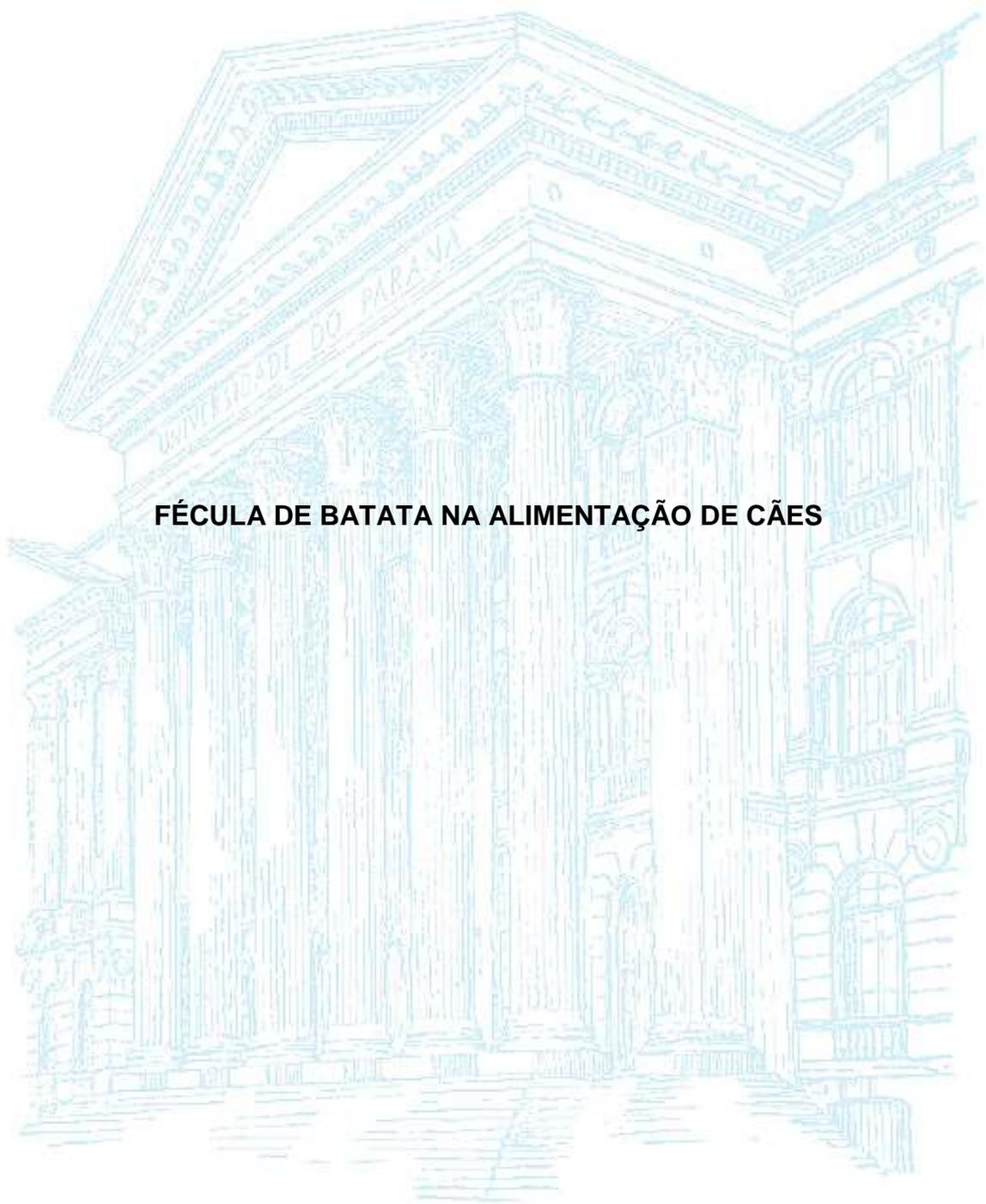


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
LIDIANE PRISCILA DOMINGUES



FÉCULA DE BATATA NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES

CURITIBA
2016

LIDIANE PRISCILA DOMINGUES

FÉCULA DE BATATA NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, ofertado no Setor de Ciências Agrárias na Universidade Federal do Paraná, como um dos requisitos à obtenção de Título de Mestre.

Orientador: Prof. Dra. Ananda P. Félix

CURITIBA

2016

D671 Domingues, Lidiane Priscila
Fécula de batata na alimentação de cães. Lidiane Priscila
Domingues. / Curitiba: 2016.
57 f. il.

Orientadora: Ananda Portella Félix
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná.
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia.

1. Cão – Alimentação e rações. 2. Amido. 3. Nutrição Animal.
I. Félix, Ananda Portella. II. Universidade Federal do Paraná.
Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. III. Título.

CDU 636.7:664.22

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA



PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada "FÉCULA DE BATATA NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES" apresentada pela Mestranda **LIDIANE PRISCILA DOMINGUES** declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou o candidato APTD para receber o Título de Mestre em Zootecnia, na Área de Concentração em Nutrição e Produção Animal.

Curitiba, 24 de março de 2016.

Professora Dra Ananda Portella Félix
Presidente/Orientador

Professor Dr. Alex Maiorka
Membro

Dra/Everton Luís Krabbe
Membro



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo número 019/2015, referente ao projeto "Uso de farinha de batata na alimentação de cães", sob a responsabilidade de Ananda Portella Félix, na forma em que foi apresentado (utilização de 15 animais e como grau B de invasividade), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná - Brasil, em reunião realizada dia 22 de Abril de 2015.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 019/2015, regarding the project "Use of potato flour in diets for dogs", under Ananda Portella Félix supervision, in the terms it was presented (use of 15 animals and was classified as grade B of invasiveness), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Brazil) during session on April 22, 2015.

Curitiba, 22 de Abril de 2015.

Ananda Portella Félix
Presidente CEUA-SCA

Simone Tostes de Oliveira Stedile
Vice-Presidente CEUA-SCA

Dedico:

A minha família: Pedro, Valdet e Gisele e a todos os animais que tive o prazer de conviver ao longo da vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por guiar meus passos em todos os momentos.

A meus pais, Pedro e Valdet, por todo apoio, incentivo, conselhos e por me conferirem a oportunidade de chegar até aqui.

A minha irmã Gisele, pela parceria, convivência, carinho e incentivo.

A minha querida e fiel amiga Fabiana, que por mais que nossas vidas tenham tomado rumos diferentes se mostrou sempre presente, nas conquistas, nas sofrências e até nos momentos de insanidade (hahaha). Muito obrigado por sempre estar comigo tornando essa caminhada mais leve.

A minha orientadora Ananda Félix, meu exemplo de mestre, por toda sua dedicação, carinho e compreensão e principalmente por confiar em mim mesmo em momentos de crise...muito além de orientadora, vou te carregar sempre no coração como uma grande amiga! (A Zelda também rsrs)

A família Maiorka, Profs Simone e Alex, por todo apoio, confiança e oportunidade conferidas a mim desde a graduação. Serei eternamente grata.

A equipe LENUCAN: Cleusa, Dani, Taby, Fabi, Lari, Mari, Tati, Vanessa, Alina, Tais, Gis, Marley, Pam, Bárbara, Fer Malinosky, Ju, Keyla e Guilherme por toda ajuda e parceria nos trabalhos. Jamais faria tudo sem a ajuda de cada um de vocês!

A equipe do LNA : Hair, Marcelo, Aldo, e especialmente Cleusinha! Por todo auxílio nas análises laboratoriais.

A VB rações, especialmente ao Marcelo e João, por todo cuidado, dedicação e apoio na fabricação das rações.

Aos amigos que tive o prazer de conviver: Fabinha e Lari pelas gordices, conselhos e parceria. Gabri pelo Sumário (hahaha) e por toda ajuda desde a graduação. Obrigada por tornarem meus dias mais leves!

Aos cães do Lenucan, segunda e terceira geração que tornaram meus dias de trabalho mais alegres!

Aos meus cães: Natasha, Clara e Nandinha, as maiores paixões da minha vida!

***“Ninguém é digno do pódio se não usar suas derrotas para alcançá-lo.
Ninguém é digno da sabedoria se não usar suas lágrimas para cultivá-la.
Ninguém terá prazer no estrelato se desprezar a beleza das coisas simples no
anonimato. Pois nelas se escondem os segredos da felicidade”***

Augusto Cury

EFEITO DA FÉCULA DE BATATA SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DO EXTRUSADO, DIGESTIBILIDADE E PALATABILIDADE EM DIETAS PARA CÃES ADULTOS E FILHOTES

RESUMO

A proximidade entre os cães e seus tutores induz a busca de dietas cada vez mais elaboradas, contribuindo para o surgimento de novos nichos no setor. É o caso das chamadas dietas *grain free*, caracterizadas por elevados teores de proteína e lipídios e substituição dos grãos por fontes mais complexas de amido, como é o caso da batata. Objetivou-se avaliar as características do extrusado, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), características fecais e palatabilidade de dietas com crescentes níveis de fécula de batata (FBT) para cães adultos e filhotes. Quatro dietas contendo 0, 10, 20 e 30% de FBT, em substituição ao milho, foram avaliadas em três experimentos. O primeiro consistiu na avaliação das características físicas das dietas durante e após seu processamento. Para digestibilidade e características fecais (Experimento 2) foram comparadas as quatro dietas, com 8 cães adultos (7 anos) e 16 filhotes (6 meses). No teste de preferência alimentar (Experimento 3) foram comparadas as dietas: 0 vs 10% de FBT e 0 vs 30% de FBT, utilizando 16 cães filhotes. Dietas com maior nível de FBT apresentaram maior tamanho de extrusado, índice de expansão, maior dureza, e maior número de poros enquanto a densidade foi reduzida ($P < 0,001$). A inclusão de FBT aumentou o gasto com energia mecânica na extrusão. A inclusão de FBT aumentou ($P < 0,05$) os CDA da matéria seca (MS), energia bruta (EB) e energia metabolizável (EM) da dieta, tanto nos cães adultos como em filhotes e da proteína bruta (PB) e amido total (AT) apenas em filhotes. A matéria seca fecal (MSf) elevou-se com a inclusão de FBT nas dietas, tanto para cães adultos como filhotes ($P < 0,05$). A inclusão de FBT nas dietas reduziu os níveis de nitrogênio amoniacal das fezes dos cães filhotes ($P < 0,05$). Os cães preferiram as dietas com maior inclusão de FBT ($P < 0,05$), quando as umidades das dietas foram igualadas. A adição de FBT na dieta resulta em extrusados com alto índice de expansão, baixa densidade e maior tamanho. A FBT é uma boa fonte de amido para cães adultos e principalmente para filhotes, melhorando os coeficientes de digestibilidade da maioria dos componentes da dieta e aumentando a MSf, além de ser palatável.

Palavras-chave: amido, extrusão, tubérculo.

EFFECT OF POTATO STARCH ON THE CHARACTERISTICS EXTRUDED, DIGESTIBILITY AND PALATABILITY IN DIETS FOR ADULT DOGS AND PUPPIES

ABSTRACT

The proximity between the dogs and their guardians induces the search for ever more elaborate diets, contributing to the emergence of new niches in the sector. This is the case of so-called grain free diets characterized by high levels of protein and lipids and replacement of the grain for more complex sources of starch, such as potato case. This study aimed to evaluate the characteristics of extruded, the apparent digestibility coefficients (ADC), fecal characteristics and palatability of diets with increasing levels of potato starch (FBT) for adult dogs and puppies. Four diets containing 0, 10, 20 and 30% of FBT, replacing corn were evaluated in three experiments. The first consisted in evaluating the physical characteristics of diets during and after processing. For digestibility and fecal characteristics (Experiment 2) four diets were compared with 8 adult dogs (7 years) and 16 young (6 months). In food preference test (Experiment 3) diets were compared: 0 vs 10% FBT and 0 vs 30% FBT using 16 puppies. Diets with higher FBT showed greater size extruded expansion ratio, greater hardness, and greater number of pores while the density was decreased ($P < 0.001$). The inclusion of FBT increased spending on mechanical energy in the extrusion. The inclusion of FBT increased ($P < 0.05$) the ADC of dry matter (DM), gross energy (GE) and metabolizable energy (ME) of the diet, both adult dogs and puppies and crude protein (CP) and Total starch (aT) only in puppies. Fecal DM (LDM) is increased by the inclusion in diets FBT, both adult dogs and puppies ($P < 0.05$). The inclusion of FBT in the diets reduced ammonia levels in feces of puppies ($P < 0.05$). The dogs prefer diets containing higher inclusion FBT ($P < 0.05$) when the moisture content of the diets were equalized. The addition of FBT in the diet results in extrudates with high rates of expansion, low density and large size. The FBT is a good source of starch for adult dogs and puppies mainly for improving the digestibility of most components of the diet and increasing MSf, and is palatable.

