

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**BATATA DOCE (*IPOMOEA BATATAS*) COMO FONTE DE
AMIDO EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES**

Amanda Vitta Takahashi
Zootecnista

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**BATATA DOCE (*IPOMOEA BATATAS*) COMO FONTE DE
AMIDO EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES**

Amanda Vitta Takahashi

Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Dissertação apresentada.

2020

Takahashi, Amanda Vitta
T136b Batata doce (ipomoea batatas) como fonte de amido em alimentos extrusados para cães / Amanda Vitta - Takahashi. -- Jaboticabal, 2020
53 p. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Aulus Cavalieri Carciofi

1. Processo de Extrusão. 2. Carboidratos na nutrição animal. 3. Insulina. 4. Glicose. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos
pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: BATATA DOCE (IPOMOEA BATATAS) COMO FONTE DE AMIDO EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES

AUTORA: AMANDA VITTA TAKAHASHI

ORIENTADOR: AULUS CAVALIERI CARCIOFI

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. AULUS CAVALIERI CARCIOFI (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. RICARDO SOUZA VASCONCELLOS (Participação Virtual) p/
Universidade Estadual de Maringá / UEM - Maringá/PR

Profa. Dra. THAILA CRISTINA PUTAROV (Participação Virtual) p/
Universidade Brasil/Campus Descalvado. / Descalvado/SP

Jaboticabal, 30 de outubro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR Amanda Vitta Takahashi –
Nascida em 29 de julho de 1992, em Jaboticabal – SP. Graduada em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), em fevereiro de 2017. Durante a graduação foi bolsista da FAPESP e CNPq de iniciação Científica durante um ano e meio, sob orientação do Professor Dr. Aulus Cavalieri Carciofi e fez parte da equipe do Programa de Educação Tutorial (PET Zootecnia – Unesp Jaboticabal) no período de dois anos. Em março de 2018 deu início no Programa de Mestrado em Zootecnia na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) na área Nutrição de Cães e Gatos, orientada pelo professor doutor Aulus Cavalieri Carciofi.

Dedico

Aos meus pais, Elaine C. de Aquino Vitta e Luiz A. Vitta Jr. e ao meu Marido

Rodrigo Faria Takahashi por toda dedicação, carinho e compreensão.

Agradecimentos

Primeiramente agradeço à Deus, que me deu forças para cumprir essa jornada e pelas oportunidades que me proporcionou.

Aos meus pais, que contribuíram para que tudo isso fosse possível e sempre me apoiaram.

Ao meu marido, que teve muita paciência, carinho e dedicação comigo, por ter estado ao meu lado todos esses anos, mesmo nos momentos mais difíceis, sempre me apoiando e me ajudando.

Ao meu tio, José Augusto por der me dado suporte para cursar a faculdade e todo carinho e preocupação comigo e minha família.

Aos meus cachorros Babi, Kiara, Nanico e Duke, por todo amor concedido, companheirismo e ter me proporcionado muita alegria.

Aos animais do laboratório, pelo carinho e momentos de alegria que me proporcionaram em especial a Azeitona, Ameixa Amora, Açaí, Amêndoa, Brisa, Barbie, Bruna, Babalu, Manolo, Major, Mike, Mel, Maia, Zara, Zoe, Zagalo, Zulu, Nenezico, Zeca, Chokito, Churros, Café, e Chaves por terem sido uma peça fundamental para que esse projeto acontecesse.

Aos meus amigos Laboratório, Thaila, Fernanda, Mayara, Peterson, Erico, Ludmilla, Stephanie, Carolina, Camila, Priscila, Leticia Pacheco, Lara, Leticia Luís, Debora, Pierina pelas oportunidades, ensinamentos, conversas e pelas alegrias.

Aos funcionários da Fábrica de Rações Hélinho e Lucas. Muito obrigado pela ajuda.

Ao meu orientador Aulus Cavalieri Carciofi, pela oportunidade de fazer parte do grupo e pelos conhecimentos passados.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada”, Elaine, Diego e Kelly, pela amizade, toda ajuda e pelo carinho para com os animais.

À Claudinha do Laboratório de Clínica e Cirurgia Veterinária, por toda ajuda para realizar as análises, paciência, dedicação e ensinamentos.

À Special dog Company, por financiar o estudo e pelo o apoio técnico e financeiro ao Laboratório de Pesquisas em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos.

À Affinity pelo o apoio técnico e financeiro ao Laboratório de Pesquisas em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos, tornando possível a realização do meu trabalho de conclusão de curso.

A Capes, por ter me concedido bolsa de Mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS...	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	vi
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURA	ix
LISTA DE ABREVIACÃO	x
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1. BATATA DOCE (<i>Ipomoea batatas</i> L.).....	2
2.2. ESTRUTURA DO AMIDO.....	3
2.3. AMIDO NO PROCESSO DE EXTRUSÃO.....	4
2.4. DIGESTÃO E METABOLISMO DO AMIDO EM CÃES.....	5
3. OBJETIVO GERAL.....	5
4. REFERÊNCIAS.....	8
CAPITULO 2 – BATATA DOCE (<i>Ipomoea batatas</i>) COMO FONTE DE AMIDO EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES¹	14
RESUMO.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	18
2.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DIETAS.....	18
2.3. AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E ENERGIA METABOLIZÁVEL DAS RAÇÕES.....	25
2.2. AVALIAÇÃO DO pH E PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO MICROBIANA NAS FEZES.....	27
2.3. TESTE DE SACIEDADE.....	28
2.4. AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS PÓS-PRANDIAIS DE GLICOSE E INSULINA DOS CÃES.....	29
2.5. TESTE DE PALATABILIDADE.....	30
3. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	31
4. RESULTADOS.....	32

5. DISCUSSÃO	44
6. CONCLUSÃO	48
7. REFERÊNCIAS	49



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



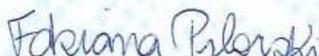
CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **"Batata doce (*Ipomoea batatas*) como fonte de amido em alimentos extrusados para cães"**, protocolo nº 08378/19, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 15 de agosto de 2019.

Vigência do Projeto	01/04/2019 a 15/05/2019
Espécie / Linhagem	Cão / Beagle
Nº de animais	32
Peso / Idade	12 kg / 1 a 5 anos
Sexo	Machos e fêmeas
Origem	FCAV - UNESP

Jaboticabal, 15 de agosto de 2019.


Prof.^a Dr.^a Fabiana Pilarski
Coordenadora – CEUA

BATATA DOCE (*IPOMOEA BATATAS*) COMO FONTE DE AMIDO EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES

RESUMO – A prevalência da obesidade e doenças decorrentes de sobrepeso em animais de companhia faz com que a indústria *pet food* busque por novos ingredientes para atender a este nicho de mercado. Alimentos *grain free* para cães e gatos vem tomando espaço no mercado. Carboidratos, além de serem essenciais para o processo de extrusão, são fontes de energia para os animais, dessa forma a procura por ingredientes que possam ser substitutos aos grãos está cada vez maior. A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é um tubérculo rico em amido, que tem rápida absorção e apresenta um baixo índice glicêmico tornando – se um ingrediente interessante a ser adicionado à alimentos para animais obesos e com diabetes mellitus. O presente estudo avaliou os efeitos da farinha de batata doce (FBD) sobre os parâmetros da extrusão de alimentos, digestibilidade dos nutrientes, produtos de fermentação microbiana nas fezes, saciedade e palatabilidade das dietas e respostas pós-prandiais de glicose e insulina de cães. Foram utilizados 24 cães adultos distribuídos em quatro tratamentos: CO – dieta padrão formulada com arroz e sem adição FBD; BD33- substituição de 33% de arroz por FBD; BD67- substituição de 67% de arroz por FBD; BD100 - substituição de 100% de arroz por batata doce. A influência do ingrediente durante o processo de extrusão foi avaliada, assim como a macroestrutura dos kibbles. Para o estudo com os animais, foram 10 dias de adaptação e 12 de coleta, sendo 5 dias para o ensaio de digestibilidade aparente (CDA) pelo método coleta total de fezes, 3 dias consecutivos de coleta de fezes frescas para determinação dos produtos de fermentação e 4 dias para o teste de saciedade, sendo foi ofertado 90 min após o consumo da dieta experimental, 500g de uma dieta desafio. Para as respostas pós prandiais de glicose e insulina, os cães passaram por 5 dias de adaptação e 2 de coletas de sangue. Os dados de extrusão, digestibilidade, características das fezes e saciedade foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas por contraste polinomial em função da inclusão de BD. Resultados de palatabilidade foram comparados pelo teste T-Student. As respostas pós-prandiais foram avaliadas por análise de variância de medidas repetidas no tempo. Valores de $P < 0,05$ foram considerados significativos. A inclusão de BD tornou necessária redução na adição de água durante o processamento para evitar aglomeração dos kibbles na saída da extrusora, resultando em elevação da aplicação de energia mecânica específica, de pressão e da temperatura de extrusão ($P < 0,05$). A gelatinização do amido ($>97\%$) foi semelhante, sem alteração na densidade aparente dos kibbles ($P > 0,05$). Houve aumento da expansão radial, redução da expansão axial e da digestibilidade *in vitro*, provavelmente em função da elevada quantidade de fibra da BD ($P < 0,05$). A adição de BD resultou em redução linear do CDA da matéria seca, matéria orgânica, amido e energia bruta das dietas ($P < 0,05$). A produção de fezes aumentou linearmente ($P > 0,05$), enquanto a matéria seca e escore fecal diminuíram ($P < 0,05$). As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta e lactato aumentaram linearmente ($P < 0,05$), enquanto a de ácidos graxos de cadeia ramificada e amônia reduziram linearmente com a inclusão de BD ($P < 0,05$). No teste de saciedade, não foi verificado efeito de dieta ($P > 0,05$). O consumo da ração à base de BD (BD100) resultou em menor incremento máximo de glicose e menor área abaixo da curva de insulina no período de 120 a 420 min ($P < 0,05$), com tendência à redução

da insulina máxima ($P=0,107$) e área abaixo da curva total de insulina ($P=0,095$) em relação à dieta CO. Nos desafios de palatabilidade, CO *versus* BD33 e CO *versus* BD100 apresentaram consumo semelhante ($P>0,05$), mas no desafio CO *versus* BD66 os cães tiveram maior ingestão da BD66 ($P<0,05$), sugerindo palatabilidade semelhante ou preferência para BD. Concluiu-se que a substituição de quirera de arroz por batata doce requer ajustes nos parâmetros de extrusão, mas não interfere na qualidade final dos kibbles. Reduziu a digestibilidade da energia e aumentou a concentração de produtos de fermentação nas fezes, com possíveis implicações à saúde intestinal. Por promover a redução da secreção pós-prandial de insulina pode ser utilizada em animais com distúrbios no metabolismo de carboidratos.

Palavras-chave: digestibilidade, extrusão, insulina, glicose, ácidos graxos de cadeia curta

SWEET POTATOES (IPOMOEA BATATAS) AS STARCH SOURCE TO EXTRUDED DOGS FOODS

ABSTRACT – The prevalence of obesity and diseases resulting from overweight in pet animals makes the pet food industry look for new ingredients to serve this market niche. Grain free food for dogs and cats has been taking over the market. Carbohydrates, besides being essential for the extrusion process, are energy sources for animals, so the demand for ingredients that can be substitutes for grains is increasing. Sweet potato (*Ipomoea potatoes* L.) is a tuber rich in starch, which has fast absorption and low glycemic index making it an interesting ingredient to be added to food for obese animals and with *diabetes mellitus*. The present study evaluated the effects of sweet potato flour (SPF) on the parameters of food extrusion, digestibility of nutrients, microbial fermentation products in feces, satiety and palatability of diets and postprandial glucose and insulin responses in dogs. Twenty-four adult dogs were used, distributed in four treatments: CO - standard diet formulated with rice and without SPF addition; BD33- replacement of 33% of rice by FBD; BD67- replacement of 67% of rice by SPF; BD100 - replacement of 100% rice for SPF. The influence of the ingredient during the extrusion process was evaluated, as well as kibbles macrostructure. For the study with the animals, it was 10 days of adaptation and 12 days of collection, being 5 days for the coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD) following the total feces collection method, three consecutive days of fresh feces collection to determine the fermentable products and 4 days for the satiety test, being offered 90 min after the consumption of the experimental diet, 500g of a challenge diet. For postprandial glucose and insulin responses, the dogs went through 5 days of adaptation and 2 of blood collections. Data of extrusion, CTTAD, stool characteristics and satiety were submitted to analysis of variance and the means were compared by polynomial contrast according to the inclusion of SPF. Palatability results were compared using the T-Student test. Postprandial responses were evaluated by analysis of variance of repeated measures over time. Values of $P < 0.05$ were considered significant. The inclusion of SPF made it necessary to reduce the addition of water during processing to avoid agglomeration of the kibbles at the extruder die, resulting in increased application of specific mechanical energy, pressure, and extrusion temperature ($P < 0.05$). The starch gelatinization ($> 97\%$) was similar, with no change in the kibble's apparent density ($P > 0.05$). There was an increase in radial expansion, a reduction in axial expansion and *in vitro* digestibility, probably due to the high amount of SPF fiber ($P < 0.05$). The addition of SPF resulted in a linear reduction in the CTTAD of dry matter, organic matter, starch, and gross energy of the diets ($P < 0.05$). Stool production increased linearly ($P > 0.05$), while feces dry matter and fecal score decreased ($P < 0.05$). The concentrations of short-chain fatty acids and lactate increased linearly ($P < 0.05$), while that of branched-chain fatty acids and ammonia decreased linearly with the inclusion of SPF ($P < 0.05$). In the satiety test, there was no effect of diet ($P > 0.05$). The diet consumption formulated with 100% of replacement of rice for SPF (BD100) resulted in a lower maximum glucose increment and a lower area under the curve for insulin in the period 120 to 420 min ($P < 0.05$), with a tendency of reduction of maximum ($P = 0.107$) and total area under the curve of insulin ($P = 0.095$) compared to CO diet.

In the palatability challenges, CO versus BD33 and CO versus BD100 showed similar consumption ($P > 0.05$), but in the CO versus BD66 challenge the dogs had a higher intake of BD66 ($P < 0.05$), suggesting similar palatability or preference for SPF. In conclusion, the replacement of rice by sweet potato flour requires adjustments in the extrusion parameters but does not interfere in the kibble's final quality. It reduced the digestibility of energy and increased the concentration of fermentation products in the feces, with possible implications for intestinal health. By promoting the reduction of postprandial insulin secretion, it can be used in animals with disturbances in carbohydrate metabolism.

