutos à  $45 \pm 2^\circ\text{C}$  para então realizar-se a pesagem final e avaliar quanto foi perdido de peso após a cocção (FRONING & UIJTENBOOGAART, 1988).

#### *2.4.6 Textura (ou força de cisalhamento)*

A análise de textura em peito de frango foi realizada em duplicata conforme metodologia adaptada de Osório, Osório & Jardim (1998), onde as amostras foram previamente cozidas em banho-maria (Thermomix BM - 18BU - Braun Biotech International) sob temperatura de 80°C por 60 minutos. Em seguida, as amostras foram resfriadas por 24 horas em um refrigerador doméstico (Eletrolux<sup>®</sup> RDE 30 Super) a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ . Após o armazenamento, as amostras de peito foram cortadas em 6 a 8 sub-amostras em forma de paralelepípedos de 2,5cm x 2,5cm x 2,0cm. A força de cisalhamento (força máxima de corte) das sub-amostras foi medida em um texturômetro modelo TA-XT2i Texture Analyser, da marca *Stable Micro System*, acoplado de dispositivo tipo *Warner Bratzler* com velocidade de 20 cm/minuto e carga de 100 kg. Os resultados foram expressos em  $\text{kgf.cm}^2$ .

#### *2.5 Análise estatística*



Os resultados obtidos nos testes laboratoriais foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA, com 5% de significância) e a comparação de médias foi realizada pelo teste de Tukey, em que valores de  $p < 0,05$  foram considerados significativos. Para isto, o programa SAS (Statistical Analysis System, versão 8.2, 2001) foi utilizado.

### 3. Resultados e Discussão

#### 3.1 Peso da carcaça e peso e rendimento dos cortes

Nas respostas de peso de carcaça e peso e rendimento de peito, de coxa e de perna de frangos de corte aos 35 dias de idade (Tabela 2), não foi verificada diferença significativa entre as dietas testadas, demonstrando que, apesar da composição das dietas diferirem entre si, o peso (g) e o rendimento (%) dos cortes de frango foram semelhantes entre todas as dietas testadas.

**Tabela 2** – Média de peso (em gramas) de carcaça eviscerada e média de peso (em gramas) e rendimento (Rend, em %) de dois peitos, duas coxas e duas pernas, sem pele e sem osso, de frangos de corte aos 35 dias de idade

Dietas	Peso Carcaça (g)	Peito		Coxa		Perna	
		Peso (g)	Rend (%)	Peso (g)	Rend (%)	Peso (g)	Rend (%)
1 - Controle (milho e soja)	1843	521,32	28,17	223,87	12,09	142,82	7,76
2 - Controle + ácido fólico	1783	479,33	26,85	218,38	12,22	139,02	7,79
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	1773	478,67	27,02	225,38	12,68	140,23	7,91
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	1725	464,07	26,92	217,22	12,59	140,28	8,13
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	1803	487,53	27,04	221,18	12,23	147,53	8,19
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	1756	484,00	27,57	215,65	12,26	135,92	7,73
Probabilidade	0,70	0,43	0,61	0,99	0,73	0,78	0,53
Erro Padrão	128,44	46,83	1,48	26,45	0,77	13,66	0,53

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste de Tukey,  $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

### 3.2 pH inicial, pH final e cor ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ )

Não houve diferença no pH inicial dos cortes de peito, coxa e perna de frango para as distintas dietas (Tabela 3). Nas respostas de pH final, os cortes de coxa e perna de frango não foram diferentes significativamente, entretanto, o pH final do peito de frango foi significativamente menor para os frangos alimentados com a dieta controle, quando comparados com as aves alimentadas com a dieta controle + ácido fítico (AF), dieta com farelo de trigo (FT) sem fitase e dieta com FT + fitase C (Tabela 3). Porém, o pH final resultante da dieta controle foi semelhante às dietas com FT + fitase A e FT + fitase B.

**Tabela 3** – Valores médios de pH inicial (pH 1h) e pH final (pH 24h) nos cortes de peito, coxa e perna de frangos de corte

Dietas	Peito		Coxa		Perna	
	pH 1h	pH 24h*	pH 1h	pH 24h	pH 1h	pH 24h
1 - Controle (milho e soja)	6,25	5,63 b	5,98	5,95	6,05	6,12
2 - Controle + ácido fítico	6,33	5,79 a	6,07	6,04	6,12	6,15
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	6,28	5,80 a	6,12	6,14	6,09	6,24
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	6,27	5,71 ab	5,99	5,94	6,00	6,10
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	6,24	5,70 ab	6,00	5,99	6,11	6,13
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	6,17	5,80 a	5,97	6,05	6,05	6,14
Probabilidade	0,86	0,04	0,39	0,12	0,81	0,49
Erro Padrão	0,21	0,10	0,14	0,13	0,16	0,12

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste de Tukey,  $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

Apesar da diferença significativa entre alguns tratamentos, todos os valores de pH final dos peitos de frangos, observados no presente trabalho, estão de acordo com os encontrados na literatura, pois segundo Sams & Mills (1993), os valores de pH final considerados normais para peito de frango ficam em torno de 5,60 a 5,80, enquanto que na carne de peito de frango PSE (*Pale, Soft and Exudative*, ou seja, pálida, flácida e exsudativa), o pH final fica em torno de 5,43 e, no peito de frango

DFD (*Dark, Firm and Dry*, ou seja, escuro, firme e seco), o pH final fica em torno de 5,99 (SCHNEIDER, 2004). Carnes DFD e PSE são defeitos de qualidade da carne que afetam importantes propriedades físicas da carne, como o pH final, podendo reduzir a qualidade de produtos de carne de frango posteriormente processados (SCHNEIDER, 2004; KOMIYAMA, 2006).

Para a análise de cor da carne de frango, realizada 24 horas *post mortem*, verificou-se diferença significativa apenas para o corte de peito de frango (Tabela 4), que apresentou teor de amarelo (valor b\*) significativamente mais intenso nas aves que receberam a dieta controle, quando comparados às aves que receberam dietas com FT + fitase A e FT + fitase C, entretanto, foram semelhantes ao valor b\* das dietas controle + AF, dieta com FT sem fitase e dieta com FT + fitase B.

**Tabela 4** – Componentes de cor<sup>4</sup> de peito, coxa e perna de frangos de corte, avaliados 24 horas *post mortem*

Dietas	Peito			Coxa			Perna		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
1 - Controle (milho e soja)	56,67	3,12	8,19 a	57,69	5,79	8,50	59,74	5,56	10,08
2 - Controle + ácido fítico	51,81	4,02	6,99 ab	53,00	6,39	7,63	58,29	5,72	10,52
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	53,27	2,82	6,79 ab	54,66	5,81	7,61	58,10	5,82	9,25
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	52,15	3,69	5,94 b	53,61	5,92	7,31	59,49	6,04	9,60
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	53,05	3,01	5,96 ab	56,50	5,95	7,53	59,89	5,11	8,84
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	52,48	2,72	5,73 b	56,63	5,13	7,01	58,13	6,02	9,77
Probabilidade	0,06	0,66	0,03	0,29	0,93	0,73	0,59	0,90	0,60
Erro Padrão	2,78	1,56	1,28	3,99	1,97	1,65	2,38	1,50	1,69

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste de Tukey, P<0,05).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>4</sup> L\* = teor de luminosidade, a\* = teor de vermelho e b\* = teor de amarelo.

Apesar dos peitos de frango não diferirem entre si com relação à luminosidade (valor de L\*), todas as amostras deste corte (exceto o peito de frango da dieta controle (valor de L\* = 56,67)) apresentaram valores de L\* normais ou ligeiramente acima dos encontrados na literatura, pois, conforme Schneider (2004), o valor de L\* entre 45 e 53, para peito de frango, é considerado de coloração normal.

Woelfel et al. (2002) sugerem que o valor  $L^*$  é a melhor ferramenta para a predição da classificação de carnes dependendo de seu potencial de funcionalidade e que a região entre  $50 < L^* > 55$ , na qual o efeito do pH se aproxima de uma constante, pode indicar um marco, sendo que, acima desse valor, são maiores os danos nas proteínas e maior o nível de perda de água. De acordo com Pelicano et al. (2003), alterações de cor da carne, como PSE e DFD, são raros em aves. No entanto, características de carne PSE já foram descritas em frangos de corte (NORTHCUTT, 1994). Para Shimokomaki et al. (2006), amostras de peito de frango com valor de  $L^* > 53$  (tendendo ao pálido) são típicas PSE. Considerando estes dados da literatura, o valor  $L^*$  obtido no peito de frango da dieta controle é o que mais se aproxima de uma carne PSE, apesar de não ser diferente do valor  $L^*$  dos outros peitos de frango. Sabe-se que a porcentagem de carne de frangos que apresenta características PSE pode chegar a 47% (WOELFEL et al., 2002).

Alguns estudos ainda ressaltam que, existe uma correlação inversa entre os valores de pH final e valor  $L^*$ , ou seja, quanto menor o pH final, maior será o valor de  $L^*$  (luminosidade), ou vice-versa (SHIMOKOMAKI, et al., 2006; BRESSAN & BERAQUET, 2004). Estes estudos corroboram com os resultados do presente trabalho, em que as aves alimentadas com a dieta controle foram as que resultaram em peito com menor pH final, mas que tendeu para um maior valor de  $L^*$  (porém não significativamente).

Além disso, é possível observar no presente trabalho que, os valores dos componentes de cor da carne de peito são distantes dos verificados na carne de coxa e perna de frango. Conforme Obanu et al. (1984), as diferenças regulares de cor encontradas entre os cortes de frango (peito, coxa e perna) são consequência do tipo de fibra e do metabolismo predominante em cada porção muscular, pois, no

peito, por exemplo, prevalecem fibras brancas de metabolismo anaeróbico que possuem baixo teor de citocromo e mioglobina.

### 3.3 Lipídeo total e colesterol total (CT)

As respostas no teor de lipídeo total observadas em peito, coxa e perna de frango não foram diferentes entre as dietas testadas (Tabela 5). De certa forma era esperado este resultado, pois as dietas tinham níveis similares de energia metabolizável e gordura.