Keywords: extrusion, starch, tubercle

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS	xvi
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	11
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Alimentos <i>grain free</i> na nutrição de animais de companhia	13
2.2 Fontes de carboidratos para cães	14
2.3 Fécula de batata.....	16
2.4 Processamento de alimentos extrusados.....	18
2.4.1 Efeitos da extrusão sobre a dieta	20
2.4.2 Estrutura do amido e processo de extrusão	21
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	23
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO II – EFEITO DA FÉCULA DE BATATA SOBRE A EXTRUSÃO DE DIETAS PARA CÃES	28
RESUMO	28
ABSTRACT	29
1. INTRODUÇÃO	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	30
2.1 Dietas experimentais	30
2.2 Variáveis do processo	32
2.3 Análises laboratoriais	32
2.3.1 Densidade	32
2.3.2 Tamanho dos extrusados e índice de expansão	32
2.3.3 Dureza.....	32
2.3.4 Microscopia	33
2.3.5 Análise estatística.....	33
3. RESULTADOS	33

4. DISCUSSÃO.....	36
5. CONCLUSÃO.....	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
CAPÍTULO III - Efeitos da inclusão de fécula de batata sobre a digestibilidade e palatabilidade em dietas para cães.....	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	40
1. INTRODUÇÃO.....	41
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICAS FECAIS ⁴²	
2.1.1. Dietas experimentais.....	42
2.1.2. Animais e instalações.....	43
2.1.3. Protocolo experimental e análises laboratoriais.....	43
2.1.4. Delineamento e análise estatística.....	45
2.2. EXPERIMENTO II: ENSAIO DE PALATABILIDADE.....	45
2.2.1. Dietas experimentais.....	45
2.2.2. Animais e instalações.....	45
2.2.3. Procedimentos experimentais.....	45
2.2.4. Delineamento e análises estatísticas.....	46
3. RESULTADOS.....	46
3.1. EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICA FECAL 46	
3.2. EXPERIMENTO II: ENSAIO DE PALATABILIDADE.....	48
4. DISCUSSÃO.....	49
5. CONCLUSÃO.....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II – EFEITO DA FÉCULA DE BATATA SOBRE A EXTRUSÃO DE DIETAS PARA CÃES

Tabela 1 - Ingredientes e Composição química analisada (% da matéria natural) de alimentos completos para cães contendo diferentes níveis de inclusão de fécula de batata (FBT).....	31
Tabela 2 - Variáveis de extrusão em dietas com crescentes níveis de fécula de batata para cães	33
Tabela 3 - Características dos extrusados de dietas com crescentes níveis de fécula de batata para cães	34
Tabela 4 - Área total, área média dos poros e número de poros dos extrusados das dietas com crescentes níveis de fécula de batata	35

CAPÍTULO III - EFEITOS DA INCLUSÃO DE FÉCULA DE BATATA SOBRE A DIGESTIBILIDADE E PALATABILIDADE EM DIETAS PARA CÃES

Tabela 1- Ingredientes e Composição química analisada (% da matéria natural) de alimentos completos para cães contendo diferentes níveis de inclusão de fécula de batata (FBT).	42
Tabela 2- Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) e energia metabolizável (EM, kcal/kg) de dietas com crescentes níveis de fécula de batata, em cães adultos e filhotes.....	47
Tabela 3- Medianas do nitrogênio amoniacal, pH e escore fecal de cães com diferentes idades alimentados com dietas contendo níveis crescentes de fécula de batata	48
Tabela 4- Número da primeira escolha ao comedouro e razão de ingestão (RI, média \pm erro padrão) da dieta A em relação à dieta B em cães filhotes	48

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

- Figura 1. Fluxograma do processo de produção da fécula de batata..... 17
Figura 2. Processo de produção de alimentos extrusados – Adaptado de Ferraz (2012). 19

CAPÍTULO II – EFEITO DA FÉCULA DE BATATA SOBRE A EXTRUSÃO DE DIETAS PARA CÃES

- Figura 1. Microscopia de varredura (aumento de 40 x) dos extrusado em secção longitudinal das dietas contendo crescentes níveis de fécula de batata (FBT). 35

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AR	- Amido Resistente
AT	- Amido Total
CDA	- Coeficiente de Digestibilidade Aparente
FBT	- Fécula de Batata
EB	- Energia Bruta
EM	- Energia Metabolizável
EME	- Energia Mecânica Específica
IAA	- Índice de Absorção de Água
IE	- Índice de Expansão
MEV	- Microscopia Eletrônica de Varredura
MO	- Matéria Orgânica
MS	- Matéria Seca
MSf	- Matéria Seca Fecal
NEM	- Necessidade de Energia Metabolizável
PB	- Proteína Bruta
V	- Volume Filtrado

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A proximidade da relação entre cães e seus tutores induz a busca de dietas cada vez mais elaboradas, que além de suprir as necessidades nutricionais básicas, promovam saúde, bem estar e longevidade aos animais. Isso se reflete na indústria de alimentação pet, que na busca por exclusividade tem promovido o seguimento de novos nichos no mercado como: dietas naturais, orgânicas e as dietas livres de grão (*grain free*).

Phillips-Donaldson (2011) considera os alimentos *grain free* como a mãe de todas as tendências atuais do *pet food*. Essa nova modalidade não exclui totalmente os carboidratos da dieta, como o próprio nome sugere, mas sim representa significativa redução dos mesmos, com elevados teores de proteína e lipídio. Em substituição aos grãos, os alimentos *grain free* tem como fonte de carboidratos, amidos mais complexos, como é o caso da batata.

A batata é um alimento principalmente energético, fornecendo in natura cerca de 64 kcal/100 g de parte comestível; 1,8 g de proteína; 14,7 g de carboidratos e 1,2 g de fibra alimentar (TACO, 2011). Seu amido corresponde a 80% de amilopectina e 20% de amilose, característica que favorece a maior expansão do produto no momento da extrusão. De acordo com Saad et al. (2005), a amilopectina tem maior capacidade de gelatinização, responsável por maior digestibilidade do amido. Já a amilose, apresenta maior poder de retrogradação, proporcionando menor digestibilidade do amido.

A farinha de batata pode ser considerada uma fonte de carboidrato de fácil digestão (Thompson, 2008), proporcionando elevados valores de digestibilidade em cães: 83,6% para matéria seca e 99,80% para amido (Murray et al., 1999).

No entanto, ainda há necessidade de mais estudos, principalmente em relação às características da dieta e ao valor nutricional da farinha de batata também para cães filhotes. O objetivo desse estudo é elucidar os efeitos da fécula de batata (FBT) sobre as características do extrusado, digestibilidade, características fecais e palatabilidade em dietas para cães adultos e filhotes.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Alimentos *grain free* na nutrição de animais de companhia

A procura por exclusividade no setor *pet food*, combinada com uma tendência permanente de humanização na indústria pet, provoca aumento da procura por alimentos diferenciados para animais de estimação (Saad e França, 2010). Além disto, mundialmente, o número de marcas de dietas comerciais prontas para o consumo é crescente, com formulações cada vez mais sofisticadas e específicas (Steiff & Bauer, 2001). Segundo Carciofi (2008), estabeleceu-se com isso elevada competitividade na indústria, o que tem levado à segmentação de produtos que apresentam padrões comerciais e nutricionais distintos.

Desta forma, novos nichos estão se destacando no mercado de alimentos para animais de companhia: alimento fresco resfriado, alimento cru, alimentos orgânicos; livre de grãos (*grain free*); ingredientes com padrão de qualidade humano; natural; ingredientes exóticos; “*super premium*”; “*ultra premium*”; refeições caseiras enriquecidas com suplementos; dietas a base de carne (*carne-centric*) e a base de proteínas (*protein focused*). Além disso, há dietas de nicho, como: saúde da pele e pêlo, saúde intestinal, saúde bucal, saúde do trato urinário, animais senis, animais atletas, treinamento de filhotes, entre outras (Phillips, 2007).

Phillips-Donaldson (2011) classifica os alimentos *grain free* como uma das principais tendências do *pet food*. Esta tendência é caracterizada pelo fato de incluir o “natural”, sem trigo, sem glúten, hipoalergênico e carne de primeira qualidade como promotora de saúde.

Os alimentos *grain free*, naturais e orgânicos se baseiam nas seguintes premissas: atendimento nutricional às necessidades dos animais; saúde e longevidade, aproximação da dieta do animal de uma semelhante daquela consumida na natureza; bem estar e enriquecimento alimentar. São consideradas dietas balanceadas, porém variadas, permitindo ao animal o acesso a sabores e texturas distintas; segurança alimentar, controle rígido dos ingredientes utilizados nas dietas, com qualidade equivalente ao padrão de alimentos humanos.

Esses alimentos não são livres de carboidratos, como o nome sugere, mas apresentam significativa redução dos mesmos, com níveis elevados de proteína e

lipídeo. Pela diminuição de carboidratos da dieta, os níveis médios de garantia de alimentos com denominação *grain free* são diferenciados dos alimentos secos extrusados atuais. Apresentam proteína bruta mais elevada, com teores entre 35 a 50%, bem como os lipídeos, que se situam entre 16 a 26%. Este perfil se deve aos níveis de inclusão de produtos de origem animal; cerca de 70%, enquanto que os 30% restantes são preenchidos por frutas, legumes, verduras e ingredientes bioativos e funcionais.

Outro diferencial nessa nova tendência é a utilização de frutas, legumes e raízes desidratados, que via de regra não são constantes nas formulações dos alimentos comerciais convencionais. Dentre estes cabe citar a batata floculada, amido de batata, batata doce floculada, tomate, raiz de chicória desidratada, algas marinhas, cenoura floculada, ervilha, maçã, espinafre, semente de linhaça, farinha de linhaça, malte, broto de cevada, aveia, alfafa, banana, framboesa, lentilha, levedura de cerveja, fibra purificada de aveia e cevada, alho floculado, abóbora desidratada, abacaxi, romã, repolho, brócolis floculado, vagem e fava, orégano, entre outros.

Embora o uso desses ingredientes diferenciados tenha sido amplamente difundido em nichos específicos da nutrição de animais de companhia, há carência de estudos a respeito da digestibilidade, palatabilidade e de outros parâmetros desses ingredientes que podem comprometer a saúde e longevidade de cães.

2.2 Fontes de carboidratos para cães

Os carboidratos representam cerca de 40 a 55% da matéria seca em dietas comerciais extrusadas convencionais para cães (Kronfeld, 1975), fornecendo de 30 a 60% de sua energia metabolizável (EM). Segundo Sá Fortes (2005), os carboidratos possuem três funções básicas em dietas para cães: atender às necessidades energéticas, o aporte mínimo de fibra para o funcionamento normal do trato digestório e é essencial para o processo de extrusão, utilizada na preparação da maioria dos alimentos industrializados. Em geral as características nutritivas dos carboidratos estão relacionadas com a composição dos seus açúcares, das suas ligações químicas, conformações espaciais, de fatores físico-químicos de digestão e do processamento que são submetidos.

Os carboidratos são os principais componentes dos tecidos vegetais, representando até 85% de alguns grãos (Pond et al., 1995). O amido representa 70 a

80% do peso dos grãos e é composto por dois polímeros de glicose: amilose e amilopectina, que se apresentam em proporções variadas nos cereais. Fatores tanto genéticos como ambientais influenciam no teor de amilose e amilopectina (Theurer, 1986), que repercutem na digestibilidade do grão.

De um modo geral, os principais fatores que podem interferir no aproveitamento deste polissacarídeo incluem: a sua origem botânica, a relação amilose/amilopectina, o grau de cristalinidade, a forma física e o tipo de processamento do amido, assim como interações ocorridas entre esta substância e outros constituintes do alimento (Granfeldt et al., 1993; Skrabanja e Kreft, 1998).

Segundo Englyst et al. (1992), de acordo com a velocidade com a qual o alimento é digerido *in vitro*, o amido divide-se em: rapidamente digerível, quando, ao ser submetido à incubação com amilase pancreática e amiloglicosidase em uma temperatura de 37°C, converte-se em glicose em 20 minutos; lentamente digerível, se, nas condições anteriores, é convertido em glicose em 120 minutos; e amido resistente (AR), que resiste à ação das enzimas digestivas.

Por sua vez, o AR é constituído por três tipos de amido. O AR tipo 1 representa o grânulo de amido fisicamente inacessível na matriz do alimento, fundamentalmente por causa das paredes celulares e proteínas. Pertencendo a este grupo grãos inteiros ou parcialmente moídos de cereais, leguminosas e outros materiais contendo amido nos quais o tamanho ou a sua composição impede ou retarda a ação das enzimas digestivas. O tipo 2 refere-se aos grânulos de amido nativo, encontrados no interior da célula vegetal, apresentando lenta digestibilidade, devido às características intrínsecas da estrutura cristalina dos seus grânulos. O tipo 3 consiste em polímeros de amido retrogradado (principalmente de amilose), produzidos quando o amido é resfriado após a gelatinização (Englyst et al. 1992; Colonna et al. 1992).

Um quarto tipo de AR tem sido evidenciado quando o amido sofre modificações em sua estrutura química. Com o advento de sistemas de processamento mais sofisticados, tem sido possível obter produtos derivados do amido que podem atender necessidades específicas da indústria de alimentos. Esses produtos incluem os amidos substituídos quimicamente com grupamentos ésteres, fosfatos e éteres, bem como amidos com ligações cruzadas, sendo estes também resistentes à digestão no intestino delgado (Björk et al., 1989; Colonna et al., 1992).

Existem ainda fatores extrínsecos que influenciam a digestibilidade do amido no intestino delgado, como tempo de trânsito intestinal, concentração de amilase

disponível para a quebra do amido e a presença de outros componentes da dieta que retardem a hidrólise enzimática, como as fibras (Englyst & Cummings, 1990; Englyst et al., 2003).

Case et al. (1995) afirmam que a digestibilidade do amido dietético para cães é afetada principalmente pelo tratamento térmico e pelo tamanho dos grânulos de amido. O amido finamente moído é mais digerível do que em grânulos grosseiros e o aumento da temperatura proporciona maior solubilização das moléculas de amilose e amilopectina, melhorando a digestibilidade.

