

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

AVALIAÇÃO DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris L.*) PARTIDO
COMO INGREDIENTE EM ALIMENTOS EXTRUSADOS
PARA GATOS

Autora: Bruna Ponciano Neto
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos
Co-orientador: Prof. Dr. Cláudio Scapinello

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril – 2015

AVALIAÇÃO DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris L.*) PARTIDO
COMO INGREDIENTE EM ALIMENTOS EXTRUSADOS
PARA GATOS

Autora: Bruna Ponciano Neto
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos
Co-orientador: Prof. Dr. Cláudio Scapinello

“Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de DOUTORA EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de concentração Produção Animal.”

MARINGÁ
Estado do Paraná
Abril – 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR., Brasil)

Ponciano Neto, Bruna
3795a Avaliação do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)
partido como ingrediente em alimentos extrusados
para gatos / Bruna Ponciano Neto. -- Maringá, 2015.
64 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos.
Coorientador: Prof. Dr. Cláudio Scapinello.
Tese (doutorado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia, 2015.

I. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) - Coproduto. 2.
Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) - Fator
antinutricional. 3. Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) -
Qualidade proteica. 4. Feijão (*Phaseolus vulgaris*
L.) - Fermentação intestinal - Gato. 5. Gato -
Nutrição. I. Vasconcellos, Ricardo Souza, orient.
II. Scapinello, Cláudio, coorient. III. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias.
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

CDD 21.ed.636.0852




UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

**AVALIAÇÃO DO FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)
PARTIDO COMO INGREDIENTE EM ALIMENTOS
EXTRUSADOS PARA GATOS**

Autora: Bruna Ponciano Neto
Orientador: Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos


TITULAÇÃO: Doutora em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

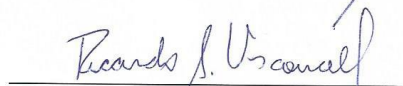
APROVADA em 26 de fevereiro de 2015.


Prof^ª Dr^ª Simara Márcia Marcato


Prof. Dr. Paulo Cesar Pozza


Prof^ª Dr^ª Ananda Portella Félix


Dr. Marcelino Bortolo


Prof. Dr. Ricardo Souza
Vasconcellos
(Orientador)

Determinação

s.f. Ação de determinar. / Ato de permanecer firme num objetivo.

Decisão. / Coragem.

À minha mãe, Amélia Ponciano Gomes,

À toda minha família,

Pelo apoio, incentivo e carinho; por sempre acreditarem em mim.

Minha eterna gratidão.

DEDICO

Aos meu professores,

Ricardo Souza Vasconcellos,

Aulus Cavalieri Carciofi e

Cláudio Scapinello,

Pela grande colaboração para meu crescimento pessoal e profissional.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a São Francisco de Assis, por ouvir minhas preces, me guiar sempre para o caminho do bem e da fé. Ao meu anjo da guarda, por me iluminar, e ter me concedido coragem para enfrentar mais esta etapa da vida com persistência. Obrigada pela proteção constante e por colocar em minha vida pessoas tão especiais como as que encontrei ao longo do doutorado.

Ao Prof. Dr. Cláudio Scapinello, por toda confiança depositada em mim. Agradeço pelos ensinamentos que levarei por toda a vida.

Ao Prof. Dr. Ricardo Souza Vasconcellos, por toda atenção, dedicação e amizade. Muito obrigada pela disposição em me passar seus conhecimentos sempre com a maior boa vontade possível. Um exemplo a ser seguido como pessoa e profissional.

Ao Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi pela oportunidade, atenção, dedicação e confiança. Pela disponibilização de recursos para a realização da pesquisa, por ter me acolhido tão gentilmente em seu grupo de pesquisa.

À toda equipe do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada”, funcionários, estagiários e pós graduandos, por toda a ajuda durante a condução dos experimentos. Em especial aos meus grandes amigos, Márcia Sampaio Gomes, Thaila Putarov, Katiane Venturini, Ana Paula Judice, Bruna Agy, Mariana Monti, Raquel Pedreira, Mayara Peixoto, Rosane Cruz, Leandro Zaine, Flávio Silva, Danilo Souza, Michele Oliveira, Fernanda Kroll, Cláudia Nogueira, Elaine Vitta, Diego Nogueira, Fabiano Sá. Obrigada pelo companheirismo!

À Prof^a. Dr.^a Maria Regina Barbieri, pela disponibilização do laboratório. À Bruna Akie e Tânia Lima, por toda a ajuda durante a condução das análises químicas.

Ao Departamento de Zootecnia e ao Programa de Pós – Graduação em Zootecnia da UEM. Sou grata a todos os professores e funcionários. Obrigada

pela formação acadêmica e grande colaboração para meu crescimento pessoal e profissional.

Ao COMCAP, pela utilização da estrutura para condução das análises laboratoriais.

À Mogiana Alimentos (Guabi), ao Grupo Diana Panellis e à Famina, pelo auxílio técnico e financeiro durante a condução dos experimentos.

Aos amigos da Pós-Graduação, em especial, Ivan Graça Araujo, Tiago Pasquetti, Maria Clara Ferreira, Nadine Woruby, Vinícius Valim, Joyce Sato, Karla Felssner, pelas horas de estudo e diversão. À toda equipe do gatil!!!!

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudos, auxiliando para a concretização deste estudo. Ao Programa PDSE da referida instituição, pela oportunidade de realização do doutorado sanduíche (Processo 4880-13-7).

À Prof^a. Dr.^a Mônica Cutrignelli e toda equipe, por me receberem na Università degli Studi di Napoli Federico II. Nadia Musco, Luiza Fernandes, Rosa Boriello, Francesco Ianaconne, Laura Addi, Maria Albolino, Maria Giulia Ferrara, Stefania Marono, grazie mille ragazzi, ci vediamo presto!

Às irmãs que ganhei, Adalgisa Fernanda Cabral e Márcia Sampaio Gomes (Kuki e Polly), grandes amigas, presentes em todos os momentos. Muito obrigada pelo apoio e amizade!

Às minhas amigas Priscila Gambale, Jascieli Bortolini e Paula Bustamante pelos momentos de descontração e alegria!

À minha família, pai, mãe, irmão, sobrinha. tios e primos. Obrigada por toda a torcida e incentivo!

Aos gatos: Bolão, Cara-Suja, Fifi, Tigrado, Pô, Valéria, Valério, Coleirinha, Zidane, Preta Assustada, Tricolor, Cuca, Pandora, Leão, Kitty, Gordinho, Siamesa, Di Boa, Trigresa e Frajola. E todos os animais do LabNutri, por tornarem meus dias mais felizes e o trabalho mais gratificante.

MUITO OBRIGADA!

BIOGRAFIA

Bruna Ponciano Neto, filha de Valter Egídio Neto e Amélia Ponciano Gomes Neto, nasceu em Ouro Preto – MG, no dia 21 de abril de 1986.

Em julho de 2008, concluiu o curso de Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa – MG.

Em março de 2011, concluiu o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração Produção Animal, na Universidade Estadual de Maringá, com estudos área de Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos.

No mês de março de 2011, matriculou-se no mesmo programa e área de concentração em nível de Doutorado.

Em fevereiro de 2015, submeteu-se à banca examinadora para a Defesa da Tese.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
I- INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Mercado PetFood.....	1
1.2 Coprodutos agroindustriais na alimentação de cães e gatos.....	2
1.3 Cultura do Feijão (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>) no Brasil.....	4
1.3.1 Beneficiamento do feijão e obtenção do feijão partido.....	5
1.4 Composição química do feijão.....	7
1.4.1 Fibras.....	8
1.4.2 Proteínas.....	9
1.4.3 Amido.....	11
1.4.4 Minerais.....	11
1.4.5 Fatores antinutricionais presentes no feijão.....	12
1.5 Extrusão e inativação dos fatores antinutricionais.....	14
1.5.1 Sistema de extrusão.....	14
1.5.2 Interações e modificações dos componentes do alimento durante a extrusão.....	16
1.5.3 Efeito da extrusão sobre os fatores antinutricionais.....	16
1.6 Feijão partido na alimentação animal.....	18
Referências.....	20
II- OBJETIVOS GERAIS.....	26
III- CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO E DETERMINAÇÃO DO VALOR NUTRICIONAL DO FEIJÃO PARTIDO COMO INGREDIENTE EM ALIMENTOS PARA GATOS	
Resumo.....	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	31
Resultados e Discussão.....	43
Literatura Citada.....	59

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
I- INTRODUÇÃO GERAL	
Tabela 1. Área plantada de feijão (1000 ha) e produção de grãos (1000 t) para a safra 2012/2013.....	4
III- CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE EXTRUSÃO E DETERMINAÇÃO DO VALOR NUTRICIONAL DO FEIJÃO PARTIDO COMO INGREDIENTE EM ALIMENTOS PARA GATOS	
Tabela 1. Composição química do feijão partido, na matéria seca.....	32
Tabela 2. Aminograma do feijão partido, na matéria seca.....	33
Tabela 3. Fórmula e composição química das dietas experimentais com níveis crescentes de inclusão de feijão partido.....	34
Tabela 4. Composição química e variabilidade de amostras (n=13) de feijão partido.....	43
Tabela 5. Concentração de inibidores de tripsina e hemaglutininas nas diferentes etapas do processo de extrusão (alimento farelado, na saída do condicionador, na saída da extrusora e na saída do secador).....	44
Tabela 6. Curvas de calibração e validação do NIRS para estimativa das concentrações de Inibidores de Tripsina (UTI/mg de alimento na MS) e Hemaglutininas (UH/mg de alimento na MS) em amostras de alimentos completos para gatos contendo feijão partido.....	46
Tabela 7. Parâmetros de qualidade do extrusado em dietas para gatos contendo níveis crescentes de inclusão de feijão partido.....	48
Tabela 8. Consumo de nutrientes, coeficientes de digestibilidade aparente e energia metabolizável de alimentos contendo níveis crescentes de inclusão de feijão partido para gatos.....	51
Tabela 9. Indicadores de fermentação intestinal nas fezes de gatos mediante o consumo de alimentos contendo níveis crescentes de feijão partido.....	54
Tabela 10. Concentração de uréia urinária e balanço de nitrogênio para gatos mediante o consumo de níveis crescente de inclusão de feijão partido.....	57

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
I- INTRODUÇÃO GERAL	
Figura 1. Fluxograma do beneficiamento do feijão.....	6
Figura 2. Sistema de extrusão.....	14
Figura 3. Modelo canhão da extrusora rosca simples.....	15

I – INTRODUÇÃO GERAL

1.1- Mercado PetFood

Existem hoje no Brasil mais de 37,1 milhões de cães e 21,3 milhões de gatos, dados que elevam o Brasil à segunda maior população de cães e gatos no mundo (Abinpet, 2014). Esta população de animais de companhia vem crescendo ano a ano, em decorrência da modificação na estrutura familiar e do perfil dos proprietários, caracterizado principalmente pelo aumento de jovens casais que não pretendem ter filhos, famílias com menor número de indivíduos e maior população de idosos. Como em mercados mais estáveis, destacando Estados Unidos e Europa, a tendência brasileira é o aumento da população de gatos em relação à de cães, com um crescimento anual de 4,7% e 2,2%, respectivamente.

Segundo a Euromonitor International, agência especializada em perspectivas de mercado, a produção de alimentos para cães e gatos no Brasil em 2013 foi de 2,09 milhões de toneladas e projeções de mercado indicam que o volume de produção deverá crescer 5,3% em 2014, atingindo 2,20 milhões de toneladas vendidas, destacando os alimentos extrusados secos. As perspectivas apontam um crescimento constante para os próximos anos e superiores às médias mundiais do setor (Euromonitor International, 2014). Esse crescimento contribuirá para aumentar a participação brasileira no cenário mundial, que atualmente ocupa a segunda posição, produzindo 9,6% do montante global, que proporcionou ao mercado pet nacional, em 2013, um faturamento de R\$16,63 bilhões.

Os principais fatores que impulsionam o crescimento deste setor são a proximidade entre os animais e os proprietários, que faz com que estes sejam tratados como membros

da família, levando os proprietários a buscarem uma melhor alimentação para seus animais, com o objetivo de promover a saúde e a qualidade de vida. Neste sentido, o mercado de alimentos Premium e de Snacks têm sido impulsionados (Euromonitor International, 2014). O aumento do poder aquisitivo da população brasileira nos últimos anos proporcionou a conquista de novos mercados consumidores, levando à substituição do alimento caseiro por produtos industrializados econômicos. Investimentos em inovações dos produtos, desde alegações funcionais até embalagens diferenciadas é uma estratégia da indústria para manter o ritmo de crescimento e promover vendas no setor, principalmente em mercados que já atingiram níveis de consumo elevados, fenômeno denominado pela indústria como “Premiunização”. Outro fator importante que impulsiona o mercado brasileiro é seu potencial de exportações, e o Brasil apresenta papel de destaque dentro da América Latina, na qual Chile, México, Colômbia, Paraguai e Uruguai são hoje importantes mercados consumidores, com crescimento em demanda por alimentos para animais de companhia.

Para o Brasil manter a capacidade de crescimento e expansão do mercado, é necessário que novos produtos estejam em constante desenvolvimento e que as formulações tenham preço e, ao mesmo tempo, qualidade competitivos. Neste sentido, para alcançar estes objetivos, a busca por novos ingredientes tem sido constante.

1.2- Coprodutos agroindustriais na alimentação de cães e gatos

Como potência agrícola, o Brasil é responsável pela produção de ampla gama de alimentos, cuja diversidade de cultivo pode proporcionar matérias-primas alternativas de qualidade para a formulação de alimentos para cães e gatos.

Souza e Santos (2002) estimaram que a América Latina produz mais de 500 milhões de toneladas de resíduos provenientes do processamento de alimentos para a alimentação humana. O Brasil é responsável por mais da metade desta produção e acredita-se que, uma década depois, este montante seja ainda superior.

Ainda segundo Souza e Santos (2002), o acúmulo deste montante de subprodutos pode ser um foco de poluição ambiental, oferecendo risco de contaminação ao solo e afluentes. Neste contexto, a busca por informações sobre o destino destes resíduos é constante, destacando os estudos para sua utilização na alimentação animal. Esta é uma alternativa econômica, social e ambientalmente correta, uma vez que esta destinação

agrega valor ao resíduo, elevando-o à categoria de subproduto associado, o qual adquire valor comercial dentro da cadeia produtiva. Como as duas terminologias passam a ideia de inferioridade ou mesmo a impressão de contaminação, o termo “coproduto” começou a ser adotado há alguns anos pela comunidade científica nacional e internacional, de forma a não denegrir esses ingredientes. Nesse sentido, atualmente o conceito de coproduto tem ganhado força, uma vez que estes produtos podem ser tão importantes, industrial e comercialmente, quanto o produto principal (Oliveira, 2014).

Desta forma, o aproveitamento de coprodutos agroindustriais, sejam estes de origem animal ou vegetal, desde que atendam às exigências de nutrientes essenciais aos animais e sejam seguros, são importantes do ponto de vista da ecologia nutricional, de forma que os resíduos de uma etapa da cadeia produtiva de alimentos para o homem sirvam como alimento para os animais (França et al., 2010).

O aumento da demanda mundial por proteína tem sido previsto como o principal problema nutricional para a humanidade nos próximos anos (FAO, 2013). Por este motivo, têm sido pesquisadas fontes proteicas novas, alternativas ou não convencionais para a alimentação humana e animal (Carciofi, 2006). Com o aumento da população domiciliada de cães e gatos, é necessário buscar-se, também para estas espécies, fontes proteicas alternativas, em especial aquelas que não competem com o ser humano.

Devido à alta exigência de proteína dos cães e gatos (FEDIAF, 2011), os ingredientes proteicos assumem um papel importante na formulação e coprodutos proteicos têm sido alvo de estudos nas últimas décadas, destacando as farinhas de origem animal, como farinha de vísceras, carne, e carne e ossos (Hendrix et al, 2002; Fortes et al., 2010; Oliveira et al., 2012), glúten de milho (Yamka et al., 2004; Kawauchi et al., 2011), soja e coprodutos associados (Carciofi et al., 2009; Felix et al., 2013, Souza, 2013; Tortola et al, 2013). Além destas fontes proteicas, outros coprodutos agroindustriais como as leveduras (Martins et al, 2013) e a pele suína (Hooda et al, 2002) são objetos de estudo.

Ao se empregar um ingrediente na alimentação animal, seja de produção ou companhia, é importante conhecer sua composição química, características no processamento industrial, possíveis efeitos tóxicos ou contaminantes presentes na matéria-prima que possam comprometer a saúde animal, o valor nutricional e, quando presente, propriedades funcionais. Embora a inclusão de coprodutos na produção de alimentos para animais de companhia seja frequente pela indústria, muitas das

propriedades citadas acima ainda são pouco estudadas para a maior parte dos ingredientes.

1.3- Cultura do Feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) no Brasil

A cultura do feijão apresenta grande importância socioeconômica no país que, juntamente com o arroz, é a base da alimentação do brasileiro. Este é um dos fatores pelos quais o Brasil é o maior produtor mundial de feijão e seu cultivo está presente em todos os Estados do país. Os principais Estados produtores são: Paraná, Minas Gerais, Bahia, São Paulo, Goiás, Santa Catarina e Rio Grande do Sul; juntos correspondem a 85% da produção nacional (CONAB, 2013)

Segundo o CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), em 2013, o Brasil produziu cerca de 2,856 milhões de toneladas de feijão, distribuído em três safras distintas (Tabela 1).

Tabela 1 – Área plantada de feijão (1000 ha) e produção de grãos (1000 t) para a safra 2012/2013

Produto	Estimativa de área plantada (1000 ha)	Estimativa produção de grãos (1000 t)
Feijão Total	2.952,7	2.856,3
1° Safra	1.122,6	984,9
2° Safra	1.257,4	1.211,7
3° Safra	554,7	659,7

Fonte: CONAB (2013)

A área de plantio está praticamente estagnada na última década (CONAB, 2013), porém a produção tem aumentado devido à introdução de variedades mais produtivas e mais resistentes, e também pela inserção do maior número de produtores utilizando novas tecnologias, que permitiram o aumento da produção na terceira safra (EMBRAPA, 2005). Esta nova realidade dos produtores nacionais permitiu que o feijão não apresentasse grandes diferenças de sazonalidade na sua produção.

1.3.1 - Beneficiamento do feijão e obtenção do feijão partido

A qualidade do produto final está ligada com as condições em que o feijão foi cultivado e colhido no campo, como: a adubação correta; adequado volume de água; controle efetivo de pragas; respeito ao período de maturação do grão e teor de umidade no momento da colheita (EMBRAPA, 2005). Estes, entre outros fatores, irão influenciar na resistência do grão a injúrias mecânicas e conseqüentemente formação de grãos quebrados.