Keywords: digestibility, extrusion, insulin, glucose, short-chain fatty acids

LISTA DE TABELAS

		Página
Tabela 1.	Composição de ingredientes e composição química analisada das dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.	19
Tabela 2.	Composição química analisada da amostra de quirera de arroz e de farinha integral de batata doce empregadas no estudo.	21
Tabela 3.	Parâmetros de processamento e balanço de energia de dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.	33
Tabela 4.	Macroestrutura dos <i>kibbles</i> , gelatinização do amido e digestibilidade in vitro da matéria orgânica de dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.	34
Tabela 5.	Ingestão de nutrientes (g/cão/dia) e coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia de dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.	36
Tabela 6.	Produção, características e concentração de produtos de fermentação microbiana nas fezes de cães alimentados com dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.	37
Tabela 7.	Consumo das dietas experimentais e dieta comercial desafio durante avaliação da saciedade de cães alimentados com dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce. Valores médios de 4 dias de teste com cada cão.	38
Tabela 8.	Ingestão de nutrientes no dia da avaliação das respostas pós-prandiais de insulina e glicose de cães alimentados com dietas experimentais à base de quirera de arroz ou farinha integral de batata doce.	39
Tabela 9.	Valores de glicose e insulina plasmáticas de cães alimentados com dietas experimentais à base de quirera de arroz ou farinha integral de batata doce.	40
Tabela 10.	Áreas abaixo da curva (AAC) de glicose (mg/dL/h) e insulina (pmol/L/h) de cães alimentados com dietas experimentais à base de quirera de arroz ou farinha integral de batata doce.	40
Tabela 11.	Teste de palatabilidade e primeira escolha de cães alimentados com dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.	43

LISTA DE FIGURA

	Página
Figura 1. Incremento pós-prandial de glicose sérica de cães alimentados com dietas experimentais com quirera de arroz ou farinha integral de batata doce como fonte de carboidrato.	41
Figura 2. Incremento pós-prandial de insulina sérica de cães alimentados com dietas experimentais com quirera de arroz ou farinha integral de batata doce como fonte de carboidrato.	42

LISTA DE ABREVIÇÃO

AAFCO	Association of American Feed Control Officials
AAI	Áreas abaixo da curva do incremento
ACC	Áreas abaixo da curva
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AGCR	Ácidos graxos de cadeia ramificada
AGV	Ácidos graxos voláteis
AOAC	Association of the Official Analytical Chemists
AR	Amido resistente
AT	Amperagem do motor em trabalho
AV	Amperagem do motor vazio
CDA	Coeficientes de digestibilidade aparente
CESP	Comprimento específico
COSF	Fator de potência do motor
DGM	Diâmetro Geométrico Médio
DK	Densidade específica dos <i>kibbles</i>
EB	Energia bruta
EME	EME – energia mecânica específica
EPM	Erro padrão da média
ER	Expansão radial
ETE	Energia térmica específica
ETT	Energia específica total
FDT	Fibra dietética total
FEDIAF	Federação Europeia das Indústrias de Pet Food
g	Gramas
GLM	General linear models
H	Horas
HCl	Ácido clorídrico
Kg	Kilocalorias
kW	Kilowatt
M	Taxa de produtividade da extrusora

mg	Miligramas
mm	Milímetro
MM	Matéria mineral
MN	Matéria Natural
MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
NaOH	Hidróxido de sódio
NRC	Nacional Research Council
PB	Proteína Bruta
RD	Amido rapidamente digestível
RL	Amido lentamente digestível
SAS	Statistical Analysis System
ton	Tonelada

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A partir do conhecimento das necessidades nutricionais básicas dos animais, busca-se atualmente novas abordagens em nutrição de cães e gatos, enfatizando a utilização de ingredientes que promovam bem-estar e saúde. O mercado de ingredientes alimentares pet está em crescente expansão, movimentando em 2018 USD 34,96 milhões, e está projetado para atingir um valor de USD 45,44 bilhões em 2023 (GERALDES, 2019). Entre as tendências que atualmente impulsionam a indústria *pet food*, a ração “*grain-free*”, ou livre de grãos é significativa. Nesse tipo de dieta, explora-se como apelo de venda o não emprego de cereais (milho, arroz, trigo e sorgo), substituídos por leguminosas (lentilha e ervilha) e tubérculos (batata e mandioca) como fonte de amido.

Esse tipo de alimento tem como fundamento a crença equivocada de que a ingestão de carboidratos pelos cães é prejudicial à saúde. Em sua origem, o cão é um animal carnívoro cuja dieta pode ser isenta de carboidratos digestíveis, porém devido às pressões evolutivas, o seu metabolismo passou por adaptações e os genes envolvidos na digestão do amido foram evidenciados, tornando-o muito eficiente na sua digestão (REITER et al., 2016; AXELSSON et al., 2013; CARCIOFI et al., 2008). Além disso, a utilização de carboidratos em formulações de rações colabora para adequada extrusão, além de ser considerado o meio mais econômico de se fornecer energia metabolizável para os animais, em detrimento às proteínas e lipídios.

Arroz, milho, batata e mandioca têm sido fontes de carboidratos utilizadas em rações *pet food*, porém estas promovem maiores respostas glicêmicas (CARCIOFI et al., 2008; DUPUIS and LIU, 2019) limitando a sua utilização em rações voltadas para animais com a resistência insulínica e/ou diabéticos, alterações presentes em animais obesos e idosos. A batata doce, por sua vez, apresenta maior porcentagem de amido resistente (5% a 9%) e menor teor de amido rapidamente digestível (10% a 20%) quando comparado à batata comum (ZHANG et al., 2018; DUPUIS e LIU, 2019). Para humanos, essa característica promove menores respostas glicêmicas quando comparado à batata comum e mandioca.

Maior expectativa e qualidade de vida estão associadas à compreensão sobre o efeito dos ingredientes e dos nutrientes sobre a melhora das características de saúde, redução da ocorrência de doenças crônicas e melhora na imunidade (CARCIOFI & JEREMIAS, 2010), e este tem sido um dos grandes desafios da indústria *pet food*. Diante do exposto, a hipótese deste estudo é que a farinha integral de batata doce apresente reduzida resposta glicêmica e insulinêmica, favoreça saciedade, seja adequadamente consumida, promova redução da digestibilidade aparente da energia da dieta e aumente a concentração de ácidos graxos de cadeia curta nas fezes, oriundos da fermentação no cólon de sua fibra. Em se confirmando estas hipóteses, a farinha integral de batata doce será ingrediente benéfico a animais com distúrbios ligados ao metabolismo de carboidratos, em formulações de baixa energia e em situações de saúde onde maiores ingestões de fibra são benéficas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. BATATA DOCE (*Ipomoea batatas L.*)

A batata-doce (*Ipomoea batatas L.*) é uma planta dicotiledônea que pertence à família Convolvuceae. É um tubérculo com composição muito variada mudando de acordo com o cultivar. A batata doce é composta por 50% – 70% de amido com 34% de amilose e 76% de amilopectina, 70% de umidade, 2,36% – 7,79% de proteínas, 0,24% – 1,11% de gordura, 5,02% – 14,35% de fibra dietética total (31,2% - 40% de celulose, 16,9% de lignina, 15,7% de pectina e 9,7% - 11,3% de hemicelulose), e 1,07% – 9,78% de açúcares, (KOUROUMA et al., 2020; MEI et al., 2010; SALVADOR et al., 2000; ZHU & WANG, 2014).

No Brasil, é a quarta hortaliça mais consumida, sendo boa fonte de energia e vitaminas. É uma planta tropical rústica resistente às pragas e à seca, com boa adaptação, tem baixo custo de produção, podendo ser produzida inclusive em regiões menos favorecidas, além de ser mais eficiente em produzir energia líquida que o arroz, milho e sorgo (EMBRAPA, 2019).

O país com maior produção de batata-doce é a China, que produz 72,03 milhões de toneladas, representando cerca de 63% da produção total; a Nigéria vem

em segundo lugar com 1,92%. A produção brasileira representa 0,30% do total produzido no mundo (FAOSTAT, 2017). No Brasil, foram produzidas ao todo 669.454 toneladas, no ano de 2016, em 43.161 hectares, representando um valor monetário médio anual de aproximadamente R\$ 312.894.364,53. A região sul é responsável por 50% desse montante, seguido pela região nordeste com 29,45% (IBGE, 2016).

2.2. ESTRUTURA DO AMIDO

O amido é polissacarídeo não estrutural armazenado em grânulos nos cereais, leguminosas e tubérculos. É construído por dois polímeros, amilose e amilopectina. A amilose é constituída de cadeias simples de glicose com ligações glicosídica α -1,4, enquanto a amilopectina, parte mais digestível, compõe a maior parte do amido. Esta é constituída por cadeias longas e ramificadas de α -glicose unidas pela ligação α -1,4'-glicosídica e α -1,6 (NRC, 2006; MEYER, 1990; CHEEKE, 1999).

Estes carboidratos são macronutrientes formados de carbono, oxigênio e hidrogênio. O NRC (2006) propõe classificação funcional dos carboidratos, em 4 grupos: absorvíveis (monossacarídeos), digeríveis (dissacarídeos, alguns oligossacarídeos e polissacarídeos não estruturais como o amido), fermentáveis (lactose, alguns oligossacarídeos e amido resistente) e não fermentáveis (fibras insolúveis ricas em celulose, hemicelulose e lignina).

Em geral, os grânulos de amido são formados por um hilo central envolto por anéis de crescimento que são organizados em regiões cristalinas constituídas pelas duplas hélices das cadeias paralelas A e B da amilopectina e amorfas com pontos de ramificação das cadeias laterais da amilopectina e, possivelmente, alguma amilose (ELIASSON, 1996; OATES, 1997; ELIASSON, 2004). O grânulo da batata doce tem estrutura arredondada, poligonal e oval ou semi-oval com poli-morfologia do tipo A ou C (uma mistura dos tipos A e B) e diâmetro de 2 a 45 μ m (Zhu & Wang, 2014)

O amido cru de cereais ou tubérculos contém alto teor de amido resistente (AR) e baixo teor de amido rapidamente digestível (RD) e lentamente digestível (LD). A partir do seu cozimento, essas proporções se invertem (TING – HUANG et al., 2016). Contudo, mesmo após sua cocção, pode ocorrer a formação de amido resistente por vários fatores, dentre eles podemos destacar o cozimento incorreto associado com o

resfriamento, temperatura, tempo de armazenamento, pH, presença de outros componentes (lipídios, eletrólitos e açúcares) e condições de processamento (SARKO & WU, 1978; PARKER & RING, 2001; THARANATHAN, 2002). A batata doce crua contém 84,9% - 88,0% de amido resistente. Após seu cozimento este diminui para 10,2% - 14,7% e quando resfriado aumenta para 14% - 22,4% (ZHANG et al., 2018). Estes dados, no entanto, devem ser considerados com cautela uma vez que estes ensaios in-vitro não são validados para cães.

2.3. AMIDO NO PROCESSO DE EXTRUSÃO

A extrusão tem como principal característica melhorar a qualidade do alimento, mediante boa mistura, cozimento e formatação, que melhora a biodisponibilidade dos nutrientes, aumenta a possibilidade de uso de matérias primas e a vida de prateleira da ração. Na extrusão, associa-se energia mecânica e térmica que promovem modificações na estrutura do amido deixando-o disponível para ação das enzimas digestíveis, além de conseguir eliminar alguns fatores antinutricionais presentes em alguns ingredientes e microrganismos patogênicos (HENDRIKS & SRITHARAN, 2002; DONA et al., 2010).

No processamento do alimento, os ingredientes são previamente moídos e misturados, depois passam por 5 etapas consecutivas: condicionamento, extrusão propriamente dita, corte, secagem e recobrimento. No pré-condicionador ocorre o cozimento do amido, formando uma massa homogênea com a adição da energia térmica, mediante injeção de vapor direto e água. Nesta etapa, ocorre a hidratação interna dos grânulos de amido, sanitização, também favorecendo a estabilidade e produtividade da extrusora (RIAZ, 2007; TRAN et al., 2008; BAZOLLI, 2007). Em seguida, a massa é transportada para o canhão da extrusora, onde irá receber energia mecânica e/ou térmica, induzindo profunda transformação do amido dos ingredientes. Na extrusora, a energia mecânica provém de um sistema composto por uma rosca sem fim, que gira a uma velocidade variável promovendo o cisalhamento da massa contra seu revestimento enquanto a comprime contra a matriz, na extremidade do cilindro, criando pressão, fricção e temperatura (GIBSON & ALAVI, 2013).

Durante a extrusão, o amido passa por sucessivas transformações físicas, transitando da fase vítrea para a fase líquida no final do tubo extrusor, em função do derretimento de seus grânulos. Este processo resulta na formação de massa viscoelástica que absorve a energia mecânica disponibilizada pelo movimento de rotação da rosca extrusora, criando matriz contínua que reúne as demais partes do alimento, como proteínas, lipídeos, fibras e minerais, em um *kibble* homogêneo e com estrutura (RIAZ, 2003; GUY, 2001). Estas alterações no amido resultam em seu cozimento, denominado de gelatinização, dependente da temperatura, umidade, pressão, tempo de residência e transferência de energia térmica e mecânica (ZENG et al., 1997; RATNAYAKE e JACKSON, 2009; PACHECO et al., 2018).

Ao sair do tubo extrusor, o diferencial de pressão e temperatura induz vaporização da água que deforma o amido gelatinizado criando como resultado estrutura celular nos *kibbles*, responsável por sua expansão e formação de crocância, essenciais à aparência e palatabilidade das rações (BALLER et al., 2018). Cereais e tubérculos podem ter comportamento diferente durante a extrusão, pois apresentam diferenças na forma cristalina de seus grânulos, bem como na relação amilose:amilopectina que influenciam a formação de viscosidade e gelatinização (ELIASSON, 2004; OATES, 1997; SINGH et al., 2003). Estas características podem se refletir nas condições de processamento e formação dos *kibbles*, devendo ser investigadas para as diferentes fontes de carboidratos.

2.4. DIGESTÃO E METABOLISMO DO AMIDO EM CÃES

2.4.1. DIGESTIBILIDADE E PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL

Muitos acreditam que os cães, por serem animais carnívoros, não digerem amido, mas estudos mostram que eles têm uma eficiente digestão. Carciofi et al. (2008) encontraram digestibilidade aparente superior a 95% de amido dos cereais, leguminosas e da farinha de mandioca extrusados. A susceptibilidade do amido a ação da amilase nos monogástricos parece depender de seu cozimento, pois o amido cru ou quando não cozido de forma correta pode ser resistente à hidrólise no intestino delgado, sendo completamente ou parcialmente fermentado no intestino grosso

(NUGENT, 2005; WALTER, 2005). Enquanto a digestão de amido no intestino delgado leva à absorção de glicose, o principal combustível celular, quando fermentado no intestino grosso leva à produção de butirato e outros ácidos graxos de cadeia curta, sendo considerado prebiótico (DRONAMRAJU et al., 2009). Ribeiro et al. (2019) encontraram que dietas com alto diâmetro geométrico médio (DGM) levou a maior formação de amido resistente durante a extrusão, gerando um aumento na produção dos ácidos graxos de cadeia curta acetato, propionato e butirato, que melhoram a saúde intestinal e servem de energia para os colonócitos (PEIXOTO, et al., 2017; BUENO et al., 2000, CLEMENS et al., 1998).

Estudo de nosso grupo de pesquisa detectou diferenças entre ingredientes quanto a sua digestibilidade em cães (CARCIOFI et al., 2008). Utilizando alimentos extrusados, foram comparados três cereais, a quirera de arroz, o milho e o sorgo, um tubérculo (farinha de mandioca) e duas leguminosas (ervilha e lentilha). Apesar do amido ter apresentado mais de 98% de digestibilidade aparente, o arroz se destacou dentre os cereais e dieta a base deste cereal apresentou maior digestibilidade na matéria seca, semelhante à encontrada nas dietas à base de farinha de mandioca. Também se encontrou que a fibra dietética total, presente em maior concentração nas rações com ervilha e lentilha, causou redução na digestibilidade das dietas à base destas leguminosas. Domingues (2019), em estudo com cães, demonstrou que a digestibilidade aparente em dietas contendo fécula de batata é maior que em dietas contendo milho, isto ocorreu devido à fécula de batata ter maior teor de amilopectina, favorecendo sua gelatinização e digestibilidade.