Estudos realizados com farinhas e amido purificado tem demonstrado que os cães apresentam grande capacidade de digeri-los (Hand et al., 1994). Murray et al. (1999) verificaram que a digestão do amido no intestino delgado das farinhas de cevada, milho, batata, arroz, sorgo e trigo é superior a 99%. Entretanto, a digestão da proteína (PB), matéria orgânica (MO), matéria seca (MS) e a qualidade das fezes variaram entre as dietas, destacando a importância da fonte de amido sobre a digestão geral da ração.

Estudando a digestibilidade dos ingredientes da dieta pelo método de substituição, Sá Fortes (2006) observou que os cães aproveitaram melhor os nutrientes do milho, sorgo, quirera de arroz e milheto. Resultados semelhantes foram verificados por Carciofi et al. (2008) estudando seis fontes de amido para cães (mandioca, milho, sorgo, arroz, lentilha e ervilha). Os autores observaram que dietas com quirera de arroz e farinha de mandioca apresentaram os maiores coeficientes de digestibilidade da MS, MO e energia bruta (EB), seguidas pelas dietas com milho, sorgo, ervilha e lentilha, que apresentaram os menores coeficientes de digestibilidade. A menor concentração de fibra dietética total destes ingredientes pode estar relacionada com seu melhor aproveitamento pelos cães.

2.3 Fécula de batata

A cultura da batata representa importante gerador de divisas para o agronegócio brasileiro, com os estados de Minas Gerais (32,1%), São Paulo (26,6%), Paraná (17,5%) e Rio Grande do Sul (9,1%) responsáveis por 85% da produção nacional (IBGE, 2005). A batata é um alimento principalmente energético, fornecendo in natura cerca de 64 kcal/100 g de parte comestível; 1,8 g de proteína; 14,7 g de carboidratos e 1,2 g de fibra alimentar (TACO, 2011).

Segundo Leonel et al. (1998), muitas são as formas de processamento de batata ainda pouco exploradas no Brasil, dentre elas a produção de fécula, flocos, farinhas e a grande quantidade de produtos extrusados, como: amidos pré-gelatinizados, farinhas instantâneas, snacks, sopas, macarrões, biscoitos, entre outros.

A fécula de batata (FBT) pode ser classificada como produto amiláceo extraído das partes subterrâneas comestíveis da batata (tubérculos, raízes e rizomas). O método de obtenção da FBT descrito por Vieira et al. (1996) (Figura 1) consiste em lavar as batatas, imergi-las por 15 minutos em água clorada, fragmentar em pedaços de aproximadamente 7 cm de comprimento e 3 cm de largura e imediatamente imergir em água em ebulição por cerca de 30 minutos. Após o cozimento, as batatas devem ser transferidas para uma despoldadeira, onde ocorre a remoção parcial da casca. O 'purê' obtido deve ser espalhado sobre peneiras de aço inox e levado a uma câmara de secagem a 60°C, com circulação de ar, até que alcance umidade em torno de 6%.

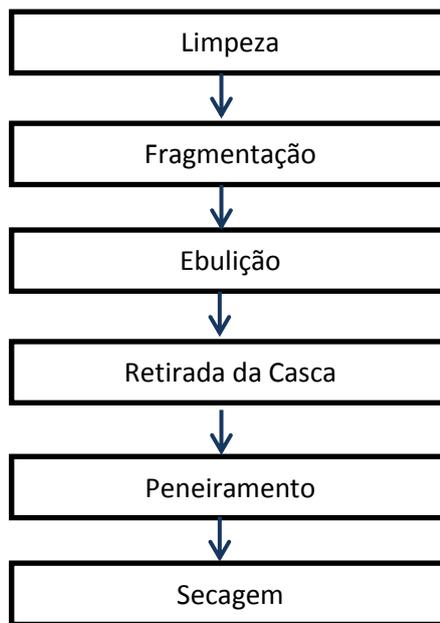


Figura 1. Fluxograma do processo de produção da fécula de batata

O amido da FBT possui maior viscosidade do que outras fontes amiláceas, formando pastas claras e com pouca tendência de retrogradar, devido ao elevado peso molecular das frações de amilose e das substituições por grupos fosfatos (Alexander, 1995). O maior poder de hidratação associado ao maior tamanho do grânulo confere ao amido de batata característica de gomosidade.

O tipo de amido, fonte ou origem também tem efeito enorme sobre a forma como o mesmo se comporta durante a extrusão. Amidos de tubérculos, como é o caso da

FBT, tendem a gelatinizar com bastante facilidade durante a extrusão, enquanto amido de grãos de cereais exige temperaturas mais altas e condições de processamento mais severas. Em amidos de tubérculos, como batata e mandioca, uma redução da estrutura ordenada é observada sob baixas temperaturas de extrusão (70°C). Esses amidos são praticamente livres de lipídios e o comportamento é semelhante ao amido do milho ceroso. Em geral, a maioria dos amidos de cereais se comporta de forma bastante diferente. Sob umidades mais baixas, aparentemente não gelatinizam os amidos no sentido típico da palavra, mas quando submetidos ao calor e ao cisalhamento durante a extrusão, passam por uma fase de derretimento (MATHIAS, 2010).

Quanto à digestibilidade, há carência de estudos envolvendo a FBT em cães. Murray et al. (1999), estudando diferentes farinhas para cães, encontrou valores de digestibilidade total elevados para a farinha de batata, sendo: 83,6% para MS e 99,80% para amido. Ainda segundo Thompson (2008), a farinha de batata pode ser considerada uma fonte de carboidrato de fácil digestão para cães. Em relação a palatabilidade da FBT, não foram encontrados estudos em cães.

2.4 Processamento de alimentos extrusados

A extrusão tem sido aplicada por quase um século em diversos setores. No setor pet começou na década de 1960 com a produção de alimentos completos para cães. O processo consiste em submeter o alimento a variações de pressão abruptas, elevando a pressão interna do alimento e diminuindo a externa, o que causaria uma expansão da matéria. A tecnologia de expansão de alimentos está baseada em expor a massa alimentícia a ser processada a alta temperatura por um curto espaço de tempo (BORGES, 1998). As etapas do processamento de dietas para cães e gatos estão descrita na figura 2.

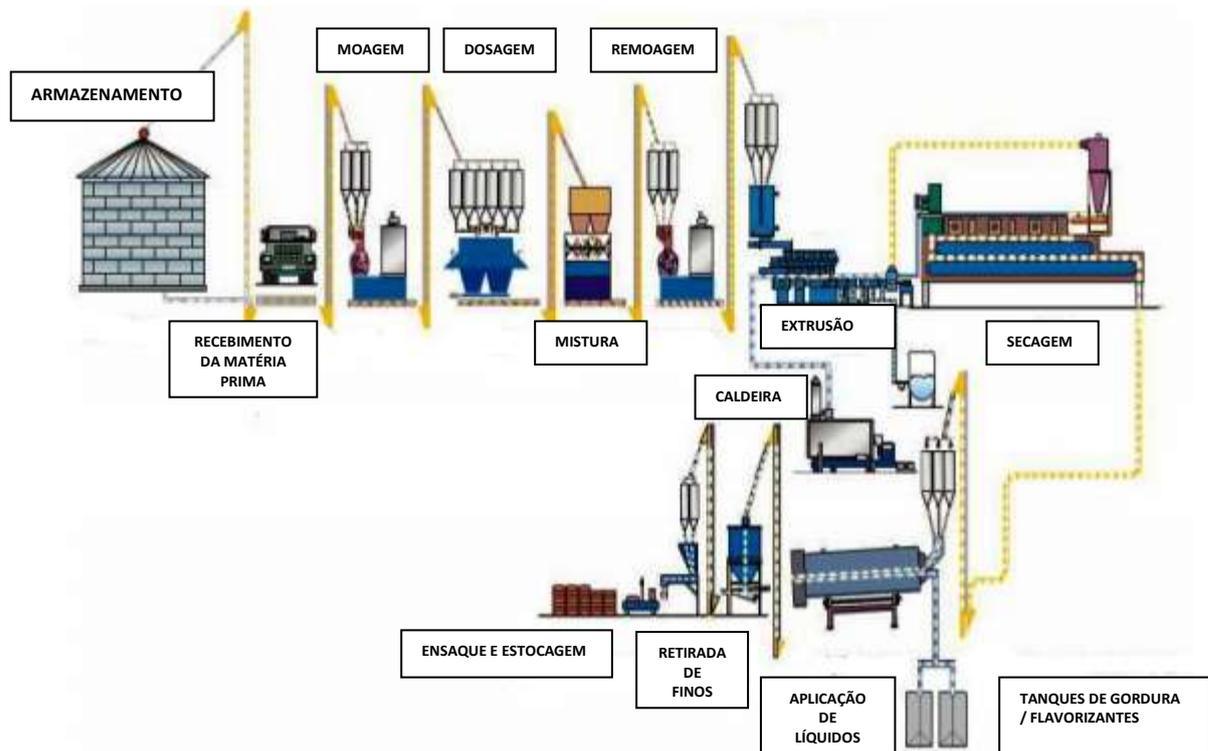


Figura 2. Processo de produção de alimentos extrusados – Adaptado de Ferraz (2012).

De acordo com El-Dash (1981), a extrusão de alimentos é definida como o processo contínuo, no qual o cisalhamento mecânico é combinado com calor para gelatinizar amido e desnaturar materiais proteicos, como conseqüência eles são plastificados e reestruturados para obtenção de produtos com novas texturas e formas. As funções da extrusora de alimentos incluem, além da gelatinização/cozimento, quebra molecular, mistura, esterilização, dar forma e inflamento/secagem (Rossen & Miller, 1973).

O uso do processo de extrusão apresenta inúmeras vantagens: versatilidade, alta produtividade, produtos com formas variadas, alta qualidade por diminuir a perda de nutrientes, produção de novos produtos e principalmente não produzem efluentes (Harper, 1978). Embora apresente inúmeras vantagens, o controle da extrusão é complicado devido a complexidade da composição dos alimentos e outras variáveis envolvidas (Viella & El-Dash, 1987). As variáveis independentes compreendem os ingredientes alimentares, umidade da matéria-prima, geometria da rosca, configuração da matriz, velocidade do parafuso, temperaturas das jaquetas, pré-condicionamento (aquecer com vapor ou umedecer) e taxa de alimentação. Já as variáveis dependentes

incluem viscosidade, taxa de cisalhamento, taxa de fluxo, pressão, energia, tempo de residência, temperatura e características do produto (Harper e Jansen, 1981).

Entre as características do produto podemos citar o conteúdo de umidade final (que afeta a vida de prateleira e estabilidade), expansão (que afeta volume, tamanho e forma), solubilidade (influenciada pela aderência e coesão), absorção (de água, leite, gordura), cor (claridade), sabor (forte, suave, rançoso) (Huber, 1991), densidade (razão da massa pelo volume) e textura (sensação na boca, estrutura da célula, é a combinação de propriedades como fraturabilidade, dureza, coesividade, adesividade, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade) (Harper, 1981).

Existem dois tipos de extrusoras: único parafuso e extrusoras de parafuso duplo (Harper e Jansen, 1981). Cada tipo tem uma gama específica de aplicação, condições de operação próprias, juntamente com vantagens e desvantagens. A escolha da configuração adequada da extrusora é crucial para que o processamento seja bem sucedido. Para isso devemos levar em consideração o tipo de matéria prima utilizado, o produto desejado, a velocidade do processamento entre outros fatores (Quang, 2008).

A extrusora de único parafuso possui vantagens quanto ao custo, operação e manutenção em comparação com a de duplo parafuso. Com avanços em técnicas de pré condicionamento extrusoras de único parafuso podem processar alimentos para animais com 17 a 20% de gordura (Phillips, 1994). Já com a tecnologia de duplo parafuso podemos extrusar dietas com altos níveis de gordura, até 25%, mantendo a consistência do produto.

Por meio da extrusão houve a possibilidade de crescimento do mercado pet, pois permitiu-se a inclusão de ingredientes mais baratos, como os carboidratos nas dietas dos cães (Sá Fortes, 2005).

2.4.1 Efeitos da extrusão sobre a dieta

Muitos estudos (Harper, 1978; Björck e ASP, 1983; Cheftel, 1986; Svihus et al., 2005) que abordam os efeitos da extrusão sobre a qualidade da dieta tem sido publicados. Por se tratar de um tratamento termo-mecânico, ela pode afetar as características do extrusado, alterando a digestibilidade ou utilização de nutrientes, como proteínas, carboidratos, lipídios e vitaminas. Além disso, a desnaturação de proteínas, alteração da estrutura de hidratos de carbono, oxidação de lipídios e reações

de Maillard entre diferentes componentes do alimento podem alterar a qualidade nutricional dos extrusados (Quang, 2008).

2.4.2 Estrutura do amido e processo de extrusão

O amido é um homopolissacarídeo formado por cadeias glicosídicas. Em plantas, os amidos são embalados em grânulos. Após interrupção e dissolução destes grânulos, a maioria dos amidos pode ser fraccionada em dois componentes: amilose e amilopectina (Guilbot, 1985).

A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas $\alpha(1\rightarrow4)$, originando uma cadeia linear. Já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em $\alpha(1\rightarrow4)$ e $\alpha(1\rightarrow6)$, formando uma estrutura ramificada. Embora a amilose seja definida como linear, atualmente se admite que algumas de suas moléculas possuem ramificações, semelhantes à amilopectina. Além disso, a presença de estruturas intermediárias entre amilose e amilopectina foi proposta para alguns amidos, como o de aveia (WANG & WHITE, 1994; ELIASSON, 1996).

