

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

CLEUSA BERNARDETE MARCON DE BRITO

**DIGESTIBILIDADE, CARACTERÍSTICAS FECAIS E PALATABILIDADE
DE DIETAS COM MAÇÃ DESIDRATADA EM CÃES E GATOS**

CURITIBA

2018

CLEUSA BERNARDETE MARCON DE BRITO

**DIGESTIBILIDADE, CARACTERÍSTICAS FECAIS E PALATABILIDADE DE
DIETAS COM MAÇÃ DESIDRATADA EM CÃES E GATOS**

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

Orientadora: Prof. Dra. Ananda Portella Félix
Co-orientadora: Prof. Dra. Simone Gisele de Oliveira

CURITIBA

2018

Brito, Cleusa Bernardete Marcon de
B862d Digestibilidade, características fecais e palatabilidade de dietas
com maçã desidratada em cães e gatos / Cleusa Bernardete Marcon
de Brito. - Curitiba, 2018.
82 f.: il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná. Setor de
Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
Orientadora: Ananda Portella Félix
Coorientadora: Simone Gisele de Oliveira

1. Nutrição animal. 2. Cães – Alimentação e rações. 3. Gatos –
Alimentação e rações. 4. Ácidos graxos. 5. Microbiota. I. Félix,
Ananda Portella. II. Oliveira, Simone Gisele de. III. Título. IV.
Universidade Federal do Paraná.

CDU 636.084



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **CLEUSA BERNARDETE MARCON DE BRITO** intitulada: **Digestibilidade, características fecais e palatabilidade de dietas com maçã desidratada em cães e gatos**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 27 de Março de 2018.


ANANDA PORTELLA FÉLIX

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


ALEX MAIORKA

Co-orientador - Avaliador Interno (UFPR)


CHAYANE DA ROCHA

Avaliador Externo (UFPR)


EDSON GONÇALVES DE OLIVEIRA

Avaliador Externo (UFPR)



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

CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo número 025/2015, referente ao projeto “Utilização de maçã como fonte de fibra em dietas para cães”, sob a responsabilidade de Ananda Portella Félix, na forma em que foi apresentado (utilização de 15 cães e como grau B de invasividade), foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná - Brasil, em reunião realizada dia 22 de Abril de 2015.

CERTIFICATE

We certify that the protocol number 025/2015, regarding the project “Use of apple as a fiber source in diets for dogs”, under Ananda Portella Félix supervision, in the terms it was presented (use of 15 dogs and was classified as grade B of invasiveness), was approved by the Animal Use Ethics Committee of the Agricultural Sciences Campus of the Universidade Federal do Paraná (Federal University of the State of Paraná, Brazil) during session on April 22, 2015.

Curitiba, 22 de Abril de 2015.

Ananda Portella Félix
Presidente CEUA-SCA

Simone Tostes de Oliveira Stedile
Vice-Presidente CEUA-SCA

DEDICATÓRIA

*À minha família, meu alicerce, meu porto seguro: Jorge, Rafael e Felipe, por tornarem
mais este sonho possível.*

AGRADECIMENTOS

A **Deus** e todos os meus **Mentores Espirituais** por abençoarem os meus dias, proteger, iluminar e me defender de todos os perigos.

Aos meus queridos e amados pais, Vitalino *in memoriam* e Maria Delmira (MIRA) pelo incentivo e apoio na busca da realização dos meus sonhos.

Ao amor da minha vida Jorge, companheiro de todas as horas pelo incentivo e ajuda nos momentos mais difíceis que passamos e pelas grandes alegrias e surpresas boas que tivemos.

Aos meus filhos amados Rafael e Felipe que sempre me incentivaram a continuar estudando e algumas vezes colocaram a mão na massa durante as coletas, principalmente nos feriados.

A minha amada sogra Catarina (Dona Cata) *in memoriam*, por todo ensinamento, carinho, amor e paciência transmitido só pelo olhar.

A professora Ananda, Nandinha, minha orientadora e amiga pra vida toda, por ter me aceito e incentivado a participar desta caminhada com disposição para me auxiliar e por proporcionar a realização deste sonho. Obrigada pelas conversas e entender minhas lágrimas nos momentos mais difíceis pelos quais passei. Se cheguei até aqui, o mérito também é seu.

A professora Simone, por aceitar ser minha co-orientadora, obrigada pela amizade e pelos conselhos sempre oportunos.

Aos professores Jose Sidney *in memoriam* e Alex Maioka por me instigarem a aprender cada vez mais sobre o mundo da nutrição dos animais. Alex por me chamar de “doida” todos os dias. Sou doida mesmo pela vida, minha família, meus amigos, animais e também pelo meu trabalho. A Universidade Federal do Paraná (UFPR), ao Laboratório de Nutrição animal (LNA) e ao LENUCAN, por todo apoio para que este estudo acontecesse.

A VB Rações pela fabricação das dietas.

Ao Sr. Siogi pelo fornecimento da maçã desidratada.

A Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Prof. Ricardo Souza Vasconcellos e seu grupo de pesquisa, pela oportunidade de realizar os experimentos com felinos (gatos). Obrigada Monica e Joice pela ajuda e carinho e aos demais participantes do grupo minha eterna gratidão.

A Dani e Marley por terem conduzido a maior parte do experimento na UEM, sem a ajuda e dedicação de cada uma isso tudo não teria acontecido.

A equipe de estagiários do LENUCAN: Barbara, Gislaine, Juliana, Keyla, Marley, Pâmela, Alina, Rafa, Taís e Guilherme pelo auxílio no meu experimento.

A equipe do LNA: Hair, Marcelo, Aldo e Ruy por entenderem os meus momentos de correria no laboratório e ajuda nas análises e a todos os estagiários que por aqui passaram nestes últimos 4 anos, a ajuda de cada um foi fundamental para o sucesso das análises.

Aos amigos que o doutorado me deu o prazer e oportunidade de conviver: Fabinha, pelo seu coração enorme e sua amizade desde o mestrado; Dani, pelas conversas de vida fitness, ajuda a qualquer hora e nosso bate-papo sobre espiritualidade; Taby, pela disposição em sempre me ajudar, seu bom dia com um abraço fraterno, nossas conversas sobre viagens de moto e os fantasmas do Lab; Lari querida, menina alto astral e disposta a ajudar; Mari, pela ajuda com orientações e material para coleta de microbiota; Cami, nossa caçulinha, mineirinha sempre disposta a ajudar, organizar tudo e também pela ajuda com os artigos. Com toda a certeza nunca esquecerei a parceria e amizade que criamos neste período maravilhoso e desafiador! Foi ótimo conviver com cada uma e com suas peculiaridades!

Aos amigos do LEPNAN que convivi neste período.

Aos cães do LENUCAN, pela colaboração prestada à evolução da Ciência, pois mesmo sem saberem é graças a vocês que tudo é possível!

Aos meus peludos Balu, Sexta-feira, Cid, Pumba e o caçulinha Koga pelo carinho, amor e companheirismo demonstrado de tantas formas diferentes, principalmente nos momentos mais difíceis. Ao Madox, Max e Timão que viraram estrelinhas durante este período, meu carinho eterno.

Enfim GRATIDÃO a cada um que de alguma forma fez parte desta conquista.

Prece de Cáritas

Deus nosso Pai,
que Sois todo poder e bondade,
daí força àqueles que passam pela provação,
daí luz àqueles que procuram a verdade
e ponde no coração do homem a compaixão e a caridade.

Deus,
daí ao viajante a estrela Guia,
ao aflito a consolação,
ao doente o repouso.

Pai,
daí ao culpado o arrependimento,
ao espírito a verdade,
à criança o guia,
ao órfão o pai.
Que a vossa bondade se estenda sobre tudo que criaste.
Piedade, Senhor, para aqueles que não Vos conhecem, e
esperança para aqueles que sofrem.
Que a Vossa bondade permita aos espíritos consoladores
derramarem por toda parte a paz, a esperança e a fé.

Deus,
um raio, uma faísca do Vosso divino amor pode abrasar a Terra,
deixai-nos beber na fonte dessa bondade fecunda e infinita, e
todas as lágrimas secarão
todas as dores acalmar-se-ão.
Um só coração, um só pensamento subirá até Vós,
como um grito de reconhecimento e de amor.
Como Moisés sobre a montanha,
nós Vos esperamos com os braços abertos.
Oh! Bondade, Oh! Poder, Oh! Beleza, Oh! Perfeição,
queremos de alguma sorte merecer Vossa misericórdia.

Deus
Dai-nos a força no progresso de subir até Vós
Dai-nos a caridade pura
Dai-nos a fé e a razão
Dai-nos a simplicidade que fará de nossas almas
O espelho onde refletirá um dia a Vossa Santíssima imagem.

Psicografada na França pela médium “Madame W. Krell” durante a noite de Natal de 1873.

“Nem sempre terás o que desejas, mas enquanto estiveres ajudando aos outros encontrarás os recursos de que precisas.”

