

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS SOBRE O FARELO DE
ARROZ INTEGRAL E FARINHA DE PENAS EM DIETAS PARA CÃES**

GABRIEL FARIA ESTIVALLET PACHECO
Zootecnista/UFSM

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2013

CIP - Catalogação na Publicação

Pacheco, Gabriel Faria Estivallet

Avaliação de complexos enzimáticos sobre o farelo de arroz integral e farinha de penas em dietas para cães / Gabriel Faria Estivallet Pacheco. -- 2013.

102 f.

Orientador: Luciano Trevizan.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2013.

1. cães. 2. coprodutos. 3. energia metabolizável. 4. enzimas exógenas. I. Trevizan, Luciano, orient. II. Título.

GABRIEL FARIA ESTIVALLET PACHECO
Zootecnista

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

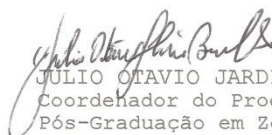
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 25.03.2013
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 14.06.2013
Por



LUCIANO TREVIZAN
PPG ZOOTECNIA/UFRGS
Orientador



JULIO OTAVIO JARDIM BARCELLOS
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



ALEXANDRE DE MELLO KESSLER
PPG ZOOTECNIA/UFRGS



ANDREA MACHADO LEAL RIBEIRO
PPG ZOOTECNIA/UFRGS



ANANDA PORTELLA FÉLIX
UFPR



PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

DEDICO

Aos meus pais Carlos Virgílio Estivallet Pacheco e Simone Margarida Faria
Estivallet Pacheco (*in memoriam*).

Aos meus irmãos Francine, Rodrigo e Diogo Faria Estivallet Pacheco

À minha namorada e companheira Gabriela Da Ros de Araújo

OFEREÇO

Ao professor, orientador e amigo Luciano Trevizan

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai Carlos Virgílio Estivallet Pacheco por todo ensinamento, incentivo, carinho e coragem para realização dos meus objetivos. Sem dúvida alguma, um mestre, referência e modelo de pessoa a ser seguido.

À minha mãe Simone Margarida Faria Estivallet Pacheco (*in memoriam*) por me fazer feliz durante todos os dias em que estivemos juntos, por ter me dado a vida, por duas vezes. Saudades imensuráveis.

Aos meus irmãos Diogo, Rodrigo e Francine, que, apesar da distância, sempre me apoiaram e torceram pelo meu sucesso.

À minha namorada Gabriela Da Ros de Araújo, com quem compartilho desde 2008 as melhores experiências da minha vida. Agradeço por você existir, por me fazer sentir uma pessoa especial todos os dias. Agradeço pela paciência em ouvir, quase que diariamente, minhas angústias, ideais e explicações sobre nutrição de cães e gatos. A cada seminário ou palestra que eu precisasse montar lá se ia tua semana, ouvia pacientemente, repetidas vezes, todos os dias, a mesma coisa. Muito obrigado.

Aos meus sogros Luis e Olivia, ao meu cunhado Tiago e à minha concunhada Giovanna por todo carinho, acolhimento, amizade e torcida ao longo destes anos, sempre acreditando em mim e me incentivando.

Ao professor Luciano Trevizan por todo ensinamento, incentivo, amizade e acolhimento desde o início. Agradeço pela oportunidade de realizar este trabalho e por ter acreditado em mim e na minha capacidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

Aos professores Andrea Machado Leal Ribeiro e Alexandre Kessler pelos ensinamentos em aula e pelo acolhimento na família LEZO.

À todos os estagiários do LEZO que, de uma forma ou de outra, contribuíram para realização desta pesquisa, em especial, Camila Schultz Marcolla e Júlia Guazzelli Pezzali, que sempre estiveram envolvidas e interessadas a todo o momento.

Aos colegas de Mestrado e Doutorado Gabriel, Araceli, Patrícia, Júlio, Márcia, Mariana, Manuela, William, Luciane, Geruza, Giovanni, Alessandra, Raquel e Daniele pelo companheirismo ao longo destes anos.

Em especial gostaria de agradecer a dois colegas, Marcelo e Fabio pela amizade e parceria na construção do nosso canil experimental. Sem a ajuda de vocês, a realização desse trabalho não seria possível. Sem esquecer, ainda, da companhia e confraternizações que fizemos quase que rotineiramente aos finais de semana.

À professora Maitê pela paciência e pela atenção ao longo da realização das análises laboratoriais.

Aos estagiários e funcionários do Laboratório de Nutrição Animal Sarah, Carolina e Mônica pelo auxílio nas análises.

À secretária do programa de Pós Graduação em Zootecnia Ione, pela paciência e atenção. Exemplo de competência e alegria. Sempre sorridente e prestativa para resolver todos os problemas dos alunos do PGZ.

À Alltech, na pessoa de Felipe Fagundes, pela colaboração e auxílio financeiro na aquisição das gaiolas metabólicas.

À Nutribaur que, muitas vezes, fecharam a linha de produção para produzir e fornecer as dietas experimentais.

Aos meus amigos, Juliane Brustolin, Joice Brustolin, Caroline Lageman e Guilherme Schwertner pela amizade, parceria, atenção e torcida em cada fase. Vocês fazem parte desta conquista.

Aos meus queridos e pacienciosos cães, verdadeiros protagonistas desta pesquisa, Savannah, Florinda, Vandeca, Bibi, Bionda, Chica, Evita, Queixinho, Bituca, Madruga, Bold, San, Coisinha e Alemão.

AVALIAÇÃO DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS SOBRE O FARELO DE ARROZ INTEGRAL E FARINHA DE PENAS EM DIETAS PARA CÃES¹

Autor: Gabriel Faria Estivallet Pacheco

Orientador: Dr. Luciano Trevizan

RESUMO

Foram conduzidos três experimentos com o objetivo de avaliar a palatabilidade, o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e da energia bruta (EB), a energia metabolizável (EM), o balanço de cálcio (Ca) e fósforo (P), o pH urinário e as características fecais de cães adultos alimentados com dietas contendo farelo de arroz integral (FAI), suplementadas ou não com complexo enzimático (CE), ou farinha de penas hidrolisada (FPH), processada ou não com protease e lipase. O experimento 1 avaliou o efeito da inclusão de 20 e 40% de FAI, em substituição a farinha de trigo (FT), sobre a primeira escolha e a relação de consumo (RC) das dietas pelo método de livre escolha com três comparações de A vs. B (controle vs FAI 20; controle vs FAI 40 e FAI 20 vs FAI 40). Além disso, foram realizados dois testes de digestibilidade e metabolizabilidade para avaliar três níveis de FAI (experimento 2) ou de FPH (experimento 3). Os resultados do experimento 1 indicaram que os cães preferiram a dieta contendo 20% de FAI em relação a dieta controle ($P < 0,10$) e não apresentaram preferência específica entre as demais comparações ($P > 0,10$). No experimento 2, foi observado que o aumento do nível de FAI na dieta reduziu linearmente os CDA dos nutrientes e da EB e a EM ($P < 0,05$). A adição do CE, sobre as dietas contendo FAI, não teve efeito sobre nenhuma das variáveis analisadas ($P > 0,05$). A análise de regressão permitiu estimar os CDA da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e EB em 60,5%; 74,8%; 88,4%, 70,8% e o coeficiente de metabolizabilidade aparente (CMA) da energia (66,4%) do FAI, respectivamente. A inclusão de FAI não afetou o pH urinário, mas causou desbalanço na relação Ca:P. A EM do FAI foi estimada em 3440 kcal/kg de MS. No experimento 3, a adição de protease e lipase, associada a baixa temperatura e pressão do digestor, aumentou o CDA e o CMA da energia de 67% para 77,4% e de 56,7% para 66,6%, respectivamente ($P < 0,05$), e disponibilizou cerca de 280 kcal de ED/kg de MS a partir da pena. A EM da FPH foi estimada em 2486 kcal/kg de MS. Os ingredientes testados possuem valor nutricional satisfatório para cães, embora alguns ajustes devam ser considerados.

¹ Dissertação de Mestrado em Zootecnia – Produção Animal, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (97p.), Março de 2013.

EVALUATION OF ENZYME COMPLEX ON RICE BRAN AND FEATHERS MEAL IN DIETS FOR DOGS¹

Author: Gabriel Faria Estivallet Pacheco

Adviser: Dr. Luciano Trevizan

ABSTRACT

Three experiments were conducted to evaluate the palatability, apparent digestibility coefficient (ADC) of nutrients and gross energy (GE), the metabolizable energy (ME), the calcium (Ca) and phosphorus (P) balance, urinary pH and fecal characteristics of dogs adults fed diets containing rice bran (RB), supplemented with enzyme complex (EC), or hydrolyzed feather meal (HFM), processed or not with protease and lipase. The first experiment evaluated the effect of adding 20 and 40% of RB, replacing wheat flour (WF) on the first choice and the intake ratio (IR) of diets by the method of free choice with three comparisons A vs. B (control vs. RB 20, control vs. RB 40 and RB 20 vs. RB 40). In addition, we performed two tests of digestibility and metabolizable to evaluate three levels of RB (experiment 2) or HFM (experiment 3). The results of experiment 1 indicated that the dogs preferred the diet containing 20% of RB compared to control diet ($P < 0.10$) and showed no specific preference between the other comparisons ($P > 0.10$). In experiment 2, we observed that the increased level of RB in the diet decreased linearly the ADC nutrients and GE and MS ($P < 0.05$). The addition of the EC, on diets containing RB, had no effect on any of the variables ($P > 0.05$). The regression analysis allowed us to estimate the ADC of dry matter (DM), crude protein (CP), ether extract (EE) and GE in 60.5%, 74.8%, 88.4%, 70.8% and the apparent metabolizable coefficient (AMC) of energy (66.4%) of the RB, respectively. The inclusion of RB did not affect urinary pH, but caused an imbalance in the Ca:P ratio. The ME of RB was estimated at 3440 kcal / kg DM. In Experiment 3, the addition of protease and lipase, associated with low temperature and pressure of the digester, increased energy ADC and AMC from 67% to 77.4% and from 56.7% to 66.6%, respectively ($P < 0.05$), and provided about 280 kcal DE/kg DM from the feather. The ME of HFM was estimated at 2486 kcal/kg DM. The ingredients have tested nutritional value suitable for dogs, although some adjustments should be considered.

¹ Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (97p.), March, 2013

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	18
2.1. COPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL EM DIETAS PARA CÃES.....	18
2.2. ENZIMAS EXÓGENAS EM DIETAS PARA CÃES	27
2.3. INFLUÊNCIA DO ALIMENTO NO pH URINÁRIO	29
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS	30

CAPÍTULO II

EFEITO DA ADIÇÃO DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE E METABOLIZABILIDADE DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL EM DIETAS PARA CÃES ADULTOS	33
Resumo	34
Introdução	35
Material e Métodos	36
Resultados e Discussão	41
Literatura Citada	49

CAPÍTULO III

EFEITO DA FARINHA DE PENAS HIDROLISADA PROCESSADA COM PROTEASE E LIPASE EM DIETAS PARA CÃES ADULTOS	61
Resumo	62
Introdução	63
Material e Métodos	64
Resultados e Discussão	68
Literatura Citada	72

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	83
APÊNDICES	90
VITA.....	102

LISTA DE TABELAS

	Página
Capítulo I	
Tabela 1. Composição nutricional da farinha de penas hidrolizada na matéria seca.....	20
Tabela 2. Composição nutricional do farelo de arroz integral na matéria seca.....	22
Capítulo II	
Tabela 1. Composição química do farelo de arroz integral.....	53
Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/100g da dieta) no experimento 1.....	53
Tabela 3. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/100g da dieta) no experimento 2.....	54
Tabela 4. Resultados do teste de primeira escolha dos alimentos e da relação de consumo entre as dietas testadas duas a duas (Experimento 1).....	54
Tabela 5. Consumo de nutrientes, coeficiente de digestibilidade aparente total, energia metabolizável e características fecais de cães alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de arroz integral com ou sem complexo enzimático.....	55
Tabela 6. Médias de pH urinário dos cães alimentados com as dietas experimentais contendo FAI.....	56
Tabela 7. Equações de regressão linear para estimativa da digestibilidade e metabolizabilidade aparente e do valor de energia digestível e metabolizável do farelo de arroz integral (FAI) para cães adultos com ou sem complexo enzimático (CE).....	57
Capítulo III	
Tabela 1. Composição química das amostras das farinhas de penas hidrolizada.....	76
Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/100g de dieta).....	76
Tabela 3. Consumo de nutrientes, coeficiente de digestibilidade aparente total, energia metabolizável e características fecais de cães alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farinha de pena hidrolizada processadas ou não com complexos enzimáticos.....	77
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia bruta e coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta da farinha de penas hidrolizada.....	78

Tabela 5. Equação de regressão linear da relação entre adição de farinha de penas (g) sobre ED, EM, PD, MSD, e MOD da dieta total consumida.....	78
--	----

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Relação entre níveis de FAI e consumo, excreção e balanço de cálcio.....	58
Figura 2. Relação entre níveis de FAI e consumo, excreção e balanço de fósforo.....	58
Figura 3. Coeficiente de digestibilidade da MS e da MSSEE das dietas conforme o nível de inclusão do farelo de arroz integral.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	por cento
AAFCO	Association of American Feed Control Officials
AGCC	Ácidos Graxos de Cadeia Curta
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
Ca	Cálcio
CE	Complexo Enzimático
CMA	Coeficiente de metabolizabilidade aparente
ECC	Escore de Condição Corporal
EEHA	Extrato Etéreo Hidrólise Ácida
EM	Energia Metabolizável
FAD	Farelo de Arroz Desengordurado
FAI	Farelo de Arroz Integral
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAP	Farelo de Arroz Parboilizado
FB	Fibra Bruta
FPH	Farinha de Pena Hidrolisada
FT	Farinha de Trigo
MAPA	Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MS	Matéria Seca
MSSEE	Matéria Seca sem Extrato Etéreo
NRC	National Research Council
P	Fósforo
PB	Proteína Bruta
PNA	Polissacarídeos Não Amiláceos
TGI	Trato gastrintestinal

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os coprodutos agropecuários foram os maiores contribuidores para o crescimento da indústria de alimentos para cães e gatos. Forneceram a maior parte das proteínas, gorduras, minerais e quantidades significativas de vitaminas aos animais de companhia (Murray et al., 1997). Resíduos da agroindústria como farinha de carne e ossos, farinha de vísceras, farinha de penas hidrolisada e farelo de arroz, são alguns exemplos do reaproveitamento do material que sobra da produção destes setores e que são incluídos na alimentação animal. A grande disponibilidade de coprodutos agropecuários no mercado brasileiro representa alternativa favorável para reduzir os custos de produção e fornecer parte das exigências nutricionais dos animais de companhia.

O Brasil está entre os principais países produtores de arroz e carne de frango do mundo. Segundo os dados da CONAB (2012) e da UBABEF (2011), o país produziu aproximadamente 13,6 e 12,2 milhões de toneladas de arroz e carne de frango em 2011, respectivamente. O estado do Rio Grande do Sul é o maior produtor nacional de arroz, responsável por 62% do total produzido no Brasil e tem desempenhado papel importante na avicultura, abatendo anualmente, em torno de 16,3% das aves produzidas no país.

O farelo de arroz integral (FAI) e a farinha de penas hidrolisada (FPH) são coprodutos gerados em grandes quantidades a partir do processo de beneficiamento do arroz e da produção de frango para o consumo humano. Cerca de 8% do peso total do arroz é representado pelo FAI e 7% do peso total do abate da ave corresponde às penas (Moura et al., 1994; Pestana-Bauer et al., 2012). Ao considerar a produção destes setores no estado e dos seus coprodutos a partir dos percentuais de beneficiamento, pode-se verificar a disponibilidade de pouco mais de 674 mil toneladas de FAI e 139 mil toneladas de FPH produzidos no Rio Grande do Sul, anualmente. Este volume de coprodutos permite a substituição parcial de ingredientes mais nobres, como milho, farelo de soja e carnes, que são ingredientes de primeira escolha para a formulação de dietas para as mais variadas espécies.

O FAI é normalmente utilizado na alimentação animal como fonte de fibra e lipídeos, especialmente pela presença de ácidos graxos insaturados. Apesar de não ser um ingrediente protéico, sua proteína apresenta valor biológico considerável e digestibilidade em torno de 73% na matéria seca (MS) para cães (Sá Fortes, 2010).

A composição nutricional do FAI varia conforme o processamento ao qual é submetido. O farelo parboilizado tende a apresentar níveis mais elevados de gordura do que o do arroz tradicional. Ainda, o FAI pode gerar o farelo de arroz desengordurado (FAD) pela extração do óleo de arroz. O elevado teor de óleo do FAI (16 – 22%) confere alta susceptibilidade a rancificação pelas lipases, enzimas presentes no próprio farelo, que podem ser inativadas por meio de processamento térmico. Os lipídeos do arroz contêm alguns componentes (tocoferol, tocotrienol e γ -orizanol) que atraem a atenção da indústria para o FAI, que pode ser apresentado como “ingrediente funcional” em alimentos para animais de companhia (Spears et al. 2004). Estes componentes são identificados como promotores de saúde em humanos,

auxiliam na redução da concentração de colesterol no sangue e exercem efeito laxativo (Rouanet et al., 1993; Spears et al., 2004).

Apesar das vantagens do uso do FAI em alimentos para cães, como disponibilidade e baixo custo, a presença de fatores antinutricionais termoestáveis como polissacarídeos não amiláceos (PNA) e ácido fítico tem limitado seu uso em quantidades elevadas. Outro ingrediente de limitado uso em dietas para cães é a FPH. Este coproduto tem sido associado a dietas de baixa qualidade ou como contaminante de ingredientes como a farinha de vísceras e a farinha de coprodutos de aves (Murray et al., 1997). Apesar disso, a FPH pode ser fonte de proteína economicamente interessante, se bem processada. É sabido que a FPH possui níveis elevados de proteína bruta (aproximadamente 90%) altamente indisponível devido a sua estrutura queratinizada (Rebafka & Kulshrestha, 2009). O processamento das penas em digestores com altas temperaturas e pressão destroem as ligações da queratina e torna a proteína disponível para digestão. Entretanto, a exposição das penas à alta temperatura e pressão por tempo prolongado, pode atuar negativamente na disponibilização dos aminoácidos mais sensíveis à temperatura, os tornando indisponíveis à digestão e, consecutivamente, à absorção.

A menor disponibilidade dos nutrientes, causada pela presença de fatores antinutricionais e pela elevada temperatura e pressão do processamento, pode ser revertida com a inclusão de enzimas exógenas nas dietas ou no processo de produção dos ingredientes. Esta ferramenta biotecnológica tem demonstrado efeitos positivos no aproveitamento dos nutrientes em dietas para aves e suínos. As enzimas são incluídas com objetivo de aumentar a digestibilidade dos alimentos, reduzir os efeitos dos fatores antinutricionais e aumentar a disponibilidade dos nutrientes para os animais. Para animais de companhia os estudos avaliando os efeitos das enzimas exógenas estão em fase inicial e os resultados são pouco consistentes devido ao escasso número de trabalhos encontrados na literatura (Twomey et al., 2001; Twomey et al., 2003a; Félix et al., 2012).

Poucos estudos foram realizados com a inclusão de FAI (Stratton-Phelps et al., 2002; Spears et al., 2004; Sá Fortes et al., 2010) e FPH (Rebafka & Kulshrestha, 2009) em dietas para animais de companhia. Nenhum estudo foi encontrado avaliando o efeito da inclusão de enzimas sobre a digestibilidade do FAI e da FPH.

Considerando o acima exposto, este estudo objetivou avaliar a disponibilidade de nutrientes do FAI e da FPH mediante a inclusão dos ingredientes em 2 níveis na dieta com e sem acréscimo de enzimas exógenas, específicas para cada ingrediente tendo como variáveis a digestibilidade e a metabolizabilidade dos nutrientes e da energia e os parâmetros fecais e urinários.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. COPRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL E VEGETAL EM DIETAS PARA CÃES

O acelerado crescimento e alta competitividade do mercado de alimentos para animais de companhia induziu a procura por ingredientes alternativos para substituir ingredientes comumente utilizados na alimentação humana com o objetivo de baratear os custos de produção. Segundo Murray et al. (1997) entre 25 e 40% da matéria seca (MS) dos alimentos *premium* são provenientes de coprodutos de origem animal.

O mercado brasileiro dispõe de grande variedade de coprodutos agropecuários que, se bem processados, poderão fornecer quantidades satisfatórias de nutrientes e energia às dietas. Todavia, para que a dieta seja formulada adequadamente é importante conhecer as características nutritivas dos ingredientes, tais como, sua composição química, digestibilidade dos nutrientes, fatores antinutricionais, toxidez e, principalmente, o valor de energia metabolizável (EM), que representa a quantidade de energia disponível aos tecidos dos animais.

Tradicionalmente, os fabricantes de alimentos para animais de companhia têm incluído em suas formulações grandes variedades de coprodutos de origem animal e vegetal com valores nutricionais altamente variáveis. Embora muitas pesquisas tenham sido conduzidas avaliando as características nutricionais dos coprodutos para animais de produção, poucos estudos investigaram o potencial destes ingredientes em alimentos para animais de companhia (Rebafka & Kulshrestha, 2009; Sá, 2011; Tortola, 2011; Félix et al. 2012).

A falta de padronização no processamento dos coprodutos constitui a principal fonte de variação na composição nutricional destas matérias primas e contribui para limitar maiores inclusões nos alimentos destinados aos cães. Outro fator limitante é a escassez de dados precisos disponíveis sobre digestibilidade e EM destes coprodutos, causada pela falta de metodologias precisas e exequíveis (Félix, 2011).

Há grande potencial para o emprego da farinha de penas hidrolisada (FPH) e do farelo de arroz integral (FAI) nas formulações para animais de companhia. Além de serem ingredientes com grande disponibilidade no mercado, apresentam custo reduzido e são facilmente encontrados no Brasil, especialmente no Rio Grande do Sul. As características dos dois coprodutos testados são compatíveis com as necessidades nutricionais de cães pela alta concentração de gordura do FAI e da proteína proveniente da FPH. Enquanto para outras espécies, a inclusão destes ingredientes se limitaria pela concentração dos seus nutrientes, dietas para cães podem usar quantidades maiores destes coprodutos durante o processo de formulação, já que os canídeos, devido ao hábito carnívoro, toleram grandes quantidades de gordura e proteína nas dietas. No entanto, conhecer o potencial de aceitação destes ingredientes nas formulações e seus efeitos sobre a digestibilidade dos nutrientes é decisivo para seu uso.

2.1.1. FARINHA DE PENAS HIDROLISADA (FPH)

As penas correspondem a aproximadamente 7% do peso total das aves (Moura et al., 1994; Holanda et al., 2009), o que proporciona grande capacidade de produção e disponibilidade de FPH no mercado nacional. Embora possuam valores acima de 85% de proteína bruta (PB), o valor nutricional da farinha de penas em estado natural é praticamente insignificante (Fialho, 2006). A proteína da farinha de penas é de baixa digestibilidade, em especial pela presença de queratina em sua estrutura, que pode representar até 90% da PB da farinha (Scapim et al., 2003).

As queratinas possuem elevados níveis de ligações intercadeias, consequência da alta quantidade de cisteína presente em sua estrutura, que facilitam a formação de pontes dissulfeto. Esta característica confere à farinha de penas, baixa solubilidade e alta resistência às enzimas digestivas de animais não ruminantes, tais como pepsina, tripsina e papaína (Grazziotin et al., 2006). Este problema pode ser parcialmente contornado por meio do processamento das penas para desnaturação da queratina (Scapim et al., 2003; Bertsch & Coello 2005).

O processamento convencional utilizado pela indústria para hidrólise das penas envolve a aplicação de altas temperaturas e pressão no digestor. Entretanto, a exposição das penas à estas condições, por tempo prolongado, pode atuar negativamente sobre a disponibilização dos aminoácidos mais sensíveis à temperatura, tornando-os indisponíveis à digestão e à absorção pelos animais (Considine, 2000). A adição de enzimas exógenas no digestor, associada a menor temperatura e pressão, tem sido uma das alternativas usadas para amenizar os efeitos do super aquecimento na qualidade das farinhas de penas (Considine, 2000).

O sistema convencional de processamento pode ser realizado de duas formas: em lotes (descontínuo) ou contínuo. A principal diferença entre os dois processos está relacionado à entrada e saída do material no digestor. No sistema em lotes, as penas cruas entram úmidas no digestor (aproximadamente 45% de umidade) e são mantidas em cozimento por aproximadamente 1 hora a 160°C sob 3 – 4 bars de pressão. Após o período de cozimento, a temperatura é reduzida e o produto é levado para secagem até atingir entre 8 e 10% de umidade. O composto seco é submetido à moagem para melhorar a uniformidade física da farinha de penas. No sistema contínuo, o processamento das penas é praticamente o mesmo empregado no sistema de lotes, entretanto, a entrada e saída de material no digestor é constante, necessitando maior temperatura e pressão (155 – 179°C e 5 – 6 bars, respectivamente).

O tratamento das penas com microrganismos queratinolíticos e o processamento com adição de complexos enzimáticos (CE), associado a menor temperatura e pressão no digestor, tem sido investigado como alternativas para produzir farinhas de penas de melhor qualidade para nutrição animal (Bertsch & Coello, 2005; Grazziotin et al., 2006; Considine, 2000).

Johnson et al. (1998) determinaram a digestibilidade de nove ingredientes de origem animal utilizados em alimentos para cães e verificaram que o processamento com alta temperatura afetou negativamente a

digestibilidade dos aminoácidos dos ingredientes. Os autores recomendaram que o processamento das farinhas de coprodutos de origem animal seja realizado com baixas temperaturas para evitar a redução do valor nutricional dos ingredientes. Não obstante, Rebařka & Kulshrestha (2009) apontaram o processo de secagem como principal responsável pelas modificações na digestibilidade de proteínas e aminoácidos da FPH.