De modo geral, o conteúdo médio de amido dos cereais é de 70%, sendo que 70% a 80% é formado por amilopectina, e os restantes de 20% a 30% por amilose (França, 2009). No caso da FBT a amilose representa 20% do total do amido enquanto 80% é amilopectina. As proporções em que estas estruturas aparecem diferem entre as diversas fontes, entre variedades de uma mesma espécie e ainda, numa mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta (ELIASSON, 1996). Estas variações podem resultar em grânulos de amido com propriedades físico-químicas e funcionais diferenciadas, o que pode afetar sua utilização em alimentos ou aplicações industriais (WANG & WHITE, 1994).

Além da importância nutricional como fonte de glicose, o amido possui extrema importância no processamento de alimentos, especialmente em alimentos extrusados. Segundo Dziezak (1989) a maioria dos alimentos disponíveis no mercado para cães e gatos é fabricada utilizando a tecnologia de cozimento por extrusão. Os benefícios desse tratamento térmico incluem a obtenção de forma física desejada, inativação de fatores antinutricionais, aumento do prazo de validade, melhora da digestibilidade e palatabilidade dos nutrientes (França, 2009).

No processo de extrusão, que envolve calor e umidade, ocorre a gelatinização do amido em duas etapas. Na primeira fase que ocorre entre 60°C e 70°C há mudança

estrutural do grânulo, no qual as pontes de hidrogênio, que estabilizam a estrutura cristalina interna do grânulo, começam a se romper (Colonna et al. 1992). Acima de 90° C e com quantidades suficientes de água, além do rompimento das pontes de hidrogênio, ocorre desestruturação da região cristalina, com perda de estrutura granular, embora os grânulos de amido possam permanecer como fragmentos de compostos de amilopectina suspenso numa solução de amilose (Jing-ming e Sen-lin, 1990).

Com inclusão cada vez maior de água entre as moléculas de amido o grânulo modifica sua forma física, mas sem se romper. As moléculas de amido, então, passam a se rearranjar em uma forma mais filamentosa com aumento de sua viscosidade, formando um gel. Em resumo, a principal mudança que ocorre no amido durante o processo de extrusão é a ruptura de regiões cristalinas no grânulo, seguida pela perda de integridade e, no caso dos amidos de cereais, a formação de complexos lipídio-amilose (Mitchell & Areas, 1992), que diminuem a digestibilidade e a solubilidade dos amidos cozidos (Galloway et al., 1989).

Extrusados completamente gelatinizados podem ter solubilidade de 80 a 90%, o que pode apresentar uma sensação de goma no paladar. O uso de lipídios na extrusão parece ter algum potencial para melhorar a textura dos extrusados à base de amido, por diminuir a solubilidade em água e modificar o perfil de viscosidade (Mercier & Feillet, 1975; Cheftel, 1986).

A resposta ao aquecimento de amidos em diferentes umidades varia com o tipo de amido. Grânulos ricos em amilose incham mais lentamente do que aqueles ricos em amilopectina. A calorimetria exploratória diferencial revela mudanças que refletem na perda de ordem dentro do grânulo, seguindo da sua destruição (Colonna et al., 1992).

O processo de extrusão e a apresentação do produto extrusado estão diretamente relacionados ao processo de gelatinização do amido. O comportamento da amilose e amilopectina durante o processo de extrusão também é diferente. O grânulo de amilose, devido a sua estrutura em hélice, forma um filamento menor, mais fino e com menor viscosidade após sua gelatinização. Ou seja, um excesso de amilose em relação à amilopectina, dificulta a expansão do produto. A apresentação característica do produto extrusado é dependente da gelatinização de quantidades suficientes de amilopectina. Já, os grânulos de amilopectina, por apresentarem ramificações entre suas moléculas, formam, após a gelatinização, filamentos mais longos, com maior viscosidade e aderência, sendo assim realmente efetivos no processo de expansão.

De acordo com Saad et al. (2005), a amilopectina tem maior capacidade de gelatinização, responsável por maior digestibilidade do amido. Já a amilose, apresenta maior poder de retrogradação, proporcionando menor digestibilidade do amido.

Alterando a proporção entre amilose e amilopectina pode-se obter produtos com apresentações diferenciadas. Segundo Huang (2001), um aumento no teor de amilose aumenta a crocância do produto extrusado, enquanto um aumento no teor de amilopectina melhora sua expansão. Bhattacharia & Hanna (1985) relataram que amidos com uma mistura de 50% amilose e amilopectina apresentaram as melhores características de expansão. Quando o conteúdo de amilose diminuiu, a densidade volumétrica também diminuiu, indicando que a expansão global aumentou.

A Alfal-Pet (2008) cita alguns ingredientes fontes de carboidratos utilizados na nutrição de cães e gatos, são elas: fécula de mandioca, milho (grão integral), amido de milho, farelo de gérmen de milho, sorgo, arroz (grão integral), grão integral de cevada, entre outras. Thompson (2008) destaca algumas fontes de carboidratos de fácil digestão que incluem: farinhas de trigo, arroz, aveia, sorgo, batata, entre outras.

De acordo com Cheftel (1986), as modificações físico-químicas nos grânulos de amido e constituintes devido à extrusão levam a mudanças reológicas e texturais e, aumento da digestibilidade e disponibilidade como uma fonte de energia, o que justifica a escolha criteriosa da fonte de amido em dietas para cães.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escolha ideal da fonte de carboidratos em dietas para cães é de fundamental importância. As propriedades físico-químicas dos amidos constituintes dessas fontes vão refletir na digestibilidade da dieta pelos cães, bem como no formato e qualidade do extrusado.

Como fonte energética em substituição ao milho, a fécula de batata possui grande potencial de uso em dietas para cães, devido as características benéficas na formação do extrusado e absorção de seus nutrientes pelos animais

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, R. J. Potato Starch: new prospects for an old product. **Cereal Foods World**. V.40, n.10, p. 763-764, October 1995.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. **Manual do programa integrado de qualidade pet**. 2. ed. São Paulo, 2008. 238p.

BHATTACHARYA, M.; HANNA, M. A. Extrusion processing of wet corn gluten meal. **Journal of Food Science**, v. 50, p. 1508-1509, 1985.

Bjorck, I., Asp, N.G., 1983. The effects of extrusion cooking on nutritional value, a literature review. **J. Food Eng.** 2, 281-308.

Björk I, Gunnarsson A, Ostergard K. A study of native and chemically modified potato starch. **Starch/Stärke** 1989; 41:128-34.

BORGES, F.M.O, **Nutrição e manejo Alimentar de cães na Saúde e na Doença**. Belo Horizonte, Escola de Veterinária da UFMG. 1998. 103p.(Cadernos Técnicos n.23).

CARCIOFI, A. C. ; TAKAKURA, F. S. ; de-OLIVEIRA, L. D. et al. Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and postprandial glucose and insulin response. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 2008.

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

CASE, L. P., CAREY, E. P., HIRAKAWA, D.A. **Canine and feline nutrition** (A resource for companion professionals). St. Louis: Mosby. 1995. 455p.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. **Food Chemistry**, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986.

DZIEZAK, D. J. Single-and twin-screw extruders in food processing. **Food Technology**, Chicago, v. 44, p. 164-174, Apr. 1989.

Colonna P, Leloup V, Buléon A. Limiting factors of starch hydrolysis. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46(2 Suppl):S17-S32.

EL-DASH, A. A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCK, L. (Ed.). Cereals - a renewable resource:theory and practice. **Saint Paul: American Association of Cereal Chemists**, 1981. p. 165-216.

ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food**. New York :Marcel Dekker, 1996. 561p.

ENGLYST, H. N.; CUMMINGS, J. H. Non-starch polysaccharides (dietary fiber) and resistant starch. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, v. 270, p. 205-223, 1990

Englyst HN, Kingman SM, Cummings JH.Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **Eur J Clin Nutr** 1992; 46(2 Suppl):S33-S50

ENGLYST, K.N.; VINOY, S.; ENGLYST, H. N. et al. Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. **British Journal of Nutrition**, v. 89, n. 3, p. 329-340, 2003.

FERRAZ. **Esquemas de processamento de rações extrusadas**. 2012. Disponível em: < <http://www.ferrazmaquinas.com.br/home/>>

FRANÇA, J. Alimentos convencionais versus naturais para cães adultos. 2009. 93 p. **Tese (Doutorado)**. Universidade Federal de Lavras, 2009.

GALLOWAY, G. I.; BILIADERIS, C. G.; STANLEY, D. W. Properties and structure of amylose-glycerol monostearate complexes formed in solution or on extrusion of wheat flour. **Journal of Food Science**, v. 54, n. 4, p. 950-957, 1989.

Granfeldt YE, Drews AW, Björck IME. Starch bioavailability in arepas from ordinary or high amylose corn: concentration and gastrointestinal fate of resistant starch in rats. **J Nutr** 1993; 123:1676-84.

Guilbot A, Mercier C. 1985. Starch. In *The Polysaccharides*, ed. GO Aspinall, 3:209-82. New York: Academic

HAND, M. S.; LEWIS, L. D.; MORRIS Jr., M. L.. Nutrients. Small Animal Clinical Nutrition III. Edit.: **Mark Morris Institute 3rd Edition**, 1994.

Harper, J.M., 1978. Food extrusion. **Crit. Rev. Food Sci.** 11, 155-215.

Harper, J.M., Jansen, G.R., 1981. Nutritious foods produced by low-cost technology. **LEC Report** 10.

HUANG, D.P. Selecting an optimum starch for snack development. **Cereal Foods World**, v.46, n.6, p. 237-239, 2001.

HUBER, G. R. Carbohydrates in extrusion processing. *Food Technology*, v. 43, n. 3, p. 160-161, 1991.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Produção Agrícola Municipal: Culturas Temporárias e Permanentes. *Pesq. agric. munic.*, Rio de Janeiro, v. 32, p.1-101, 2005 - ISSN 0101-3963

Jing-ming L, Sen-lin Z. 1990. Scanning electron microscopy study on gelatinization of starch granules in excess water. **Starch|Starke** 42:96--98

KRONFELD, D. S. Nature and use of commercial dog foods. **Journal of the American Veterinary Medical Assoc.**, v. 166, p. 487-493, 1975.

LEONEL, M. ; JACKEY, S. ; CEREDA, M.P. Processamento industrial de fécula de mandioca e batata doce - um estudo de caso. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, vol. 18 n. 3 Campinas Agosto/Outubro 1998. Disponível em : <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20611998000300016>

MATHIAS, C. Amidos no processo de extrusão. **Revista Pet Food Brasil**, ed. 10, p.26, out, 2010.

MERCIER, C., FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, v. 52, n. 3, p. 283-297, 1975.

MITCHELL, J. R.; AREAS, J. A. G. Structural changes in biopolymers during extrusion. In: KOKINI, J. L.; HO, C.-T.; KARWE, M. V. **Food extrusion science and technology**. New York: M.Dekker, 1992. p. 345-360.

MURRAY, S.M.; FAHEY, G. C.; MERCHEN, N. R.; SUNVOLD, G.D.; REINHART, G. A. Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. **Journal Animal Science**. v.77, n.8, p.2180-2186,1999.

Phillips, T., 1994. Petfood minutes; Production update. **Petfood Indus**. 36, 4.

PHILLIPS, T. [2007]. **Finding your next niche**. Disponível em: <http://www.petfoodindustry.com/ViewArticle.aspx?id=11348> Acesso em: 10/08/2014.

PHILLIPS-DONALDSON, D. The mother of all petfood trends: grain free. Disponível:<http://www.petfoodindustry.com/Default.aspx?pageid=7888&id=7964&blogid=761&terms=grain+free>. Acesso em: 16/09/2014. **Petfood industry**, 2011.

POND, W.G; CHURCH, D.C., POND, K.R. **Basic Animal Nutrition and feeding**. 4ª ed. John Wiley, New York, 1995. 615p.

QUANG, T. D., Extrusion processing: Effects on Dry Canine Diets, 2008. **ISBN: 978-90-8504-903-6**

ROSSEN, J. L.; MILLER, R. C. Food extrusion. **Food Technology**, v. 27, n. 8, p. 46-53, 1973.

SAAD, F. M. O. B.; DUARTE, A.; SAAF, C. E. P.; SILVIA JÚNIOR, J. W.; LIMA, L. M. S.; LARA, L. B. **Aspectos técnicos-comerciais e avaliação da qualidade de alimentos para cães e gatos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 105p.

SAAD, F. M. O.B.; FRANÇA, J. Alimentação natural para cães e gatos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39. p.52-59, 2010.

SA FORTES, C. M.L. Composição química, digestibilidade e energia metabolizável de ingredientes amiláceos e protéicos para cães. 2005. 88 p. **Tese (Doutorado)**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

Skrabanja V, Kreft I. Resistant starch formation following autoclaving of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats an in vitro study. **J Agric Food Chem** 1998; 46:2020-23.

STEIFF, E.L.; BAUER, J.E. Nutritional adequacy of diets formulated for companion animals. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v.219, n.5, p.601-604, 2001.

Svihus, B., Uhlen, A.K., Harstad, O.M., 2005. Effect of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch: a review. **Anim. Feed Sci. Technol**. 122, 303-320.

TACO: Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA, UNICAMP.- 4. ed. revisada. e ampliada.Campinas: **NEPAUNICAMP**, 2011. 161 p.

THEURER, C. B. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **Journal Animal Science**, v.67, p.1285-1292, 1986.

THOMPSON, A. Ingredients: where pet food starts. **Topics in Companion Animal Medicine**, v.23, n. 3, p. 127-132, Aug. 2008.