**Tabela 5** – Valores médios de lipídeo total (LipTot) em % e de colesterol total (CT) em mg/100g de carne, encontrados nos cortes de peito, coxa e perna de frangos de corte

Dietas	Peito		Coxa		Perna	
	LipTot (%)	CT (mg/100g)	LipTot (%)	CT (mg/100g)	LipTot (%)	CT (mg/100g)
1 - Controle (milho e soja)	2,50	55,58 ab	11,27	77,55 a	6,41	76,79 a
2 - Controle + ácido fólico	2,28	48,73 c	11,80	62,99 c	6,90	66,62 c
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	2,00	60,43 a	10,79	74,37 ab	6,47	65,92 c
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	1,83	54,85 b	9,06	69,21 bc	5,83	75,15 ab
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	1,85	56,82 ab	9,21	76,51 ab	5,98	69,06 bc
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	2,14	56,59 ab	9,31	70,05 abc	5,93	70,91 abc
Probabilidade	0,07	<0,0001	0,07	<0,0001	0,33	<0,0001
Erro Padrão	0,42	2,95	1,79	4,36	0,92	3,70

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste de Tukey, P<0,05).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

Resultados semelhantes foram verificados em estudo com suínos por Harbach et al. (2007), que testaram o efeito da adição indireta de AF, através da inclusão de quantidades variadas de germen de milho desengordurado na dieta, sobre o teor lipídico do lombo suíno, além de outras composições avaliadas. Verificaram que a adição indireta de AF nas dietas em relação à dieta controle não conferiu diferença na concentração de lipídeo total da carne suína.

Nos teores de colesterol total (CT) da carne foi observada diferença significativa nos três cortes, sendo que, o CT do peito de frangos que receberam adição de AF na dieta controle foi o que apresentou menor teor quando comparado às outras dietas (Tabela 5). Na coxa de frango o teor de CT também foi menor para a dieta com adição de AF, quando comparada à dieta controle, dieta com FT sem fitase e dieta com farelo de trigo + fitase B. A perna de frango apresentou menor teor de CT nas aves que receberam a dieta com adição de AF e dieta com FT sem fitase, em relação àquelas que receberam dieta controle e dieta com FT + fitase A, mas o menor teor de CT foi semelhante às dietas com FT + fitase B e FT + fitase C. Portanto, a adição de AF na dieta, em relação à dieta controle, foi o que proporcionou os menores teores de CT dos três cortes de frango. Esta redução na concentração de CT da carne poderia ser associada ao mesmo efeito do AF em diminuir os níveis lipídicos séricos e hepáticos de animais (LEE et al., 2007; LIU, RU & LI, 2010), resultante do aumento da excreção fecal de lipídios, como o colesterol e ácidos biliares (LEE et al., 1997).

#### 3.4 Oxidação Lipídica (TBARS)

Para as respostas de oxidação lipídica (TBARS) da carne, em 24 horas *post mortem* (Oxi24h) e após 10 dias de refrigeração a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$  (Oxi10d), houve diferença significativa, tanto na coxa, quanto na perna de frangos que receberam os diferentes tratamentos (Tabela 6).

**Tabela 6** – Valores médios de TBARS (mg de MDA/kg de carne) encontrados em coxa e perna de frangos de corte em 24 horas *post mortem* (Oxi24h) e após 10 dias de refrigeração (Oxi10d)

Dietas	Coxa Oxi24h	Coxa Oxi10d	Perna Oxi24h	Perna Oxi10d*
1 - Controle (milho e soja)	0,988 bc	1,009 c	1,141 b	0,486 b
2 - Controle + ácido fítico	0,419 d	0,573 d	0,564 e	0,513 b
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	1,307 a	1,243 b	1,529 a	1,055 a
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	0,850 c	1,360 ab	0,963 bc	0,866 a
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	0,576 d	0,764 d	0,829 cd	0,924 a
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	1,159 ab	1,553 a	0,708 de	0,976 a
Probabilidade	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Erro Padrão	0,09	0,08	0,08	0,10

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste de Tukey, P<0,05).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

\* Contraste significativo (P=0,02) entre dieta 3 x (dieta 4 + dieta 5 + dieta 6).

Nos resultados de TBARS da coxa de frango Oxi24h e Oxi10d, observa-se que a dieta que teve adição de fitase B (dieta 5) foi a que mostrou maior inibição da oxidação lipídica (38,54%), quando comparada à dieta sem fitase (dieta 3) e às demais dietas com outras fitases (dietas 4 e 6), apresentando resultado semelhante à dieta com adição de AF (dieta 2). Portanto, a adição de fitase B em dietas com FT pode ser eficiente em melhorar a disponibilidade de fitato (do FT) para as aves, conferindo em menor oxidação lipídica da carne, quando comparada a uma dieta sem fitase.

A adição de AF na dieta em relação à dieta controle proporcionou inibição da oxidação lipídica (TBARS) de 57,6% para coxa Oxi24, de 43,2% para coxa Oxi10d e 50,6% para perna Oxi24h. Somente na perna de frango, avaliada em Oxi10d, não foi verificada a ação antioxidante do AF, em relação à dieta controle. Os valores de TBARS obtidos na carne de frangos alimentados com a dieta 3 (com FT, sem fitase) em relação aos valores obtidos com a dieta controle (milho e soja), foram 32; 23; 34 e 117% maiores na coxa Oxi24h, coxa Oxi10d, perna Oxi24h e perna Oxi10d,

respectivamente. Quando foi adicionada fitase nas dietas com FT, observou-se redução dos valores de TBARS em alguns cortes, exceto para a perna Oxi10d (que mostrou valores de TBARS semelhantes aos encontrados pela dieta com FT sem fitase). Apesar da semelhança pelo teste de Tukey a 5%, o contraste entre as médias da dieta sem fitase (dieta 3) versus dietas com fitase (dietas 4 + 5 + 6), evidencia diferença significativa ( $P=0,02$ ) na perna Oxi10d, indicando que a adição de fitases (A, B e C) nas dietas com FT proporcionou redução de 12,6% da oxidação lipídica da carne de perna Oxi10d, em relação à dieta com FT sem adição de fitase.

Na perna de frango Oxi24h também foi possível constatar que, todas as fitases (A, B e C) adicionadas nas dietas com FT, mostraram ter efeito significativo (e semelhante entre elas) na redução dos valores de TBARS. A média dos valores de TBARS nas dietas com fitase (dietas 4, 5 e 6) em comparação à dieta sem fitase (dieta 3), representa uma inibição de 45% na oxidação lipídica da carne da perna Oxi24h.

De maneira geral, os resultados de TBARS demonstram a importante função do AF (fitato) na inibição da rancidez oxidativa da carne por quelar minerais, principalmente ferro de pigmentos da mioglobina (LEE & HENDRICKS, 1995; SOARES et al., 2004). Um estudo com suínos revelou que a adição indireta de ácido fítico (contido no gérmen de milho) na dieta promoveu inibição ( $P<0,05$ ) de até 63% na oxidação lipídica da carne armazenada por 7 dias a  $3 \pm 1^\circ\text{C}$  (HARBACH et al., 2007).

*3.5 Perda de peso por descongelamento (PPD), perda de peso por cocção (PPC) e textura ou força de cisalhamento (FC)*



Não houve diferença estatisticamente significativa nas respostas de PPD e PPC em peito de frangos alimentados com as diferentes dietas, demonstrando que, não houve efeito negativo das dietas sobre estes parâmetros analisados (Tabela 7). Considerando que a perda de peso do peito de frango, durante o seu cozimento, normalmente se encontra em torno de 30% (Komiyama et al., 2009), os valores de PPC observados no presente trabalho são considerados normais ou ligeiramente abaixo do valor encontrado na literatura. Segundo Vieira et al. (2007) o método de cocção em água, utilizado no presente estudo, é o que promove menor perda de peso de peitos de frango, sendo uma informação interessante para o consumidor.

**Tabela 7** – Valores médios de perda de peso por descongelamento (PPD) e de perda de peso por cocção (PPC) em % e força de cisalhamento (FC) ou textura em kgf/cm<sup>2</sup>, encontrados em peito de frangos de corte

Dietas	PPD (%)	PPC (%)	FC* (kgf/cm <sup>2</sup> )
1 - Controle (milho e soja)	5,41	26,17	1,70 b
2 - Controle + ácido fítico	5,68	25,03	2,15 b
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	5,88	24,45	2,19 ab
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	5,70	24,56	1,94 b
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	6,29	25,81	2,86 a
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	5,84	25,23	1,70 b
Probabilidade	0,97	0,56	0,0002
Erro Padrão	1,72	1,87	0,40

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste de Tukey, P<0,05).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

A resposta de FC foi maior para o peito de frangos que receberam a dieta com FT + fitase B, quando comparada àqueles alimentados com as dietas: controle, controle + AF, dieta com FT + fitase A e dieta com FT + fitase C, que não diferiram entre si (Tabela 7). Portanto, a dieta com FT + fitase B promoveu carne de peito de frango com maciez menor do que a das dietas citadas anteriormente. A dieta com FT sem fitase evidenciou o peito de frango com FC semelhante ao de todos os

outros frangos, demonstrando que, o FT pode ser utilizado em dietas para frangos de corte, sem afetar a maciez dos peitos de frangos, pois esta dieta resultou numa carne com textura semelhante à obtida com dietas a base de milho e soja. A adição de AF na dieta também não causou efeito significativo na maciez da carne em relação à dieta controle, apresentando FC semelhante. De acordo com Contreras (1995), os valores de FC para peitos de frango desossados convencionais ficam entre 5,5-5,8kgf. Porém, Lyon & Lyon (1990) consideram que valores até 7,5kgf podem ser avaliados como carne de textura macia. Considerando estes valores de referência para o presente trabalho, todas as dietas aplicadas, inclusive a dieta com FT + fitase B (que mostrou > FC), apresentaram carne de peito macia, pois os valores médios de FC ficaram entre 1,70 a 2,86 kgf. Esses resultados são menores do que os encontrados por Bressan & Beraquet (2004), que observaram médias de FC variando de 2,92 a 3,50 kgf para carne de peito de frango.