Em estudo com aves, Considine (2000) observou que a hidrólise das penas com CE, contendo protease e lipase associada a baixa temperatura e pressão, incubadas no digestor, aumentou a digestibilidade da PB e a EM da FPH em relação ao tratamento convencional.

Os diferentes métodos de processamento das penas causam variações significativas no valor nutricional da FPH (Tabela 1). O aquecimento com alta temperatura e pressão rompe as ligações dissulfeto da queratina, que conferem rigidez e resistência as penas, permitindo que as enzimas proteolíticas digestivas atuem sobre a proteína no trato gastrointestinal (TGI), melhorando a disponibilidade dos aminoácidos (Bielorai et al., 1982). Apesar de melhorar a disponibilidade de alguns aminoácidos com a desnaturação da proteína, ocorre também a complexação ou destruição dos aminoácidos termossensíveis, principalmente cisteína (Scapim et al, 2003; Grazziotin et al., 2006; Rebařka & Kulshrestha, 2009) e a formação de aminoácidos não nutritivos como lisinoalanina e lantionina (Bertsch & Coello, 2005), que não são metabolizados pelos animais.

Tabela 1. Composição nutricional da farinha de penas hidrolizada na matéria seca.

Componente	Scapim et al. (2003)				Rostagno (2011)		Araújo (2011)
	Farinha 1	Farinha 2	Farinha 3	Farinha 4	75%	84%	
Umidade (%)	12,61	12,52	12,33	12,23	10,26	8,94	9,97
Cinzas (%)	2,35	2,26	2,31	2,14	3,00	2,42	2,79
Ca (%)	0,34	0,33	0,33	0,33	0,35	0,31	0,21
P (%)	0,34	0,34	0,34	0,33	0,63	0,66	0,4
PB (%)	80,66	80,97	80,67	80,59	74,91	83,63	73,7
EB (kcal/kg)	-	-	-	-	5206	5225	5295
Digestibilidade ¹ (%)	58,93	59,32	61,09	60,51	-	-	-

Ca=cálcio, P=fósforo, PB=proteína bruta, EB=energia bruta ¹ Digestibilidade da proteína em pepsina 0,2%

Moura et al. (1994) observaram que a substituição total ou parcial do farelo de soja por farinha de penas e sangue para suínos em terminação, resultou na perda de desempenho. Este fato foi atribuído ao desbalanço e baixa disponibilidade dos aminoácidos na farinha de penas e sangue.

Apesar das limitações nutricionais, a farinha de penas é frequentemente incluída em dietas para aves, truta arco-íris, camarão e salmão como fonte protéica (Bertsch & Coello, 2005). Para cães e gatos o uso de farinha de penas tem sido limitado principalmente pela baixa digestibilidade de seus nutrientes, reduzido valor biológico da proteína, especialmente devido à deficiência de

aminoácidos essenciais, como metionina, lisina, histidina e triptofano (Rebafka & Kulshrestha, 2009) e por questões comerciais relacionadas à percepção negativa que alguns consumidores têm sobre a adição de coprodutos de origem animal em alimentos para animais de companhia (Kane & Phillis, 2003).

Rebafka & Kulshrestha (2009) compararam o efeito da inclusão da farinha de penas comercial (GoldMehl[®]FM) em substituição parcial (50%) ou total da farinha de vísceras de aves (9 e 14% da formulação, respectivamente) em dietas para cães adultos. Observaram que a adição da farinha de penas prejudicou a qualidade das fezes e resultou em baixos escores fecais. O nível de 14% de farinha de penas proporcionou o maior teor de umidade nas fezes (74%). Embora a adição de farinha de penas tenha afetado negativamente as características fecais, foi observado que a dieta contendo a relação de 50:50 de farinha de penas e farinha de vísceras (9% da formulação) apresentou, ainda, escore fecal aceitável. Os níveis de 9 e 14% de farinha de penas em substituição à farinha de vísceras não apresentaram diferenças significativas na digestibilidade aparente da proteína da dieta, que ficou acima de 80%.

Apesar das farinhas de penas apresentarem baixo valor biológico, o elevado teor protéico deste ingrediente o torna atrativo para cães e gatos. Em estudo comparativo com três tipos de farinha de penas (crua, processadas pelo método convencional e tratadas com microorganismos queratinolíticos), Bertsch & Coello (2005) obtiveram melhora significativa no perfil aminoacídico, com o aumento de alguns aminoácidos essenciais da farinha de penas tratada com microorganismos em relação às demais, indicando que a queratina das penas pode ser utilizada como fonte de proteína barata.

O aumento da disponibilidade de nutrientes da farinha de penas pode permitir maiores inclusões deste ingrediente em formulações para diferentes espécies. O balanço aminoacídico nas formulações pode ser corrigido com aminoácidos sintéticos ou mesmo pela complementaridade com outros ingredientes, permitindo o uso desta fonte protéica em quantidades mais elevadas sem prejuízo ao balanço nitrogenado dos animais.

2.1.2. CARACTERIZAÇÃO DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL (FAI)

O arroz está entre os cereais mais importantes cultivados no mundo. Estima-se que a produção mundial atinja 728,7 milhões de toneladas em 2012 (FAO, 2012). O grão é considerado alimento básico e fornece boa parte das calorias diárias para humanos e animais de companhia (Kahlon, 2009; Ryan, 2011). Por outro lado, a inclusão de ingredientes que servem para o consumo humano em rações para animais de companhia tem sido questionada por alguns setores da sociedade (Vale & Vale, 2009). O uso de coprodutos da agroindústria é uma alternativa economicamente viável para substituir, em partes, grãos e cereais nas formulações para alimentação animal.

Os principais coprodutos do arroz são o farelo e a quirera. Estes produtos são formados ao longo do processo para a produção do arroz branco, que segue uma sequência de processamentos a partir do grão com casca. O grão do arroz colhido no campo sofre inicialmente o processo de secagem. O grão de arroz é revestido pela casca, uma camada resistente e fibrosa, que protege o núcleo das intempéries e das pragas. O passo inicial do

beneficiamento do grão é a remoção da casca. Esta etapa produz o arroz integral, sendo o processo que menos reduz o valor nutricional do arroz já que a casca carrega poucos nutrientes (Kahlon, 2009). Parte deste arroz é destinada ao consumo humano na forma de arroz integral, o restante é submetido à etapa seguinte, que retira a camada mais externa do grão através da operação de abrasão (brunimento) para produzir o arroz branco. Este processo gera como resíduo o FAI. A quirera é produzida por peneiração do arroz branco, separando os grãos inteiros dos quebrados.

Todas as etapas estão encadeadas com o objetivo de produzir arroz branco e inteiro para consumo humano, mas nestes processos são produzidos diversos coprodutos com composição nutricional variável: a casca, com baixo valor nutricional considerável, o arroz quebrado, com alto valor nutricional e o FAI, que pode ser desengordurado para produzir o óleo de arroz com a formação consecutiva do farelo de arroz desengordurado (FAD).

Segundo Kahlon (2009), para cada 100 kg de arroz em casca, são produzidos aproximadamente 58 kg de arroz branco polido, 12 kg de arroz quebrado, 20 kg de casca e 10 kg de farelo integral. Estes valores, entretanto, são muito variáveis e dependem do tipo de processamento ao qual o grão foi submetido. Para as condições industriais do Brasil, o FAI corresponde a 8% do peso total do grão (Silva et al., 2006; Lacerda et al., 2010; Pestana-Bauer et al., 2012).

O FAI é composto pelo pericarpo, testa, aleurona e a maior parte do gérmen, além de conter quantidades variáveis de fragmentos de arroz (quirera) e pequena quantidade de casca (Butolo, 2010). Possui alta concentração de sílica e presença de oxalato, componente antinutricional, que tem limitado a inclusão de níveis mais elevados de FAI em dietas para suínos (Fialho, 2009). Por outro lado, contém quantidades de aminoácidos essenciais (triptofano, histidina, arginina, metionina e cisteína), comparáveis a ingredientes nobres que são utilizados na nutrição humana e que encarecem a formulação dos alimentos quando são incluídos nas dietas para cães, tal como a farinha de trigo (NRC, 2006).

No Brasil são produzidos aproximadamente 1,1 milhões de toneladas de FAI por ano. Esta matéria prima possui composição nutricional interessante para alimentação animal e é utilizada geralmente como fonte energética. Entretanto, os níveis de inclusão e seus efeitos na digestibilidade dos alimentos, variam entre as espécies animais (Calvert et al, 1985; Speras et al., 2004; Ryan, 2011). A composição nutricional do farelo também varia. Depende de fatores associados à variedade genética do arroz, processamento, grau de extração do farelo durante o brunimento, níveis de contaminação com casca e condições ambientais de cultivo (Lacerda et al., 2010). A Tabela 2 apresenta composições do FAI reportadas na literatura.

Tabela 2. Composição nutricional do farelo de arroz integral na matéria seca.

Componente	Spears et al. (2004)	Silva et al. (2006)	NRC (2006)	Fortes et al. (2010)	Rostagno et al. (2011)
Umidade %	7,90	7,96	9,40	9,20	10,66
PB %	15,60	13,62	14,00	13,10	13,13

Continuação da Tabela 2.

FDT %	21,40	-	-	32,10	-
FB %	-	-	11,40	-	8,07
EEHA %	23,30	26,53	-	-	-
EE %	-	-	13,80	16,50	14,49
MM %	8,50	9,90	9,40	9,90	8,98
EB (kcal/kg)	5440	-	-	4569	4335
EM (kcal/kg)*	-	-	3860	-	-

PB – proteína bruta; FDT – fibra dietética total; FB – fibra bruta; EEHA – extrato etéreo hidrólise ácida; EE – extrato etéreo; MM – matéria mineral; EB – energia bruta; *EM – energia metabolizável para cães adultos.

O FAI pode conter valores acima de 20% do seu peso em óleo (Spears et al., 2004; Silva et al., 2006), dos quais mais de um terço é constituído por ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs) (Case et al., 2011). A presença dos PUFAs torna o FAI susceptível à rancificação e a presença da enzima lipase no farelo aumenta a chance de acidificação, a menos que o farelo seja tratado termicamente.

A degradação enzimática ocorre rapidamente após a remoção do farelo do grão. A lipase presente no tegumento do grão entra em contato com o lipídeo da camada aleurona e cliva as ligações entre ácidos graxos e glicerol do triglicerídeo, levando a rancificação hidrolítica do farelo. Esta reação química causa efeitos negativos, que podem levar a perda de palatabilidade do farelo em dietas para cães (Calvert et al., 1985; Spears et al., 2004; Case et al., 2011). Além disso, a taxa de hidrólise varia com a temperatura do ambiente que, segundo Calvert et al. (1985), em condições tropicais pode ocorrer degradação de aproximadamente 30% do óleo já na primeira semana de estocagem. Ramezanzadeh et al. (1999) observaram aumento nos níveis de ácidos graxos livres no FAI de 2,5 para 34,4% nas primeiras quatro semanas quando estocado a 25°C. Em contraste verificaram que os níveis de ácidos graxos livres se mantiveram entre 8,9 e 9,3% quando armazenados entre 4 – 5°C. Desta forma, é recomendada a utilização de técnicas adicionais para inativar a lipase e evitar a deterioração dos triglicerídeos do farelo.

O *Western Regional Research Center, U. S. Department of Agriculture* desenvolveu um método no qual o FAI é aquecido por três segundos a 130° C em uma extrusora, em seguida, o farelo é mantido em temperatura de 100° C por três minutos e posteriormente é resfriado. Este processo inativa permanentemente a lipase e produz o farelo de arroz estabilizado. O aquecimento não tem demonstrado, em estudos de digestibilidade, efeitos adversos na qualidade nutricional do FAI quando incluído até 40% em dietas para suínos (Calvert et al., 1985).

O farelo de arroz parboilizado (FAP), é obtido por meio do processo de parboilização do arroz. Neste processo, o grão de arroz com casca é submetido ao tratamento hidrotérmico. O procedimento de parboilização é feito geralmente quando o rendimento do grão de arroz inteiro é reduzido pela quebra do grão durante o descasque. Ao submeter o grão à umidade e calor, há um pré-cozimento do grão que pré-gelatiniza o amido favorecendo a adesão do grão ainda dentro da casca, reduzindo a quantidade de arroz quebrado e de coprodutos durante o processo de descasque. O farelo obtido após a

parboilização não necessita de tratamento térmico adicional, uma vez que este processo pode inativar a lipase e torná-lo mais estável (Silva et al., 2006).

Apesar da maior estabilidade do FAP em relação ao FAI, é importante salientar que, a temperatura acima de 58°C empregada no processo de parboilização também inativa as propriedades antioxidantes do FAI (Kahlon, 2009). Características relacionadas à composição nutricional também são alteradas. Lacerda et al. (2010) compararam a qualidade de três variedades de farelo (FAI, FAP e FAI extrusado) e encontraram teores maiores de PB, lipídeos e fibras alimentares e menores de carboidratos no FAP, não havendo diferença entre o FAI e o FAI extrusado. Esta diferença é resultado da maior rigidez do endosperma, causada pelo processo de parboilização, que reduz a participação deste componente, rico em amido, no farelo (Saunders, 1990).

O conteúdo de fibra dietética do FAI e do FAP varia com o grau de processamento e a quantidade de amido presente no farelo. Apesar do amido não estar presente na camada externa do pericarpo, com a quebra do endosperma no processamento, parte desta fração pode ir para o farelo.

Sá Fortes et al. (2010) determinaram os coeficientes de digestibilidade de diferentes cereais e seus coprodutos em alimentos para cães adultos. Os autores verificaram que a alta concentração de fibra dietética presente no FAI afetou negativamente o CDA dos nutrientes do farelo e constataram que este ingrediente pode reduzir a digestibilidade total da dieta quando incluído em grandes quantidades nas formulações dos alimentos para cães. A maior parte da fibra dietética presente no FAI é composta pela fração insolúvel (Choct, 1997; Ogué-Bom et al., 2011). Estas fibras não exibem características viscosas durante a digestão e são pouco degradadas no trato gastrointestinal, permitindo que as moléculas insolúveis remanescentes no intestino forneçam maior volume ao bolo fecal.

Apesar das vantagens presentes no FAI como ingrediente para alimentos para animais de companhia, fatores negativos como a presença de polissacarídeos não amiláceos (PNA) e ácido fítico têm restringido maiores inclusões.

2.1.2.1. FATORES ANTINUTRICIONAIS PRESENTES NO FAI

- Polissacarídeos não amiláceos do farelo de arroz

O FAI contém elevados níveis de PNA, cerca de 20 a 25%, dos quais, 8,3% correspondem a arabinosilanos e 11,2% a celulose (Choct, 1997). Os PNA são polímeros de monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas que reúnem grande variedade de moléculas de polissacarídeos e desempenham papel importante na integridade estrutural das plantas (Choct, 1997). São classificados como solúveis ou insolúveis de acordo com a capacidade de formar solução homogênea ou não com a água.

Os principais PNA insolúveis encontrados nos cereais são predominantemente celulose, galactoglicomananas, xilanas e xiloglucanas, enquanto os principais PNA solúveis são pectinas, arabinogalactanas, arabinosilanos e β -(1,3)(1,4)-D-glucanas (β -glucanas) (Caprita & Caprita, 2010; Caprita et al., 2011). Na nutrição animal os PNA são reconhecidos como

aquelas moléculas de polissacarídeos que não são degradadas pelas enzimas digestivas de não ruminantes e alcançam o cólon quase que intactas, onde podem ser fermentadas. Estes grupos de polissacarídeos possuem diferentes propriedades físico-químicas que causam efeitos antinutricionais variados sobre o trato gastrointestinal de animais não ruminantes.

O principal efeito antinutricional dos PNA solúveis em animais não ruminantes está associado à natureza viscosa destas moléculas, que quando entram no intestino delgado elevam a viscosidade da digesta. O aumento da viscosidade intestinal interfere na interação entre as enzimas endógenas e os substratos presentes na mucosa e lúmen intestinal, reduzindo a digestibilidade e absorção dos nutrientes pelos enterócitos (Bedford, 1995; Choct, 1997; Twomey et al., 2001). O mecanismo de ação dos PNA solúveis inclui alterações na taxa de passagem ao longo do intestino, modificações na mucosa intestinal e mudanças na regulação hormonal devido à variação da taxa de absorção dos nutrientes (Choct, 1997).

Segundo Bedford (1995) a maior viscosidade eleva a atividade microbiana no intestino delgado, reduz o consumo alimentar e aumenta a umidade das fezes. Em estudo com cães adultos, Twomey et al. (2003a) verificaram que o aumento do nível de PNA solúveis nos alimentos prejudicou a conformação e qualidade das fezes, com o conseqüente aumento da umidade fecal, diminuição da concentração dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e aumento dos níveis de lactato nas fezes. Os AGCC são absorvidos rapidamente no local onde são produzidos e estimulam a absorção de água no intestino. Por outro lado, quando a produção de AGCC é acentuada o pH intestinal tende a cair e a população microbiana que produz ácido láctico aumenta. O lactato não é absorvido rapidamente e não estimula a absorção de água a partir do intestino, podendo impactar na qualidade fecal. Também foi observado neste estudo efeito antinutricional dos PNA solúveis sobre os CDA do amido, da PB, da EB e da gordura, que reduziram conforme o aumento da concentração dos PNA na dieta.

Os PNA insolúveis apresentam menores efeitos na digestibilidade dos nutrientes do que os solúveis, devido ao fato de não produzirem solução viscosa no intestino (Twomey et al., 2001). Ao contrário das moléculas de PNA solúveis, os insolúveis são pouco degradados no trato gastrointestinal, permitindo que os polissacarídeos remanescentes na digesta forneçam volume ao bolo fecal e auxiliem na motilidade.

Os PNA insolúveis têm sido estudados em cães frequentemente pelo aumento da inclusão de celulose nas dietas. Silvio et al. (2000), observaram que a adição de celulose em dietas para cães, como fonte não fermentável de fibra, aumentou a MS e o volume fecal e reduziu a digestibilidade da MS, EB e FDT. Este efeito é devido à capacidade que os PNA insolúveis têm de reduzir o tempo de permanência da digesta no intestino, pelo estímulo peristáltico, que aumenta a taxa de passagem, diminuindo as chances das enzimas digestivas atuarem sobre os substratos da dieta, reduzindo consecutivamente a digestibilidade dos nutrientes (Choct, 1997).

- Ácido fítico

A biodisponibilidade do fósforo dietético para os animais varia entre as fontes. O fósforo inorgânico e os de fontes protéicas de origem animal são considerados como 100% disponíveis (Bertechini, 2012). Entretanto, a disponibilidade do fósforo de origem vegetal para aves e suínos é considerada em torno de 1/3 do total analisado e é dependente do teor de ácido fítico presente no ingrediente. Este componente está presente em todos os ingredientes de origem vegetal.

O nível de fitato nas plantas depende do tipo e parte da planta, condições de crescimento e conteúdo de minerais no solo. Embora, os cereais possuam altas concentrações de fósforo, a presença deste mineral encontra-se na forma de fósforo fítico em níveis que variam de 60 a 80% do fósforo total (Calvert, 1985). Para o FAI estima-se que 90% do fósforo esteja na forma de fitina (Amissah et al., 2003), de modo que este fósforo encontra-se indisponível para animais não ruminantes por estar preso à fração estável do ácido fítico.

A molécula de fitato possui carga negativa em sua estrutura e por este motivo tem a capacidade de se ligar a íons de Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} e Zn^{2+} , formando complexos insolúveis difíceis de serem hidrolisados no processo digestivo de animais não ruminantes. A concentração de fitato no FAI está entre as mais elevadas encontradas nos cereais, aproximadamente 6% do peso total do FAI (Domene et al., 2001). Deste modo, quando incluído em grandes quantidades nas formulações, pode ser necessário suplementar as dietas com fósforo inorgânico, tal como fosfato dicálcico, ou com ingredientes de origem animal, como farinha de carne e ossos, para que as necessidades diárias de fósforo sejam alcançadas. A inclusão de fósforo inorgânico onera o custo das rações e pode resultar em problemas ambientais com a maior excreção de fósforo indigestível no ambiente.

Em dietas para cães, elevados níveis de fósforo inorgânico e fitato podem comprometer a absorção de cálcio e gerar desbalanço entre a relação Ca:P (Case et al. 2011). A inclusão de níveis elevados de FAI em dietas para cães afeta a relação entre os minerais, pois, como exposto anteriormente, o FAI contém elevados níveis de fitato e baixas concentrações de cálcio (NRC, 2006; Rostagno et al, 2011), o que gera desequilíbrio na relação entre estes minerais. Este desbalanço pode levar à inadequada absorção de cálcio e breve hipocalcemia nos animais. O baixo nível de cálcio no sangue estimula a liberação do hormônio da paratireoide (PTH) que aumenta a produção de calcitriol (forma ativa da vitamina D) e conseqüentemente eleva a reabsorção do cálcio nos ossos e absorção no intestino delgado para reestabelecer os níveis adequados de cálcio no sangue.

A inclusão de enzimas exógenas como a fitase nas dietas para cães representa uma das maneiras de aumentar a disponibilidade do fósforo das fontes vegetais e contribuir com a redução da excreção de fósforo no ambiente. A degradação parcial da molécula de fitato impede a complexação deste componente com minerais e outras moléculas que são susceptíveis a se ligarem com o ácido fítico podendo melhorar a digestibilidade de minerais e proteínas (Twomey et al., 2001).

2.2. ENZIMAS EXÓGENAS EM DIETAS PARA CÃES

A inclusão de enzimas exógenas à ração ou durante o processamento dos ingredientes tem sido investigada como alternativa para atenuar os efeitos indesejados dos fatores antinutricionais ou melhorar a digestibilidade de ingredientes que compõem dietas para animais não ruminantes (Ebling et al., 2012).

Exceto por pequeno grupo de moléculas de RNA catalítico conhecido como ribozina, todas as enzimas são proteínas globulares altamente especializadas (Nelson & Cox, 2006). Sua atividade catalítica está associada à integridade da conformação nativa de proteína e qualquer alteração que ocorra em suas estruturas primárias, secundárias, terciárias ou quaternárias, a atividade catalítica da enzima é perdida (Nelson & Cox, 2006). A estrutura molecular das enzimas é bastante frágil e para que possam ser utilizadas eficientemente em alimentos para animais de companhia é importante que resistam ao processo de extrusão, às variações de pH e à ação proteolítica do trato digestivo dos animais.

As enzimas comercialmente produzidas e utilizadas na alimentação animal, em geral, são de bactérias do gênero *Bacillus sp.* ou fungos do gênero *Aspergillus sp.* ou *Trichoderma sp.* (Fireman & Fireman, 1998; Yin et al., 2001). A suplementação das dietas com enzimas exógenas para animais de produção tem sido realizada há muitos anos. A maior disponibilidade de nutrientes causada pela ação das enzimas possibilita o maior aproveitamento dos alimentos pelos animais e reduz a perda de nutrientes eliminados nas fezes e na urina, sendo possível potencializar o uso dos nutrientes presentes no alimento.

A incorporação das enzimas exógenas às dietas pode ocorrer com diferentes objetivos: aplicadas como aditivo na produção do alimento, potencializando o processo de extrusão; como complemento enzimático ao processo digestivo, contribuindo quantitativamente com as enzimas endógenas (amilase, lipase e protease); como suplemento de enzimas não sintetizadas pelo organismo (xilanase, celulase, β -glucanase e fitase) e diretamente sobre um único ingrediente visando incorporar menor quantidade de enzima, potencializando seu efeito sobre o ingrediente (Sá, 2011; Carciofi et al., 2012; Ebling et al., 2012).

Os resultados obtidos em pesquisas com enzimas exógenas em alimentos para aves e suínos são variáveis e muitas vezes conflitantes. Torres et al. (2003), reportaram aumento no ganho de peso e no índice europeu de eficiência produtiva e melhora na conversão alimentar em aves alimentadas com dietas à base de milho e farelo de soja com níveis normais e reduzidos de energia (3% na fase de crescimento e 5% na fase final da criação) e/ou proteína, com inclusão de 0,5; 1,0 e 1,5 g/kg de dieta do CE composto por α -amilase, protease e xilanase. Entretanto, Bonato et al. (2004), utilizando 1 kg/t de dieta do CE composto por protease, pentosanase e fitase não observaram efeitos significativos em nenhum dos parâmetros avaliados em frangos de corte alimentados com dietas contendo de 0 à 30% de FAI, demonstrando que as enzimas não foram capazes de reduzir os efeitos dos fatores antinutricionais presentes no farelo.

Resultados conflitantes também são observados em pesquisas com cães. Apesar dos estudos com CE estarem em fase inicial, a variabilidade das metodologias empregadas para avaliar seu efeito na disponibilidade dos nutrientes tem dificultado a comparação dos resultados. Félix et al. (2012) avaliaram o efeito da inclusão do farelo de soja na digestibilidade dos nutrientes e da EB e no conteúdo de EM, de dietas para cães, suplementadas ou não com CE contendo α -galactosidase, β -glucanase e xilanase. Os autores observaram maior digestibilidade da MS, MO, PB, EB e conteúdo de EM nos alimentos contendo farelo de soja suplementados com 2 g/kg de CE, e maior digestibilidade da MS, MO e PB nos alimentos contendo farelo de soja com alta proteína, suplementados com 2 g/kg de CE.

Twomey et al. (2003b) investigaram o efeito da inclusão da enzima inulinase em dietas à base de cevada, trigo e coprodutos do trigo para cães adultos contendo 0, 30 e 60% de fruto-oligossacarídeo (FOS) comercial (10,4 FOS/kg). No estudo, a enzima atenuou a capacidade fermentativa do FOS, aumentou o pH fecal, reduziu a concentração de lactato nas fezes e consecutivamente melhorou a qualidade fecal. A redução da produção de lactato pode ser reflexo da modificação estrutural dos substratos disponíveis para fermentação. Este efeito foi atribuído à clivagem das moléculas de FOS pela inulinase em pequenas moléculas de oligossacarídeos, que entram no intestino grosso. Entretanto, a enzima teve efeito limitado na digestibilidade dos nutrientes, melhorando apenas o CDA da PB da dieta.