TWOMEY, L.N.; PEHICK, D.W.; ROWE, J.B. et al. The use of sorghum and corn as alternatives to rice in dog foods. **Journal of Nutrition**, v.132, p. 1704S-1705S, 2002

VIEIRA, J.M et al. Contribuição à industrialização da batata-doce (*Ipomoea batatas*, L.) cv Rosinha do Verdum - obtenção de fécula. In: **XV Congresso da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Anais, Poços de Caldas: SBCTA. v. 1, p. 008, 1996.

VILELA, E. R.; EL-DASH, A. A. Extrusão de farinha de guandu (*Cajanus cajan*, Mill sp). 1. Efeitos das variáveis do processo nas características químicas, físicas e físico-químicas dos produtos extrusados. **Revista da SBCTA**, v. 7, n. 2, p. 97-116, 1987.

WANG, L. Z.; WHITE, P. J. Structure and properties of amylose, amylopectin, and intermediate materials of oat starches. **Cereal Chem**, v.71, n.3, p.263-268, 1994.

CAPÍTULO II – EFEITO DA FÉCULA DE BATATA SOBRE A EXTRUSÃO DE DIETAS PARA CÃES

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão da fécula de batata (FBT) sobre variáveis de extrusão. Foram formuladas quatro dietas com inclusão de 0%, 10%, 20% e 30% de FBT, em substituição ao milho. As dietas foram processadas em extrusora dupla rosca. Durante o processamento de cada dieta, foram analisadas variáveis do condicionador e da extrusora. Foram avaliados ainda o índice de expansão, densidade, dureza e número de poros dos extrusados. A inclusão de FBT provocou diminuição da energia térmica e elevação da energia mecânica gasta no processo de extrusão. A densidade dos extrusados reduziu linearmente a medida que aumentou-se os níveis de FBT ($P < 0,001$). O tamanho, índice de expansão, e dureza dos extrusados, aumentaram linearmente com a inclusão de FBT ($P < 0,001$). O número de poros dos extrusados aumentou com a adição de FBT. A adição de FBT proporciona melhora na expansão e densidade do extrusado. Porém, representa maior gasto de energia elétrica na fábrica.

Palavras-chave: *amido, expansão, processamento.*

EFFECT OF POTATO STARCH IN THE PARAMETERS OF EXTRUSION

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of inclusion of potato starch (FBT) on extrusion variables. Four diets were formulated with inclusion of 0%, 10%, 20% and 30% of FBT, replacing corn. The diets were processed in a twin screw extruder. During processing of each diet conditioner and the extruder variables were analyzed. They were also evaluated the expansion ratio, density, hardness and number of pores of the extruded. The inclusion of FBT to the reduction of thermal energy and increase the mechanical energy expended in the extrusion process. The density of the extrudates reduced linearly increased as the levels FBT ($P = 0.04$). The size, swelling index, and hardness of the extrudates increased linearly with the inclusion of FBT ($P < 0.001$). The number of pores of the extrudates increased with the addition of FBT. The addition of FBT provides expansion and improvement in the density of the extrudate. But it is the largest electric energy spent in the factory.

Keywords: *starch, expansion, processing.*

1. INTRODUÇÃO

O processo de extrusão utilizado pela indústria de alimentos tem se difundido muito nos últimos anos, já que apresenta uma série de vantagens em relação aos processos tradicionais. A habilidade da extrusora em trabalhar com diversos ingredientes e condições de processamento, assegura sua versatilidade e alarga sua aplicabilidade a uma grande cadeia de produtos alimentares (Harper 1978).

Os componentes dos alimentos são muito importantes para a qualidade tecnológica dos produtos extrusados. As proteínas são importantes para a elasticidade, retenção de gás, estrutura celular, adesividade, extensibilidade, absorção de água, ligação e mesmo expansão. Os amidos são importantes principalmente para adesão, coesão e expansão. Os lipídios são críticos para densidade volumétrica e expansão. Já, a fibra controla a densidade e a textura dos extrusados (Shukla, 1998).

Dessa maneira, diferenças nas composições nutricionais dos alimentos resultam em comportamentos distintos do produto no momento da extrusão. Assim, as características intrínsecas de cada ingrediente podem alterar os parâmetros de extrusão, comprometendo o rendimento do processo produtivo.

Como fonte energética, a fécula de batata (FBT) constitui potencial substituto ao milho em dietas para cães. Principalmente em dietas livres de grãos (*grain free*), as quais não utilizam cereais. A FBT apresenta amido com maior viscosidade e menor tendência a retrogradação. Seu maior poder de hidratação associado ao maior tamanho do grânulo confere ao amido de batata característica de gomosidade.

Essas propriedades são determinantes no comportamento desse ingrediente durante o processo de extrusão. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência de dietas com inclusões crescentes de FBT para cães, sobre as variáveis do processo de extrusão e seus reflexos nas características do extrusado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Dietas experimentais

Quatro dietas experimentais foram formuladas com diferentes níveis de inclusão de FBT: 0%, 10%, 20% e 30%, em substituição ao milho. Os ingredientes e a composição química dos alimentos encontra-se na Tabela 1.

As dietas foram moídas em peneiras de 1,2 mm e processadas em extrusora dupla rosca (Ferraz, Ribeirão Preto, Brasil).

Tabela 1 - Ingredientes e Composição química analisada (% da matéria natural) de alimentos completos para cães contendo diferentes níveis de inclusão de fécula de batata (FBT)

Ingredientes (g/kg)	Fécula de batata				
	0%	10%	20%	30%	
Milho	300,0	200,0	100,0	0,0	
Fécula de batata	0,0	100,0	200,0	300,0	
Gordura de aves	117,4	117,4	117,4	117,4	
Farelo de soja 46%	150,0	150,0	150,0	150,0	
Protenose 60%	170,0	170,0	170,0	170,0	
Farinha de vísceras de aves	220,0	220,0	220,0	220,0	
Sal branco comum	5,0	5,0	5,0	5,0	
Palatabilizante	30,0	30,0	30,0	30,0	
BHA	0,08	0,08	0,08	0,08	
BHT	0,170	0,170	0,170	0,170	
Ácido cítrico	0,350	0,350	0,350	0,350	
Propionato de cálcio	2,0	2,0	2,0	2,0	
Cloreto de colina	2,0	2,0	2,0	2,0	
Premix vitamínico e mineral ¹	3,0	3,0	3,0	3,0	
Composição química	Fécula de batata				
Matéria seca (%)	87,73	95,04	95,43	96,00	97,04
Proteína bruta (%)	0,39	36,78	34,43	35,89	35,37
Extrato etéreo (%)	0,00	17,05	17,81	15,56	15,61
Matéria mineral (%)	0,23	6,94	7,40	6,93	7,01
Fibra bruta (%)	0,71	3,91	3,49	3,99	3,15
Amido disponível (%)		34,96	47,45	49,37	50,63
Amido resistente (%)		5,08	2,95	3,21	3,80
Amido total (%)		40,04	50,40	52,58	53,93

¹Enriquecimento por kg de produto: vitamina A (retinol) = 20.000 UI; vitamina D3 = 2000 UI; vitamina E (alfa-tocoferol α) = 48 mg; vitamina K3 = 48 mg; vitamina B1 = 4 mg; vitamina B2 = 32 mg; ácido pantotênico = 16 mg; = 56 mg de niacina; colina = 800 mg; Como óxido de zinco Zn = 150 mg; Fe como sulfato ferroso = 100 mg; Cu como sulfato de cobre = 15 mg; I, tal como iodeto de potássio = 1,5 mg; Mn como óxido de manganês = 30 mg; Se como selenito de sódio = 0,2 mg; antioxidante = 240 mg.

2.2 Variáveis do processo

Foram mensuradas a temperatura e a adição de água no condicionador durante o processamento das dietas. Na extrusora foram mensuradas as seguintes variáveis: velocidade da faca (Hz), taxa de alimentação (Hz), velocidade da rosca (Hz), amperagem (A) e produtividade (kg/h). A temperatura do canhão da extrusora foi obtida por meio de termômetro infravermelho digital. O consumo de energia elétrica (kw/h) foi calculado segundo a equação:

$$\sqrt{\text{Fase elétrica do sistema}} \times \text{corrente de alimentação} \times \text{amperagem} \times \cos\gamma \text{ do motor} / 1000$$

Sendo $\cos\gamma$ do motor = 0,86.

A energia mecânica específica (EME) transferida para a massa (Kw/h/ton) foi obtida seguindo-se a equação:

$$\text{EME} = (\text{consumo de energia elétrica}) \times 1000 / \text{produtividade da extrusora.}$$

2.3 Análises laboratoriais

2.3.1 Densidade

A densidade das dietas na saída da extrusora foi calculada em 5 amostras de cada tratamento e determinada pela razão do peso da dieta (gramas) pelo volume (litros). As amostras foram homogeneizadas, colocadas em bureta de 1 litro e pesadas em balança digital (capacidade 2.000 g).

2.3.2 Tamanho dos extrusados e índice de expansão

A largura dos extrusados foi medida com auxílio de paquímetro digital, totalizando 10 amostras para cada tratamento. O índice de expansão (IE) foi calculado como a relação entre a largura dos extrusados sobre o diâmetro da matriz.

2.3.3 Dureza

Foram selecionadas 10 amostras de extrusado de cada dieta, as quais foram submetidas à análise em durômetro (Ethik Technology; 298 DGP) expresso em kgf/cm².

2.3.4 Microscopia

Foi realizada microscopia eletrônica de varredura (MEV) com aumento de 40X para todas as dietas, a fim de verificar a porosidade dos extrusados. Para facilitar a visualização dos poros foi realizado um corte longitudinal nos extrusados. A área (mm²) da porosidade dos extrusados foi mensurada pelo software ImageJ® (Wayne Rasband, National Institutes of Health, Bethesda, MD, United States of America).

2.3.5 Análise estatística

As variáveis do extrusado: densidade, tamanho e IE foram analisadas quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($P < 0,05$). Posteriormente os dados foram submetidos à análise de regressão, considerando $P < 0,05$. As demais variáveis foram apresentadas de modo descritivo.

3. RESULTADOS

As variáveis do processo de extrusão para cada dieta estão descritas na Tabela 2.

A inclusão de FBT nas dietas provocou redução na temperatura do condicionador, revelando que menos energia térmica foi aplicada ao processo nas dietas que continham maior porcentagem de fécula. A adição de água no condicionador também reduziu à medida que elevou-se os níveis de FBT nas dietas. A taxa de alimentação e a velocidade da rosca da extrusora permaneceram constantes para todas as dietas. Já a amperagem foi maior nas dietas com maior inclusão de FBT, revelando maior gasto na energia mecânica pela inclusão da fécula. A temperatura do canhão da extrusora também aumentou com a inclusão dos crescentes níveis de FBT (Tabela 2).

Tabela 2 - Variáveis de extrusão em dietas com crescentes níveis de fécula de batata para cães

	Fécula de batata			
	0%	10%	20%	30%
CONDICIONADOR				
Temperatura (°C)	100,0	98,6	95,0	85,0
Adição de vapor (L/h)	320	320	290	225

EXTRUSORA				
Velocidade da faca (corte) (Hz)	37	36	30	25
Alimentação (Hz)	19	19	19	19
Velocidade da rosca (Hz)	19	19	19	19
Amperagem (A)	83	84	110	133
Produtividade (kg/h)	1400	1400	1400	1400
Temperatura do canhão da extrusora (°C)	75,0	78,0	89,4	100,0
Consumo de energia elétrica (kw/h)	13,60	13,76	18,02	21,79
Energia mecânica específica transferida para massa (kw/ h/ ton)	9,71	9,83	12,87	15,57
SECADOR				
Temperatura da esteira (°C)	140,0	144,3	147,0	151,3
Velocidade da esteira (Hz)	15	15	15	15
Tempo de retenção (min)	30	30	30	30
MATRIZ				
Numero de furos	25	25	25	25
Diâmetros dos furos (mm)	4,5	4,5	4,5	4,5

A densidade, o tamanho e o índice de expansão e dureza dos extrusados estão descritos na tabela 3.

Tabela 3 - Características dos extrusados de dietas com crescentes níveis de fécula de batata para cães

ITEM	Fécula de batata (%)				P		
	0	10	20	30	EPM	L	Q
Densidade (g/l)	480,0	473,3	434,3	425,3	7,73	<0,001	0,870
Tamanho (mm)	7,24	7,69	9,03	10,4	0,18	<0,001	0,143
Índice de Expansão	1,60	1,70	1,97	2,23	0,04	<0,001	0,142
Dureza	4,57	5,05	6,27	6,51	0,21	<0,001	0,999

EPM: erro padrão da média; P: probabilidade; L: linear; Q: quadrático.

Equações de regressão: Densidade= $-1,9829x + 480,19$ ($R^2=0,7443$); Tamanho= $0,0959x + 7,0224$ ($R^2=0,8318$); Índice de expansão= $0,0213x + 1,5605$ ($R^2=0,8318$); Dureza= $0,0704x + 4,544$ ($R^2=0,3549$).

A densidade dos extrusados reduziu linearmente a medida que crescentes níveis da FBT foram incluídos na dieta ($P < 0,01$). O tamanho, IE e dureza do extrusado aumentaram linearmente com a inclusão de crescentes níveis de FBT na dieta ($P < 0,05$).

A inclusão de FBT aumentou o número e a área de poros dos extrusado, conforme apresentado na figura 1 e tabela 4.