#### **4. Conclusão**

O uso do farelo de trigo (FT) em dietas para frangos de corte pode ser uma alternativa viável para obtenção de algumas respostas de qualidade da carne semelhantes ou próximas às obtidas com dietas a base de milho e soja, ou seja, o FT não representa prejuízos na qualidade da carne de frango, entretanto, algumas respostas podem ser melhoradas pela adição de fitase em dietas contendo FT. O ácido fólico, adicionado à dieta a base de milho e soja, parece ser o componente responsável por diminuir o colesterol total e a oxidação lipídica da carne de frango.

#### **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

### Referências Bibliográficas

AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION. **AVMA Guidelines on Euthanasia**. (Formerly Report of the AVMA Panel on Euthanasia), 2007.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BRASIL. Legislação Federal do Brasil. Lei nº 11.794 de 08 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do par. 1º do art. 225 da constituição federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 outubro 2008, p. 1, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Instrução Normativa n. 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 janeiro 2000. Seção I, p. 14-16, 2000.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N. J. Tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento sobre a qualidade de carne de peito de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 230-235, 2004.

CONTRERAS, C. J. C. **Efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne do peito de frango *Pectoralis major***. 1995. 150 p. [Tese]. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH and cooking lose of hot and cold deboned chicken broiler meat. **Poultry Science**, v. 67, n. 11, p. 1536-1544, 1988.

GARCIA, R. G.; FREITAS, L. W. DE; SCHWINGEL, A. W.; FARIAS, R. M.; CALDARA, F. R.; GABRIEL, A. M. A.; et al. Incidence and physical properties of PSE chicken meat in a commercial processing plant. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n. 4, p. 233-237, 2010.

HARBACH, A. P. R.; COSTA, M. C. R.; SOARES, A. L.; BRIDI, A. M.; SHIMOKOMAKI, M.; SILVA, C. A.; IDA, E. I. Dietary corn germ containing phytic acid prevents pork meat lipid oxidation while maintaining normal animal growth performance. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1630-1633, 2007.

KOMIYAMA, C. M. **Caracterização e ocorrência de carne pálida em frangos de corte e seu efeito na elaboração de produtos industrializados**. 2006. [dissertação]. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

KOMIYAMA, C. M.; MARTINS, M. R. F. B.; MENDES, A. A.; SANFELICE, C.; CAÑIZARES, M. C. S.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L. Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte. **Brazilian Journal Food Technology**, II SSA, p. 89-93, 2009.

KUSS, F.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; FILHO, D. C. A.; PEROTTONI, J.; MISSIO, R. L.; AMARAL, G. A. Composição física da carcaça e qualidade da carne de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1285-1296, 2005.

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

LEE, B. J., HENDRICKS, D. G., & CONFORTH, D. P. Antioxidant effects on carnosine and phytic acid in a model beef system. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 394-398, 1998.

LEE, H. H.; RHEE, H. I.; CHA, S. H.; LEE, S. Y.; CHOI, Y. S. Effects of dietary phytic acid on the lipid and mineral profiles in rats. **Foods and Biotechnology**, v. 6, n. 4, p. 261-264, 1997.

LEE, S. H.; PARK, H. J.; CHUN, H. K.; CHO, S. Y.; JUNG, H. J.; CHO, S. M.; KIM, D. Y.; KANG, M. S.; LILLEHOJ, H. S. Dietary phytic acid improves serum and hepatic lipid levels in aged ICR mice fed a high-cholesterol diet. **Nutrition Research**, v. 27, p. 505-510, 2007.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. Effect of dietary phytate and phytase on metabolic change of blood and intestinal mucosa in chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, n. 3, p. 368-374, 2010.

LYON, C. E., & LYON, B. G. The relationship of objective shear value and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 69, n. 8, p. 1420-1427, 1990.

MANISSERI, C.; GUDIPATI, M. Bioactive xylo-oligosaccharides from wheat bran soluble polysaccharides. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 421-430, 2010.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J., & BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. S73-S86, 1998.

NORTHCUTT JK. **Influence of antemortem treatment on post mortem muscle properties of poultry meat**. 1994. 175 p. Dissertation Abstracts International. Abstract of thesis, B, v. 55, n. 2, p. 245-246, North Carolina State Univ. USA.

OBANU, Z. A.; OBIOHA, F. C.; NWOSU, C. C.; NWOFOR, W. E. Evaluation of the organoleptic and chemical characteristics of meat from chickens. **World Review of Animal Production**, v. 20, n. 4, p. 53-58, 1984.

OHKAWA, H.; OHISHI, H.; YAGI, K. Assay for lipid peroxide in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 95, p. 351-358, 1979.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; JARDIM, P. O. C. **Métodos para avaliação da produção de carne ovina: "in vivo"**, na carcaça e na carne. Pelotas, RS: UFPEL, 1998, 107p.

PELICANO, E. R. L.; SOUZA, P. A. de; SOUZA, H. B. A. de; OBA, A.; NORKUS, E. A.; KODAWARA, L. M.; LIMA, T. M. A. de. Effect of Different Probiotics on Broiler Carcass and Meat Quality. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 3, p. 207-214, 2003.

PIMENTEL, F. A. **Avaliação do poder antioxidante do chocolate amargo, um comparativo com o vinho tinto**. Porto Alegre, 2007. 81 p. (Dissertação-Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

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

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELLE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 186p. 2005.

SAMS, A. R.; MILLS, K. A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler pectoralis to rigor acceleration. **Poultry Science**, Campaign, v. 72, n. 9, p. 1789-1796, 1993.

SAS Institute. SAS User's Guide: Statistics. Version 8.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, United States, 2001.

SCHNEIDER, J. P. **Carne DFD em frangos**. São Paulo, 2004, 61 p. [Dissertação] Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. B. M. **Atualidades Em Ciências e Tecnologia de Carnes**. Livraria: Varela, São Paulo, 2006, 236 p.

SOARES, A. L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M. & IDA, E. I. Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavour development in chicken breast meat, *Pectoralis major* M. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, p. 57-62, 2004.

TAVERNARI, F. C.; MORATA, R. L.; RIBEIRO JÚNIOR, V.; ALBINO, L. F. T.; DUTRA JÚNIOR, W. M.; ROSTAGNO, H. S. Avaliação nutricional e energética do farelo de girassol para aves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 172-177, 2010.

VAN LAACK, R. L.; LIU, C. H.; SMITH, M. O.; LOVEDAY, H. D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 1057-1061, 2000.

VIEIRA, J. O.; BRESSAN, M. C.; FARIA, P. B.; FERREIRA, M. W. F.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, X. R. Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frangos de diferentes linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 164-170, 2007.

VOHRA, A.; SATYANARAYANA, T. Phytases: microbial sources, production, purification and potential biotechnological applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 23, n. 1, p. 29-60, 2003.

WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M.; HIRSCHLER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 579-584, 2002.

### **3.2 Desempenho, metabolismo e mineralização óssea de frangos de corte recebendo dietas com farelo de trigo e adição ou não de fitase e ácido fítico**

Taís Dufau de Vargas<sup>1</sup>, Luciane Bockor<sup>2</sup>, Rita de Albernaz Gonçalves da Silva<sup>2</sup>, Maitê de Moraes Vieira<sup>2</sup>, Alexandre de Mello Kessler<sup>2</sup>, Adriano Brandelli<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Laboratório de Bioquímica e Microbiologia Aplicada – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP: 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Laboratório de Ensino Zootécnico – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 7712 – CEP: 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil

\* Autor correspondente: Adriano Brandelli, ICTA-UFRGS, Av. Bento Gonçalves, 9500 – CEP: 91501-970, Porto Alegre, RS, Brasil. Fax: 51 3308 7048; e-mail: [abrand@ufrgs.br](mailto:abrand@ufrgs.br)

**Resumo:** O farelo de trigo (FT) é um dos principais subprodutos da moagem de grãos, que possui baixa valorização econômica na elaboração de dietas devido ao seu baixo conteúdo energético. A utilização de enzimas exógenas na dieta é uma alternativa que pode melhorar a disponibilidade de nutrientes do FT. Para avaliar o efeito da inclusão de FT, fitases e/ou ácido fítico (AF) em dietas de aves, foi realizado um experimento com 216 frangos de corte Cobb 500<sup>®</sup>, machos, de 22 a 35 dias de idade, alojados em baterias metálicas. O delineamento experimental foi

inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 6 repetições com 6 animais cada. As dietas testadas foram: dieta controle; dieta controle com adição de AF; dieta com 25% de FT e sem fitase; dieta com 25% de FT + 6-fitase/2500 FTU/g (fitase A); dieta com 25% de FT + 6-fitase/5000 FTU/g (fitase B); dieta com 25% de FT + 3-fitase/5000 FTU/g (fitase C). Foram avaliadas respostas de desempenho, metabolismo, perfil bioquímico e a mineralização óssea. O consumo de ração foi maior para as aves que consumiram a dieta com 25% de FT sem fitase ( $P < 0,05$ ), porém não houve diferença entre as dietas no ganho de peso e conversão alimentar. Nas respostas de metabolismo observou-se maior coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta para as aves que receberam as dietas controle e com AF, e maior energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio para a dieta com FT + fitase A ( $P < 0,05$ ). A mineralização óssea e o perfil bioquímico não foram alterados pelos diferentes tratamentos, com exceção do colesterol sérico total, que foi menor para as aves que receberam a dieta com adição de AF ( $P < 0,05$ ). As aves que receberam dietas com FT + fitase ou com adição de AF não apresentaram vantagens claras no desempenho, mas obtiveram melhor aproveitamento energético. A adição de AF na dieta pode alterar o metabolismo lipídico das aves, reduzindo o colesterol sérico total.