De acordo com Mondo et al., (2009) o grão do feijão é muito sensível aos danos mecânicos, visto que o eixo embrionário está situado sob um tegumento pouco espesso, que praticamente não lhe confere proteção. Segundo Andrade et al. (1998), a região do hilo das sementes é a mais sensível ao impacto.

A colheita é um dos maiores pontos de injúria mecânica. Na colhedora, as injúrias ocorrem principalmente no momento da debulha, no qual são aplicadas forças consideráveis sobre o grão, com a finalidade de separá-lo da vagem, ocasionando rupturas. (Andrade et al, 1998).

No período de pós-colheita, o grão é encaminhado para as usinas de beneficiamento (Figura 1). Os primeiros passos são a recepção e a pré-limpeza do material colhido. Inicialmente, são extraídas algumas impurezas de maior tamanho, como pedras, terra e material vegetal, evitando a contaminação do lote. O passo seguinte é a secagem artificial dos grãos, feita utilizando secadores estacionários. Nesta parte do processo, os grãos apresentam a umidade próxima a 15% e a correta secagem é fundamental para a conservação do produto (EMBRAPA, 2005). Entretanto, o excesso de secagem resulta em grãos mais susceptíveis a danos mecânicos nas operações subsequentes a serem realizadas. Almeida et al. (2004) estudaram os impactos mecânicos sofridos pelos grãos de feijão, apresentando dois teores de umidade (7,3% e 13,0%) e concluíram que sementes beneficiadas com teor de umidade de 7,3% são mais susceptíveis à quebra ocasionada pelos impactos, destacando quedas durante a estocagem em silos, passagem por roscas sem fim e elevadores do tipo caneca.

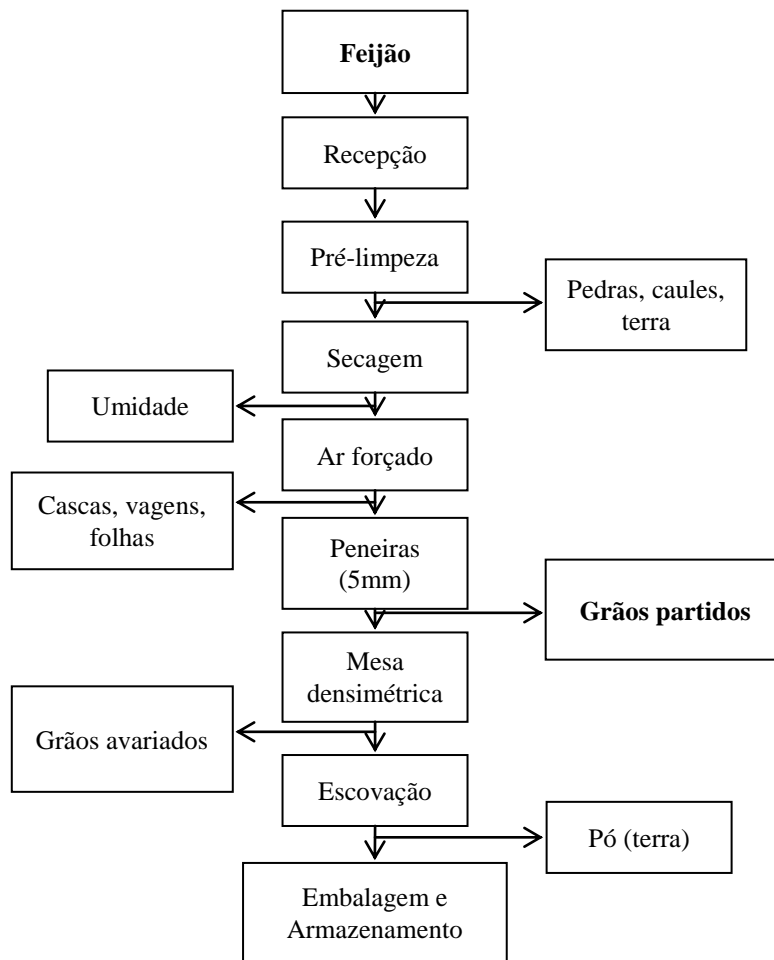


Figura 1. Fluxograma do beneficiamento do feijão

Após a secagem dos grãos, que podem ser provenientes de diferentes cultivares, estes são conduzidos às unidades de limpeza e seleção. O objetivo deste processo é retirar impurezas que passaram pelo processo de pré-limpeza e grãos avariados ou que não apresentam características desejáveis para a comercialização. O processo é constituído por três fases: 1) aspersores de ar, para remover folhas, vagens e outros materiais estranhos leves; 2) conjunto de peneiras vibratórias, para separar partículas menores que 5mm de diâmetro, como grãos partidos; 3) mesa densimétrica, para selecionar os grãos sadios daqueles danificados, que normalmente apresentam menor massa.

As injúrias mecânicas impostas por esta etapa constituem um dos principais pontos críticos para a quebra de grãos durante todo o processo, principalmente devido à ação das peneiras vibratórias, em conjunto com a baixa umidade do grão. (Almeida et al. 2004).

Segundo a portaria nº85 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), de 06 de março de 2002, os grãos avariados e indesejáveis para o consumo humano são aqueles que se apresentam: ardidos, mofados, brotados, enrugados, manchados, amassados, descoloridos, carunchados, danificados por insetos ou prejudicados por diferentes causas. Os grãos partidos e quebrados, porém sadios, prejudicam a imagem do produto principal e, em função disto, não são comercializados “in natura” para alimentação humana. Parte do feijão partido é comercializado para a indústria alimentícia humana na forma de farinha. Esta farinha é incorporada a produtos como misturas para bolos, pães e cereais matinais como fonte de fibras e proteínas.

Segundo Almeida et al. (2004), o montante do coproduto associado é de 3% a 12% de todo feijão beneficiado, variando de acordo com a eficiência de colheita e beneficiamento. Considerando a quantidade de geração do coproduto em vista da produtividade brasileira de feijão, o Brasil gera um montante expressivo de feijão partido anualmente (214.200 toneladas em 2013) e, assim como o produto principal, pode ser uma importante fonte de proteínas, energia, minerais e fibras. Este fato agrega valor ao coproduto e destaca suas potencialidades para ser explorado como ingrediente para a alimentação de animais de companhia.

1.4– Composição química do feijão

Os cultivares mais produzidos no Brasil são o carioca e o preto, destacando-se ainda o roxo, feijão de corda e jalo. Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), a composição química destes cultivares não apresenta grande variabilidade, exceto pelo teor de fibra. Esta é composta por aproximadamente 25% de proteína bruta, 2,0% de gordura, 3,5% de minerais e variando entre 18% (carioca) e 33% (roxo) de fibra alimentar. Apesar de possuir uma composição química que desperte o interesse para sua utilização em petfood, o feijão apresenta diversos fatores antinutricionais que podem diminuir o aproveitamento dos nutrientes e até mesmo comprometer a saúde dos animais.

1.4.1- Fibras

O feijão é uma importante fonte de fibras para dieta, apresentando cerca 25% em sua composição (TACO, 2011). O método de Weende, por ser mais rápido e menos oneroso, é o mais utilizado para a determinação da fração fibrosa dos alimentos, entretanto, a concentração de fibras solúveis como hemicelulose e pectinas são subestimadas por esta metodologia (Siva e Queiroz, 2002). Atualmente, sugere-se que o conteúdo fibroso dos alimentos seja determinado pela análise da fibra dietética total (FDT), que pode ser definida como a fração indigestível dos polissacarídeos presentes nas células vegetais, ligninas e substâncias associadas, resistentes à hidrólise pelas enzimas do sistema digestório (Trowell et al. 1976). O FDT pode ser dividido em duas frações, solúvel e insolúvel, que acarretam efeitos distintos sobre o trato gastrointestinal em relação aos processos digestivos e absorptivos (Burkhalter et al 2001).

As fibras insolúveis, incluindo celulose, lignina e hemicelulose, são compostos não viscosos que influenciam diretamente no volume fecal, tempo de trânsito intestinal e fracamente a fermentação (Barry et al, 2010). Por outro lado, as fibras solúveis influenciam na recuperação de sais biliares, interferem na digestibilidade dos nutrientes em menores concentrações que as fibras insolúveis e são muitas vezes substratos para a fermentação no cólon (NRC, 2006).

Inicialmente, a fibra foi considerada indesejável ou desnecessária na alimentação de cães e gatos, uma vez que estes animais não possuem enzimas capazes de digerir este conteúdo (Case, 2006). Posteriormente, este conceito mudou; sabe-se hoje que este composto é necessário à saúde e auxilia no trânsito intestinal de cães e gatos (Loureiro, 2012). A adição de fibra à ração de animais de companhia é importante para que haja adequado suprimento de matéria orgânica para o intestino grosso, sem que ocorram efeitos negativos na digestão pós-ileal e predisponha os animais ao desenvolvimento de doenças (NRC, 2006). Assim, a concentração de carboidratos fermentáveis na dieta influencia a utilização da mesma, sendo que a fermentação microbiana destes compostos leva à produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e redução do pH, modificando a composição e a atividade metabólica da microflora intestinal (Carciofi et al., 2009). Os ácidos graxos de cadeia curta, como acetato, propionato e butirato são prontamente absorvidos pela mucosa do cólon e representam a principal fonte de energia para os colonócitos (Argenzio, 2006).

Entre os AGCC, o butirato se destaca por sua contribuição para a manutenção da integridade do cólon. Parece haver uma preferência dos colonócitos para o metabolismo de butirato, que contribui diretamente como fonte de energia para estas células, podendo representar até 70% de seu consumo energético (Swanson & Fahey, 2007). O suprimento de butirato ajuda a manter a integridade da mucosa, desempenhando importante papel na manutenção da estrutura celular e redução do risco de carcinomas colônicos (NRC, 2006).

O aumento da concentração de ácidos graxos de cadeia curta no intestino diminui o pH do lúmen intestinal, inibindo o crescimento e proliferação de bactérias patogênicas como as do gênero *Escherichia*, *Clostridium*, *Staphylococcus* e *Salmonelas*. A redução da população destas bactérias também pode prevenir carcinomas e inflamações na mucosa (Cummings et al., 1991). Outras funções dos ácidos graxos incluem: alteração do fluxo sanguíneo e da atividade muscular no cólon, estimulação da produção de mucina e proliferação de enterócitos (Hughes et al., 200).

A fibra ainda pode exercer o papel de diluidor da energia dos alimentos, principalmente aqueles voltados para animais obesos, no qual o conteúdo calórico é reduzido (Case, 2006). Brown et al (1999), em estudo de metanálise, correlacionou a incidência de doenças cardíacas com o baixo consumo de feijão por humanos, observando o potencial efeito cardioprotetor do feijão. Este fato foi atribuído à presença de fibras solúveis, capazes de ligar com os sais biliares, demandando maior taxa de colesterol pelo organismo, diminuindo seu acúmulo deste nas paredes das artérias.

1.4.2 - Proteínas

A proteína presente no feijão é constituída principalmente por globulinas, destacando-se a faseolina. Ribeiro et al. (2007) avaliaram 19 cultivares de feijão produzidos no Brasil e observaram que o perfil de aminoácidos é semelhantes entre eles. Assim como a soja, o feijão apresenta quantidades satisfatórias de lisina e leucina, porém é deficiente em aminoácidos sulfurados como a metionina e cistina (Lajoto et al. 1996). Assim, a suplementação de aminoácidos em dietas contendo feijão se faz necessária, à semelhança do que ocorre com a maior parte das fontes proteicas convencionais.

Antunes et al. (1995), avaliando o valor nutricional de quatro cultivares de feijão (Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha G2), observaram que o cozimento do grão

aumentou o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína em aproximadamente 20%, para cobaias. Os autores atribuíram esta diferença à inativação dos inibidores de proteases presentes no feijão e à desnaturação da faseolina, promovendo o contato das enzimas proteolíticas com o substrato.

As proteínas e cadeia peptídicas não absorvidas no intestino delgado podem atuar como substratos para os microrganismos intestinais. Os principais produtos da fermentação proteica são os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), amônia, indóis, fenóis e aminas (Suchodolski, 2010).

Os AGCR, isobutírico, valérico e isovalérico são os principais produtos da fermentação microbiana de proteínas e a avaliação da sua concentração nas fezes pode ser um indicativo da quantidade de proteína que escapou da digestão no intestino delgado (Barry, et al, 2010). Assim como os AGCC, os AGCR podem diminuir o pH do lúmen intestinal, inibindo o crescimento da população de bactérias patogênicas. A fermentação dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina dá origem aos AGCR (Argenzio, 2006).

O indol é originado do triptofano e o fenol da tirosina, ambos os compostos têm sido associados ao desenvolvimento de câncer de cólon e exacerbadores da colite ulcerativa (NRC, 2006).

Os aminoácidos remanescentes da digestibilidade enzimática no intestino delgado podem ser desaminados pelos microrganismos colônicos, produzindo o aumento da concentração de amônia no lúmen intestinal (Macfarlane et al., 1992). A presença de amônia pode ocasionar a redução da altura dos vilos e também o forte odor das fezes. Em altas concentrações e condições de pH mais elevado, a amônia pode ser absorvida pelos colonócitos, sendo distribuída para outros tecidos corporais, causando intoxicação (Williams et al., 2001).

As aminas biogênicas também são produtos da fermentação proteica no intestino, entretanto, as implicações sobre a presença destes compostos no lúmen intestinal ainda é pouco conhecida. Bardócz et al. (1995) sugerem que a putrescina, espermidina e espermina apresentam funções no crescimento e diferenciação do colonócitos, que apresentam alta taxa de renovação celular.

1.4.3 Amido

Para as leguminosas, como o feijão, o amido é o principal carboidrato do ponto de vista quantitativo. De acordo com Sathe e Desphande (1984), o teor de amido presente nas diversas cultivares de feijão situa-se entre 45% e 60% da sua composição química. Do ponto de vista nutricional, o amido é uma importante fonte de energia para os animais. Roberti Filho (2013) destaca que cães e gatos apresentam o coeficiente de digestibilidade aparente de mais de 90% para o amido presente em alimentos extrusados.

Algumas frações do amido, mesmo após o cozimento, são resistentes à ação da amilase pancreática (Roberti Filho, 2013). O amido resistente que chega à luz do intestino grosso é fermentado por bactérias sacarolíticas e o principal produto é o ácido láctico. Roberti Filho (2013) avaliou o efeito do amido resistente obtido a partir do processamento de dietas à base de milho sobre os produtos de fermentação e composição microbiana das fezes, observando que o incremento do amido resistente presente na dieta se correlaciona com o aumento da concentração de ácido láctico fecal, AGCC e a população de bifidobactérias. O lactato não se acumula no cólon de indivíduos saudáveis, sendo utilizado pelas bactérias para a produção de AGCC, transformando-se em fonte de energia para os colonócitos e também diminuindo o pH do meio (Bourriaud et al., 2005).

1.4.4 Minerais

O feijão apresenta teores adequados de minerais, principalmente ferro, cálcio e potássio, entretanto, a disponibilidade destes minerais para o animal dependerá da presença de fatores antinutricionais (Bonett et al., 2007), como fitatos e taninos, descritos a seguir.

Os ingredientes tradicionalmente adicionados em alimentos para cães e gatos tendem a adicionar uma carga catiônica nos alimentos, promovendo um excesso de bases (Carciofi, 2007). O excesso ou o déficit de bases, por sua vez, correlaciona-se positiva ou negativamente, respectivamente, com o pH da urina (Jeremias, 2009). O desbalanço de macronutrientes na dieta de gatos pode induzir à formação de urina com pH fora da normalidade e, conseqüentemente, predispor os animais à formação de urólitos (Case, 2006).

1.4.5 – Fatores Antinutricionais presentes no feijão

O termo *fatores antinutricionais* pode ser definido como compostos presentes em alimentos, que quando consumidos reduzem o seu valor nutritivo, interferindo na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes e, se ingeridos em altas concentrações, podem acarretar efeitos danosos à saúde (Benevides et al., 2011). As leguminosas, como a soja e o feijão (Lajoto et al., 1996), são ricas nestes compostos, destacando os taninos, fitatos, polissacarídeos não-amiláceos, inibidores de proteases e hemaglutininas.

O tanino é um composto fenólico, produto do metabolismo secundário dos vegetais, e pode ser classificado em dois grupos: hidrolisáveis e condensados (Bonett et al., 2007). Os taninos hidrolisáveis são encontrados principalmente em frutos, como a banana, caqui e frutas vermelhas, apresentando propriedades funcionais como função antioxidante (Silva et al., 2010). Por sua vez, os taninos condensados, encontrados em leguminosas, são responsáveis pela capacidade de ligação com nutrientes da dieta, tornando-os indisponíveis para o animal. Os grupos hidroxila-fenólicos, presente nestes compostos, podem se unir por meio de ligações covalentes ou pontes de hidrogênio com proteínas, aminoácidos livres e fibras, formando complexos insolúveis, diminuindo a disponibilidade destes nutrientes (NRC, 2006). A presença de taninos em alimentos pode provocar outros efeitos adversos, como reações de escurecimento enzimático, provocando alterações na coloração dos alimentos, além de diminuição da palatabilidade devido à sensação de adstringência, causada pela formação de complexos entre os taninos e as glicoproteínas salivares (Duarte, 2005).

O feijão apresenta ainda, segundo Lolas & Markakis (1975), em sua composição, cerca de 0,54% a 1,58% de fitatos, compostos naturais sintetizados durante o processo de maturação das sementes, responsáveis pela dormência. Estes são derivados do ácido fítico ou ácido hexafosfórico mioinositol, com habilidades quelantes com moléculas carregadas positivamente como os minerais Zn, Fe, Mg e Ca e proteínas. O complexo quelatado torna-se indisponível para os animais, uma vez que estes não possuem a enzima fitase, capaz de quebrar a ligação e torná-los disponíveis para a absorção na mucosa intestinal (NRC, 2006).

Considerado por muitos autores como o principal fator anitricional do feijão (Lajoto et al., 1996), os inibidores de proteases estão presentes nos grãos exercendo a função de manutenção da dormência e defesa contra insetos. Em leguminosas, como o

feijão e a soja, estes inibidores podem corresponder em até 2% da proteína. Os inibidores de proteases são substâncias que inibem a atividade das enzimas proteolíticas e prejudicam a digestibilidade proteica. (Sgarbieri, 1996)

A inibição ocorre de forma alostérica, mudando a conformação das enzimas proteolíticas e não permitindo o contato desta com a proteína da dieta. A complexação destes fatores antidualitativos com as enzimas pancreáticas tripsina e quimotripsina diminuem a digestibilidade da proteína dietética. Por inibição retroativa, o pâncreas é estimulado pela colecistoquinina a aumentar a produção e secreção enzimática, para compensar a falta de tripsina e quimotripsina ativas e a presença de substrato indigerido no duodeno. Como consequência, pode haver hiperplasia pancreática, afetando negativamente a digestão dos nutrientes. Devido ao aumento da síntese proteica das enzimas tripsina e quimotripsina, há maior utilização dos aminoácidos sulfurados, que são a base dessas enzimas, agravando ainda mais a deficiência de metionina (Sgarbieri, 1996).