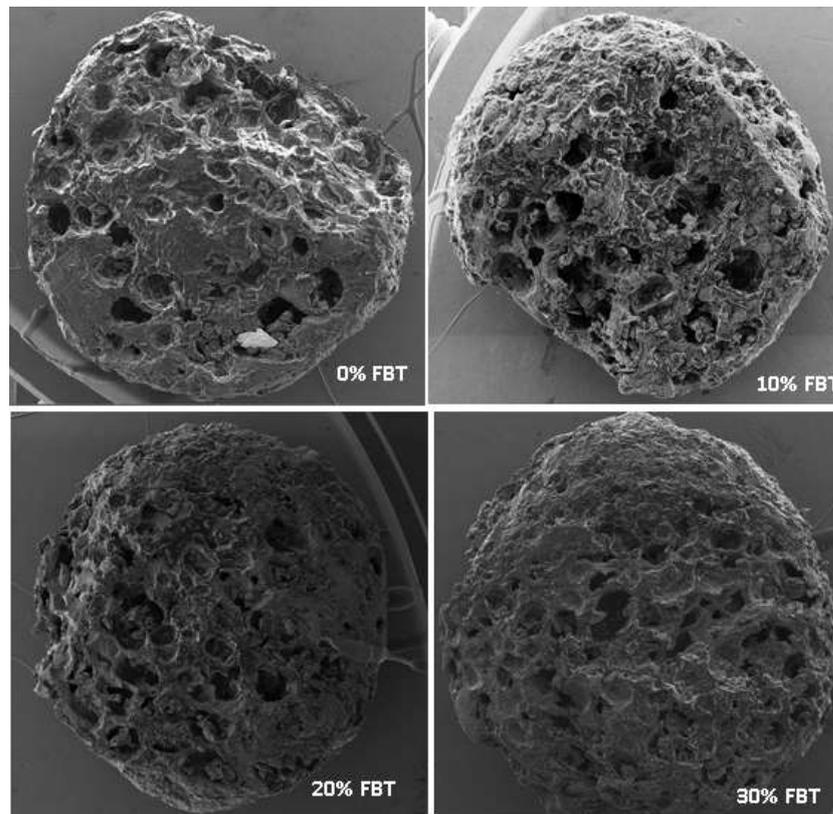


Figura 1. Microscopia de varredura (aumento de 40 x) dos extrusado em secção longitudinal das dietas contendo crescentes níveis de fécula de batata (FBT).

Tabela 4 - Área total, área média dos poros e número de poros dos extrusados das dietas com crescentes níveis de fécula de batata

Item (mm ²)	Fécula de batata (%)			
	0	10	20	30
Área total	32,88	39,84	52,49	63,65
Número de Poros	16	22	24	37
Área média dos poros	1,5	2,3	2,2	1,7

4. DISCUSSÃO

O tipo de amido, fonte ou origem tem efeito expressivo sobre a forma como o mesmo se comporta durante a extrusão. Amidos de tubérculos, como é o caso da FBT, tem proporção maior de amilopectina (80%) em relação à amilose (20%), facilitando a gelatinização durante a extrusão, enquanto amidos de grãos de cereais exigem temperaturas mais altas e condições de processamento mais severas (MATHIAS, 2010).

A maior demanda de energia mecânica no processo de extrusão das dietas contendo FBT pode ser explicada pela elevada modificação plástica do amido da batata durante o processamento. Isso ocorre, pois para uma mesma taxa de alimentação, as dietas com maior inclusão de FBT causam maior modificação no ambiente do canhão da extrusora, devido à maior plasticidade do amido da batata, resultando em maior demanda energética. Portanto, pelo fato de serem mais responsivas ao processo de extrusão, dietas com alta inclusão de FBT sofrem maior transformação de estado físico, resultando em maior demanda de força para a extrusora processar o produto. Como consequência disso, o consumo de energia elétrica e a energia mecânica específica transferidas para massa aumentaram a medida que os crescentes níveis de FBT foram adicionados.

A expansão de materiais amiláceos é inversamente proporcional à umidade do material a ser extrusado (ARÊAS, 1996). Segundo Ding et al. (2005), a água tem efeito inverso sobre a expansão, agindo como plastificante para materiais amiláceos, reduzindo sua viscosidade e a dissipação da energia mecânica no extrusor. Assim, o produto fica mais denso e o crescimento das bolhas é reduzido. Esse fato justifica a menor adição de água no condicionador em dietas com maior inclusão da FBT observada no presente trabalho.

Segundo Bhattacharya & Choudhury (1994) o aumento na gelatinização aumenta a expansão e diminui a densidade de dietas extrusadas. O maior número de poros em dietas com maior inclusão de FBT justifica a menor densidade dos extrusados nesse caso. Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a FBT é um ingrediente com alto poder de gelatinização, gerando extrusados com baixa densidade e alto IE.

Borba et al. (2005) estudando alguns parâmetros de extrusados de farinha de batata doce verificou que o IE dos extrusados variou entre 1,85 e 2,60, valores semelhantes aos encontrados nos extrusados contendo FBT no presente trabalho.

Dietas com densidade alta e baixa absorção de água são indícios de produtos pouco expandidos, com gelatinização do amido inadequada e com menor aproveitamento dos nutrientes (Camire, 2000) o que não é o caso do obtido no presente trabalho. Portanto, podemos afirmar que FBT é um ingrediente altamente responsivo ao processo de extrusão, gerando extrusados bem expandidos e que refletem na boa gelatinização do amido e melhor aproveitamento dos nutrientes pelo animal, como encontrado nos resultados de digestibilidade.

5. CONCLUSÃO

A FBT até 30% de inclusão na dieta em substituição ao milho, mostrou-se ingrediente bastante responsivo ao processo de extrusão, com elevado índice de expansão, formando extrusados de baixa densidade, com maior porosidade e maior tamanho. No entanto, o processamento de dietas com FBT em sistema de dupla rosca exige maior gasto com energia elétrica na fábrica, devido as características peculiares do seu amido.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARÊAS, J. A. G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Boletim da sociedade brasileira de ciência e tecnologia de alimentos**, v. 30, n.1, p.28-30, 1996.
- BHATTACHARYA, S.; CHOUDHURY, G.S. Twin-screw extrusion of rice flour: effect of extruder length-to-diameter ratio and barrel temperature on extrusion parameters and product characteristics. **Journal of Food Process and Preservation**, v.18, p.389-406, 1994. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4549.1994.tb00261.x>>. Acesso em: 15 ago. 2012.
- BORBA, A. M.; SARMENTO, S.B.S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão em farinha de batata-doce. **Ciência Tecnologia Alimento**. Campinas, 25(4): 835-843, 2005.
- CAMIRE, M.E. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. In: RIAZ, M.N. Extruders in food applications. CRC Press, Boca Raton, p.127-147, 2000.
- DING, Q.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of 23 rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, Oxford:Elsevier, v. 66, n. 3, p. 283-289, 2005.
- HARPER, J.M., 1978. Food extrusion. **Crit. Rev. Food Sci.** 11, 155-215.
- MATHIAS, C. Amidos no processo de extrusão. **Revista Pet Food Brasil**, ed. 10, p.26, out, 2010.
- SHUKLA, T.P. Critical chemistry of extrusion processing of grains. **Cereal Foods World**. Minnesota, v.43, n.1, p. 43-44, 1998.

CAPÍTULO III - EFEITOS DA INCLUSÃO DE FÉCULA DE BATATA SOBRE A DIGESTIBILIDADE E PALATABILIDADE EM DIETAS PARA CÃES

RESUMO

Os objetivos desse estudo foram avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), características fecais e palatabilidade de dietas com crescentes níveis de fécula de batata (FBT) para cães adultos e filhotes. Quatro dietas contendo 0, 10, 20 e 30% de FBT, em substituição ao milho, foram avaliadas. O ensaio de digestibilidade e características fecais foi realizado comparando-se as quatro dietas, com 8 cães adultos (7 anos) e 16 filhotes (6 meses). Para o teste de preferência alimentar foram comparadas as dietas: 0 vs 10% de FBT e 0 vs 30% de FBT, utilizando 16 cães filhotes. A inclusão de FBT aumentou ($P<0,05$) os CDA da matéria seca (MS), energia bruta (EB) e energia metabolizável (EM) da dieta, tanto nos cães adultos como em filhotes e da proteína bruta (PB) e amido total (AT) apenas em filhotes. A matéria seca fecal (MSf) elevou-se com a inclusão de FBT nas dietas, tanto para cães adultos como filhotes ($P<0,05$). A inclusão de FBT nas dietas reduziu os níveis de nitrogênio amoniacal das fezes dos cães filhotes ($P<0,05$). Os cães preferiram as dietas com maior inclusão de FBT ($P<0,05$), quando as umidades das dietas foram igualadas. A FBT é uma boa fonte de amido para cães adultos e principalmente para filhotes, melhorando os coeficientes de digestibilidade da maioria dos componentes da dieta e aumentando a MSf, além de ser palatável.

Palavras-chave: amido, cão, preferência, tubérculo.

EFFECTS OF POTATO STARCH INCLUSION ON DIGESTIBILITY AND PALATABILITY IN DIETS FOR DOGS

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the apparent digestibility coefficients (ADC), fecal characteristics and palatability of diets with increasing levels of potato starch (FBT) for adult dogs and puppies. Four diets containing 0, 10, 20 and 30% of FBT, replacing corn were evaluated. The digestibility assay and fecal characteristics was performed by comparing the four diets with 8 adult dogs (7 years) and 16 puppies (6 months). For food preference test diets were compared: 0 vs 10% FBT and 0 vs 30% FBT using 16 puppies. The inclusion of FBT increased ($P < 0.05$) the ADC of dry matter (DM), gross energy (GE) and metabolizable energy (ME) of the diet, both adult dogs and puppies and crude protein (CP) and Total starch (aT) only in puppies. Fecal DM (LDM) is increased by the inclusion in diets FBT, both adult dogs and puppies ($P < 0.05$). The inclusion of FBT in the diets reduced ammonia levels in feces of puppies ($P < 0.05$). The dogs prefer diets containing higher inclusion FBT ($P < 0.05$) when the moisture content of the diets were equalized. The FBT is a good source of starch for adult dogs and puppies mainly for improving the digestibility of most components of the diet and increasing MSf, and is palatable.

Keywords: starch, dog, preferably, tuber.

1. INTRODUÇÃO

A proximidade da relação entre cães e seus tutores induz a busca de dietas cada vez mais elaboradas, que além de suprir as necessidades nutricionais básicas, promovam saúde, bem estar e longevidade aos animais. Isso se reflete na indústria de alimentação pet, que na busca por exclusividade tem estimulado novos nichos no mercado como: dietas naturais, orgânicas e as dietas livres de grão (*grain free*).

Phillips-Donaldson (2011) considera os alimentos *grain free* como a mãe de todas as tendências atuais do *pet food*. Essa nova modalidade não exclui totalmente os carboidratos da dieta, como o próprio nome sugere, mas sim representa significativa redução dos mesmos, com elevados teores de proteína e lipídio. Em substituição aos grãos, os alimentos *grain free* tem como fonte de carboidratos amidos mais complexos, como é o caso da batata.

A batata é um alimento principalmente energético, fornecendo in natura cerca de 64 kcal/100 g de parte comestível; 1,8 g de proteína; 14,7 g de carboidratos e 1,2 g de fibra alimentar (TACO, 2011). Seu amido corresponde a 80% de amilopectina e 20% de amilose, característica que favorece a maior expansão do produto no momento da extrusão. De acordo com Saad et al. (2005), a amilopectina tem maior capacidade de gelatinização, responsável por maior digestibilidade do amido. Já a amilose, apresenta maior poder de retrogradação, proporcionando menor digestibilidade do amido.

A farinha de batata pode ser considerada uma fonte de carboidrato de fácil digestão (Thompson, 2008), proporcionando elevados valores de digestibilidade em cães: 83,6% para matéria seca e 99,80% para amido (Murray, 1999). No entanto, ainda há necessidade de mais estudos, principalmente em relação às características da dieta e ao valor nutricional da farinha de batata em cães filhotes.

O objetivo desse estudo é elucidar os efeitos da fécula de batata (FBT) em níveis crescentes de inclusão sobre a digestibilidade, características fecais e palatabilidade em dietas para cães adultos e filhotes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná - Curitiba, PR, Brasil, sob o protocolo: 019/2015.

2.1 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICAS FECAIS

2.1.1. Dietas experimentais

Foram formuladas quatro dietas contendo níveis crescentes de FBT (0%, 10%, 20% e 30%) em substituição ao milho. Os ingredientes foram moídos em moinho martelo equipado com peneira de 1,2 mm, misturados e extrusados em extrusora dupla rosca (Ferraz, Ribeirão Preto, Brasil). Os ingredientes e a composição química dos alimentos encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Ingredientes e Composição química analisada (% da matéria natural) de alimentos completos para cães contendo diferentes níveis de inclusão de fécula de batata (FBT).