**Palavras-chave:** ácido fítico, fitase, trigo, frangos, energia, colesterol sérico

**Abstract:** Wheat bran (WB) is one of the main byproducts of the grain milling, showing low economic value in the preparation of diet due to its low energy content. The use of exogenous enzymes in the diet is an alternative that can improve the availability of nutrients of the WB. To evaluate the effect of inclusion of WB, phytases



and/or phytic acid (PA) in poultry diets, an experiment was conducted with 216 Cobb 500<sup>®</sup> broilers, male, 22 to 35 days old, housed in metabolic cages. The experimental design was completely randomized with six treatments and six replicates with six animals each. The diets were: control diet; control diet with addition of PA; diet with 25% WB and without phytase; diet with 25% WB + 6-phytase/2500 FTU/g (phytase A); diet with 25% WB + 6-phytase/5000 FTU/g (phytase B); diet with 25% WB + 3-phytase/5000 FTU/g (phytase C). Responses were evaluated for performance, metabolism, biochemical profile and bone mineralization. Feed intake was higher ( $P < 0,05$ ) for birds consuming the diet with 25% WB without phytase, but there was no difference between diets in weight gain and feed conversion ( $P > 0,05$ ). Among the metabolic responses, a higher gross energy metabolizability coefficient ( $P < 0,05$ ) was observed for birds fed with control diets and with PA. And nitrogen corrected apparent metabolizable energy ( $P < 0,05$ ) was higher to diet com with WB + phytase A. Bone mineralization and biochemical profile were not changed by different treatments ( $P > 0,05$ ), except for total serum cholesterol, which was lower for birds fed diet with the addition of PA ( $P < 0,05$ ). Thus, birds fed diets with WB + phytase or with addition of PA did not show clear advantages in performance, but had better energy utilization. Furthermore, the addition of PA in the diet can change the lipid metabolism of the birds, reducing total serum cholesterol.

**Keywords:** phytic acid, phytase, wheat, broilers, energy, serum cholesterol

## 1. Introdução

O aproveitamento de resíduos ou subprodutos agroindustriais (como os bagaços, farelos, polpas, entre outros) é um tema de grande relevância relacionado à formulação de rações para animais devido ao crescente interesse em agregar valor a estes subprodutos. Araújo et al. (2008) consideram que o uso destes resíduos na alimentação de aves é importante para fortalecer a avicultura pelo provável impacto positivo na redução dos custos de produção, além de contribuir na diminuição de passivos ambientais, relacionados ao inadequado destino destes resíduos.

O farelo de trigo é o principal e mais abundante subproduto da indústria do trigo (MANISSERI e GUDIPATI, 2010). De acordo com Hemery et al. (2010) existe um número crescente de estudos que tem salientado o farelo de trigo como um ingrediente com elevado potencial nutritivo. Entretanto, esse subproduto ainda é pouco explorado na fabricação de rações para aves devido ao seu baixo conteúdo energético (MANISSERI e GUDIPATI, 2010). A adição de enzimas exógenas na dieta de frangos, como por exemplo as fitases, possibilita melhorar o aproveitamento de componentes dietéticos de baixa digestibilidade presentes no farelo de trigo, como a fibra e o ácido fítico, e assim disponibiliza maior conteúdo energético deste subproduto para as aves (PALLAUF e RIMBACH, 1997). As fitases são classificadas em duas categorias de enzimas, dependendo do local em que elas iniciam a desfosforilação (ou hidrólise) da molécula de AF: uma das enzimas é a 3-fitase, que inicia a desfosforilação pelo carbono 3 da molécula de AF; e a outra é a 6-fitase, que inicia a hidrólise pelo carbono 6 do fitato (VOHRA & SATYANARAYANA, 2003). Sob condições fisiológicas o ácido fítico é fortemente ionizado, sendo capaz de se complexar com cátions bivalentes (Ca, Fe, Zn, Mg, Cu),

e também com amido, proteínas e enzimas, podendo alterar a digestibilidade e absorção destes nutrientes. Há também evidências de funções protetoras do ácido fítico, e entre elas se encontra a prevenção da formação dos radicais livres e a diminuição dos níveis de colesterol sanguíneo em animais monogástricos (PALLAUF e RIMBACH, 1997). Entretanto, pouco se conhece sobre a possível influência de diferentes níveis de ácido fítico fornecidos na dieta em processos metabólicos de animais (SZKUDELSKI, 2005). Os objetivos deste trabalho foram avaliar o desempenho, metabolismo, perfil bioquímico e a mineralização óssea de frangos de corte em crescimento recebendo dietas com inclusão de ácido fítico ou com farelo de trigo e adição ou não de fitase.

## **2. Material e Métodos**

### *2.1 Condições experimentais e tratamentos*

As condições experimentais e tratamentos utilizados neste trabalho foram os mesmos descritos detalhadamente no artigo anterior.

### *2.2 Desempenho e metabolismo*

Durante o período experimental (22 a 35 dias) foram realizadas pesagens semanais das aves e das sobras de rações para avaliar o desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar). As excretas foram coletadas diariamente pelo método de coleta total (CORTEZ et al., 2009) por um período de 3 dias (33 a 35 dias de idade), acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer (-20°C). Nas rações e nas excretas foram realizadas análises de matéria

seca e proteína bruta segundo normas da AOAC (1995) e energia bruta foi avaliada utilizando um calorímetro de bomba isoperibólico (IKA WERKE, modelo C2000). A partir destas análises determinaram-se os coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), da proteína bruta (CMPB), da energia bruta (CMEB) e a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn).

### *2.3 Perfil bioquímico e mineralização óssea*

Aos 35 dias de idade foram coletadas amostras de soro sanguíneo (1 ave/repetição) que foram encaminhadas ao Laboratório de Análises Clínicas Veterinárias (LACVET) da UFRGS para avaliação do perfil bioquímico dos frangos, onde se realizaram as análises de colesterol total (CT), albumina (Ab), cálcio (Ca), fósforo (P), relação cálcio e fósforo (Ca:P) e das enzimas hepáticas Aspartato Transaminase (AST) e Alanina Transaminase (ALT). As análises bioquímicas foram realizadas por kits comerciais de metodologia cinética da marca Labtest.

Os animais foram abatidos aos 35 dias de idade. O método de insensibilização utilizado nas aves foi o atordoamento elétrico, seguido de morte por sangria jugular, de acordo com o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue (BRASIL, 2000), que também é sugerido pela American Veterinary Medical Association (2007). O fluxograma de abate (depenagem, evisceração, resfriamento) seguiu o preconizado em abatedouro comercial. As carcaças foram coletadas, na linha de abate, após a etapa de resfriamento (chiller), visando completar o “rigor mortis”. Posteriormente, realizou-se a desossa da perna e coleta da tíbia, que foi mantida congelada para posterior determinação da mineralização óssea através das análises de matéria seca da tíbia (g) e do peso de cinzas na tíbia (g) (AOAC, 1995). As análises de

matéria seca, proteína bruta, energia bruta das rações e das excretas e as cinzas da tíbia foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFRGS.

As demais partes da carcaça dos frangos (incluindo penas, ossos, vísceras e pés) foram destinadas à composteira do Laboratório de Ensino Zootécnico (LEZO) do Departamento de Zootecnia da UFRGS.

#### *2.4 Análises realizadas*

Foram avaliadas as respostas de desempenho através das variáveis: consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA), assim como o metabolismo por meio dos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), da proteína bruta (CMPB), da energia bruta (CMEB) e a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn). Também foram avaliados, aos 35 dias de idade, a mineralização óssea da tíbia e o perfil bioquímico do soro sanguíneo das aves.

#### *2.5 Análise estatística*

As respostas foram avaliadas por análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de significância, através do programa estatístico SAS (2001).

### **3. Resultados e Discussão**

#### *3.1 Desempenho*

Não houve diferença estatisticamente significativa para as respostas de ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves que receberam as diferentes dietas, de 22 a 35 dias de idade (Tabela 1). Porém, o consumo de ração (CR) das aves que receberam a dieta com 25% de farelo de trigo (FT) sem fitase foi maior ( $P < 0,05$ ) do que daquelas que consumiram as dietas com FT + fitase B e FT + fitase C. O aumento no CR pode estar relacionado com um menor aproveitamento de nutrientes na dieta com FT sem adição de fitase. Estes dados diferem dos encontrados por Deepa, Jeyanthi & Chandrasekaran (2011) em que a adição de fitase na dieta controle proporcionou melhor desempenho das aves, ou seja, a fitase aumentou o consumo de ração e o ganho de peso e melhorou a conversão alimentar dos animais.

**Tabela 1** - Consumo de ração em gramas (CR), ganho de peso em gramas (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte no período de 22 a 35 dias de idade

Dietas	CR(g) <sup>*</sup>	GP(g)	CA
1 - Controle (milho e soja)	2104 ab	1162	1,831
2 - Controle + ácido fítico	2091 ab	1118	1,873
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	2246 a	1149	1,973
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	2146 ab	1107	1,955
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	2015 b	1067	1,903
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	2028 b	1090	1,868
Probabilidade	0,03	0,75	0,71
Erro Padrão	122,20	120,16	0,17

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste SNK,  $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

O estudo de Abo Omar & Sabha (2009) também mostrou que a adição da enzima fitase teve efeito positivo sobre o desempenho e conversão alimentar das aves. Entretanto, as respostas de Akyurek, Senkoğlu & Özduven (2005) assemelham-se às observadas no presente trabalho, onde a suplementação de

fitase não teve efeito significativo sobre o desempenho das aves. Da mesma forma, Ali et al. (2008) avaliaram a incorporação de FT na alimentação de frangos de corte e verificaram que até 30% deste ingrediente pode ser incorporado às dietas sem efeitos adversos no desempenho. A adição de ácido fítico na dieta também não prejudicou o desempenho das aves. Diferentemente do resultado de Liu et al. (2008) onde o desempenho das aves foi negativamente afetado pela concentração de fósforo do ácido fítico da dieta.

### 3.2 Metabolismo e mineralização óssea

Nas respostas de metabolismo, o coeficiente de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS) e da proteína bruta (CMPB) não foram diferentes nas dietas avaliadas (Tabela 2).

**Tabela 2** - Coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca (CMMS), da proteína bruta (CMPB) e da energia bruta (CMEB), energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) em kcal/kg de ração e valores de tibia seca (Tbseca) e peso de cinzas na tibia em gramas (TbCZ) de frangos de corte aos 35 dias de idade

Dietas	CMMS (%)	CMPB (%)	CMEB* (%)	EMAn* (kcal/kg)	Tbseca (g)	TbCZ (g)
1 - Controle (milho e soja)	66,38	55,35	77,44 a	2874 b	7,61	2,89
2 - Controle + ácido fítico	68,44	56,40	78,84 a	2931 ab	7,72	2,90
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	67,48	57,66	72,90 b	2873 b	8,07	2,96
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	69,18	57,62	74,25 b	2952 a	7,87	2,84
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	69,15	56,78	74,07 b	2935 ab	7,72	2,81
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	67,81	57,52	72,99 b	2857 b	7,55	2,80
Probabilidade	0,13	0,96	0,0001	0,004	0,80	0,96
Erro Padrão	1,93	5,13	1,30	47,12	0,65	0,33

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste SNK, P<0,05).