Chico Xavier

RESUMO

No desenvolvimento de alimentos para animais de estimação deve-se considerar não somente o atendimento às exigências nutricionais, mas também auxiliar na manutenção da saúde, objetivando longevidade e bem-estar. Diversos alimentos funcionais são incorporados nas dietas, dentre eles fontes de fibras. Nesse contexto o trabalho engloba dois estudos, um com cães e outro com gatos, ambos utilizando as mesmas dietas com níveis crescentes de maçã desidratada (MD) (0, 3, 6 e 9%). No segundo capítulo foram realizados três experimentos com objetivo de avaliar o efeito de dietas contendo (MD) para cães. No experimento I foram avaliados coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia metabolizável (EM), no experimento II Produtos de fermentação intestinal e no experimento III Palatabilidade, avaliada, por meio da primeira escolha (PE) e razão de ingestão (RI) da dieta com 0% MD vs 9% MD. No terceiro capítulo foram realizados dois experimentos, sendo avaliados os CDA dos nutrientes e EM, características fecais e a palatabilidade de dietas contendo crescentes níveis de MD em gatos. No experimento I foi avaliada a digestibilidade de quatro dietas com inclusão de 0, 3, 6 e 9% de MD. No experimento II foi avaliada a palatabilidade das dietas 0 vs 9% de MD. No capítulo II houve redução linear dos CDA da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA) e aumento linear no CDA da fibra dietética total (FDT) com a inclusão de maçã na dieta ($P < 0,05$). Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) nos CDA da fibra solúvel (FS) e na EM. O consumo de 9% de MD resultou no aumento do ácido butírico e redução do ácido propionico e amônia ($P < 0,05$). As demais características fecais não diferiram ($P > 0,05$), ou seja, não houve diferença entre a palatabilidade das dietas ($P > 0,05$). A inclusão de até 9% de MD na dieta reduz os CDA da MS, PB e EEA, porém aumenta a produção de butirato e reduz a amônia fecal dos cães. Já no capítulo III houve redução linear ($P < 0,05$) dos CDA da proteína bruta (PB) e na energia metabolizável (EM) das dietas com a inclusão de MD. Houve efeito quadrático ($P < 0,05$) para os CDA do extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA), fibra insolúvel (FI), fibra solúvel (FS), fibra dietética total (FDT) e para produção e matéria seca fecal (MSf). A inclusão de 9% de MD nas dietas não influenciou na primeira escolha ($P > 0,05$). No entanto, a razão de ingestão foi maior para a dieta contendo 9% de maçã ($P < 0,05$). A inclusão de até 9% de MD reduz a digestibilidade da dieta e a produção de MSf, mas não altera o escore das fezes. A maçã desidratada apresenta boa aceitabilidade pelos gatos.

Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia curta, fermentação, fibras, frutas, microbiota, saúde intestinal.

ABSTRACT

In the development of pet food, it's necessary to consider not only the fulfillment of nutritional requirements, but also to help maintain health, aiming for longevity and well-being. Several functional foods are incorporated into diets, including fiber sources. In this context the work encompasses two studies: one with dogs and the other with cats, both using the same diets with increasing levels of dehydrated apple (DA) (0, 3, 6 and 9%). In the second chapter three experiments were carried out to evaluate the effect of diets containing DA for dogs. In the experiment I, the coefficients of apparent digestibility (CAD) of nutrients and metabolizable energy (ME) were evaluated. In experiment II intestinal fermentation products and in experiment III Palatability, evaluated by first choice (FC) and intake ratio (IR) of the diet with 0% DA vs 9% DA. In the third chapter, two experiments were carried out, evaluating the nutrient and nutrient (CAD), fecal characteristics and the palatability of diets containing increasing levels of DA in cats. In the experiment I was evaluated the digestibility of four diets with inclusion of 0, 3, 6 and 9% of DA. In experiment II, the palatability of the diets 0 vs 9% of DA was evaluated. In Chapter II, there was a linear reduction of dry matter (DM), crude protein (CP) and ethereal extract in acid hydrolysis (EAA) and linear increase in total dietary fiber (TDF) with apple inclusion in the diet ($P < 0.05$). There was a quadratic effect ($P < 0.05$) on the CAD of soluble fiber (SF) and MS. The consumption of 9% DA resulted in increase of butyric acid and reduction of propionic acid and ammonia ($P < 0.05$). There was a quadratic effect ($P < 0.05$) on the CDA of soluble fiber (SF) and DM. The consumption of 9% DM resulted in increase of butyric acid and reduction of propionic acid and ammonia ($P < 0.05$). The other fecal characteristics did not differ ($P > 0.05$). There was no difference between the palatability of the diets ($P > 0.05$). The inclusion of up to 9% of DM in the diet reduces the CAD of DM, CP and EAA, but increases the production of butyrate and reduces fecal ammonia in dogs. In the Chapter III there was a linear reduction ($P < 0.05$) of the CAD of the crude protein (CP) and in the metabolizable energy (ME) of the diets with the inclusion of DA. There was a quadratic effect ($P < 0.05$) for acidic extract (EAA), insoluble fiber (IF), soluble fiber (SF), total dietary fiber (TDF) and dry fecal matter (DFM). The inclusion of 9% of MD in the diets did not influence the first choice ($P > 0.05$). However, the intake ratio was higher for the diet containing 9% apple ($P < 0.05$). Inclusion of up to 9% of DA reduces dietary digestibility and yield and DFM but does not change stool score. Dehydrated apple has good acceptability for cats.

Key words: short-chain fatty acids, fermentation, fibers, fruits, microbiota, intestinal health

LISTA DE QUADROS, FIGURAS E TABELAS

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Quadro 1 - Fontes de fibras e substâncias fins.....	17
Figura 1 – Componentes da maçã.....	29

CAPITULO 2 – DIGESTIBILIDADE, PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL E PALATABILIDADE DE DIETAS CONTENDO MAÇÃ DESIDRATADA EM CÃES

Tabela 1. Ingredientes e composição química analisada (na matéria seca) das dietas experimentais.....	41
Tabela 2. Composição química analisada da maçã desidratada.	43
Tabela 3. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA, %) dos nutrientes, energia metabolizável (EM, kcal/kg) e características fecais de cães alimentados com dietas contendo crescentes níveis de maçã desidratada.	48
Tabela 4. Características fecais e médias da concentração ($\mu\text{Mol/kg}$ de matéria seca) de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR) das fezes de cães alimentados com dietas contendo 0 e 9% de maçã desidratada.	49
Tabela 5 - Primeira escolha e razão de ingestão de cães alimentados com a dieta controle e com adição de 9% de maçã desidratada.	49

CAPÍTULO 3 – DIGESTIBILITY AND PALATABILITY OF DIETS CONTAINING INCREASING LEVELS OF DRIED APPLE POMACE FOR CATS

Table 1. Ingredients and analysed chemical composition of diets containing increasing levels of dried apple pomace.	73
Table 2. Chemical composition of the dried apple pomace.	75
Table 3. Apparent total tract digestibility (ATTD, %) of nutrients, dietary metabolizable energy content (ME, MJ/kg), and faecal characteristics of cats fed diets containing increasing levels of dried apple pomace.	76
Table 4. First choice and food preferences of cats fed diets containing 0 or 9% dried apple pomace.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC – Ácido graxo de cadeia curta

CDA – Coeficiente de digestibilidade aparente

CE – Celulose

EB – Energia bruta

EM – Energia metabolizável

EEA – Extrato etéreo em hidrólise ácida

ECC – Escore de condição corporal

FB – Fibra bruta

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra em detergente neutro

FDT – Fibra dietética total

FI – Fibra insolúvel

FS – Fibra solúvel

MD – Maçã desidratada

MM – Matéria mineral

MO – Matéria orgânica

MS – Matéria seca

Msf – Matéria seca fecal

NEM – Necessidade de energia metabolizável

NRC – National Research Council

PB – Proteína bruta

PNA – Polissacarídeos não amiláceos

PO – Polpa de beterraba

PV – Peso vivo

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS	16
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS	17
2.2 METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DA FIBRA	19
2.3 FONTES DE FIBRAS	20
2.3.1 Polpa de beterraba e celulose	20
2.3.2 Farelo de arroz.....	22
2.3.3 Fibra de milho	22
2.3.4 Casca de soja.....	23
2.3.5 Grãos integrais.....	24
2.3.6 Fibras de frutas	27
3 FONTES DE FIBRA EM DIETAS PROCESSADAS BRASILEIRAS	27
3.1 USO DA MAÇÃ DESIDRATADA COMO FONTE DE FIBRA NA NUTRIÇÃO PET.....	28
3.1.1 Origem e composição.....	29
3.1.2 Cultivo	30
3.1.3 Mercado.....	31
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
CAPITULO II – DIGESTIBILIDADE, PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL E PALATABILIDADE DE DIETAS CONTENDO MAÇÃ DESIDRATADA EM CÃES.....	37
RESUMO.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
ABSTRACT	37
1. INTRODUÇÃO	39
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	39
2.1 ANIMAIS E INSTALAÇÕES	40
2.2 DIETAS EXPERIMENTAIS.....	40
2.3 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE	42
2.3.1 Características fecais	43

2.3.2 Cálculos e análises estatísticas	43
2.4 EXPERIMENTO II: CARACTERÍSTICAS FECAIS E SAÚDE INTESTINAL	44
2.4.1 Animais e instalações	44
2.4.2 Dietas e procedimentos experimentais	44
2.4.3 Características fecais e produtos de fermentação intestinal	44
2.4.4 Cálculos e análises estatísticas	45
2.5 EXPERIMENTO III: PALATABILIDADE.....	45
2.5.1 Animais e testes	45
2.5.2 Análises estatística	46
3. RESULTADOS	46
3.1 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICAS FECAIS	46
3.2 EXPERIMENTO II: CARACTERÍSTICAS FECAIS E PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL	47
3.3 EXPERIMENTO III: PALATABILIDADE.....	48
4. DISCUSSÃO	49
4.1 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICAS FECAIS	49
4.2 EXPERIMENTO II: PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL.....	50
4.3 EXPERIMENTO III: PALATABILIDADE.....	51
5. CONCLUSÃO.....	52
6. REFERÊNCIAS	53

CHAPTER III – DIGESTIBILITY AND PALATABILITY OF DIETS CONTAINING INCREASING LEVELS OF DRIED APPLE POMACE FOR CATS	56
1. INTRODUCTION.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2. MATERIAL AND METHODS.....	59
2.1. EXPERIMENT 1: DIGESTIBILITY ASSAY AND FAECAL CHARACTERISTICS.....	59
2.1.1. Diets.....	59
2.1.2. Animals, facilities and digestibility assay.....	60
2.1.3. Faecal characteristics.....	61
2.1.4. Calculations and statistical analyses	61
2.2 EXPERIMENT 2: PALATABILITY TRIAL	62

2.2.1. Diets	62
2.2.2. Animals, facilities, and tests.....	63
2.2.3. Calculations and statistical analyses	63
3. RESULTS.....	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1. EXPERIMENT 1: DIGESTIBILITY ASSAY AND FAECAL CHARACTERISTICS.....	64
3.2. EXPERIMENT 2: PALATABILITY TRIAL.....	64
4. DISCUSSION	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.1. EXPERIMENT 1: DIGESTIBILITY ASSAY AND FAECAL CHARACTERISTICS.....	64
4.2. EXPERIMENT 2: PALATABILITY TRIAL	67
5. CONCLUSIONS	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
REFERENCES	ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
REFERÊNCIAS.....	79

CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

A busca por novos conhecimentos sobre nutrição de animais de companhia tem crescido de forma contínua e acentuada. Nos últimos anos observa-se que as pesquisas seguem preocupadas com o uso de ingredientes sustentáveis que auxiliem na saúde, prevenção de doenças degenerativas, melhoria da qualidade de vida e aumento da longevidade.