2.4.2. METABOLISMO DE CARBOIDRATOS

Alterações no tempo de liberação e concentrações sanguíneas de insulina e glicose são importantes para o metabolismo animal, já que cães quando ficam idosos ou obesos podem desenvolver resistência insulínica (LARSON et al., 2003; LAWLER et al., 2007). A glicose é monossacarídeo resultante da digestão de carboidratos amiláceos, considerada a principal fonte de energia em monogástricos. Devido sua grande importância na homeostasia energética do organismo, a glicemia é modulada através de mecanismos hormonais e não hormonais, sendo a insulina o mecanismo

hormonal o mais estudado. A insulina, sintetizada pelas células *beta* das ilhotas de Langerhans do pâncreas endócrino, atua em sistema *feedback* negativo com a glicose sanguínea (GRECCO & STABENFELDT, 1999).

As diversas fontes de amido geram diferentes respostas pós-prandiais de glicose e insulina nos monogástricos, pois estas dependem do tempo que levam para que ocorra a digestão e absorção no intestino delgado (OLIVEIRA et al., 2008). Cereais como milho e arroz geram respostas glicêmicas mais rápidas, pois tem pouca fibra e são mais rapidamente digeridos e absorvidos, o que pode não ser ideal para animais que apresentam obesidade, doenças endócrinas como diabetes ou idade mais avançada (CARCIOFI et al., 2008; ENGLYST et al., 2003). Em condições de alterações do metabolismo de carboidratos indica-se a utilização de dietas que minimizem e estendam a onda glicêmica e insulinêmica pós-prandial e que favoreçam aos animais o restabelecimento mais rápido e fisiológico da glicose sanguínea (RIBEIRO et al., 2019; BOUCHARD & SUNVOLD, 1999; BRAND-MILLER, 1994).

Devido as suas características, a batata doce promove baixos a médios índices glicêmicos em seres humanos (ALLEN et al. 2012), sendo isto atribuído às características de seu amido e a maior quantidade de fibra do ingrediente, podendo ainda favorecer saciedade e o trânsito do bolo alimentar.

3. OBJETIVO GERAL

Diante do exposto, este estudo teve por objetivo avaliar os efeitos da substituição de quireira de arroz, empregada como cereal referência, por farinha integral de batata doce, verificando seu efeito no processo de extrusão e formação dos *kibbles*, nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, produtos de fermentação nas fezes, palatabilidade dos alimentos e respostas pós-prandiais de saciedade, glicose e insulina dos cães.

4. REFERÊNCIAS

AXELSSON, R.; RATNAKUMAR, A.; ARENDT, M. L.; MAQBOOL, K.; WEBSTER, M. T.; PERLOSKI, P.; LIBERG, O.; ARNEMO, J. M.; HEDHAMMA, A.; LINDBLAD-TOH, K. (2013) The genomic signature of dog domestication reveals adaptation to a starch-rich diet. **Nature**, v. 495, n. 7441, p. 360-364

ALLEN, J. C.; CORBITT, A. D.; MALONEY, K. P.; BUTT, M. S.; TRUONG, V. D. (2012) Glycemic Index of Sweet Potato as Affected by Cooking Methods. **The Open Nutrition Journal**, v. 6, p. 1-11.

BAZOLLI, R. S. (2007) **Influência do grau de moagem de ingredientes amiláceos utilizados em rações extrusadas sobre os aspectos digestivos e respostas metabólicas em cães**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Medicina veterinária, Jaboticabal - SP.

BALLER, M. A.; PACHECO P. D. G.; PERES, F. M.; MONTI M.; CARCIOFI. A. C. (2018) The effects of in-barrel moisture on extrusion parameters, kibble macrostructure, starch gelatinization, and palatability of a cat food. **Animal feed science and technology**, v. 246, p. 82-90.

BOUCHARD, G. F.; SUNVOLD, G. D. (1999) Improving canine glycemic response to a meal with dietary starch. **THE NORTH AMERICAN VETERINARY CONFERENCE**. p. 16-19.

BRAND MILLER, J.C. (1994) Importance of glycemic index in diabetes. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 59S, p. 747-752.

BUENO A. R.; CAPPEL, T. G.; SUNVOLD, G. D. (2000a) Feline colonic morphology and mucosal 493 tissue energetics as influenced via the source of dietary fiber. **Nutrition Research**. V. 20, p. 985-993.

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

CARCIOFI, A.C.; JEREMIAS, J.T. (2010) Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.35-41.

CHEEKE, P. R. (1999) Applied animal nutrition: feeds and feeding. **New Jersey: Prentice-Hall**. ed. 2, p. 26-81.

CLEMENS, E. T.; SUNVOLD, G. D.; REINHART, G. A. (1998) Cat and dog fiber source diet: comparative study of colonic morphology and function. **Proc Comp Nutr Sot**, v. 2, p. 1-24.

DOMINGUES, L.; MURAKAMI, F.; ZATTONI, D.; KAELE, G.; DE OLIVEIRA, S.; FÉLIX, A. (2019). Effect of potato on kibble characteristics and diet digestibility and palatability to adult dogs and puppies. **Italian Journal of Animal Science**, v.18 n. 1, p. 292-300.

DONA, A. C.; PAGES, G.; GILBERT, R. G.; KUCHEL, P. W. (2010) Digestion of starch: *In vivo* and *In vitro* kinetic models used to characterize oligosaccharide or glucose release. **Carbohydrate Polymers**. v.83, p.1775-1786.

DRONAMRAJU, S. S.; COXHEAD, J. M.; KELLY, S. B.; BURN, J.; MATHERS, J. C. (2009) Cell kinetics and gene expression changes in colorectal cancer patients given resistant starch: a randomised controlled trial. **Gut**, v. 58, n. 3 p. 413-420.

DUPUIS, J. H.; LIU, Q. (2019) Potato starch: a review of physicochemical, functional and nutritional properties. **American Journal of Potato Research**, v. 96, n. 2, p. 127-138.

ENGLYST, K. N.; VINOY, S.; ENGLYST, H. N.; & LANG, V. (2003). Glycaemic index of cereal products explained by their content of rapidly and slowly available glucose. **British Journal of Nutrition**, v. 89 n. 3, p. 329-339.

ELIASSON, A. C.; GUDMUNDSSON, M. (1996). Starch: Physicochemical and functional aspects. **Food Science And Technology-New York-Marcel Dekker-**, p. 431-504.

ELIASSON, A.C. (2004). **Starch in food: Structure, function and applications**. CRC press

EMBRAPA (2019) Batata-doce cultivar adequada faz toda a diferença. **Campo & Negocio hortifruti**, Brasilia D.F., p. 25.

FAOSTAT, Food. Agriculture Organization of the United Nations Statistics Division. **Economic and Social Development Department, Rome, Italy.** Disponível em < <http://faostat3.fao.org/home/E>.> Acesso em: 28/06/2018, v. 12.

GERALDES, D (2019) Mercado de ingredientes para alimentos para animais de estimação deve chegar a 45,44 milhões de dólares em 2023 Disponível em < <https://www.editorastilo.com.br/mercado-de-ingredientes-para-alimentos-para-animais-de-estimacao-deve-chegar-a-4544-milhoes-de-dolares-em-2023/>> Acesso em: 15/11/2020.

GIBSON, M. W.; ALAVI, S. (2013) Pet food processing: understanding transformations in starch during extrusion and baking. **Cereal Foods World**, v. 58, n. 5, p. 232-236.

GRECO, D.S.; STABENFELDT, G.H. (1999) Glândulas Endócrinas e Suas Funções. In: **Cunningham Tratado de Fisiologia Veterinária**, ed. 2, p. 339-344.

GUY, R. (2001). **Extrusion cooking: technologies and applications**. Cambridge, United Kingdom

HENDRIKS, W. H.; SRITHARAN, K.; HODGKINSON, S. M. (2002) Comparison of the endogenous ileal and faecal amino acid excretion in the dog (*Canis familiaris*) and the rat (*Rattus rattus*) determined under protein-free feeding and peptide alimentation. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 86, n. 9-10, p. 333-341.

IBGE (2016) - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Séries estatísticas, tema lavouras temporárias, 1990-2014. disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/>>. Acesso em 01/05/2019.

KOUROUMA, V.; MU, T. H.; ZHANG, M.; SUN, H. N. (2020) Comparative study on chemical composition, polyphenols, flavonoids, carotenoids and antioxidant activities of various cultivars of sweet potato. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 1, p. 369-378.

LARSON, B. T.; LAWLER, D. F.; SPITZNAGEL, E. L.; KEALY, R. D. (2003) Improved glucose tolerance with lifetime diet restriction favorably affects disease and survival in dogs. **Journal of Nutrition**, v. 133, n. 9, p. 2887-2892.

LAWLER, D. F.; BALLAM, J. M.; MEADOWS, R.; LARSON, B. T.; LI, Q.; STOWE, H. D.; KEALY, R. D. (2007) Influence of lifetime food restriction on physiological variables in Labrador retriever dogs. **Experimental Gerontology**, v. 42, n. 3, p. 204-214.

MEYER, J. P.; ALLEN, N.e J.; GELLATLY, I. R. (1990) Affective and continuance commitment to the organization: Evaluation of measures and analysis of concurrent and time-lagged relations. **Journal of applied psychology**, v. 75, n. 6, p. 710.

MEI, X.; MU, T. H.; HAN, J. J. (2010). Composition and physicochemical properties of dietary fiber extracted from residues of 10 varieties of sweet potato by a sieving method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p.7305–7310.

NRC (2006). **Nutrient requirements of dogs and cats**. Revista National Academies Press, Washington, DC.

NUGENT, A. P. (2005) Health properties of resistant starch. **Nutrition Bulletin**, v. 30, n. 1, p. 27-54.

OATES, C. G. (1997) Towards an understanding of starch granule structure and hydrolysis. **Trends in Food Science & Technology**, v. 8, n. 11, p. 375-382.

OLIVEIRA, L. D.; CARCIOFI, A. C.; OLIVEIRA, M. C. C.; VASCONCELLOS, R. S.; BAZOLLI, R. S.; PEREIRA, G. T.; PRADA, F. (2008). Effects of six carbohydrate sources on diet digestibility and postprandial glucose and insulin responses in cats. **Journal of Animal Science**, v. 86 n. 9, p. 2237-2246.

PACHECO, P. D.; PUTAROV, T. C.; BALLER, M. A.; PERES, F. M.; LOUREIRO, B. A.; & CARCIOFI, A. C. (2018). Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, v. 243, p. 52-63.

PARKER, R.; RING, S. G. (2001) Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v. 34, n. 1, p. 1-17.

PEIXOTO, M. C.; RIBEIRO, É. M.; MARIA, A. P. J.; LOUREIRO, B. A.; DI SANTO, L. G.; PUTAROV, T. C.; YOSHITOSHI, F. N.; PEREIRA, G. T.; SÁ, L. R. M.; CARCIOFI, A. C. (2018). Effect of resistant starch on the intestinal health of old dogs: fermentation products and histological features of the intestinal mucosa. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 102, n. 1, p. e111-e121.

RATNAYAKE, W. S.; OTANI, C.; JACKSON, D. S. (2009) DSC enthalpic transitions during starch gelatinisation in excess water, dilute sodium chloride and dilute sucrose solutions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 12, p. 2156-2164.

REITER, T.; JAGODA, E.; CAPELLINI, T. D. (2016) Dietary variation and evolution of gene copy number among dog breeds. **PloS one**, v. 11, n. 2.

RIBEIRO, E. D. M.; PEIXOTO, M. C.; PUTAROV, T. C.; MONTI, M.; PACHECO, P. D. G.; LOUREIRO, B. A.; GENER, P. T.; CARCIOFI, A. (2019) The effects of age and dietary resistant starch on digestibility, fermentation end products in faeces and postprandial glucose and insulin responses of dogs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 73, n. 6, p. 485-504.

Riaz, M. N.; Chaudry, M. M. (2003). **Halal food production**, CRC press

RIAZ, M.N. (2007). **Extruders and Expanders in Pet Food, Aquatic and Livestock Feeds**. Agrimedia, Clenze, USA.

SARKO, A.; WU, H.-CH. (1978) The crystal structures of A-, B- and C-polymorphs of amylose and starch. **Starch-Stärke**, v. 30, n. 3, p. 73-78.

SALVADOR, L. D., SUGANUMA, T., KITAHARA, K., TANOUE, H., & ICHIKI, M. (2000). Monosaccharide composition of sweet potato fiber and cell wall polysaccharides from sweet potato, cassava, and potato analyzed by the high-performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, p.3448–3454.

SINGH, R.; PANDEY, J.; RUTOT, D.; DEGE´E, PH.; DUBOIS, PH. (2003). Biodegradation of poly(ϵ -caprolactone)/starch blends and composites in composting and culture environments: the effect of compatibilization on the inherent biodegradability of the host polymer. **Carbohydrate Research**, v. 338, n. 17, p. 1759.

THARANATHAN, R. N. (2002) Food-derived carbohydrates—structural complexity and functional diversity. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 22, n. 1, p. 65-84.

TING-TING, H.; DA-NIAN, Z.; ZHENG-YU, J.; XUE-MING, X.; HAN-QING, C. (2016) Effect of repeated heat-moisture treatments on digestibility, physicochemical and structural properties of sweet potato starch. **Food Hydrocolloids** v. 54, p. 202 - 210.

TRAN, Q. D.; HENDRIKS, W. H.; VAN D. P.; ANTONIUS F. B. (1997) Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 9, p. 1487-1493, 2008.

WALTER, M. **Amido Resistente: Metodologias de Quantificação e Resposta Biológica em Ratos**. 2005. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

ZHU, F.; WANG, S. (2014). Physicochemical properties, molecular structure, and uses of sweetpotato starch. **Trends in Food Science & Technology**, v. 36, n.2, p. 68-78.

ZHANG, L.; ZHAO, L.; BIAN; X.; GUO, K.; ZHOU, L.; WEI, C (2018) Characterization and comparative study of starches from seven purple sweet potatoes. **Food Hydrocolloids**, v. 80, p. 168-176.

ZENG, F.; ZIMMERMAN, S. C. D. (1997) in supramolecular chemistry: from molecular recognition to self-assembly. **Chemical Reviews**, v. 97, n. 5, p. 1681-1712.

CAPÍTULO 2 – BATATA DOCE (*Ipomoea batatas*) COMO FONTE DE AMIDO EM ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES¹

¹Artigo redigido conforme as normas de publicação do *Animal Feed Science and Technology*, exceto o posicionamento das tabelas.