Em contraste, Carciofi et al. (2012) realizaram dois experimentos avaliando o efeito da adição de α -amilase estável ao calor em dietas para cães adultos. No primeiro experimento foram utilizados 120 kilo-novo unidades de α -amilase (KNU)/kg produzida a partir de *Bacillus licheniformis* adicionadas de forma líquida durante o período de pré-condicionamento. No segundo experimento foram usadas 3684 KNU/kg produzidas a partir de *Aspergillus oryzae* misturados aos ingredientes antes da extrusão. Uma KNU é definida como a quantidade de enzima que, sob condições padrão, decompõe 5,26g de amido solúvel por hora. Os autores não observaram melhoria na digestibilidade dos nutrientes, no conteúdo de MS das fezes e na palatabilidade dos alimentos para cães com a inclusão da enzima. Entretanto, verificaram menor gasto de energia elétrica e maior produtividade dos extrusados. O benefício no processamento foi atribuído ao efeito da α -amilase que hidrolisou a amilose presente na dieta e evitou a maior absorção de água, inchaço e fricção da massa com a extrusora, permitindo que a mesma se tornasse mais fluida e menos resistente ao fluxo no canhão de extrusão. Este efeito também foi observado por Froetschner et al. (2006).

Twomey et al. (2003a) avaliaram o efeito da suplementação de CE contendo xilanase, β -glucanase e amilase em dietas para cães contendo trigo e cevada como fontes de PNA solúveis e constataram que a adição do CE foi capaz de melhorar os CDA do amido, MS, gordura, EB e características fecais. Isso permitiu a maior inclusão de ingredientes que continham índices maiores de PNA nas dietas, sem, contudo, causar efeitos antinutricionais significativos.

Twomey et al. (2001) investigaram o efeito da inclusão de 300 mL/t de fitase em dietas contendo 0, 15 e 30% de FAI e verificaram que o aumento do nível de farelo na dieta afetou a digestibilidade de diversos nutrientes. O nível

de 15% de FAI aumentou a digestibilidade da proteína. Em contraste, a inclusão de 30% de FAI reduziu a digestibilidade do amido e da EB. A inclusão da enzima fitase apenas foi eficiente no aumento da digestibilidade da gordura e do fósforo presente no farelo. Gonzáles-Sanchez et al. (2007) reportaram que a adição de fitase reduziu a digestibilidade da MS, fibra detergente neutro (FDN) e EB das dietas à base de flocos de milho e farelo de soja para gatos. Os autores relataram que o aumento na taxa de passagem do bolo alimentar no trato intestinal, causado pelo elevado teor de fibra da dieta, pode ter diminuído as chances das enzimas atuarem sobre a digesta. Por outro lado, Hernández-Anaya et al. (2006), usando fitase em dietas contendo 15,5% de canola para cães verificaram melhoras nos CDA de MS, MO, FDN e EB em todos os níveis de fitase avaliados, sendo as maiores médias observadas para o nível mais elevado.

A incorporação de enzimas em ingrediente único antes da mistura para produção de alimentos para o animal também tem sido investigada por diversos pesquisadores. Ebling et al. (2012) avaliaram métodos de incorporação da enzima fitase em dietas para poedeiras e não encontraram diferenças entre o desempenho das aves alimentadas com FAD tratado previamente com 300 FTU kg⁻¹ de fitase e o método convencional de incorporação, fitase adicionada à mistura com FAD e os demais ingredientes da dieta. Entretanto, observaram que foi possível alcançar níveis satisfatórios de desempenho das aves, com quantidades menores de inclusão de fitase. Considine (2000) trabalhando com adição de protease e lipase no processamento de penas para produção de FPH obteve menor custo de produção da farinha e melhor qualidade nutricional, efeito atribuído à menor temperatura, pressão e tempo de cocção das penas. Ainda observou aumento de 20% na digestibilidade da proteína para frangos de corte com a inclusão das enzimas no processamento.

Tiwary & Gupta (2012) observaram efeito linear na degradação das penas pela protease. À medida que a concentração das enzimas aumentou, maior foi a quebra das pontes dissulfeto da queratina. Entretanto, não foi observado degradação das penas em concentrações menores do que 600 U de queratinase, mesmo após tratamento prolongado. Neste estudo, 60% das penas foram hidrolisadas com a inclusão de 600 a 900 U de enzima e aumentou para 90% quando 1200 a 1500 U de enzima foram adicionadas para 2,5 g de penas.

2.3. INFLUÊNCIA DO ALIMENTO NO pH URINÁRIO

Em cães e gatos os efeitos no metabolismo que têm chamado mais atenção dos pesquisadores estão relacionados com a ingestão de cátions e ânions nas dietas devido à capacidade que estes íons têm em predispor os animais ao desenvolvimento de urolitíases (Carciofi, 2007). A urolitíase é o caso mais comum de doença do trato urinário inferior que acomete animais de companhia, especialmente gatos. É caracterizada pela formação de cristais (cristalúria) ou concreções macroscópica (urólitos ou cálculos) dentro da bexiga ou do trato urinário inferior. Os urólitos identificados, mais extensivamente

estudados têm sido os de estruvita e os de oxalato de cálcio (Case et al., 2011). Pesquisas têm demonstrado relação direta entre o tipo de alimento e nutrientes consumidos e a formação de diferentes variedades de cálculos (Gleaton et al., 2001; Robertson et al., 2002; Yamka & Mickelsen, 2006). O pH da urina também pode auxiliar ou impedir a formação de minerais precipitados ou proliferação bacteriana (Gleaton et al., 2001).

A nutrição desempenha papel importante na manipulação do pH urinário, por meio da manutenção do equilíbrio ácido-básico e, conseqüentemente, pode auxiliar no tratamento ou na prevenção de formações dos cristais no trato urinário inferior dos animais. Yamka & Mickelsen (2006) testaram 66 rações secas e 33 úmidas para cães com o objetivo de prever o pH urinário a partir da composição nutricional dos alimentos. Neste estudo os autores encontraram valores de pH variando entre 5,9 e 8,3 para dietas secas e 6,3 e 7,8 para dietas úmidas. A maior parte das observações (80%) ficou no intervalo entre 6,9 e 7,5. Kawauchi et al. (2011) estudaram a inclusão de 0; 70; 140 e 210 g de glúten de milho/kg de ração para cães adultos e encontraram valores médios de pH urinário de 7,42; 7,16; 7,23 e 6,99, respectivamente. Segundo os autores a maior ingestão de glúten de milho nas dietas reduziu proporcionalmente o pH urinário dos cães devido à composição de macronutrientes do ingrediente. O excesso de bases negativas do glúten de milho elevou a concentração de ânions em relação aos cátions, tornando a urina levemente mais ácida. Os valores de pH urinário obtidos por Yamka & Mickelsen (2006) e Kawauchi et al. (2011) são superiores aos relatados por Carciofi (2008) como ideais para prevenir o desenvolvimento de urólitos de estruvita (pH variando entre 6,2 e 6,4) e de oxalato de cálcio (pH variando entre 5,9 e 6,1).

Embora muitas metodologias sejam citadas na literatura para determinação do pH urinário em cães por meio da predição, os estudos *in vivo* ainda são fundamentais para o desenvolvimento e a avaliação das rações, incluindo cistocentese e cateterização (Stevenson et al., 1998) ou mesmo a colheita total da urina em estudos de metabolizabilidade.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

As hipóteses estabelecidas para este estudo foram as seguintes:

A adição de complexo enzimático (CE) proporcional à inclusão do farelo de arroz integral (FAI) em dietas para cães melhora a disponibilidade dos nutrientes e da energia do FAI.

As fitases presentes no CE atuam sobre o ácido fítico do FAI e disponibilizam maior concentração de P, proporcional à inclusão do FAI, quando comparadas com dietas sem adição de enzima.

A inclusão de FAI em níveis crescentes na dieta, melhora o escore fecal e reduz o pH urinário dos cães.

A adição de proteases e lipases, associada a menor temperatura e pressão, no digestor durante o processamento da farinha de penas melhora a disponibilidade dos nutrientes e da energia.

O objetivo deste estudo foi (1) avaliar o efeito da substituição de 0%, 20% e 40% da farinha de trigo pelo FAI na palatabilidade de dietas para cães

adultos; (2) avaliar o efeito do CE na digestibilidade e metabolizabilidade dos nutrientes e da energia, características fecais, balanço de cálcio (Ca) e fósforo (P) e pH urinário das dietas contendo FAI; (3) avaliar o efeito da inclusão de FPH, processada ou não com protease e lipase, na digestibilidade e metabolizabilidade aparente dos nutrientes e características fecais, quando acrescentadas sobre dietas de cães adultos em manutenção.

CAPÍTULO II

EFEITO DA ADIÇÃO DE COMPLEXOS ENZIMÁTICOS SOBRE A DIGESTIBILIDADE E METABOLIZABILIDADE DO FARELO DE ARROZ INTEGRAL EM DIETAS PARA CÃES ADULTOS

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas de publicação do **Journal of Animal Science**.

**Efeito da adição de complexos enzimáticos sobre a digestibilidade e
metabolizabilidade do farelo de arroz integral em dietas para cães adultos**

**G. F. E. Pacheco*, C. S. Marcolla *, G. S. Machado*, A. M. Kessler*, L.
Trevizan*¹**

*Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP:
91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

¹Autor para correspondência: ltrevizan@ufrgs.br

Resumo: Foram conduzidos dois experimentos com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão do farelo de arroz integral (FAI) em dietas secas, suplementadas ou não, com complexo enzimático (CE) para cães adultos. O experimento 1 avaliou o efeito da inclusão de 20 e 40% de FAI, em substituição a farinha de trigo (FT), sobre a primeira escolha e a relação de consumo (RC) das dietas pelo método de livre escolha com três comparações de A vs. B (controle vs. FAI 20; controle vs. FAI 40 e FAI 20 vs. FAI 40). O experimento 2 investigou o efeito da inclusão de diferentes níveis do FAI, em substituição a FT, no coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e da energia bruta (EB), nas características fecais, no pH urinário, no balanço de cálcio (Ca) e fósforo (P) e na energia metabolizável (EM) das dietas, suplementadas ou não com CE. Os resultados do experimento 1 indicaram que os cães preferiram a dieta contendo 20% de FAI em relação a dieta controle ($P < 0,10$) e não apresentaram preferência específica entre as demais comparações ($P > 0,10$). No experimento 2, foi observado que o aumento do nível de FAI na dieta reduziu linearmente os CDA dos nutrientes e da EB e a EM ($P < 0,05$). A adição do CE não teve efeito sobre nenhuma das variáveis analisadas ($P > 0,05$). A análise de regressão permitiu estimar os CDA da MS, PB, EE e

EB (60,5%; 74,8%; 88,4% e 70,8%, respectivamente) e o coeficiente de metabolizabilidade aparente (CMA) da energia (66,4%) do FAI. A inclusão de FAI não afetou o pH urinário, mas causou desbalanço na relação Ca:P. A EM do FAI foi estimada em 3440 kcal/kg de MS. O FAI é um ingrediente palatável para cães adultos e apesar dos CDA serem reduzidos pelo acréscimo do FAI, ainda assim, este ingrediente apresenta potencial para inclusões moderadas em dietas para cães.

Palavras-chave: coproduto, energia metabolizável, enzimas exógenas, fitase

Introdução

Aproximadamente 720 milhões de toneladas de grãos de arroz com casca são produzidos anualmente em todo o mundo (FAO, 2012). Em decorrência da expansão deste setor, tem se observado grande produção e disponibilidade do farelo de arroz integral (FAI) para nutrição animal. Os coprodutos têm sido os maiores contribuidores para o crescimento da indústria de alimentos para animais de companhia e têm fornecido a maior parte das proteínas, gordura, minerais e quantidades significativas de vitaminas em dietas para cães e gatos ao longo dos anos (Murray et al., 1997).

O FAI possui elevada concentração de gordura que pode ser melhor aproveitada na alimentação de cães como ingrediente de baixo custo. No entanto, fatores antinutricionais, como polissacarídeos não amiláceos (PNA) e o ácido fítico, presentes no FAI tem limitado a inclusão deste coproduto nas formulações dos alimentos para animais de companhia. Uma alternativa que tem sido investigada para melhorar a qualidade nutricional dos ingredientes e reduzir os efeitos negativos destes fatores na digestibilidade dos nutrientes e nas características fecais é a inclusão de complexo enzimático (CE) nas dietas para animais de companhia (Twomey et al., 2003a; Félix et al., 2012; Carciofi et al, 2012).

Pouco se sabe sobre o valor nutricional do FAI em alimentos para cães e nenhum estudo foi encontrado avaliando o efeito de CE sobre os fatores antinutricionais deste ingrediente em dietas para cães. Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar (1) a influência da substituição da farinha de trigo (FT) pelo FAI, nos níveis de 0; 20 e 40% da dieta, na palatabilidade de alimentos secos para cães adultos e (2) avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de FAI, sobre a digestibilidade dos nutrientes e da energia bruta (EB), as características fecais, o pH urinário, o balanço de cálcio (Ca) e fósforo (P) e a energia metabolizável (EM) de dietas, suplementadas ou não com CE.

Material e Métodos

Os procedimentos adotados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob o protocolo n° 24151 e foram executados de acordo com as normas éticas e bem-estar animal.

Experimento 1: Teste de Palatabilidade

Animais e instalações

Oito cães adultos da raça Beagle (cinco machos e três fêmeas), saudáveis, com idade entre 1 e 2 anos, com peso entre 8,9 e 13,5 kg, escore de condição corporal variando entre 4 e 6 (Laflamme, 1997), foram utilizados para testar a palatabilidade das dietas contendo FAI. Durante o período experimental os cães foram mantidos individualmente em gaiolas metabólicas de aço inoxidável (0,80 x 0,70 x 0,90 m) equipadas com comedouro e bebedouro. A água foi fornecida *ad libitum* ao longo de todo o período experimental. Todos os animais foram previamente vacinados,

desverminados e avaliados por exames sanguíneos, clínicos e coproparasitológico que atestaram bom estado de saúde.

Dietas experimentais

As dietas experimentais foram confeccionadas com os mesmos ingredientes, exceto pela substituição parcial ou total da FT pelo FAI para compor as dietas experimentais com 0, 20 e 40% de FAI, configurando os três tratamentos: FAI 0 (controle); FAI 20 e FAI 40 (Tabela 2). As dietas foram misturadas, extrusadas e cobertas com 2% de óleo de soja para potencializar a atratividade às dietas, de modo que tivessem a mesma possibilidade de escolha.

Delineamento experimental

A palatabilidade foi determinada pelo método de livre escolha, “*two pan*” (Griffin, 2003). Três comparações de A vs. B foram feitas durante 6 refeições para avaliar o efeito do FAI na palatabilidade de alimentos para cães adultos: FAI 0 vs. FAI 20; FAI 0 vs. FAI 40 e FAI 20 vs. FAI 40. Durante a fase experimental foram ofertadas simultaneamente 400 g de duas dietas teste, lado a lado, em comedouros idênticos, por período de 1 h, duas vezes ao dia (às 8h e às 16h). A apresentação dos alimentos à frente dos animais foi alternada em cada refeição para eliminar qualquer efeito de viés (lateralidade) pelos cães e eliminar conflitos entre preferência por determinado alimento e preferência por uma posição específica. Duas respostas foram observadas: a primeira escolha (primeira dieta consumida pelo animal, indicativo de aroma atrativo) e a relação de consumo (indicativo de sabor e/ou textura mais atrativos). Após 1 hora de oferta, as sobras foram coletadas e pesadas para determinar a quantidade consumida de cada dieta teste. O consumo de cada dieta foi calculado subtraindo a quantidade do alimento que sobrou no comedouro do total da dieta inicialmente fornecida. A preferência alimentar

foi determinada baseada na relação de consumo pela equação descrita por Griffin (2003), sendo:

$$\text{Relação de consumo da dieta A} = \frac{\text{consumo (g) da dieta A}}{\text{total consumido (g) da dieta A + B}}$$

Análises laboratoriais

Amostras das três dietas experimentais foram coletadas antes de cada período experimental e armazenadas em freezer a -15°C para posteriores análises. Ao final do teste de palatabilidade as amostras foram descongeladas e moídas em moinho tipo *Wiley* com peneira de crivo de 1 mm. Os alimentos foram submetidos à análise de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), extrato etéreo por hidrólise ácida (EEHA) e fibra bruta (FB), avaliados de acordo com as recomendações de *Association of the Official Analytical Chemists – AOAC* (1995). A EB foi determinada por meio de bomba calorimétrica (IKA® – WERKE modelo C2000 basic, Alemanha). Todas as análises foram realizadas em duplicata.

Análises Estatísticas

Os dados obtidos no teste de palatabilidade foram analisados usando o *t-test* do pacote estatístico SAS (versão 9.0, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) para determinar se a relação de consumo (RC) diferiu de 0,50 para $P < 0,10$. Valores acima de 0,50 indicam preferência por A e valores abaixo indicam preferência por B. Os dados de primeira escolha da dieta A ou B foram analisados pelo teste de Qui-quadrado para $P < 0,10$.

Experimento 2: Testes de digestibilidade

Animais e instalações

Dez cães adultos da raça Beagle (cinco machos e cinco fêmeas) com idade entre 1 e 2 anos, peso corporal entre 8,7 e 13,0 kg e escore de condição corporal variando entre 4 e 6 (Laflamme, 1997), pertencentes ao Laboratório de Ensino Zootécnico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brasil), foram utilizados nos testes de digestibilidade. A saúde dos animais foi avaliada antes do início dos experimentos por meio de hemograma, exames bioquímicos (glicose, colesterol, triglicerídeos, ureia e creatinina) e coproparasitológico. Todos os cães foram considerados sadios e aptos para o estudo. Durante o teste de digestibilidade os cães foram alojados individualmente em gaiolas metabólicas de aço inoxidável (0,80 x 0,70 x 0,90 m), adaptadas com coletor de fezes e urina, comedouro e bebedouro.

Dietas experimentais

Três dietas extrusadas formuladas com níveis crescentes de inclusão de FAI (0%, 20% e 40%) em substituição à FT, suplementadas ou não com CE contendo amilase (30 U/g), celulase (40 U/g), xilanase (100 U/g), β -glucanase (200 U/g), fitase (300 U/g), protease (700 U/g) e pectinase (4000 U/g) foram utilizadas. O CE foi adicionado conforme o nível de inclusão de FAI, 400 g/t para as dietas contendo 20% e 800 g/t para as dietas contendo 40% de FAI. A adição das enzimas foi realizada após o processo de extrusão adsorvidas às dietas pela inclusão de 2% de gordura de frango. Os tratamentos consistiram em FAI 0 – grupo controle (dieta basal sem FAI e sem CE); FAI 20 – dieta basal + 20 % de FAI sem CE; FAI CE 20 – dieta basal + 20 % de FAI + 400 g/t de CE; FAI 40 – dieta basal + 40 % de FAI sem CE; FAI CE 40 – dieta basal + 40 % de FAI + 800 g/t do CE (Tabela 3).

As dietas foram divididas em duas partes iguais e foram fornecidas duas vezes ao dia (às 8h e às 17h), de modo a fornecer quantidades suficientes para suprir as

necessidades energéticas de cães adultos, preconizadas pelo NRC (2006). A água foi oferecida *ad libitum* durante todo período experimental.

Delineamento experimental

O experimento seguiu delineamento em blocos inteiramente casualizados no tempo, com cinco tratamentos e três blocos (períodos) com 10 animais, dois animais por tratamento em cada bloco, totalizando seis animais por tratamento. Cada bloco teve duração de 13 dias, sendo os 5 primeiros dias de adaptação à gaiola e a dieta experimental, seguidos de 3 dias para coleta de urina e mensuração de pH urinário e os últimos 5 dias de coleta total de fezes e urina para determinação da digestibilidade, segundo as recomendações da *Association of American Feed Control Officials – AAFCO* (2008). Foi estabelecido período de 5 dias de descanso entre cada período experimental. Foi utilizado cápsula de gelatina contendo óxido férrico como marcador do início e do final dos períodos de coletas.

Procedimento de amostragem

A urina recolhida nos 3 dias de coleta para determinar o pH foi acondicionada em recipientes plásticos alocados sob a calha coletora da gaiola, contendo 5 g de timol (Synth[®]/Diadema-SP). Após homogeneização, uma alíquota de 50 mL foi retirada para mensurar o pH utilizando pHmetro (Digimed DM-22) em cada um dos dias de coleta. Nos últimos 5 dias de cada bloco, as fezes foram coletadas em sua totalidade ao longo do dia, pesadas e avaliadas quanto à consistência mediante avaliação subjetiva do escore fecal de acordo com a seguinte escala: 1 = aquoso: líquido que pode ser derramada; 2 = macio, informe: fezes assumem forma de recipiente, 3 = macio, formado, úmido: fezes mais suaves que mantêm forma; 4 = duro, formado, fezes secas: continua firme e suave; 5 = rígidos, pellets secos: massa pequena, dura (Carciofi, 2009). Em seguida, foram

acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -15°C para análises posteriores. A coleta total das urinas para metabolizabilidade foram realizadas diariamente em recipientes plásticos alocados sob a calha coletora da gaiola, contendo 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1Eq/L (1N). O volume da urina foi mensurado e mantido em freezers a -15°C até a realização das análises.

Análises laboratoriais

Ao término dos períodos de coleta, as amostras das fezes coletadas nos cinco dias de cada animal foram descongeladas, misturadas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 h conforme recomendado pela AOAC (1995). As fezes e as dietas foram moídas em moinho tipo *Wiley* com peneira de crivos de 1 mm e analisadas para MS, MM, PB, FB, EEHA, Ca e P. As amostras de urina foram analisadas para MS, PB, Ca e P. A EB das amostras de alimentos, fezes e urina foi determinada usando bomba colorimétrica (IKA® – WERKE modelo C2000 basic). Todas as análises foram realizadas em duplicata.

Análises estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey $P < 0,05$. Também foram avaliados por meio de contrastes ortogonais (controle *vs.* dietas com FAI; dietas com FAI sem CE *vs.* dietas com FAI com CE e dietas com 20% de FAI *vs.* dietas com 40% de FAI) a $P < 0,05$, utilizando o pacote estatístico SAS 9 (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Os parâmetros de disponibilidade dos nutrientes a partir do FAI também foram estimados de forma contínua por análise de regressão.

Resultados e Discussão

Experimento 1 : Teste de Palatabilidade

Os cães consumiram normalmente as dietas sem indício de recusa ou preferência absoluta pela FT ou pelo FAI. Na análise da primeira escolha do alimento, que avalia a preferência imediata do cão por uma dieta, os cães consumiram primeiro as dietas contendo 20% de FAI em substituição parcial à FT ($P=0,03$). A substituição completa da FT pelo FAI não interferiu na primeira escolha, sendo igualmente palatável para os animais ($P>0,10$). Mas quando a dieta com 40% de FAI foi contrastada com 20% de FAI, as frequências da primeira escolha demonstraram preferência pela dieta com 20% de FAI ($P=0,06$) (Tabela 4).

Resposta semelhante foi obtida para o consumo total das dietas. Os cães consumiram maiores quantidades médias da dieta que continha 20% de FAI (106g/dia) do que a dieta com 0% de FAI (84g/dia), bem como, consumiram maiores quantidades da dieta com 20% de FAI (114g/ dia) em comparação à dieta com 40% de FAI (90g/dia). Por outro lado, o consumo do tratamento com 0% de FAI (139g/dia) foi maior do que o tratamento com 40% de FAI (82g/dia). Apesar da primeira escolha e do consumo apontarem preferência para dieta contendo 20% de FAI, Griffin (2003) sugere que a quantidade consumida das dietas por si só não representa o melhor parâmetro para avaliar a preferência alimentar dos cães, tendo em vista que a ingestão de alimento pode ser distorcida pelo apetite e pela massa dos animais. Se os cães estiverem com muita fome podem consumir completamente ambas as dietas ou consumi-las em quantidades semelhantes, o que dificultaria a avaliação da preferência. Segundo Trivedi et al. (2000), a RC é o melhor indicador para avaliar palatabilidade em dietas para cães por considerar a proporção de consumo de cada dieta. As RC maiores ou menores do que 0,5 implicam na preferência por uma dieta específica, se comprovadas estatisticamente.

Baseado na RC, juntamente com os demais dados discutidos acima, podemos concluir que houve preferência pela dieta contendo 20% de FAI em relação a dieta controle e a dieta com 40% de FAI, que corroboram com os dados obtidos pela primeira escolha (Tabela 4).

As três dietas testadas apresentaram diferenças na composição nutricional entre os tratamentos, especialmente àquelas relacionadas à fibra e a gordura presente na dieta, devido a incorporação do FAI. A presença do FAI e as interações com os outros ingredientes da dieta, podem ter causado alterações na estrutura do extrusado tais como, crocância, dureza, forma, sabor, tamanho e aroma, que influenciaram a palatabilidade da dieta contendo a mistura de 20% de FAI e 20% de farinha de trigo. O efeito da sensação que estes fatores podem causar na boca do animal é suportado por Spears et al. (2004), que compararam duas dietas isonutritivas e isoenergética e verificaram preferência por dietas que continham 12% de FAI estabilizado em relação as dietas com 12% de FAD acrescidas de gordura. Os autores atribuíram esta preferência à sensação causada na boca dos animais pela dieta contendo FAI estabilizado, já que ambas as dietas possuíam composição química semelhante.