Nesse contexto, tem-se aumentado o interesse pelo uso de coprodutos da indústria alimentícia humana, como os provenientes da extração do suco de maçãs. Estes coprodutos muitas vezes são subutilizados ou mesmo considerados poluidores ambientais; porém, quando direcionados à produção de dietas para cães e gatos podem apresentar valor agregado, devido a sua composição apresentar maiores níveis de fibras solúveis (7,32%) e insolúveis (15,92%), importantes para a saúde intestinal.

As fibras alimentares são formadas por polissacarídeos não amiláceos, dentre os quais podemos destacar a celulose, hemicelulose, pectinas, gomas, mucilagens, β -glicanas, entre outras. Frações essas que vêm recebendo grande atenção dos pesquisadores, visto que algumas destas possuem propriedades prebióticas. A principal ação prebiótica ocorre pela ativação do metabolismo de um grupo de bactérias benéficas do trato gastrointestinal, promovendo aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta.

As fibras provenientes da maçã desidratada possuem componentes bioativos, como polifenóis, perfil equilibrado de fibra insolúvel para solúvel (relação próxima a 2:1), boas propriedades de ligação à água, que podem auxiliar na textura e controle da atividade de água do alimento (FISCHER, 2009), além de auxiliarem na saúde gastrointestinal (SAURA-CALIXTO; LARRAURI, 1996).

Assim, esta pesquisa objetivou avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia metabolizável (EM), produtos de fermentação intestinal e a palatabilidade de dietas contendo maçã desidratada em cães e gatos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 CONCEITO E CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS

A fibra alimentar ou fibra da dieta não pode ser considerada como uma substância única, ela é composta, principalmente, de polissacarídeos interligados (celulose, hemicelulose, β -glicanos, pectinas, gomas, mucilagens e exsudados) mais a lignina (GUILLON; CHAMP, 2000), proteínas de parede celular não digeridas, compostos fenólicos, fitatos, oxalatos e substâncias fenólicas, amido modificado, inulina, oligofrutose e quitosanas, compostos não digestíveis pelas secreções endógenas do trato gastrointestinal (TGI). Polissacarídeos de origem animal, como a quitina e seus derivados também podem ser incluídos como parte da fibra alimentar.

O QUADRO 1 apresenta fontes das principais frações das fibras.

QUADRO 1 - FONTES DE FIBRAS E SUBSTÂNCIAS AFINS

Fração de fibras	Fonte
Lignina	Parede celular de plantas maduras, por exemplo, grãos integrais, ervilhas, cenouras, aspargos
Celulose	Parede celular de plantas, por exemplo, camadas de farelo de cereais, frutas (cascas), sementes, polpa de madeira
Hemicelulose	Parede celular de plantas, por exemplo, grãos integrais (trigo, centeio), alimentos amiláceos, soja
Pectinas	Parede celular de plantas (especialmente maçã e cascas de frutas cítricas)
Gomas, beta-glucanas	Farelo de aveia, farinha de aveia, farelo de cevada
Mucilagens	Sementes, algas marinhas
Inulina	Raiz de chicória, tubérculos de alcachofra de Jerusalém, cebola, alho, alho-porro, banana, tomate, trigo, massas, etc.
Frutooligosacarídeos (Oligofrutose)	Mesmas fontes da inulina, também produzidos a partir da inulina ou sintetizados

FONTE: Adaptado de NESTLÉ (2003b).

As fibras alimentares se distinguem por suas funções no organismo e são classificadas em solúveis e insolúveis de acordo com a sua solubilidade em água. As fibras insolúveis incluem a celulose, lignina, hemiceluloses e algumas pectinas. Suas

funções são diminuir o tempo do trânsito intestinal, aumentar o volume do bolo fecal, retardar a absorção de glicose e a hidrólise do amido. Não alteram a glicemia pós-prandial e nem os níveis de colesterol sanguíneo (NRC, 2006).

As fibras solúveis incluem a pectina, as gomas, mucilagens, β -glicanos, exsudados e hemiceluloses solúveis. São encontradas em frutas, aveia, cevada e leguminosas (feijão, grão de bico, lentilha e ervilha), suas principais funções são aumentar o tempo do trânsito intestinal, diminuir o esvaziamento gástrico, retardar a absorção de glicose, diminuir a glicemia pós-prandial e diminuir o colesterol sanguíneo. Elas ajudam a controlar o colesterol pelas suas propriedades físico-químicas, ou seja, retenção de água, solubilidade aparente, capacidade de ligação e degradação.

A adição de fontes vegetais, ricas em polissacarídeos não amiláceos e carboidratos estruturais na dieta de animais não-ruminantes pode levar à redução na digestibilidade de alguns nutrientes, pois as fibras (principalmente solúveis) são capazes de formar compostos com água, deixando a digesta mais viscosa e dificultando a ação das enzimas digestivas (VAN SOEST, 1994).

Os diferentes tipos de materiais que compõem a fibra dietética apresentam diferentes graus de solubilidade em água, sendo alguns capazes de formar géis, condições que influenciam suas ações no organismo e também sua degradabilidade pelas bactérias intestinais. A celulose é resistente à degradação e insolúvel em água.

As fibras alimentares ganharam um interesse renovado na indústria alimentar de animais de estimação uma vez que desempenham um papel importante na modulação da defecação, influenciando a função imune e o perfil da microbiota do intestino, diluindo a densidade calórica da dieta, contribuindo para a perda de peso e, indiretamente, diminuindo a incidência de obesidade e diabetes mellitus na população de animais de estimação.

Os cães não digerem a fibra, em razão da presença de ligações do tipo beta que não são rompidas devido à falta de enzimas. Contudo, microrganismos presentes no trato gastrointestinal (TGI), principalmente no cólon, fermentam e produzem ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e outros produtos finais (FAHEY et al., 2004). Ainda, os AGCC, podem trazer efeitos benéficos aos animais. O butirato pode fornecer energia para os colonócitos (VAN SOEST, 1973) e o acetato e o propionato podem estimular hormônios importantes para a saciedade (KARAKI et al., 2006).

2.2 METODOLOGIAS PARA DETERMINAÇÃO DA FIBRA

Várias metodologias analíticas podem ser utilizadas para caracterizar a fração de fibra em alimentos (DE-OLIVEIRA et al., 2012).

De acordo com os autores supracitados, a análise de fibra bruta (FB) é a metodologia mais antiga e ainda a mais utilizada para determinar a fração fibra das dietas e fezes de cães. A FB é uma fração dos alimentos composta por carboidrato estrutural, obtida após uma digestão ácida, seguida de uma digestão básica (CAMPOS et al., 2004). No entanto, por corresponder apenas parte da celulose e lignina da dieta pode subestimar o teor de fibra do alimento.

Para desmembrar os componentes da fibra outra metodologia foi proposta por Van Soest (1970), desenvolvida inicialmente para alimentos volumosos. Esta análise é composta por duas partes, uma utilizando detergente neutro e outra utilizando detergente ácido.

A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é constituída por celulose, hemicelulose e lignina (CAMPOS et al., 2004). Já a fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) é uma análise que pode ou não ser sequencial ao FDN sendo constituída por celulose e lignina. Essas análises são uma boa alternativa para quantificar e denominar os carboidratos estruturais das células vegetais (VAN SOEST et al., 1991).

Há também a metodologia proposta por Prosky et al. (1985) que determina o total de fibra dietética (FDT) e uma segunda etapa determina a quantidade de fibra solúvel e insolúvel (PROSKY et al., 1992). Essa análise é mais demorada e mais cara, porém é o melhor método para quantificar a fração fibra em alimentos e fezes de animais de companhia (DE-OLIVEIRA et al., 2012).

Desta forma, observa-se que há várias metodologias para analisar a fração fibra do alimento, contudo a opção por determinada metodologia pode ocorrer de acordo com a legislação de cada país para produção de alimentos para animais. No Brasil, por exemplo, exige-se que seja indicada no rótulo a quantidade de FB (BRASIL, 2009). Além disso, o objetivo e o propósito do que se deseja também são importantes na escolha da metodologia (DE-OLIVEIRA et al., 2012).

2.3 FONTES DE FIBRAS

As fontes tradicionais de fibras alimentares usadas em alimentos para animais incluem polpa de beterraba e celulose. A polpa de beterraba contém componentes de fibras insolúveis e solúveis em uma proporção desejável. Por sua vez, a celulose é composta por fibras insolúveis e fracamente fermentáveis.

Em geral, os efeitos benéficos de fibras solúveis fermentáveis à saúde estão relacionados com o aumento da viscosidade da digesta, diminuição do esvaziamento gástrico, aumento da saciedade, reduzida taxa de captação de glicose, baixas concentrações de colesterol no sangue e promoção de crescimento de bactérias comensais no intestino (JENKINS, A. L., et al., 2008; BRENNAN, et al., 2005; TUNGLAND, et al., 2003; GERMAN et al., 1996).

Por outro lado, as fibras não fermentáveis podem diminuir o tempo de trânsito gástrico, diluir densidade calórica da dieta, aumentar o volume fecal e ajudar na defecação (WENK, 2001).

Sunvold et al. (1995) avaliaram várias dietas combinando fontes de fibras com diferentes características de fermentabilidade, a fim de maximizar ou minimizar a produção de AGCC. Os autores observaram que na medida em que aumentou a fermentabilidade da fibra na dieta houve redução na digestibilidade da matéria seca (MS).

2.3.1 Polpa de beterraba e celulose

A polpa de beterraba e celulose microcristalina são as fibras historicamente mais pesquisadas para serem adicionadas aos alimentos comerciais para animais de companhia nos Estados Unidos (EUA).