Dois tipos de inibidores de proteases são descritos na literatura (Sgarbieri, 1996). Na proteína da soja, predomina o inibidor de tripsina Kunitz e na proteína do feijão o inibidor Bowman Birck. O inibidor Kunitz é constituído por 181 resíduos de aminoácidos, apresentando um peso molar de 21.000Da. Apresenta resíduos de arginina-isoleucina, locais onde se ligam as moléculas de tripsina, tornando-as inativas na proporção de 1:1. Apresentam duas ligações S-S, ponto da estrutura que deve ser clivada sob ação da temperatura para a sua inativação. O inibidor Bowman Birck é constituído por 71 resíduos de aminoácidos e apresenta um peso molar de 7.900Da. Apresenta resíduos de lisina-serina e leucina-serina, locais onde se ligam as moléculas de tripsina e quimotripsina, tornando-as inativas na proporção de 1:1:1. Apresentam sete pontes S-S, formando uma estrutura rígida e mais estável ao calor em comparação ao inibidor do tipo Kunitz.

Os polissacarídeos não amiláceos estaquiose e rafinose, presentes no feijão, são correlacionados com a fermentação no intestino e produção de gases (metano e CO₂) (Yamka, et al., 2006). Os gases não têm valor nutricional para o hospedeiro e são eliminados pelo organismo através da respiração, eructação ou flatos. A presença de gases em altas concentrações no intestino pode provocar desconforto abdominal ao animal.

A lectina, também denominada hemaglutinina, é uma glicoproteína que interage com as glicoproteínas presentes nas membranas celulares dos glóbulos vermelhos,

aglutinando-os. Segundo Saad et al. (2005), o principal efeito das lectinas se deve à capacidade destas em se ligar à mucosa intestinal. Essa ligação resulta em ruptura do epitélio intestinal, com diminuição da altura das vilosidades, alteração na atividade das enzimas da borda em escova e hipersecreção de proteína endógena, induzindo à hiperplasia do intestino delgado, com aumento do número de células caliciformes produtoras de muco, causando decréscimo na absorção dos nutrientes.

1.5 – Extrusão e inativação dos fatores antinutricionais

O processo de extrusão permitiu o crescimento do mercado de alimentos para animais de companhia, pois possibilitou a inclusão de ingredientes de menor custo, como cereais, fontes proteicas de origem vegetal e farinhas de origem animal em sua composição (Félix et al. 2013). Aproximadamente 95% de toda a ração produzida no mundo para cães e gatos utiliza a tecnologia de extrusão, que consiste em cozinhar uma massa pré-moída, sob uma combinação de umidade, pressão, temperatura e fricção mecânica (Carciofi & Sá, 2014).

1.5.1 – Sistema de extrusão

O sistema de extrusão é constituído de um silo de alimentação, condicionador, extrusor, matriz, conjunto de facas e secador (Figura 2). Cada um destes equipamentos tem uma função específica, importante para as características finais do produto.

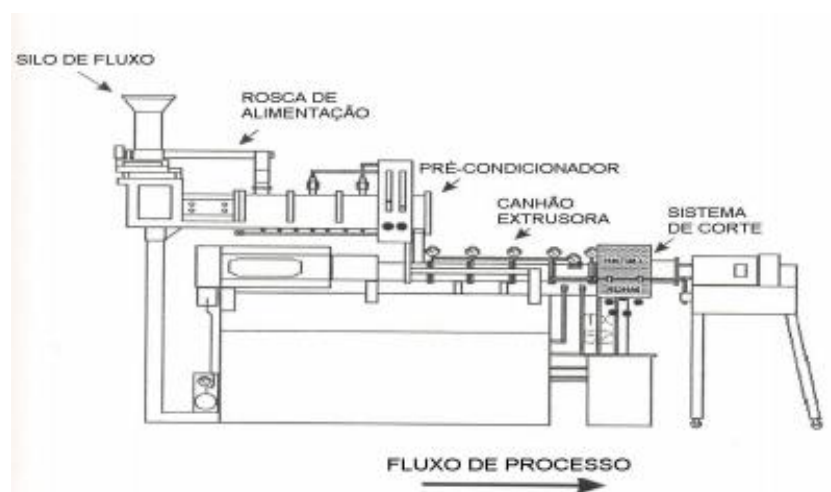


Figura 2 – Sistema de extrusão (Duarte, 2005)

O silo de alimentação regula a quantidade de produto a entrar no sistema, transportando a massa para o condicionador, local onde esta recebe energia na forma de calor (energia térmica), iniciando assim o cozimento. A temperatura nesta fase do processo é de 70°C a 90°C, com o teor de umidade entre 20% e 30%.

No canhão da extrusora (Figura 3), a massa pode receber uma umidade adicional em forma de vapor e água, aliada ao aumento da pressão (34 a 37 atm), transformando-se em uma massa amorfa. Nesta fase, a principal fonte de energia transferida para a massa ocorre na forma de energia mecânica, ocasionada pelo atrito entre a massa, a rosca e a camisa do canhão da extrusora (rosca simples), ou entre as roscas (rosca dupla). O tempo de permanência no canhão da extrusora é curto, segundo (Carciofi & Sá, 2014) cerca de 60 a 270 segundos, e a temperatura acima dos 100°C. Na saída do canhão da extrusora, a massa é pressionada contra uma matriz contendo um pequeno orifício. Em contato com a atmosfera, a massa se expande, formando bolsões de ar em seu interior e posteriormente é cortada pelo conjunto de facas, adquirindo assim a forma da matriz.

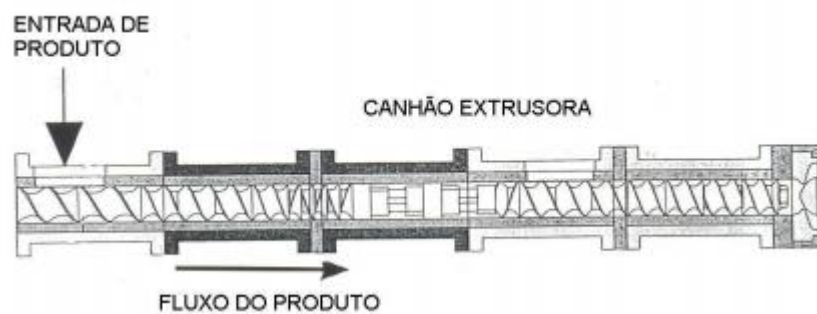


Figura 3 – Modelo canhão da extrusora rosca simples (Duarte, 2005)

Após este processo, a massa cozida, expandida e cortada recebe o nome de *kibble* ou extrusado, sendo transferida para um secador a fim de diminuir o teor de umidade. A temperatura de secagem e o tempo de permanência no secador são variáveis entre os equipamentos e ajustados de acordo com cada linha de produção para obter a umidade final do produto dentro da faixa recomendada, de 5% a 7%. Ao final, o alimento é conduzido para o recobrimento com gordura, resfriamento, adição de palatibilizantes e ensaque.

1.5.2 – Interações e modificações dos componentes do alimento durante a extrusão

O processo de cozimento da massa ocorre em função da ação de temperatura, umidade e pressão, atuando sobre as frações de amido e proteína expansíveis. O cozimento do amido é definido como gelatinização, processo de transformação do amido granular em uma pasta viscoelástica solúvel. Durante o aquecimento, na presença de umidade, os grânulos de amido se incham e ocorre o rompimento das ligações de hidrogênio entre as cadeias de amilose e amilopectina, resultando numa mudança na ordem molecular e irreversível em suas propriedades (Lin et al., 1997). Em virtude deste processo, ocorre a formação de câmaras de ar dentro do *kibble*, no momento da depressurização. Em contrapartida, as proteínas, gordura e fibras limitam esta expansão, prejudicando a densidade do produto (Carciofi & Sá, 2014).

As macromoléculas de proteína formam uma estrutura globular tridimensional amorfa e organizada, as quais podem tornar-se massa plasticizada em temperaturas elevadas. Com o efeito da temperatura e pressão da extrusora, as cadeias proteicas são desnaturadas, ocorrendo desenrolamento da proteína e perda de sua forma globular tridimensional. Isso ocorre em virtude do rompimento de ligações iônicas, dissulfídicas, de hidrogênio e forças de Van der Waals, que mantinham sua estrutura nativa (Bataglia, 1990). A desnaturação proteica moderada pode melhorar a digestibilidade dessa fração, promovendo maior aproveitamento dos aminoácidos pelo organismo (Antunes et al., 1995). Por outro lado, o processamento térmico excessivo pode resultar na complexação de açúcares (glicose, maltose) com grupos amino livres, como os da lisina (Reação de Maillard), reduzindo a disponibilidade da proteína dietética.

1.5.3 – Efeito da extrusão sobre os fatores antinutricionais

O efeito da extrusão sobre os inibidores de proteases presentes em *petfood*, contendo soja crua foi avaliado anteriormente por Purushotham et al. (2007); Félix et al. (2013) e Souza (2013). Para os três trabalhos, a extrusão foi efetiva para a inativação dos inibidores de tripsina e hemaglutininas em dietas contendo soja crua. Os inibidores presentes no feijão e na soja apresentam estruturas distintas, que conferem a cada um diferentes condições de inativações, portanto, não é recomendado extrapolar dados obtidos analisando amostras de soja crua para amostras utilizando feijão, sob o risco de

subestimar a inativação dos inibidores de tripsina. A correta inativação destes inibidores é fundamental para a aplicação prática deste ingrediente nas dietas para animais, principalmente animais de companhia, em que a alimentação visa longevidade, promoção da saúde e bem-estar.

A inclusão de FP em alimentos para gatos só se torna segura diante da correta inativação dos inibidores de tripsina e hemaglutinina, não causando prejuízos à saúde do animal ou ao aproveitamento dos nutrientes. Para isso, as condições de processamento devem ser bem controladas e as concentrações destes compostos monitoradas periodicamente ao final do processo. As metodologias para a determinação destes compostos são onerosas e de custo relativamente elevado, inviabilizando sua utilização na rotina das fábricas de ração que desejam utilizar o feijão partido. Uma alternativa de avaliação rápida e de baixo custo é a Espectroscopia de Reflectância no Infra-Vermelho Próximo (NIRS).

Anton et al. (2009), estudando a inclusão de dois cultivares de feijão (Navy e Small red), até o nível de 45% de inclusão em cereais matinais extrusados, relataram que o processo de extrusão foi capaz de inativar 100% os inibidores de tripsina e entre 19% e 21% de taninos.

Souza (2013) relata que a passagem do alimento contendo até 25% de soja crua pelo condicionador foi eficaz para inativar as lectinas presentes no alimento. Kelkar et al. (2012) avaliaram o efeito da extrusão em baixas temperaturas (85°C) sobre a inativação de lectinas e polissacarídeos não amiláceos presentes no feijão. Os autores observaram que o teor de lectinas reduziu significativamente após o processo, atingindo valores próximos ao zero. Estes estudos sugerem que a lectina é mais sensível ao calor, quando comparada com os inibidores de proteases.

Ainda Kelkar et al. (2012) relataram que os teores de rafinose e estaquiose foram reduzidos somente entre 5% a 20% durante o processo de extrusão. Uma redução significativa dos teores de rafinose e estaquiose, 62% e 78%, respectivamente, foi relatada por Barampama e Simard (1993), quando o feijão foi deixado de molho prosseguido de cozimento em panela de pressão. Assim, pode-se concluir que a inativação destes fatores antinutricionais é dependente da solubilidade destes compostos em água. Este fato pode ser comprovado pelos estudos de Silva et al. (1992), que analisaram a água de molho do feijão e observaram que a perda destes açúcares para a água varia de 25% a 40%.

1.6 – Feijão partido na alimentação animal

Devido à presença de diversos fatores antinutricionais em sua composição, o feijão não desperta grande interesse na alimentação animal, principalmente em rações fareladas, portanto estudos recentes utilizando o ingrediente na nutrição animal são escassos.

Estudos da década de 80 e 90 apontam a queda do desempenho ou mesmo letalidade do feijão empregado em dietas para frango (Mizubuti et al., 1995) e cobaias. Antunes et al. (1995) classificam inclusive o ingrediente como tóxico, baseados em um estudo com cobaias alimentadas exclusivamente com farinha de feijão crua, em que 100% dos animais foram a óbito durante o ensaio.

Entretanto, estudos onde os fatores antinutricionais presentes no feijão promovem efeitos favoráveis são encontrados na literatura. Radberg et al. (2001) propuseram a administração, via oral, de solução contendo 400mg/kg de peso vivo de lectinas isoladas de soja para leitões de 10 dias. Os autores avaliaram que a indução de injúrias aos enterócitos nesta fase inicial poderia favorecer a recuperação do epitélio intestinal, induzindo à maturação precoce dos enterócitos. Após três semanas, observaram que leitões que receberam a solução apresentaram maior número de vilosidades e altura dos vilos em relação ao grupo controle.

Partindo da hipótese de que os microrganismos ruminais poderiam inativar os fatores antinutricionais do feijão, o coproduto foi estudado por Magalhães et al. (2008), com o objetivo de substituir o farelo de soja em até 39% em rações para vacas em lactação. Foi observada uma redução linear no consumo, produção de leite e sólidos totais com o aumento da inclusão de feijão, fato atribuído à presença de fatores antinutricionais e baixa palatabilidade do ingrediente teste. Este estudo evidencia a importância do tratamento térmico prévio para utilização na alimentação animal.

Em uma pesquisa recente, Forster et al. (2014) estudaram a inclusão de 25% de farinha de feijão em alimentos extrusados para cães. Para tal, duas dietas isonutritivas (30,0% PB, 14,0% EEHA, 3,0% FB, 8,5% MM e 4950 kcal/EB) foram avaliadas. Durante os 28 dias de experimento, os animais não apresentaram quadros de vômitos, diarreia ou flatulência e não foram observadas diferenças estatísticas para a digestibilidade dos nutrientes, consumo, palatabilidade,

características fecais, pH urinário e perfis bioquímicos sanguíneos, indicando o potencial de utilização do ingrediente em alimentos para cães.

Complementando este estudo, Kerr et al. (2013) avaliaram o impacto desta inclusão sobre a microbiota e saúde intestinal de cães, durante um período de quatro semanas. Foi utilizada a técnica de PCR em tempo real para mensurar a população de famílias de bifidobactérias, *Clostridium*, lactobacilos, *Streptococcus*, entre outras, nas fezes dos animais. Não foram observados efeitos negativos à saúde intestinal correlacionados com a ingestão de feijão, entretanto foi observado um aumento na população de algumas bactérias, cuja função no organismo ainda não está elucidada. Estes estudos preliminares indicam que o feijão é um ingrediente adequado e de grande potencial para inclusão em alimentos para cães.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, F. A. C.; FIGUEIREDO NETO, A., COSTA, R. F.; et al. Danos mecânicos em sementes de feijão Vigna, causados pelas operações na unidade de beneficiamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, p.254-259, 2004.
- ANDRADE, E, T.; CORRÊA, P. C.; MARTINS, J. H.; et al. Avaliação de dano mecânico em sementes de feijão por meio de condutividade elétrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.1, p.54-60, 1999
- ANTON A.; GARY FULCHER R.; ARNTFIELD S. D. Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. **Food Chemistry**, v.133, p.1636-1639, 2009
- ANTUNES, P. L.; BILHALDA, A. B.; ELEIAS, M. C.; et al. Valor nutricional do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares Rico 23, Carioca, Piratã-1 e Rosinha. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 1, p.12-18, 1995.
- ARGENZIO,R.A. Motilidade gastrintestinal. In: **Dukes:Fisiologia dos animais domésticos**. Ed.12 Guanabara Koogan S.A., p.362-373. 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDUSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ABINPET). 2014. Dados consolidados do mercado Pet referentes à 2013. Disponível em: <<http://abinpet.org.br/imprensa/noticias/abinpet-divulgados-mercado-pet-2013/>>. Acesso em: 20/05/2014
- BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Nutrient composition, protein quality and antinutritional factors of some varieties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Burundi. **Food Chemistry**, v. 47, p. 159-167,1993.
- BARDÓCZ, S.; DUGUID, T. J.; BROWN, D. S.; et al. The importance of dietary polyamines in cell regeneration and growth. **British Journal of Nutrition**, v. 73, p. 819–828, 1995.
- BARRY, K. A.; WOJCICKI, B. J.; MIDDELBOSS, I. S.; et al. Dietary cellulose, fructooligosaccharides and pectin modify fecal protein catabolites and microbial populations in adult cats. **Journal of Animal Science**, v.88, p.2978-2987, 2010
- BATAGLIA, A.M. A extrusão no preparo de alimentos para animais. In: Simposio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1990. Campinas. **Anais...** p.73-82, 1990.
- BENEVIDES, C. M. J.; SOUZA, M. V.; SOUZA, R. D. B.; et al. Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão. **Segurança alimentar e Nutricional**. v.18. p. 67-79. 2011

- BONETT, L. P.; BAUMGARTNER, M. S. T.; KLEIN, A. C.; Compostos nutricionais e fatores antinutricionais do feijão comum. (*Phaseolus vulgaris*. L.). **Arquivo Ciência e Saúde**. V.11 p.235-246. 2007.
- BOURRIAUD, C.; ROBINS, R. J.; MARTIN, L.; et al. Lactate is mainly fermented to butyrate by human intestinal microfloras but inter-individual variation is evident. **Journal of Applied Microbiology**, v. 99, p. 201–212, 2005.
- BROWN, L. Cholesterollowering effects of dietary fiber a meta-analysis. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 69, p. 30-42, 1999.
- BURKHALTER, T.M.; MERCHEN, N.R.; BAUER, L.L. et al. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. **The Journal of Nutrition**, v.131, p.1978-1985, 2001.
- CARCIOFI, A. C.; PONTIERI, R.; FERREIRA, C. F.; et al. Avaliação de fontes proteicas para a alimentação de cães. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35. n. 3, p.754-760 (supl. especial), 2006.
- CARCIOFI, A. C.; SÁ, F. C. Extrusion processing conditions and food utilization by dogs and cats. In: VI Congresso Internacional e XII Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2014, Campinas, **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2014
- CARCIOFI, A. C. Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36 p.235-249. 2007.
- CARCIOFI, A.C.; de-OLIVEIRA, L.D.; VALERIO, A.G.; et al. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.151, p.251-260. 2009
- CASE, L. **Canine and Feline Nutrition**. 3ed. Missouri 2006. 538p.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**, nono levantamento, julho 2013 / Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília : Conab, 2013.
- CUMMINGS, J. H. and MACFARLANE, G. T. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. **Journal of Application Bacteriology**, v.70, p. 443–459, 1991.
- DUARTE, A. Avaliação nutricional de cereais extrusados para cães. 59p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005, 59p
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.(2005) **Cultivo do feijão da primeira e segunda safras na região sul do estado de Minas Gerais**. Embrapa Arroz e Feijão, Revista eletrônica Sistemas de Produção, n.06. Disponível em:

<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoPrimSegSafraSulMG/>. Acesso em 12/04/2014.