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

Já no coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) foram observados valores mais elevados ( $P < 0,05$ ) para as dietas 1 e 2 (sem farelo de trigo) em relação às demais dietas (com farelo de trigo). Mello et al. (2009) avaliaram a energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades e perceberam que entre os alimentos de origem vegetal estudados (incluindo milho, farelo de soja, farelo de trigo e outros), os menores CMEB foram obtidos com o farelo de trigo, provavelmente em razão dos altos teores de fibra bruta, fibra de detergente neutro e fibra de detergente ácido presentes neste alimento.

A adição de fitases bacterianas (fitases A e B) nas dietas com FT aumentou a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) em relação à dieta com FT sem adição de fitase e à dieta controle, porém este aumento na EMAn foi significativo apenas para a dieta com fitase A. Entretanto, a adição de fitase fúngica (fitase C) na dieta com FT mostrou semelhança na EMAn em relação à adição da fitase B e também à dieta com FT sem fitase e às dietas controle e com AF. Isto demonstra o efeito positivo da adição de fitases de *Escherichia coli* (fitases A e B) no aproveitamento energético e que a adição de AF na dieta controle não prejudicou na EMAn. Discordando, Selle e Ravindran (2007) ressaltam que o fitato influencia negativamente na utilização de energia pelas aves, no entanto, afirmam que a fitase aumenta a utilização de energia pelos animais.

De acordo com Kornegay (1996), a adição de fitase microbiana à dieta de aves e suínos foi usada para melhorar a biodisponibilidade de fósforo do fitato (presente nos cereais das dietas). Pereira (2010) resalta que a fitase bacteriana (*E. coli*) tem maior eficiência em liberar o fósforo fítico da molécula de fitato em relação à fitase de origem fúngica. A maior biodisponibilidade do fósforo na dieta conseqüentemente irá aumentar o uso da energia pelos animais. O fósforo



desempenha um papel importante na utilização e transferência de energia (UNDERWOOD & SUTTLE, 1999), já que ele é vital para a formação de trifosfato de adenosina e difosfato de adenosina, que são necessários para ocorrer a liberação de energia (ANKRA-BADU, PESTI & AGGREY, 2010). Os dados deste estudo corroboram com os de Lelis et al. (2010) que suplementando fitase de *E. coli*, nos níveis de 250 e de 500 FTU/kg de ração, observaram melhora na EMAn das dietas, que aumentaram, em média, 36 e 54 kcal/kg de matéria seca, respectivamente. Santos et al. (2011) afirmam que o efeito de fitases sobre a EMAn é variável em função do teor de fósforo disponível e cálcio da ração, contudo, os mecanismos bioquímicos envolvidos são complexos e há necessidade de novos estudos para o entendimento dessa questão.

Com relação às respostas ósseas, não houve diferença significativa no peso da tíbia seca e das cinzas (g) da tíbia entre os diferentes tratamentos, demonstrando que não houve prejuízo na mineralização óssea em nenhuma das dietas testadas (Tabela 2). Entretanto, no trabalho de Martins (2003) que utilizou diferentes fontes e níveis de fósforo, com adição ou não de fitase microbiana, foi verificado que, na ausência de fitase, o peso de cinzas na tíbia encontrado com o uso do fosfato bicálcico e o farelo de trigo foram maiores que com o uso da soja integral tostada ou extrusada. O autor também observou que, quando adicionada fitase à dieta das aves, obteve-se menor valor de peso de cinzas na tíbia com o uso do farelo de trigo e maior com o uso do fosfato bicálcico, soja integral tostada e soja integral extrusada.

### 3.3 Perfil bioquímico

Os resultados obtidos no presente trabalho estão dentro do intervalo de valores de referência da espécie nessa fase de crescimento (KANEKO, 1997).

Na análise do perfil bioquímico do soro sanguíneo as aves que receberam a dieta com adição de ácido fítico apresentaram menor teor de colesterol total em relação às aves alimentadas com a dieta controle (Tabela 3). Para as aves que receberam as outras dietas observou-se teor de colesterol sérico total semelhante e intermediário à dieta controle e àquela com adição de ácido fítico.

**Tabela 3** - Colesterol total em mg/dl (CT), Albumina em g/l (Ab), cálcio em mg/dl (Ca), Fósforo em mg/dl (P), Relação Cálcio e Fósforo (Ca:P), Alanina Transaminase em U/L (ALT) e Aspartato Transaminase em U/L (AST) em soro sanguíneo de frangos de corte aos 35 dias de idade

Dietas	CT*	Ab	Ca	P	Ca:P	ALT	AST
1 - Controle (milho e soja)	137,67 a	14,65	8,39	6,97	1,2	44,39	301,78
2 - Controle + ácido fítico	104,83 b	12,39	8,38	6,83	1,2	50,59	275,43
3 - 25% Farelo de trigo (FT)	121,50 ab	13,87	7,98	6,83	1,2	48,82	315,99
4 - 25% FT + fitase A <sup>1</sup>	131,33 ab	14,41	7,55	6,92	1,1	41,19	233,16
5 - 25% FT + fitase B <sup>2</sup>	128,67 ab	15,30	8,54	6,92	1,3	33,65	273,17
6 - 25% FT + fitase C <sup>3</sup>	128,83 ab	14,66	8,36	7,42	1,1	52,22	298,82
Probabilidade	0,03	0,28	0,26	0,80	0,30	0,36	0,71
Erro Padrão	16,44	2,15	0,77	0,79	0,13	14,94	86,61

\*Médias na coluna seguidas de letras distintas diferem significativamente (Teste SNK, P<0,05)

<sup>1</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 2500 FTU/g.

<sup>2</sup> 6-fitase derivada de *Escherichia coli*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

<sup>3</sup> 3-fitase produzida por *Trichoderma reesei*, com atividade enzimática de 5000 FTU/g.

O resultado do presente estudo assemelha-se ao encontrado por Liu, Ru & Li (2010) quando investigaram o efeito do fitato e fitase da dieta na mudança metabólica do sangue e da mucosa intestinal em frangos de corte, onde confirmaram que o ácido fítico da dieta diminuiu significativamente os níveis de colesterol sérico total. Esta resposta também foi evidenciada em camundongos, onde o ácido fítico da dieta diminuiu as concentrações de colesterol total no soro e no fígado (LEE et al., 2005, 2007), indicando que o fitato pode interferir no

metabolismo lipídico (LIU, RU & LI, 2010), devido ao seu possível efeito de reduzir a quantidade de colesterol absorvida (LEE et al., 2007) e consequentemente aumentar a excreção fecal de ácidos biliares (LEE et al., 1997).

Nas outras variáveis analisadas no soro sanguíneo não foi verificada diferença estatisticamente significativa entre as aves que receberam as diferentes dietas (Tabela 3). É provável que, em função da regulação fisiológica do cálcio e fósforo sanguíneos não foi possível detectar variações nas concentrações desses minerais entre as dietas testadas. Além disto, todas as dietas foram formuladas para conter níveis adequados de fósforo disponível e cálcio. Liu, Ru & Li (2010) também não observaram influência do ácido fítico da dieta nos níveis de cálcio sérico dos frangos, entretanto, nas concentrações séricas de fósforo, ferro, zinco e de outros eletrólitos houve diminuição significativa em 4 a 14% pelo uso de fitato na dieta. E com a suplementação de fitase na dieta, ocorreu aumento significativo de 5 a 15% dos eletrólitos séricos e da albumina, fazendo os pesquisadores concluir que a fitase pode melhorar a nutrição intestinal e o estado de saúde dos frangos.

#### **4. Conclusão**

A adição de ácido fítico na dieta não representou prejuízos no desempenho, melhorou a utilização da energia da dieta e ainda diminuiu o colesterol sérico total das aves. Novas pesquisas são necessárias com substâncias que influenciem na concentração de colesterol sérico total destes animais. A inclusão de 25% de farelo de trigo na formulação de dietas para frangos de corte pode ser uma estratégia nutricional para obtenção de desempenho e aproveitamento energético semelhantes aos obtidos com dietas a base de milho e soja, sem afetar o perfil bioquímico das aves. A adição de fitases em dietas com farelo de trigo não atribuiu vantagens claras

no desempenho, mas melhorou o aproveitamento de energia das dietas (especificamente as fitases de *E. coli* ou 6-fitases).

## **Agradecimentos**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

## **Referências Bibliográficas**

ABO OMAR, J. M.; SABHA, R. Effects of phytase on broilers performance and body status of phosphorus. **Hebron University Research Journal**, v. 4, n. 1, p. 55-66, 2009.

AKYUREK, H.; SENKOYLU, N.; OZDUVEN, M. L. Effect of microbial phytase on growth performance and nutrients digestibility in broilers. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 22-26, 2005.

ALI, M.N.; SEKKEN, A.; MOSTAFA, K.E.M.E. Incorporation of wheat bran in broilers diets. **International Journal of Poultry Science**, v.7, n.1, p. 6-13, 2008.

AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION. **AVMA Guidelines on Euthanasia**. (Formerly Report of the AVMA Panel on Euthanasia), 2007.

ANKRA-BADU, G. A.; PESTI, G. M.; AGGREY, S. E. Genetic interrelationships among phosphorus, nitrogen, calcium, and energy bioavailability in a growing chicken population. **Poultry Science**, v. 89, p. 2351-2355, 2010.

AOAC. **Official methods of Analysis**. Association Of Official Analytical Chemists, 16<sup>th</sup> ed. Washington, DC. 1995

ARAUJO, D. M.; SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, J. A.; RIBEIRO, M. L. G.; PASCOAL, L. A. F.; COSTA, F. G. P. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de frangas de reposição. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1960-1967, 2008.

BRASIL. Legislação Federal do Brasil. Lei nº 11.794 de 08 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do par. 1º do art. 225 da constituição federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a lei nº 6.638,

de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 outubro 2008, p. 1, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Instrução Normativa n. 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 janeiro 2000. Seção I, p. 14-16, 2000.