Ingredientes (g/kg)	Fécula de batata				
	0%	10%	20%	30%	
Milho	300,0	200,0	100,0	0,0	
Fécula de batata	0,0	100,0	200,0	300,0	
Gordura de aves	117,4	117,4	117,4	117,4	
Farelo de soja 46%	150,0	150,0	150,0	150,0	
Protenose	170,0	170,0	170,0	170,0	
Farinha de vísceras de aves	220,0	220,0	220,0	220,0	
Sal branco comum	5,0	5,0	5,0	5,0	
Palatabilizante	30,0	30,0	30,0	30,0	
BHA	0,08	0,08	0,08	0,08	
BHT	0,170	0,170	0,170	0,170	
Ácido cítrico	0,350	0,350	0,350	0,350	
Propionato de cálcio	2,0	2,0	2,0	2,0	
Cloreto de colina	2,0	2,0	2,0	2,0	
Premix vitamínico e mineral ¹	3,0	3,0	3,0	3,0	
Composição química	Fécula de batata				
Matéria seca (%)	87,73	95,04	95,43	96,00	97,04
Proteína bruta (%)	0,39	36,78	34,43	35,89	35,37
Extrato etéreo (%)	0,00	17,05	17,81	15,56	15,61

Matéria mineral (%)	0,23	6,94	7,40	6,93	7,01
Fibra bruta (%)	0,71	3,91	3,49	3,99	3,15
Amido disponível (%)		34,96	47,45	49,37	50,63
Amido resistente (%)		5,08	2,95	3,21	3,80
Amido total (%)		40,04	50,40	52,58	53,93

¹Enriquecimento por kg de produto: vitamina A (retinol) = 20.000 UI; vitamina D3 = 2000 UI; vitamina E (alfa-tocoferol α) = 48 mg; vitamina K3 = 48 mg; vitamina B1 = 4 mg; vitamina B2 = 32 mg; ácido pantotênico = 16 mg; = 56 mg de niacina; colina = 800 mg; Como óxido de zinco Zn = 150 mg; Fe como sulfato ferroso = 100 mg; Cu como sulfato de cobre = 15 mg; I, tal como iodeto de potássio = 1,5 mg; Mn como óxido de manganês = 30 mg; Se como selenito de sódio = 0,2 mg; antioxidante = 240 mg.

2.1.2. Animais e instalações

Foram utilizados 8 cães adultos machos e fêmeas (7 anos de idade) com peso médio de $12 \pm 1,6$ kg e 16 filhotes machos e fêmeas (6 meses de idade) com peso médio de $7 \pm 0,38$ kg, todos da raça Beagle. Durante o ensaio de digestibilidade os animais foram alojados em baias de alvenaria (5 metros de comprimento x 2 metros de largura), sendo que os adultos foram alojados individualmente e os filhotes foram alojados em duplas, para reduzir o estresse. Os animais eram saudáveis e vermifugados e o tempo de adaptação ao ambiente foi de 5 dias.

2.1.3. Protocolo experimental e análises laboratoriais

O ensaio de digestibilidade foi conduzido pelo método de colheita total de fezes, segundo as recomendações da Association of American Feed Control Officials (AAFCO, 2003). O experimento foi dividido em quatro períodos de dez dias (cinco dias de adaptação seguidos de cinco dias de colheita total de fezes cada). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, nos horários das 8:00 e 16:00 horas em quantidade suficiente para suprir suas necessidades de energia metabolizável (NEM), segundo preconizado pelo NRC (2006): $\text{kcal/dia} = 130 \times \text{peso}^{0,75}$ para adultos e $130 \text{kcal} \times \text{PC} \text{kg}^{0,75} \times 3,2 \times (e^{-0,87p} - 0,1)$ para cães filhotes. A água foi fornecida ad libitum. As fezes foram colhidas, no mínimo duas vezes ao dia, pesadas e congeladas individualmente (-14°C), constituindo um composto de fezes de cada animal por período de coleta.

O pH e a amônia foram avaliados em duplicata nas fezes frescas colhidas no máximo após 15 minutos de defecação. O pH fecal foi avaliado em 2,0 g de fezes

frescas, diluídas em 20 mL de água destilada usando um pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste LTDA, São Paulo, SP, Brasil). O teor de amônia foi determinado em 5 g de fezes frescas, as quais foram incubadas em balão de 500 mL fechado com uma rolha contendo 250 mL de água destilada por 1 hora. Após, foram adicionadas 3 gotas de álcool octaetílico (1-octanol) e 2 g de óxido de magnésio, sendo subseqüentemente destilados em aparelho Macro-Kjeldahl e recuperado em Becker contendo 50 mL de ácido bórico.

Finalmente, a amônia foi titulada utilizando ácido sulfúrico padrão 0,1 N. A concentração de amônia foi calculada como: N-amoniacal (g/kg) = N x 6,25 x 16,5 x (volume de ácido da amostra – volume de ácido do branco) / peso da amostra em gramas).

A consistência fecal foi avaliada por meio de escore com graduação de 1 a 5, sendo 1 o indicativo de fezes pastosas e sem forma, 2 o indicativo de fezes macias e mal formadas, 3 o indicativo de fezes macias, formadas e úmidas, 4 o indicativo de fezes bem formadas e consistentes e 5 para fezes bem formadas, duras e secas (CARCIOFI et al., 2009). Ao final das colheitas fecais, a mistura composta das fezes de cada animal foi descongelada e homogeneizada.

As amostras das dietas, FBT e fezes foram analisadas quanto à matéria seca (MS), proteína bruta (PB, método 954.01), matéria mineral (MM, método 942.05), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EE, método 954.02), amido (método 996.11 adaptado) segundo a AOAC (1995) e energia bruta (EB) em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co., model 1261, Moline, IL, USA).

A partir dos resultados laboratoriais obtidos, os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) das variáveis analisadas foram calculados por meio da equação:

$$\text{CDA\%} = ((\text{g nutriente ingerido} - \text{g nutriente excretado}) / \text{g nutriente ingerido}) \times 100$$

A energia metabolizável (EM) foi estimada sem coleta de urina segundo a AAFCO (2003):

$$\text{EM (kcal.g}^{-1}\text{)} = \{\text{kcal.g}^{-1}\text{ EB ingerida} - \text{kcal.g}^{-1}\text{ EB excretada nas fezes} - [(\text{g PB ingerida} - \text{g PB excretada nas fezes}) \times 1,25 \text{ kcal.g}^{-1}]\} / \text{g ração ingerida}$$

2.1.4. Delineamento e análise estatística

Os resultados do ensaio de digestibilidade com cães adultos e filhotes foram analisados de acordo com um quadrado latino duplo (4 x 4) em esquema fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de inclusão de FBT e duas idades: adulto e filhote, totalizando 8 repetições por tratamento. Cada cão adulto foi considerado uma unidade experimental. No caso de cães filhotes, dois cães equivaleram a uma unidade experimental.

Os dados foram analisados primeiramente quanto à normalidade pelo teste de Shapiro-wilk. Sendo a premissa de normalidade comprovada, realizou-se análise de variância e havendo efeito significativo entre níveis de FBT e as variáveis, realizou-se análise de regressão, ambos a 5% de probabilidade. As variáveis não paramétricas (escore, pH e nitrogênio amoniacal) foram analisadas pelo teste Kruskal-Wallis, considerando $P < 0,05$ como diferença significativa.

2.2. EXPERIMENTO II: ENSAIO DE PALATABILIDADE

2.2.1. Dietas experimentais

O ensaio de palatabilidade foi realizado apenas com os cães filhotes e foi composto por dois testes com as dietas: 0% VS 10% de inclusão de FBT e 0% VS 30% de FBT. Foi realizado ainda um teste adicional 0% VS 30% com as umidades das dietas igualadas. Cada alimento foi fornecido em quantidade 30% superior as recomendações de NEM do NRC (2006).

2.2.2. Animais e instalações

Foram utilizados 16 cães filhotes da raça Beagle: oito machos e oito fêmeas com peso médio de $7 + 0,38$ kg e seis meses de idade. Durante o ensaio de palatabilidade, os animais foram alojados em baias individuais de alvenaria (5 metros de comprimento x 2 metros de largura).

2.2.3. Procedimentos experimentais

Cada teste de palatabilidade foi composto por três dias consecutivos, nos quais foi fornecido uma vez ao dia às 08:00 horas dois potes contendo as duas diferentes dietas a serem comparadas, durante um período de 30 minutos. A posição relativa dos comedouros foi alternada durante o período experimental, de forma a não condicionar o animal ao local de alimentação. A palatabilidade foi determinada por meio da

mensuração da preferência alimentar e primeira escolha entre as rações ofertadas aos cães. As quantidades fornecidas e as sobras foram quantificadas para se calcular a preferência alimentar. A primeira escolha foi definida pelo registro do primeiro pote que o animal se aproximou durante a oferta simultânea dos alimentos. A preferência alimentar foi calculada com base no consumo (fornecido – sobras) relativo das dietas (A e B), sendo:

$$\text{Razão de ingestão (\%)} = \left[\frac{\text{g ingeridas da dieta A ou B}}{\text{g totais fornecidas (A + B)}} \right] \times 100$$

2.2.4. Delineamento e análises estatísticas

O delineamento adotado foi inteiramente casualizado. Foram utilizados 16 animais filhotes totalizando 48 repetições por teste (16 cães x 3 dias). Os dados de primeira escolha foram submetidos ao teste de Qui-quadrado e a razão de ingestão ao teste T-Student, ambos a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

3.1. EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICA FECAL

Os cães consumiram totalmente as dietas, episódios de vômitos e diarreias não foram observados. A inclusão de níveis crescentes de FBT na dieta aumentou linearmente ($P < 0,05$) a digestibilidade da MS, EB e a EM, tanto em cães adultos como nos filhotes. Para os filhotes a inclusão de FBT aumentou o CDA da PB e amido total.

Houve interação entre FBT e a idade dos cães para a matéria seca fecal (MSf), PB e EM da dieta ($P < 0,05$, Tabela 2). Com a inclusão de FBT na dieta foi observado comportamento quadrático para a EM da dieta em cães adultos e aumento linear em filhotes ($P < 0,05$). De modo geral, cães adultos apresentaram maiores CDA da MS, PB e EB e maior EM das dietas em relação aos filhotes ($P < 0,05$).

A inclusão de FBT na dieta elevou a MSf em cães adultos e filhotes ($P < 0,001$, Tabela 2). Para os cães filhotes houve redução do nitrogênio amoniacal com a inclusão de FBT nas dietas ($P < 0,05$). O pH e escore das fezes não sofreram alterações com a inclusão da FBT, tanto em cães adultos quanto em filhotes ($P > 0,05$, Tabela 3).

Tabela 2 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) e energia metabolizável (EM, kcal/kg) de dietas com crescentes níveis de fécula de batata, em cães adultos e filhotes.

Fécula de Batata (%)	Idade	CDA (%)					EM	MSf
		MS	PB	EEA	EB	AT		
0	Adulto	81,7 ^a	89,0 ^a	91,9	86,8 ^a	96,1	4666,2 ^a	31,9 ^c
	Filhote	79,4 ^b	81,9 ^{ab}	92,1	84,3 ^b	95,9	4550,6 ^{ab}	30,7 ^b
10	Adulto	81,9 ^a	88,9 ^a	92,6	87,7 ^a	95,9	4472,2 ^b	34,9 ^b
	Filhote	79,4 ^b	80,7 ^b	92,2	84,6 ^b	96,7	4527,0 ^b	33,1 ^a
20	Adulto	82,8 ^a	89,0 ^a	91,5	87,9 ^a	95,9	4693,8 ^a	34,2 ^b
	Filhote	82,0 ^b	82,8 ^a	91,9	86,1 ^b	96,6	4604,0 ^{ab}	31,6 ^{ab}
30	Adulto	84,1 ^a	89,3 ^a	91,9	88,8 ^a	96,2	4708,2 ^a	36,6 ^a
	Filhote	83,4 ^b	83,7 ^a	92,2	87,9 ^b	97,0	4655,8 ^a	32,8 ^a
EPM		0,31	0,17	0,20	0,27	0,10	14,31	0,35
Probabilidades								
Fatorial								
Fécula de batata (A)		<0,001	0,004	0,667	<0,001	0,146	<0,001	<0,001
Idade (B)		0,003	<0,001	0,749	<0,001	0,007	0,022	<0,001
A x B		0,373	0,037	0,900	0,322	0,156	0,037	0,040
Regressão								
Linear	Adulto	0,049	0,556	-	0,031	0,991	0,019	<0,001
	Filhote	<0,001	0,003	-	<0,001	0,025	0,006	0,039
Quadrática	Adulto	0,574	0,581	-	0,970	0,874	0,0024	0,455
	Filhote	0,261	0,083	-	0,224	0,813	0,214	0,256

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EEA: extrato etéreo em hidrólise ácida; MSf: matéria seca fecal; EB: energia bruta, AT: amido total;

EPM: erro padrão da média.

^{a,b,c} letras distintas indicam diferença pelo teste de tukey (p<0,05).

Equações de regressão: CDAMS (%) adultos = 0,0804x + 81,425 (R² = 0,9286); CDAMS (%) filhotes = 0,1443x + 78,903 (R² = 0,8975); CDAPB (%) filhotes = 0,0764x + 81,137 (R² = 0,6031); CDAEB (%) adultos = 0,0619x + 86,92 (R² = 0,953); CDAEB (%) filhotes = 0,1211x + 83,928 (R² = 0,9259); EM (kcal/kg) adultos = 0,521x² - 12,155x + 4635,1 (R² = 0,4659); EM (kcal/kg) filhotes = 0,1883x² - 1,7269x + 4544,3 (R² = 0,9202).