Em estudo com suínos em crescimento-terminação, Calvert et al. (1985) também observaram redução no consumo da dieta com adição de 40% de FAI estabilizado em relação aos demais tratamentos e recomendaram o máximo de 25% de inclusão de FAI em dietas para suínos em crescimento-terminação. Kaufmann et al. (2005) estudaram cinco fontes de FAI em dietas para suínos e relataram a inclusão máxima de até 23% de FAI para suínos em crescimento, sem prejuízo na palatabilidade da ração.

O consumo dos alimentos também pode ser influenciado pelo gosto adquirido por um sabor ou ingrediente específico e pela própria natureza do alimento, levando o

animal a preferir alimentos com sabor e ingredientes similares aos já conhecidos (Spears et al., 2004). Os resultados do presente estudo corroboram com os relatados por Spears et al. (2004) que demonstraram grande aceitação dos cães por dietas contendo elevados níveis de FAI. Diante desta constatação a palatabilidade não se caracteriza como fator limitante para ingresso de FAI em alimentos para cães, no entanto a composição nutricional do ingrediente deve ser considerada, já que o FAI é conhecido pela alta concentração de PNA e do ácido fítico.

Experimento 2: Teste de digestibilidade

A inclusão de FAI em substituição à FT foi responsável por aumentar a ingestão de gordura e fibra a partir das dietas ($P < 0,05$). O FAI comparado à FT possui maiores concentrações de gordura e fibra que repercutiram na maior ingestão destes nutrientes, mesmo quando os animais apresentaram o mesmo consumo (Tabela 5). Apesar do aumento no aporte de gordura nas dietas, o consumo de EB não foi afetado, já que os níveis de FB aumentaram concomitantemente, contribuindo para a diluição da EB consumida. A ingestão de PB, MS e MO não diferiu entre os tratamentos ($P > 0,05$). Entretanto, pela análise por contrastes foi evidenciado diferença significativa no consumo de PB ($P = 0,0092$) entre o tratamento controle (FAI 0) e os demais, com maior consumo de PB para os animais alimentados com dietas contendo FAI. Este efeito foi provavelmente causado pela pequena diferença no teor de PB entre o FAI e a FT que se reflete na maior concentração de PB das dietas contendo FAI (Tabela 5).

Foram observadas diferenças na digestibilidade dos nutrientes com a inclusão do FAI na dieta. A substituição da FT pelo FAI reduziu significativamente a concentração da EM das dietas ($P < 0,01$) e os CDA dos nutrientes e da EB ($P < 0,05$). O tratamento com 40% de FAI apresentou os menores CDA para MS, MO, PB, EE, EB e para a

concentração de EM. A redução dos CDAs e da EM se devem ao maior conteúdo de fibra presente na dieta com 40% de FAI em relação às dietas com 0% e 20% de FAI. O efeito negativo da ingestão de fibra sobre a digestibilidade dos nutrientes é bem documentada na literatura e também foi reportado, em cães, por Sá Fortes et al. (2010) e Twomey et al. (2001), em dietas contendo 30% de FAI, e Kawauchi et al. (2011) em dietas com 30% de glúten de milho.

A adição de CE na dieta não apresentou efeito sobre as variáveis analisadas ($P>0,05$). Twomey et al. (2003b), avaliando o efeito da substituição do arroz por milho e sorgo em dietas para cães, não verificaram efeito da inclusão de 1 L de CE contendo xilanase, α -amilase, β -glucanase, hemicelulase, pectinase e endoglucanase por tonelada de alimento sobre os CDA da PB, EE e EB. Em outro estudo com cevada, trigo e uma mistura de coprodutos do trigo, Twomey et al. (2003a) observaram que a adição de 400 mL de CE composto por xilanase, β -glucanase e amilase aumentou o CDA do amido, da gordura e da EB. O efeito sobre a digestibilidade foi atribuído à atividade enzimática com a hidrólise das moléculas de PNA em polímeros menores, reduzindo a capacidade dos PNA em tornar o ambiente intestinal mais viscoso. A hidrólise das moléculas de PNA permite que as enzimas digestivas atuem mais eficientemente sobre os componentes da dieta, melhorando a digestibilidade e absorção dos nutrientes através do epitélio intestinal (Choct, 1997; Twomey et al, 2001).

A eficiência das enzimas, sobre a digestibilidade dos nutrientes, em alimentos para cães, também foi suportada por Félix et al. (2012) que observaram aumento significativo no CDA da MS, MO, PB, EB e conteúdo de EM nas dietas contendo farelo de soja suplementadas com 2 kg de CE (α -galactosidase, β -glucanase e xilanase) /t de alimento. Mesmo identificando atividade enzimática sobre o farelo de soja, os autores

não observaram diferenças significativas nos escores fecais dos cães com a adição do CE ($P>0,05$).

A partir da adição de FAI nas dietas, nenhum resultado leva a crer que os PNA tenham sido hidrolisados pelo CE e nenhum efeito deste fator sobre o escore fecal foi observado. Os achados de Twomey et al. (2003a) reportaram melhora significativa no escore fecal com a adição do CE em dietas com diferentes níveis de PNA solúveis provenientes de cevada, trigo e seus coprodutos, revelando atividade enzimática positiva.

A substituição parcial ou total da FT pelo FAI não afetou o escore fecal dos cães ($P>0,05$). No presente estudo, mesmo com a inclusão de 40% de FAI nas dietas, as fezes se mantiveram bem formadas e não foi observado nenhum episódio de diarreia. Os escores fecais de todos os cães permaneceram dentro do intervalo entre 3,5 e 4,5, para todos os tratamentos, valores considerado como “ideal”, para cães adultos (Case et al., 2011). No entanto, a massa fecal produzida aumentou significativamente com o nível de inclusão de FAI na dieta ($P<0,01$).

O FAI possui altos níveis de PNA insolúveis que tem como característica a capacidade de reter grandes quantidades de água. Esses componentes contribuem diretamente para dar volume ao bolo fecal que distende a parede do cólon e facilita a eliminação do bolo fecal, reduzindo o tempo de transito intestinal (NRC, 2006). A MS das fezes aumentou ($P<0,01$) com a adição de FAI na dieta (Tabela 5), provavelmente em resposta a maior quantidade de PNA insolúveis do farelo. Este efeito corrobora com o observado por Sílvia et al. (2000) que encontraram valores maiores de MS fecal com a substituição parcial ou total da pectina pela celulose. Segundo Gualberto et al. (1997) o processo de extrusão altera a estrutura molecular das fibras e pode causar

redistribuição das frações solúveis e insolúveis. Os autores verificaram que a extrusão a 160°C de temperatura e 1 bar de pressão com 50 – 70 rotações por minuto, reduziu a fração insolúvel e aumentou a fração solúvel do FAI.

A substituição da FT pelo FAI implicou em maior ingestão de Ca e P pelos animais (Figura 1 e 2). O balanço metabólico do Ca não foi afetado pela inclusão de FAI ($P>0,05$), porém a adição de 40% de FAI CE causou o maior desbalanço de P ($P=0,0241$). À medida que a adição de FAI aumentou na dieta o balanço de P tornou-se mais negativo. Efeito semelhante foi observado para o Ca com a inclusão de 40% de FAI CE, em que pode ser observado aumento de excreção de Ca nas fezes.

A maior concentração de Ca encontrada nas fezes dos animais alimentados com a dieta contendo 40% de FAI pode ser reflexo da elevada presença de ácido fítico no farelo. A molécula de ácido fítico possui carga negativa em sua estrutura e tem a capacidade de se ligar a íons de Na^+ , Mg^{2+} , K^+ , Ca^{2+} e Zn^{2+} , formando complexos insolúveis difíceis de serem hidrolisados no processo digestivo de animais não ruminantes (Domene et al., 2001).

A ação da fitase presente no CE não foi evidenciada neste experimento. Esperava-se maiores concentrações de fósforo digestível a partir das dietas suplementadas com enzima, com maior desbalanço entre Ca:P e a consequente excreção de P pela urina. No entanto, as dietas suplementadas com enzimas obtiveram o mesmo comportamento das dietas controle o que denota a falta de atividade das fitases acrescidas sobre o alimento.

A inclusão de FAI e de CE não afetou ($P>0,05$) o pH da urina em relação ao grupo controle, fato intrigante diante da excreção elevada de P nos tratamentos com maior nível de inclusão de FAI (Table 6). No presente estudo, o pH urinário variou de

7,47 a 7,81, valores superiores ao reportado por Kawauchi et al. (2011), que encontraram variação entre 6,99 e 7,42 em cães alimentados com glúten de milho. Yamka & Mikelsen (2006), em estudo com 99 alimentos para cães (33 dietas úmidas e 66 dietas secas), observaram média de pH urinário variando entre 6,9 e 7,5 para 80% das observações.

A análise dos dados mediante a regressão, permitiu estimar os valores de digestibilidade e metabolizabilidade dos nutrientes do FAI. Utilizando a equação (EM do FAI (kcal/kg)=3974 - 5,313*nível, $R^2=0,76$) foi possível estimar o valor de 3443 kcal/kg de MS. Este valor tende a ser maior quanto maior for o percentual de gordura presente no FAI, já que a digestibilidade da gordura manteve-se elevada com a inclusão alta de farelo (CDA do EE (%)= 93,6274-0,0524*nível, $R^2=0,42$) em dietas para cães (Tabela 7). As variações da concentração de gordura no FAI são elevadas devido aos diferentes processos de remoção deste ingrediente do grão (Calvert et al., 1985; Kaufmann et al., 2005). A gordura é o nutriente responsável por melhorar a digestibilidade do FAI em dietas para cães, uma vez que os demais nutrientes não possuem energia digestível tão elevada quanto a gordura (Figura 3). Apesar da gordura do FAI não estar livre, a digestibilidade deste nutriente é pouco afetada pela inclusão crescente do FAI em dietas para cães. Na figura 3, o CDA da matéria seca sem extrato etéreo (MSSEE) tende a decrescer mais rapidamente que o CDA da MS com a inclusão de FAI, evidenciando o papel da gordura em sustentar a digestibilidade do FAI. A contaminação com casca reduz a qualidade do farelo, uma vez que a casca é praticamente não digestível e contribui para elevar a MSSEE. Portanto o FAI pode ser um ingrediente interessante para inclusão em dietas para cães. Diversos fatores podem

afetar a qualidade deste ingrediente e as enzimas, neste estudo, não foram efetivas para amenizar os fatores antinutricionais do FAI.

Implicações

A utilização de coprodutos da agropecuária pode ser alternativa economicamente viável para reduzir os custos de produção de alimentos para animais de companhia.

Os resultados deste estudo demonstram que o FAI constitui ingrediente palatável e pode ser incluído em alimentos para cães. A inclusão de 20% é preferível em relação as dietas sem FAI e com 40%. A inclusão do FAI em alimentos para cães adultos reduz a digestibilidade dos nutrientes, da EB e a concentração de EM, aumenta o volume e a MS das fezes e não apresenta efeito sobre o escore fecal, entretanto, causa desbalanço na relação Ca:P sem afetar o pH urinário, devendo ser acrescentado de forma cautelosa devido aos fatores antinutricionais. O CE adicionado sobre a dieta não é capaz de melhorar a disponibilidade de nutrientes a partir do FAI.

Literatura Citada

AAFCO. 2008. Association of American Feed Control Officials: Official Publication.

Association of American Feed Control Officials Incorporated. Oxford, IN, USA.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem.

Arlington, VA.

Calvert, C., K. Parker, J. Parker, R. N. Sayre, R. M. Saunders. 1985. Rice bran in swine rations. California Agriculture, p. 19-20.

Carciofi, A. C., L. D. De-Oliveira, A. G. Valério, L. L. Borges, F. M. Carvalho, M. A.

Brunetto e R. S. Vasconcellos. 2009. Comparison of micronized whole soybeans to

common protein sources in dry dog and cat diets. *Animal Feed Science and Technology*, 151:251-260.

Carciofi, A. C., C. Palagiano, F. C. Sá, M. S. Martins, K. N. Gonçalves, R. S. Bazolli, D. F. Souza, R. S. Vasconcellos. 2012. Amylase utilization for the extrusion of dog diets. *Animal Feed Science and Technology*, 177:211-217.

Case, L. P., Daristotle, L., Hayek, M. G., Raasch, M. F. 2011. Canine and feline nutrition: A resource for companion Animal Professionals. 3rd ed. Mosby, p. 13-78.

Choct, M. 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed Milling International*, June Issue p.13-26.

Domene, S. M. A., H. R. Torim, J. Amaya-Farfán. 2001. Dietary zinc improves and calcium depresses growth and zinc uptake in rats fed rice bran, *Nutrition Research*, v. 21:1493–1500.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2012. Rice Market Monitor. Volume XV - Issue No. 4, November.

Félix, A. P., M. P. Carvalho, L. G. Alarça, C. B. M. Brito, S. G. Oliveira, A. Maiorka. 2012. Effect of the inclusion of carbohydrases and different soybean meals in the diet on palatability, digestibility and faecal characteristics in dog. *Animal Feed Science and Technology*, 174:182-189.

Gualberto, D. G., C. J. Bergman, M. Kazemzadeh, C. W. Weber. 1997. Effect of extrusion processing on the soluble and insoluble fiber, and phytic acid contents of cereal brans. *Plant Foods for Human Nutrition* 51: 187–198.

- Griffin, R. 2003. Palatability testing methods: Parameters and analyses that influence test conditions. p. 187-193 in *Petfood Technology*. 1st ed. J. L. Kvamme and T. D. Phillips, Ed. Watt Publishing Co., Mt. Morris, IL.
- Kaufmann, C., W. C. Sauer, M. Cervantes, Y. Zhang, J. He, M. Rademacher, J. K. Htoo. 2005. Amino acid and energy digestibility in different sources of rice bran for growing pigs. *Canadian Journal of Animal Science*, 85(3): 355-363.
- Kawauchi, I. M., N. K. Sakomura, R. S. Vasconcelosa, L. D. de-Oliveira, M. O. S. Gomesa, B. A. Loureiroa, A. C. Carciofi. 2011. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured by two different techniques. *Animal Feed Science and Technology* 169:96–103.
- Laflamme, D. P. 1997. Development and validation of a body condition score system for dogs. *Can. Prac.* 22:13-18.
- Murray, S. M., A. R. Patil, G. C. Fahey Jr., N. R. Merchen, D. M. Hughes. 1997. Raw and Rendered Animal By-Products as Ingredients in Dog Diets. *Journal of Animal Science*, 75:2497-2505.
- National Research Council. Nutrient Requirements of dogs and cats. NRC, 2006, National Academy Press: Washington, D. C. USA.
- Sá Fortes, C. M. L. S., A. C. Carciofi, N. K. Sakomura, I. M. Kawauchi, R. S. Vasconcelos. 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dog. *Animal Feed Science and Technology*, 156:121-125.
- Silvio, J., D. L. Harmon, K. L. Gross, K. R. Mcleod. 2000. Influence of Fiber Fermentability on Nutrient Digestion in the Dog. *Nutrition*, 16:289 –295.

- Spears, J. K., C. M. Grieshop, G. C. Jr. Fahey. 2004. Evaluation of stabilized rice bran as an ingredient in dry extruded dog diets. *Journal of Animal Science*,82:1122-1135.
- Trivedi, N., J. Hutton, and L. Boone. 2000. Useable data: How to translate the results derived from palatability testing. *Petfood Industry* 42:42–44.
- Twomey, L. N., D. W. Pethick, M. Choct, J. B. Rowe, J. R. Pluske, W. Brown, M. F. McConnell. 2001. The use of exogenous feed enzymes in reducing the anti-nutritive of dietary fibre in dog food. *Recent Advances in Animal Nutrition in Australia*, Volume 13.
- Twomey, L. N., J. R. Pluske, J. B. Rowe, M. Choct, W. Brown, M. F. McConnell, D. W. Pethick. 2003a. The effects of increasing levels of soluble non-starch polysaccharides and inclusion of feed enzymes in dog diets on faecal quality and digestibility. *Animal Feed Science and Technology* 108, 71 – 82.
- Twomey, L. N., J. R. Pluske, J. B. Rowe, M. Choct, W. Brown, D. W. Pethick. 2003b. The replacement value of sorghum and maize with or without supplemental enzymes for rice in extruded dog foods. *Animal Feed Science and Technology*. 108:61–69.
- Yamka, R. M. & S. L. Mickelsen. 2006. The Prediction of Urine pH Using Dietary Cations and Anions in Dogs Fed Dry and Wet Foods. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, Vol. 4, No. 4.

Tabela 1. Composição química do farelo de arroz integral.

Componentes (% na MS)	FAI
Matéria seca	88,59
Proteína bruta	12,55
Extrato etéreo	14,39
Fibra bruta	5,99
Energia bruta (kcal/kg)	4521

FAI= farelo de arroz integral

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/100g da dieta) no experimento 1.

Ingredientes	Tratamentos		
	FAI 0	FAI 20	FAI 40
Farinha de trigo	39,22	19,61	0,00
Farelo de arroz integral	0,00	19,61	39,90
Quirera de arroz	20,97	23,11	24,51
Farinha de vísceras	12,25	12,25	12,25
Milho grão	9,80	9,80	9,80
Farinha de Carne e osso	5,78	5,78	5,78
Farelo de glúten de milho 60%	4,90	4,90	4,90
Polpa de beterraba	3,92	1,96	0,00
Óleo de soja	1,96	1,96	1,96
Sal comum	0,49	0,49	0,49
Premix mineral/vitamínico	0,39	0,39	0,39
Cloreto de potássio	0,17	0,00	0,00
L-lisina HCL	0,13	0,13	0,00
Composição química (% na MS)			
Matéria seca	89,39	90,56	89,9
Proteína bruta	19,20	22,78	23,17
Extrato etéreo hidrólise ácido	10,34	10,41	12,89
Fibra bruta	1,79	1,88	3,34
Matéria mineral	4,85	6,98	8,68
Energia bruta (kcal/kg)	4679	4708	4796

MS= matéria seca; FAI= farelo de arroz integral.

Tabela 3. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/100g da dieta) no experimento 2.

Ingredientes	Tratamentos				
	FAI 0	FAI 20	FAI 20+CE	FAI40	FAI 40+CE
Farinha de trigo	39,2	19,6	19,5	0,0	0,0
Quirera de arroz	21,0	23,1	23,0	24,5	24,3
Farinha de vísceras	12,3	12,3	12,2	12,3	12,2
Farelo de arroz	0,0	19,6	19,5	39,9	39,6
Milho grão	9,8	9,8	9,8	9,8	9,7
Farinha de Carne e osso	5,8	5,8	5,8	5,8	5,7
Farelo de glúten de milho 60%	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Polpa de beterraba	3,9	2,0	2,0	0,0	0,0
Gordura de aves	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9
Sal comum	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Premix mineral/vitamínico	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Cloreto de potássio	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0
L-lisina HCL	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Complexo multienzimático	0,0	0,0	0,04	0,0	0,08
Composição química (% na MS)					
Matéria seca	90,16	91,29	90,76	90,4	90,53
Proteína bruta	20,43	23,32	23,72	23,86	23,49
Extrato etéreo hidrólise ácida	8,6	11,84	11,89	12,97	12,55
Matéria mineral	4,71	7,13	7,03	8,64	8,45
Fibra bruta	1,79	1,88	2,26	3,34	3,57
Cálcio	0,82	1,58	1,58	1,29	1,24
Fósforo	0,77	1,21	1,19	1,45	1,45
Extrato não nitrogenado	65,31	56,86	56,20	52,44	53,13
Energia bruta (kcal/kg)	4635	4719	4765	4814	4834

MS= matéria seca; FAI= farelo de arroz integral; CE= complexo enzimático (amilase, celulase, xilanase, β -glucanase, fitase, protease e pectinase)

Tabela 4. Resultados do teste de primeira escolha dos alimentos e da relação de consumo entre as dietas testadas duas a duas (Experimento 1).

Dieta Avs. B	Primeira escolha		Relação de consumo (RC)		
	n	P ^d	RC da dieta A ^c	EPM	P ^e
FAI 0 vs. FAI 20	16 ^a	0,03	0,38	0,062	0,0694
FAI 0 vs. FAI 40	25 ^b	0,36	0,59	0,065	0,1771
FAI 20 vs. FAI 40	30 ^a	0,06	0,59	0,061	0,1338

FAI= farelo de arroz integral; FAI 0= dieta controle sem farelo de arroz, FAI 20= dieta contendo 20% de farelo de arroz e FAI 40= dieta contendo 40% de farelo de arroz.

n= número de observações da primeira escolha com a dieta A

^a obtido por 47 observações

^b obtido por 44 observações

^c relação de consumo (RC) = consumo da dieta A (g) / consumo total da dieta A + B (g)

^d valor analisado a partir do teste qui-quadrado

^e valor analisado a partir do t-teste pareado

EPM= erro padrão da média

Tabela 5. Consumo de nutrientes, coeficiente de digestibilidade aparente total, energia metabolizável e características fecais de cães limentados com dietas contendo diferentes níveis de farelo de arroz integral com ou sem complexo enzimático.

Item	Tratamentos						Contrastes			
	FAI 0	FAI 20	FAI 20+CE	FAI 40	FAI 40+CE	EPM	P-value	FAI 0 vs. FAI ¹	FAI vs. FAI+CE ²	FAI20 vs. FAI40 ³
Consumo diário de nutrientes (g)										
Matéria seca	209,9	207,2	202,9	205,5	206,9	7,48	0,9749	0,6122	0,8436	0,8818
Matéria orgânica	200,03	192,45	187,05	187,76	189,38	6,94	0,6806	0,1750	0,7883	0,8669
Extrato etéreo HA	18,05 ^a	24,53 ^b	23,72 ^b	26,65 ^b	25,95 ^b	0,86	<0,0001	<0,0001	0,3930	0,0197
Proteína bruta	42,89	48,33	47,31	49,04	48,59	1,70	0,1054	0,0092	0,6704	0,5645
Fibra bruta	18,79 ^a	19,48 ^a	22,53 ^a	34,32 ^b	36,92 ^b	1,03	<0,0001	<0,0001	0,0119	<0,0001
Energia bruta (kcal/kg)	4865	4890	4753	4946	4999	177,0	0,8913	0,8723	0,8158	0,4016
Coeficiente de digestibilidade aparente, %										
Matéria seca	87,26 ^a	81,51 ^b	81,37 ^b	76,75 ^c	76,56 ^c	0,47	<0,0001	<0,0001	0,7302	<0,0001
Matéria orgânica	90,12 ^a	86,35 ^b	86,35 ^b	82,01 ^c	81,78 ^c	0,38	<0,0001	<0,0001	0,7686	<0,0001
Proteína bruta	84,44 ^a	81,85 ^{bc}	83,22 ^{ab}	80,85 ^c	80,35 ^c	0,57	0,0002	0,0002	0,4529	0,0025
Matéria seca sem EE	86,67 ^a	80,03 ^b	79,99 ^b	74,56 ^c	74,43 ^c	0,52	<0,0001	<0,0001	0,8722	<0,0001
Extrato etéreo HA	93,50 ^a	92,52 ^{ab}	92,98 ^a	91,48 ^b	91,43 ^b	0,33	0,0006	0,0012	0,5425	0,0008
Energia bruta	89,18 ^a	85,77 ^b	85,89 ^b	81,93 ^c	81,83 ^c	0,37	<0,0001	<0,0001	0,9877	<0,0001
EM (kcal/kg)	3971 ^a	3872 ^b	3881 ^b	3750 ^c	3772 ^{bc}	19,38	<0,0001	<0,0001	0,4177	<0,0001
Características fecais										
Escore fecal	3,91	3,7	3,68	3,85	3,88	0,10	0,3522	0,2325	0,9342	0,0930
MS fecal, %	28,69 ^a	31,89 ^{ab}	32,88 ^b	33,89 ^b	34,23 ^b	0,85	0,0009	<0,0001	0,4404	0,0609
Fezes g/dia (MN)	93,29 ^a	121,37 ^{bc}	114,81 ^{ab}	140,48 ^c	141,78 ^c	6,13	<0,0001	<0,0001	0,6713	0,0010
Fezes g/dia (MS)	26,62 ^a	38,38 ^b	37,47 ^b	47,46 ^c	48,39 ^c	1,37	<0,0001	<0,0001	0,9933	<0,0001

HA=hidrólise ácida; MS=matéria seca; EE= extrato etéreo; EM= energia metabolizável; MN= matéria natural; FAI= Farelo de Arroz Integral; EPM= erro padrão da média; CE= complexo enzimático; Escore fecal 1 = aquoso: líquido que pode ser derramada; 2 = macio, informe: fezes assumem forma de recipiente, 3 = macio, formado, úmido: fezes mais suaves que mantêm forma; 4 = duro, formado, fezes secas: continua firme e suave; 5 = rígidos, pellets secos, dura; Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). ¹ FAI 0 versus FAI (FAI 20 + (FAI 20+CE) + FAI 40 + (FAI 40+CE)); ² FAI (FAI 20 + FAI 40) versus FAI+CE (FAI 20+CE + FAI 40+CE); ³ FAI 20 (FAI 20 + FAI 20+CE) versus FAI 40 (FAI 40 + FAI 40+CE).

Tabela 6. Médias de pH urinário, P consumido e P urinário dos cães alimentados com as dietas experimentais contendo FAI.