CORTEZ, M.E.M; RIBEIRO, A.M.L.; GIANFELICI, M.F.; KESSLER, A. M.; MORAES, M. L. Study of methodological variations in apparent nutrient metabolism determination in broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p. 1921-1927, 2009.

DEEPA, C.; JEYANTHI, G. P.; CHANDRASEKARAN, D. Effect of phytase and citric acid supplementation on the growth performance, phosphorus, calcium, and nitrogen retention on broiler chicks fed with low level of available phosphorus. **Asian Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 1, p. 28-34, 2011.

HEMERY, Y. M.; MABILLE, F.; MARTELLI, M. R.; ROUAU, X. Influence of water content and negative temperatures on the mechanical properties of wheat bran and its constitutive layers. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 360-369, 2010.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5<sup>ed</sup>. San Diego: Academic, 932 p., 1997.

KORNEGAY, E. T. Nutritional, environmental and economic considerations for using phytase in pig and poultry diets. **Nutrient Management of Food Animals to Enhance and Protect the Environment**. Editora: CRC Press, Boca Raton, FL, p. 277-302, 1996.

LEE, H. H.; RHEE, H. I.; CHA, S. H.; LEE, S. Y.; CHOI, Y. S. Effects of dietary phytic acid on the lipid and mineral profiles in rats. **Foods and Biotechnology**, v. 6, n. 4, p. 261-264, 1997.

LEE, S. H.; PARK, H. J.; CHO, S. Y.; JUNG, H. J.; CHO, S. M.; CHO Y. S.; LILLEHOJ, H. S. Effects of dietary phytic acid on serum and hepatic lipid levels in diabetic KK mice. **Nutrition Research**, v. 25, p. 869–876, 2005.

LEE, S. H.; PARK, H. J.; CHUN, H. K.; CHO, S. Y.; JUNG, H. J.; CHO, S. M.; KIM, D. Y.; KANG, M. S.; LILLEHOJ, H. S. Dietary phytic acid improves serum and hepatic lipid levels in aged ICR mice fed a high-cholesterol diet. **Nutrition Research**, v. 27, p. 505–510, 2007.

LELIS, G. R.; ALBINO, L. F. T.; SILVA, C. R.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; BORSATTO, C. G. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1768-1773, 2010.

LIU, N.; RU, Y. J.; COWIESON, A. J.; LI, F. D.; CHENG, X. CH. Effects of phytate and phytase on the performance and immune function of broilers fed nutritionally marginal diets. **Poultry Science**, v. 87, p. 1105-1111, 2008.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. Effect of dietary phytate and phytase on metabolic change of blood and intestinal mucosa in chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, p. 368-374, 2010.

MANISSERI, C.; GUDIPATI, M. Bioactive xylo-oligosaccharides from wheat bran soluble polysaccharides. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 421-430, 2010.

MARTINS, B. A. B. **Determinação da biodisponibilidade relativa do fósforo para frangos de corte em farelo de trigo, soja integral tostada e soja integral extrusada, com e sem a adição de fitase microbiana à dieta.** 148 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

MELLO, H. H. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. C.; ALBINO, L. F. T.; SOUZA, R. M.; CALDERANO, A. A. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 863-868, 2009.

PALLAUF J, RIMBACH G. Nutritional significance of phytic acid and phytase. **Archives of Animal Nutrition**, v.50, n.4, p. 301-319, 1997.

PEREIRA, R. **Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte.** 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELLE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2ª ed. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 186p. 2005.

SANTOS, M. L.; RODRIGUES, P. B.; ALVARENGA, R. R.; NAVES, L. P.; HESPANHOL, R.; LIMA, G. F. R.; LARA, M. C. C.; SILVA, L. R. Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2486-2495, 2011.

SAS Institute. SAS User's Guide: Statistics. Version 8.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, United States, 2001.

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

SZKUDELSKI, T. Phytic acid-induced metabolic changes in the rat. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p. 397-402, 2005.

UNDERWOOD, E. J. & SUTTLE, N. F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3<sup>rd</sup> ed. CAB Int., Wallingford, Oxon, UK, 1999.

VOHRA, A.; SATYANARAYANA, T. Phytases: microbial sources, production, purification and potential biotechnological applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 23, n. 1, p. 29-60, 2003.

## 4 CONCLUSÕES

A utilização de 25% de farelo de trigo em dietas para frangos de corte pode ser uma alternativa viável para obtenção de algumas características físico-químicas da carne semelhantes ou próximas às obtidas com dietas a base de milho e soja. O uso do farelo de trigo na elaboração das rações não representa prejuízos na qualidade da carne de frango, entretanto, algumas respostas de qualidade da carne podem ser melhoradas pela adição de fitase nestas dietas. O ácido fítico parece ser o componente responsável por diminuir o colesterol total e a oxidação lipídica da carne de frangos, o que pode estar relacionado ao seu poder antioxidante.

O desempenho dos frangos não foi prejudicado pela adição de ácido fítico na dieta. Este componente melhorou a utilização da energia da dieta e mostrou que pode alterar o metabolismo lipídico das aves, reduzindo o colesterol sérico total. Novas pesquisas são necessárias com substâncias que influenciem na concentração de colesterol sérico total destes animais. A inclusão de 25% de farelo de trigo na formulação de dietas para frangos de corte pode ser uma estratégia nutricional para obtenção de desempenho e aproveitamento energético semelhantes aos obtidos com dietas a base de milho e soja, sem afetar o perfil bioquímico das aves. A adição de fitase de *E. coli* (6-fitases) nas dietas com farelo de trigo não atribuiu vantagens claras no desempenho das aves, mas melhorou o aproveitamento energético das dietas.



## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEF. Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Frangos. 2010. Disponível em: <<http://www.abef.com.br>> Acesso em 20 de dezembro de 2011.

ABO OMAR, J. M.; SABHA, R. Effects of phytase on broilers performance and body status of phosphorus. **Hebron University Research Journal**, v. 4, n. 1, p. 55-66, 2009.

AGUIAR, A. P. S. de. **Opinião do consumidor e qualidade da carne de frangos criados em diferentes sistemas de produção**. 2006. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências: Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP, 2006.

AKYUREK, H.; SENKOYLU, N.; OZDUVEN, M. L. Effect of microbial phytase on growth performance and nutrients digestibility in broilers. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 4, n. 1, p. 22-26, 2005.

ALI, M.N.; SEKKEN, A.; MOSTAFA, K.E.M.E. Incorporation of wheat bran in broilers diets. **International Journal of Poultry Science**, v.7, n.1, p. 6-13, 2008.

ALMEIDA, I. C. L.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA, E. G.; GARCIA, R. G.; GARCIA, E. A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1744-1752, 2002.

ALMEIDA, J. C., PERASSOLO, M. S., CAMARGO, J. L., BRAGAGNOLO, N., GROSS, J. L. Fatty acid composition and cholesterol content of beef and chicken meat in Southern Brazil. **Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 42, n. 1, p. 109-117, 2006.

AMERICAN VETERINARY MEDICAL ASSOCIATION. **AVMA Guidelines on Euthanasia**. (Formerly Report of the AVMA Panel on Euthanasia), 2007.

ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 171f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University.

ANKRA-BADU, G. A.; PESTI, G. M.; AGGREY, S. E. Genetic interrelationships among phosphorus, nitrogen, calcium, and energy bioavailability in a growing chicken population. **Poultry Science**, v. 89, p. 2351-2355, 2010.

AOAC. **Official methods of Analysis**. Association Of Official Analytical Chemists, 16<sup>th</sup> ed. Washington, DC, 1995.

ARAUJO, D. M.; SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, J. A.; RIBEIRO, M. L. G.; PASCOAL, L. A. F.; COSTA, F. G. P. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de frangas de reposição. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1960-1967, 2008a.

ARAUJO, D. M.; SILVA, J. H. V.; MIRANDA, E. C.; ARAÚJO, J. A.; COSTA, F. G. P.; TEIXEIRA, E. N. M. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 5, p. 843-848, 2008b.

ARRANZ, S.; SAURA CALIXTO, F. Analysis of polyphenols in cereals may be improved performing acidic hydrolysis: A study in wheat flour and wheat bran and cereals of the diet. **Journal of Cereal Science**, v. 51, p. 313-318, 2010.

BALLAM, G. C.; NELSON, T. S.; KIRBY, L. K. Effect of fiber and phytate source and of calcium and phosphorus level on phytate hydrolysis in the chick. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 2, p. 333-338, 1984.

BEDFORD, M. Removal of antibiotic growth promoters from poultry diets: implications and strategies to minimize subsequent problems. **World's Poultry Science Journal**, v. 56, p. 347-365, 2000.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BLISKA, F. M. M. Qualidade na cadeia produtiva da carne bovina: elaboração e implementação de um sistema de controle. **Boletim de Conexão Industrial do Centro de Tecnologia de Carnes do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 9 -10, p. 12-16, 1999-2000.

BRASIL. Legislação Federal do Brasil. Lei nº 11.794 de 08 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do par. 1º do art. 225 da constituição federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a lei nº 6.638, de 8 de maio de 1979; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 09 outubro 2008, p. 1, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA). Secretaria da Defesa Agropecuária (SDA). Departamento de Inspeção de Produtos de Origem Animal (DIPOA). Divisão de Normas Técnicas. Instrução Normativa n. 3, de 17 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 janeiro 2000. Seção I, p. 14-16, 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução n. 19*, de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico de Procedimentos para Registro de Alimento com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de saúde em sua Rotulagem. Brasília, 1999.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET, N. J. Tratamentos de pré-resfriamento e resfriamento sobre a qualidade de carne de peito de frango. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 230-235, 2004.

CASTILHO, Carmem. J. C. **Qualidade da carne**. São Paulo: Livraria Varela, 2006. 240 p.

CONTRERAS, C. J. C. **Efeitos do atordoamento elétrico, estimulação elétrica e da desossa à quente na qualidade da carne do peito de frango *Pectoralis major***. 1995. 150 p. [Tese]. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.

CORTEZ, M.E.M; RIBEIRO, A.M.L.; GIANFELICI, M.F.; KESSLER, A. M.; MORAES, M. L. Study of methodological variations in apparent nutrient metabolism determination in broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p. 1921-1927, 2009.