Elas são incluídas em alimentos para animais porque diferem na sua composição química e nas propriedades físico-químicas que determinam a fermentação e afetam os resultados fisiológicos. A comparação dessas fibras tradicionais pode fornecer parâmetros sobre o papel dos diferentes tipos de fibras em alimentos para animais.

A celulose microcristalina é uma fibra relativamente não fermentável, insolúvel, não viscosa (SUNVOLD et al., 1995). Há pouca variação na composição de macronutrientes da celulose microcristalina relatada na literatura. No entanto, existem fontes comerciais não purificadas de celulose (por exemplo, celulose de madeira), que

incluem celulose amorfa e outras substâncias. Estes produtos podem variar em termos de composição mais do que celulosas microcristalinas purificadas.

A polpa de beterraba é uma fibra moderadamente fermentável, com componentes viscosos e não viscosos (FAHEY et al., 1990; SUNVOLD et al., 1995). Ela pode ser variável na composição de macronutrientes, mas muitas vezes é rica em pectina, celulose e hemicelulose. Fahey et al. (1990) relataram que a composição química da polpa de beterraba é: 16% de polissacarídeos viscosos, 31% de hemicelulose e polissacarídeos não viscosos e 25% de celulose. Bosch et al. (2007) relataram valores semelhantes: 22% de celulose na polpa de beterraba; no entanto, a concentração de hemicelulose e polissacarídeos não viscosos foi inferior (22%).

Estes dados salientam a variação que pode ocorrer nos coprodutos; o que pode determinar as suas propriedades físico-químicas e de fermentação. Em geral, celulose, hemicelulose e lignina não são viscosos, e pectinas e gomas são viscosos. Substâncias pectínicas são facilmente fermentadas, enquanto a fermentação de hemiceluloses e celulosas também dependem de solubilidade e cristalinidade (KERLEY et al., 1988; GUILLON et al., 1998).

Nos estudos de Muir et al. (1996) foi determinada a digestibilidade ileal e total de macronutrientes em cães alimentados com uma dieta controle (FDT = 2,6%) em comparação com quatro tratamentos contendo inclusão de 7,5% de fibras: polpa de beterraba (FDT = 8,6%); 5% de pectina + 2,5% de celulose (FDT = 9,7%); 2,5% de pectina + 5% de celulose (FDT = 9,7%); e celulose (FDT = 8,7%) os autores não observaram impacto das fibras sobre a digestibilidade ileal. A inclusão na dieta de polpa de beterraba ou de outras fibras fermentáveis, e a subsequente fermentação no cólon, pode aumentar a fermentação de proteína ou aumentar a produção de N microbiano, devido à maior disponibilidade de energia.

Ao fornecer energia, fibras fermentáveis favorecem o crescimento microbiano. O impacto das fibras fermentáveis na produção de nitrogênio microbiano nas fezes de cães e gatos não tem sido suficientemente avaliado; no entanto, estudos relatam a diminuição do N na urina ligada à inclusão de fibra dietética e aumento na excreção de N fecal em cães e gatos. (HOWARD et al., 2000; HESTA et al., 2005; VERBRUGGHE et al., 2010).

2.3.2 Farelo de arroz

Outro coproduto usado na nutrição animal é o farelo de arroz, sendo que ainda são escassos na literatura os potenciais benefícios à saúde com o uso deste. Spears et al. (2004) avaliaram a palatabilidade da dieta, digestibilidade de nutrientes, características das fezes, o perfil lipídico do sangue e mediadores imunes em cães alimentados com alimentos secos contendo 12% de farelo de arroz estabilizado (produzido pela inativação da lipase) ou farelo de arroz desengordurado. Neste estudo, a inclusão de 12% de farelo de arroz estabilizado ou desengordurado não reduziu a digestibilidade dos nutrientes da dieta, não alterou as características das fezes ou apresentou alterações imunes em mediadores inflamatórios.

2.3.3 Fibra de milho

A fibra de milho é o coproduto mais abundante da indústria de moagem à úmido do milho (YADAV et al., 2007). Normalmente, um alqueire de milho produz 2,04 kg de fibra de milho. Em média, o teor de proteína bruta deste é de cerca de 8,4%, FDT de 85,5% e gordura bruta de 0,9% (NRC, 2006). No entanto, modificações do processo de moagem úmida podem impactar a composição química da fibra de milho e resultar em diferentes propriedades físico-químicas, alterando os efeitos fisiológicos em animais de estimação.

Fibra grossa (a partir do pericarpo) e fibra fina (principalmente a partir do endosperma) são os dois tipos de fibras produzidas a partir de uma planta de moagem por via úmida de milho. Em relação às fibras finas, a fibra grossa tem concentrações comparativamente mais elevadas de ácidos fenólicos totais, lipídios e arabinoxila (YADAV et al., 2007, GUEVARA et al., 2008). Estes componentes de fibra grossa podem ter excesso de propriedades emulsionantes (YADAV et al., 2007)

Outros benefícios potenciais à saúde associados com a presença de compostos fenólicos em fibra de milho são a sua ação como antimutagênicos, reduzindo o risco de câncer de cólon, e seu efeito antioxidante (WILSON et al., 2000).

A fibra de milho também pode exercer efeito prebiótico se os arabinoxilanos estiverem presentes sob a forma de oligossacarídeos (GUEVARA et al., 2008). No entanto, esta continua a ser investigada em animais de companhia, já que poucas

pesquisas foram realizadas utilizando fibra de milho como ingrediente na dieta desses animais.

Por causa do seu baixo custo, relativa abundância (com um aumento da produção de etanol) e características nutricionais é importante investigar se a fibra de milho pode ser utilizada com êxito nas dietas de animais de companhia e se a sua qualidade é comparável com as fontes de fibra padrão utilizadas pela indústria.

Godoy et. al. (2009) determinaram a composição química e as características de fermentação *in vitro* de três fibras de milho (dois produtos de fibra de milho disponíveis comercialmente e uma fibra de milho produzido sem a utilização de dióxido de enxofre durante o processo de moagem por via úmida), estas apresentaram composição química similar.

Com base na MS, as fibras de milho continham de 71,4% a 82,2% de FDT; 5,0% a 6,0% de extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA); 7,5% a 11% de proteína bruta (PB) e 0,8% a 0,9% de cinzas (GODOY et al., 2009).

2.3.4 Casca de soja

A casca de soja é a parte externa do grão, obtida por separação durante o processo de extração do óleo. Também conhecida como casquinha de soja, é comercializada na forma moída ou peletizada.

Em experimento desenvolvido por Cole et al. (1999) verificaram redução linear na digestibilidade da MS, matéria orgânica (MO) e energia metabolizável (EM) conforme aumentaram os níveis de casca de soja (3,0% a 9,0%), mas não observaram tal efeito na digestibilidade da PB e EEA.

Em outro estudo, Burkhalter et al. (2001) avaliaram dietas com casca de soja, variando a relação de FI:FS, com polpa de beterraba, e uma dieta controle (sem inclusão de fibra) e não observaram efeito na digestibilidade ileal conforme aumentou a razão de FI:FS das dietas. Contudo, observaram menores digestibilidades ileal da MS, MO, PB, EEA e energia das dietas com fibras quando comparadas com a dieta controle. Os autores justificam tal fato pela substituição de ingredientes mais digestíveis por menos.

2.3.5 Grãos integrais

Os cereais integrais são compostos principalmente de endosperma (~ 80%), com o germe e farelo tornando-se proporções variáveis entre os diferentes grãos (SLAVIN et al., 2001). Na nutrição humana, trigo, milho, aveia, cevada e centeio são as fontes mais populares de grãos inteiros (SLAVIN et al., 2001).

Em caráter nutricional, os grãos integrais são ricos em fibra alimentar, minerais e vitaminas B (FARDET et al., 2010). Além disso, os grãos integrais são ricos em compostos bioativos, tais como fitoquímicos (lignanos, tocotrienóis e polifenóis), antinutricionais (ácido fítico, taninos e saponinas), lipotropes e doadores de metil (betaína, colina e metionina).

Os efeitos anticancerígenos e lipotrópicos destes compostos mostraram um efeito protetor contra doenças crônicas, como obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares e algumas formas de câncer (SLAVIN et al., 2001; FARDET et al., 2010; JONES et al., 2010; JONNALAGADDA et al., 2010).

Na nutrição de animais de companhia, milho, trigo e os seus coprodutos são ingredientes comumente utilizados nas formulações de alimentos. No entanto, mais recentemente, a sua incorporação tem sido percebida como negativa por alguns donos de animais que acreditam que uma dieta livre de grãos é uma estratégia nutricional mais adequado para cães e gatos devido a sua natureza carnívora, apesar de, até a data, nenhuma evidência científica apoiar esta crença.

Paradoxalmente, enquanto os rótulos de muitos dos alimentos para animais anunciam "sem milho" e "sem trigo", os donos têm demonstrado maior interesse em dietas que são holísticas, naturais e que contêm ingredientes saudáveis, dos quais aveia e cevada se tornaram muito atraentes e bem-aceitas por donos de animais.

Similar aos seres humanos, animais de companhia também apresentam alta incidência de doenças crônicas. Portanto, o uso de aveia e cevada como ingredientes funcionais em alimentos para animais pode ser benéfico no controle ou prevenção de obesidade, diabetes e dislipidemia.

As β -glucanas são classificados como fibras dietéticas solúveis e têm propriedades reológicas comparáveis à goma-guar. Tipicamente, o teor de β -glucana de aveia e cevada varia de 3% a 7% e 5% a 11%, respectivamente (ADOLPHE et al., 2012), e é um importante componente da parede celular destes grãos de cereais.

O arranjo molecular de β -glucanas consiste de moléculas de d-glicose ligadas por uma série de β - (1 \rightarrow 3) e β - (1 \rightarrow 4) ligações (QUEENAN et al., 2007; WOOD et al., 1998). O comportamento viscoso destes polissacarídeos não amiláceos está relacionada a sua disposição física; a presença de β (1 \rightarrow 3) de traços de união conduz a curvas na cadeia linear do polímero permitindo que a água o permeie, conferindo elevada solubilidade em água e propriedades de viscosidade (VASANTHAN et al., 2008; GUILLON et al., 2003).