- EUROMONITOR INTERNATIONAL; Viana, M. Tendências Globais do Mercado Pet Care. In: VI Congresso Internacional e XII Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2014, Campinas, **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2014.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of food and agriculture.** ed. 13, Rome, IT. 2013.
- FEDIAF. European Pet Food Industry Federation. **Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs.** Bélgica, 2011. 75p.
- FELIX, C. P.; ZANATTA, C. B. M.; BRITO, et al. Digestibility and metabolizable energy of raw soybeans manufactured with different processing treatments and fed to adult dogs and puppies. **Journal of Animal Science**, v.91, p.2794-280, 2013
- FORSTER, G. M.; HILL D.; GREGORY G. Effects of cooked navy bean powder on apparent total tract nutrient digestibility and safety in healthy adult dogs. **Journal of Animal Science**, v. 90, p.2631-2638, 2012.
- FORTES, C. M. L. S.; CARCIOFI A. C.; SAKOMURA N. K, et al. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. **Animal. Feed. Science and. Technology**, v.156, p.121–125, 2010.
- FRANÇA, J.; SAAD, F. M. O. B.; SAAD, C. E. P.; et al. Avaliação de ingredientes convencionais e alternativos em rações de cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia** (supl. especial), v. 40, p. 222-231, 2011.
- HENDRIKS, W. H. BUTTS, C. A.; THOMAS, D. V. et al. Nutritional quality and variation of meat and bone meal. **Asian Australasian Journal. Animal Science**, v.15, p. 1507-1516, 2002.
- HOODA, S.; FERREIRA, L.G.; LATOUR, M.A.; et al. *In vitro* digestibility of expanded pork skin and rawhide chews, and digestion and metabolic characteristics of expanded pork skin chews in healthy adult dogs. **Journal of Animal Science** v.90, p.4355–4361, 2012.
- HUGHES R., E. M. A. MAGEE; S. BINGHAM,; et al. Protein degradation in the large intestine: relevance to colorectal cancer. **Current Issues in Intestinal Microbiology**. v. 1 p.51- 58, 2000.
- JEREMIAS, J. T. Relação entre o excesso de bases do alimento e o pH urinário. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009. 65f
- KAWAUCHI, I. M.; SAKOMURA, N. K.; VASCONCELLOS, R. S.; et al. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured

- by two different techniques. **Animal Feed Science and Technology**, v.169, p. 96–103, 2011.
- KELKAR S., M. SIDDIG, J. B. HARTE, et al. Use of low-temperature extrusion for reducing phytohemagglutinin activity (PHA) and oligosaccharides in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Navy and Pinto. **Food Chemistry** v.163, p.1636-1689, 2011.
- KERR K. R.; FORSTER G.; DOWD S. E. et al. Effect of dietary cooked navy beans on the fecal microbiome of healthy companion dogs. **Plos One**, v.8, p.1-8, 2013.
- LAJOTO, F. M., M. I. GENOVESE, E. W. MENEZES, C. A. RAVA, J. F. STONE.. Qualidade Nutricional. In: **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFÓS. 1996. p.23-56.
- LIN, S.; HSIEH, F.; HUFF, H. E. Effects of lipids and processing conditions on degree of starch gelatinization of extruded dry pet food. **Food Science and Technology**. v. 30, p.754-761, 1997.
- LOLAS, G. M.; MARKAKIS, P. Phytic acid other phosphorous compounds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.23, p. 13-15, 1975.
- LOUREIRO, B. A. Avaliação das Propriedades Nutricionais e Funcionais da Fibra insolúvel na Alimentação de Gatos **Dissertação de mestrado**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal.. 2012. 87p.
- MACFARLANE G. T., G. R. GIBSON, E. BEATTY AND J. H. CUMMINGS. Estimation of shortchain fatty acid production from protein by human intestinal bacteria based on branchedchain fatty acid measurements. **FEMS Microbiology Ecology**. v.101, p.81–88, 1992.
- MAGALHÃES, A. L. R.; ZORZI, K.; QUEIROZ, A. C. Resíduo proveniente do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em rações para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite e eficiência alimentar. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 37, p. 529-537, 2008.
- MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. (Ed.). Portaria nº 85, de 6 de março de 2002. <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>> Acesso em: 06 jun 2013
- MARTINS, M.S.; CARCIOFI, A.C.; SAKOMURA, N.K.; et al. Brewer's yeast and sugarcane yeast as protein sources for dogs. **Animal Feed Science and Technology**. v.167, p.340-352, 2013.
- MIZUBUTI, I. Y.; FONSECA, N. A.; PINHEIRO, J. W. Efeito da utilização de feijão guandu cru moído sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 24, p. 590-598, 1995.

- MONDO, V. H. V.; GOMES JÚNIOR, G. G.; PUPIM, T. L.; et al. Avaliação de danos mecânicos de feijão por meio da análise de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, p. 27-35, 2009.
- Nutrient Requirements of Dogs and Cats, **NRC**. National Academy Press, Washington, DC. 2006.
- OLIVEIRA, L. D.; CARVALHO PICINATO, M. A.; KAWAUCHI, I. M.; et al. Digestibility for dogs and cats of meat and bone meal processed at two different temperature and pressure levels. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.96, p. 1136-1146, 2012.
- OLIVERIRA, L. D. Coprodutos com potencial econômico no Brasil. In: VI Congresso Internacional e XII Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2014, Campinas, **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2014
- PURUSHOTHAM B., RADHAKRISHNA P. M.; SHERIGARA B. S. Effects of steam conditioning and extrusion temperature on some anti-nutritional factors of soyabean (*Glycine max*) for Pet Food Applications. **Journal of Animal and Veterinary Science** v.1, p.1-5, 2007.
- RAGBERG, K.; BIERNAT, M.; LINDEROTH, A.; et al. Enteral exposure to crude red kidney bean lectin induces maturation of the gut in suckling pigs. **Journal of Animal Science**, v.79, p. 2669-2678, 2001.
- RIBEIRO, N. D.; LONDERO, P. M. G.; CARGNELLUTI, A.; et al. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.42, p. 1393-1399, 2007.
- ROBERTI FILHO, F. O. Influência da granulometria da matéria prima e da configuração da extrusora no conteúdo de amido resistente, digestibilidade, formação de produtos de fermentação e parâmetros metabólicos de cães.. **Dissertação** (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2013. 72f .
- SAAD, F.M.O.B. Curso de Pós-graduação "*Lato Sensu*" (Especialização) à Distância – **Nutrição e Alimentação de Caes e Gatos**. UFLA/FAEPE, Lavras, 2005, 129p
- SATHE, S. K.; DESHPANDE, S. S. Dry beans of *Phaseolus*: a review I. Chemical composition: proteins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 20, p. 1-46, 1984.
- SGARBIERI, V.C. **Proteínas em Alimentos Protéicos: Propriedades, degradações, modificações**. 1ª ed, São Paulo: Livraria Varela.1996, 517p.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3ed.-Viçosa: UFV, 2002, 235p.

- SILVA, H. C. et al. Oligossacarídeos da família da rafinose e flatulência. **Cadernos de Nutrição**, v.4, p.48-60, 1992.
- SILVA, L. M. C.; COSTA, R. S.; SANTANA, A. S. et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante de produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**. v.31, p.669-682, 2010.
- SOUZA, D.F. Soja crua em dietas extrusadas para gatos. **Dissertacao de mestrado**. Faculdade de Ciencias Agrarias e Veterinarias, UNESP, Campus de Jaboticabal.. 2013. 81f.
- SOUZA, O.; SANTOS, I. E. Importância dos resíduos agropecuários na alimentação animal. Boletim pecuário. 2002. Disponível em: <<http://www.boletimpecuario.com.br/artigos/showartigo.php?arquivo=artigo544.txt>>. Acesso em: 20/05/2014.
- SUCHODOLSKI, J. S. Companion Animals Symposium. Microbes and gastrointestinal health of dogs and cats. **Journal of Animal Science**, v.89, p.1520-1530, 2010.
- SWANSON, K.S.; FAHEY,G.C.Jr. **Prebiotics in companion animal nutrition**. 2007. Disponível em: <<http://en.engormix.com/Articles/View.aspx?id=414>>. Acesso em: 23/03, 2014.
- TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4ed. –Campinas: UNICAMP. 2011, 161p.
- TORTOLA, L.; SOUZA, N. G.; ZAINÉ, L.; et al. Enzyme effects on extruded diets for dogs with soybean meal as a substitute for poultry by-product meal. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v.97, p.39–50. 2013
- TROWELL, H.; SOUTHGATE, D.A.T.; WOLEVER, T.M.S.; et al. **Dietary fiber redefined**. Lancet, 1976. 967p.
- WILLIAMS, B. A.; VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. **Nutrition Research Reviews**, v. 14, p. 207–227, 2001.
- YAMKA, R. M.; KITTS, S. E.; TRUE, A. D.; et al. Evaluation of maize gluten meal as a protein source in canine foods. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.239-248, 2004.
- YAMKA, R.M., D. L. HARMON, W. D. SCHENHERR. *In vivo* measurement of flatulence and nutrient digestibility in dogs fed poultry by-product meal, conventional soybean meal, and low-oligosaccharide low-phytate soybean meal. **Animal Journal of Veterinary Research**. v.67, p.88–94, 2006.

II – OBJETIVOS GERAIS

Neste trabalho objetivou-se:

- Determinar parâmetros qualitativos do processo de extrusão de dietas para gatos, contendo diferentes inclusões de feijão partido;
- Determinar a inativação dos fatores antinutricionais nas diferentes etapas do processo de extrusão de alimentos para gatos, contendo diferentes inclusões de feijão partido;
- Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e a energia metabolizável aparente do feijão partido para gatos, pelo método de substituição;
- Avaliar a palatabilidade de alimentos extrusados para gatos, contendo feijão partido;
- Avaliar os efeitos de inclusões crescentes (7,5%; 15%; 22,5%; 30%) do feijão partido em alimentos extrusados para gatos, sobre a digestibilidade dos nutrientes, energia metabolizável da dieta, parâmetros fermentativos intestinais (ácidos graxos voláteis e lactato) e do metabolismo de nitrogênio (amônia e ácidos graxos de cadeia ramificada fecais e ureia urinária de 24h).

III- Características do processo de extrusão e determinação do valor nutricional do feijão partido como ingrediente em alimentos para gatos

RESUMO: Objetivou-se avaliar a inclusão de feijão partido (FP) em alimentos extrusados para gatos. Para tal, foram produzidos cinco alimentos extrusados, contendo aproximadamente 6% de umidade, 30% de proteína bruta, 16% de gordura, 2,8% de fibra bruta e 7% de matéria mineral, incluindo níveis crescentes (0,0%, 7,5%, 15,0%, 22,5% e 30,0%) do ingrediente. Para a avaliação do valor nutritivo do FP, foi empregado o método de substituição, no qual o FP substituiu em 30,0% o alimento controle. Durante o processo de extrusão, foram mensuradas as concentrações dos inibidores de tripsina (IT) e hemaglutininas (HEM), e ao final analisado quanto à qualidade do extrusado. Os alimentos controle e 15,0% foram submetidos ao ensaio de palatabilidade. Para o ensaio de digestibilidade, pH urinário e atividade fermentativa, foram utilizados 30 gatos adultos ($5,03 \pm 0,27$ kg) distribuídos em cinco tratamentos. O processo de extrusão foi efetivo para inativar os IT e HEM. O aumento da inclusão de feijão reduziu linearmente ($P < 0,05$) a taxa de expansão radial e comprimento específico dos kibbles, conseqüentemente aumentou linearmente ($P < 0,05$) a densidade específica e a força de cisalhamento. A inclusão do FP influenciou negativamente na preferência do alimento, todavia o alimento contendo 15,0% de inclusão foi adequadamente consumido. A energia metabolizável, o CDA da PB, Amido e FDT do FP foram, respectivamente, 3101,46 kcal/kg, 71,38%, 95,58% e 54,84%. O pH urinário apresentou aumento significativo ($P < 0,05$) a partir do nível de 15,0%. Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) para o consumo, coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia, bem como parâmetros de qualidade das fezes, fermentativos ou de qualidade proteica, indicando que o FP é uma fonte de proteína e energia com aproveitamento satisfatório para gatos, sendo um importante ingrediente alternativo.

Palavras-chaves: coproduto; fator antinutricional; qualidade proteica; fermentação intestinal

III- Extrusion process characteristics and nutritional value of broken bean as an ingredient in cat food

ABSTRACT: The aim was to evaluate the inclusion of broken bean (BB) in extruded foods for cats. To achieve this, five extruded diets containing approximately 6% moisture, 30% crude protein, 16% fat, 2.8% crude fiber and 7% mineral matter, including increasing levels (0.0%, 7.5%, 15.0%, 22.5% and 30.0%) of the tested ingredient were produced. To evaluate the nutritional value of FP the substitution method was performed, in which the FP replaced in 30.0% the control (0.0% of FP) diet. During the extrusion process concentrations of trypsin inhibitors (IT) and haemagglutinin (HEM) were measured and at the end of process the quality of the extrudate was analyzed. The Control diet and 15.0% FP diet had their palatability assessed. For the digestibility trial, urinary pH and determination of fermentation activity, 30 adult cats were used (5.03 ± 0.27 kg) allotted to five treatments. The extrusion process was effective in inactivating IT and HEM. Increased inclusion of BB decreased linearly ($P < 0.05$) the rate of radial expansion and specific length of the kibbles, consequently increased linearly ($P < 0.05$) the specific density and shear force. The inclusion of FP influenced negatively the palatability of the diet, however the 15.0% inclusion was not rejected. The metabolizable energy, ADC of CP, starch and FDT of the PF were respectively 3101.46 kcal/kg, 71.38%, 95.58% and 54.84%. Urine pH increased significantly ($P < 0.05$) from the 15.0% inclusion. No significant differences ($P > 0.05$) for feed intake, digestibility of nutrients and energy, quality and fermentation parameters of the feces, or protein quality were observed, indicating that the FP is a satisfactory source of protein and energy for cats, and an important alternative ingredient.

Keywords: anti-nutritional factor; coproduct; intestinal fermentation; protein quality.

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial por proteína tem sido previsto como o principal problema nutricional para a humanidade nas próximas décadas (FAO, 2013). Por este motivo, têm sido pesquisadas fontes proteicas, alternativas ou não-convencionais para a alimentação humana e animal (Hendrix et al., 2002; Hooda et al., 2002; Fortes et al., 2010; Kawauchi et al., 2011; Oliveira et al., 2012; Martins et al., 2013). Com o aumento da população domiciliada de cães e gatos, é necessário buscar também, para estas espécies, alternativas proteicas, em especial aquelas que não competem com o ser humano. Desta forma, o aproveitamento de coprodutos agroindustriais, desde que atenda às exigências de nutrientes essenciais dos animais e sejam seguros, é importante do ponto de vista da ecologia nutricional.

Neste contexto, destaca-se o feijão partido, coproduto associado ao feijão, que assim como o produto principal pode ser uma importante fonte de proteínas, energia, minerais e fibras, além de proporcionar efeitos nutracêuticos (Geil and Anderson, 1994; Mentor-Marcel et al., 2009; Thompson et al., 2009; Broughton et al., 2003). Durante o beneficiamento do feijão, um montante considerável de grãos partidos é gerado, e para atender aos padrões de qualidade de alimentos destinados ao consumo humano, não são comercializados. De acordo com Almeida et al. (2004), esse montante responde por cerca de 3 a 12% do total do produto beneficiado. Isto corresponde a uma produção nacional deste coproduto aproximada de 214.200 toneladas.

No entanto, deve-se avaliar criteriosamente este ingrediente antes de sua utilização, uma vez que o feijão apresenta ainda, em sua composição, fatores antinutricionais como os inibidores de proteases e as hemaglutininas, que podem diminuir o aproveitamento nutricional do alimento e causar distúrbios à saúde (Lajoto et al., 1996). Entretanto, estes fatores são termolábeis e possivelmente são inativados durante a extrusão (Purushotham, et al., 2007; Anton et al., 2009), processo em que a maior parte dos alimentos destinados à produção de *petfood* são submetidos. Portanto, ao se avaliar novos ingredientes, torna-se importante uma avaliação geral sobre o aproveitamento nutricional do mesmo para a espécie em questão; fatores antinutricionais ou tóxicos presentes neste alimento que comprometem sua qualidade; variabilidade na sua composição química, bem como suas características no processamento industrial e aceitação pelos animais.

Neste estudo, objetivou-se avaliar o feijão partido como ingrediente na alimentação de gatos adultos, considerando suas características no processo de extrusão e na qualidade final do extrusado, assim como a palatabilidade de dietas contendo este ingrediente e aproveitamento nutricional pelos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada”, associado ao Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da referida instituição. (Protocolo nº024268/12).

Composição química do Feijão Partido

Foram adquiridas 12 amostras de feijão partido (FP), provenientes de diferentes fornecedores, durante o período de um ano, com a finalidade de avaliar a composição química e variabilidade do ingrediente. As amostras foram analisadas quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM), de acordo com AOAC (1995).

Dietas experimentais

Foram formulados cinco alimentos para gatos adultos, contendo níveis crescentes (0,0%, 7,5%, 15,0%, 22,5% e 30,0%) de inclusão de FP e um alimento no qual o FP substituiu em 30% a matéria natural do alimento controle (30%S). A composição química do feijão partido, incluído nos alimentos extrusados, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição química do feijão partido, na matéria seca.