Tabela 3- Medianas do nitrogênio amoniacal, pH e escore fecal de cães com diferentes idades alimentados com dietas contendo níveis crescentes de fécula de batata

Fécula de Batata	Idade	NH ³ (%)	pH	Escore
0	Adulto	0,0895	6,98	3,7
	Filhote	0,1711	6,98	3,2
10	Adulto	0,1066	7,13	3,8
	Filhote	0,1322	7,20	3,1
20	Adulto	0,1169	6,80	3,7
	Filhote	0,1099	7,20	3,3
30	Adulto	0,1097	6,90	3,8
	Filhote	0,1041	7,30	3,4

3.2. EXPERIMENTO II: ENSAIO DE PALATABILIDADE

Para os testes sem alteração das umidades, houve maior razão de ingestão ($P < 0,05$) da dieta com inclusão de 10% de FBT, quando realizado o teste 0% VS 10% de FBT (Tabela 4). Para o teste 0% VS 30% de FBT não houve diferença ($P > 0,05$) quanto à razão de ingestão e valores de primeira escolha em filhotes (Tabela 4). Já com as umidades das dietas igualadas, houve maior razão de ingestão para a dieta com 30% FBT, em relação a 0% FBT, pelos cães filhotes ($P < 0,05$).

Tabela 4 - Número da primeira escolha ao comedouro e razão de ingestão (RI, média \pm erro padrão) da dieta A em relação à dieta B em cães filhotes (6 meses).

Dieta A vs. B - umidades diferentes	N ^a	UM (%)	RI da dieta A ^b
0% vs. 10% FBT	20	0%=4,96; 10%=4,57	0,37 + 0,03*
0% vs. 30% FBT	22	0%=4,96; 30%=2,95	0,52 + 0,02
Dieta A vs. B - umidades iguais	N ^a	UM (%)	RI da dieta A ^b
0% vs. 30% FBT	16	0%=5,54; 30%=5,63	0,28 + 0,03*

*Valor de $P < 0,05$ para número de visitas à dieta A pelo teste qui-quadrado e RI pelo teste t-Student;

^aNúmero de visitas ao alimento B é obtido por: $48 - n$;

^bRI: g ingeridas da dieta A ou B/ g totais fornecidas (A + B).

4. DISCUSSÃO

O tipo de amido, fonte ou origem tem efeito expressivo sobre a forma como o mesmo se comporta durante a extrusão. Amidos de tubérculos, como é o caso da fécula de batata, tem proporção maior de amilopectina (80%) em relação à amilose (20%), facilitando a gelatinização durante a extrusão, enquanto amidos de grãos de cereais exigem temperaturas mais altas e condições de processamento mais severas (MATHIAS, 2010).

A maior demanda de energia mecânica no processo de extrusão das dietas contendo FBT pode ser explicada pela elevada modificação plástica do amido da batata durante o processamento. Isso ocorre, pois para uma mesma taxa de alimentação, as dietas com maior inclusão de FBT causam maior modificação no canhão do extrusor, devido à maior plasticidade do amido da batata, resultando em maior demanda energética. Portanto, pelo fato de serem mais responsivas ao processo de extrusão, dietas com alta inclusão de FBT sofrem maior transformação de estado físico, resultando em maior demanda de força para a extrusora processar o produto. Como consequência disso, o consumo de energia elétrica e a energia mecânica específica transferidas para massa aumentaram a medida que os crescentes níveis de FBT foram adicionados.

A expansão de materiais amiláceos é inversamente proporcional à umidade do material a ser extrusado (ARÊAS, 1996). Segundo Ding et al. (2005), a água tem efeito inverso sobre a expansão, agindo como plastificante para materiais amiláceos, reduzindo sua viscosidade e a dissipação da energia mecânica no extrusor. Assim, o produto fica mais denso e o crescimento das bolhas é reduzido. Esse fato justifica a menor adição de água no condicionador em dietas com maior inclusão da FBT observada no presente trabalho.

Segundo Bhattacharya & Choudhury (1994) o aumento na gelatinização aumenta a expansão e diminui a densidade de dietas extrusadas. O maior número de poros em dietas com maior inclusão de FBT justifica a menor densidade dos extrusados nesse caso. Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que a FBT é um ingrediente com alto poder de gelatinização, gerando extrusados com baixa densidade e alto IE.

Borba (2005) estudando alguns parâmetros de extrusados de farinha de batata doce verificou que o IE dos extrusados variou entre 1,85 e 2,60, valores semelhantes aos encontrados nos extrusados contendo FBT no presente trabalho.

Dietas com densidade alta e baixa absorção de água são indícios de produtos pouco expandidos, com gelatinização do amido inadequada e com menor aproveitamento dos nutrientes (Camire, 2000) o que não é o caso do obtido no presente trabalho. Portanto, podemos afirmar que FBT é um ingrediente altamente responsivo ao processo de extrusão, gerando extrusados bem expandidos e que refletem na boa gelatinização do amido e melhor aproveitamento dos nutrientes pelo animal, como encontrado nos resultados de digestibilidade. No presente estudo, a inclusão de FBT na dieta aumentou a digestibilidade da maioria dos nutrientes e o aproveitamento da energia, tanto em cães adultos como filhotes. Esse fato pode ser explicado pelo maior teor de amido digestível e menor amido resistente das dietas com maior inclusão de FBT. Segundo Alexander (1995), o amido da fécula de batata possui maior viscosidade do que outras fontes amiláceas, formando pastas claras e com pouca tendência de retrogradar, devido ao elevado peso molecular das frações de amilose e das substituições por grupos fosfatos. Em estudos com ratos, Walter (2005) observou redução da digestibilidade aparente da MS e do amido em dietas com maiores níveis de AR. Para os filhotes, a inclusão de FBT aumentou a digestibilidade da proteína, o que se refletiu na menor produção de nitrogênio amoniacal em suas fezes. Esses dados discordam com os encontrados por Murray (1999), no qual a farinha de batata apresentou coeficientes de digestibilidade ileal da MS e PB menores, quando comparados com o milho, arroz, sorgo, trigo e cevada.

Cães filhotes apresentaram CDA da maioria dos nutrientes, exceto do EEA, menores quando comparados aos animais adultos. Gilham et al. (1993), Swanson et al. (2004) e Fahey et al. (2008) relatam que a melhora da digestibilidade de nutrientes conforme o animal envelhece, ocorre devido à maturação do trato gastrintestinal. No entanto, segundo estudo de Zanatta et al. (2011) não foram detectadas diferenças entre os cães adultos e filhotes sobre a digestibilidade aparente da MS, PB e na EM de dietas secas extrusadas. Em relação à consistência das fezes, cães filhotes apresentaram menor teor de MS, e conseqüentemente pior escore fecal, quando comparado com os cães adultos. A produção de fezes mais úmidas por filhotes pode ser explicada pela sua maior velocidade de trânsito intestinal em relação a cães adultos, resultando em menor absorção de água no intestino grosso, tal como relatado por Weber et al. (2003). Swanson et al. (2004) observaram que as mudanças da microbiota intestinal com a idade dos animais podem influenciar a digestibilidade das dietas e conseqüentemente, as características fecais.

Embora no presente experimento não foram detectadas diferenças estatísticas na maioria das características fecais (pH e escore), o tempo de trânsito intestinal mais curto associado a microbiota intestinal possivelmente em desenvolvimento pode explicar as diferentes características das fezes entre cães adultos e filhotes. Segundo estudo de Zanatta et al. (2011) cães filhotes apresentaram maior teor de umidade e de amônia nas fezes quando comparado com adultos, semelhante ao ocorrido nesse trabalho.

A inclusão de FBT resultou em extrusados com menor densidade, maior tamanho e IE e ainda maior dureza. Segundo Viera et al. (2010), o tamanho da partícula, forma, densidade, dureza, formato, umidade e tamanho dos alimentos são características que influenciam na palatabilidade dos alimentos para cães. Ainda de acordo com os autores, a densidade influencia a textura do produto, e, portanto na crocância e mastigação (força e número de mastigações) do animal. Além disso, interfere na superfície de contato e grau de absorção da gordura e palatabilizante aplicados por recobrimento nos extrusados, influenciando a percepção dos animais.

O fato da preferência dos cães filhotes ter mudado após as umidades das dietas terem sido igualadas, demonstra a importância dessa variável sobre a palatabilidade da dieta (umidades originais das dietas = 0% de FBT = 4,96; 10% de FBT = 4,57; 20% de FBT = 4,0 e 30% de FBT = 2,96%). Esse fato concorda com BRITO et. al. (2010), que observaram maior preferência de cães por dietas contendo 10% de umidade em relação a dietas contendo 8% de umidade. Sendo assim a FBT é um ingrediente altamente palatável para cães filhotes, quando comparada com o milho. No entanto, deve-se ter atenção ao teor de umidade da dieta.

5. CONCLUSÃO

A FBT se mostrou interessante fonte de amido em dietas para cães, tanto adultos quanto filhotes, aumentando a digestibilidade da maioria dos nutrientes e a matéria seca fecal, além de ser mais palatável, em relação ao milho. Ainda, reduz a amônia das fezes de cães filhotes. Trata-se de um ingrediente bastante responsivo ao processo de extrusão, com elevado índice de expansão, formando extrusados de baixa densidade, com maior porosidade e maior tamanho. No entanto, o processamento de dietas com FBT exige maior gasto com energia elétrica na fábrica, devido a complexidade do seu amido.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDER, R. J. Potato Starch: new prospects for an old product. **Cereal Foods World**. V.40, n.10, p. 763-764, October 1995.

ARÊAS, J. A. G. Interações moleculares do amido durante o processo de extrusão. **Boletim da sociedade brasileira de ciência e tecnologia de alimentos**, v. 30, n.1, p.28-30, 1996.

Association of American Feed Control Officials, 2003. Dog and cat nutrient profiles. Official Publications of the **Association of American Feed Control Officials** Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA.

AOAC. 1995. **Official methods of analysis**. 16th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.

BHATTACHARYA, S.; CHOUDHURY, G.S. Twin-screw extrusion of rice flour: effect of extruder length-to-diameter ratio and barrel temperature on extrusion parameters and product characteristics. **Journal of Food Process and Preservation**, v.18, p.389-406, 1994. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4549.1994.tb00261.x>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

BORBA, A. M.; SARMENTO, S.B.S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão em farinha de batata-doce. **Ciência Tecnologia Alimento**. Campinas, 25(4): 835-843, 2005.

BRITO, C.B.M., FELIX, A.P., JESUS, R. M., FRANÇA, M. I., KRABBE, E.L., OLIVEIRA, S.G., MAIORKA, A., 2010. Digestibility and palatability of dog foods containing different moisture levels, and the inclusion of a mould inhibitor. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, p.150-155, 2010.

CAMIRE, M.E. Chemical and nutritional changes in food during extrusion. In: RIAZ, M.N. Extruders in food applications. **CRC Press**, Boca Raton, p.127-147, 2000.

CARCIOFI, A.C., De-Oliveira, L.D., VALÉRIO, A.G., BORGES, L.L., CARVALHO, F.M., BRUNETTO, M.A., VASCONCELLOS, R.S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. **Anim. Feed Sci. Technol.** 151, 251-260

DING, Q.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of 23 rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, Oxford:Elsevier, v. 66, n. 3, p. 283-289, 2005.

FAHEY Jr., G.C.; BARRY, K.A.; SWANSON, K.S. Age-related changes in nutrient utilization by companion animals. **Annu. Rev. Nutr.**, v.28, p.425-445, 2008.

GILHAM M.S.; BOOLES D.; JOHNSON J.V. et al. Digestibility in labrador retrievers during growth. **Proc. Nutr. Soc.**, v.52, p.294, 1993. (Abstr.)

MATHIAS, C. Amidos no processo de extrusão. **Revista Pet Food Brasil**, ed. 10, p.26, out, 2010.

MURRAY, S.M.; FAHEY, G. C.; MERCHEN, N. R.; SUNVOLD, G.D.; REINHART, G. A. Evaluation of selected high-starch flours as ingredients in canine diets. **Journal Animal Science**. v.77, n.8, p.2180-2186,1999.

National Research Council, 2006. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. NRC, Natl. Acad. Press, Washington, DC, USA.

PHILLIPS-DONALDSON, D. The mother of all petfood trends: grain free. Disponível:<http://www.petfoodindustry.com/Default.aspx?pageid=7888&id=7964&blogid=761&terms=grain+free>. Acesso em: 16/09/2014. **Petfood industry**, 2011.

SAAD, F. M. O. B.; DUARTE, A.; SAAF, C. E. P.; SILVIA JÚNIOR, J. W.; LIMA, L. M. S.; LARA, L. B. **Aspectos técnicos-comerciais e avaliação da qualidade de alimentos para cães e gatos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 105p.

SWANSON, K.S.; KUZMUK, K.N.; SCHOOK, L.B. et al. Diet affects nutrient digestibility, hematology, and serum chemistry of senior and weanling dogs. **J. Anim. Sci.**, v.82, p.1713-1724, 2004.

TACO: Tabela brasileira de composição de alimentos / NEPA, UNICAMP.- 4. ed. revisada. e ampliada. Campinas: **NEPAUNICAMP**, 2011. 161 p.

THOMPSON, A. Ingredients: where pet food starts. **Topics in Companion Animal Medicine**, v.23, n. 3, p. 127-132, Aug. 2008.

VIEIRA, S. L., **Consumo e preferência alimentar dos animais domésticos**. 1 edição, 315p., Londrina PR, 2010.

WALTER, M. Amido resistente: Metodologias de quantificação e resposta biológica em ratos. 2005. 104 p. **Dissertação (Mestrado)**. Universidade Federal de Santa Maria, 2005.

WEBER, M.; MARTIN, L.; BOURGE, V. et al. Influence of age and body size on the digestibility of a dry expanded diet in dogs. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.**, v.87, p.21-31, 2003.

ZANATTA, C.P., FÉLIX, A.P., BRITO, C.B.M., MURAKAMI, F. Y., SABCHUK1, T.T, OLIVEIRA, S.G., MAIORKA, A. Digestibility of dry extruded food in adult dogs and puppies. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, n.3, p.784-787, 2011