A capacidade de β -glucanas de formar soluções altamente viscosas tem sido associada com os seus efeitos fisiológicos benéficos. Jonnalagadda et al. (2010) e Wood et al. (1994) demonstraram que a viscosidade da β -glucanas responde por 79-96% das mudanças em respostas glicêmicas e insulinêmicas. A literatura disponível acerca dos efeitos do cereal β -glucanas sobre a digestibilidade de nutrientes por cães é limitada.

Um estudo relatou que a inclusão de 40% de cevada extrusada a uma dieta basal, predominantemente feita de milho, trigo e gordura animal, resultou na diminuição da matéria seca fecal e, conseqüentemente, fezes mais úmidas. A digestibilidade calculada dos nutrientes da cevada foi alta para a matéria orgânica (92%) e para os extrativos não nitrogenados (98%), enquanto a digestibilidade da PB foi menor (71%) (GRONER et al., 1997).

A digestibilidade aparente menor da PB por cães alimentados com dietas contendo fibras dietéticas solúveis tem sido atribuída a um aumento da massa microbiana, devido ao aumento da atividade de fermentação no intestino grosso (SWANSON et al., 2002).

Outros mecanismos têm sido propostos a fim de explicar como β -glucanos podem impactar positivamente ou negativamente na digestibilidade dos nutrientes. Melhorias na digestão dos nutrientes pode se dar em função das fibras solúveis atrasarem a taxa de esvaziamento gástrico e aumentar significativamente o tempo de retenção induzido pelo aumento da viscosidade da digesta. Isso resultaria no prolongamento do contato dos nutrientes com as enzimas digestivas no TGI (OWUSU-ASIEDU et al., 2006; BRAY, 2002; SCHNEEMAN, 1998), ou pode ser um reflexo de maior digestibilidade da fibra dietética devido à fermentação de β -glucanas (LE GOFF et al., 2001).

Por outro lado, uma diminuição na absorção de nutrientes poderia indicar menor atividade das enzimas digestivas por ligação não específica destas ou a presença de inibidores enzimáticos específicos (DUNAIF et al., 1981).

Em cães adultos, os níveis dietéticos incrementados de cevada (10, 20 ou 40%, à custa de milho amarelo) foram avaliados quanto a digestibilidade de nutrientes, produtos

finais de fermentação fecais e glicemia pós-prandial e respostas de colesterol (GOODOY, 2011). O aumento dos níveis de cevada na dieta não teve efeito sobre a digestibilidade aparente de MS (média de 87%) ou no escore fecal (média de 2,9 em uma escala de cinco pontos, com três sendo considerada ideal); no entanto, foi relatado efeito quadrático para a digestibilidade da FDT e EEA.

A digestibilidade aparente da FDT média de 68% foi observada para a dieta contendo 40% de cevada, em contraste com 50% para a dieta controle, com valores intermédios observados para os tratamentos contendo 10 e 20% de cevada (média de 55%).

O oposto foi observado para a digestibilidade aparente do EEA, com 96% para a dieta controle, em contraste com 94% para as dietas contendo 20% e 40% de cevada. No entanto, nenhum efeito dos tratamentos foi observado para a glicose ou colesterol plasmático pós-prandial.

Estes resultados indicam que a inclusão de até 40% de cevada em dietas para cães adultos é bem-tolerada e não provoca efeitos prejudiciais sobre a digestibilidade da gordura, visto que se manteve dentro de uma faixa aceitável.

Novos estudos devem explorar o efeito da cevada em cães e gatos obesos, diabéticos ou com hipercolesterolemia, uma vez que pode ser um modelo potencialmente benéfico mais ágil para a saúde associados com o consumo de β -glucanas presentes na cevada (GOODOY, 2011).

Um estudo recente em cães adultos investigou os efeitos do consumo de carboidratos complexos (cevada, milho, ervilhas e arroz) suplementados com uma dose diária de 10g de carboidrato disponível sobre a resposta glicêmica e saúde cardiovascular e marcadores de estresse oxidativo (ADOLPHE et al., 2012). Entre as fontes, as ervilhas tiveram o menor valor de índice glicêmico (29%) em comparação com cevada e arroz (51 e 55%, respectivamente). Este estudo sugere que o consumo de carboidratos complexos pode ter um efeito protetor sobre a saúde cardiovascular e estresse oxidativo relacionados com a hiperglicemia (ADOLPHE J. L. et al., 2012).

2.3.6 Fibras de frutas

As fibras das frutas e bagaços são coprodutos do processamento de frutas para suco ou frutas secas (WALTER et. al., 1985). Dentre suas características gerais temos o seu maior teor de pectina e hemicelulose em relação à celulose, acompanhado de baixo teor de gordura e proteína (<1%) (FISCHER, 2009).

Além do perfil equilibrado de solúvel para fibra insolúvel, produtos à base de frutas têm boas propriedades de ligação à água que podem ser utilizados no processamento de alimentos para controlar a textura e o comportamento reológico (FISCHER, 2009). Outro atributo seria a possível vantagem em alimentos úmidos e semi-úmidos para animais, nos quais o alto teor de água é necessário, mas de baixa atividade de água e a textura deve ser firme (SAURA-CALIXTO; LARRAURI, 1996).

Os benefícios adicionais no que diz respeito à utilização de fibras de frutas na alimentação dos animais de companhia incluem a presença de componentes bioativos (por exemplo, flavonóides), uma fonte de fibra alternativa constante e barata e o apelo positivo nos rótulos dos alimentos para animais. Estes fatores fizeram com que as fibras de frutas se tornasse um ingrediente atrativo para a nutrição animal aumentando sua popularidade entre os donos de animais e empresas fabricantes de alimentos.

3. FONTES DE FIBRA EM DIETAS PROCESSADAS BRASILEIRAS

Foi realizado um levantamento com os alimentos disponíveis para cães adultos no mercado brasileiro separando-as por segmentos de acordo com o manual da ABINPET (2013): básico, prêmio e super prêmio e alimentos de menor aporte de energia designadas pelo segmento industrial como *light*.

Foram pesquisadas 25 dietas básicas, 22 prêmio, 17 do segmento super prêmio e 21 dietas *light*. Observou-se que as dietas básicas continham de 4 a 6,4% de FB. As dietas prêmio de 2,5 a 4,5% de FB, as dietas super prêmio de 2,4 a 4,5% de FB. Enquanto os alimentos *light* continham de 4,5 a 18,2% de FB (Idem, ibid.)

Nas dietas *light* observou-se que, além da fibra inerente aos ingredientes da formulação, foram incluídos também ingredientes fibrosos, sendo os principais encontrados (% que foi encontrado nas dietas): polpa de beterraba (71,42%), celulose (42,85%), casca de ervilha (33,3%), semente de linhaça (33,3%), casca de soja (28,5%), aveia (23,8%) Psyllium (23,8%) e parede celular de levedura (14,2%). Além disso, na

maioria das dietas encontrava-se mais de duas fontes de fibras em sua composição (ABINPET, 2013).

3.1 USO DA MAÇÃ DESIDRATADA COMO FONTE DE FIBRA NA NUTRIÇÃO PET

No Brasil frutas e vegetais (legumes e verduras) são subutilizados por perdas no processo de pós-colheita, armazenamento, fora do padrão para consumo *in natura* e descarte de partes não comestíveis, como suas cascas e talos. Porém, cascas de vegetais são uma fonte importante de nutrientes para o metabolismo e prevenção de doenças.

As fibras provenientes da maçã desidratada possuem componentes bioativos, como polifenóis, perfil equilibrado de fibra insolúvel para solúvel (relação próxima a 2:1), boas propriedades de ligação à água, que podem auxiliar na textura e controle da atividade de água do alimento (FISCHER, 2009), além de auxiliarem na saúde gastrointestinal (SAURA-CALIXTO; LARRAURI, 1996).

De acordo com Swanson et al. (2001) fibras de frutas têm grande potencial para serem usadas em alimentos para cães e gatos. A maçã desidratada, produzida após processo de desidratação de maçãs *in natura* desclassificadas para consumo humano, possui compostos bioativos, como os flavonoides e carotenoides, que apresentam efeitos biológicos diversos, como atividade antioxidante, ação antimicrobiana e anti-inflamatória (HO et al., 1992).

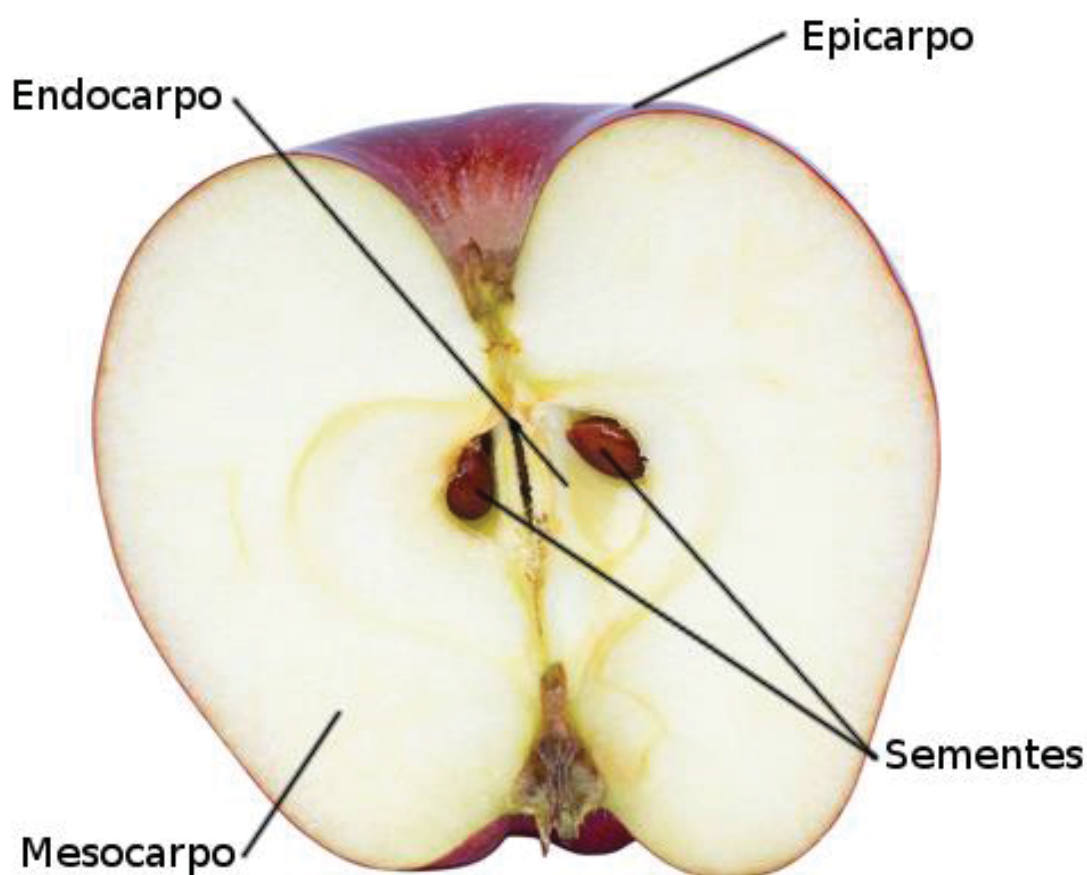
Segundo Voragen et al. (1995) a formação de produtos durante a reação de Maillard no decorrer da extrusão melhora a palatabilidade do alimento para gatos, a ampla quantidade de açúcares presente na maçã (10,68% na MS) pode ter beneficiado esta reação.