Item	Feijão Partido
Matéria Orgânica (%)	97,09
Proteína Bruta (%)	22,00
Extrato Etéreo (%)	1,54
Fibra Bruta (%)	3,67
Fibra Dietética Total (%)	42,74
Fibra Solúvel (%)	2,90
Fibra Insolúvel (%)	39,32
Amido (%)	26,95
Matéria Mineral (%)	2,91
Ca (%)	0,10
P (%)	0,54
K (%)	0,15
Mg (%)	0,16
Na (%)	0,02
Cl (%)	0,01
S (%)	3,56
Excesso de bases (mEq/kg)	-3,28
Energia Bruta (kcal/kg)	3844,55
Inibidor de Tripsina (UTI.mg ⁻¹ amostra)	86,38
Hemaglutinina (UH.mg ⁻¹ amostra)	38,40

UTI (unidade de tripsina inibida); UH (unidade hemaglutinante)

O aminograma do feijão partido, na matéria seca encontra-se a Tabela 2.

Tabela 2 – Aminograma do feijão partido, na matéria seca

Aminoácido	Feijão Partido (%)
Lisina	1,56
Treonina	0,90
Metionina	0,34
Cistina	0,20
Metionina+Cistina	0,53
Alanina	1,03
Arginina	1,59
Acido Aspártico	2,53
Acido Glutâmico	3,69
Glicina	0,89
Histidina	0,68
Isoleucina	0,95
Leucina	1,74
Fenilalanina	1,29
Serina	1,18
Tirosina	1,81
Valina	1,18
Prolina	0,00
Triptofano	0,26

O FP foi adicionado em substituição ao milho e à farinha de vísceras de frango nas formulações, com o objetivo de formular dietas com composição centesimal semelhante, permanecendo a quítera de arroz e o glúten de milho em porcentagens fixas. Os teores de cálcio e fósforo foram corrigidos entre as dietas pela adição de calcário e fosfato bicálcico, sempre que necessário. A diferença do teor de fibra bruta entre as dietas foi corrigida pela adição de casca de soja. Os alimentos foram formulados segundo as recomendações nutricionais para gatos adultos do FEDIAF (2012). Os ingredientes utilizados foram provenientes do mesmo lote, com diferença apenas nos percentuais de inclusão, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Fórmula e composição química das dietas experimentais com níveis crescentes de inclusão de feijão partido.

Ingredientes	Níveis de inclusão de feijão partido					
	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%	30,0% ^S
Farinha de Visceras de Frango	36,40	34,54	32,70	30,88	29,04	25,4
Arroz Quirera	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	11,9
Milho Grão	26,70	21,30	15,78	10,03	4,16	18,69
Feijão Partido	-	7,50	15,00	22,50	30,00	30,00
Gordura Aves	6,50	6,82	7,15	7,48	7,81	4,55
Glúten de milho 60%	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	4,90
Palatabilizante	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,10
Casca de Soja	2,19	1,55	0,99	0,44	0,00	1,53
Calcário	0,00	0,00	0,17	0,21	0,22	0,00
Cloreto de Potássio	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,35
Sal Comum	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,35
Premix Mineral e Vitamínico ¹	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,21
Cloreto de Colina 60%	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,28
Antifúngico ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,07
Antioxidante ³	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,03
Taurina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,11
Fosfato Bicálcico	-	-	-	0,25	0,55	-
Óleo de Peixe	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,14
Item (%)	Composição química analisada (% matéria seca)					
Matéria Seca	93,51	93,78	93,67	94,24	93,58	93,25
	-----Base Seca-----					
Matéria Orgânica	92,07	92,12	90,67	92,49	93,58	93,25
Proteína Bruta	31,45	31,76	33,32	33,02	34,51	27,81
Gordura em hidrólise ácida	16,80	16,52	16,13	16,37	16,44	11,69
Amido	47,50	42,37	41,30	40,67	39,83	45,90
Fibra Dietética Total	25,73	25,29	28,43	28,83	27,55	31,20
Fibra Solúvel	1,52	1,41	2,63	1,96	2,68	3,98
Fibra Insolúvel	22,56	22,47	22,20	22,36	22,11	27,54
Matéria Mineral	7,93	7,88	9,33	7,51	8,79	6,75
Cálcio	1,92	1,88	2,3	1,81	2,03	1,39
Fósforo	1,27	1,31	1,48	1,19	1,14	1,15
Potássio	0,63	0,67	0,81	0,83	0,89	0,81
Magnésio	0,10	0,11	0,12	0,11	0,12	0,11
Sódio	0,39	0,39	0,40	0,45	0,40	0,37
Cloro	0,46	0,36	0,52	0,47	0,51	0,36
Enxofre	0,58	0,61	0,64	0,69	0,69	0,51
Energia Metabolizável (kcal) ⁴	3870	3880	3810	3830	3850	3665

¹ Adição por quilograma de produto: Ferro 100 mg, Cobre 10 mg, Manganês 10 mg, Zinco 150 mg, Iodo 2 mg, Selênio 0,3 mg, Vitamina A 18000 UI, Vit. D 1200 UI, Vit. E 200 UI, Tiamina 6 mg, Riboflavina 10 mg, Ácido pantotênico 40 mg, Niacina 60 mg, Piroxidina 6 mg, Ácido fólico 0,30 mg, Vit. B12 0,1 mg. ² Mold Zap Aquativa, Alltech Brasil Agroindustrial Ltda: propionato de amônio, propanodiol, ácido propiônico, ácido acético, ácido láctico, ácido ascórbico, ácido fórmico, sorbato de potássio, veículo q.s.p. ³ Banox, Alltech Brasil Agroindustrial Ltda: BHA, BHT, galato de propila e carbonato de cálcio

⁴ Conforme equação proposta pelo NRC (2006) ⁵ UTI (unidade de tripsina inibida) ⁶ UH (unidade hemaglutinante)

Processamento das dietas

As dietas foram processadas na unidade de extrusão da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista. Os ingredientes foram misturados e moídos em moinho martelo (Modelo 4, D'Andrea, Limeira, Brasil) equipado com peneiras de tela de 0,8 mm e processados em extrusora de rosca simples (Mab 400S, Extruceniter, Monte Alto, Brasil) com capacidade média de 150 kg/h. Os equipamentos utilizados formam um sistema de extrusão completo em escala laboratorial, com os mesmos componentes e princípios de funcionamento dos sistemas de extrusão comercial. Os parâmetros começaram a ser mensurados quando o sistema atingiu a estabilidade, e a partir deste momento registrado em intervalos de 20 minutos, juntamente com a coleta de amostras. A temperatura do pré-condicionador da extrusora foi mantida próxima a 90°C, por meio da injeção de vapor. A adição de água e vapor, a velocidade da rosca e a alimentação da extrusora foram ajustados de acordo com a formulação da dieta, visando manter a densidade dos kibbles semelhantes entre os tratamentos. A temperatura no interior do canhão da extrusora foi mantida no intervalo entre 125°C e 135°C.

Os parâmetros avaliados durante a extrusão foram densidade dos kibbles (g/L); produtividade da extrusora (kg/h); energia mecânica específica (kW-h/ton), expressa pela fórmula: $[(\sqrt{3} \cdot 200 \cdot (\text{Amperagem em produção} - \text{Amperagem vazio}) \cdot 0,76) / \text{produtividade hora}]$; temperatura no pré-condicionador, no canhão da extrusora e no secador (°C). Durante o ensaio, foram coletadas amostras de cada tratamento em três pontos do processo produtivo; 1-saída do pré-condicionador; 2-saída do canhão da extrusora; 3-saída do secador, em intervalos de 20 minutos, durante uma hora, totalizando quatro amostras por tratamento em cada um dos três pontos, além da ração farela inicial.

Após a extrusão, os *kibbles* foram secos em secador estacionário de ar forçado, aquecido a 105°C, e recobertos com óleos e palatilizante. As amostras coletadas durante o processo de extrusão foram analisadas quanto à umidade (%); índice de expansão radial (diâmetro do extrusado²/diâmetro do orifício da matriz²); comprimento específico (comprimento do extrusado/massa extrusado); densidade específica [(massa extrusado/ π x (diâmetro extrusado/2)² x comprimento extrusado)], força de cisalhamento em texturomêtro (kgf); índice de gelatinização do amido (Hendrix, 1993); atividade inibidora de tripsina e hemaglutininas segundo metodologias propostas por

Kakade et al. (1969) e Junqueira & Sgarbieri (1981), respectivamente, descritas a seguir.

Avaliação da inativação dos fatores antinutricionais

A atividade inibidora de tripsina foi verificada segundo o método descrito por Kakade et al. (1969). A extração dos inibidores de tripsina foi realizada agitando-se, durante uma hora e em temperatura ambiente, 0,5g da amostra (previamente desengordurada a frio, com éter de petróleo) em 25 mL de HCl 0,025 M. A suspensão foi filtrada em papel Whatman nº2 e o filtrado centrifugado (8.600 G, durante 10 minutos). O sobrenadante foi utilizado para determinação da atividade dos inibidores de tripsina utilizando o benzoil-DL-arginina-p-nitroanilida (BAPNA) como substrato para a tripsina. Foram pipetadas alíquotas de 0,2mL de extrato da amostra, em triplicatas. A cada tubo, previamente acondicionado em banho-maria a 37°C, foi adicionado 0,2mL da solução de tripsina (0,08 mg/mL de HCl 0,001 N) e, após 10 minutos, 1,4mL de BAPNA (0,3mg/mL de tampão Tris 50 mM, pH 8,2, contendo CaCl₂ 20 mM), previamente aquecidos a 37°C. A reação foi interrompida após 10 minutos, pela adição de 0,2 mL de ácido acético 30%. A absorbância foi lida em espectrofotômetro a 410 nm, contra os brancos, aos quais foram adicionados o ácido acético antes do BAPNA. A atividade do inibidor de tripsina foi expressa em termos de unidade de tripsina inibida (UTI)/mg matéria seca.

A atividade hemaglutinante foi determinada segundo Junqueira & Sgarbieri (1981). O extrato de hemaglutinina foi obtido agitando-se, durante uma hora e em temperatura ambiente, 2,0g da amostra (previamente desengordurada a frio, com éter de petróleo) em 20 mL de NaCl 0,85%. A suspensão foi filtrada em papel Whatman nº2 e o filtrado utilizado para determinação da atividade hemaglutinante. A estimativa da atividade aglutinante foi aplicada usando-se placas de microtitulação contendo 8 fileiras de 12 poços cada, os quais foram preenchidos com 50 µL de extrato da amostra no primeiro espaço (coluna) e 25 µL de solução salina tamponada (NaCl 0,85%) nos demais poços das fileiras. A amostra foi submetida a uma série de diluições na base, em triplicata, com homogeneização e transferência de 25 µL para o poço seguinte até o último poço da fila. Em seguida, a amostra diluída foi incubada com 25 µL de suspensão de hemácias a 2%, preparada com sangue de coelho, em temperatura ambiente. Foram realizadas leituras da aglutinação das hemácias visualmente, após 60 a

90 minutos de repouso. Os resultados foram expressos em número de unidades hemaglutinantes (UH), que é calculado pelo expoente de base 2, correspondente à última diluição em que foi observada aglutinação visível de eritrócitos.

Estimativa das concentrações de fatores antinutricionais por Espectroscopia de reflectância no Infra-vermelho próximo (NIRS)

As amostras dos diferentes tratamentos nos diferentes momentos de coleta durante a extrusão foram escaneadas pelo NIRS, visando desenvolver curvas de calibração para os fatores antinutricionais IT (n=28) e AH (n=20), utilizando-se o modo reflectância, entre os comprimentos de onda de 1100-2500nm em célula circular de quartzo, destinada ao uso de amostras moídas. O diagnóstico e o espectro de cada amostra foi coletado com o auxílio do software ISIScan (Foss NIRSystem Inc., Estados Unidos). Os dados de reflectância (R) foram armazenados na forma de $\log 1/R$, em intervalos de 2nm, sendo coletado um total de 700 espectros de cada amostra. As amostras foram escaneadas à temperatura ambiente (22-25°C), em sala climatizada. Entre cada leitura de amostra, as células foram devidamente desengorduradas e secas.

Os espectros gerados pelo ISIScan foram exportados posteriormente para o software WinISI III Project Manager versão 1.50e (Foss NIRSystem Inc., Estados Unidos), no qual foram elaboradas as curvas de calibração e obtidas as informações sobre a exatidão da predição dos parâmetros pelo NIRS.

Para cada parâmetro analisado, a análise dos componentes principais (PCA) foi realizada antes do modelo de calibração de quadrados mínimos parciais (PLS) ser adotado. A PCA foi usada para derivar os primeiros 20 componentes do espectro gerado, que foram usados para a predição e determinação de outliers (Martens e Naes, 1989). O modelo de calibração entre os dados obtidos em laboratório e preditos pelo NIRS foi desenvolvido pela regressão PLS com validação cruzada. A segunda derivada do espectro também foi usada, seguindo-se o modelo matemático do software 1,4,4,1.

As curvas de calibração foram avaliadas quanto à sua capacidade preditiva, segundo valor do coeficiente de determinação na calibração (R^2) e erro padrão de validação cruzada (SECV). A exatidão na predição foi testada com outras 19 amostras diferentes das empregadas na elaboração das curvas, e os seguintes índices foram empregados para a análise da exatidão do modelo testado, usando-se os valores preditos (NIRS) *versus* analisados (laboratório): erro padrão de predição (SEP), coeficiente de

regressão (r^2), inclinação da reta (slope) e viés (bias). Com estes resultados em mãos, foi possível classificar o NIRS como método apenas qualitativo ou quantitativo na estimativa de cada um destes parâmetros nas amostras de FP (Shenk e Waterhaus, 1995).

Ensaio de palatabilidade

Comprovada a inativação dos fatores antinutricionais pela extrusão, os alimentos foram oferecidos aos animais para os ensaios de palatabilidade, a fim de avaliar sua aceitação. Os ensaios de palatabilidade foram conduzidos no gatil experimental do grupo *Panelis*® (Descalvado, SP), centro especializado em avaliação de alimentos para cães e gatos. Foram utilizados 39 gatos adultos, machos e fêmeas, treinados para a função. Foram oferecidos a cada animal dois alimentos, simultaneamente, (alimento controle e alimento contendo 15% de inclusão de feijão partido), durante dois dias, totalizando 78 observações. A cada alimentação, os animais receberam duas vezes as necessidades energéticas diárias, com base na fórmula $100 \times (\text{Peso Vivo})^{0,67}$, conforme NRC (2006), assegurando assim a presença de sobras. Em cada alimentação sucessiva, a posição dos comedouros foi alternada, a fim de evitar a lateralidade. Foi observada a primeira escolha do animal, bem como o consumo de cada alimento oferecido para o cálculo da razão de ingestão (RI), conforme a fórmula proposta por Griffin (2003), em que: $RI = \text{Ingestão Alimento Teste} \times (\text{Ingestão Alimento Teste} + \text{Ingestão Alimento Controle})^{-1}$. Os valores da razão de ingestão variam de 0 a 1. A análise dos resultados também foi realizada conforme proposto por Griffin (2003), considerando o número de repetições empregadas no teste de palatabilidade.

Ensaio de digestibilidade e balanço de nitrogênio

Cada período experimental teve a duração de 27 dias, sendo 14 dias para a adaptação dos animais à dieta e os subsequentes para a coleta de material. O ensaio de digestibilidade seguiu o protocolo de coleta total de fezes e urina, durante sete dias, de acordo com AAFCO (2011). Os animais foram alojados em gaiolas metabólicas individuais, em inox, com dimensões de 90cm x 80cm x 90cm, com aparato para coleta separada de fezes e urina. A quantidade de alimento fornecido foi calculada de acordo com a recomendação energética de manutenção para gatos (NRC, 2006) e dividida em

duas refeições diárias (9:00 e 17:00 horas), a fim de estimular o consumo. As sobras foram recolhidas e pesadas diariamente para a determinação do consumo alimentar. A água foi oferecida à vontade. Fezes e urina foram coletadas integralmente, duas vezes ao dia (08h:00 e 16h:00), e as fezes avaliadas quanto ao escore, conforme Carciofi (2008), atribuindo-se notas de 0 a 5, sendo: 0 = fezes líquidas; 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 = fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 = fezes bem formadas e consistentes, que não marcam o piso; 5 = fezes bem formadas, duras e secas, considerando-se normal valores entre 3 e 4. As fezes foram pesadas e acondicionadas em sacos plásticos individuais, previamente identificados, fechados e armazenados em freezer (-15°C) para posteriores análises. A urina foi coletada em recipientes plásticos colocados sob o funil coletor da gaiola, contendo 1 mL de ácido sulfúrico 1N, para evitar perdas de nitrogênio e proliferação de bactérias. Após a mensuração do volume, as urinas foram armazenadas em garrafas plásticas identificadas e mantidas em freezer (-15°C) até realização das análises laboratoriais.

Ao final do período de coleta, as fezes e a urina de cada animal foram descongeladas e homogeneizadas. As fezes foram secas em estufa de ventilação forçada, a 55°C por 72h (320-SE, FANEM, São Paulo, Brasil). Fezes pré-secas, alimentos e o feijão partido foram então moídos em moinho de facas (MOD 340, ART LAB, São Paulo) com peneira contendo furos de 1,0 mm, para as análises laboratoriais. As amostras foram analisadas quanto à matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, hidrólise ácida e matéria mineral, de acordo com a AOAC (1995), fibra dietética total segundo Prosky et al. (1992) e amido conforme Miller (1959) e Hendrix (1993). A energia bruta foi determinada em bomba calorimétrica (1281, PARR Instruments, EUA). Todas as análises laboratoriais foram conduzidas em duplicata, sob um coeficiente de variação menor de 5%.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA), fibra dietética total (FDT) e energia bruta (EB), assim como a energia metabolizável dos alimentos foram calculados de acordo com AAFCO (2011). Os CDAs do ingrediente foram calculados a partir dos CDAs do alimento controle e do percentual de substituição do feijão partido. Para tal, foi empregada a equação proposta por Matterson et al. (1965). Para a obtenção dos valores de nutrientes digestíveis do ingrediente, foram aplicados os respectivos valores de CDAs sobre a composição química do alimento avaliado.

Para o cálculo do balanço de nitrogênio (BN), nas amostras de alimentos, fezes e urina, foi determinado o teor de nitrogênio pelo método de Kjeldhal (AOAC, 1995) e o BN foi calculado pela diferença entre o nitrogênio ingerido (N ingerido) e excretado nas fezes (N fecal) e urina (N urinário), sendo os resultados expressos por unidade de peso metabólico por dia.

Produtos de fermentação intestinal, pH urinário e fecal

Nos dias 22, 23 e 24 de cada bloco, as gaiolas foram inspecionadas a cada 20 min, durante 24 horas, para a coleta de fezes frescas, objetivando determinar o pH fecal e concentração de produtos de fermentação. As urinas foram coletadas diariamente em recipientes plásticos, devidamente etiquetados, contendo timol como conservante, conforme Carciofi (2007). Para determinação do pH fecal, foram utilizados três gramas de fezes frescas diluídas (1:3 m/v) em água miliQ. Os valores de pH foram mensurados em pH-metro de precisão 0,01 pH (Digicrom Analítica Ltda, modelo DM20) utilizando-se a média das três observações.