Item	Tratamentos					EPM	P-value	Contrastes		
	FAI 0	FAI 20	FAI CE 20	FAI 40	FAI CE 40			FAI 0 vs. FAI ¹	FAI vs. FAI+CE ²	FAI20 vs. FAI40 ³
pH urina	7,47	7,81	7,61	7,57	7,63	0,20	0,8162	0,4202	0,7234	0,5778
P consumido	8,03 ^a	12,49 ^b	12,08 ^b	14,89 ^c	14,97 ^c	0,46	<0,0001	<0,0001	0,7266	<0,0001
P urina	3,20 ^a	4,08 ^a	3,92 ^a	5,84 ^b	6,19 ^b	0,33	<0,0001	<0,0001	0,7659	<0,0001

FAI= farelo de arroz integral; FAI CE= farelo de arroz integral com adição de complexo enzimático (amilase, celulase, xilanase, β-glucanase, fitase, protease e pectinase); EPM= erro padrão da média; P= fósforo; ¹ FAI 0 versus FAI (FAI 20 + (FAI 20+CE) + FAI 40 + (FAI 40+CE)); ² FAI (FAI 20 + FAI 40) versus FAI+CE (FAI 20+CE + FAI 40+CE); ³ FAI 20 (FAI 20 + FAI 20+CE) versus FAI 40 (FAI 40 + FAI 40+CE).

Correlação: P ingerido/P urinário: R²=0,81 (P<0,0001);
P ingerido/pH médio: R²=0,014 (P=0,9386);
P urinário/pH médio: R²=-0,23 (P=0,21);

Tabela 7. Equações de regressão linear para estimativa da digestibilidade e metabolizabilidade aparente dos nutrientes e da energia do farelo de arroz integral (FAI) para cães adultos sobre as dietas.

Variáveis	Equação de regressão*	EPR	R ²
ED (kcal/kg MS)	4139,72 – 4,68973 x nível de FAI	43,05	0,73
EM (kcal/kg MS)	3974,56 – 5,31339 x nível de FAI	45,30	0,76
Coeficiente de digestibilidade aparente (%)			
PB	84,4377 – 0,09612 x nível de FAI	1,44	0,49
MS	86,9258 – 0,2641 x nível de FAI	1,25	0,91
MSSEE	86,2479 – 0,29991 x nível de FAI	1,38	0,92
EEHA	93,6274 – 0,0524 x nível de FAI	0,85	0,42
EB	89,3315 – 0,185498 x nível de FAI	0,91	0,91
Coeficiente de metabolizabilidade aparente (%)			
EB	85,8663 – 0,194663 x nível de FAI	0,01	0,91

ED= energia digestível; EM= energia metabolizável; PB= proteína bruta; MS= matéria seca; MSSEE= matéria seca sem extrato etéreo; EEHA= extrato etéreo hidrólise ácida; EB= energia bruta.

*P<0,0001

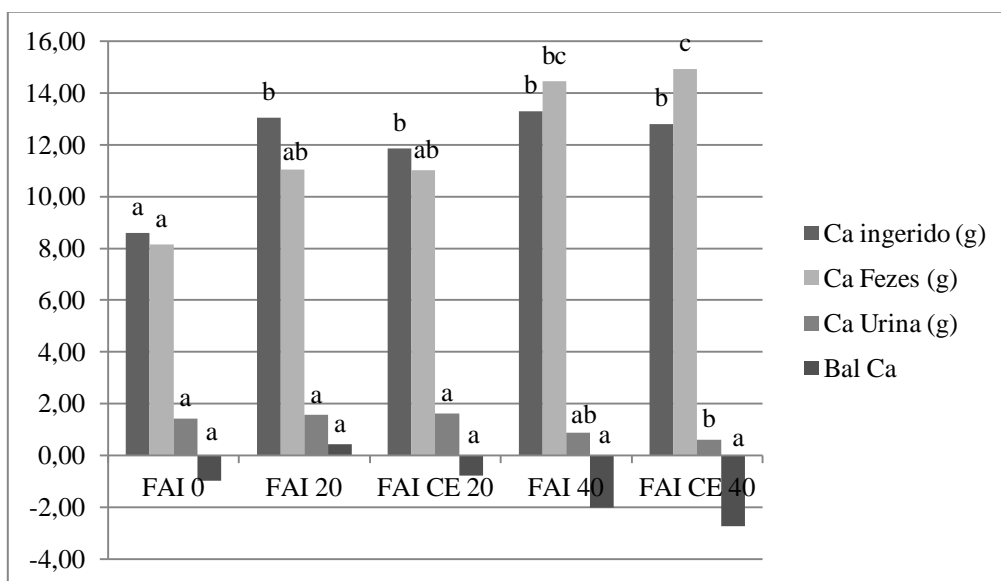


Figura 1. Relação entre níveis de FAI e consumo, excreção e balanço de cálcio.

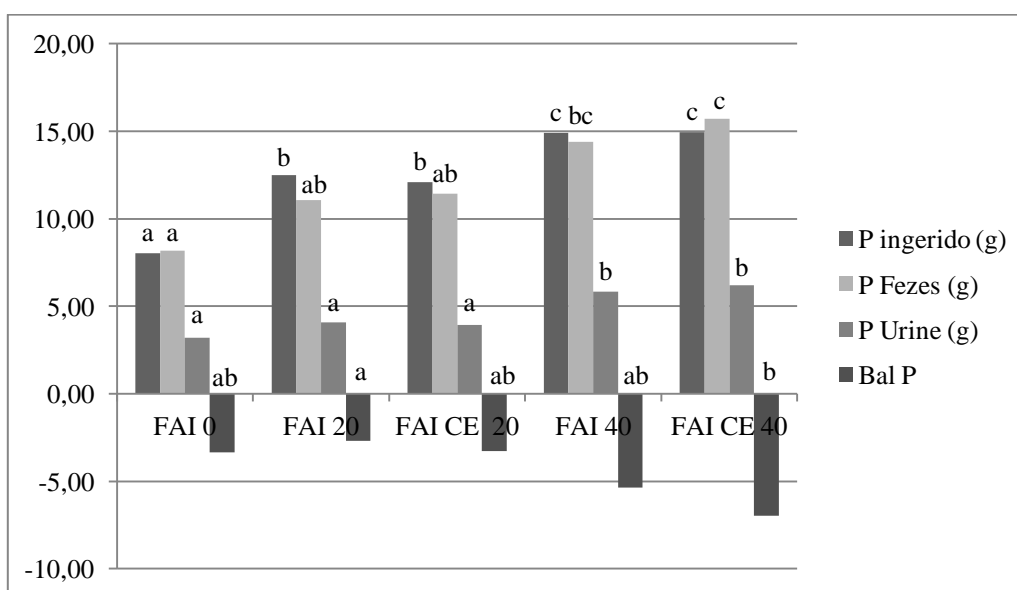


Figura 2. Relação entre níveis de FAI e consumo, excreção e balanço de fósforo.

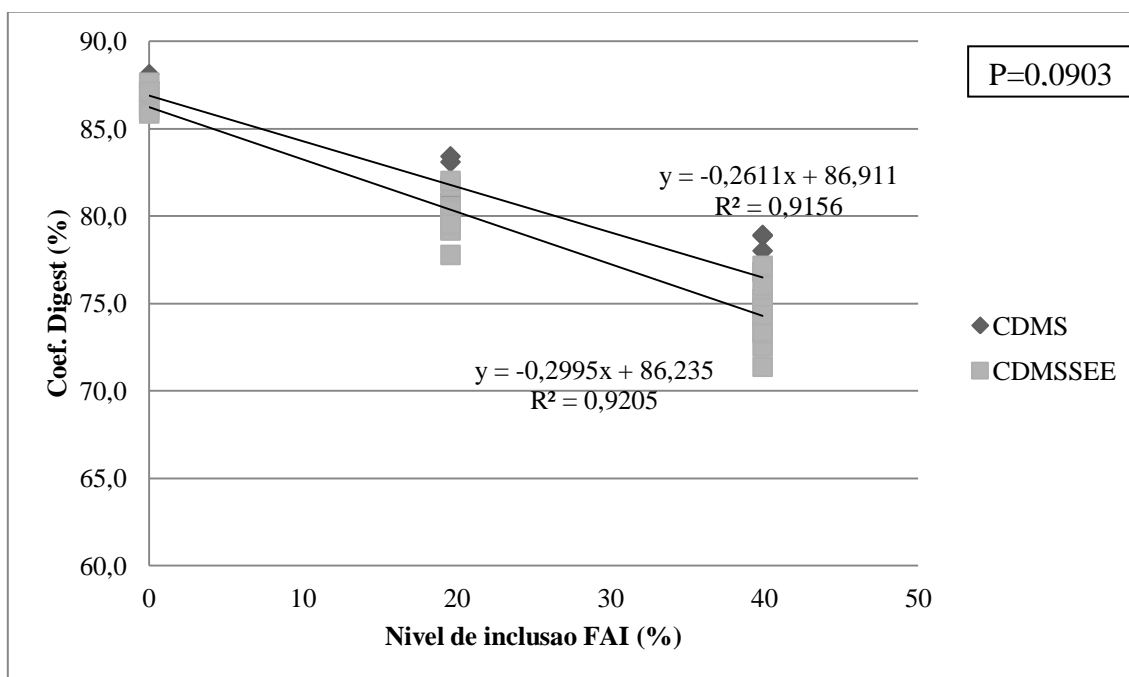


Figura 3. Coeficiente de digestibilidade da matéria seca (MS) e da matéria seca sem extrato etéreo (MSSEE) das dietas conforme o nível de inclusão do farelo de arroz integral.

CAPÍTULO III

EFEITO DA FARINHA DE PENAS HIDROLISADA PROCESSADA COM PROTEASE E LIPASE EM DIETAS PARA CÃES ADULTOS

Este capítulo é apresentado de acordo com as normas de publicação do **Journal of Animal Science**.

**Efeito da farinha de penas hidrolisada processada com protease e lipase em dietas
para cães adultos**

G. F. E. Pacheco*, J. G. Pezzali*, G. S. Machado*, A. M. Kessler*, L. Trevizan*¹

*Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP:
91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

¹Autor para correspondência: ltrevizan@ufrgs.br

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da inclusão da farinha de penas hidrolisada (FPH), processada ou não com complexo enzimático (CE), em dietas para cães adultos, sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, a energia metabolizável (EM) e as características fecais. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso composto por 5 tratamentos, 3 bloco e 2 animais por tratamento em cada bloco. A dieta basal foi fornecida em quantidades iguais para todos os animais (220 g/dia) e foi acrescida de 7,5 e 15% (sobre a dieta basal) de FPH ou FPH processada com CE (FPHCE). A análise por contraste demonstrou que a FPH afetou negativamente os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB), da energia bruta (EB) e a energia metabolizável (EM) das dietas, quando a inclusão de FPH foi elevada de 7,5 para 15% ($P < 0,05$), sem efeito aparente do CE ($P > 0,05$). No entanto, a ação das enzimas pode ser percebida no CDA da EB (81,8%) e no coeficiente de metabolizabilidade aparente (CMA) da EB (74,3%) da FPH processada com CE em comparação ao CDA (62,6%) e CMA (49%) da EB da FPH sem CE, isoladas da dieta basal. Não foi observado efeito da FPH sobre a matéria seca (MS) e escore das fezes ($P > 0,05$). A análise de regressão demonstrou que o CE adicionado ao processamento das penas foi capaz de disponibilizar durante a digestão cerca de 280 kcal/kg de energia

a mais a partir das penas. A FPH apresentou potencial para utilização como ingrediente em dietas de baixo custo para cães, embora ajustes no perfil aminoacídico da dieta devam ser considerados.

Palavras-chave: enzimas exógenas, queratina, energia metabolizável

Introdução

A presença de farinha de penas hidrolisada (FPH) em dietas para cães tem sido associada a dietas de baixa qualidade e contaminante de ingredientes como farinha de vísceras e farinha de coprodutos de aves (Murray et al., 1997). Apesar disso, se bem processada, a FPH pode ser fonte de proteína economicamente interessante em dietas de custo reduzido.

O processamento das penas em digestores com altas temperaturas e pressão destroem as ligações da queratina presente na estrutura da proteína e torna a proteína disponível para digestão. Entretanto, a exposição das penas à alta temperatura e pressão por tempo prolongado, atua negativamente na disponibilização dos aminoácidos mais sensíveis à temperatura, os tornando indisponíveis à digestão e, consecutivamente, à absorção (Considine, 2000; Rebafka & Kulshrestha, 2009). A adição de enzimas exógenas no digestor, associada a menor temperatura e pressão, tem sido uma das alternativas usadas para amenizar os efeitos do super aquecimento na qualidade das farinhas de penas (Considine, 2000).

Pouco se sabe sobre o valor nutricional da FPH em alimentos para cães e nenhum estudo foi encontrado avaliando o efeito de CE sobre o processamento deste ingrediente em dietas para cães. A FPH possui características nutricionais satisfatórias que podem ser melhor aproveitadas na alimentação de cães como ingredientes em dietas de custo reduzido.

O objetivo do presente estudo foi investigar o efeito da adição de 7,5 e 15% de FPH, processada ou não com protease e lipase, em dietas para cães adultos, sobre a digestibilidade dos nutrientes, as características fecais e a energia metabolizável (EM).

Material e Métodos

Os procedimentos adotados neste estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul sob o protocolo nº 20643 e foram executados de acordo com as normas éticas e bem-estar animal.

Animais e instalações

Dez cães adultos da raça Beagle (cinco machos e cinco fêmeas) com idade entre 1 e 2 anos, peso corporal entre 8,7 e 13,0 kg e escore de condição corporal variando entre 4 e 6 (Laflamme, 1997), pertencentes ao Laboratório de Ensino Zootécnico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (Porto Alegre, Brasil), foram utilizados nos testes de digestibilidade. A saúde dos animais foi avaliada antes do início dos experimentos através de hemograma, exames bioquímicos (glicose, colesterol, triglicerídeos, ureia e creatinina) e coproparasitológico. Todos os cães foram considerados saudáveis e aptos para os estudos. Durante os testes de digestibilidade os cães foram alojados individualmente em gaiolas metabólicas de aço inoxidável 0.80 x 0.70 x 0.90 m, adaptadas com coletor de fezes e urina, comedouro e bebedouro.

Dietas experimentais

Uma dieta nutricionalmente balanceada, extrusada (AAFCO, 2008) foi formulada sem a adição de farinha de vísceras de aves ou farinha de penas para compor a dieta basal. Os ingredientes testados foram duas farinhas de penas de frangos que diferiram quanto ao processamento. A FPH sem tratamento prévio com CE foi

produzida de forma convencional. As penas (2200 kg) e o sangue (1600 kg) *in natura* foram adicionados ao digestor de uma única vez seguidos pela injeção de vapor a 110°C por 20 minutos. A hidrólise foi precedida pela elevação da temperatura até 160°C e pela pressão a 300 kPa por 40 minutos. Posteriormente foi realizada a secagem por 75 minutos. As penas foram moídas e ensacadas.

Para a produção de FPH com complexo enzimático (FPHCE) foi feita a adição no digestor de 1/3 das penas e todo o conteúdo de sangue *in natura*. Em seguida foram acrescentados 0,5 kg de CE (lipase 130 LU/g e protease 12500 HUT/g) para cada tonelada de material *in natura*, associados a 2,5 kg de metassulfito de sódio/t diluídos em 10 litros de água. O digestor foi mantido à temperatura de 32°C para adição dos ingredientes. Após a adição do último balde com as enzimas, o digestor foi carregado com os 2/3 restantes das penas *in natura* e acrescentados 40 litros de água. Posteriormente, procedeu-se o fechamento do digestor.

Os 40 minutos decorridos entre a adição do primeiro balde com o CE e o fechamento do digestor foi considerado como período de pré-digestão das penas e do sangue. A massa teve a temperatura elevada até 110°C e a pressão elevada a 200 kPa por 40 minutos. Ao término do cozimento, o digestor foi despressurizado e procedeu-se a secagem por 75 min. As penas foram moídas e ensacadas.

A partir da dieta basal e das farinhas de penas processadas, quatro outros tratamentos foram formados, representados por diferentes níveis de inclusão de FPH (7,5% e 15%), processada ou não com CE. As FPH foram adicionadas sobre a dieta basal. Os tratamentos consistiram em FPH 0= dieta controle (dieta basal sem FPH e sem CE); FPH 7,5= dieta basal + 7,5% de FPH sem CE; FPHCE 7,5= dieta basal + 7,5% de FPH + CE; FPH 15= dieta basal + 15% de FPH sem CE; FPHCE 15= dieta basal + 15%

de FPH + CE. Foi adicionado 1% de gordura de frango sobre as dietas com o objetivo de potencializar a palatabilidade.

A dieta basal foi fornecida em quantidades iguais para todos os animais (220 g/dia) e foi acrescida de 0; 16,5; 33g de FPH ou FPHCE, segundo metodologia descrita por Adeola (2001). Desta forma, cada animal recebeu 220; 236,5 e 253g de dieta total para os tratamentos 1; 2 e 3; 4 e 5, respectivamente. As dietas foram divididas em duas partes iguais e foram fornecidas duas vezes ao dia (às 8h e às 17h), de modo a fornecer quantidades suficientes para suprir as necessidades energéticas de cães adultos, preconizadas pelo NRC (2006). A água foi oferecida *ad libitum* durante todos os períodos experimentais.

Delineamento experimental

Os experimentos seguiram delineamento em blocos inteiramente casualizados no tempo, com cinco tratamentos e três blocos com 10 animais, dois animais por tratamento em cada bloco, totalizando seis animais por tratamento. Os blocos tiveram duração de 10 dias, sendo os 5 primeiros dias de adaptação à gaiola e a dieta experimental, seguidos de 5 dias de coleta total de fezes e urina para determinação da digestibilidade, segundo as recomendações da *Association of American Feed Control Officials* – AAFCO (2008). Foi estabelecido período de 5 dias de descanso entre cada período experimental. Foram utilizadas cápsulas de gelatina contendo óxido férrico como marcador do início e do final dos períodos de coletas.

Procedimento de amostragem

As fezes foram coletadas em sua totalidade ao longo do dia, pesadas e avaliadas quanto à consistência mediante avaliação subjetiva do escore fecal de acordo com a seguinte escala: 1 = aquoso: líquido que pode ser derramada; 2 = macio, informe: fezes

assumem forma de recipiente, 3 = macio, formado, úmido: fezes mais suaves que mantém forma; 4 = duro, formado, fezes secas: continua firme e suave; 5 = rígidos, pellets secos: massa pequena, dura (Carciofi, 2009). Em seguida, foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -15°C para análises posteriores. A coleta total das urinas para metabolizabilidade foram realizadas diariamente em recipientes plásticos alocados sob a calha coletora da gaiola, contendo 1 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1Eq/L (1N). Logo após, o volume da urina foi mensurado e mantido em freezers -15°C até a realização das análises.

Análises laboratoriais

Ao término dos períodos de coletas, as amostras das fezes dos cinco dias de coleta de cada animal foram descongeladas, misturadas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada a 60°C por 72 h. As dietas e as fezes foram analisadas para MS, MM, PB e EB. As amostras de urina foram analisadas para MS e PB. A EB das amostras de alimentos, fezes e urina, em foi determinada usando bomba colorimétrica (IKA® – WERKE modelo C2000 basic). Todas as análises foram realizadas em duplicata e seguiram as recomendações da AOAC (1995).

Análises estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey $P < 0,05$. Também foram avaliados por meio de contrastes ortogonais (controle vs dietas com FPH; dietas com FPH sem CE vs dietas com FPH processada com CE e dietas com 7,5% de FPH vs dietas com 15% de FPH) a $P < 0,05$. Os dados de digestibilidade da farinha de penas foram submetido a análise fatorial 2x2, considerando o fator nível de inclusão de farinha de penas e o processamento com CE, utilizando o pacote estatístico SAS 9 (SAS Inst. Inc., Cary,

NC). Os parâmetros de disponibilidade dos nutrientes a partir da FPH nas dietas também foram estimados de forma contínua por análise de regressão.

Resultados e Discussão

Os cães consumiram as dietas sem recusa alimentar e não foram observadas sobras nos comedouros durante todo o período experimental. Os alimentos foram fornecidos com base na dieta basal consumida pelo grupo controle. Na Tabela 3 podem ser visualizados os valores médios de consumo diário da dieta basal associada às farinhas de penas nos dois níveis de inclusão (7,5% e 15% sobre o consumo da dieta basal), que representam 7% e 13% de FPH na dieta total, respectivamente.

A análise de contrastes permitiu demonstrar que a inclusão de 15% de FPH, sobre a dieta basal, reduziu significativamente o CDAPB e o CDAEB ($P < 0,05$), assim como, a EM das dietas ($P < 0,01$) indicativo de piora na qualidade das dietas com maior inclusão de FPH. A EM da dieta com adição de 7,5% de FPHCE, sobre a dieta basal, diferiu significativamente do grupo controle, o que indica uma pequena superioridade da média em relação a dieta que recebeu 7,5% de FPH pelo processamento convencional. A redução da EM do alimento com maior nível de FPH pode ser reflexo da falta de enzimas digestivas suficiente para degradar maiores quantidades de farinha de penas incluídas na dieta. Os elevados níveis de ligações intercadeias presente na estrutura da queratina facilita a formação de pontes dissulfeto, que confere a farinha de penas, baixa solubilidade e alta resistência às enzimas digestivas de animais não ruminantes, tais como pepsina, tripsina e papaína (Grazziotin et al., 2006). Outro fator que interfere na metabolizabilidade da energia é o perfil aminoacídico gerado pela absorção de uma proteína de baixa qualidade, responsável por aumentar as perdas urinárias e a consequente redução da EM.

Efeitos negativos das penas sobre a digestibilidade dos nutrientes em alimentos para cães foram reportados por Murray et al. (1997) e Cavalari et al. (2006). Em estudo avaliando diferentes fontes de proteína de origem animal, Cavalari et al. (2000) verificaram que a dieta contendo farinha de penas obteve os menores valores para os CDA da EB (79,8%); MS (76%) e PB (82,3%) em relação as demais dietas. A composição nutricional e a disponibilidade dos nutrientes da FPH podem variar largamente entre as farinhas disponíveis no mercado e esta variabilidade tem relação direta com o tipo de processamento (Wang & Parsons, 1997; Kim & Patterson, 2000; Tiwary & Gupta, 2012). Outro fator preponderante para diferença na composição nutricional são as possíveis misturas com outros coprodutos de aves, tais como sangue, patas, cabeças e vísceras, os quais podem elevar o conteúdo de gordura da farinha e cinzas (Kim & Patterson, 2000; Bertsch & Coello, 2005).

Atualmente, o método mais econômico para hidrólise das penas é utilizando alta temperatura e pressão no digestor, por tempo prolongado. Este processo é responsável pela quebra das ligações dissulfeto da queratina. A queratina confere rigidez e resistência as penas e sua hidrólise permite que as enzimas proteolíticas digestivas atuem sobre a proteína no trato gastrointestinal (TGI), com consecutiva melhora na disponibilidade dos aminoácidos em relação a pena *in natura* (Bielorai et al., 1982). Por outro lado, a desnaturação da proteína causada pela alta temperatura provoca a complexação ou destruição dos aminoácidos termosensíveis, principalmente cisteína (Scapim et al, 2003; Grazziotin et al., 2006; Rebafka & Kulshrestha, 2009) e a formação de aminoácidos não nutritivos como lisinoalanina e lantionina (Kim & Patterson, 2000; Bertsch & Coello, 2005), resultando em um ingrediente com elevados níveis de PB, mas pobre na disponibilidade de aminoácidos.

Estudos têm demonstrado que a adição de CE no digestor, associado à baixa temperatura e pressão, melhora a qualidade nutricional da farinha de penas, disponibilizando maior conteúdo de aminoácidos essenciais para os animais. (Considine, 2000; Tiwary & Gupta, 2012).

A inclusão de FPH nas dietas não apresentou efeito significativo sobre o escore fecal e a MS das fezes ($P>0,05$). Os escores se mantiveram dentro do intervalo entre 3,5 e 4,5 considerados como “ideais” para cães (Case et al., 2011). O maior volume de fezes produzido pelos animais foi consequência do maior consumo de alimentos, uma vez que os níveis de 7,5% e 15% foram feitos com a adição de FPH sobre a dieta controle.

Na Tabela 4 estão dispostos os dados de digestibilidade da MS, MO, PB, EB e metabolizabilidade da EB da FPH, isolados da dieta basal e calculados segundo Adeola (2001). Para o cálculo dos CDA e CMA da EB foi levado em consideração o nutriente digestível ingerido pelo animal nos diferentes tratamentos. Os valores de nutrientes digestíveis obtidos nos tratamentos, descontados do nutriente digestível obtido na dieta basal (sem farinha de penas), representou o nutriente digestível proveniente da farinha de penas isolada. Este valor dividido pelo consumo real do nutriente a partir da farinha de penas, multiplicado por 100, resultou nos CDA dos nutrientes e da EB da farinha de penas.

Ao comparar os CDA e o CMA da EB pode ser observado que a digestibilidade da FPH processada com protease e lipase, associada à baixa temperatura e pressão foi superior para a ED e para EM, indicativos da eficiência do CE quando acrescentado no digestor. A inclusão crescente de FPH prejudicou a digestibilidade do próprio ingrediente. Este efeito pode ser resultado da capacidade limitada do trato gastrointestinal em digerir a FPH devido ao efeito tampão da própria proteína ou a quantidade

insuficiente de enzimas quando 15% de FPH foram adicionados à dieta. A Tabela 5 apresenta as equações de regressão obtidas para mensurar a relação entre a adição de FPH(g) sobre ED, EM, PD, MSD, e MOD da dieta total consumida. As regressões permitiram estimar a ED das diferentes FPH. O processamento com enzimas disponibilizou cerca de 281 kcal ED/kg MS a partir das penas. Este parâmetro é o mais apropriado para avaliar a ação enzimática e permite inferir que as enzimas digestivas tiveram mais chance de disponibilizar energia a partir da FPH processada com acréscimo de enzimas. A energia disponibilizada é proveniente da proteína, supostamente, uma vez que este ingrediente é composto basicamente por proteína. Na análise da regressão o incremento na digestibilidade da proteína foi cerca de 3% que resultou em cerca de 170 kcal/kg de energia disponível. Como a digestibilidade do extrato etéreo não foi avaliada, possíveis explicações para o maior aporte de energia possam ser atribuídos ao efeito das lipases sobre a gordura.