O enriquecimento de alimentos é uma realidade e o estudo da casca desses ingredientes e seu potencial antioxidante, dentre outros, apresenta dados crescentes na literatura (BARROS, 2011).

3.1.1 Origem e composição

Popularmente conhecida como maçã, a *Malus domestica* Borkh tem sua origem no Oriente Médio e Leste Asiático. A FIGURA 1 apresenta os principais componentes desta fruta.

FIGURA 1 – COMPONENTES DA MAÇÃ



FONTE: Infoescola.

A maçã tem sido um sinônimo de saúde desde a antiguidade. Muitos a conhecem por ser um (pseudo) fruto muito usado em dietas, devido ao seu baixo nível calórico e por conter vitaminas importantes em sua casca. É uma fruta de grande importância econômica na região sul do Brasil, a qual concentra 98% da produção nacional. Seu processamento gera o resíduo conhecido como polpa da maçã, que equivale a 25% do peso da fruta. A polpa de maçã possui 18% de MS; 6,5% de PB; 42% de FDN; 3,2% de EE; 4,2% de

cinzas; 76,84% de FDT, 57,87% de FI, 18,97% de FS e 17,31% de Pectina (SEBRAE, 2016). O resíduo úmido de maçã pode ser armazenado na forma de silagem e associado a outros produtos de maior teor de MS, como o milho, feno e farelos.

Esse coproduto é caracterizado por possuir baixo teor de MS e de PB, porém, apresenta teor médio de FDN, com indicativos de boa qualidade desta fibra. Com isso, a polpa da maçã é um alimento muito interessante como fonte energética para a alimentação de animais ruminantes e como fonte de fibra para cães e gatos.

3.1.2 Cultivo

No Brasil, a produção de maçã se concentra em duas cultivares, Gala e Fuji, que representam em torno de 90% da área plantada. Outras cultivares plantadas são: Eva, Golden Delicious, Brasil, Anna, Condessa, Catarina e Granny Smith. As cultivares Eva, Anna e Condessa possuem baixa exigência de frio, o que as torna recomendáveis para plantio em regiões mais quentes e com produção entre dezembro e a primeira quinzena de janeiro (SEBRAE, 2016).

Por outro lado, a Gala vem sendo gradativamente substituída por clones de coloração mais vermelha dos frutos, como a Royal Gala, Imperial Gala e Galaxy. Seus frutos são colhidos nos meses de janeiro e fevereiro. Já a Fuji e seus clones Fuji Suprema e Kiku, que também apresentam frutos mais avermelhados, produzem no mês de abril e maio, sendo uma fruta de sabor doce e muito suculenta. Salientando-se, ainda, a vantagem de ser mais resistente ao armazenamento que a Gala (SEBRAE, 2016).

Seguindo essa linha, os programas de melhoramento genético vêm criando cultivares com menor exigência de frio e resistente a doenças, destacando-se a Imperatriz, Daiane, Baronesa, Catarina e Joaquina, as últimas duas resistentes à sarna, importante doença fúngica que ataca folhas e frutos das macieiras.

A produtividade média da maçã no Brasil varia de 15 a 30 t/ha de frutos em pomares adultos e conduzidos dentro das modernas técnicas. Essa variação ocorre em função do espaçamento, cultivar e manejo (SEBRAE, 2016).

3.1.3 Mercado

A maçã tem como principal destino o consumo fresco. Contudo, diversos tipos de processamento da fruta são possíveis, produzindo produtos como doces, geleias, compotas, sucos, bebidas e vinagre.

A safra 2016/2017 foi uma das mais extraordinárias em termos de qualidade da história do cultivo da maçã no Brasil. Isto porque as principais regiões produtoras da fruta no País foram premiadas com um clima absolutamente favorável. Situações como inverno rigoroso, primavera pouco chuvosa e ocorrência de chuvas de granizo abaixo da média histórica propiciaram frutos de excelente qualidade física e sanitária, crocantes, suculentos, aromáticos e bastante saborosos pelo equilíbrio da relação açúcar-acidez. Com a quebra sofrida na safra 2015/2016, o Brasil retornou em 2017 aos seus patamares tradicionais de produção perto de 1,2 milhões de toneladas (BENNO et al., 2017).

Em 2016, vários aspectos influenciaram o mercado interno. Com a menor oferta, verificou-se que os preços aumentaram influenciados também pelo alto custo de produção. Além disso, registrou reflexos da crise política e econômica e da importação mais acentuada neste período. Nos primeiros meses de 2017, com maior oferta, houve retração nos preços nos principais entrepostos do País. Inclusive foi observado um volume ofertado maior pelos classificadores do que o esperado no início da safra, a demanda verificada para o produto em março nos mercados atacadistas do País foi considerada baixa, embora tenha sido superior à levantada no mesmo mês do ano anterior. (BENNO et al., 2017).

O faturamento do setor produtivo girou em torno de R\$ 2,2 bilhões nas últimas safras, enquanto a movimentação financeira total na área sobe a R\$ 6 bilhões. O setor produtivo da maçã oferece ainda oportunidades de trabalho e renda a 175 mil pessoas no Sul do Brasil, a partir de mais de 52 mil empregos diretos (BENNO et al., 2017).

O mercado consumidor é altamente exigente tanto para o preço quanto para a qualidade das frutas, o que demanda um beneficiamento capaz de selecionar criteriosamente as frutas com potencial de mercado *in natura* com bases em infestações de doenças e em defeitos físicos. Tanto critério tem levado nos últimos anos a um descarte de aproximadamente 30% da produção nacional, este é normalmente direcionado à industrialização. O percentual de industrialização no País tende a aumentar devido à demanda crescente no mercado interno pelo suco pronto para consumo (SEBRAE, 2016).

O suco é considerado um dos principais produtos na indústria processadora de maçã. Do resultado de sua extração surge o bagaço, chamado de descarte sólido, que é uma mistura principalmente de casca, polpa e semente. O rendimento médio nas indústrias que utilizam a prensagem para a extração de suco é de 65% de suco e 35% de bagaço. No entanto, novas tecnologias permitem uma relação de 84% de suco e 16% de bagaço (SEBRAE, 2016).

No Brasil, o bagaço tem como principal destino o solo, na forma de adubo orgânico, ou a utilização como ração animal. Uma série de estudos avalia seu aproveitamento na fabricação de álcool, bebida alcoólica, fibras para enriquecimento de alimentos e outros produtos.

No que se refere ao preço da maçã é visível a ocorrência de variação sazonal. Os preços médios mudam conforme a concentração de oferta, sendo que no período da safra, entre os meses de janeiro e abril em que a oferta é maior, os preços tendem a reduzir; já em época de entressafra os preços aumentam pelo fato de a oferta ser menor (SEBRAE, 2016).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A origem, composição, estrutura química e características físico-químicas são características que possuem influência direta nas propriedades funcionais da fibra alimentar. A discordância entre estudos com fibra alimentar deve-se a diferenças na complexidade, solubilidade, nível de inclusão, espécie animal estudada e metodologia utilizada para análise.

Sendo assim, mais estudos são indispensáveis para elucidar o melhor nível de inclusão em função da seletividade da microbiota intestinal de cada animal e fonte de fibra utilizada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADOLLPHE J. L. Postprandial impairment of flow-mediated dilation and elevated methylglyoxal after simple but not complex carbohydrate consumption in dogs. **Nutr. Res.** 2012.

BARROS, A. I. R. N. A.; NUNES, F. M.; GONÇALVES, B.; BENNETT, R. N.; SILVA, A. P. Effect of cooking on total vitamin C contents and antioxidant activity of sweet chestnuts (*Castanea sativa* Mill.). **Food Chemistry**, 128(1), p. 165-172, 2011.

BOSCH, G. et al. The effects of dietary fibre type on satiety-related hormones and voluntary food intake in dogs. **Br J Nutr**, v. 102, n. 2, p. 318–25, 2009.

BRASIL. **Instrução Normativa n.º 15, de 26 de maio de 2009**. Regulamenta o registro dos estabelecimentos e dos produtos destinados à alimentação animal, na forma do Anexo a presente Instrução Normativa. Diário oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 de maio de 2009.

BRAY G.A. The underlying basis for obesity: Relationship to cancer. **J. Nutr.** 2002

BRENNAN, C.S.; Cleary, L.J. The potential role of cereal (1→3,1→4) -beta-d-glucans as functional food ingredients. **J. Cereal Sci.** 2005.

BURKHALTER, T. M. et al. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soy bean hull affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. **The Journal of nutrition**, v. 131, n. 7, p. 1978–1985, 2001.