Para a análise dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR), foram recolhidos diariamente 10 gramas de fezes frescas, imediatamente diluídas em 30 mililitros de ácido fórmico 4,2 N (1:3 m/v) e mantidas em geladeira. Ao final dos três dias de coleta, as amostras foram homogeneizadas formando uma amostra composta por animal. Esta foi centrifugada a 4.500 G, durante 15 minutos a 15°C, por três vezes, aproveitando-se o sobrenadante e desprezando-se o sedimento. Após a extração, as amostras foram identificadas e armazenadas em freezer (-15°C). A concentração de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) e ramificada (isobutírico, valérico e isovalérico) foi determinada por cromatografia gasosa (Finningan, modelo 9001, Finningan Corporation, San Jose, EUA) de acordo com Erwin et al. (1961), sendo a coluna de vidro de 2 metros de comprimento, diâmetro de 1/8", empacotada com 80/120 Carbopack B-DA/4% Carbowax 20M. O cromatógrafo foi calibrado por meio da injeção de 1 µL de solução padrão misto e a curva pré-estabelecida no software BORWIN versão 1.21.60. Foi utilizado nitrogênio como gás de arraste (vazão de 25 mL/min.), oxigênio como gás comburente (vazão de 175 mL/min.) e hidrogênio como gás combustível (vazão de 15 mL/min.), com temperaturas de operação de 220°C no injetor, 210°C na coluna e 250°C no detector de ionização de chama.

Para a determinação de ácido láctico, foram empregados cinco gramas de fezes diluídas em 15 mL de água destilada (1:3 p/v), coletadas e processadas como descrito para AGCC e AGCR. A análise foi realizada de acordo com Pryce (1969), pelo método espectrofotométrico com leitura a 565 nm (500 a 570nm). Foi empregado o lactato de lítio 1% para a calibração do espectrofotômetro (LABQUEST, Lagoa Santa, Brasil) e as amostras quantificadas comparando-as com padrão de ácido láctico a 0,08%.

A concentração de NH_3 fecal foi mensurada a partir dos extratos coletados para AGCC e AGCR, conforme metodologia proposta por Vieira (1980). Os extratos foram descongelados à temperatura ambiente e em seguida alíquotas de 2mL foram diluídas em 13mL de água destilada (2:13 v/v), e submetidas à destilação em um destilador de nitrogênio (Tecnal TE - 036/1, Piracicaba, Brasil). A destilação procedeu com 5mL de solução 0,2N de hidróxido de potássio e o nitrogênio recebido em um erlenmeyer com 10 mL de solução receptora (ácido bórico a 0,97 N), até atingir 50 mL de solução receptora mais material destilado. Em seguida, foi realizada a titulação com ácido clorídrico 0,005N.

Ureia urinária

Para este teste, nos dias 25, 26 e 27 de cada bloco, foi registrado o consumo de alimento e procedida a coleta total de urina. A urina foi coletada na presença de 2mL de HCl 6M, como conservante. Para a urina produzida em 24h, foi mensurado o volume e a concentração de ureia, permitindo-se assim se quantificar a excreção de ureia em 24h (considerada como a média dos três dias de observação). Para tal, utilizou-se o método enzimático-colorimétrico proposto pelo kit Ureia UV liquiform (LABTEST, Lagoa Santa, Brasil), em que a ureia é hidrolisada pela urease em íons amônia e CO_2 . Em meio alcalino, os íons amônia reagem com salicilato e hipocloreto de sódio, sob a ação catalisadora do nitroprussiato de sódio para formar indofenol. A absorbância do complexo azul formado foi medida em espectrofotômetro (QUICK - Lab marca DRAKE) em 600nm. A absorbância é diretamente proporcional à concentração de ureia na amostra analisada.

Análises estatísticas

Os dados foram avaliados quanto à pressuposição de normalidade dos erros, pelo teste de Shapiro-Wilk e posteriormente foram submetidos à análise de variância, pelo procedimento GLM do SAS 8.0 (versão 8.0, SAS INSTITUTE INC., Cary, USA). Para dados que não apresentaram distribuição normal, foi utilizada a metodologia de modelos lineares generalizados em função dos resíduos, utilizando-se o PROC GENMOD do SAS, considerando distribuição gamma com função de ligação inversa. Contrastes polinomiais foram determinados para se verificar possíveis efeitos lineares ou quadráticos da inclusão do feijão partido, considerando os teores de inclusão como variável independente. Para as variáveis inibidores de tripsina e hemaglutininas, considerou-se a etapa do processo (saída do condicionador, saída da extrusora ou saída do secador) e teor de inclusão do FP para o delineamento em fatorial 4X5. As comparações das médias dos níveis de inclusão foram realizadas dentro de cada etapa do processo e entre as etapas do processo, pelo teste Tukey, considerando 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química

Dentre as amostras de feijão partido analisadas, foi possível observar a presença de diversos cultivares sendo um cultivar predominante e a ocorrência de outros distintos em menor quantidade. Na tabela 4, são apresentadas as médias da composição química e a variabilidade de 13 amostras de feijão partido avaliadas.

Tabela 4 – Composição química e variabilidade de amostras (n=13) de feijão partido.

Parâmetros	Composição química (%)					
	MS	MO ¹	MM ¹	PB ¹	FB ¹	EE ¹
Média	85,83	95,31	4,69	23,10	5,41	1,72
Máximo	87,34	95,01	4,99	24,73	6,38	2,10
Minímo	84,46	95,42	4,58	21,96	3,67	1,36
Desvio Padrão	0,75	0,17	0,12	0,80	0,69	0,25

¹MS (matéria seca); MO (matéria orgânica); MM (matéria mineral); PB (proteína bruta); FB (fibra bruta); EE (extrato etéreo)

¹Valores expressos na matéria seca

Segundo a Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos (TACO, 2011), os cultivares de maior relevância no país são o feijão carioca, preto e roxo. Estes cultivares apresentam composição química próxima à do feijão partido, com média de 21,0% de PB; 2,1% de EE; 4,0% de FB; 3,6% de MM. As diferenças na composição verificadas entre o feijão para o consumo humano (TACO, 2011) e as amostras do presente estudo são possivelmente relacionadas com a presença de impurezas no coproduto, como vagens, pequenos caules e terra, o que justifica maiores teores de MM e FB no feijão partido. Por outro lado, as amostras selecionadas neste estudo apresentaram valores mais próximos dos limites estabelecidos para este ingrediente pela Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET, 2013), os quais são 19,0-25,0% de PB; 2,0-6,0% de FB; 87,0-93,0% de MS; 2,5-7,0% de MM e 1,0-2,5% de EE, porém, ainda com alguns valores fora deste intervalo, o que mostra a necessidade de maior padronização deste ingrediente para o uso na nutrição animal, especialmente com relação ao teor de impurezas e umidade.

Inativação dos inibidores de tripsina e hemaglutininas

A presença dos fatores antinutricionais do feijão como os inibidores de tripsina e hemaglutinas podem diminuir o seu valor nutricional (Lajoto et al., 1996), porém estes fatores são termolábeis e podem ser desnaturados durante a extrusão (Anton et al., 2009), processo que alia altas temperaturas e pressão em conjunto com umidade. Durante a produção das rações, a temperatura e umidade na saída do condicionador, canhão da extrusora e secador foram de $90,62 \pm 3,28^\circ\text{C}$ e $23,20 \pm 2,23\%$; $135,19 \pm 7,38^\circ\text{C}$ e $40,56 \pm 2,87\%$; $108,34 \pm 4,71^\circ\text{C}$ e $3,93 \pm 0,58\%$, respectivamente. Estas condições foram eficientes para inativar os inibidores de tripsina (IT) e hemaglutininas (HEM) (Tabela 5) presentes nos alimentos.

Tabela 5 - Concentração de inibidores de tripsina e hemaglutininas nas diferentes etapas do processo de extrusão (alimento farelado, na saída do condicionador, na saída da extrusora e na saída do secador).

Item	Níveis de inclusão de feijão partido					EPM	Equação de Regressão	R ²
	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%			
<i>Inibidores de tripsina</i>								
	UTI/mg MS							
Farelada ¹	7,59	5,97	10,94	22,94	34,63	-	$\hat{Y} = +2,204 + 0,9473X$	0,85
Condicionador	3,03 ^{cA}	2,87 ^{cA}	4,65 ^{cA}	13,47 ^{bA}	18,49 ^{aA}	1,83	$\hat{Y} = -4,0476 + 0,7422X$	0,79
Extrusora	0,73 ^{bAB}	0,50 ^{bb}	0,76 ^{bb}	3,34 ^{ab}	2,61 ^{abB}	0,33	$\hat{Y} = -0,4275 + 0,1189X$	0,54
Secador	0,00 ^{ab}	0,00 ^{ab}	0,00 ^{ab}	0,94 ^{aC}	1,33 ^{ab}	0,16	Ns	-
<i>Hemaglutininas</i>								
	UH/mg MS							
Farelada ¹	0,40	3,20	12,80	25,60	51,20	-	$\hat{Y} = -6,16 + 1,6533X$	0,89
Condicionador	0,33 ^{cA}	2,13 ^{cA}	6,40 ^{bA}	8,53 ^{bA}	15,33 ^{aA}	1,52	$\hat{Y} = -2,33 + 0,5562X$	0,85
Extrusora	0,40 ^{aA}	0,10 ^{aA}	1,13 ^{ab}	0,07 ^{ab}	0,00 ^{ab}	0,12	Ns	-
Secador	0,13 ^{aA}	0,00 ^{aA}	0,00 ^{ab}	0,00 ^{ab}	0,00 ^{ab}	0,01	Ns	-

Médias seguidas de letras diferentes minúsculas na linha ou maiúsculas na coluna diferem pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); EPM (erro padrão da média); Ns (não significativo, $P > 0,05$); UTI (unidade de tripsina inibida); UH (unidade hemaglutinante). Y= variável estudada e X= nível de inclusão de FP. ¹A amostra do alimento farelado não foi incluída na análise estatística.

A concentração dos inibidores de tripsina e hemaglutininas, ainda que em baixas concentrações no alimento sem feijão partido, é devido à inclusão de casca de soja (28,9 UTI/mg MS e 6,4 UH/mg MS), a qual possui estes dois fatores antinutricionais. A concentração destes dois fatores antinutricionais aumentou de forma linear ($P < 0,05$) com a inclusão do feijão partido nas dietas e esta relação pôde ser verificada com mais clareza, de acordo com os elevados coeficientes de regressão (R^2), nas rações fareladas e após a saída do condicionador. Independentemente do nível de inclusão, o condicionador inativou em média $51,58 \pm 8,20\%$ e $45,17 \pm 20,83\%$ dos IT e HEM,

respectivamente, sendo mantida a linearidade dos fatores antinutricionais à medida que se aumentou a inclusão de feijão partido. A extrusão foi a etapa do processo na qual houve maior redução na concentração dos fatores antinutricionais, correspondendo à redução de $87,60 \pm 8,37\%$ dos inibidores de tripsina e $82,80 \pm 32,66\%$ das hemaglutininas inativados. Por outro lado, embora também tenha sido verificada redução nestes fatores durante a passagem pelo secador, $98,58 \pm 1,60\%$ e $96,50 \pm 7,00\%$, para IT e HEM, respectivamente, esta foi menos acentuada, não sendo significativa para os fatores estudados ($P > 0,05$), exceto IT no alimento com 22,5% de FP.

A maior redução na concentração dos fatores antinutricionais durante a passagem pela extrusora pode ser devido às temperaturas mais elevadas durante esta etapa do processo, que foram registradas neste estudo entre $127,81^\circ\text{C}$ e $142,57^\circ\text{C}$, além da elevada pressão, quando comparadas às temperaturas no condicionador (90°C) e secador (105°C). Ainda que o tempo de residência do alimento na extrusora seja curto (aproximadamente 60s-270s), esta condição foi suficiente para inativar os fatores antinutricionais do feijão, tornando possível a utilização deste ingrediente em petfood, desde que o alimento seja devidamente processado. Os inibidores de tripsina e as hemaglutininas são sensíveis às temperaturas de extrusão superiores a 120°C (Purushotham, et al., 2007) e 85°C (Kelkar et al., 2012), respectivamente.

Os resultados obtidos neste estudo com a redução dos fatores antinutricionais do feijão foram semelhantes àqueles obtidos por Purushotham et al. (2007), avaliando temperaturas de extrusão sobre a inativação de IT em alimentos para cães contendo soja crua e aos resultados obtidos por Kelkar et al. (2012), avaliando a inativação de HEM durante extrusão em baixas temperaturas (85°C), para cereais matinais contendo farinha de feijão.

Apesar do método analítico empregado na quantificação destes compostos antinutricionais ter detectado redução significativa nestes parâmetros, pouco se conhece sobre os processos químicos e físicos envolvidos na inativação destes fatores durante a extrusão. Pérez-Navarrete et al. (2006) sugerem que estes compostos se complexam com carboidratos durante o processo de extrusão, formando compostos inativos.

A inclusão de FP em alimentos para gatos só se torna segura diante da correta inativação dos inibidores de tripsina e hemaglutinina, não causando prejuízos à saúde do animal ou ao aproveitamento dos nutrientes. Para isso, as condições de processamento devem ser bem controladas e as concentrações destes compostos monitoradas periodicamente ao final do processo. As metodologias para a determinação destes

compostos são onerosas e de custo relativamente elevado, inviabilizando sua utilização na rotina das fábricas de ração que desejam utilizar o feijão partido. Uma alternativa de avaliação rápida e de baixo custo é a Espectroscopia de Reflectância no Infra-Vermelho Próximo (NIRS). Neste estudo, elaborou-se uma curva de calibração no NIRS para a estimativa dos fatores antinutricionais presentes nos alimentos, a partir das amostras de alimentos que foram analisadas pelos métodos de referência para inibidores de tripsina e hemaglutininas. Na Tabela 6, encontram-se os indicadores da curva de calibração do equipamento para determinar as concentrações de inibidores de tripsina e hemaglutinina para alimentos contendo níveis crescentes de inclusão de feijão partido, assim como a sua validação a partir de 19 amostras diferentes daquelas empregadas na elaboração da curva.

Tabela 6 - Curvas de calibração e validação do NIRS para estimativa das concentrações de Inibidores de Tripsina (UTI/mg de alimento na MS) e hemaglutininas (UH/mg de alimento na MS) em amostras de alimentos completos para gatos contendo feijão partido.

Item	Inibidores de Tripsina*		Hemaglutininas**	
	Laboratório	NIRS ⁴	Laboratório ⁴	NIRS ⁴
Dados de calibração das curvas				
n ¹	28	20	21	20
Média*	4,25	4,74	3,66	4,76
Mínimo-máximo	0,00-34,6	0,0-20,8	0,0-51,2	0,0-21,6
R ²	-	0,879	-	0,702
SECV ²	-	2,43	-	4,13
1-VR ³	-	0,795	-	0,492
Dados de validação das curvas				
n ¹	19	19	19	19
Média*	4,49 ^{ns}	7,07 ^{ns}	6,82 ^{ns}	4,84 ^{ns}
EPM ²	1,19	2,18	3,06	1,18
IC ³	0,00-16,1	0,00-34,6	0,00-51,2	0,08-16,8
R ²	-	0,77	-	0,04
Slope	-	-0,150	-	4,30

¹n = número de amostras. * valores de Inibidores de Tripsina (UTI/mg de alimento na MS) e ** valores de hemaglutininas (UH/mg de alimento na MS). R²= coeficiente de determinação. ²SECV= erro de validação cruzada. ³1-VR= coeficiente de determinação corrigido pela validação cruzada.

Os critérios propostos por Shenk e Westerhaus (1995), baseados nos valores de R² e SECV das curvas de calibração foram empregados na avaliação dos resultados obtidos para os fatores antinutricionais pelo NIRS. De acordo com estes autores, valores de R² superiores a 0,90 indicam excelente precisão, bem como valores de SECV inferiores a 1,5 X o erro de análise laboratorial (SEL). Valores entre 0,70 e 0,90 de R² indicam boa

precisão, associados aos SECV inferiores a 2-3 X o erro de análise laboratorial. Por outro lado, valores de R^2 inferiores a 0,70 indicam que o NIRS pode apenas ser usado na classificação das concentrações em baixos, médios e altos valores. Finalmente, valores de R^2 inferiores a 0,50 indicam que o NIRS deve ser utilizado apenas para propósito de classificação entre altos e baixos valores da análise em questão.

Neste estudo, de acordo com os resultados obtidos pelas curvas de calibração do NIRS para inibidores de tripsina ($R^2=0,879$; $SECV=2,43$; $SEL=0,17$) e hemaglutininas ($R^2=0,702$; $SECV=4,13$; $SEL=0,20$), pode-se considerar o NIRS como uma boa ferramenta na avaliação das concentrações de fatores antinutricionais em alimentos para gatos. No entanto, cautela deve ser tomada no uso desta equação na prática, uma vez que o número de amostras empregadas na elaboração das curvas foi pequeno.

O procedimento de validação das curvas geradas pelo NIRS é realizado no intuito de se conhecer a exatidão (acurácia) dos resultados obtidos com a equação da curva de calibração em relação aos valores de referência obtidos em laboratório. Neste estudo, foram empregadas 19 amostras para a validação e as médias dos valores preditos pelo NIRS e analisados em laboratório foram, respectivamente, de 3,86 e 7,07 para inibidores de tripsina e 6,82 e 4,84 para hemaglutininas. Não houve diferenças estatísticas entre os valores preditos e observados ($P>0,05$) e o coeficiente de regressão entre os valores preditos e observados para estes parâmetros foram respectivamente de 0,77 e 0,04; indicando boa linearidade para inibidores de tripsina, porém, linearidade praticamente nula para hemaglutininas.