RESUMO - Este estudo teve o objetivo de avaliar os efeitos da farinha integral de batata doce (BD) sobre os parâmetros da extrusão, coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, produtos de fermentação microbiana nas fezes, respostas pós-prandiais de glicose e insulina, resposta de saciedade e palatabilidade de rações para cães adultos em manutenção. Foi formulada uma ração controle (CO) contendo quirera de arroz como fonte de carboidrato. Esta foi desdobrada em três rações (tratamentos) pela substituição de quirera de arroz por BD, mantendo-se inalterados os demais ingredientes da formulação: BD33 - substituição de 33%; BD67 - substituição de 67%; BD100 - apenas BD como fonte de amido. As rações foram processadas em extrusora de rosca simples. Foram utilizados 24 cães adultos, distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com 2 blocos de 12 cães, 3 cães por ração em cada bloco, totalizando 6 cães (unidades experimentais) por ração. Após 10 dias de adaptação, fezes foram quantitativamente recolhidas por 5 dias para cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA). Fezes recém eliminadas foram recolhidas durante 3 dias para determinação de produtos da fermentação. Para determinação das respostas pós-prandiais de glicose e insulina as dietas CO e BD100 foram fornecidas a 18 cães (9 por dieta) e amostras de sangue foram recolhidas antes da alimentação (basal) e 15, 30, 120, 180, 240, 300, 420, 540 e 720 minutos após alimentação. Comparações de palatabilidade foram realizadas pelo teste de 2 vasilhas, com 38 cães treinados. A resposta de saciedade dos alimentos foi aferida computando o consumo de uma dieta desafio, 90 minutos após consumo da ração experimental. Os dados de extrusão, digestibilidade, características das fezes e saciedade foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas por contraste polinomial em função da inclusão de BD. Resultados de palatabilidade foram comparados pelo teste T-Student. As respostas pós-prandiais foram avaliadas por análise de variância de medidas repetidas. Valores de $P < 0,05$ foram considerados significativos. A inclusão de BD tornou necessário redução na adição de água durante o processamento para evitar aglomeração dos *kibbles* à saída da extrusora, resultando em elevação da aplicação de energia mecânica específica, da pressão e da temperatura de extrusão ($P < 0,05$). A gelatinização do amido ($>97\%$) foi semelhante, sem alteração na densidade aparente dos *kibbles* ($P > 0,05$). Houve aumento da expansão radial e redução da expansão axial e digestibilidade *in vitro*, provavelmente em função da elevada quantidade de fibra da BD ($P < 0,05$). A adição de BD resultou em redução linear do CDA da matéria seca, matéria orgânica, amido e energia bruta das dietas ($P < 0,05$). A produção de fezes aumentou linearmente ($P < 0,05$), enquanto a matéria seca diminuiu e o escore fecal piorou ($P < 0,05$). As concentrações de ácidos graxos de cadeia curta e lactato aumentaram linearmente ($P < 0,05$), enquanto a de ácidos graxos de cadeia ramificada e amônia tiveram redução linear com a inclusão de BD ($P < 0,05$). No teste de saciedade, não foi verificado efeito de dieta ($P > 0,05$). O consumo da ração à base de BD (BD100) resultou em menor incremento máximo de glicose e menor área abaixo da curva de insulina no período de 120 a 420 min ($P < 0,05$), com tendência à redução da insulina máxima ($P = 0,107$) e área abaixo da curva total de insulina ($P = 0,095$) em relação à dieta CO. Nos desafios de palatabilidade, CO *versus* BD33 e CO *versus* BD100 apresentaram consumos semelhantes ($P > 0,05$), mas no desafio CO *versus* BD66 os cães tiveram maior ingestão da BD66 ($P < 0,05$), sugerindo maior palatabilidade para BD. Conclui-se que a substituição de quirera de arroz por batata doce requer ajustes nos parâmetros de

extrusão, mas não interfere na qualidade final dos *kibbles*. Reduziu a digestibilidade da energia e aumentou a concentração de produtos de fermentação nas fezes, com possíveis implicações à saúde intestinal. A redução da secreção pós-prandial de insulina também indica sua utilização em animais com distúrbios no metabolismo de carboidratos.

Palavras-chave: digestibilidade, extrusão, insulina, glicose, ácidos graxos de cadeia curta

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população de animais de companhia associado aos efeitos da humanização tem modificado o mercado de *pet food* e com isso a busca por novos ingredientes que promovam a saúde e bem estar dos animais. A batata doce (*Ipomoea batatas L.*) é tubérculo com potencial de uso na formulação de ração de cães, já presente em alguns produtos no mercado.

O ingrediente tem elevado teor de amido (50 – 70%), fonte de energia para os animais e agente plasticizante no processo de extrusão, favorecendo a formação adequada dos *kibbles* (GUY, 2001). A batata-doce apresenta também variável quantidade de fibra dietética total (5,02% – 14,35%), o que pode trazer benefícios para saúde a intestinal (KOUROUMA, et al. 2020). Além de ser ingrediente que pode ser empregado em alimentos livres de grãos, ou *grain-free* que representam hoje proporção de produtos para cães (PHILLIPS-DONALDSON, 2018).

Tubérculos como batata e mandioca apresentam elevado teor de amilopectina, facilitando o processo de extrusão, pois é necessária menor pressão da massa na matriz extrusora, devido à menor viscosidade (THUWALL et al., 2006). A estrutura cristalina do amido de cereais e tubérculos também difere, influenciando o seu cozimento e alterando as características do processo de extrusão (ELIASSON, 2004). Essas diferenças, associadas à presença de fibra, podem influenciar na expansão e formação de estrutura do *kibble*, relevantes para a aparência e palatabilidade das rações (MONTI, et al., 2016; BALLER et al., 2018).

Na alimentação humana, a batata doce é tubérculo frequentemente utilizado (SHEKAR, et al, 2015). Dentre seus atributos nutricionais, são fonte de vitaminas, fibras e atribui-se a seu amido menor índice glicêmico quando comparado com outras fontes tradicionais (CHEN et al., 2012; ALLEN et al., 2012). Foi verificado também que seu consumo pode elevar as concentrações de ácidos graxos de cadeia curta nas fezes, com possíveis benéficos à saúde intestinal (CHEN et al., 2012; ZHENG, et al., 2016). Se confirmadas estas características para cães, a batata doce pode ser fonte de amido interessante para alimentos formulados para cães em situações como controle do peso, diabetes mellitus, geriatria (RIBEIRO et al., 2019) e saúde intestinal (KATAYAMA, et al., 2011).

Diante do exposto, são hipóteses deste estudo que a substituição de quirera de arroz, aqui considerado cereal controle, por farinha integral de batata doce resulte em redução na digestibilidade dos nutrientes do alimento, aumento dos produtos de fermentação nas fezes e que esta ração desencadeie menor resposta glicêmica e insulínica em cães. Desta forma, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição crescente de quirera de arroz por farinha integral de batata doce, verificando sua influência no processo de extrusão e formação dos *kibbles* e nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, produtos de fermentação nas fezes, palatabilidade dos alimentos e respostas pós-prandiais de saciedade, glicose e insulina em cães.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista (FCAV/UNESP), Campus de Jaboticabal. Todos os procedimentos experimentais obedeceram aos princípios éticos adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal e foram previamente aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da FCAV/UNESP (Protocolo número 08378/19).

2.1. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E DIETAS

O estudo incluiu 4 rações, com diferentes inclusões de farinha integral de batata doce. Para a avaliação dos parâmetros de extrusão e formação dos *kibbles* foi adotado delineamento inteiramente casualizado. As extrusões ocorreram de modo sequencial sem interrupção entre tratamentos. Após estabilização do sistema 4 amostras foram colhidas a cada 15 minutos, sendo estas consideradas as unidades experimentais, totalizando 4 repetições por dieta. Para o estudo de digestibilidade, características das fezes e saciedade foi adotado delineamento em blocos casualizados, com 24 cães, 4 rações, 2 blocos de 12 animais e 3 cães por ração em cada bloco, totalizando 6 repetições por ração. O estudo das respostas de glicose e inulina incluiu 2 rações

(controle e substituição total da quirera de arroz pela farinha integral de batata doce) e 18 cães, divididos em 3 blocos de 6 animais com 3 cães por ração em cada bloco, totalizando 9 cães (repetição) por ração. O fator de bloco foi o dia de avaliação da resposta pós-prandial, devido à dificuldade de se testar os 18 animais em um só dia.

Foi formulada uma ração controle (CO), com quirera de arroz como fonte de carboidrato. Esta foi balanceada para manutenção de cães (FEDIAF, 2018). As rações tratamento foram obtidas pela substituição crescente da quirera de arroz por farinha integral de batata doce (BD), da seguinte forma: substituição de 33% (BD33); substituição de 67% (BD67); substituição de 100% (BD100), quando a farinha de batata doce foi fonte exclusiva de carboidrato na formulação. Os demais ingredientes da fórmula foram mantidos constantes (Tabela 1). A composição química da quirera de arroz e da farinha integral de batata doce utilizadas no estudo encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Composição de ingredientes e composição química analisada das dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.

Itens	Dietas ¹			
	CO	BD33	BD67	BD100
<i>Ingredientes (matéria natural)</i>				
Quirera de arroz	53,33	35,56	17,77	-
Farinha de batata doce	-	17,77	35,56	53,33
Far. de vísceras de aves	32,00	32,00	32,00	32,00
Gordura de Aves	9,00	9,00	9,00	9,00
Palatabilizante	2,00	2,00	2,00	2,00
Polpa de Beterraba	2,00	2,00	2,00	2,00
Premix MIN/VIT ²	0,50	0,50	0,50	0,50
Sal Comum	0,45	0,45	0,45	0,45
Cloreto de Potássio	0,40	0,40	0,40	0,40
Cloreto de Colina	0,18	0,18	0,18	0,18
Antifúngico ³	0,10	0,10	0,10	0,10
Antioxidante ⁴	0,04	0,04	0,04	0,04
Cálcio	1,30	1,30	1,30	1,30
Fosforo	0,90	0,90	0,90	0,90
<i>Composição química (matéria natural)</i>				
Umidade	8,11	7,49	6,75	7,06

Proteína Bruta	24,70	23,70	22,80	21,00
Arginina	1,7	1,63	1,52	1,42
Histidina	0,63	0,59	0,58	0,55
Isoleucina	0,96	0,85	0,86	0,8
Leucina	1,68	1,67	1,53	1,41
Lisina	1,44	1,37	1,32	1,23
Metionina	0,51	0,45	0,44	0,4
Cistina	0,14	0,13	0,25	0,24
Fenilalanina	0,91	0,87	0,84	0,76
Tirosina	0,65	0,62	0,61	0,53
Treonina	0,93	0,94	0,87	0,86
Triptofano	0,24	0,24	0,25	0,24
Valina	1,08	1,02	0,95	0,89
Taurina	0,12	0,1	0,12	0,14
Extrato etéreo hidrólise ácida	13,72	14,17	13,90	14,35
Amido	44,00	43,60	41,40	37,00
Fibra dietética total	3,29	5,42	8,14	12,02
Matéria Mineral	8,40	8,40	8,60	8,60
Cálcio	2,25	2,39	2,22	2,29
Fosforo	1,28	1,23	1,18	1,17

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz, BD33: 33% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD67: 67% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Adição por kg da ração: vitamina A, 22.000 IU; vitamina D, 2.200 IU; vitamina E, 90 IU; vitamina B1, 3 mg/kg; vitamina B2, 7 mg/kg; ácido pantotênico, 22 mg/kg; niacina, 22 mg/kg; vitamina B6, 4 mg/kg; ácido fólico 0.3 mg/kg; vitamina B12, 33 µg/kg, zinco 140 mg/kg; ferro, 80 mg/kg; cobre 9,5 mg/kg; iodo 1,5 mg/kg; selênio, 0,25 mg/kg.

³ Mold Zap: dipropionato de amônio, ácido acético, ácido sórbico e ácido benzóico – Alltech do 121 Brasil Agroindustrial Ltda, Curitiba, 81170-610 PR, Brasil.

⁴ Banox: BHA, BHT, galato de propilo e carbonato de cálcio – Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda, Curitiba, 81170-610 PR, Brasi

Tabela 2. Composição química analisada da amostra de quirera de arroz e de farinha integral de batata doce empregadas no estudo.

Item	Quirera de arroz	Farinha integral de batata doce
Umidade	11,4	8,8
Proteína Bruta	8,5	2,5
Extrato etéreo hidrólise ácida	2,46	1,75
Amido	69,6	53,2
Fibra dietética total	1,6	17,0
Solúvel	-	6,5
Insolúvel	-	10,5
Matéria Mineral	0,9	1,6

2.2 EXTRUSÃO DAS DIETAS, MACROESTRUTURA DOS *KIBBLES*, GELATINIZAÇÃO DO AMIDO E DIGESTIBILIDADE IN VITRO DA MATÉRIA ORGÂNICA

Os ingredientes foram misturados e moídos em moinho de martelos de alta rotação (Sistema Tigre de Mistura e Moagem, São Paulo, Brasil) equipado com peneira com crivos de 1,0 mm. Amostras das rações moídas foram coletadas para a determinação do Diâmetro Geométrico Médio (DGM) das partículas. Foi empregado o programa Granulo Calc (EMBRAPA-CNPISA, Concordia - Brasil), segundo os procedimentos descritos por Zanotto and Bellaver (1996). Na sequência os produtos foram extrusados em extrusora de rosca simples (MEX 250, Manzoni, Campinas, Brasil), com capacidade de processamento de 250 kg/h, na Fábrica de Rações da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal. A extrusora foi configurada para um furo circular de 6 mm na matriz extrusora. A rosca extrusora apresentava 5 seções: primeira – parafuso simples sem anel de restrição; segunda – parafuso simples com anel de restrição pequeno; terceira – parafuso duplo com anel de restrição pequeno; quarta – parafuso duplo com anel de restrição médio; quinta – parafuso duplo cônico.

As condições de processamento foram estabelecidas para a ração CO e estava previsto serem mantidas constantes, quanto possível, para as diferentes adições de BD. No entanto, de modo a se obter adequado processamento para a posterior utilização das rações nos ensaios de digestibilidade e palatabilidade, foram realizados

ajustes e os mesmos registrados, visando se obter produtos com adequada formatação.

Para cada tratamento, após no mínimo 30 minutos de produção estável, os seguintes parâmetros foram registrados: temperatura ambiente (°C); temperatura da ração moída (°C); pressão do vapor; temperatura da água de processo (°C); velocidade de rotação das pás do condicionador (Hz); adição de água (L/h) e de vapor no condicionador (Kg/h); velocidade de rotação da rosca de alimentação (Hz); temperatura da massa na saída do condicionador (°C); temperatura da camisa da extrusora em quatro pontos (°C); temperatura (°C) e pressão internas do produto antes da matriz extrusora (bars); velocidade de rotação da rosca extrusora (RPM); amperagem do motor da extrusora (A); velocidade de rotação das facas de corte (Hz). A produtividade horária de ração foi medida diretamente, recolhendo os *kibbles* em um balde a cada ponto de observação. Ainda, a cada tempo de observação, foram colhidas amostras de produto nas saídas do condicionador, extrusor e secador. Estas foram congeladas a -20°C para posterior análises de umidade e índice de gelatinização do amido. Após extrusão, os *kibbles* foram secos em secador horizontal com duas passagens, com fluxo de ar forçado, a uma temperatura de 105°C por 20 min. No produto à saída da extrusora e do secador também foi determinada a densidade aparente, correspondente ao peso de produto em 1 litro de volume.

Com os dados obtidos foi calculada a implementação de energia mecânica específica (EME), energia térmica específica (ETE) e energia específica total (EET) para cada um dos tratamentos. A EME foi calculada de acordo com Riaz (2000), utilizando a seguinte equação:

$$\text{EME (kW-h/ton)} = (\sqrt{3} * \text{Voltagem} * (\text{At} - \text{Av}) * (\text{cos}\gamma / 1000)) \times 1000 \text{ M}$$

Onde: Voltagem do motor = 220 V; At = amperagem do motor em trabalho (A); Av = amperagem do motor vazio (A); cos γ = fator de potência do motor (0,8); M = Produtividade da extrusora (kg/h)

A ETE (kW-h/ton) implementada no condicionador e extrusor foi calculada por meio de balanço de massa e energia, utilizando-se equações preconizadas por Riaz (2000). As quantidades totais de entrada e saída de ração, água e vapor foram determinadas, e seus valores correspondentes de massa e calor específico usados para se calcular a produção de calor total. Detalhes do procedimento podem ser encontradas em Pacheco et al. (2018). A EET foi determinada pela soma da EME com a ETE.

Para cada tratamento o comprimento, diâmetro e massa de 20 *kibbles*, coletados aleatoriamente foram medidos e utilizados para se obter a taxa de expansão radial (ER), comprimento específico (Cesp) e a densidade específica dos *kibbles* (Dk), como descrito abaixo.

$$ER = d^2/dm^2$$

$$Cesp \text{ (mm/g)} = c/m$$

$$Dk(\text{g/cm}^3) = 4 * m / (\pi * ((d/2)^2 * c))$$

Onde: ER- expansão radial; d- diâmetro dos *kibbles*, em mm; dm- diâmetro da abertura da matriz da extrusora, em mm; Cesp – comprimento específico; c-comprimento dos *kibbles*, em mm; m- massa dos *kibbles*, em gramas; Dk- densidade específica dos *kibbles*.