CAMPOS, P.C. et al. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004, 135p.

CARCIOFI, A.C., Emprego das fibras nos alimentos para cães e gatos. Campinas, SP, 2005. In: Simpósio sobre nutrição de animais de estimação, 2005. **Anais...** Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, pág. 95-108, 2005.

COLE, J. T. et al. Soy bean Hulls as a Dietary Fiber Source for Dogs. **J Anim Sci**, v. 77, p. 917–924, 1999.

DE-OLIVEIRA, L. D. et al. Fibre analysis and fibre digestibility in pet food—a comparison of total dietary fibre, neutral and acid detergent fibre and crude fibre. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 96, n. 5, p. 895-906, 2012.

DUNAIF G. et al. The effect of dietary fiber on human pancreatic enzyme activity in vitro. **Am. J. Clin. Nutr.** 1981.

FAHEY, G. C. et al. Dietary fiber for dog: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 4221–4228, 1990a.

FAHEY, G. C. et al. Levels of dietary beet pulp on nutrient intake. **Journal of Animal Science**, v. 68, p. 4221-4228, 1990b. 16

FAHEY, G. C. et al. The role of dietary fibre in companion animal nutrition, 2004.

FARDET A. New hypothesis for the health-protective mechanisms of whole-grain cereals: What is beyond fibre? **Nutr. Res. Rev.** 2010.

FISCHER, J. Fruit Fibers. In: CHO, S.S.; SAMUEL, P. **Fiber Ingredients: Food Applications and Health Benefits.** CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2009.

GERMAN, J.B. et al. Effect of dietary fats and barley fiber on total cholesterol and lipoprotein cholesterol distribution in plasma of hamsters. **Nutr. Res.** 1996.

GODOY M.R.C. et. al. 2013. Alternative dietary fibre sources in companion animal nutrition. **Nutrients** 5(8):3099-3117.

GODOY, M.R.C. et. al. Select corn coproducts from the ethanol industry and their potential as ingredients in pet foods. **J. Anim. Sci.** 2009.

GOODOY M.R.C. Fish Oil and Barley Supplementation of Diets for Adult Dogs: Effects on Lipid and Protein Metabolism, Nutrient Digestibility, Fecal Quality, and Postprandial Glycemia; **MA, USA** ,2011.

GRONER T. et al. Digestibility of organic matter and digestible energy in single ingredients of extruded dog feeds and their effect on fecal dry matter concentration and consistency. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 1997.

GUEVARA, M.A. et al. Chemical composition, in vitro fermentation characteristics, and in vivo digestibility responses by dogs to select corn fibers. **J. Agric. Food Chem.** 2008.

GUILLON, F. et al. Relationship between physical characteristics of sugar beet fibre and its fermentability by human faecal flora. **Carb. Polym.** 1998.

GUILLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v. 33, n. 3, p. 233-245, 2000.

GUILLON F. et al. Structural and physical properties of dietary fibers, and consequences of processing on human physiology. **Food Res.** 2003.

HESTA, M. et al. The effect of oligofructose on urea metabolism and faecal odour components in cats. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 2005.

HO, C.T. Phenolic compounds in food-an overview. In: HO, C.T., LEE, C.Y., HUANG, M.T. **Phenolic compounds in food and their effects on health.** Washington: American Chemical Society, 1992. p. 2-7. (ACS Symposium Series, n.506).

HOWARD, M.D. et al. Source of dietary fiber fed to dogs affects nitrogen and energy metabolism and intestinal microflora populations. **Nutr. Res.** 2000.

JENKINS, A.L. et al. Comparable postprandial glucose reductions with viscous fiber blend enriched biscuits in healthy subjects and patients with diabetes mellitus: **Acute randomized controlled clinical trial. Croat. Med. J.** 2008.

JONES J.M et al. Englenson J. Whole grains: Benefits and challenges. **Annu. Rev. Food Technol.** 2010.

JONNALAGADDA S.S et al. Putting the whole grain puzzle together: Health benefits associated with grains. **Summary of American Society for Nutrition** 2010.

KARAKI, S. et al. Short-chain fatty acid receptor GPR43 is expressed by enter endocrine cells and mucosal cells in rat intestine. **Cell and tissue research**, v. 324, n. 3, p. 353-60, 2006.

KERLEY, M.S. et al. Effects of alkaline hydrogen peroxide treatment of cotton and wheat straw on cellulose crystallinity and on composition and site and extent of disappearance of wheat straw cell wall phenolics and monosaccharides by sheep. **J. Anim. Sci.** 1988.

KIST, Benno Bernardo, et al. **Anuário brasileiro da maçã 2017**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 56 p.

LE GOFF G. et al. Comparative total tract digestibility of dietary energy and nutrients in growing pigs and adult sows. **J. Anim. Sci.** 2001.

MUIR, H. E.R. et al. Nutrient digestion by ileal cannulated dogs as affected by dietary fibers with various fermentation characteristics. **Journal of animal science**, v. 74, n. 7, p. 1641–8, 1996.

NRC. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. Washington, DC, USA: National Academies Press, 2006.

OWUSU-ASIEDU A. et al. Effects of guar gum and cellulose on digesta passage rate, ileal microbial populations, energy and protein digestibility, and performance of grower pigs. **J. Anim. Sci.** 2006.

PIQPET. **Manual Pet Food Brasil**. Abinpet. 6 ed, 2012.

PROSKY, L. et al., Determination of total dietary fiber in food and food products: collaborative study. **Journal of Association Official Analytical Chemistry**, v. 68, 677p, 1985.

PROSKY, L. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 75, p. 360-367, 1992.

QUEENAN K.M. et al. Concentrated oat beta-glucan, a fermentable fiber, lowers serum cholesterol in hypercholesterolemic adults in a randomized controlled trial. **Nutr. J.** 2007.

SAURA-CALIXTO, Y.; J. A. LARRAURI. New type of high quality dietary fibers. **Rev. Alim. Equip. Technol.** 1:71–74.1996.

SCHNEEMAN B.O. Dietary fiber and gastrointestinal function. **Nutr. Res.** 1998.

SEBRAE NACIONAL. **O cultivo e o Mercado da maçã**. 2016. Disponível em: <<http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/o-cultivo-e-o-mercado-da-maca,ea7a9e665b182410VgnVCM100000b272010aRCRD>>. Acesso em: 19 de jan. de 2018.

SLAVIN J. L. et al. The role of whole grains in disease prevention. **J. Am. Diet. Assoc.** 2001.

SPEARS, J. K. et al. Evaluation of stabilized rice bran as an ingredient in dry extruded dog diets. **J. Anim. Sci.** 2004.

SUNVOLD, G.D. et al. 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**, p. 1099–1109, 1995.

SWANSON K.S et al. Supplemental fructooligosaccharides and mannanoligosaccharides influence immune function, ileal and total tract nutrient digestibilities, microbial populations and concentrations of protein catabolites in the large bowel of dogs. **J. Nutr.** 2002.

TUNGLAND, B.C. Fructooligosaccharides and other fructans: Structures and occurrence, production, regulatory aspects, food applications and nutritional health significance. **ACS Symp. Ser.** 2003.

VAN SOEST, P. J. The role of silicon in the nutrition of plants and animals. **Proceedings of the Cornell Nutrition Conference**, p. 103-109, 1970.

VAN SOEST, P. J.; McQueen, R. W., 1973: The chemistry and estimation of fibre. **Proceedings of Nutrition Society**, 32, 123.

VAN SOEST, P. J.; Robertson, J. B.; Lewis, B. A., 1991: Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, 74, 3583–3597.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**: ruminant metabolism, nutritional strategies, the cellulolytic fermentation and the chemistry of forages and plant fiber. Ithaca: Cornell University Press, 1994.

VASANTHAN T. et al. Grain fractionation technologies for cereal beta-glucan concentration. **Food Res.** 2008.

VERBRUGGHE, A. et al. Intestinal fermentation modulates postprandial acylcarnitine profile and nitrogen metabolism in a true carnivore: The domestic cat (*Felis catus*). **Br. J. Nutr.** 2010.

VORAGEN, A. G. J., PILNIK, W.; THIBAUT, J. F.; AXELOS, M. A. V.; RENARD, C. M. G. C. Pectins. In: STEPHEN A. M. (ed). **Food Polysaccharides and Their Applications**. pp. 287- 369. Marcel Dekker, New York. 1995

WALTER, R.H. et. al. Edible fibre from apple pomace. **J. Food Sci.** 1985.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Anim. Feed Sci. Technol.** 2001.

WILSON, T.A et. al. Corn fiber oil lowers plasma cholesterol levels and increases cholesterol excretion greater than corn oil and similar to diets containing soy sterols and soy stanols in hamsters. **J. Nutr. Biochem.** 2000.

WOOD P. J. et al. Functional Oat Products. In: MAZZA G., (ed). **Functional Foods Biochemical and Processing Aspects**. Technomic Publishing; Lancaster, PA, USA: 1998.

YADAV, M. P. et al. Phenolic acids, lipids, and proteins associated with purified corn fiber arabinoxylans. **J. Agric. Food Chem.** 2007.

CAPITULO II - DIGESTIBILIDADE, PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL E PALATABILIDADE DE DIETAS CONTENDO MAÇÃ DESIDRATADA EM CÃES

Cleusa Bernardete Marcon de Brito, Camilla Mariane Menezes Souza,
Daniele Cristina de Lima, Simone Gisele de Oliveira, Ananda Portella Félix¹

RESUMO

Objetivou-se avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia metabolizável (EM), produtos de fermentação intestinal e a palatabilidade de dietas contendo maçã desidratada em cães. Foram realizados três experimentos. No Experimento I foi avaliada a digestibilidade e a EM de quatro dietas contendo 0, 3, 6 e 9% de maçã desidratada, além das características fecais dos cães. As dietas foram ofertadas a oito cães adultos, distribuídos em quadrado latino duplo (4x4), totalizando em oito repetições por tratamento. No Experimento II foram avaliadas as características fecais e produtos de fermentação intestinal de 16 cães adultos alimentados com dietas contendo 0 e 9% de maçã desidratada durante 30 dias (n=8). Foi comparada a preferência alimentar (Experimento III) entre as dietas com 0 e 9% de maçã desidratada utilizando 15 cães adultos. Houve redução linear dos CDA da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA) e aumento linear no CDA da fibra dietética total (FDT) com a inclusão de maçã na dieta ($P<0,05$). Houve efeito quadrático ($P<0,05$) nos CDA da fibra solúvel (FS) e na EM. O consumo de 9% de maçã desidratada resultou no aumento do ácido butírico e redução do ácido propiônico e amônia ($P<0,05$). As demais características fecais não diferiram ($P>0,05$). Não houve diferença entre a palatabilidade das dietas ($P>0,05$). A inclusão de até 9% de maçã desidratada na dieta reduz os CDA da MS, PB e EEA, porém aumenta a produção de butirato e reduz a amônia fecal dos cães.