Qualidade do extrusado e palatabilidade

Todo novo ingrediente adicionado à formulação pode mudar a qualidade do produto final, e seu impacto sobre a extrusão deve ser avaliado. Os parâmetros qualitativos dos extrusados contendo crescentes inclusões de feijão partido podem ser observados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros de qualidade do extrusado em dietas para gatos contendo níveis crescentes de inclusão de feijão partido

Parâmetros	Níveis de inclusão de feijão partido					EPM	Equação de Regressão	R ²
	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%			
IGA (%)	97,18	95,61	92,39	94,84	95,56	-	-	-
Expansão radial	3,20	3,18	3,19	3,04	3,01	0,03	$\hat{Y} = 3,23 - 0,00696X$	0,64
ρE (g/mm ³)	0,39	0,39	0,40	0,42	0,45	0,05	$\hat{Y} = 0,377 + 0,0022X$	0,44
CE (mm/g)	8,56	8,69	8,31	8,30	7,89	0,06	$\hat{Y} = 8,699 - 0,02317X$	0,13
Força cisalhamento (kgf)	2827	3208	3049	3448	3393	65,2	$\hat{Y} = 2911 + 18,29X$	0,83
EME (kW-h/ton)	33,27	36,71	35,84	36,84	34,92	0,78	ns	-
Produtividade (kg/h)	97,93	93,60	93,30	90,90	102,0	3,32	ns	-

EPM (erro padrão da média); IGA (índice de gelatinização do amido); ρE (densidade específica), n=100; CE (comprimento específico), n=100; Força de cisalhamento, n=100; EME (energia mecânica específica), n=20; Produtividade, n=20. Y= variável estudada e X= nível de inclusão de FP

O grau de cozimento do amido presente na dieta pode ser avaliado mensurando-se o índice de gelatinização do amido (IGA) (Roberti Filho, 2013). Para os cinco alimentos, o IGA foi acima de 90% indicando que o cozimento do amido foi satisfatório, entretanto o aumento da inclusão de feijão reduziu linearmente ($P < 0,05$) a taxa de expansão radial e o comprimento específico dos kibbles. Estas modificações propiciaram aumento linear ($P < 0,05$) na densidade específica e consequentemente na força de cisalhamento.

A menor taxa de expansão radial e comprimento específico dos kibbles podem ser explicados pelo aumento da concentração de PB e FDT e decréscimo no teor de amido (Tabela 3). O amido, sob calor e umidade, forma uma massa plástica e expansível, sendo portanto o responsável pela capacidade de expansão do extrusado e formação de câmaras de ar dentro do kibble no momento da despressurização. A qualidade do amido também influencia diretamente na expansão do produto, uma vez que a amilopectina favorece a expansão e a amilose presente no FP tem sua capacidade de expansão limitada (Roberti Filho, 2013). Em contrapartida, as proteínas, gordura, fibras e minerais limitam esta expansão. Deste modo, o kibble apresentou uma maior densidade específica resultando em maior resistência à quebra. Estes resultados vão de acordo com aqueles encontrados por Pérez-Navarret et al. (2007) e Anton et al. (2009), estudando a qualidade do extrusado para snacks e cereais matinais extrusados contendo feijão. Estes efeitos podem ser minimizados, alterando a conformação da rosca da extrusora,

regulando a quantidade de água adicionada no processo de acordo com cada formulação e equipamento, entretanto estas condições foram mantidas semelhantes neste estudo, com o objetivo de isolar o efeito do ingrediente em questão sobre a qualidade do extrusado produzido.

Segundo Griffin (2003), a EME está correlacionada positivamente com o consumo de energia elétrica pela extrusora e a produtividade com a capacidade de fabricação do produto pelo equipamento, variáveis que refletem no custo de produção. Para a produtividade e a EME, não houve diferença significativa ($P>0,05$). A partir dos resultados observados, pode-se então inferir, para o presente estudo, que a inclusão de FP até o nível de 30,0% não interferiu nos custos de produção dos alimentos.

As mudanças nas características do extrusado e fatores intrínsecos ao ingrediente, ainda que pequenas, interferem diretamente na palatabilidade dos alimentos para gatos, considerando que estes animais apresentam o olfato e paladar muito sensíveis (Beaver, 1995). O resultado do teste de preferência alimentar (palatabilidade) demonstrou que 66,67% dos animais apresentaram preferência pelo alimento controle; 24,36% pelo alimento contendo 15,0% de inclusão de feijão partido; enquanto 8,97% não apresentaram preferência expressiva por nenhum dos alimentos. Para a primeira escolha, 62,82% dos animais consumiram primeiramente o alimento controle contra 37,18% do alimento teste. A partir da análise destes resultados, é possível que o feijão interfira negativamente (Griffin, 2003) na palatabilidade de alimentos para gatos. No entanto, o teste de preferência alimentar é realizado fornecendo dois alimentos simultaneamente ao animal, para que ele escolha aquele com características mais agradáveis. Neste caso, o alimento sem feijão partido foi preferido pelos gatos do teste em relação ao alimento contendo 15% deste ingrediente. No entanto, em situações práticas nas casas dos proprietários, apenas um alimento é oferecido por vez, sem comparações, de forma que o consumo adequado do alimento em quantidade para atender suas necessidades nutricionais de manutenção é o mais importante. Neste estudo, pode-se verificar que não houve diferença no consumo dos alimentos pelos gatos entre os diferentes tratamentos (Tabela 8), de forma que, aparentemente, as dietas com feijão partido foram bem aceitas pelos animais, apesar do pior resultado no teste de palatabilidade.

A percepção da palatabilidade do alimento pelos gatos ocorre a partir da interação de três mecanismos sensoriais principais: odor, sabor e textura (Félix, 2010). O fator determinante na primeira escolha do animal é o odor do alimento e o feijão apresenta

um odor característico, ao que indica o teste, perceptível e pouco apreciado pelos gatos. A concentração de taninos para os alimentos não foi mensurada no presente estudo, entretanto Ma & Bliss (1978) observaram concentrações máximas de 2,0% para diversas cultivares de feijão, verificando ainda que a concentração destes fatores antinutricionais varia de acordo com a coloração do ingrediente. Este fator antinutricional é mais resistente ao processo térmico. Anton et al. (2009), avaliando a concentração de compostos fenólicos em snacks extrusados contendo feijão, observaram uma redução entre 19% e 21% pós-extrusão. Os taninos presentes no alimento podem se complexar com as glicoproteínas salivares, gerando a sensação de adstringência (NRC, 2006), reduzindo assim o consumo de alimento pelo animal. A inclusão de 15,0% de feijão partido aumentou significativamente a força de cisalhamento do alimento (Tabela 7), proporcionando um kibble com textura rígida e possivelmente menos apreciada pelos animais. Menores níveis de inclusão do ingrediente em alimentos para gatos podem resultar em uma menor influência sobre a palatabilidade.

Digestibilidade e energia metabolizável

Durante todo o período experimental não foi observada a ocorrência de vômitos, náuseas, diarreias, flatulências, variações no consumo de água, apetite ou comportamentais. Os alimentos foram adequadamente consumidos pelos gatos durante todo o período experimental (Tabela 8).

A composição química das dietas variou entre 3,06%, 0,67%, 6,83% e 3,1% para PB, EEHA, amido e FDT, respectivamente. Todavia, o consumo de nutrientes não diferiu significativamente, conforme Tabela 8.

Tabela 8 – Consumo de nutrientes, coeficientes de digestibilidade aparente e energia metabolizável de alimentos contendo níveis crescentes de inclusão de feijão partido para gatos

Item	Níveis de inclusão de feijão partido					EPM	Regressão	
	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%		Linear	Quadrática
PM (kg)	1,93	1,93	1,91	1,86	1,92	0,03	0,69	0,73
Consumo (g/kg ^{0,4} dia)								
MS	23,54	29,23	25,99	24,73	26,26	1,06	0,91	0,60
MO	21,67	26,93	23,57	22,85	23,96	0,98	0,95	0,61
PB	7,49	9,28	8,66	8,17	9,06	0,35	0,45	0,65
FDT	6,01	7,39	7,39	7,13	7,24	0,29	0,28	0,19
EEHA	3,96	4,83	4,19	4,05	4,32	0,17	0,97	0,73
AMIDO	11,18	12,38	10,74	10,06	10,46	0,48	0,23	0,87
EB	115,70	147,18	128,51	125,36	127,97	5,34	0,95	0,51
Coeficiente de digestibilidade (%)								
MS	80,07	79,36	80,18	81,89	80,80	0,54	0,22	0,96
MO	84,93	85,42	85,54	85,80	85,72	0,50	0,35	0,86
PB	84,42	85,22	85,61	82,85	85,17	0,67	0,84	0,98
FDT	56,27	56,43	52,81	55,01	54,36	0,73	0,33	0,55
EEHA	88,22	89,16	87,12	89,24	88,10	0,40	0,96	0,98
AMIDO	98,88	98,83	98,91	98,87	98,67	0,03	0,25	0,25
EB	85,10	86,33	85,82	86,44	86,26	0,46	0,19	0,23
EM (kcal/kg)	4182,31	4279,26	4267,51	4381,09	4203,53	3,18	0,63	0,24
MS fezes (%)	33,20	31,88	35,00	32,75	32,77	1,05	0,99	0,77
Escore fecal	3,40	3,27	3,54	3,41	3,67	0,14	0,54	0,74

EPM (erro padrão da média) n=30; PM (peso metabólico = peso corporal^{0,40}); MS (matéria seca); MO (matéria orgânica); PB (proteína bruta); FDT (fibra dietética total); EEHA (extrato etéreo hidrólise ácida); EB (energia bruta, kcal/kg); EM (energia metabolizável, kcal/kg).

Aplicando o método de substituição e utilizando os cálculos propostos por Matterson et al. (1965), os coeficientes de digestibilidade aparente da PB, amido, FDT determinados para o FP foram de 71,38%, 95,58% e 54,84%, respectivamente, e o valor da energia metabolizável determinada de 3101,46 kcal/kg na MS. Os coeficientes de digestibilidade da PB e amido do ingrediente foram relativamente baixos, porém, ao se observar os coeficientes de digestibilidade dos alimentos contendo inclusões crescentes de FP, é possível verificar que a inclusão do feijão até 30% nos alimentos não alterou (P>0,05) os coeficientes de digestibilidade ou energia metabolizável (Tabela 7).

Em uma pesquisa recente, Forster et al. (2012), estudaram a inclusão de farinha de feijão em alimentos extrusados para cães. Para tal, duas dietas isonutritivas, controle e contendo 25,0% de feijão, foram avaliadas. Durante os 28 dias de experimento, os animais não apresentaram quadros de vômitos, diarreia ou flatulência e não foram observadas diferenças estatísticas para os coeficientes de digestibilidade e energia metabolizável das dietas. Estes dados corroboram os encontrados no presente estudo, indicando o potencial de inclusão do FP em alimentos para cães e gatos.

Para a inclusão de novos ingredientes na matriz de formulação, o conhecimento do valor nutritivo é primordial. A metodologia de substituição permite determinar a digestibilidade e os valores energéticos do ingrediente, enquanto a metodologia de regressão pode fornecer informações sobre o aproveitamento dos nutrientes do ingrediente e suas correlações para estabelecer o melhor nível de inclusão, respeitando o intervalo avaliado. A escolha da metodologia para a avaliação de utilização de novos ingredientes em alimentos para gatos, assim como para animais de produção, vai depender dos objetivos da pesquisa, porém, a utilização dos métodos de substituição e regressão em conjunto demonstra ser alternativa válida, fornecendo maiores informações sobre o ingrediente avaliado (Kawauchi et al., 2013). No entanto, neste experimento foram empregados alimentos contendo níveis crescentes de FP, no intuito de se verificar efeitos lineares diretos ou inversos deste ingrediente nos coeficientes de digestibilidade e energia metabolizável dos alimentos frente às diferentes inclusões. Possivelmente, devido à semelhança no aproveitamento nutricional do feijão em relação ao alimento sem este ingrediente (Controle), não foi possível estabelecer esta relação pelo método de regressão.

Dados sobre os valores nutricionais de ingredientes para gatos são escassos na literatura. Kawauchi et al. (2013) estudou a inclusão de glúten de milho 21, ingrediente que apresenta a composição química semelhante ao FP em relação à concentração de proteína (21%) e FDT (42%) em alimentos para cães, e determinou a EM em 2023 kcal/kg. A inclusão do milho e quinoa de arroz em alimentos para cães foi estudada por Sá Fortes et al. (2010) e valores de energia metabolizável determinados foram de respectivamente 3224 kcal/kg e 3128 kcal/kg. Assim, comparando o FP com os ingredientes de origem vegetal utilizados tradicionalmente em alimentos para cães e gatos, este apresenta-se como um ingrediente de boa qualidade nutricional.

Do ponto de vista comercial, volume e consistência das fezes são características importantes. A inclusão de FP até o nível de 30,0% não influenciou ($P>0,05$) a MS das

fezes e o escore fecal (Tabela 8). Considerando o escore ideal entre 3 e 4 (Carciofi, 2008) todos os alimentos apresentaram valores adequados. A fibra é o principal nutriente correlacionado com a qualidade e quantidade de fezes, uma vez que as fibras insolúveis presentes no alimento influenciam diretamente no volume de fezes produzido e frequência de defecação (Barry et al., 2010). Os alimentos avaliados neste estudo apresentaram teores semelhantes de fibra insolúvel, uma vez que a casca de soja foi adicionada aos alimentos contendo menores níveis de inclusão de FP (Tabela 2), isolando o efeito da fibra insolúvel sobre a qualidade das fezes.

Produtos de fermentação intestinal, pH urinário e fecal

Para o presente estudo, não houve diferença ($P > 0,05$) nas concentrações dos AGCC (Tabela 9), indicando que a adição de FP não alterou a taxa de fermentação no intestino grosso. Isso pode ser explicado devido à concentração semelhante de fibras solúveis nos alimentos avaliados. Inicialmente, a fibra foi considerada indesejável ou desnecessária na alimentação de cães e gatos, uma vez que estes animais não possuem enzimas capazes de digerir este componente da dieta (Sunvold & Fahey, 1994). No entanto, sabe-se hoje que a fibra é importante para a saúde e auxilia no trânsito intestinal e na imunidade de cães e gatos (Duggan et al., 2002; Loureiro, 2012). A adição de fibra à ração de animais de companhia é importante para que haja adequado suprimento de matéria orgânica para o intestino grosso (NRC, 2006). Assim, a concentração de carboidratos fermentáveis na dieta influencia a utilização da mesma, sendo que a fermentação microbiana destes compostos leva à produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (Carciofi, 2005). Os AGCC, como acetato, propionato e butirato, são prontamente absorvidos pela mucosa do cólon e representam a principal fonte de energia para os colonócitos (Argenzio, 2006).

Os resultados obtidos (Tabela 9) estão de acordo com aqueles encontrados por Forster et al. (2012), que não observaram diferenças significativas para as concentrações de AGCC nas fezes de cães alimentados com 25% de inclusão de feijão. Fischer et al. (2012) avaliaram a fermentabilidade de alimentos contendo diferentes fontes de fibras para gatos, observando que a concentração de AGCC foi significativamente inferior para o farelo de trigo e fibra de cana, que apresentam maior concentração de fibras insolúveis, comparados àqueles contendo polpa de beterraba. Barry et al. (2010) avaliaram os efeitos da inclusão de celulose, frutoligosacarídeos e pectina em

alimentos para gatos sobre os parâmetros de fermentação intestinal, observando maior concentração de AGCC para alimentos contendo pectina, seguido de frutologossacarídeos e celulose. De acordo com os trabalhos supracitados, pode-se inferir que a qualidade da fibra está correlacionada com a taxa de fermentação intestinal. Deste modo, o feijão partido pode ser considerado uma fonte de fibra de baixa fermentabilidade, em decorrência da maior concentração de fibras insolúveis (Tabela 1).

Tabela 9 - Indicadores de fermentação intestinal nas fezes de gatos mediante o consumo de alimentos contendo níveis crescentes de feijão partido

Item	Níveis de inclusão de feijão partido					EPM	Regressão	
	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%		Linear	Quadrática
pH fezes	6,36	6,02	6,19	6,24	6,11	0,05	0,43	0,49
<i>Ácidos graxos</i>	mMol/kg MS fecal							
Acético	238,54	291,84	242,10	253,08	286,82	16,94	0,63	0,92
Propiônico	95,94	119,27	97,96	106,23	122,07	5,51	0,33	0,81
Butírico	78,44	83,80	71,55	71,12	82,08	5,97	0,58	0,99
Isobutírico	7,37	8,08	7,37	7,88	6,41	0,46	0,42	0,42
Isovalérico	11,79	12,99	11,93	12,29	9,96	0,75	0,47	0,36
Valérico	30,63	44,11	27,61	28,36	29,61	1,95	0,29	0,55
AGCC totais	412,90	494,91	411,60	430,40	491,00	25,83	0,70	0,91
AGCR totais	49,79	65,18	46,90	48,53	45,98	2,85	0,30	0,43
AG Totais	462,70	560,09	458,52	479,90	536,90	1,95	0,79	0,98
Ácido láctico	12,97	8,98	9,26	9,80	9,73	0,48	0,08	0,71
Amônia	124,97	121,11	141,62	117,34	96,52	6,18	0,16	0,71

EPM (erro padrão da média) n=30; AGCC totais (ácidos graxos de cadeia curta totais, somatório de acético, propiônico e butírico); AGCR totais (ácidos graxos de cadeia ramificada, somatório de isobutírico, isovalérico e valérico); AG totais (somatório de AGCC e AGCR);

Os aminoácidos e cadeias peptídicas não absorvidas no intestino delgado podem atuar como substratos para os microrganismos no cólon. Os principais produtos da fermentação proteica são os ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR), amônia, indóis, fenóis e aminas (Suchodoski, 2010). Os AGCR, isobutírico, valérico e isovalérico são os principais produtos da fermentação microbiana de proteínas e a

avaliação da sua concentração nas fezes pode ser um indicativo da qualidade proteica do alimento (Barry et al, 2010). De acordo com os resultados obtidos no presente estudo, é possível observar que a inclusão de FP até o nível de 30,0% não influenciou ($P>0,05$) a concentração dos ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR).

Os aminoácidos remanescentes da digestibilidade enzimática no intestino delgado podem ser desaminados pelos microrganismos, acarretando no aumento da concentração de amônia no lúmen intestinal (Macfarlane et al, 1992). A presença de amônia pode ocasionar uma redução da altura dos vilos (Hallman et al, 1995) e também no odor das fezes (Yamka et al., 2006) e em altas concentrações pode ser absorvida pelos colonócitos, sendo distribuída para outros tecidos corporais, causando intoxicação (Williams, 2001). Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) nas concentrações de amônia fecal até o nível de 30,0% de inclusão de FP em alimentos para gatos.

Algumas frações do amido, mesmo após o cozimento, são resistentes à ação da amilase pancreática (Roberti Filho, 2013). De acordo com Bourriaud et al. (2005), o amido resistente que chega à luz do intestino grosso é fermentado por bactérias sacarolíticas e o principal produto é o ácido lático. Este ácido lático não se acumula no cólon de indivíduos saudáveis, sendo utilizado pelas bactérias para a produção de AGCC, transformando-se em fonte de energia para os colonócitos. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nas concentrações de ácido lático até o nível de 30,0% de inclusão de FP em alimentos para gatos. Possivelmente devido ao elevado IGA das dietas (Tabela 6), o amido foi digerido e absorvido em grande extensão no intestino delgado.