COWIESON, A. J.; RAVINDRAN, V.; SELLE, P. H. Influence of dietary phytic acid and source of microbial phytase on ileal endogenous amino acid flows in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 87, p. 2287–2299, 2008.

DAWSON, P. L; JANKY, D. M.; DUKES, M. G.; THOMPSON, L. D.; WOODWARD, S. A. Effect of post mortem deboning time during simulated commercial processing on the tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 66, n. 8, p. 1331-1333, 1987.

DEEPA, C.; JEYANTHI, G. P.; CHANDRASEKARAN, D. Effect of phytase and citric acid supplementation on the growth performance, phosphorus, calcium, and nitrogen retention on broiler chicks fed with low level of available phosphorus. **Asian Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 1, p. 28-34, 2011.

DU, C.; CAMPBELL, G.M.; MISAILIDIS, N.; MATEOS-SALVADOR, F.; SADHUKHAN, J.; MUSTAFA, M.; WEIGHTMAN, R. M. Evaluating the feasibility of commercial arabinoxylan production in the context of a wheat biorefinery principally producing ethanol. Part 1. Experimental studies of arabinoxylan extraction from wheat bran. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 87, p. 1232-1238, 2009.

DUARTE, K. F.; JUNQUEIRA, O. M.; BORGES, L. L. **Qualidade e segurança na produção de carne de aves**. (Departamento de Zootecnia, FCAV UNESP/Jaboticabal, SP). Data de publicação: 15/02/2010. Disponível em: <[http://pt.engormix.com/MA-avicultura/industria-carne/artigos/qualidade-seguranca-producao-carne\\_246.htm](http://pt.engormix.com/MA-avicultura/industria-carne/artigos/qualidade-seguranca-producao-carne_246.htm)>. Acesso em 20 de junho de 2010.

ENGELEN, A. J.; VAN DER HEEFT, F. C.; RANDSNDORP, P. H. G.; SMITH, E. L. C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal AOAC Internacional**, Gaithersburg, v. 77, n. 3, p. 760-764, 1994.

EYNG, CINTHIA. **Avaliação nutricional da farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação de frangos de corte**. 2009. 67 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Alimentação Animal), Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Programa de Pós-graduação em Zootecnia – Campus de Marechal Cândido Rondon, Paraná - PR, 2009.

FAMA, L.; BITTANTE, A. M. B. Q.; SOBRAL, P. J. A.; GOYANES, S.; GERSCHENSON, L. N. Garlic powder and wheat bran as fillers: Their effect on the physicochemical properties of edible biocomposites. **Materials Science and Engineering C**, v. 30, p. 853-859, 2010.

FERREIRA, J. M.; BRAGA, M. S.; SOUSA, R. V.; CAMPOS, E. J.; VIEIRA, E. C. Composição em ácidos graxos na gordura da carcaça de frangos de corte sob dietas com diferentes fontes de energia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, p. 201-206, 1999.

FLETCHER, D. L. Poultry meat quality. **World's Poultry Science Journal**. Ithaca, v. 58, n. 2, p. 131-145, 2002.

FRONING, G. W.; UIJTENBOOGAART, T. G. Effect of post mortem electrical stimulation on color, texture, pH and cooking loss of hot and cold deboned chicken broiler meat. **Poultry Science**, v. 67, n. 11, p. 1536-1544, 1988.

GARCIA, R. G.; FREITAS, L. W. DE; SCHWINGEL, A. W.; FARIAS, R. M.; CALDARA, F. R.; GABRIEL, A. M. A.; et al. Incidence and physical properties of PSE chicken meat in a commercial processing plant. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 12, n. 4, p. 233-237, 2010.

GAYA, L. DE G.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 349-356, 2006.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, B. Dietary modulation of the human colonic microflora: Introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v. 125, p. 1401-1412, 1995.

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

HALLIWELL, B. Free radicals and other reactive species in disease. In: **Encyclopedia of Life Sciences**. Nature Publishing Group, p. 1-7, 2001.

HARBACH, A. P. R.; COSTA, M. C. R.; SOARES, A. L.; BRIDI, A. M.; SHIMOKOMAKI, M.; SILVA, C. A.; IDA, E. I. Dietary corn germ containing phytic acid prevents pork meat lipid oxidation while maintaining normal animal growth performance. **Food Chemistry**, v. 100, p. 1630-1633, 2007.

HEMERY, Y. M.; MABILLE, F.; MARTELLI, M. R.; ROUAU, X. Influence of water content and negative temperatures on the mechanical properties of wheat bran and its constitutive layers. **Journal of Food Engineering**, v. 98, p. 360-369, 2010.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5<sup>ed</sup>. San Diego: Academic, 932 p., 1997.

KOMIYAMA, C. M. **Caracterização e ocorrência de carne pálida em frangos de corte e seu efeito na elaboração de produtos industrializados**. 2006.

[dissertação]. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP.

KOMIYAMA, C. M.; MARTINS, M. R. F. B.; MENDES, A. A.; SANFELICE, C.; CAÑIZARES, M. C. S.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L. Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte. **Brazilian Journal Food Technology**, II SSA, p. 89-93, 2009.

KOMPRDA, T.; ZELENKA, J.; FAJMONOVÁ, E.; BAKAJ, P.; PECHOVÁ, P. Cholesterol Content in Meat of Some Poultry and Fish Species As Influenced by Live Weight and Total Lipid Content. **Journal Agricultural Food Chemistry**, v. 51, p. 7692-7697, 2003.

KORNEGAY, E. T. Nutritional, environmental and economic considerations for using phytase in pig and poultry diets. **Nutrient Management of Food Animals to Enhance and Protect the Environment**. Editora: CRC Press, Boca Raton, FL, p. 277-302, 1996.

KUSS, F.; RESTLE, J.; BRONDANI, I. L.; FILHO, D. C. A.; PEROTTONI, J.; MISSIO, R. L.; AMARAL, G. A. Composição física da carcaça e qualidade da carne de vacas de descarte de diferentes grupos genéticos terminadas em confinamento com distintos pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1285-1296, 2005.

LAWRIE, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 384p.

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

LEE, B. J., HENDRICKS, D. G., & CONFORTH, D. P. Antioxidant effects on carnosine and phytic acid in a model beef system. **Journal of Food Science**, v. 63, p. 394-398, 1998.

LEE, H. H.; RHEE, H. I.; CHA, S. H.; LEE, S. Y.; CHOI, Y. S. Effects of dietary phytic acid on the lipid and mineral profiles in rats. **Foods and Biotechnology**, v. 6, n. 4, p. 261-264, 1997.

LEE, S. H.; PARK, H. J.; CHO, S. Y.; JUNG, H. J.; CHO, S. M.; CHO Y. S.; LILLEHOJ, H. S. Effects of dietary phytic acid on serum and hepatic lipid levels in diabetic KK mice. **Nutrition Research**, v. 25, p. 869–876, 2005.

LEE, S. H.; PARK, H. J.; CHUN, H. K.; CHO, S. Y.; JUNG, H. J.; CHO, S. M.; KIM, D. Y.; KANG, M. S.; LILLEHOJ, H. S. Dietary phytic acid improves serum and hepatic lipid levels in aged ICR mice fed a high-cholesterol diet. **Nutrition Research**, v. 27, p. 505–510, 2007.

LELIS, G. R.; ALBINO, L. F. T.; SILVA, C. R.; ROSTAGNO, H. S.; GOMES, P. C.; BORSATTO, C. G. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 8, p. 1768-1773, 2010.

LIU, N.; RU, Y. J.; COWIESON, A. J.; LI, F. D.; CHENGŞ, X. CH. Effects of phytate and phytase on the performance and immune function of broilers fed nutritionally marginal diets. **Poultry Science**, v. 87, p. 1105-1111, 2008.

LIU, N.; RU, Y. J.; LI, F. D. Effect of dietary phytate and phytase on metabolic change of blood and intestinal mucosa in chickens. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 94, n. 3, p. 368-374, 2010.

LYON, C. E., & LYON, B. G. The relationship of objective shear value and sensory tests to changes in tenderness of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 69, n. 8, p. 1420-1427, 1990.

MADHUKUMAR, M. S.; MURALIKRISHNA, G. Structural characterisation and determination of prebiotic activity of purified xylo-oligosaccharides obtained from Bengal gram husk (*Cicer arietinum* L.) and wheat bran (*Triticum aestivum*). **Food Chemistry**, v. 118, p. 215-223, 2010.

MAES, C.; VANGENEUGDEN, B.; DELCOUR, J. A. Relative activity of two endoxylanases towards water-unextractable arabinoxylans in wheat bran. **Journal of Cereal Science**, v.39, p.181-186, 2004.

MANISSERI, C.; GUDIPATI, M. Bioactive xylo-oligosaccharides from wheat bran soluble polysaccharides. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, p. 421-430, 2010.

MARTINS, B. A. B. **Determinação da biodisponibilidade relativa do fósforo para frangos de corte em farelo de trigo, soja integral tostada e soja integral extrusada, com e sem a adição de fitase microbiana à dieta.** 148 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

MELLO, H. H. C.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. C.; ALBINO, L. F. T.; SOUZA, R. M.; CALDERANO, A. A. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p. 863-868, 2009.

MONTENEGRO, F. M.; GOMES-RUFFI, C. R.; VICENTE, C. A.; COLLARES-QUEIROZ, F. P.; STEEL, C. J. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28 (Supl.), p. 184-191, 2008.

MORRISSEY, P. A.; SHEEHY, P. J. A.; GALVIN, K.; KERRY, J., & BUCKLEY, D. J. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. S73-S86, 1998.

MURAKAMI, K. T. T. **Óleo de linhaça como principal fonte lipídica na dieta de frangos de corte.** 2009. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal - Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária, Araçatuba: SP, 2009.

NASCIMENTO, A. H.; GOMES, P. C.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. Valores de energia metabolizável de farinhas de penas e de vísceras determinados com diferentes níveis de inclusão e duas idades de aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 877-881, 2005.

NORTHCUTT JK. **Influence of antemortem treatment on post mortem muscle properties of poultry meat**. Dissertation Abstracts International. Abstract of thesis, B, 55 (2) 245-246, 175 p. North Carolina State Univ. USA. 1994.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; TOLEDO, R. S. Composição Bromatológica, Energia Metabolizável e Equações de Predição da Energia do Grão e de Subprodutos do Trigo para Pintos de Corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 785-793, 2001.