Resultantes deste experimento, as EM das farinhas de penas foram estimadas em 2583 kcal/kg para farinha processada com lipase e protease e 2390 kcal/kg para farinha sem adição de enzimas. As regressões mostram o efeito da inclusão das farinhas de penas nas dietas, que contribuem apenas com cerca de 2,4 kcal de EM por cada grama de farinha de penas incorporada à dieta. Uma ressalva deve ser feita ao CMAEB, em que, quanto maior a inclusão de FPH nas dietas piores foram os valores do CMAEB. De fato as dietas não foram ajustadas para o balanço aminoacídico e este fator deve ter contribuído para valores tão reduzidos. Uma vez ajustado os balanços aminoacídicos nas dietas este panorama pode ser alterado. Portanto as medidas do CDAEB são os mais adequados para a medida da atividade enzimática sobre o ingrediente.

Conhecer valores que permitem a estimativa da digestibilidade e metabolizabilidade da FPH em dietas para cães é importante para determinar perdas nutricionais e energéticas a partir deste ingrediente. Farinhas de vísceras de aves podem estar contaminadas com penas. Uma vez conhecidos estes níveis de contaminação estimativas de energia digestível podem ser feitas.

Implicações

A FPH processada com protease e lipase, associada a baixa temperatura e pressão, pode ser considerada como fonte alternativa de proteína em dietas para cães.

A análise de variância não demonstrou diferença significativa entre as médias dos CDA avaliados ($P>0,05$), quando comparadas por contrastes, a adição de FPH afetou negativamente os CDA ($P<0,05$) da PB, EB e EM das dietas quando a inclusão de FPH foi elevada de 7,5 para 15,0% sem efeito aparente das enzimas. No entanto, a ação da enzima pode ser percebida no CDAEB (81,8%) e no CMAEB (74,3%) da FPH processada com enzimas em comparação ao CDA (62,6%) e CMA (49%) da EB da FPH sem enzimas. Não houve efeito da FPH sobre a MS e escore das fezes ($P>0,05$). Pela análise de regressão a adição de lipases (130 LU/g) e proteases (12500 HUT/g) no digestor, associadas à temperatura e pressão reduzidas, foram eficientes para disponibilizar mais energia (aproximadamente 281 kcal/ kg) a partir das penas.

Literatura Citada

AAFCO. 2008. Association of American Feed Control Officials: Official Publication.

Association of American Feed Control Officials Incorporated. Oxford, IN, USA.

Adeola, O. 2001. Digestion and balance techniques in pigs. In: Lewis, A. J.; L. L. Southern. (Eds.) Swine nutrition. 2.ed. Boca Raton: CRC Press. p. 903-916.

- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Offic. Anal. Chem. Arlington, VA.
- Bertsch, A., N. Coello. 2005. A biotechnological process for treatment and recycling poultry feather as a feed ingredient. *Bioresource Technology*, 96: 1703-1708.
- Bielorai, R., B. Iosif, H. Neumark, E. Alumot. 1982. Low Nutritional Value of Feather-Meal Protein for Chicks. *The Journal of Nutrition*. 112, 249-254.
- Carciofi, A. C., F. S. Takakura, L. D. de-Oliveira, E. Teshima, J. T. Jeremias, M. A. Brunetto, F. Prada. 2008. Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and post-prandial glucose and insulin response. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92:326–336
- Carciofi, A. C., L. D. De-Oliveira, A. G. Valério, L. L. Borges, F. M. Carvalho, M. A. Brunetto e R. S. Vasconcellos. 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Animal Feed Science and Technology*, 151:251-260.
- Carciofi, A. C., C. Palagiano, F. C. Sá, M. S. Martins, K. N. Gonçalves, R. S. Bazolli, D. F. Souza, R. S. Vasconcellos. 2012. Amylase utilization for the extrusion of dog diets. *Animal Feed Science and Technology*, 177:211-217.
- Case, L. P., Daristotle, L., Hayek, M. G., Raasch, M. F. 2011. Canine and feline nutrition: A resource for companion Animal Professionals. 3rd ed. Mosby, p. 13-78.
- Cavalari, A. P. M. J. L. Donzele, J. A. Viana, M. L. T. Abreu, A. L. S. Oliveira, L. S. Freitas, A. A. Pereira, A. C. Carciofi, Determinação do valor nutritivo de alimentos

- energéticos e protéicos utilizados em rações para cães adultos. R. Bras. Zootec., v.35, n.5, p. 1985-1991, 2006.
- Considine, M. J. 2000. New enzyme technologies for poultry by-products. Proceedings Australian Poultry Science Symposium, v. 12.
- Grazziotin, A.; F. A. Pimentel, E.V. Jong, A. Brandelli. 2006. Nutritional improvement of feather protein by treatment with microbial keratinase. Animal Feed Science and Technology, 126: 135-144.
- Kim, W. K. and P. H. Patterson. 2000. Nutritional value of enzyme – or sodium hydroxide – treated feather from dead hens. Poultry Science 79:528-534.
- Laflamme, D. P. 1997. Development and validation of a body condition score system for dogs. Can. Prac. 22:13-18.
- Murray, S. M., A. R. Patil, G. C. Fahey Jr., N. R. Merchen, D. M. Hughes. 1997. Raw and Rendered Animal By-Products as Ingredients in Dog Diets. Journal of Animal Science, 75:2497-2505.
- National Research Council. Nutrient Requirements of dogs and cats. NRC, 2006, National Academy Press: Washington, D. C. USA.
- Rebafka, F. P; A. Kulshrestha. 2009. Adding Value to Feather Goldmehl: A new potential for the petfood industry. Disponível em: <http://www.petfoodindustry.com/uploadedFiles/PetfoodIndustry/Articles/1003PETnovel%20feather%20meal.pdf>. Acessado em: 20/12/2012.
- Scapim, M. R. S.; E. G. Loures, H. Rostagno, P. R. Cecon, C. A. Scapim. 2003. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte

submetida a diferentes tratamientos térmicos. *Acta Scientiarum. Animal Science*, v. 25, n. 1, p.91-98.

Tiwary, E., R. Gupta. 2012. Rapid Conversion of Chicken Feather to Feather Meal Using Dimeric Keratinase from *Bacillus licheniformis* ER-15. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 2:4.

Yamka, R. M., B. M. Hetzler, D. L. Harmom. 2005. Evaluation of low oligosaccharide, low-phytate whole soybeans and soybean meal in canine foods. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 83, n. 2, 393-399.

Yamka, R. M. & S. L. Mickelsen. 2006. The Prediction of Urine pH Using Dietary Cations and Anions in Dogs Fed Dry and Wet Foods. *International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine*, Vol. 4, No. 4.

Wang, X., C. M. Parsons. 1997. Effect of Processing Systems on Protein Quality of Feather Meals and Hog Hair Meals. *Poultry Science* 76:491–496.

Tabela 1. Composição química das amostras das farinhas de penas hidrolisada

Componentes (% na MS)	FPH	FPH CE
Matéria seca	92,78	96,58
Proteína bruta	75,28	80,19
Extrato etéreo	11,57	12,58
Digestibilidade em pepsina 0,02 (%)	59,80	58,26
Índice de acidez (mgKOH/g)	1,32	1,33
Energia bruta (kcal/kg)	5502	5710

MS= matéria seca; FPH= farinha de pena hidrolisada; FPH CE= farinha de pena hidrolisada com adição de complexo enzimático (protease e lipase).

Tabela 2. Ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/100g de dieta).

Ingredientes	Tratamentos				
	FPH 0	FPH 7,5	FPH CE 7,5	FPH 15	FPH CE 15
Farelo de arroz integral	30,37	28,25	28,25	26,41	26,41
Quirera de arroz	30,78	28,63	28,63	26,77	26,77
Farinha de carne e ossos	17,72	16,48	16,48	15,41	15,41
Farelo de trigo	10,12	9,41	9,41	8,80	8,80
Farelo de arroz desengordurado	9,11	8,47	8,47	7,92	7,92
Gordura de aves	0,99	0,92	0,92	0,86	0,86
Sal comum	0,51	0,47	0,47	0,44	0,44
Premix mineral/vitamínico	0,40	0,37	0,37	0,35	0,35
Farinha de pena hidrolisada	0	6,98	6,98	13,04	13,04
Composição química (% na MS)					
Matéria seca	90,59	90,91	91,58	91,69	91,01
Proteína bruta	20,04	23,32	24,30	27,09	28,39
Matéria mineral	9,6	8,86	9,53	8,71	8,84
Extrato etéreo hidrólise ácida	11,80	11,98	12,14	11,51	12,14
Fibra bruta	3,87	4,11	3,39	3,59	4,10
Energia bruta (kcal/kg)	4747	4845	4939	4905	4899

MS= matéria seca; FPH= farinha de pena hidrolisada; FPH CE= farinha de pena hidrolisada com adição de complexo enzimático (protease e lipase)

Tabela 3. Consumo de nutrientes, coeficiente de digestibilidade aparente total, energia metabolizável e características fecais de cães alimentados com dietas contendo diferentes níveis de farinha de pena hidrolisada processadas ou não com complexos enzimáticos.

Item	Tratamentos*						Contrastes			
	FPH 0	FPH 7,5	FPH CE 7,5	FPH 15	FPH CE 15	EPM	P-value	FPH 0 vs. FPH ¹	FPH vs. FPH+CE ²	FPH 7,5 vs. FPH 15 ³
Consumo diário de nutrientes (g)										
Matéria seca	200,53 ^a	215,07 ^b	214,77 ^b	228,91 ^c	228,97 ^c	-	<0,0001	-	-	-
Matéria orgânica	181,22 ^a	194,71 ^b	194,30 ^b	208,68 ^c	209,02 ^c	-	<0,0001	-	-	-
Proteína bruta	39,49 ^a	49,78 ^b	52,94 ^b	62,56 ^c	62,45 ^c	-	<0,0001	-	-	-
Energia bruta (kcal/kg)	4759 ^a	5210 ^b	5304 ^b	5614 ^c	5609 ^c	-	<0,0001	-	-	-
Coeficiente de digestibilidade aparente, %										
Matéria seca	71,16	71,44	70,68	69,56	70,42	0,84	0,5616	0,5035	0,9536	0,2125
Matéria orgânica	76,47	76,33	75,60	74,79	75,29	0,73	0,4584	0,2472	0,8735	0,2173
Proteína bruta	70,03	71,31	69,93	67,54	69,05	0,88	0,0690	0,5665	0,9386	0,0144
Energia bruta	75,83	76,20	75,78	73,56	74,64	0,67	0,0601	0,3040	0,6270	0,0096
EM (kcal/kg)	3433 ^{ac}	3506 ^{ab}	3560 ^b	3369 ^c	3395 ^{ac}	29,38	0,0006	0,4747	0,1840	<0,0001
Características fecais										
Escore fecal	3,75	3,62	3,68	3,58	3,67	0,09	0,7456	0,2851	0,4230	0,7881
MS fecal, %	32,22	31,45	31,60	31,59	32,54	0,73	0,7901	0,6082	0,4543	0,4677
Fezes g/dia (MN)	180,00 ^a	195,78 ^{ab}	199,70 ^{ab}	221,73 ^b	208,61 ^{ab}	7,35	0,0084	0,0038	0,5380	0,0265
Fezes g/dia (MS)	57,83 ^a	61,42 ^{ab}	62,96 ^{abc}	69,68 ^c	67,73 ^{bc}	1,87	0,0011	0,0013	0,9142	0,0020

MS=matéria seca; EM= energia metabolizável; MN= matéria natural; FPH= farinha de pena hidrolisada; FPH CE= farinha de pena hidrolisada com adição de complexo enzimático (protease e lipase); EPM= erro padrão da média.

Escore fecal 1 = aquoso: líquido que pode ser derramada; 2 = macio, informe: fezes assumem forma de recipiente, 3 = macio, formado, úmido: fezes mais suaves que mantêm forma; 4 = duro, formado, fezes secas: continua firme e suave; 5 = rígidos, pellets secos: massa pequena, dura;

Médias seguidas de letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

*Nível de inclusão sobre a dieta basal

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia bruta e coeficiente de metabolizabilidade aparente da energia bruta da farinha de penas hidrolisada.

	CDAMS	CDAMO	CDAPB	CDAEB	CMAEB
Nível de FPH* (%)					
7,5	61,0	65,94	70,4	81,8	74,3
15	60,5	69,39	65,6	62,6	49,0
P-value	0,9443	0,6314	0,1468	0,0007	<0,0001
Enzima					
Com	62,1	69,28	68,6	77,4	66,6
Sem	59,5	66,05	67,3	67,0	56,7
P-value	0,7288	0,6542	0,6772	0,0391	0,0405
Nível x Enzima					
P-value	0,1772	0,2618	0,4021	0,9868	0,5306

CDAMS=coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CDAMO=coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica; CDAPB=coeficiente de digestibilidade da proteína bruta; CDAEB=coeficiente de digestibilidade da matéria seca; CMAEB=coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta; FPH= farinha de pena hidrolisada.

*Nível de inclusão sobre a dieta basal

Tabela 5. Equação de regressão linear da relação entre adição de farinha de penas (g) sobre ED, EM, PD, MSD, e MOD da dieta total consumida.

Variáveis	Equação de regressão*	EPR	R ²
ED	3672,56 + 3,3075 x g FPH	108,8	0,78
EM	3522,36 + 2,4865 x g FPH	113,0	0,62
PD	140,78 + 0,5307 x g FPH	7,06	0,95
MSD	717,11 + 0,5495 x g FPH	22,57	0,61
MOD	693,37 + 0,5785 x g FPH	20,15	0,74

ED= energia digestível; EM= energia metabolizável; PD= proteína digestível; MSD= matéria seca digestível; MOD= matéria orgânica digestível; EPR= erro padrão residual; R²= coeficiente de determinação.

*P<0,0001

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos a inclusão de coprodutos em dietas para cães e gatos contribuiu de forma substancial para o crescimento das indústrias fabricantes de alimentos para animais de companhia, fornecendo a maior parte dos nutrientes das dietas. O Brasil é um mercado promissor neste setor, dada a variedade e disponibilidade de coprodutos no mercado nacional. Com o cenário cada vez mais competitivo, os fabricantes buscam alternativas para reduzir os custos de produção, através da adição de ingredientes mais baratos nas formulações, sem que haja prejuízo na qualidade nutricional dos alimentos.

O uso de coprodutos de origem animal e vegetal está condicionado ao conhecimento mínimo de suas características nutricionais e de seu efeito na digestão e no metabolismo de cada espécie. Este projeto é parte do trabalho desenvolvido pelo Grupo de Pesquisas em Animais Não Ruminantes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que tem como uma de suas linhas de pesquisa, a avaliação nutricional de alimentos para aves, suínos, cães e gatos. Os resultados destas pesquisas podem contribuir para a adequada inclusão destes ingredientes em dietas para estas espécies.

Formulações para cães que não incluem coprodutos em sua matriz nutricional são relativamente menos complicadas de serem compostas, pois utilizam ingredientes nobres e de qualidade superior que encarecem as dietas. Os produtos oriundos destas fabricações normalmente são muito bem balanceados e com grande disponibilidade de nutrientes. Dietas que incluem coprodutos normalmente são dietas de baixo custo, difíceis de serem formuladas, pois a disponibilidade dos nutrientes, a partir dos coprodutos, muitas vezes não é conhecida e é muito variável. As dietas econômicas e *standard*, caracterizadas pelo ingresso de maiores concentrações de coprodutos, representam mais de 80% do mercado nacional. Ao determinar o valor nutricional ou melhorar a qualidade de um coproduto, é possível disponibilizar mais nutrientes aos animais, produzindo dietas mais balanceadas e mais seguras, permitindo o uso de ingredientes que não competem com a alimentação humana.

Os resultados obtidos nas condições do presente estudo demonstraram que a inclusão do FAI em alimentos extrusados para cães adultos reduziu significativamente ($P < 0,05$) a digestibilidade da MS, MO, EE, PB, EB e a concentração da EM das dietas. Entretanto, mesmo com o decréscimo dos CDA, as dietas com 20% e 40% de inclusão de FAI em substituição a farinha de trigo, permaneceram dentro dos limites preconizados pela ABINPET (Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação), antiga ANFALPET (Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação), para dietas *super premium* (MS $\geq 80\%$; PB $\geq 80\%$ e EE $\geq 90\%$) e *premium* (MS $\geq 75\%$; PB $\geq 75\%$ e EE $\geq 85\%$), respectivamente (ANFALPET, 2009), demonstrando alta capacidade de inclusão deste ingrediente nas formulações de alimentos para esta espécie.

Atualmente o FAD e o FAI são incluídos nos alimentos para cães com pouco conhecimento das suas características nutricionais, provavelmente pelas limitadas informações disponíveis na literatura a cerca do valor nutricional e dos efeitos que este ingrediente possa causar na digestibilidade dos alimentos.

O FAI e o FAD são comercializados com preços semelhantes. Apesar da gordura ser o nutriente mais caro das dietas, muitas empresas de descasque de arroz comercializam o farelo na forma integral. A gordura presente no FAI é muito instável devido à presença de enzimas lipases no próprio farelo. A degradação enzimática ocorre rapidamente após a remoção do farelo do grão e representa uma das principais limitações para inclusão na alimentação animal, especialmente para aves e suínos. Além disso, a disponibilidade da gordura quando presente dentro do ingrediente tende a ser menor para estas espécies. Diante destas condições o FAI parece ser um ingrediente bastante propício à inclusão em alimentos de baixo custo para cães: o preço, o teor elevado de gordura e o processo de extrusão, inerente às dietas para cães, é capaz de inativar a lipase do FAI deixando-o mais estável. No entanto, os fatores antinutricionais do FAI devem ser eliminados para garantir melhor disponibilidade de nutrientes. Neste estudo as enzimas utilizadas para quebrar os PNA's e o ácido fítico presentes no FAI não demonstraram efeito quando adicionados sobre o farelo, sendo necessário novos estudos dirigidos para a adição das enzimas previamente ao processo de extrusão. Atenção também deve ser dada ao balaço de Ca e P. O FAI possui elevados níveis de P que podem acarretar em desbalanço na relação de Ca:P quando acrescentados em altas concentrações nas dietas.

As características nutricionais e o efeito da inclusão da FPH em alimentos para cães, assim como para o FAI, têm sido pouco estudadas. As penas, quando presentes nas farinhas de vísceras, são geralmente associadas à contaminação ou adulteração da farinha. Pela legislação brasileira, é permitido incluir cabeças e pés nas farinhas de vísceras de aves, mas não devem conter penas, resíduos de incubatório e outras matérias estranhas em sua composição. No entanto, farinha de vísceras de aves com excesso de cabeça e pés tem elevada matéria mineral, mas podem ser adulteradas pela adição de farinha de penas, que apresenta baixo índice de matéria mineral e alto de proteína, compensando a relação entre os nutrientes.

A inclusão de 7,5% e 15% de FPH sobre a dieta basal, representou 7% e 13% da dieta total, respectivamente. A inclusão 13% FPH na dieta total reduziu o CDAPB e da EB, assim como a EM. Ao avaliar os CDA e o CMA da EB das FPH, isoladas da dieta basal, foi demonstrado melhora significativa do CDA e CMA da EB da FPH processada com enzimas. Estes resultados suportam a hipótese de que a adição do CE melhora a digestibilidade e metabolizabilidade da energia, demonstrando que a FPH processada com enzimas pode ser melhor aproveitada em dietas de custo reduzido como fonte protéica. No entanto é necessário alguns ajustes no balanço aminoacídico devido a baixa quantidade de aminoácidos essenciais presente neste coproduto, tais como, lisina, metionina, histidina e triptofano.

Os estudos conduzidos no Brasil avaliando a adição de complexos enzimáticos em alimentos para cães estão em fase inicial e os resultados tem sido contraditórios. No presente estudo, a adição do complexo enzimático contendo amilase (30 U/g), celulase (40 U/g), xilanase (100 U/g), β -glucanase (200 U/g), fitase (300 U/g), protease (700 U/g) e pectinase (4000 U/g) em quantidades proporcionais ao nível de inclusão de FAI (400g/t e 800g/t de CE

para as dietas com 20% e 40% de FAI, respectivamente) não demonstrou efeito sobre os CDA, EM, características fecais e balanço de cálcio e fósforo.

A adição do complexo enzimático composto por protease (130 LU/g) e lipase (12.500 HUT/g) em conjunto com o processamento das penas para obtenção da FPH melhorou o CDA e o CMA da EB comprovando o efeito do CE associado a baixa temperatura e pressão. No entanto, são necessários novos estudos para verificar se a melhoria do valor nutricional da FPH foi devida ao complexo enzimático, ao processamento ou a união do complexo enzimático com o processamento.

Os dados apresentados no presente estudo demonstram que ambos os ingredientes pesquisados possuem valor nutricional satisfatório para cães, embora alguns ajustes devam ser considerados.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AMISSAH, J. G. N. et al. Nutrient composition of bran from new rice varieties under study in Ghana. **Food Control**, Guildford, v. 14, p. 21-24, 2003.

ANFALPET - Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação. **Manual do programa integrado de qualidade pet**. São Paulo, 2009. p. 24-25.

BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, p. 145-155, 1995.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo de minerais. In: NUTRIÇÃO de monogástricos. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 2012. p. 209-255.

BERTSCH, A.; COELLO, N. A biotechnological process for treatment and recycling poultry feather as a feed ingredient. **Bioresource Technology**, Essex, v. 96, p. 1703-1708, 2005.

BIELORAI, R. et al. Low nutritional value of feather-meal protein for chicks. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 112, p. 249-254, 1982.

BROUNS, F.; KETTLITZ, B.; ARRIGONI, E. Resistant starch and “the butyrate revolution”. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 13, p. 251-261, 2002.

BONATO, E. L. et al. Uso de enzimas em dietas contendo níveis crescentes de farelo de arroz integral para frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 2, p. 511-516, 2004.

BUTOLO, J. E. Ingredientes de origem vegetal. In: QUALIDADE de ingredientes na alimentação animal. 2. ed. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição, 2010. p. 126-133.

CALVERT, C. et al. Rice bran in swine rations. **California Agriculture**, California, v. 39, n. 5, p. 19-20, 1985.

CAPRITA, R.; CAPRITA, A.; JULEAN, C. Biochemical aspects of non-starch polysaccharides. **Journal of Animal Science and Biotechnologies**, London, v. 43, n. 1, p. 368-375, 2010.

CAPRITA, R.; CAPRITA, A. Chemical methods for the determination of soluble and insoluble non-starch polysaccharides – review. **Animal Science and Biotechnologies**, London, v. 44, n. 2, p. 73-80, 2011.

CARCIOFI, A. C. et al. Amylase utilization for the extrusion of dog diets. **Animal**

Feed Science and Technology, Amsterdam, v. 177, p. 211-217, 2012.

CARCIOFI, A. C. Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, p. 235-249, 2007. Suplemento especial.

CARCIOFI, A. Fontes de proteína e carboidratos para cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, p. 28-41, 2008. Suplemento especial.

CASE, L. P. et al. **Canine and feline nutrition**: a resource for companion animal professionals. 3. ed. Philadelphia: Mosby, 2011. p. 13-78.

CAVALARI, A. P. M. et al. Determinação do valor nutritivo de alimentos energéticos e protéicos utilizados em rações para cães adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1985-1991, 2006.

CHEN, M. H.; BERGMAN, C. J. A rapid procedure for analysing rice bran tocopherol, tocotrienol and g-oryzanol contents. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 18, p. 139–151, 2005.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**, Rickmansworth, p. 13-26, jun. 1997.

CHOCT, M. Effects of commercial enzymes on wet dropping in four strains of layers fed a barley diet. Australian Poultry Science Symposium, Sydney, v. 11, p. 89-93, 1999.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira, grãos, safra 2011/2012**: décimo segundo levantamento. Brasília, 2012.

CONSIDINE, M. J. New enzyme technologies for poultry by-products. **Australian Poultry Science Symposium**, Sydney, v. 12, p. 163-165, 2000.

DOMENE, S. M. A.; TORIM, H. R.; AMAYA-FARFÁN, J. Dietary zinc improves and calcium depresses growth and zinc uptake in rats fed rice bran. **Nutrition Research**, New York, v. 21, p. 1493–1500, 2001.

EBLING, P. D. et al. Métodos de incorporação da enzima fitase em rações para poedeiras. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 160-165, jan. 2012.

FAO- Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Rice Market Monitor**, Roma, v. 15, n. 4, p. 1-37, 2012.

FÉLIX, A. P. **Avaliação nutricional de derivados protéicos de soja para cães**. 2011. 188 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) – Universidade

Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2011.

FÉLIX, A. P. et al. Effect of the inclusion of carbohydrases and different soybean meals in the diet on palatability, digestibility and faecal characteristics in dog. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 174, p. 182-189, 2012.

FIALHO, E. T. **Alimentos alternativos para suínos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2009. p. 85-89.

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

FROETSCHNER, J. et al. Enzyme lowers energy input in extruded dog foods. **Feed Tech Magazine**, Doetinchem, v. 10, n. 10, p. 15-25, 2006.

GLEATON, H. K.; BARTGES, J. W.; LAFLAMME, D. P. Influence of diet on urinary pH, urine and serum biochemical variables, and blood-ionized calcium concentrations in heath dogs. **Veterinary Therapeutics**, Carlstadt, v. 2, n. 1, 2001.

GONZÁLEZ-SANCHEZ, R. et al. Phytase effect on feed digestibility in domestic cat (*Felis silvestris catus*). **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 6, n. 2, p. 301-303, 2007.

GRAZZIOTIN, A. et al. Nutritional improvement of feather protein by treatment with microbial keratinase. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 126, p. 135-144, 2006.