O aumento da concentração de ácidos graxos e lactato no intestino pode acidificar o pH intestinal (Cummings et al., 1991). A acidificação do lúmen intestinal pode inibir o crescimento e proliferação de bactérias patogênicas como as do gênero *Escherichia*, *Clostridium*, *Staphylococcus* e *Salmonelas* que produzem metabólitos correlacionados com a incidência de carcinomas e inflamações na mucosa do intestino grosso de humanos (Hughes et al., 2000). Entretanto, não foi observada diferença ($P>0,05$) para o pH das fezes até o nível de 30,0% de inclusão de FP em alimentos para gatos. Esta observação pode ser explicada analisando a concentração de ácidos graxos totais, uma vez que foi semelhante entre os alimentos (Tabela 9). Kerr et al. (2013) avaliaram o impacto da inclusão de 25% de feijão no alimento sobre a microbiota e saúde intestinal de cães. Foi mensurada a população de famílias de bifidobactérias, *Clostridium*,

lactobacilos, *Streptococcus*, entre outras, nas fezes dos animais. Não foram observados efeitos negativos à saúde intestinal correlacionados com a ingestão de feijão, entretanto foi observado um aumento na população de algumas bactérias, cuja função no organismo ainda não está elucidada.

Balanço de Nitrogênio, ureia e pH urinário

A ureia é o principal produto final do catabolismo de aminoácidos no organismo e a avaliação da ureia urinária de 24h é um indicador da qualidade e quantidade de proteína ingerida na dieta. É sintetizada no fígado e rins e excretada na urina. Sua concentração plasmática torna-se elevada quando o animal consome dietas deficientes ou desbalanceadas, com concentrações proteicas abaixo ou acima de sua necessidade (Eggum, 1970). Assim, sob condições de consumo semelhante de proteínas, o aumento ou diminuição de sua produção retrata, em última instância, o equilíbrio de aminoácidos absorvidos e a síntese de proteína no período pós-prandial, remetendo ao valor biológico da proteína alimentar (Carciofi, et al. 2009; Tortola, et al., 2013). De acordo com os dados do presente estudo, a inclusão de até 30,0% de feijão partido não influenciou significativamente ($P>0,05$) a concentração de ureia urinária, apontando semelhança na qualidade proteica entre as dietas Controle e contendo FP (Tabela 10). Conforme pode ser verificado, ainda nesta tabela, a ingestão de PB apresentou alta influência na excreção urinária deste metabólito, sendo possivelmente a melhor forma de expressar estes resultados.

O balanço de nitrogênio (BN) pode ser utilizado como um indicador do metabolismo proteico basal, sendo utilizado para avaliar o valor biológico da fonte proteica empregada no alimento (Hendriks et al., 1997). A inclusão de até 30,0% de FP em alimentos para gatos não influenciou significativamente ($p>0,05$) o BN (Tabela 10). Este fato pode indicar um correto perfil de aminoácidos presentes no alimento em relação à exigência do animal (Tabela 2). Ribeiro et al. (2007) avaliaram 19 cultivares de feijão produzidos no Brasil e observaram que o perfil de aminoácidos é semelhante entre eles, apresentando quantidades satisfatórias de lisina e leucina, porém deficiente em aminoácidos sulfurados, como a metionina e cistina. Os alimentos avaliados no presente estudo apresentam, como fontes proteicas principais, o FP, glúten de milho e farinha de vísceras de aves. Fontes proteicas de origem animal normalmente apresentam maiores concentrações de aminoácidos sulfurados e são deficientes em lisina e o inverso

ocorre para a maioria das fontes proteicas de origem vegetal, à exceção do glúten de milho (60%) (Hendrix et al., 2002), portando o FP e a farinha de vísceras de aves e glúten são complementares no que diz respeito às concentrações de aminoácidos. Assim, diante de cada formulação, como aquelas que utilizam exclusivamente ingredientes de origem vegetal com baixa concentração de metionina, a suplementação de aminoácidos sulfurados para inclusão de FP em alimentos para gatos é sugerida.

Tabela 10 – Concentração de ureia urinária e balanço de nitrogênio para gatos mediante o consumo de níveis crescente de inclusão de feijão partido

Item	Níveis de inclusão de feijão partido					EPM	Regressão	
	0,0%	7,5%	15,0%	22,5%	30,0%		Linear	Quadrática
pH urinário	6,58	6,76	7,03	6,74	7,25	0,04	<0,001	0,37
mg/dL								
Ureia 24h	2996	3974	3694	3344	3570	248,85	0,67	0,44
Ureia/kgPM	1517	2104	2017	1803	1839	135,84	0,60	0,71
Ureia/gPBi	202,12	217,56	210,38	202,99	220,25	9,10	0,72	0,98
mg								
BN/kgPM	149,13	237,86	171,51	203,19	150,32	26,44	0,89	0,42
BN/gPBi	21,55	18,81	21,51	18,75	19,4	2,16	0,92	0,99

EPM (erro padrão da média) n=30; PM (peso metabólico = peso corporal^{0,40}); PBI (proteína bruta ingerida); BN (balanço de nitrogênio, equivalente a N ingerido – N excretado fezes - N excretado na urina)

A inclusão de feijão partido aumentou linearmente (P<0,001) o pH urinário, conforme a equação: $\hat{Y}=6,61+0,173X$; $R^2=0,33$ (Tabela 10). A composição dos alimentos industrializados atuais tende a impor uma carga catiônica que induz cães e gatos a produzirem urina neutra ou até mesmo alcalina (Carciofi, 2007), predispondo-os a urolitíases (Gevaert et al., 1991). Assim, é desejável a utilização de ingredientes que possam favorecer o equilíbrio da relação cátion-aniônica, diminuindo os riscos de desenvolvimento de doenças relacionadas a este tipo de alteração do metabolismo. O excesso de bases do alimento está correlacionado com os valores de pH urinário (Jeremias et al., 2009) e o FP apresentou o excesso de base próximo do neutro (Tabela 1), sugerindo que este tenha pouca influência no pH urinário. Entretanto, no presente estudo, a inclusão de FP aumentou linearmente o pH urinário. Esta resposta metabólica pode ter sido consequência da adição constante de KCl (Tabela 3) nos alimentos utilizados, ignorando a concentração de K presente no FP. Forster et al. (2012) não

observaram variação significativa do pH urinário para cães alimentados com 25% de inclusão de feijão, todavia, estes autores modularam a inclusão de KCl em relação à inclusão de feijão na dieta. Assim, é importante considerar o teor de K do FP nas formulações, juntamente com os demais macronutrientes.

O FP demonstrou ser uma importante fonte de proteína, energia e fibras para gatos e estes dados podem contribuir para ampliar a matriz de formulação pela indústria. O processo de extrusão é capaz de inativar os principais fatores antinutricionais, tornando o FP um ingrediente seguro, desde que devidamente processado. Sua influência negativa sobre a palatabilidade ainda deve ser melhor explorada. É possível que inclusões abaixo de 15% tenham menor impacto.

LITERATURA CITADA

- AAFCO. 2010. Official Publication. Association of American Feed Control Officials Inc., West Lafayette, IN.
- Almeida, F. A. C., A. F. Neto, R. F. Costa, P. G. Gouveia and E. C. Oliveira. 2004. Danos mecânicos em sementes de feijão *Vigna*, causados pelas operações na unidade de beneficiamento. *Rev. Bras. de Eng. Agrí. e Amb.* 8:254-259
- Anton A., R. Gary Fulcher, S. D. Arntfield Physical and nutritional impact of fortification of corn starch-based extruded snacks with common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flour: Effects of bean addition and extrusion cooking. 2009. *Food Chemistry.* 133:1636-1639
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. AOAC International. Gaithersburg, MD.
- Argenzio,R.A. Motilidade gastrintestinal. In: Dukes: Fisiologia dos animais domésticos. Ed.12 Guanabara Koogan S.A., 2006. p.362-373.
- Barry, K. A.; B. J, Wojcickiw,.; I. S, Middelbos, 2010Dietary cellulose, fructooligosaccharides and pectin modify fecal protein catabolites and microbial populations in adult cats. *J of Ani Scie.* 88:2978-2987.
- Bourriaud C., R. J Robins, L Martin, F. Kozlowaki, C. Cherbut, C. Michel. 2005. Lactate is mainly fermented to butyrate by human intestinal microfloras but inter-individual variation is evident. *J. of Appl. Microb..* 99:201-212.
- Broughton, W. J., G. Hernandez, M. Blair, S. Beebe, P. Gepts, and J. Vanderleyden. 2003. Beans (*Phaseolus* spp.) - model food legumes. *Plant Soil.* 252:55–128.
- Carciofi, A. C. 2008.IV Curso Teórico Prático sobre Nutrição de Cães e Gatos “Uma Visão Industrial” FCAV/Unesp Jaboticabal,. P. 79
- Carciofi, A.C. 2005. Emprego de fibras em alimentos para cães e gatos. In V Simpósio sobre Nutrição de animais de estimação, pp. 95-108. Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal.
- Carciofi, A.C., L.D. Oliveira, A.G. Valerio. 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. and Tech..* 151:251-260.
- Cummings, J. H. and MacFarlane, G. T. 1991. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon. *J. of Appl. Bacteriology.* 70:443–459

- Duggan, C., J. Gannon, and W. A. Walker. 2002. Protective nutrients and functional foods for the gastrointestinal tract. *Am. J. of Clinical Nutrition*, 75:789-808.
- Dzanic, D. 2003. Novel ingredients: Safety and utility. In: Kvamme, J. L., T. D. Phillips. *Pet food and technology*. Mt. Morris: Illinois, p. 57-61
- Eggum, B. O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. *Brisith Journal of Nutrition* 24:983–988,
- Erwin, W. S., G. J. Marco, and E. M. Mery. 1961. Volatile fatty acids analyses of blood an rumen fl uid by gas cromatography. *J.Dairy Sci. Hampign*. 44:1768–71.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2013. *The state of food and agriculture*. ed. 13, Rome, IT.
- FEDIAF. European Pet Food Industry Federation. 2012. *Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs*. Bélgica. 75p.
- Félix, A. P., S. G. Oliveira and A. Maiorka 2010. Fatores que interferem no consumo de alimentos em cães e gatos. 2010. In: Sérgio L. Vieira. (org). *Consumo e Preferência alimentar dos Animais Domésticos*. 1ed. Londrina: Phytobiotics, 1:162-199
- Forster, g. M., D. Hill, G. Gregory, K. M. Weishaar, S. Lana, J. E. Bauer and E. P. Ryan. 2012. Effects of cooked navy bean powder on apparent total tract nutrient digestibility and safety in healthy adulte dogs *J. Anin Sci*. 90:2631-2638
- Fortes, C. M. L. S., A. C. Carciofi, N. K, Sakomura, R. S. Vasconcelllos. 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. *Animal. Feed. Sci. and Technology*. 156:121–125
- Geil, P. B. and J. W. Anderson. 1994. Nutrition and health implications of dry beans - A review. *J. Am. Coll. Nutr*. 13:549–558.
- Gevaert, D.M.; A.T.V Klooster, R.O Wilde, and H.J Kappert. 1991. Effect of macromineral composition of diets on blood acid-base equilibrium and urinary acidity in dogs. *The Journal of Nutrition*, v.121, p.93S-94S, 1991.
- Griffin, R.W. 2003. Palatability testing: parameters and analysis that influence test conclusions. In: Kvamme, J.L., Phillips, T.D. (Eds.), *Petfood Technology*. Watt Publishing, Mt. Morris, p.187–193,

- Hallman, J. E.; R. A. Moxley, G. A. Reinhart and E. G. Wallace. 1995. Cellulose, beet pulp and pectin/gum arabic effects on canine colonic microstructure and histopathology. *Veterinary Clinical Nutrition* 2:137-142.
- Hendriks, W. H., C. A. Butts, D. V. Thomas. 2002. Nutritional quality and variation of meat and bone meal. *Asian Australasian Journal. Animal Science*, 15:1507-1516.
- Hendrix, W. H, P. J. Moughan, M. F. Tarttelin. 1997. Urinary excretion of endogenous nitrogen metabolites in adult domestic cats using a protein-free diet and the regression technique. *Journal of Nutrition*, 127:623-629,
- Hendrix.L. 1993. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Science*. 33:1306:1311.
- Hooda, S, L. G. Ferreira, M. A. Latour, 2002. In vitro digestibility of expanded pork skin and rawhide chews, and digestion and metabolic characteristics of expanded pork skin chews in healthy adult dogs. *Journal of Animal Science*, 90:4355–4361.
- Hughes R., E. M. A. Magee and S. Bingham. 2000. Protein degradation in the large intestine: relevance to colorectal cancer. *Current Issues in Intestinal Microbiology*. 1:51- 58
- Jeremias, J. T. 2009. Relação entre o excesso de bases do alimento e o pH urinário. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2009. 65f
- Junqueira, R. G. and V. C. Sgarbieri. 1981. Isolation and general properties of lectins from the bean (*Phaseolus vulgaris* L. var. Rosinha G2). *Journal of Food Biochemistry*, 5:165-179.
- Kakade, M. L., N. Simons and E. Liener. 1969. Anevaluation of natural vs. Synthetic substract for measuring the anti tryptic activity of soy bean samples. *Cereal Chemistry*, 46:518-526.
- Kawauchi, I. M.; N. K Sakomura, R. S. Vasconcellos and 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
- Kelkar S., M. Siddig, J. B. Harte, K. D. Dolan, G. Nyombaire and H. Suniaga. 2011. Use of low-temperature extrusion for reducing phytohemagglutinin activity (PHA) and oligosaccharides in beans (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. Navy and Pinto. 133:1636-1689

- Kerr K. R., G. Forster, S. E., Dowd, E. P. Ryan and K. S. Swanson. 2013. Effect of dietary cooked navy beans on the fecal microbiome of healthy companion dogs. *Plos One*. 8:1-8
- Lajoto, F. M., M. I. Genovese, E. W. Menezes, C. A. Rava, and J. F. Stone. 1996. Qualidade Nutricional. In: *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: POTAFÓS 23-56.
- Loureiro, B. A. 2012. Avaliação das Propriedades Nutricionais e Funcionais da Fibra insolúvel na Alimentação de Gatos Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal.. 2012. 87p.
- Ma, Y.; F. A. Bliss. F. A. 1978. Tannin content and inheritance in common bean. *Crop Science*, 18: 201-104,.
- MacFarlane G. T., G. R. Gibson, E. Beatty and J. H. Cummings. 1992. Estimation of shortchain fatty acid production from protein by human intestinal bacteria based on branchedchain fatty acid measurements. *FEMS Microbiology Ecology*. 101:81–88.
- Martens, H and T. Naes. 1989. *Multivariate Calibration*, Willey. New York. 504p.
- Martins, M.S.; A.C Carciofi, N.K. Sakomura and D. F, Souza. 2013. Brewer's yeast and sugarcane yeast as protein sources for dogs. *Animal Feed Science and Technology*. 167:340-352.
- Matterson L. D., L. M. Potter, N. W. Stutuz. 1965. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station. 3-11.
- Mentor-Marcel, R. A., G. Bobe, K. G. Barrett, M. R. Young, P. S. Albert, M. R. Bennink, E. Lanza, and N. H. Colburn. 2009. Inflammation-associated serum and colon markers as indicators of dietary attenuation of colon carcinogenesis in ob/ob mice. *Cancer Prev. Res. (Philadelphia)* 2:60–69.
- Miller, G.L. 1959. Use dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. *Analytical Chemistry*, Washington, 31:426-428.
- NRC. 2006. *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- Oliveira, L. D., M. A. Carvalho, A. C. Carciofi I. M. Kawauchi and M. A. Picinato. 2012. Digestibility for dogs and cats of meat and bone meal processed at two different temperature and pressure levels. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96:1136-1146.

- Pérez-Navarrete C., R. Gonzalés, L. C. Guerrero and D. B. Ancona. 2006. Effect of extrusion on nutritional quality of maize and Lima bean flour blends. *Journal Science of Food and Agriculture*. 86:2477-2484
- Prosky, L., N. G. Asp, T. F. Schweizer, J. W. De Vries, and I. Furda. 1992. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. *Journal AOAC International*. 75:360–367.
- Pryce, J. D. A. 1969. Modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *Analist* 94:1151–1152.
- Purushotham B., P. M. Radhakrishna and B. S. Sherigara. 2007. Effects of Steam Conditioning and Extrusion Temperature on Some Anti-nutritional Factors of Soyabean (*Glycine max*) for Pet Food Applications. *Am. J. of Anim. and Vet. Sci.* 1:1-5
- Ribeiro, N. D., P. M. G. Londero, A. Cargnelluti. 2007. Composição de aminoácidos de cultivares de feijão e aplicações para o melhoramento genético. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 42:1393-1399. 2007.
- Roberti Filho, F. O. 2013. Influência da granulometria da matéria prima e da configuração da extrusora no conteúdo de amido resistente, digestibilidade, formação de produtos de fermentação e parâmetros metabólicos de cães. 2013. 72f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal,
- Suchodolski, J. S. 2010. Companion Animals Symposium. Microbes and gastrointestinal health of dogs and cats. *Journal of Animal Science*, 89:1520-1530.
- Sunvold G.D. and Fahey G. C. 1994. The role of dietary fiber in the nutrition of dogs and cats. In *Petfood Forum*, p.154-166, 1994.
- TACO. 2011 Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4ed. –Campinas: UNICAMP. 2011, 161p.
- Thompson, M. D., M. A. Brick, J. N. McGinley, and H. J. Thompson. 2009. Chemical composition and mammary cancer inhibitory activity of dry bean. *Crop Science*. 49:179–186.
- Tortola, L., N. G. Souza, L. Zaine, R. S. Vasconcellos and A. C. Carciofi. 2013. Enzyme effects on extruded diets for dogs with soybean meal as a substitute for poultry by-product meal. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 97:39–50.

- Vieira, P. F. 1980. Efeito do formaldeído na proteção de proteína e lipídeos em rações para ruminantes. Viçosa-MG: UFV, 1980. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa.
- Williams, B. A., M. W. A. Verstegen, S. Taminaga. 2001. Fermentation in the large intestine of single-stomached animals and its relationship to animal health. *Nutrition Research Reviews*, 14:207–227,.
- Yamka, R.M., D. L. Harmon, W. D. Schenherr, C. Khoo, K. L. Gross, S. J. Davidson and D. K. Joshi. 2006. In vivo measurement of flatulence and nutrient digestibility in dogs fed poultry by-product meal, conventional soybean meal, and low-oligosaccharide low-phytate soybean meal. *American Journal of Veterinary Research*. 67:88–94.