A força de ruptura foi testada pelo teste de resistência à quebra, em texturômetro (TA-XT2 SMS, Stable Micro Systems, Godalming, UK), com o modo de operação/compressão, a velocidade pré-teste de 2 mm/s, velocidade durante o teste de 0,5 milímetros/s e velocidade antes de ensaio de 10 mm/s. No mínimo 20 unidades de cada tratamento foram analisadas, utilizando a sonda com conjunto de lâminas HDP/BSK com a faca com uma distância de corte de 10 milímetros. Os dados obtidos foram analisados com o software Texture Expert (Stable Micro Systems, Godalming, GB). Anteriormente ao teste a umidade dos *kibbles* foi padronizada em estufa (Quimis, Diadema, Brazil) a 35°C por 24 h.

Amostras dos *kibbles* após secador foram avaliadas quanto ao índice de gelatinização do amido, pelo método de amiloglicosidase (Sá et al., 2013). Foram

pesado 0,5 grama de amostra em um tubo falcon (50ml). Em seguida, foi adicionado 25 ml de água destilada, 10 ml de tampão acetato e 100 µl de enzima amiloglicosidase. Esta mistura foi homogeneizada e permaneceu em banho-maria a 40°C por 4 horas. Posteriormente, a mistura foi transferida para um balão de 100 ml que teve o seu volume completado com água destilada. Parte desta solução foi centrifugada A 1500 rpm, durante 15 minutos, e 10 µl foi transferida para um tubo contendo 1000 µl de glicose, que ficaram por dez minutos em banho-maria. Em seguida, a leitura foi feita em espectrofotométrico com leitura a 565 nm. A quantidade de amido gelatinizado da amostra foi determinada pela fórmula: quantidade de amido gelatinizado = (absorvância / peso da amostra) × 0,9 × 100. O grau (%) de gelatinização do amido foi definido pela multiplicação da quantidade de amido gelatinizado por 100 e dividindo-o pela quantidade total de amido.

Os coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica foram determinados segundo o método descrito por Hervera et al. (2007). Resumidamente, foi pesado um grama de cada amostra em frascos Erlenmeyer de 50ml, sendo adicionados 25 ml tampão fosfato (0,1 M, pH 6) e o tampão e amostra homogeneizados por meio de agitação magnética. A esta mistura foi adicionada 10ml de 0,2 M de HCl e o pH foi ajustado para pH 2 com uma solução de 1M HCl e 1M NaOH. Em seguida, 1ml de solução de pepsina recentemente preparada foi adicionada, contendo 10 mg de pepsina (Sigma Aldrich, Sant Louis, Estados Unidos). Para evitar o crescimento bacteriano durante a incubação, 1ml de solução de cloranfenicol (0,5g em 100ml de etanol) foi adicionada à mistura. Então, os frascos foram fechados e as amostras incubadas em um banho-maria a 39°C durante 2 horas com agitação constante. Simulação da digestão pós-gástrica foi realizada após 2 horas de incubação, os balões foram resfriados e adicionado 10ml de tampão fosfato (0,2 M, pH 6,8) e 5 mL de NaOH 0,6 M. O pH foi ajustado a 6,8 com uma solução de HCl e NaOH. Em seguida, 1 ml de solução de pancreatina preparada na hora, contendo 100mg de pancreatina em pó (Sigma Aldrich, Sant Louis, Estados Unidos), foi adicionada em cada balão. os frascos foram colocados novamente incubados em banho-maria a 39°C, durante 4 horas, com agitação constante. Após a segunda fase de incubação, o balão foi resfriado e adicionado 5ml de solução de ácido sulfossalicílico a 20%. As proteínas solubilizadas, mas não digeridas foram

precipitadas durante 30 minutos à temperatura ambiente. O resíduo não digerido foi então recolhido em uma unidade de filtração, utilizando-se cadinhos de filtro de vidro. A mistura foi transferida com água para o cadinho. Após lavagens sucessivas (a cada 3 min), duas vezes com 10ml de etanol a 96% e duas vezes com acetona a 99%, o resíduo não digerido foi seco em estufa de ventilação forçada a 70°C, por 8 horas, e depois pesado. Para se obter valores de digestibilidade da matéria orgânica, o resíduo não digerido presente no cadinho foi incinerado a 550°C, durante 4 horas e pesado.

2.3 AVALIAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E ENERGIA METABOLIZÁVEL DAS RAÇÕES

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e da energia foram determinados pelo método coleta total de fezes sem coleta de urina, segundo protocolo e procedimentos de cálculo descritos pela FEDIAF (2018). Durante o período de adaptação os animais ficaram em baias com solário, com dimensões de 1,5 m x 4,5 m, sendo soltos diariamente em gramado com 200 m² para prática voluntária de exercícios. Os animais ficaram restritos às baias e solário nos três dias que antecederam a coleta total de fezes, para que não ocorresse ingestão de grama ou corpo estranho. Durante os períodos de coleta de fezes para ensaio de digestibilidade ou fezes frescas para determinação de produtos de fermentação os cães permaneceram restritos a gaiolas individuais de metabolismo, com dimensões de 90 x 90 x 90 cm, com aparato para separar fezes e urina para coleta.

O alimento teve sua energia metabolizável estimada a partir de sua composição química (NRC, 2006) e, de início, os cães receberam quantidades individualmente calculadas de ração com base em seu histórico de consumo alimentar para manutenção do peso corporal constante. Estes foram então pesados semanalmente e a quantidade de alimento fornecida ajustada de modo a que estes mantivessem o peso corporal constante. Para que fossem adaptados às coleta das respostas pós prandiais de glise e insulina e saciedade, estes foram alimentados em uma única refeição diária, fornecida as 10hs, por um período de 15 minutos sendo necessário para. A cada refeição a quantidade fornecida e recusada de alimento era pesada, registrando-se o consumo. Água de bebida foi disponibilizada *ad libitum*.

Após 10 dias de adaptação, fezes foram recolhidas quantitativamente durante 120 horas, ao menos duas vezes ao dia ou sempre que presentes, sendo pesadas e congeladas (-15°C) para posterior análise.

Ao final do período de colheita, as fezes foram descongeladas e homogeneizadas, compondo-se uma amostra por animal. As amostras de fezes foram secas em estufa de ventilação forçada (MA035/5, Marconi Equipamentos Para Laboratórios Ltda, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a 55°C por 72 h. As amostras de fezes pré-secas e rações foram moídas em moinho tipo faca (MOD 340, ART LAB, São Paulo), com peneira de 1 mm e analisadas de acordo com os procedimentos descritos pela AOAC (1995) para matéria seca (método 934.01), matéria mineral (método 942.05), proteína bruta (método 954.01) e extrato etéreo em hidrólise ácida (método 954.02). Matéria orgânica foi calculada com matéria seca menos matéria mineral. O teor de fibra dietética foi analisado usando uma combinação de procedimentos enzimáticos e gravimétricos (método 991.43). A quantidade de amido foi determinada de acordo com Miller (1959) e Hendrix (1993). O conteúdo de energia bruta foi determinado em bomba calorimétrica (IKA calorimeter system C 2000 basic, IKA – Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Alemanha). Todas as análises foram conduzidas em duplicata e repetidas se verificado coeficiente de variação maior de 5%.

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os CDA de acordo com a seguinte fórmula (POND et. al., 1995).

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

A matéria seca das fezes foi determinada pela seguinte fórmula:

$$\text{MS fecal} = \frac{1^{\text{a}} \text{MS} \times 2^{\text{a}} \text{MS}}{100}$$

sendo:

1^a MS = matéria seca a 55 °C das fezes in natura.

A qualidade das fezes dos cães também foi avaliada, empregando-se escore com notas de 0 a 5 (CARCIOFI et al., 2008), sendo: 0 - fezes líquidas; 1 - fezes pastosas e sem forma; 2 - fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 - fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 - fezes bem formadas e consistentes, que não marcam o piso; 5 para - bem formadas, mas duras e ressecadas. Consideram-se normais fezes com escore entre 3 e 4.

2.2. AVALIAÇÃO DO pH E PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO MICROBIANA NAS FEZES

Ao final do ensaio de digestibilidade, fezes foram recolhidas por 3 dias consecutivos para se medir o pH e determinar os produtos de fermentação microbiana. Fezes recém eliminadas (no máximo 15 min após a defecação) foram obtidas e seu pH foi determinado utilizando-se dois gramas de material fecal diluídos em 6 mL de água miliq (1:3 w/w), empregando-se pH-metro de precisão 0,01 pH (Digicrom Analítica Ltda, modelo DM20). Para a análise de produtos de fermentação foi separado cerca de 10g de fezes em cada dia, essa amostra foi homogeneizada, misturada com 30 mL de ácido fórmico 4,2 N (1:3 w/w) e foram mantidas refrigeradas ao longo dos 3 dias. Ao final do período de coletas foi realizado um pool de todos os dias e a mistura centrifugada a 4.500 G durante 15 min a 15°C por quatro vezes, aproveitando-se o sobrenadante e desprezando-se o sedimento. O sobrenadante foi centrifugado (5804R, Eppendorf, Hamburgo, Alemanha) a 20.000 G durante 1 hora a 5 °C. Após a extração as amostras foram identificadas e armazenadas em freezer (-20°C). A concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácidos graxos de cadeia ramificada (AGCR) foi determinada por cromatografia gasosa de acordo com Erwin et al. (1961), sendo a coluna de vidro de 30 m de comprimento, diâmetro interno de 0,32 mm, empacotada com coluna HP-INNOWAX (Filme: 0,5µm). O cromatógrafo (Shimadzu, 33 GC-2014, Shimadzu Scientific Instruments, Tóquio, Japão) foi calibrado por meio da injeção de 1 µL de solução padrão mista e a curva pré-estabelecida em software (GC Solution versão 2.41.00 SU1, Shimadzu Scientific Instruments, Tóquio, Japão). Foi utilizado nitrogênio como gás de arraste (vazão de 50 mL/min.), ar sintético como gás comburente (vazão de 175 mL/min.) e hidrogênio

como gás combustível (vazão de 15 mL/min.), com temperaturas de operação de 200°C no injetor, 240°C na coluna e 250°C no detector de ionização de chama.

Para a determinação de ácido láctico foram utilizados cerca de três gramas de fezes frescas, rapidamente homogeneizadas e misturadas à 9 mL de água destilada (w/v). As amostras foram mantidas refrigeradas e no fim do período de coletas foi realizado um *pool* dos três dias e a mistura foi centrifugada por quatro vezes a 4.500 G à 15°C, por 15 min sendo aproveitado o sobrenadante e desprezado o sedimento. O ácido láctico foi analisado de acordo com Pryce (1969) pelo método espectrofotométrico com leitura a 565 nm (500 a 570nm). Foi utilizado um branco reagente para calibrar o espectrofotômetro (QUICK-Lab, DRAKE, São José do Rio Preto, Brasil). As amostras foram quantificadas comparando-as com padrão de ácido láctico a 0,08%.

Para medir a concentração de amônia foram utilizados os extratos preparados para dosagem de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), empregando-se metodologia adaptada de Vieira (1980). Esses extratos foram descongelados à temperatura ambiente, separadas em alíquotas de 2 mL, diluídas em 13 mL de água destilada (2:13 v/v) e submetidas à destilação em destilador de nitrogênio (Tecnal TE - 036/1, Tecnal, Piracicaba, Brasil). Para a destilação foi utilizado 5 mL de solução 0,2 N de hidróxido de potássio e o nitrogênio recebido em erlenmeyer com 10 mL de solução receptora (ácido bórico a 0,97 N). Ao atingir-se 50 mL de solução receptora mais material destilado foi interrompida a destilação. Em seguida foi realizada a titulação com ácido clorídrico 0,005 N.

2.3. TESTE DE SACIEDADE

Do dia 21 ao dia 24 de cada bloco foi realizado o teste de saciedade. Os animais receberam as 10h 00 quantidade individualmente calculada de ração, para manutenção de peso corporal constante. Esta foi disponibilizada por 15 minutos, sendo as sobras retiradas e pesadas, registrando-se o consumo. Após 90 minutos da finalização do consumo das dietas experimentais, os cães foram expostos por 45 minutos a 500 gramas de uma dieta desafio (Sabor & Vida cães adultos, Mogiana Alimentos S.A., Campinas, SP), sendo as sobras recolhidas e pesadas, registrando-

se o consumo. Este alimento apresentava a seguinte composição: umidade 10%, proteína bruta 23%, extrato etéreo hidrolise ácida 10%, fibra bruta 3%, matéria mineral 8,5%.

2.4. AVALIAÇÃO DAS RESPOSTAS PÓS-PRANDIAIS DE GLICOSE E INSULINA DOS CÃES

Para avaliação das respostas pós-prandiais de glicose e insulina foram selecionadas as rações CO e BD100, produtos com apenas uma fonte de carboidrato. Foram utilizados 18 cães, com idade média de $3,3 \pm 1,43$ anos, $11,5 \pm 1,91$ kg de peso corporal e $5,3 \pm 1,69$ de escore de condição corporal (LAFLAMME et al. 1997). Estes foram divididos em dois grupos de 9 animais cada, balanceados para apresentarem idade, peso corporal e escore de condição corporal estatisticamente semelhantes ($P > 0,05$). Cada animal ingeriu a ração por 5 dias de adaptação, seguidos de 1 dia para avaliação da resposta pós-prandial de glicose e insulina.

As respostas pós-prandiais foram avaliadas de acordo com Carciofi et al. (2008), com modificações nos tempos de coleta de sangue: 0 (zero, antes da refeição), 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300, 420, 540 e 720 min após a refeição. Os animais eram alimentados apenas 1 vez ao dia, as 8 hs e condicionados a consumir o alimento num período máximo de 15 minutos. Desta forma, no momento do teste os animais estavam em jejum de 22 horas. No dia de coleta de sangue, após tricotomia e antissepsia, a veia cefálica foi canulada com cateter intravenoso (Angiocath 20GA x 1.16in., Bektom Dickinson, USA). Após 30 minutos de descanso, foi coletado amostra de sangue para determinação da glicemia e insulinemia basais, denominada tempo zero. A dieta experimental foi pesada e oferecida e após 15 minutos registrado o consumo. Foram avaliados cães que não consumiram acima de 85% da quantidade estipulada no período máximo de 15 minutos. Finalizado o consumo do alimento, foi iniciada a contagem dos tempos de coleta.

Em cada coleta foi retirado 3 mL de sangue de cada animal, separados em dois tubos, sendo 1 mL depositado em um tubo de coleta para análise de glicose, contendo fluoreto de sódio como inibidor glicolítico e o anticoagulante EDTA. Este foi centrifugado a 1300 G por 10 min e o plasma separado. Outros 2 mL foram separados para dosagem de insulina, sendo depositados em tubo contendo EDTA, centrifugado

a 1300G por 10 min e o plasma reservado. As amostras para análise de glicose e insulina foram congeladas a -80°C para análise posterior, sem prejuízo dos resultados de acordo com Reynolds et al. (2006). Ao final de cada coleta os cateteres foram lavados com solução de salina para se manter patência, sendo sempre os primeiros 0,5 mL de sangue desprezados à cada coleta para se eliminar a solução salina.