HERNÁNDEZ-ANAYA, A. et al. use of phytase in canola based diets and the digestibility of adult german shepherd. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 5, n. 12, p. 1199-1201, 2006.

HOLANDA, M. A. C. et al. Desempenho e características de carcaças de frangos de corte recebendo dietas com farinha de penas hidrolisada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 10, n. 3, p. 696-707 jul./set. 2009.

JOHNSON, M. L. et al. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meal by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 76, p. 1112-1122, 1998.

JORDAN, R. M.; CROOM, H. G. Feather meal as a source of protein for fattening lambs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 16, p. 118-124, 1957.

KAHLON, T. S. Rice bran: production, composition, functionality and food applications, physiological benefits. In: CHO, S. S.; SAMUEL, P. **Fiber ingredients: food applications and health benefits**. Boca Raton: CRC Press, 2009. Cap. 14, p. 305-321.

KAWAUCHI, I. M. et al. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured by two different techniques. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 169, p. 96-103, 2011.

KAUFMANN, C. et al. Amino acid and energy digestibility in different sources of rice bran for growing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 85, n. 3, p. 355-363, 2005.

KANE, E.; PHILLIPS, T. Ingredients and perception. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. (Ed.). **Alimentos para animais de companhia technology**. Morris: Watt Publishing, 2003. p. 170-174.

KNUDSEN, K. E. B. Carbohydrate and lignin contents of plants materials used in animal feeding. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v. 67, p. 319-338, 1997.

LACERDA, D. B. C. L. et al. Qualidade de farelos de arroz cru, extrusado e parboilizado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 521-530, out./dez. 2010.

LIMA, M. R. et al. Enzimas exógenas na alimentação de aves. **Acta Veterinária Brasileira**, Mossoró, v. 1, n. 4, p. 99-110, 2007.

MOURA, C. C. et al. Farinha de penas e sangue em rações para suínos em terminação. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 23, n. 6, p. 940-948, 1994.

MURRAY, S. M. et al. Raw and rendered animal by-products as ingredients in dog diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 75, p. 2497-2505, 1997.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger princípios de bioquímica**. 4. ed. São Paulo: SARVIER, 2006. Cap. 6, p. 190-235.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academy Press, 2006.

OQUÉ-BON, E. et al. In vitro fermentation of rice bran combined with *Lactobacillus acidophilus* 14 150B or *Bifidobacterium longum* 05 by the canine faecal microbiota. **FEMS Microbiol Ecol**, Amsterdam, v. 75, p. 365-376, 2011.

PESTANA-BAUER, V. R. et al. Y-Oryzanol and tocopherol contents in residues of rice bran oil refining. **Food Chemistry**, London, v. 134, p. 1479-1483, 2012.

RAMEZANZADEH, F. M. et al. Prevention of hydrolytic rancidity in bran during storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 47, p. 3050–3052, 1999.

REBAFKA, F. P.; KULSHRESTHA, A. **Adding value to feather goldmehl: a new potential for the petfood industry**. Rockford, 2009. Disponível em: <<http://www.petfoodindustry.com/uploadedFiles/PetfoodIndustry/Articles/1003PETnovel%20feather%20meal.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2012.

RYAN, E. P. Bioactive food components and health properties of rice bran. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Schaumburg, v. 238, n. 5, p. 593–600, 2011.

ROBERTSON, W. G. et al. Predicting the crystallization of urine from cats and dogs with respect to calcium oxalate and magnesium phosphate (struvite). **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 132, p. 1637-1641, 2002.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV: DZO, 2011. 252 p.

ROUANET, J. M.; LAURENT, C.; BESANÇON, P. Rice bran and wheat bran: selective effect on plasma and liver cholesterol in high-cholesterol fed rats. **Food Chemistry**, London, v. 47, p. 67-71, 1993.

SÁ F. C. **Efeito da suplementação de enzimas sobre o processamento e digestibilidade de dietas extrusadas para cães contendo farelo de trigo**. 2011. 58 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, SP, 2011.

SÁ FORTES, C. M. L. S. et al. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dog. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 156, p. 121-125, 2010.

SAUNDERS, R. M. The properties of rice bran as a foodstuff. **Cereal Foods World**, Minneapolis, v. 35, p. 632-636. 1990.

SILVA, M. A; SANCHES, C.; AMANTE, E. R. Prevention of hydrolytic rancidity in Rice bran. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 75, p. 487-491, 2006.

SILVIO, J. et al. Influence of Fiber Fermentability on Nutrient Digestion in the Dog. **Nutrition**, New York, v. 16, p. 289-295, 2000.

SCAPIM, M. R. S. et al. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetida a diferentes tratamentos térmicos. **Acta Scientiarum Animal Science**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 91-98, 2003.

SPEARS, J. K.; GRIESHOP, C. M.; FAHEY, G. C. Jr. Evaluation of stabilized rice bran as an ingredient in dry extruded dog diets. **Journal of Animal**

Science, Champaign, v. 82, p. 1122-1135, 2004.

STEVENSON, A. E.; SMITH, B. H. E.; MARKELL, P. J. A system to monitor urinary tract health in dogs. **Journal of Nutrition**, Amsterdam, v. 128, p. 2761-2762, 1998.

STRATTON-PHELPS, M. et al. Dietary rice bran decreases plasma and whole-blood taurine in cats. **Journal of Nutrition**, Amsterdam, v. 132, p. 1745-1747, 2002.

TIWARY, E.; GUPTA, R. Rapid conversion of chicken feather to feather meal using dimeric keratinase from bacillus licheniformis ER-15. **Journal of Bioprocessing & Biotechniques**, Los Angeles, v. 2, n. 4, p. 1-5, 2012.

TORTOLA, L. **Enzimas exógenas em dietas extrusadas para cães contendo farelo de soja**. 2011. 72 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Jaboticabal – SP, 2011.

TORRES, D. M. et al. Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras. v. 27, n. 6, p. 1401-1408, nov./dez. 2003.

TWOMEY, L. N. et al. The use of exogenous feed enzymes in reducing the anti-nutritive of dietary fibre in dog food. **Recent Advances in Animal Nutrition in Australia**, Armidale, v. 13, p. 186-179, 2001.

TWOMEY, L. N. et al. The effects of increasing levels of soluble non-starch polysaccharides and inclusion of feed enzymes in dog diets on faecal quality and digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 108, p. 71-82, 2003a.

TWOMEY, L. N. et al. The effects of added fructooligosaccharide (Raftilose®P95) and inulinase on faecal quality and digestibility in dogs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 108, p. 83–93, 2003b.

VALE, R.; VALE, B. **Time to eat the dog? The real guide to sustainable living**. London: Thames & Hudson, 2009. p. 235-242.

YAMKA, R. M. et al. Evaluation of soybean meal as a protein source in canine foods. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 109, p. 121–132, 2003.

YAMKA, R. M.; HETZLER, B. M.; HARMOM, D. L. Evaluation of low oligosaccharide, low-phytate whole soybeans and soybean meal in canine foods. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 83, n. 2, p. 393-399, 2005.

YAMKA, R. M.; MICKELSEN, S. L. The prediction of urine Ph using dietary

cations and anions in dogs fed dry and wet foods. **International Journal of Applied Research in Veterinary Medicine**, Apopka, v. 4, n. 4, p. 355-361, 2006.

YIN, Y-L. et al. Effects of supplementing diets containing hulles barley varieties having different levels of non-starch polysaccharides with β -glucanase and xylanase on the physiological status of the gastrintestinal tract and nutrient digestibility of weaned pigs. **Livestock Production Science**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 97-107, 2001.

UBABEF – União Brasileira de Avicultura. **Relatório anual 2010/2011**. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=2761>>. Acesso em: 09 set. 2012.

APÊNDICES

Apêndice A – Normas para redigir o capítulo II e III

INSTRUCTIONS TO AUTHORS *Journal of Animal Science* (REVISED 2012)

The Instructions for Authors to the *Journal of Animal Science (JAS)* is divided into 2 sections:

- I. Manuscript Preparation, which gives the Style and Form to be used by authors in the preparation of manuscripts; and
- II. Policies and Procedures of JAS, which provides details concerning the mission of JAS, contact information, care and use of animals, the types of articles accepted by JAS, submitting manuscripts to JAS (including copyright policies), the review procedures and policies, and papers in press, author proofs, and publication charges.

I. MANUSCRIPT PREPARATION (STYLE AND FORM)

The most important thing you can do as you prepare your manuscript is to consult a recent issue of *JAS* in terms of the acceptable format for headings, title page, Abstract, Key words, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (or combined Results and Discussion), Literature Cited, and tables and figures (including figure captions), which are described in more detail below. **Failure to adhere to the style and form will result in immediate rejection of the manuscript.**

General. Papers must be written in English and must use the American spelling and usage as well as standard scientific usage, as given in the following online resources:

- For general style and form, authors should follow that recommended in *Scientific Style and Format: The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers*. 7th ed. Council of Science Editors, Reston, VA.
- For American English spelling and usage: *Merriam-Webster Online* (<http://www.m-w.com/>).
- For numbers usage, consult the **Policies Regarding Number Usage** later in this document.
- For SI units, the following site (National Institute of Standards and Technology) provides a comprehensive guide: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>
- For capitalization and spelling of plants, consult the USDA Plants website (<http://plants.usda.gov>).
- For anatomical nomenclature, consult the current *Nomina Anatomica Veterinaria* (http://www.wava-amav.org/Downloads/nav_2005.pdf).

Manuscripts should be prepared double-spaced in Microsoft Word, with lines and pages numbered consecutively, using Times New Roman font at 12 points. Special characters (e.g., Greek and symbols) should be inserted using the symbols palette available in this font. Complex equations should be entered using Math-Type. Tables and figures should be placed in separate sections at the end of the manuscript (not placed in the text). Authors should prepare their manuscript in Microsoft Word and upload the manuscripts using the fewest files possible to facilitate the review and editing processes.

Manuscripts should contain the following sections (Appendices or Online-Only Data Supplements, described below, are optional), in this order:

Title Page. The title page includes a running head (the first word only and any proper nouns capitalized and no more than 45 characters plus spaces); the title (only the first word and any proper nouns capitalized, as brief as possible, and including the species involved); names of authors (e.g., T. E. Smith; no title, positions, or degrees) and institutions, including the department, city, state or country (all with first letters capitalized), and ZIP or postal code. Affiliations are footnoted using the symbols *, †, ‡, §, #, ||, ¶ and are placed below the author names. Footnotes on the first page (present address, and e-mail address of the corresponding author) are referenced by superscript numbers. Acknowledgments, including acknowledgements of grants, experiment station, or journal series number, are given as a footnote to the title. Authors who hold patents related to the research presented in the manuscript should include a statement in a footnote.

Abstract. The abstract consists of no more than 2,500 keystrokes (characters plus spaces) in one paragraph and summarizes the pertinent results (with statistical evidence; i.e., *P*-values) in a brief but understandable form, beginning with a clear statement of the objective and ending with the conclusions, with no references cited. Abbreviations in the abstract that are not **Standard JAS abbreviations** must be defined at first use.

Key Words. List up to 6 key words or phrases including the species, variables tested, and the major response criteria. The first letter of each key word is lowercase (unless a proper noun); key words are separated by commas and presented in alphabetical order; and no abbreviations should be used. Because major words in the title are not used for the subject index, which is published in the last issue of each volume of *JAS*, appropriate words from the title (or synonyms) should be listed as key words.

Introduction. The Introduction must not exceed 2,000 keystrokes (characters plus spaces) and briefly justifies the research, specifies the hypotheses to be tested, and gives the objective(s). Extensive discussion of relevant literature should be included in the Discussion.

Materials and Methods. A clear description or specific original reference is required for all biological, analytical, and statistical procedures. All modifications of procedures must be explained. Diets, dates of experimental activities if appropriate, animals [breed, sex, age, body weight, and weighing conditions (i.e., with or without restriction of feed and water)], surgical techniques, measurements, and statistical models should be described clearly and fully. Appropriate statistical methods should be used, although the biology should be emphasized. Statistical methods commonly used in the animal sciences need not be described in detail, but adequate references should be provided. The statistical model, classes, blocks, and experimental unit must be designated. Any restrictions used in estimating parameters should be defined. Reference to a statistical package without reporting the sources of variation (classes) and other salient features of the analysis, such as covariance or orthogonal contrasts, is not sufficient. A statement of the results of the statistical analysis should justify the interpretations and conclusions. The experimental unit is the smallest unit to which an individual treatment is imposed. Measurements on the same experimental unit over time also are not independent and should not be considered as independent experimental units. Provide a validation for assays [e.g., mean and CV for repeated analysis of a sample (both between and within-assay if available) and the sensitivity (minimum amount or concentration detectable)]. Also, provide a publication reference for the methodology used in kits. Centrifugal force should be provided in $\times g$, not rpm, and duration and temperature of centrifugation must be included. Include volume of blood collected, container used, and amount of preservative or anticoagulant (e.g., heparin).

Results. The results are presented in the form of tables or figures when feasible. The text should explain or elaborate on the tabular data, but numbers should not be repeated within the text. Sufficient data, all with some index of variation attached (including significance level; i.e., P -value), should be presented to allow the reader to interpret the results of the experiment. Reporting the actual P -value is preferred to the use of the terms *significant* and *highly significant*. Thus, the observed significance level (e.g., $P = 0.027$) should be presented, thereby allowing the reader to decide what to reject. Other probability (α) levels may be discussed if properly qualified so that the reader is not misled (e.g., trends in the data).

Discussion. The discussion should interpret the results clearly and concisely in terms of biological mechanisms and significance and also should integrate the research findings with the body of previously published literature to provide the reader with a broad base on which to accept or reject the hypotheses tested. A stand-alone Discussion section should not

refer to any tables or figures, nor should it include P -values (unless citing a P -value from another work).

Results and Discussion. In *JAS*, authors have the option of combining the results and discussion into one section.

Literature Cited. To be listed in the Literature Cited section, papers must be published or accepted for publication ("in press"). Personal communications and unpublished data must not be included in the Literature Cited section. See the [Literature Cited Guidelines](#) later in this document.

Tables and Figures. Tables and figures must be prepared so they stand alone. Author-defined abbreviations must be defined (or redefined) in each table and figure. Manufacturer name and location should be provided for any proprietary product appearing in a table or figure.

Tables must be created using the table feature in MS Word (for instructions, see [Guidelines for Creating Tables in Microsoft Word](#) (<http://journalofanimalscience.org/site/misc/ifora.xhtml>)). Refer to a recent issue of *JAS* for examples of table construction. When possible, tables should be organized to fit across the page without running broadside. Each column must have a heading (e.g., Item, Ingredient, Trait, Fatty acid). Units should be separated from headings by a comma. Limit the data field to the minimum needed for meaningful comparison within the accuracy of the methods. In the body of the table, references to footnotes should be numerals. Each footnote should begin on a new line. To indicate significant differences among means within a row or column, superscript lowercase letters are used; the preferred statement in the footnotes is: "Within a row (or column), means without a common superscript differ ($P < 0.05$)."

Figures should be placed at the end of the manuscript and should follow the [Quality Guidelines for JAS Figures](#) (<http://journalofanimalscience.org/site/misc/ifora.xhtml>). Each figure should be placed on a separate page (separated by section breaks) and identified by the figure number. Figure captions should be typed double spaced on a separate page. The use of color in figures should be avoided unless it is essential to understanding the figure. There is an additional fee for color figures that are printed in the journal (see Manuscript Central for more information).

Appendices. To provide readers with numerical examples or give extensive detail of analytical procedures, an appendix or appendices can be included. However, if the supplemental material is of interest only to a limited number of *JAS* readers, it should not be included as an appendix. Instead, mention that supplemental information is available on request from the author; addresses for websites with appropriate supplemental information are acceptable. If extensive, the data may be included as an e-supplement to the manuscript (see Online-Only Data Supplements). Appendices should follow the Literature Cited section and be introduced by a major heading.

Online-Only Data Supplements. Authors can present material online that cannot physically be displayed in the print journal (e.g., Excel files, video), that might be cost-prohibitive (e.g., color figures), or

that provides data sets too detailed for publication in print. A note will appear in the print version that more material can be found online. Material posted online only must go through the review process, and consequently should be in a format easily accessible by most reviewers and readers.

Additional Usage Notes

Numbers. See *JAS Policies Regarding Number Usage* later in this document.

Abbreviations. Abbreviations in the text that are not standard *JAS* abbreviations must be defined at first use. Authors should not use standard *JAS* abbreviations (e.g., t = metric ton and cannot be used as an abbreviation for temperature). In addition, authors should not use abbreviations accepted by *JAS*, such as abbreviations for elements (e.g., S = sulfur and C = carbon and cannot be used as author-defined abbreviations). Once defined, author-identified abbreviations should always be used, except to begin a sentence. Author-identified abbreviations need to be redefined in the abstract, at first use in the body of the paper, in each table, and in each figure. Authors should avoid excessive use of author-defined abbreviations. See *Standard JAS abbreviations* later in this document, which includes standard abbreviations for physical units, units of time, statistical symbols and abbreviations, and others. Standard *JAS* abbreviations should always be used except to begin a sentence or unless otherwise contraindicated (e.g., units of time should only be abbreviated when used with a number).

Gene and Protein Names. Because there is no universally accepted style for gene and protein names that applies to all species, the *Journal of Animal Science* asks the authors to assume the responsibility of using the convention appropriate for the particular species. Some general guidelines can be found in the *CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers* (7th ed., 2006). For example, the gene that codes for the protein p53 is *TP53* in humans and *Trp53* in mice (note that, by convention, gene names are italicized; also note that protein names are generally not italicized).

Quantitative Trait Loci and DNA Markers and Microarray Data. Papers that publish quantitative trait loci (QTL) or DNA marker association results for livestock are strongly encouraged to make their data available in an electronic form to one of the publicly available livestock QTL databases *after the manuscript appears in publication* [the date on which the paper is posted to the *JAS*-Papers in Press website (<http://journalofanimalscience.org/content/early/recent>) represents the official publication date]. Current QTL databases for livestock include, but may not be limited to, the Animal QTL database (<http://www.animalgenome.org/QTLdb>) and the Bovine QTL database (<http://bovineqtl.tamu.edu/>). Similarly, for microarray data we request that all authors using microarray data analysis in their research submit a complete data set to 1 of 3 databases before submission of a manuscript: the NCBI Gene Expression Omnibus (GEO; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/geo>), the EMBL-EBI ArrayExpress repository (<http://www.ebi.ac.uk/arrayexpress>), or the Center for Information Biology Gene Expression (CIBEX) database (<http://cibex.nig.ac.jp/index.jsp>).

Commercial Products. The use of names of commercial products should be minimized. When a commercial product is used as part of an experiment, the manufacturer name, and location (city and state if in the United States; city and country otherwise) or a website address should be given parenthetically at first mention in text, tables, and figures. The generic name should be used subsequently. No TM or ® symbols should be used.

General Usage.

- Note that “and/or” is allowed but not preferred; we ask that authors choose the more appropriate meaning or use “x or y or both” if possible.
- Report time using the 24-h system (e.g., 1410 h rather than 2:10 p.m.).
- Use italics to designate genus and species (*Bos taurus*) and botanical varieties (*Medicago sativa* var. *Potomac*). Designations for botanical cultivars should be preceded by “cv.” or enclosed in single quotes (e.g., *Festuca arundinacea* cv. Kentucky 31 or *Festuca arundinacea* ‘Kentucky 31’).
- Specify the basis (as-fed or dry matter) for dietary ingredient and chemical composition data listed in text or in tables. Similarly, specify the basis for tissue composition data (e.g., wet or dry basis).
- Calculations of efficiency should be expressed as output divided by input (i.e., gain:feed, not feed:gain). This avoids the spurious positive and negative infinity values when body weight gain is zero or negative. It also avoids the confusion associated with discussing an improvement as being a decrease.
- A diet is a feedstuff or a mixture of feedstuffs; a ration is the daily allotment of the diet.
- Restrict the use of “while” and “since” to meanings related to time. Appropriate substitutes include “and,” “but,” or “whereas” for “while” and “because” or “although” for “since.”
- The word “Table” is capitalized and never abbreviated. The word “Figure” should be abbreviated to “Fig.” when referred to in the text, unless it begins a sentence (then spell out as “Figure”). Experiment and equation should be abbreviated to Exp. and Eq., respectively, when preceding a numeral.
- Avoid jargon unfamiliar to scientists from other disciplines. Do not use the term “head” to refer to an animal or group of animals. Instead, use animal, sow, ewe, steer, heifer, cattle, etc.
- Avoid bi- as a prefix because of its ambiguity; biweekly means twice per week and once every 2 weeks.
- Breed and variety names should be capitalized (Landrace, Hereford). Trademarked or registered names should be capitalized, but no TM or ® symbols should be used.

4 Instructions to Authors of *Journal of Animal Science*II. POLICIES AND PROCEDURES OF *JAS* (return to **Style and Form**)

The mission of the American Society of Animal Science (ASAS) is to foster communication and collaboration among individuals and organizations associated with animal science research, education, industry, or administration “*To discover, disseminate, and apply knowledge for sustainable use of animals for food and other human needs.*” The *Journal of Animal Science* (*JAS*), which is published monthly by ASAS, accepts manuscripts presenting information for publication with this mission in mind. The editorial policies of *JAS* are established by the editor-in-chief, managing editor, division and associate editors, and editorial board, subject to review by the publications committee, board of directors, and the membership of ASAS. The views expressed in papers published in *JAS* represent the opinions of the author(s) and do not necessarily reflect the official policy of the institution with which the author is affiliated, the ASAS, or the editor-in-chief. It is the responsibility of the authors to ensure the accuracy of collection, analysis, and interpretation of data in manuscripts and ultimately to guarantee the veracity of the contents of articles published in *JAS*.

The *JAS* is one of the most frequently cited, peer-reviewed, agriculturally oriented research journals in the world, based on statistics published by ISI Inc. (Philadelphia, PA). Its high ranking in several ISI categories, including impact factor, attests to the quality standards maintained by the *JAS* editorial board, editors, and staff and by authors who submit manuscripts for publication.

Contact Information

For information on the scientific content of the journal, contact the Editor-in-Chief, Dr. Steven A. Zinn, Department of Animal Science, University of Connecticut, Storrs, CT 06269-4040; telephone 860-486-0861; fax 860-486-4375; email: steven.zinn@uconn.edu.

For questions on submitting a paper and Manuscript Central, contact Brett Holte, Submission Services Manager, telephone 608-268-3970; email: bholte@sciencesocieties.org

For assistance with author proofs, contact Emily Mueller, Managing Editor; email: emueller@sciencesocieties.org

Care and Use of Animals

All authors submitting to *JAS* must complete the Care and Use of Animals form certifying that any research that involves animals has followed established standards for the humane care and use of animals and must specify which standards were used. Only investigations that have followed high standards for the humane care and use of animals in research will be reported in *JAS*.

The manuscript must include a statement of institutional animal care and use committee (IACUC) (or

equivalent) approval of all animal procedures. The IACUC statement should appear as the first item in the Materials and Methods. The manuscript should discuss anesthetics, analgesics, tranquilizers, and care taken to minimize pain and discomfort during preoperative, operative, and postoperative procedures. If research requires discomfort to the animals or stressful conditions, justification for these conditions must be evident in papers published in *JAS*.

Types of Articles

Articles published in *JAS* encompass a broad range of research topics in animal production and fundamental aspects of genetics, nutrition, physiology, and preparation and utilization of animal products. Articles typically report research with beef cattle, companion animals, goats, horses, pigs, and sheep; however, studies involving other farm animals, aquatic and wildlife species, and laboratory animal species that address fundamental questions related to the biology of livestock, companion animals, and other managed animals will be considered for publication. Manuscripts that report research on production issues in animals other than those constituting the main focus of the journal should be submitted to other journals.

The preceding paragraph is not meant to exclude manuscripts but, rather, is a clarification of the focus of the journal. If there are any questions concerning the appropriateness of a manuscript for the journal, please contact the editor-in-chief.

Research Articles. Results of work contained in manuscripts submitted to *JAS* must not have been published or submitted previously in a refereed scientific journal. Previous presentation at a scientific meeting or the use of data in field day reports or similar documents, including press publications or postings to personal or departmental websites, does not preclude the publication of such data in *JAS*. Articles simultaneously posted to websites and submitted to *JAS* should carry a disclaimer on the website that this version of the paper has not undergone *JAS* peer-review and is not to be considered the final published form of the article. If the article is published in *JAS*, the author should post the PDF (reprint) version of the article to the website so proper credit can be given to *JAS* as the publisher of the article. Because *JAS* holds the copyright to articles it publishes, posting altered *JAS* articles that are represented as exact duplicates of the published version constitutes copyright violation.

Review Articles. The journal publishes board-invited review articles each year; these reviews are identified by the editor-in-chief in consultation with the editors. Occasionally proposals for review articles to be published in *JAS* may be solicited by division editors, after consultation with the editor-in-chief; the authors will be responsible for publication charges for these articles. Unsolicited review articles will not be considered.

Special Topics. Papers will be considered for publication in this division that present Biographical or Historical Sketches, or that present viewpoints dealing with Contemporary Issues or Teaching in the animal sciences, or Perspectives that put a particular current

Instructions to Authors of *Journal of Animal Science*

5

topic into context in terms of its relationship or important to an entire area.

Biographies and Histories are part of the Special Topics Division but will be published on the ASAS website (<http://journalofanimalscience.org/site/misc/ifora.xhtml>) as well as in the Association News section of the journal. The frequency of publication depends on the availability of the prepared sketches. See <http://journalofanimalscience.org/site/misc/ifora.xhtml> for more information.

Contemporary Issues include topics such as environmental concerns, legislative proposals, systems analysis, and others. Teaching papers may discuss innovative pedagogical methods, philosophy of education, or solutions to teaching problems in animal science. Although Contemporary Issues or Teaching papers do not have to include original data, whenever appropriate the stated assertions should be substantiated by references to established information from credible published sources.