OBANU, Z. A.; OBIOHA, F. C.; NWOSU, C. C.; NWOFOR, W. E. Evaluation of the organoleptic and chemical characteristics of meat from chickens. **World Review of Animal Production**, v. 20, n. 4, p. 53-58, 1984.

OHKAWA, H.; OHISHI, H.; YAGI, K. Assay for lipid peroxide in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. **Analytical Biochemistry**, v. 95, p. 351-358, 1979.

OSAWA, C. C.; FELÍCIO, P. E. E; GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, p. 655-663, 2005.

OSÓRIO, J. C. S.; OSÓRIO, M. T. M.; JARDIM, P. O. C. **Métodos para avaliação da produção de carne ovina: "in vivo"**, na carcaça e na carne. Pelotas, RS: UFPEL, 1998, 107p.

PALLAUF J, RIMBACH G. Nutritional significance of phytic acid and phytase. **Archives of Animal Nutrition**, v.50, n.4, p. 301-319, 1997.

PAVAN, A. C.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA E. G.; DENADAI, J. C.; GARCIA, R. G.; TAKITA, T. S. Efeito da linhagem e do nível de lisina da dieta sobre a qualidade da carne do peito de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32 (Supl. 1), n. 6, p. 1732-1736, 2003.

PELICANO, E. R. L.; SOUZA, P. A. de; SOUZA, H. B. A. de; OBA, A.; NORKUS, E. A.; KODAWARA, L. M.; LIMA, T. M. A. de. Effect of Different Probiotics on Broiler Carcass and Meat Quality. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 5, n. 3, p. 207-214, 2003.

PEREIRA, R. **Eficiência de uma fitase bacteriana na liberação de fósforo fítico em dietas de frangos de corte**. Piracicaba, 2010, 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, SP.

PIMENTEL, F. A. **Avaliação do poder antioxidante do chocolate amargo, um comparativo com o vinho tinto**. Porto Alegre, 2007. 81 p. (Dissertação-Mestrado

em Ciência e Tecnologia de Alimentos) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

PINO, L. M. **Estabilidade oxidativa da carne de frangos alimentados com diferentes fontes lipídicas, armazenada sob congelamento**. 2005. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba - SP, 2005.

POZZA, P. C.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S.; POZZA, M. S. dos S.; NUNES, R. V. Composição química, digestibilidade e predição de valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 30, n. 1, p. 33-40, 2008.

QIAO, M.; FLETCHER, D. L.; SMITH, D. P.; NORTHCUTT, J. K. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, v. 80, p. 676-680, 2001.

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

RAUPP, D. S.; ROSA, D. A.; MARQUES, S. H. P.; BANZATTO, D. A. Digestive and functional properties of a partially hydrolyzed cassava solid waste with high insoluble fiber concentration. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, n. 3, p.286-291, 2004.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELLE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2ª ed. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 186p. 2005.

SALDANHA, T.; MAZALLI, M. R.; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 109-113, 2004.

SAMS, A. R.; MILLS, K. A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler pectoralis to rigor acceleration. **Poultry Science**, Campaign, v. 72, n. 9, p. 1789-1796, 1993.

SANTOS, M. L.; RODRIGUES, P. B.; ALVARENGA, R. R.; NAVES, L. P.; HESPANHOL, R.; LIMA, G. F. R.; LARA, M. C. C.; SILVA, L. R. Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 11, p. 2486-2495, 2011.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Processamento da carne de frango**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Pró-Reitoria de Extensão – Programa Institucional de Extensão. Boletim Técnico - PIE-UFES: 02107 - Editado: 15.10.2007. Disponível em: <[http://www.agais.com/telomc/b02107\\_processamento\\_frango.pdf](http://www.agais.com/telomc/b02107_processamento_frango.pdf)>. Acesso em 20 de junho de 2010.



SAS Institute. SAS User's Guide: Statistics. Version 8.2. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, United States, 2001.

SCHNEIDER, J. P. **Carne DFD em frangos**. São Paulo, 2004, 61 p. (Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S. P.; CHAVEZ, E. R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: a review. **World's Poultry Science Journal**, Amsterdam, v. 54, p. 27-47, 1998.

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

SHIMOKOMAKI, M.; OLIVO R.; TERRA, N. N.; FRANCO, B. D. B. M. **Atualidades Em Ciências e Tecnologia de Carnes**. Livraria: Varela, São Paulo, 2006, 236 p.

SILVA, M. A. M. da; BARCELOS, M. de F. P.; SOUSA, R. V. de; LIMA, H. M.; FALCO, I. R.; LIMA, A. L. de; PEREIRA, M. C. de A. Efeito das fibras dos farelos de trigo e aveia sobre o perfil lipídico no sangue de ratos (*rattus norvegicus*) wistar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 6, p. 1321-1329, 2003.

SILVA, S.S.P.; SMITHARD, R.R. Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. **British Poultry Science**, v. 43, p. 274-282, 2002.

SOARES, A. L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Synergism between dietary vitamin e and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavour development in chicken breast meat, *Pectoralis major* M. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n. 1, p. 57-62, 2004.

SOUZA, A. R. M.; ARTHUR, V.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Efeito da radiação gama e do armazenamento na oxidação lipídica e no colesterol de carne de cordeiros da raça Santa Inês. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 67-71, 2007.

SZKUDELSKI, T. Phytic acid-induced metabolic changes in the rat. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.89, p. 397-402, 2005.

TAVERNARI, F.C.; MORATA, R. L.; RIBEIRO JÚNIOR, V.; ALBINO, L. F. T.; DUTRA JÚNIOR, W. M.; ROSTAGNO, H. S. Avaliação nutricional e energética do farelo de girassol para aves. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 1, p. 172-177, 2010.

TIMS, M. J.; WATTS, B. M. Protection of cooked meats with phosphates. **Food Technology**, v. 12, p. 240-243, 1958.

ULLAH, A. H. J.; SETHUMADHAVAN, K. PhyA gene products of *Aspergillus niger* and *Peniophora lycii* produces dissimilar phytases. **Biochemical Biophysical Research Communications**, New Orleans, v. 303, n. 2, p. 463-468, 2003.

UNDERWOOD, E. J. & SUTTLE, N. F. **The Mineral Nutrition of Livestock**. 3<sup>rd</sup> ed. CAB Int., Wallingford, Oxon, UK, 1999.

VAHER, M.; MATSO, K.; LEVANDI, T.; KELMJA, K.; KALJURAND, M. Phenolic compounds and the antioxidant activity of the bran, flour and whole grain of different wheat varieties. **Procedia Chemistry**, v. 2, p. 76–82, 2010.

VAN LAACK, R.L.; LIU, C.H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 79, n. 7, p. 1057-1061, 2000.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA L. C. **Características da Carne de Frango**. Universidade Federal do Espírito Santo – UFES. Pró-Reitoria de Extensão – Programa Institucional de Extensão. Boletim Técnico - PIE-UFES: 01307 - Editado: 18.08.2007. Disponível em: <[http://www.agais.com/telomc/b01307\\_caracteristicas\\_carnefrango.pdf](http://www.agais.com/telomc/b01307_caracteristicas_carnefrango.pdf)>. Acesso em 20 de junho de 2010.

VIEIRA, J. O.; BRESSAN, M. C.; FARIA, P. B.; FERREIRA, M. W. F.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, X. R. Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frangos de diferentes linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 1, p. 164-170, 2007.

VITAGLIONE, P.; NAPOLITANO, A.; FOGLIANO, V. Cereal dietary fibre: a natural functional ingredient to deliver phenolic compounds into the gut. **Trends in Food Science & Technology**, v. 19, p. 451-463, 2008.

VOHRA, A.; SATYANARAYANA, T. Phytases: microbial sources, production, purification and potential biotechnological applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, Delhi, v. 23, n.1, p. 29-60, 2003.

WODZINSKI, R. J.; ULLAH, A. H. J. Phytase. **Advances in Applied Microbiology**, Louisiana, v. 42, p. 263-303, 1996.

WOELFEL, R. L.; OWENS, C. M.; HIRSCHLER, E. M.; MARTINEZ-DAWSON, R.; SAMS, A. R. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry Science**, v. 81, n. 4, p. 579-584, 2002.

WOOD, J. D.; ENSER, M.; FISHER, A. V.; NUTE, G. R.; SHEARD, P. R.; RICHARDSON, R. I.; HUGHES, S. I.; WHITTINGTON, F. M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**, v. 78, p. 343-358, 2008.

## 6 APÊNDICES

### APÊNDICE A – Protocolo de oxidação lipídica

<b>TUBOS</b>	<b>H<sub>2</sub>O Destilada</b>	<b>EXTRATO CARNE</b>	<b>TRIS HCL 0,1M/ PH 7,4</b>	<b>SULFATO FERROSO 10µM</b>	<b>SDS (8,1%)</b>	<b>TAMPÃO Ac. Acético (pH 3,44)</b>	<b>TBA (0,6%)</b>
<b>1</b> (Controle c/ Fe)	140µl	100µl	30µl	30µl	200µl	500µl	500µl
<b>2</b> (Controle s/ Fe)	670µl	100µl	30µl	-----	200µl	500µl	-----
<b>3</b> (Controle c/ Fe)	40µl	100µl	30µl	30µl	200µl	500µl	500µl
<b>4</b> (Controle s/ Fe)	570µl	100µl	30µl	-----	200µl	500µl	-----

Fonte: Adaptado de Ohkawa et al. (1979).

## APÊNDICE B – Curva padrão para estimar concentração de TBARS

<b>TUBOS</b>	<b>H<sub>2</sub>O Destilada</b>	<b>MDA (0,03mM)</b>	<b>SDS (8,1%)</b>	<b>TAMPÃO Ac. Acético (pH 3,44)</b>	<b>TBA (0,6%)</b>
<b>1</b>	300µl	-----	200µl	500µl	500µl
<b>2</b>	250µl	50µl	200µl	500µl	500µl
<b>3</b>	200µl	100µl	200µl	500µl	500µl
<b>4</b>	100µl	200µl	200µl	500µl	500µl
<b>5</b>	-----	300µl	200µl	500µl	500µl

Fonte: Adaptado de Ohkawa et al. (1979).