As concentrações plasmáticas de glicose foram determinadas por testes de glicose oxidase (GOD-ANA, Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Brasil), usando analisador semi-automático de glicose (Labquest model BIO-2000, Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, Brasil). As análises foram realizadas em duplicata, sendo repetidas quando tiveram mais de 5% de variação. Para a determinação da concentração sérica de insulina foi utilizado kit Quantikine ELISA (Human/Canine/Porcine Insulin Immunoassay, R&D Systems, Minneapolis, EUA), seguindo-se as recomendações do fabricante. A leitura foi realizada em leitor de microplacas (Biochrom Asys Expert Plus, Biochrom, Cambourne, Cambridge, Reino Unido) usando filtro de 450 nm. Para a análise de insulina o coeficiente de variação inter - análise foi 1,92% e o coeficiente intra - análise foi 1,58%.

Foram calculadas as concentrações plasmáticas de glicose e insulina para cada período pós-prandial. As respostas foram comparadas quanto às concentrações basais, mínima, média e máxima, aumentos médio e máximo do incremento (a diferença entre a concentração absoluta da amostra e a concentração basal do metabólito) e o tempo para o pico de resposta. As áreas abaixo da curva (AAC) das respostas pós-prandiais de glicose e insulina, bem como de seus respectivos incrementos foram calculadas por integrações numéricas pelo método trapezoidal, usando-se o software GraphPad Prism 5.0 (GraphPad Software, San Diego, CA, EUA).

2.5. TESTE DE PALATABILIDADE

Com o objetivo de avaliar a palatabilidade entre as dietas foram propostos os seguintes desafios: CO versus BD33; CO versus BD67; CO versus BE 100. A primeira preferência (produto consumido em primeiro lugar) e palatabilidade (produto consumido em maior quantidade) foram comparadas utilizando-se o método de duas

vasilhas (GRIFFIN, 2003). Para isso, 38 cães pertencentes a um painel validado (Panellis, Descalvado, Brasil) foram alojados individualmente e utilizados para o teste. De manhã, após 12 horas em jejum, os animais receberam a primeira refeição em duas bandejas, cada uma contendo um dos alimentos experimentais, que ficaram disponíveis durante trinta minutos. A posição dos pratos foi alternada na segunda refeição, fornecida à tarde, 12 horas após a refeição da manhã. A quantidade de alimento oferecido foi calculada para superar a capacidade de consumo do animal, garantindo assim a ocorrência de sobras. Passados 30 minutos, as bandejas eram removidas, as sobras pesadas e o consumo calculado. Devido as diferenças de peso corporal, a razão de ingestão (IR) foi utilizada para se interpretar a palatabilidade, sendo está calculada como:

$$RI = (\text{Consumo do alimento A} / \text{Consumo Alimento A} + \text{Consumo do Alimento B}).$$

3. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Após a obtenção das médias, foram verificadas as pressuposições de homogeneidade de variâncias e normalidade dos erros. Para os estudos de extrusão, avaliação das digestibilidade, características das fezes, produtos de fermentação e saciedade os resultados foram submetidos à análise de variância e quando diferenças foram detectadas no teste F, médias foram comparadas por contrastes polinomiais, em função do teor de inclusão de BD.

O estudo das respostas pós-prandiais os resultados foram submetidos à análise de variância de medidas repetidas. Todas as análises acima foram realizadas com o software estatístico SAS, versão 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA, 2003), considerando-se nível de significância de 5%.

Para as comparações de palatabilidade foram empregadas as médias das duas observações de cada animal. Estas seguiram delineamento inteiramente casualizado, com 38 animais para cada desafio realizado. A razão de ingestão foi comparada pelo teste T-Student, enquanto a avaliação da primeira escolha empregou o teste de proporções (Perform Exact Sign Test). Estas análises foram realizadas com o software estatístico R, considerando-se nível de significância de 5%.

4. RESULTADOS

Para avaliação da extrusão das dietas experimentais, a temperatura do condicionador apresentou comportamento quadrático ($P < 0,05$) (Tabela 3). A umidade da massa à saída do condicionador reduziu linearmente ($P < 0,01$) com a inclusão de batata doce, isto ocorreu por características da matéria prima. A partir da substituição de 67% da quirera de arroz por BD (BD6) os *kibbles* começaram a se aglomerar na saída da extrusora, aderindo uns aos outros e ao sistema de corte. Para se controlar este processo foi necessário reduzir a adição de água no condicionador e interromper a adição de água no canhão extrusor. A produtividade do sistema (massa do condicionador para a extrusora) aumentou linearmente ($P < 0,01$), o que pode ser explicado pela maior fluidez da BD no sistema volumétrico de controle da entrada de ração na extrusora.

Foi verificado aumento quadrático da amperagem, temperatura da massa e da aplicação de EME ($P < 0,01$). Estas alterações provavelmente são explicadas pela redução da umidade de processo, que se reduziu de 28% para 22,6% ($P < 0,01$). Não houve diferenças, no entanto, na densidade aparente dos *kibbles*, as alterações na umidade foram efetivas em produzir extrusados com densidades semelhantes ($P > 0,05$). Com a redução da umidade foi verificado menor aplicação de ETE ($P < 0,01$).

Os resultados de macroestrutura (Tabela 4) indicam mesma densidade específica ($P > 0,05$), mas à medida que BD foi incluída na formulação foi verificado redução da força de ruptura e expansão radial ($P < 0,01$) e aumento no comprimento específico ($P < 0,01$). O índice de gelatinização do amido não variou, indicando cozimento consistente e semelhante entre tratamentos ($P > 0,05$). A digestibilidade in vitro da matéria orgânica diminuiu de modo linear com a inclusão de BD ($P < 0,01$), acompanhando a mudança na composição química das rações, com redução do amido e aumento da fibra alimentar. O diâmetro geométrico médio das dietas foi $218\mu\text{m} \pm 1,40$ para CO, $225\mu\text{m} \pm 1,33$ para BD33, $248\mu\text{m} \pm 1,40$ para BD67 e $271\mu\text{m} \pm 1,44$ para BD 100.

Tabela 3. Parâmetros de processamento e balanço de energia de dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.

Item	Dieta experimental ¹				EPM ²	P Valor	Contraste ³	
	CO	BD33	BD67	BD100			Linear	Quadrático
<i>Pré-condicionador</i>								
Temperatura da massa (°C)	86,5	84,5	85,7	87,2	0,27	<0,001	0,013	<0,001
Umidade da massa (%)	26,0	25,8	24,0	22,6	0,53	<0,001	<0,001	0,278
Massa do Condicionador para extrusora (kg/h)	198,9	200,8	222,6	220,4	12,9	0,002	<0,001	0,606
<i>Extrusora</i>								
Amperagem (A)	39,4	39,6	41,7	44,4	0,35	<0,001	<0,001	<0,001
Pressão (PSI)	22,82	21,75	25,05	26,85	0,91	0,059	0,010	0,946
Temperatura da massa (°C)	133,7	133,0	141,0	146,7	0,93	<0,001	<0,001	0,004
Umidade de processo (%)	28,0	28,1	24,0	22,6	0,37	<0,001	<0,001	0,081
Produtividade (kg/h)	193,7	197,5	195,5	216,0	2,94	<0,001	<0,001	0,015
Densidade aparente (g/L)	328,9	334,0	326,5	329,0	3,18	0,431	0,643	0,673
<i>Balanço de energia</i>								
ETE ⁴ (KW,h/t)	85,6	88,2	98,1	80,0	9,33	0,025	0,688	0,016
EME ⁵ (KW,h/t)	12,4	12,5	13,0	18,2	0,52	<0,001	<0,001	0,059
Energia Específica Total	97,6	100,7	114,1	98,2	9,40	0,025	0,387	0,026
Relação ETE/EME	7,3	7,1	6,1	4,4	1,39	0,002	<0,001	0,01

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz, BD33: 33% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce, BD67: 67% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=4 repetições por tratamento;

³ Efeito linear ou quadrático da inclusão de farinha de batata doce.

⁴ ETE = energia térmica específica

⁵ EME = energia mecânica específica

Tabela 4. Macroestrutura dos *kibbles*, gelatinização do amido e digestibilidade in vitro da matéria orgânica de dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.

Item	Dieta experimental ¹				EPM ²	P Valor	Contraste ³	
	CO	BD33	BD67	BD100			Linear	Quadrático
Densidade Específica (kg/m)	328	334	326	329	3,18	0,431	0,644	0,673
Expansão Radial	4,37	4,27	4,24	3,84	0,069	<0,001	<0,001	0,033
Comprimento específico (mm/g)	22,8	22,4	24,6	25,3	0,231	<0,001	<0,001	<0,001
Força de ruptura (N)	37,2	25,2	25,4	19,8	0,629	<0,001	<0,001	<0,001
Índice de gelatinização (%)	95,5	94,0	95,8	97,8	1,179	0,302	0,156	0,202
Digestibilidade invitro da MO (%)	92,9	90,9	89,1	84,9	0,178	<0,001	<0,001	0,0017

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz, BD33: 33% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce, BD67: 67% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média

³ Efeito linear ou quadrático da inclusão de farinha de batata doce.

Durante todo o experimento os cães apresentaram ingestão alimentar adequada durante todo o experimento, permaneceram saudáveis, sem reação adversa ao consumo de dietas. Não foi observado diferenças no consumo de matéria seca (Tabela 5). Houve redução linear no consumo de proteína e amido ($P < 0,01$) e aumento linear no consumo de FDT, explicado pelas diferenças na composição química das rações. Houve redução linear no CDA da matéria seca, matéria orgânica e energia bruta, proteína e extrato etéreo com a inclusão de BD ($P < 0,01$). A CDA do amido apresentou comportamento quadrático.

Foi observado aumento linear na produção de fezes ($P < 0,01$) conforme foi aumentando a concentração de BD da dieta (Tabela 6). A matéria seca e o escore de fezes reduziram de modo linear ($P < 0,01$). Como na dieta CO o escore das fezes dos cães estava muito elevada, indicando fezes ressecadas, com a inclusão de BD o escore melhorou, atingindo o escore ideal do sistema de classificação que é 4. Foi verificado aumento linear da concentração de lactato e de todos os AGCC e AGCR (com exceção do valerato) nas fezes dos cães ($P < 0,01$). A concentração de amônia das fezes diminuiu de modo linear com a inclusão de BD ($P < 0,05$).

Os resultados médios obtidos nos 4 dias consecutivos de realização do teste de saciedade estão apresentados na Tabela 7. Não se verificou diferenças entre rações, tanto no consumo da dieta teste como da dieta desafio comercial ($P > 0,05$).

Tabela 5. Ingestão de nutrientes (g/cão/dia) e coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia de dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.

Item	Dieta experimental ¹				EPM ²	P Valor	Contraste ³	
	CO	BD33	BD67	BD100			Linear	Quadrático
<i>Ingestão de Nutrientes (g/cão/dia)</i>								
Matéria Seca	185,7	180,7	181,6	183,2	7,56	0,974	0,858	0,691
Proteína Bruta	42,56	37,1	36,0	34,8	1,89	0,008	0,001	0,155
Extrato etéreo hidrólise ácida	27,7	27,7	27,1	28,3	1,24	0,843	1,000	0,426
Fibra Dietética Total	9,8	15,8	23,9	35,6	0,57	<0,001	<0,001	0,785
Amido	75,8	72,4	68,6	64,4	3,15	0,099	0,015	0,899
<i>Coefficientes de digestibilidade aparente</i>								
Matéria Seca	0,867	0,854	0,835	0,807	0,77	<0,001	<0,001	0,319
Matéria Orgânica	0,931	0,913	0,887	0,854	0,51	<0,001	<0,001	0,156
Proteína Bruta	0,901	0,877	0,857	0,822	0,66	<0,001	<0,001	0,425
Extrato etéreo em hidrólise ácida	0,956	0,955	0,944	0,934	0,42	0,014	0,002	0,342
Fibra Dietética Total	0,343	0,420	0,432	0,452	3,25	0,025	0,007	0,164
Amido	0,999	0,999	0,999	0,998	0,00	<0,001	<0,001	0,011
Energia Bruta	0,936	0,919	0,888	0,863	0,52	<0,001	<0,001	0,424

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz, BD33: 33% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce batata doce, BD67: 67% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=6 cães por tratamento;

³ Efeito linear ou quadrático da inclusão de farinha de batata doce.

Tabela 6. Produção, características e concentração de produtos de fermentação microbiana nas fezes de cães alimentados com dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.

Item	Dieta experimental ¹				EPM ²	P Valor	Contraste ³	
	CO	BD33	BD67	BD100			Linear	Quadrático
<i>Características das Fezes</i>								
Produção de fezes na matéria natural (g/kg PC/dia)	4,2	5,1	6,9	9,6	0,434	<0,001	<0,001	0,359
Produção de fezes na matéria seca (g/kg PC/dia)	1,9	2,1	2,4	2,8	2,403	<0,001	<0,001	0,300
Matéria Seca (%)	45,9	41,4	33,4	29,9	1,219	<0,001	<0,001	0,760
Score	4,8	4,4	4,2	4,0	0,076	<0,001	<0,001	0,298
pH	6,9	6,5	6,4	6,7	0,076	0,002	0,078	0,006
<i>Produtos de Fermentação (mMol/g de fezes, na MS)</i>								
Ácido Acético	254,8	344,3	417,8	514,2	37,6	0,002	<0,001	0,915
Propiônico	79,4	101,2	111,3	126,6	10,4	0,007	0,008	0,300
Butírico	47,0	69,4	99,1	95,7	6,730	<0,001	<0,001	0,023
Ácidos Graxos Cadeia Curta Total	381,3	514,9	628,2	736,4	49,426	0,002	<0,001	0,775
Isobutírico	15,0	11,4	9,1	5,4	0,545	<0,001	<0,001	0,321
Isovalérico	9,4	7,6	7,0	4,3	0,826	<0,001	<0,001	0,649
Valérico	1,2	1,3	1,4	1,7	0,154	0,183	0,114	0,305
Ácidos Graxos Cadeia Ramificada Total	25,6	20,3	16,7	11,2	1,398	<0,001	<0,001	0,349
Ácidos Graxos Volateis Totais	406,9	535,2	645,0	747,6	50,133	<0,001	<0,001	0,774
Amônia (mMol/kg de fezes, na MS)	131,0	144,6	113,5	92,9	30,37	0,044	0,020	0,187
Lactato (mMol/kg de fezes, na MS)	4,7	5,7	7,4	6,3	1,05	0,052	0,009	0,765

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz, BD33: 33% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce, BD67: 67% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=6 cães por tratamento;

³ Efeito linear ou quadrático da inclusão de farinha de batata doce.

Tabela7. Consumo das dietas experimentais e dieta comercial desafio durante avaliação da saciedade de cães alimentados com dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce. Valores médios de 4 dias de teste com cada cão.

Item	Dieta experimental ¹				EPM ²	P Valor	Contraste ³	
	CO	BD33	BD67	BD100			Linear	Quadrático
Consumo total (g MS/kg ^{0,75})	63,3	65,5	54,8	58,6	8,579	0,894	0,622	0,933
EM Consumida (kcal/kg ^{0,75})	284,8	294,9	235,8	251,2	37,952	0,910	0,722	0,959
Consumo da dieta tratamento (g MS/kg ^{0,75})	33,2	30,3	30,2	30,6	1,055	0,324	0,151	0,158
Consumo da dieta desafio (g MS/kg ^{0,75})	30,1	35,3	24,6	28,0	7,954	0,936	0,579	0,733
Proporção (dieta tratamento/dieta desafio)	1,73	1,45	1,53	1,79	0,480	0,901	0,871	0,733

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz, BD33: 33% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce batata doce, BD67: 67% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=6 cães por tratamento;

³ Efeito linear ou quadrático da inclusão de farinha de batata doce.