Special Topics papers will be subject to peer review in a manner similar to other submissions. Because of the nature of these papers, their format may vary from that of standard scientific articles.

Technical Notes. A technical note is a vehicle to report a new method, technique, or procedure of interest to *JAS* readers. When possible, a technical note should include a comparison of results from the new method with those from previous methods, using appropriate statistical tests. The advantages and disadvantages of the new procedure should be discussed. When typeset, a technical note shall not exceed 6 pages (9 typed manuscript pages), including tables and figures. The words "Technical note" shall be the first words of the title of such manuscripts. The review process for a technical note will be the same as that for other manuscripts.

Letters to the Editor. Letters judged suitable for publication will be printed in a "Letters to the Editor" section of *JAS*. The purpose of this section is to provide a forum for scientific exchange relating to matters published in *JAS*. To be acceptable for publication, letters must adhere to the following guidelines: 1) Only letters that address matters of science and relate to information published in *JAS* will be considered. In general, letters should not exceed 5,000 characters plus spaces and should contain no more than 5 citations; 2) Letters should provide supporting evidence based on published data for the points made or must develop logical scientific hypotheses; letters based on conjecture or on unsubstantiated claims will not normally be published. No new data may be presented in the letters; 3) Letters will be considered by the editor-in-chief and if deemed appropriate for publication, the author(s) of original paper(s) will be invited to write a letter of response. Normally both letters will be published together; and 4) All letters will be subject to acceptance and editing by the editor-in-chief and editing by the technical editor.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Manuscripts should be submitted electronically at <http://mc.manuscriptcentral.com/jas>. Authors who

have questions about using the electronic manuscript submission system should contact Brett Holte, Submission Services Manager at bholte@sciencesocieties.org. Authors who are unable to submit electronically should contact Brett Holte (bholte@sciencesocieties.org) for assistance; include your manuscript as an attachment (saved as a Microsoft Word file). Staff at ASAS headquarters will post manuscripts by proxy, but authors should be aware that delays might occur in the review process.

Copyright Agreement

Authors shall complete the Manuscript Submission and Copyright Release form for each new manuscript submission. The form is completed during the submission process through Manuscript Central. Persons unable complete copyright agreements, such as federal employees, must indicate the reason for exemption on the form. The copyright to material published in *JAS* is held by ASAS. Persons who wish to reproduce material in *JAS* must request written permission to reprint copyrighted information from the managing editor. Likewise, authors of *JAS* manuscripts who include material (usually tables or figures) taken from other copyrighted sources must secure permission from the copyright holders and provide evidence of this permission at the time the manuscript is submitted to *JAS* for review. Tables or figures reproduced from the work of others must include an acknowledgment of the original source in a footnote or legend.

REVIEW OF MANUSCRIPTS

General Procedures. The suitability of all manuscripts for publication in *JAS* is judged by the reviewers and associate editors, division editors, and the editor-in-chief. All communications regarding a submitted manuscript should maintain confidentiality. Associate editors handle correspondence with the author and promptly advise the division editor whether a manuscript should be rejected or accepted. The division editor's decision to reject or accept is based on the associate editor's recommendation and his or her own review of the manuscript. The division editor forwards document files for accepted manuscripts to the editor-in-chief for further review and editing, after which the editor-in-chief forwards the document file(s) to the technical editors. Note that most manuscripts that are eventually published are first returned by the associate editor to the author for revision, and in addition, the division editor may ask for changes before acceptance. The editor-in-chief is the final arbiter regarding acceptance or rejection of manuscripts submitted for publication.

Rejections. There are 3 main grounds for rejection of manuscripts. First, manuscripts that are not written clearly, concisely, and coherently or that do not conform to *JAS* style and form guidelines will be rejected without review. Authors whose first language is not English are urged to have their paper reviewed by an editing service. Second, the substance of the manuscript may not meet *JAS* standards: the work

may be incomplete, the evidence may not support the conclusions, the experimental approach may be poorly conceived, or the work may repeat established fact or represent no advance of existing knowledge. Third, although the work may be sound and the results valid, the paper may be better suited for publication elsewhere.

Appeals. If a manuscript is rejected, as a first course of action the author may discuss the matter with the associate editor or division editor responsible for the manuscript. Decisions must be appealed to the editor-in-chief if the author(s) believe(s) that the judgment was erroneous or unfair. A letter presenting the reasons for the appeal should be sent to the editor-in-chief. The editor-in-chief will review the author's reasons, as well as all materials related to the manuscript and, after consulting with the editors who reviewed the manuscript, will render a decision whether to accept or deny the appeal. A rejected manuscript may be resubmitted for publication in another division of *JAS* only if this course of action has been specifically recommended by the associate editor or division editor originally assigned to the manuscript and the transfer has been approved by the editor-in-chief.

Revisions. Most manuscripts that are eventually published are returned to the author(s) for revision. Normally, the revised manuscript must be returned to the associate editor via *JAS* Manuscript Central within 6 weeks from the date of receipt by the author or the manuscript will be withdrawn. Extenuating circumstances must be communicated to the technical editing staff, who will consult with the editor-in-chief before granting an extension. A Revision Checklist (<http://journalofanimalscience.org/site/misc/ifafora.xhtml>) is sent with requests for revision to assist the authors.

PAPERS IN PRESS, AUTHOR PROOFS, AND PUBLICATION CHARGES

Papers in Press. To facilitate earlier dissemination, accepted manuscripts will be assigned a digital object identifier (DOI) and posted to the *JAS* Papers in Press site (<http://journalofanimalscience.org/content/early/recent>) in the form in which they are accepted; because this does not represent the final, published form of the manuscript, the authors bear the primary responsibility for the content of manuscripts posted to the publish-ahead-of-print site.

Author Proofs. Accepted manuscripts are forwarded by the editor-in-chief to the editorial office for technical editing and typesetting. At this point, the technical editor may contact the authors for missing information or figure revisions. The manuscript is then typeset, figures reproduced, and author proofs prepared. Correspondence concerning the accepted manuscript should be directed to the technical editor.

Proofs of all manuscripts will be provided to the corresponding author and should be read carefully and checked against the typed manuscript; accuracy of the galley proof is the author's responsibility. Corrections may be returned by fax, mail, or e-mail. For faxed or

mailed corrections, changes to the proof should be made neatly and clearly in the margins of the proof. If extensive correction is required, changes should be provided on a separate sheet of paper with a symbol indicating location on the proof. Changes sent by e-mail to the technical editor must indicate page, column, and line numbers for each correction to be made on the proof. Editor queries should be answered on the galley proofs; failure to do so may delay publication. Excessive author changes made at the proof stage may result in a \$250 surcharge.

Publication Charges and Reprints. The journal has 2 options available for publication: open access (OA) and conventional page charges. For the OA option, authors will pay the OA fee when proofs are returned to the editorial office so that their paper will become freely available upon publication in an online issue. Charges for OA publication are \$2,500 per article, if at least one author is a current professional member of ASAS; the charge is \$3,250 when no author is an ASAS member. For conventional publication, the charge is \$85 per printed page in *JAS* if at least one author is an ASAS member; the page charge is \$170 when no author is a member of ASAS. Reprints may be ordered at an additional charge. When the galley proof is sent, the author is asked to complete a reprint order form requesting the number of reprints desired and the name of the institution, agency, or individual responsible for publication charges. Authors who submit articles containing color illustrations are responsible for paying the additional charge for color printing, including the printing of any reprints they order.

STANDARD JAS ABBREVIATIONS (return to **Style and Form**)

The following abbreviations should be used without definition in *JAS*; plural abbreviations do not require a final "s". Use of 3-letter abbreviations for amino acids (e.g., Ala) and use of standard abbreviations for elements (e.g., S) are acceptable in *JAS*. For chemical units and abbreviations, refer to the *ACS Style Guide* (published by the American Chemical Society, Washington, DC).

Physical units

Item	Unit
Bq	becquerel
°C	degree Celsius
cal	calorie
Ci	curie
cM	centimorgan (spell out morgan if used without a prefix)
Da	dalton
Eq	equivalent (only can be used with a prefix)
g	gram
ha	hectare
Hz	hertz

Instructions to Authors of *Journal of Animal Science*

7

IU	international unit
J	joule
L	liter
lx	lux
m	meter
<i>M</i>	molar (concentration; preferred over mol/L)
mol	mole
<i>N</i>	normal (concentration)
Pa	pascal
rpm	revolutions/minute (not to be used to indicate centrifugal force)
t	metric ton (1,000 kg)
V	volt
W	watt

Units of time

Item	Unit
s	second(s)
min	minute(s)
h	hour(s)
d	day(s)
wk	week(s)
mo	month(s)
yr	year(s)

Statistical symbols and abbreviations

Item	Term
ANOVA	analysis of variance
CV	coefficient of variation
df	degree(s) of freedom (spell out if used without units)
<i>F</i>	<i>F</i> -distribution (variance ratio)
LSD	least significant difference
<i>n</i>	sample size (used parenthetically or in footnotes; note italics)
<i>P</i>	probability
<i>r</i>	simple correlation coefficient
<i>r</i> ²	simple coefficient of determination
<i>R</i>	multiple correlation coefficient
<i>R</i> ²	multiple coefficient of determination
<i>s</i> ²	variance (sample)
SD	standard deviation (sample)
SE	standard error
SED	standard error of the differences of means
SEM	standard error of the mean
<i>t t</i>	(or Student) distribution

α	probability of Type I error
β	probability of Type II error
μ	mean (population)
σ	standard deviation (population)
σ^2	variance (population)
χ^2	chi-squared distribution

Others

Item	Term
AA	amino acid(s)
ACTH	adrenocorticotrophic hormone
ADF	acid detergent fiber (assumed sequential unless designated otherwise)
ADFI	average daily feed intake (not to be confused with DMI)
ADG	average daily gain
ADIN	acid detergent insoluble nitrogen
ADL	acid detergent lignin
ADP	adenosine diphosphate
AI	artificial insemination
AIA	acid insoluble ash
ARS	Agricultural Research Service
ATP	adenosine triphosphate
avg	average (use only in tables, not in the text)
BCS	body condition score
BLUE	best linear unbiased estimate
BLUP	best linear unbiased prediction
bp	base pair
BSA	bovine serum albumin
BTA	<i>Bos taurus</i> chromosome
BW	body weight (used for live weight)
cDNA	complementary deoxyribonucleic acid
C/EBP	CAAT-enhancer binding protein
cfu	colony-forming unit
CIE	International Commission on Illumination (Commission Internationale d'Éclairage)
CLA	conjugated linoleic acid
CoA	coenzyme A
Co-EDTA	cobalt ethylenediaminetetraacetate
CP	crude protein (N × 6.25)
D	dextro-
diam.	diameter
DE	digestible energy
DEAE	(dimethylamino)ethyl (as in DEAE-cellulose)
DFD	dark, firm, and dry (meat)

DM	dry matter	MUFA	monounsaturated fatty acid
DMI	dry matter intake	NAD	nicotinamide adenine dinucleotide
DNA	deoxyribonucleic acid	NADH	reduced form of NAD
EBV	estimated breeding value(s)	NDF	neutral detergent fiber
eCG	equine chorionic gonadotropin	NDIN	neutral detergent insoluble nitrogen
EDTA	ethylenediaminetetraacetic acid	NE	net energy
EFA	essential fatty acid	NEg	net energy for gain
EIA	enzymeimmunoassay	NEl	net energy for lactation
ELISA	enzyme-linked immunosorbent assay	NEm	net energy for maintenance
EPD	expected progeny difference(s)	NEFA	nonesterified fatty acid
Eq.	Equation(s)	No.	number (use only in tables, not in the text)
Exp.	experiment (always followed by a numeral)	NPN	nonprotein nitrogen
FFA	free fatty acid(s)	NRC	National Research Council
FSH	follicle-stimulating hormone	o.d.	outside diameter
<i>g</i>	gravity	OM	organic matter
GE	gross energy	PAGE	polyacrylamide gel electrophoresis
G:F	gain-to-feed ratio	PBS	phosphate-buffered saline
GLC	gas-liquid chromatography	PCR	polymerase chain reaction
GLM	general linear model	PG	prostaglandin
GnRH	gonadotropin-releasing hormone	PMSG	pregnant mare's serum gonadotropin
GH	growth hormone	PPAR	peroxisome proliferator-activated receptor
GHRH	growth hormone-releasing hormone	PSE	pale, soft, and exudative (meat)
hCG	human chorionic gonadotropin	PUFA	polyunsaturated fatty acid(s)
HCW	hot carcass weight	QTL	quantitative trait locus (loci)
HEPES	<i>N</i> -(2-hydroxyethyl)piperazine- <i>N'</i> -2-ethanesulfonic acid	RDP	ruminally degradable protein
HPLC	high-performance (pressure) liquid chromatography	REML	restricted maximum likelihood
i.d.	inside diameter	RFLP	restriction fragment length polymorphism
Ig	immunoglobulin (when used to identify a specific immunoglobulin)	RIA	radioimmunoassay
IGF	insulin-like growth factor	RNA	ribonucleic acid
IGFBP	insulin-like growth factor-binding protein(s)	RQ	respiratory quotient
IL	interleukin	RUP	ruminally undegradable protein
IVDMD	in vitro dry matter disappearance	rRNA	ribosomal ribonucleic acid
kb	kilobase(s)	SAS	Statistical Analysis System
KPH	kidney, pelvic, heart fat	SDS	sodium dodecyl sulfate
l	levo-	SFA	saturated fatty acid
LD50	lethal dose 50%	SNP	single nucleotide polymorphism
LH	luteinizing hormone	spp.	species
LHRH	luteinizing hormone-releasing hormone	ssp.	subspecies
LM	longissimus muscle	SSC	<i>Sus scrofa</i> chromosome
ME	metabolizable energy	ST	somatotropin
MP	metabolizable protein	TDN	total digestible nutrients
mRNA	messenger ribonucleic acid	TLC	thin layer chromatography
		Tris	tris(hydroxymethyl)aminomethane
		tRNA	transfer ribonucleic acid

Instructions to Authors of *Journal of Animal Science*

9

TSAA	total sulfur amino acids
USDA	US Department of Agriculture
UV	ultraviolet
VFA	volatile fatty acid(s)
vol	volume
vol/vol	volume/volume (used only in parentheses)
vs.	versus
wt	weight (use only in tables, not in the text)
wt/vol	weight/volume (used only in parentheses)
wt/wt	weight/weight (used only in parentheses)

LITERATURE CITED GUIDELINES FOR JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

Citations in the Text. In the body of the manuscript, refer to authors as follows: Smith and Jones (1992) or Smith and Jones (1990, 1992). If the sentence structure requires that the authors' names be included in parentheses, the proper format is (Smith and Jones, 1982; Jones, 1988a,b; Jones et al., 1993). When there are more than 2 authors of an article, the first author's name is followed by the abbreviation et al. More than 1 article listed in the same sentence or parentheses must be in chronological order first and alphabetical order for 2 publications in the same year. Published articles, and not abstracts, should be cited whenever possible; if the work was originally described in an abstract, the author(s) should use a literature search to determine if the work has been published as a peer-reviewed article.

Work that has not been accepted for publication shall be listed in the text as "J. E. Jones (institution, city, and state or country, personal communication)." The author's own unpublished work should be listed in the text as "(J. Smith, unpublished data)." Personal communications and unpublished data must not be included in the Literature Cited section.

Literature Cited Section. To be listed in the Literature Cited section, papers must be published or accepted for publication ("in press"). In the Literature Cited section, references are listed alphabetically by the author(s)' last name(s), and then chronologically. The year of publication follows the authors' names. As with text citations, 2 or more publications by the same author or set of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date. All authors' names must appear in the Literature Cited section. Journals shall be abbreviated according to the conventional ISO abbreviations used by PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi>); then, under "More Resources," find "Journals in NCBI Databases," and enter the journal title in the search box. A list of standard abbreviations for frequently cited journals and abbreviations used in citations is available at [\[malscience.org/site/misc/ifora.xhtml\]\(http://malscience.org/site/misc/ifora.xhtml\). One-word titles must be spelled out. Inclusive page numbers must be provided.](http://journalofani-</p>
</div>
<div data-bbox=)

Sample references are as follows:

- Books and articles within edited books:
AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
NRC. 1989. Nutrient requirements of dairy cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
Robinson, P. H., E. K. Okine, and J. J. Kennelly. 1992. Measurement of protein digestion in ruminants. In: S. Nissen, editor, Modern methods in protein nutrition and metabolism. Academic Press, San Diego, CA. p. 121–127.
- Handbooks, technical bulletins, theses, and dissertations
Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC.
Sigma. 1984. Total hemoglobin: Quantitative, colorimetric determination in whole blood at 530–550 nm. Tech. Bull. No. 525. rev. ed. Sigma Chemical, St. Louis, MO.
Ward, J. D. 1995. Effects of copper deficiency on performance and immune function of cattle. PhD Diss. North Carolina State Univ., Raleigh.
- Journal articles and abstracts
Cleale, R. M., IV, R. A. Britton, T. J. Klopfenstein, M. L. Bauer, D. L. Harmon, and L. D. Satterlee. 1987a. Induced non-enzymatic browning of soybean meal. II. Ruminal escape and net portal absorption of soybean protein treated with xylose. *J. Anim. Sci.* 65:1319–1326.
Hall, J. B., R. B. Staigmiller, R. E. Short, R. A. Bellows, S. E. Bartlett, and D. A. Phelps. 1993. Body composition at puberty in beef heifers as influenced by nutrition and breed. *J. Anim. Sci.* 71(Suppl. 1):205. (Abstr.)
- Conference proceedings
NMC. 1995. Summary of peer-reviewed publications on efficacy of premilking and postmilking teat disinfections published since 1980. In: Natl. Mastitis Counc. Reg. Meet. Proc., Harrisburg, PA. Natl. Mastitis Counc., Arlington, VA. p. 82–92.
Talmant, A., X. Fernandez, P. Sellier, and G. Monin. 1989. Glycolytic potential in longissimus dorsi muscle of Large White pigs as measured after in vivo sampling. In: Proc. 35th Int. Congr. Meat Sci. Technol., Copenhagen, Denmark. p. 1129.
Van der Werf, J. H. J. 1990. A note on the use of conditional models to estimate additive genetic variance in selected populations. Proc. 4th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Edinburgh, Scotland XIII:476–479.
- Electronic Publications
FDA. 2001. Effect of the use of antimicrobials in food-

- producing animals on pathogen load: Systematic review of the published literature. <http://www.fda.gov/cvm/antimicrobial/PathRpt.PDF>. (Accessed 14 December 2001.)
- Huntington, G. B., D. L. Harmon, N. B. Kristensen, K. C. Hanson, and J. W. Spears. 2006. Effects of a slow-release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 130:225–241. doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.01.012
- Le Neindre, P., C. Terlouw, X. Boivin, A. Boissy, and J. Lensink. 2001. Behavioral research and its application to livestock transport and policy: A European perspective. *J. Anim. Sci.* 79(E-Suppl.) Accessed Oct. 7, 2001. <http://www.asas.org/jas/jas0905.pdf>.

POLICIES REGARDING NUMBER USAGE FOR JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

In 2006, *JAS* adopted the proposed changes for number style by the Council of Science Editors for the seventh edition of their *Scientific Style and Format*. The greatest change is more widespread use of numerals for single-digit numbers. A full description of the new number style is available in *Scientific Style and Format*.

A summary of the CSE number style policies is as follows:

- All cardinal numbers are written as numerals except when they begin a sentence or appear in a title, when 2 numerals are adjacent in a sentence (spell out the number most easily expressed in words; e.g., two 10-kg samples), or when a number is used as a figure of speech.
- Numbers less than 1 are written with a preceding (leading) zero (e.g., 0.75).
- A comma separator is used in numbers greater than 999.
- Numerals should be used to designate ratios and multiplication factors (e.g., 2:1, 3-fold increase).
- If a number is spelled out at the beginning of a sentence, its associated unit is also spelled out (e.g., Ten milliliters of fluid . . ., not Ten mL of fluid . . .).

- Units of measurement not associated with a number should be spelled out rather than abbreviated (e.g., lysine content was measured in milligrams per kilogram of diet) unless used parenthetically.
- Single-digit ordinals are spelled out (i.e., first through ninth); larger ordinals are expressed in numeric form. Single-digit ordinals may be expressed numerically when they form part of a series (e.g., 1st, 3rd, 10th, 20th, not first, third, 10th, 20th).

General number usage policies of *JAS* are as follows:

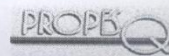
- Measures must be presented in the metric system (SI or Système International d'Unités; see: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/introduction.html>, or <http://physics.nist.gov/Pubs/SP330/sp330.pdf>).
- When a term must be expressed in nonmetric units for clarity (e.g., bushel weight), give such values in parentheses after the metric value.
- Use “to” instead of a hyphen to indicate a numerical range in text.
- Avoid the use of multiplying factors (e.g., × 106) in table columns or rows, or in figure axis labels because of the uncertainty whether the data are to be, or already have been, converted by the factor.
- Avoid ambiguity by stating units (e.g., numbers of spermatozoa, millions/mL).
- Do not use more than one slant line (for “per”) in a single expression (e.g., use 5 mg/kg rather than 5 mg/kg; “per” implies division; when 2 “per” occur consecutively, it is unclear precisely what is being divided by what).
- Dietary energy may be expressed in calories or in joules; the standard SI unit for energy is the joule.
- Hyphenate units of measure used as preceding adjectives (e.g., 5-kg sample). Hyphens are not used with percent or degree signs.
- Insert spaces around all signs (except slant lines) of operation (=, −, +, ×, >, or <, etc.) when these signs occur between 2 values.
- Convert “mg %” to other units, such as mg/L or mg/mL; use “mol/100 mol” rather than “molar percent.”

Apêndice B – Cartas de aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais



U F R G S
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
Comissão De Ética No Uso De Animais

**CARTA DE APROVAÇÃO**

Comissão De Ética No Uso De Animais analisou o projeto:

Número: 20643

Título: Avaliação da digestibilidade e metabolizabilidade da farinha de penas de aves e raspa de couro bovino em dietas para cães

Pesquisadores:

Equipe UFRGS:

LUCIANO TREVIZAN - coordenador desde 01/08/2011
ALEXANDRE DE MELLO KESSLER - pesquisador desde 01/08/2011

Comissão De Ética No Uso De Animais aprovou o mesmo, em reunião realizada em 15/08/2011 - Sala de Reuniões do 2º andar no Prédio da Reitoria, Campus Central, em seus aspectos éticos e metodológicos de acordo com as Diretrizes e Normas Nacionais e Internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008 que disciplina a criação e utilização de animais em atividades de ensino e pesquisa.

Porto Alegre, Quarta-Feira, 24 de Agosto de 2011

FLAVIO ANTONIO PACHECO DE ARAUJO
Coordenador da comissão de ética

Prof. Dr. Flávio A.P. de Araujo
Presidente da CEUA/UFRGS



UFRGS
UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA

Comissão De Ética No Uso De Animais



CARTA DE APROVAÇÃO

Comissão De Ética No Uso De Animais analisou o projeto:

Número: 24151

Título: Avaliação da digestibilidade e metabolizabilidade do farelo de arroz integral associado ao uso do complexo enzimático SSF em dietas para cães adultos

Pesquisadores:

Equipe UFRGS:

LUCIANO TREVIZAN - coordenador desde 01/02/2013
ANDREA MACHADO LEAL RIBEIRO - pesquisador desde 01/02/2013
ALEXANDRE DE MELLO KESSLER - pesquisador desde 01/02/2013
JULIA GUAZZELLI PEZZALI - pesquisador desde 01/02/2013
Fábio Ritter Marx - pesquisador desde 01/02/2013
Gabriel Faria Estivallet Pacheco - pesquisador desde 01/02/2013
Geruza Silveira Machado - pesquisador desde 01/02/2013

Comissão De Ética No Uso De Animais aprovou o mesmo, em reunião realizada em 04/02/2013 - Sala do 2º andar - Prédio da Reitoria - Campus Centro - UFRGS, em seus aspectos éticos e metodológicos, para a utilização de 10 cães da raça Beagle, adultos, de acordo com as Diretrizes e Normas Nacionais e Internacionais, especialmente a Lei 11.794 de 08 de novembro de 2008 que disciplina a criação e utilização de animais em atividades de ensino e pesquisa.

Porto Alegre, Quarta-Feira, 27 de Fevereiro de 2013


STELA MARIS KUZE RATES
Coordenador da comissão de ética

VITA

Gabriel Faria Estivallet Pacheco, filho de Carlos Virgílio Estivallet Pacheco e Simone Margarida Faria Estivallet Pacheco, nasceu em 11 de março de 1983, Salvador, Bahia.

Concluiu em 1999 o ensino fundamental no Colégio Estadual Rotary e em 2002 concluiu o ensino médio no Colégio Estadual Thales de Azevedo, Salvador - Bahia.

Em agosto de 2005 ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Rio Grande do Sul. Em setembro de 2006 trancou o curso para realizar estágio extracurricular em propriedade leiteira no estado de Baden Württemberg, Alemanha, retornando ao curso de Zootecnia em outubro de 2007.

Ao longo da graduação realizou estágios no Laboratório de Nutrição de Ruminantes sob orientação do professor Dr. Gilberto Vilmar Kozloski e no laboratório de Bovinocultura de Leite sob orientação do professor Dr. Clair Jorge Olivo. Em 2008 foi um dos fundadores do Grupo de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia – GRENAC da UFSM.

Ao final do curso realizou estágio curricular no Centro de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia na Universidade Federal de Lavras (UFLA) sob orientação da professora Dr^a. Flávia de Oliveira Borges Saad. Graduou-se como Zootecnista em janeiro de 2011 pela UFSM.

Em abril de 2011 deu início ao curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), na área de Nutrição de Não Ruminantes, com ênfase em Nutrição de Cães e Gatos.