Durante a avaliação das respostas pós-prandiais os cães apresentaram consumos semelhantes de ração e nutrientes ($P>0,05$; Tabela 8). Dentre os valores de glicemia considerados, cães alimentados com BD100 apresentarem menor incremento máximo de glicose que os que ingeriram CO ($P<0,05$; Tabela 9). Foi verificado, também, tendência à menor insulinemia máxima no grupo BD100 ($P=0,107$).

Quanto computadas as AAC, parâmetros semelhantes foram observados para glicose ($P<0,05$), como pode ser observado na Tabela 10. Quanto as respostas de insulina, no entanto, cães alimentados com a ração BD100 apresentarem menor ACC dos 120-420 minutos ($P<0,05$), com tendência à menor ACC total de insulina (0-720 min; $P=0,095$).

Tabela 8. Ingestão de nutrientes no dia da avaliação das respostas pós-prandiais de insulina e glicose de cães alimentados com dietas experimentais à base de quirera de arroz ou farinha integral de batata doce.

Item	Dieta experimental ¹			P Valor
	CO	BD100	EPM ²	
<i>Ingestão de nutrientes (g/cão)</i>				
Matéria Seca	160,6	168,2	6,97	0,480
Proteína Bruta	43,0	38,0	1,72	0,075
Extrato etéreo hidrolise ácida	26,1	27,9	1,14	0,305
Fibra Dietética Total	5,7	21,8	0,57	<0,001
Amido	71,4	63,6	2,87	0,099

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=9 cães por tratamento;

Tabela 9. Valores de glicose e insulina plasmáticas de cães alimentados com dietas experimentais à base de quirera de arroz ou farinha integral de batata doce.

Item	Dieta experimental ¹		EPM ²	P Valor
	CO	BD100		
<i>Glicose (mg/dL)</i>				
Basal	73,1	71,9	0,42	0,468
Média	80,2	81,7	1,53	0,371
Mínima	67,2	69,7	1,25	0,184
Máxima	100,2	96,1	2,23	0,162
Incremento médio	8,5	9,8	1,23	0,559
Incremento máximo	30,2	24,2	1,90	0,015
Tempo pico (min)	240,0	161,2	42,10	0,217
<i>Insulina (pmol/L)</i>				
Basal	46,2	35,23	1,52	0,120
Média	143,1	109,0	14,07	0,186
Mínima	33,5	28,2	2,33	0,142
Máxima	353,6	247,6	35,90	0,107
Incremento médio	110,3	86,2	14,18	0,487
Incremento máximo	312,3	218,4	35,61	0,116
Tempo pico (min)	225,0	202,5	18,87	0,446

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=9 cães por tratamento;

Tabela 10. Áreas abaixo da curva (AAC) de glicose (mg/dL/h) e insulina (pmol/L/h) de cães alimentados com dietas experimentais à base de quirera de arroz ou farinha integral de batata doce.

Tempo	Dieta experimental ¹		EPM ²	P Valor
	CO	BD100		
<i>Glicose (mg/dL/h)</i>				
0 - 720	986,4	994,3	22,37	0,154
0 - 120	152,9	159,1	4,12	0,255
120 - 420	437,6	444,6	11,42	0,621
420 - 720	395,9	390,3	10,69	0,708
<i>Insulina (ppmol/L/h)</i>				
0 - 720	1896,4	1324,6	182,18	0,095
0 - 120	213,1	209,9	22,18	0,921
120 - 420	1170,5	768,3	131,69	0,034
420 - 720	353,6	284,1	50,00	0,402

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=9 cães por tratamento;

A cinética das respostas pós-prandiais está ilustrada na Figuras 1, que apresenta o incremento pós-prandial de glicose e Figura 2, com o incremento pós-prandial de insulina sérica dos cães.

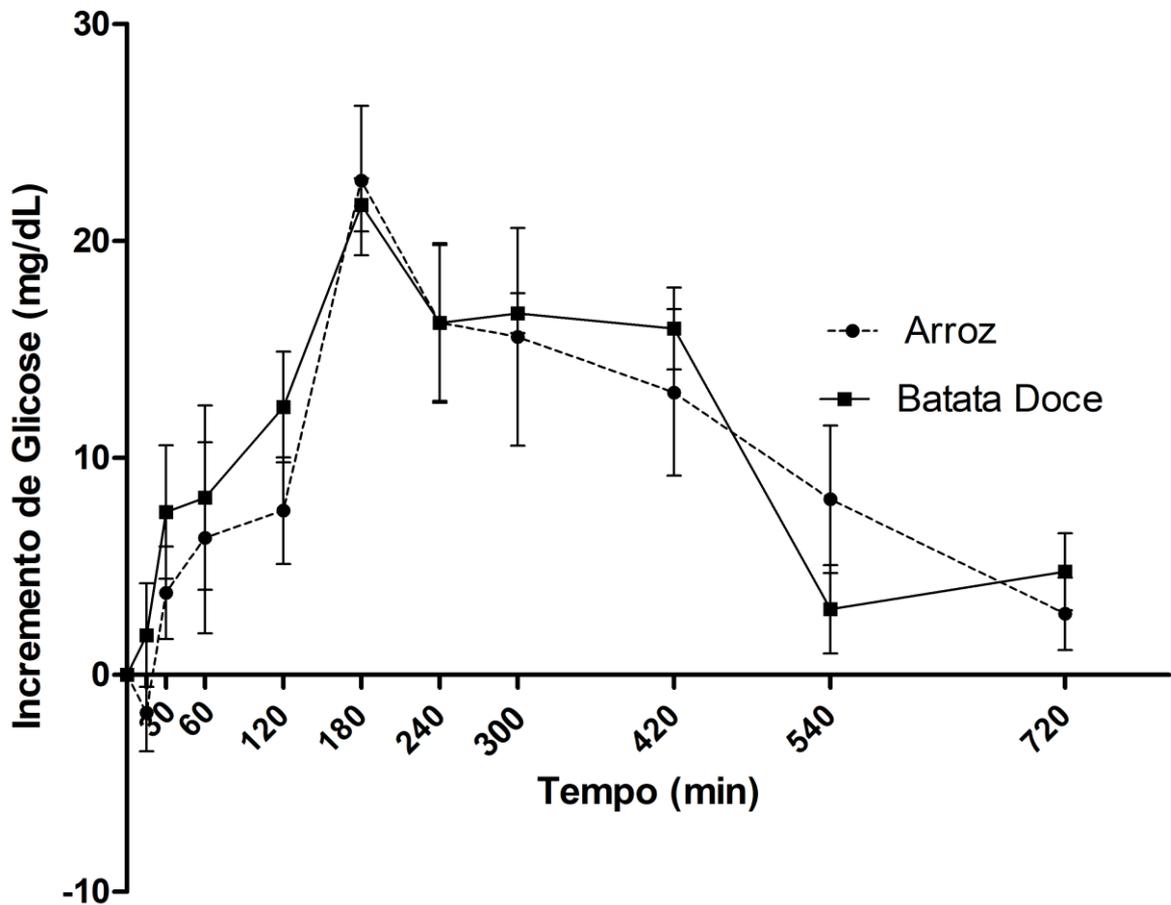


Figura 1. Incremento pós-prandial de glicose sérica de cães alimentados com dietas experimentais com quirera de arroz ou farinha integral de batata doce como fonte de carboidrato.

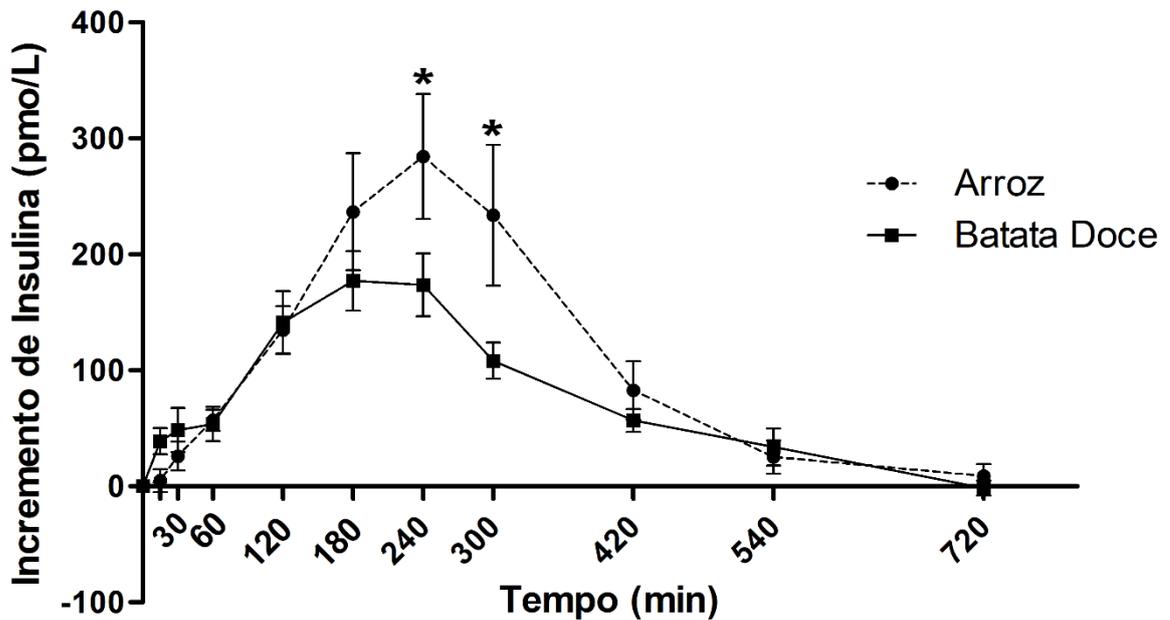


Figura 2. Incremento pós-prandial de insulina sérica de cães alimentados com dietas experimentais com quirera de arroz ou farinha integral de batata doce como fonte de carboidrato.

* Diferenças da dieta controle com a 100BD

Nos desafios de palatabilidade, consumos semelhantes foram verificados ao se comparar CO versus BD33 e CO versus BD100 ($P > 0,05$), como apresentado na Tabela 11, mas houve maior preferência pela dieta BD67 quando comparada com a controle ($P < 0,05$). A primeira escolha dos animais não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 11. Teste de palatabilidade e primeira escolha de cães alimentados com dietas experimentais com teores crescentes de farinha integral de batata doce.

Dietas ¹	Razão de ingestão				Primeira escolha %		
	RI - A	RI - B	EPM ²	P valor	A	B	P valor
CO x BD33	0,46	0,53	0,6	0,450	58,60	41,40	0,464
CO x BD66	0,37	0,63	0,6	0,004	32,20	68,80	0,465
CO x BD100	0,43	0,57	0,6	0,187	37,50	62,50	0,466

¹ CO: controle, a base de quirera de arroz, BD33: 33% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce, BD67: 67% de substituição da quirera de arroz por farinha de batata doce; BD100: farinha de batata doce como fonte de carboidrato.

² Erro padrão da média, n=38 cães por desafio.

5. DISCUSSÃO

O tipo de amido, fonte ou origem, tem efeito expressivo sobre a forma como o mesmo se comporta durante a extrusão. Durante o processo foi necessário diminuir a entrada de água no condicionador e cessar a entrada de água no canhão extrusor. Isso porque, a partir da substituição de 67% da quirera de arroz por BD (BD67), os *kibbles* começaram a se aglomerar na saída da extrusora, aderindo uns aos outros e ao sistema de corte. Esse fenômeno pode ser explicado devido os amidos de tubérculos, como é o caso da batata doce, terem maior proporção de amilopectina (76%) em relação à amilose (34%), facilitando a gelatinização do amido durante a extrusão. Já os amidos de grãos de cereais, exigem temperaturas mais altas e condições de processamento mais severas (MATHIAS, 2010; ABEGUNDE et al., 2013). A menor adição de água no pré-condicionador diminuiu a aplicação da energia térmica, em contrapartida o consumo de EME transferidas para massa aumentou 5,8KW/h/ton conforme a inclusão de batata doce. Esse aumento do consumo de EME transferidas para massa, pode ser explicada pela elevada modificação plástica do amido da batata doce durante o processamento. Para uma mesma taxa de alimentação, as dietas com maior inclusão de BD causam maior modificação no ambiente do canhão da extrusora, devido à maior plasticidade do amido de tubérculos, sofrendo uma maior transformação de estado físico que resulta em maior força para a extrusora processar o produto. Em estudo com inclusões crescentes de fécula de batata foi observado uma diminuição na adição de água no condicionador e aumento de 5,8KW/h/ton de EME, resultado semelhante ao observado para BD no presente estudo (DOMINGUES et al., 2018). As alterações observadas no processamento deste tipo de amido podem ser consideradas uma desvantagem, visto que aumentam o custo de produção já que a maior aplicação de EME gera elevação no gasto de energia elétrica e maior desgaste do aparelho (STREIT, 2015).

Com relação à macroestrutura do *kibble*, a inclusão de BD proporcionou menor expansão radial e maior comprimento específico. Essa relação inversa fez com que a densidade dos *kibbles* não fosse afetada. Isso acontece devido a influência do aumento do teor de fibra da dieta, sendo o mesmo comportamento observado em estudos com dietas com alta quantidade de FDT (CHINNASWAMY E HANNA, 1991;

MONTI, 2015). Apesar dessas características de processo terem se comportado diferentes entre os ingredientes, todas as dietas apresentaram adequado cozimento, sendo possível afirmar que farinha de batata doce é um ingrediente altamente responsivo ao processo de extrusão, gerando extrusados bem expandidos e que refletem na boa gelatinização do amido.

A ingestão de proteína e amido foram maiores (18% e 15%, respectivamente) na dieta controle comparada a dieta com 100% de inclusão de BD. Essa diminuição linear com o aumento da inclusão de BD é decorrente da composição deste ingrediente sobre a formulação, uma vez que as dietas foram delineadas não para serem isonutrientes, mas sim para proporcionar aumentos lineares na inclusão de BD. A composição bromatológica da BD demonstrou que ela apresenta menos 16,6% de amido e 6% de proteína bruta (tabela 2), o que ocasionou menores teores desses nutrientes na ração.

Nos parâmetros de digestibilidade dos nutrientes, a batata doce apresentou bons resultados com aproveitamento maior que 80% de todos os nutrientes analisados, porém a quirera de arroz demonstrou ser mais digestível que a BD. Essa diferença observada no aproveitamento dos nutrientes, pode ser explicada pelo maior teor de fibra da BD (FDT; 17%) quando comparado com o arroz (FDT; 1,7%). Apesar da fibra ser importante para manter a saúde intestinal, sabe-se que ela interfere na digestibilidade. Cães não possuem enzimas para digestão da fibra, porém estas podem sofrer fermentação pela microbiota intestinal. A fibra presente no bolo fecal no intestino prejudica a ação das enzimas responsáveis pela digestão e se ligam aos carboidratos e proteínas, e como consequência diminui o coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes (SUNVOLD et al, 1995). Carciofi et al. (2008) encontraram redução na digestibilidade dos nutrientes em dietas com fontes de carboidratos com maior quantidade de FDT como lentilha, sorgo e ervilha. Essa redução da digestibilidade pode ser considerada vantajosa para animais em processo de emagrecimento, já que se busca diluição da densidade energética em dietas para perda de peso (JEWELL et al., 2006).

A menor digestibilidade dos nutrientes nas dietas com BD foi reiterada pela maior produção fecal verificada nesses alimentos. Os maiores teores de fibras fermentáveis na BD promovem maior formação do bolo fecal e retenção da umidade

(PROLA et al., 2009), o que é facilmente confirmado com a redução do escore fecal com o aumento nas inclusões de BD. Apesar destas apresentarem menor escore fecal, estes se mantiveram dentro do considerado normal para cães.

Os AGCC e lactato desempenham um importante papel na saúde intestinal. Estes são decorrentes da fermentação de carboidratos pela microbiota nativa do cólon. A inclusão de BD na dieta também aumentou a fermentação pela microbiota intestinal, expressa pela diminuição do pH fecal, consequência do aumento linear na concentração de ácidos graxos voláteis totais. Essa resposta caracteriza melhora na saúde intestinal, uma vez que os AGCC são utilizados pelos colonócitos como fontes de energia (BUENO et al., 2000) e a redução do pH impede a fixação de bactérias patogênicas no intestino (GOMES, 2009). Além disso, houve redução na concentração de amônia nas fezes ($P>0,05$), o que pode ser muito vantajoso já que este composto traz prejuízos para a mucosa intestinal (FLEMMING, 2005). Estes resultados colaboram com o estudo de Bazoli et al. (2015), que encontrou aumento de butirato e lactato em dieta a base de sorgo comparada à arroz. Tanto a batata-doce quanto o sorgo são fontes de amido que contêm maior quantidade de FDT na composição. Os valores encontrados no presente estudo, são superiores ao encontrados por Maria (2017), que avaliou dietas suplementadas com polpa de beterraba e fibra de cana, ou seja, dietas a base de batata-doce podem ser mais benéfica para saúde intestinal do que dietas suplementadas com fontes de fibras.

Não foram verificadas diferenças entre as rações sobre a saciedade, tanto no consumo da dieta teste como da dieta desafio comercial. Os animais utilizados no presente estudo não são treinados para este tipo de comparação. Muitos destes animais são glutões e consomem quantidade de ração controlada diariamente. Quando ofertada dieta comercial à vontade, estes consumiram em excesso, sendo que alguns animais apresentaram episódios de êmese, mostrando que estavam ingerindo além de sua capacidade. Com isso, não foi possível observar diferenças no consumo dos alimentos.

A BD também trouxe bons resultados para metabolismo animal, visto que esta foi capaz de reduzir o incremento máximo de glicose que levou a tendência na diminuição da insulinemia máxima comparado aos animais que ingeriram a dieta CO. A AAC dos 120-420 minutos foi menor para animais alimentados com BD em relação

a CO e também houve tendência à menor AAC total de insulina. É possível que estes resultados sejam decorrentes do menor teor de amido (quirera de arroz = 44%; BD = 37%), maior teor de amilose (ALLEN, 2012) e maior teor de FDT (quirera de arroz = 3,58%; farinha de batata dose = 18,65%) da BD. Desta forma, este ingrediente se mostra interessante para dietas destinadas a cães com alterações no metabolismo de carboidratos como obesos, idosos, diabéticos, ou animais com neoplasias (RIBEIRO et al., 2019; GRAHAM et al., 1994).

Carciofi et al. (2008) encontrou a maior ingestão de FDT em dietas a base de lentilha, com diminuição das concentrações de insulina máxima e do pico quando comparadas com dietas a base de mandioca e arroz. Resultado diferente do encontrado neste trabalho, que mesmo com aumento da ingestão de FDT, não foi possível observar diferenças no pico de insulina e sua concentração máxima. Em estudo avaliando ratos com *diabetes mellitus*, a inclusão de 30% de batata-doce na dieta conseguiu reduzir a secreção de glicose, insulina basal, AAC de glicose e, conseqüentemente, resistência insulínica (SHIH et al. 2020). Palumbo (2009) relatou que ingestão de amido pode ter maior influência sobre a secreção de glicose do que a quantidade de fibra ingerida. A dieta com 100% de inclusão de BD, apesar de conter menor teor de amido, não influenciou a ingestão, visto que o consumo dos nutrientes pelos animais foi corrigido para que não houvesse diferença entre ambas dietas comparada. Com isso, não foi possível detectar estatisticamente efeitos nos parâmetros de glicose (tabela 9), com exceção do incremento máximo, que pode ter sido influenciado pela quantidade de fibra presente na dieta BD100. Os animais do presente estudo eram saudáveis, portanto, não apresentavam alterações metabólicas e não estavam acima do peso, com isso os resultados observados foram sutis.

Os parâmetros de extrusão, juntamente com a composição química e tipo de ingredientes do alimento irão determinar expansão do produto, sua estrutura celular, dureza e crocância, que podem influenciar na palatabilidade da dieta (TRIVEDI; BENNING, 2003). Além disso, estudos sugerem que a elevação da umidade e da energia térmica pode aumentar a palatabilidade do alimento para cães (KITCHELL, 1972; DUNSFORD, et al. 2002). Contudo, no presente estudo foi observado que dieta com 67% de inclusão de BD apresentou umidade menor e corânica e energia térmica

moderada e ainda assim foi preferida em relação ao alimento CO, resultado que não corrobora com os estudos citados acima.

6. CONCLUSÃO

Concluiu-se que a substituição de quirera de arroz por farinha integral de batata doce requer ajustes nos parâmetros de extrusão, com redução da umidade de processamento, mas não interfere na qualidade final dos *kibbles* e nem reduz a gelatinização do amido. O ingrediente reduziu a digestibilidade da energia e aumentou a concentração de produtos de fermentação nas fezes dos cães, incluindo aumento do teor de butirato, com possíveis implicações à saúde intestinal. Esta não reduziu a palatabilidade da dieta pelos cães, podendo inclusive aumentá-la em relação à quirera de arroz. Alimento à base de farinha integral de batata doce promoveu menor secreção de insulina e da glicemia máxima pós-prandial. Estas características indicam ser a farinha integral de batata doce substituto adequado da quirera de arroz em rações de baixa energia e para animais com alterações no metabolismo de carboidratos.

7. REFERÊNCIAS

ABEGUNDE, O. K.; MU, T. H.; CHEN, J. W.; & DENG, F. M. (2013). Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids**, v. 33, n. 2, p.169-177.

ALLEN, J. C.; CORBITT, A. D.; MALONEY, K. P.; BUTT, M. S.; TRUONG, V. D. (2012) Glycemic Index of Sweet Potato as Affected by Cooking Methods. **The Open Nutrition Journal**, v. 6, p. 1-11.

AOAC (1995) Official Methods of Analysis. **Official methods of analysis of AOAC International**, ed. 16.

BALLER, M. A.; PACHECO P. D. G.; PERES, F. M.; MONTI M.; CARCIOFI. A. C. (2018) The effects of in-barrel moisture on extrusion parameters, kibble macrostructure, starch gelatinization, and palatability of a cat food. **Animal Feed Science and Technology**, v. 246, p. 82-90.

Bazolli, R. S.; Vasconcellos, R. S.; De-Oliveira, L. D.; Sá, F. C.; Pereira, G. T.; Carciofi, A. C. (2015). Effect of the particle size of maize, rice, and sorghum in extruded diets for dogs on starch gelatinization, digestibility, and the fecal concentration of fermentation products. **Journal of animal science**, v. 93, n. 6, p. 2956-2966.

BUENO A. R.; CAPPEL, T. G.; SUNVOLD, G. D. (2000a) Feline colonic morphology and mucosal 493 tissue energetics as influenced via the source of dietary fiber. **Nutrition Research**. V. 20, p. 985-993.

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

CHEN, Y. Y.; LAI, M. H.; YU, T. C.; LIU, J. F. (2012). Low glycemic index sweet potato starch improves the postprandial glycemic response of STZ/nicotinamide-induced hyperglycemic rats by upregulating the proteins involved in insulin signaling. **Current Topics in Nutraceuticals Research**, v. 10, n. 3/4, p. 179

CHINNASWAMY, R.; HANNA, M. A. (1991). Extrusion-grafting starch onto vinylic polymers. **Starch-Stärke**, v. 43, n. 10, p. 396-402.

DOMINGUES, L.; MURAKAMI, F.; ZATTONI, D.; KAELE, G.; DE OLIVEIRA, S.; FÉLIX, A. (2019). Effect of potato on kibble characteristics and diet digestibility and palatability to adult dogs and puppies. **Italian Journal of Animal Science**, v. 18 n. 1, p. 292-300.

DUNSFORD, B.; PLATTNER, B.; GREENBURY, D.; ROKEY, G. (2002). The influence of extrusion processing on petfood palatability. **Proceedings of Pet Food Forum**. Chicago, Illinois. Watt Publishing, Inc. Mt. Morris, Illinois, USA.

ELIASSON, A. C. (2004). **Starch in food: Structure, function and applications**.

FEDIAF (2018) **Nutrition Guidelines, for complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs**.

FLEMMING, J. S. (2005) **Utilização de leveduras, probióticos e mannanoligossacarídeos (MOS) na alimentação de frango de corte**. 109f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

GRAHAM, P. A.; MASKELL, I. E.; NASH, A. S. (1994) Canned high fiber diet and postprandial glycemia in dogs with naturally occurring diabetes mellitus. **The Journal of nutrition**. v. 124, n. suppl_12, p. 2712S-2715S.

GRIFFIN, R. W., (2003). Section IV: Palatability. In **Petfood Technology**. **Watt Publishing Company**, ed. 1, p. 176-193.

GUY, R. (2001). **Extrusion cooking: technologies and applications**. Cambridge, United Kingdom

GOMES, M. O. S. (2009) **Microbiota fecal, produtos de fermentação, aspectos histológicos da mucosa gastrintestinal e imunidade de cães beagle de diferentes grupos etário**. 103f. Tese (Doutorado em Clínica Médica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Medicina veterinária, Jaboticabal - SP.

.

HENDRIX, D. L. (1993) Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v. 33, n. 6, p. 1306-1311.

JEWELL, D. E.; TOLL, P. W.; AZAIN, M. J.; LEWIS, R. D.; EDWARDS, G. L. (2006). Fiber But Not Conjugated Linoleic Acid Influences Adiposity in Dogs. **Veterinary therapeutics**. v. 7, n. 2, p. 78.

KATAYAMA, K.; KITAHARA, K.; SAKAI, T.; KAI, Y.; YOSHINAGA, M. (2011). Resistant and digestible starch contents in sweet potato cultivars and lines. **Journal of applied glycoscience**, V. 58, N. 2 p.53.

KITCHELL, R. L. (1972). Dogs know what they like. **Friskies Research Digest**, v. 8, p. 1-4.

KOUROUMA, V., MU; T. H., ZHANG; M., & SUN, H. N. (2020) Comparative study on chemical composition, polyphenols, flavonoids, carotenoids and antioxidant activities of various cultivars of sweet potato. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, n. 1, p. 369-378.

LAFLAMME, D. R. P. C. (1997). Development and validation of a body condition score system for dogs.: a clinical tool. **Canine Practice**, v. 22, p.10-15.

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

MARIA, A. P. J.; AYANE, L.; PUTAROV, T. C.; LOUREIRO, B. A., NETO, B. P.; CASAGRANDE, M. F.; GOMES, M. O. S.; GLÓRIA, M. B. A. CARCIOFI, A. C. (2017). The effect of age and carbohydrate and protein sources on digestibility, fecal microbiota, fermentation products, fecal IgA, and immunological blood parameters in dogs. **Journal of animal science**, v. 95, n. 6, p. 2452-2466.

MILLER, G. L. (1959) Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428.

MONTI, M.; GIBSON, M., L.; OUREIRO, B. A.; SÁ, F. C.; PUTAROV, T. C., VILLAVERDE, C.; Villaverde, C.; Alavi, S.; CARCIOFI, A. C. (2016). Influence of dietary fiber on macrostructure and processing traits of extruded dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, n. 220, p. 93-102.

NRC (2006) **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington, D.C.: National Academies Press.

PACHECO, P. D.; PUTAROV, T. C.; BALLER, M. A.; PERES, F. M.; LOUREIRO, B. A.; & CARCIOFI, A. C. (2018). Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, v. 243, p. 52-63.

PALUMBO, G. R. (2009). Efeito da ingestão de amido, fibra e energia na resposta glicêmica pós-prandial e saciedade em cães. 61f. **Dissertação (Mestrado em Clínica Médica)** - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Medicina veterinária, Jaboticabal.

PHILLIPS-DONALDSON, D (2018) **Are grain-free pet foods truly healthy and sustainable?** Disponível em < <https://www.petfoodindustry.com/articles/7396-are-grain-free-pet-foods-truly-healthy-and-sustainable?v=preview> > Acesso em: 08/04/2020

POND, W. G.; CHURCH, D. C.; POND, K. R. (1995) Basic Animal Nutrition and Feeding. **New York: John Wiley and Sons**, ed. 4, p.615.

PROLA, L.; DOBENECKER, B.; MUSSA, P. P.; KIENZLE, E. (2009) Influence of cellulose fiber length on fecal quality, mineral excretion and nutrient digestibility in cat. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 94, n. 3, p. 362-367.

PRYCE, J. D. (1969) A modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. **Analyst**, v. 94, n. 1125, p. 1151-1152.

REYNOLDS, C. S. (2006) **The ecology of phytoplankton**. Cambridge University Press.

RIBEIRO, E. D. M.; PEIXOTO, M. C.; PUTAROV, T. C.; MONTI, M.; PACHECO, P. D. G.; LOUREIRO, B. A.; GENER, P. T.; CARCIOFI, A. (2019) The effects of age and dietary resistant starch on digestibility, fermentation end products in faeces and postprandial glucose and insulin responses of dogs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 73, n. 6, p. 485-504.

SÁ, F. C.; VASCONCELLOS, R. S.; BRUNETTO, M. A.; FILHO, F. O. R.; GOMES, M. O. S.; CARCIOFI, A. C. (2013). Enzyme use in kibble diets formulated with wheat bran for dogs: effects on processing and digestibility. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition** v. 97, p. 51–59.

SHEKHAR, S.; MISHRA, D.; BURAGOHAIN, A. K.; CHAKRABORTY, S.; CHAKRABORTY, N. (2015). Comparative analysis of phytochemicals and nutrient availability in two contrasting cultivars of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). **Food Chemistry**, v. 173, p. 957–965

SHIH, C. K.; CHEN, C. M.; VARGA, V.; SHIH, L. C.; CHEN, P. R.; LO, S. F.; SHYUR, L. F.; LI, S. C. (2020). White sweet potato ameliorates hyperglycemia and regenerates pancreatic islets in diabetic mice. **Food & Nutrition Research**, p. 64.

STREIT, B. 2015. **Thermal versus mechanical energy in pet food extrusion cooking**, In: **Petfood Industry.com**. Disponível em <www.petfoodindustry.com/articles/5364-thermal-versus-mechanical-energy-in-pet-food-extrusion-cooking?v=preview > Acesso em: 05/08/2020.

SUNVOLD, G. D.; FAHEY JR, G. C.; MERCHEN, N. R.; TITGEMEYER, E. C.; BOURQUIN, L. D.; BAUER, L. L.; REINHART, G. A. (1995). Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. **Journal of animal science**, v. 73 n. 4, p. 1099-1109.

THUWALL, M.; BOLDIZAR, A.; RIGDAHL, M. (2006) Extrusion processing of high amylose potato starch materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 65, n. 4, p. 441-446.
TRIVEDI, N.; BENNING, J.; (2003). Palatability keys. In: Jkvamme, J.L., Philips, T.D.(Eds.), **Petfood Technology**. Ed.1, p. 178–179.

VIEIRA, P. F. (1980) **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ZHENG, Y.; WANG, Q.; LI, B.; LIN, L.; TUNDIS, R.; LOIZZO, M. R.; LOIZZO, M.; ZHENG, B.; XIAO, J. (2016) Characterization and prebiotic effect of the resistant starch from purple sweet potato. **Molecules**, v. 21, n. 7, p. 932.