Palavras-chave: Ácidos graxos de cadeia curta, fermentação, fibras, frutas, microbiota.

¹ Department of Animal Sciences, Federal University of Paraná, Curitiba/PR, Brazil.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the apparent digestibility coefficients (CDA) of nutrients and metabolizable energy (ME), intestinal fermentation products and the palatability of diets containing dehydrated apple in dogs. Three experiments were carried out. In Experiment I, the digestibility and the DM of four diets containing 0, 3, 6 and 9% dehydrated apple were evaluated in addition to the fecal characteristics of the dogs. The diets were offered to eight adult dogs, distributed in double Latin square (4x4), totaling in eight replicates per treatment. In Experiment II the fecal characteristics and intestinal fermentation products of 16 adult dogs fed diets containing 0 and 9% apple dehydrated for 30 days (n = 8) were evaluated. The food preference (Experiment III) of diets 0 vs 9% of dehydrated apple was compared using 15 adult dogs. There was a linear reduction of dry matter (DM), crude protein (CP) and ethereal extract in acid hydrolysis (EAA) and a linear increase in total dietary fiber (FDT) with dietary inclusion of apple ($P < 0,05$). There was a quadratic effect ($P < 0,05$) on the CDA of soluble fiber (FS) and MS. The consumption of 9% dehydrated apple resulted in increase of butyric acid and reduction of propionic acid and ammonia ($P < 0,05$). The other fecal characteristics did not differ ($P > 0,05$). There was no difference between the palatability of the diets ($P > 0,05$). The inclusion of up to 9% dehydrated apple in the diet reduces the CDA of MS, PB and EAA, but increases the production of butyrate and reduces fecal ammonia in dogs.

Key words: Short-chain fatty acids, fermentation, fibers, fruits, microbiota.

1. INTRODUÇÃO

No desenvolvimento de alimentos para animais de estimação deve-se considerar não somente o atendimento às exigências nutricionais, mas também auxiliar na manutenção da saúde, objetivando longevidade e bem-estar. Desse modo, diversos alimentos funcionais são incorporados nas dietas, dentre eles fontes de fibras.

As fibras são compostas principalmente por polissacarídeos interligados (celulose, hemicelulose, β -glucanos, pectinas, gomas, mucilagens e exsudados) e a lignina (GUILLON; CHAMP, 2000). Estas desempenham um papel importante no organismo como influência na função imune, modulação da microbiota, saúde intestinal e nas características fecais (FAHEY et al., 2004).

Fontes de fibras tradicionais, como a polpa de beterraba e celulose, são frequentemente utilizadas nas formulações de alimentos para cães. No entanto, existem outras fontes com potencial de uso que merecem ser avaliadas. Neste sentido, os coprodutos das frutas, gerados no processo de fabricação de sucos e polpas por não possuírem um mercado definido para a sua comercialização (JOBIM et al., 2006) tornam-se uma alternativa viável e sustentável, pois colaboram com a redução de resíduos descartados no meio ambiente.

As fibras provenientes da maçã desidratada possuem componentes bioativos como polifenóis, perfil equilibrado de fibra insolúvel para solúvel (relação próxima a 2:1), boas propriedades de ligação à água, que podem auxiliar na textura e controle da atividade de água do alimento (FISCHER, 2009), além de auxiliarem na saúde gastrointestinal (SAURA-CALIXTO; LARRAURI, 1996).

Considerando que há poucas informações sobre os efeitos das fibras da maçã na dieta para animais de companhia, objetivou-se avaliar os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia metabolizável (EM), produtos de fermentação intestinal e a palatabilidade de dietas contendo maçã desidratada em cães.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados três experimentos, aprovados pela Comissão de ética no uso de animais do setor de Ciências agrárias da Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil, sob protocolo número 025/2015. Os experimentos I, II, e III apresentaram as mesmas dietas, instalações e condições de saúde dos animais.

2.1 ANIMAIS E INSTALAÇÕES

Foram utilizados oito cães Beagles adultos (quatro machos e quatro fêmeas), com 1,3 anos de idade, pesando $9,56 \pm 1,0$ kg. Todos os animais passaram por exame clínico e físico, foram vacinados, desverminados e alojados individualmente em baias de alvenaria ($2,0 \times 5,0$ m) com solário.

2.2 DIETAS EXPERIMENTAIS

Foram avaliadas quatro dietas contendo crescentes níveis de inclusão de maçã desidratada: 0, 3, 6 e 9%. A maçã foi adicionada em substituição parcial à celulose e ao milho, de modo que as dietas apresentassem teores aproximados de fibra dietética total (FDT), conforme TABELA 1. As dietas foram formuladas de acordo com as necessidades nutricionais de cães em manutenção, preconizada pelo NRC (2006). A maçã desidrata utilizada foi obtida a partir de maçãs inteiras desclassificadas para consumo humano, as quais foram moídas e desidratadas. A composição química da maçã desidratada encontra-se na TABELA 2.

Após a mistura dos ingredientes as dietas foram moídas em peneiras de 1,0 mm e extrusadas em extrusora de rosca simples (Ferraz, E-130; Ribeirão Preto, Brasil) com capacidade de 4.000 kg/h.

TABELA 1 – INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA ANALISADA (NA MATÉRIA SECA) DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

INGREDIENTES (g/kg)	NÍVEIS DE MAÇÃ DESIDRATADA			
	0%	3%	6%	9%
Milho	38,5	36,3	34,1	31,8
Gordura de aves	10,0	10,0	10,0	10,0
Glúten de milho 60	17,0	17,0	17,0	17,0
Farinha de vísceras de aves	26,0	26,0	26,0	26,0
Sal branco	0,5	0,5	0,5	0,5
Taurina	0,10	0,10	0,10	0,10
Hidrolisado de vísceras de aves líquido	3,0	3,0	3,0	3,0

Continua...

TABELA 1 – INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA ANALISADA (NA MATÉRIA SECA) DAS DIETAS EXPERIMENTAIS

Conclusão.

Hidrolisado de vísceras de aves em pó	1,0	1,0	1,0	1,0
BHA	0,0075	0,0075	0,0075	0,0075
BHT	0,015	0,015	0,015	0,015
Ácido cítrico	0,03	0,03	0,03	0,03
Propionato de cálcio	0,20	0,20	0,20	0,20
Cloreto de colina	0,40	0,40	0,40	0,40
Suplemento vitamínico-mineral ¹	0,30	0,30	0,30	0,30
Cloreto de potássio	0,54	0,54	0,54	0,54
Maçã desidratada	0,0	3,0	6,0	9,0
Celulose	2,30	1,53	0,75	0,0

COMPOSIÇÃO QUÍMICA ANALISADA (%)

Matéria seca	96,14	95,64	95,47	95,08
Proteína Bruta	32,35	33,43	33,67	32,80
Extrato etéreo em hidrólise ácida	16,42	16,67	15,79	16,04
Fibra bruta	4,41	4,28	4,82	4,45
Fibra Dietética Total (FDT)	13,22	13,08	13,68	12,96
Fibra insolúvel (FI)	10,76	10,23	10,46	9,35
Fibra solúvel (FS)	2,46	2,85	3,22	3,61
Relação FI:FS	4,4:1	3,6:1	3,2:1	2,6:1
Matéria mineral	6,66	8,47	7,14	8,06
Cálcio	1,58	1,72	1,51	1,68
Fósforo	1,11	1,22	1,15	1,21
Energia Metabolizável (kcal/kg) ²	3877	3830	3798	3797

¹Enriquecimento kg de alimento: Vit. A = 20000 UI; Vit. D3 = 2000 UI; Vit. E = 480 UI; Vit. K3 = 48 mg; Vit. B1 = 4 mg; Vit. B2 = 32 mg; B12 = 0,2mg; Ácido Pantotênico = 16 mg; Niacina = 56 mg; Colina = 800 mg; Zinco = 150 mg; Ferro = 100 mg; Cobre = 15 mg; Iodo = 1,5 mg; Manganês = 30 mg; Selênio – 0,2 mg e antioxidante 240 mg.

²Estimada segundo o NRC (2006)

TABELA 2 – COMPOSIÇÃO QUÍMICA ANALISADA DA MAÇÃ DESIDRATADA

ITEM	% NA MATÉRIA SECA
Matéria seca	96,30
Proteína Bruta	3,50
Extrato etéreo em hidrólise ácida	2,07
Fibra bruta	9,43
Matéria Mineral	2,07
Fibra dietética total (FDT)	23,23
Fibra insolúvel (FI)	15,92
Fibra solúvel (FS)	7,32
Relação FI:FS	2,2:1

2.3 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE

O experimento teve duração de 40 dias, composto por quatro períodos de 10 dias cada, sendo cinco dias de adaptação e cinco dias de coleta total das fezes por período. Os cães foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 16h, em quantidade suficiente para atender às necessidades de energia metabolizável (NEM) de acordo com o NRC (2006): $NEM \text{ (kcal/dia)} = 130 \times \text{peso corporal}^{0,75}$. A água foi fornecida à vontade.

As fezes foram coletadas no mínimo duas vezes ao dia, pesadas, identificadas por período e animal e armazenadas em freezer (-14°C) em recipientes individuais. Ao término de cada período de coleta foram descongeladas, homogeneizadas e secas em estufa de ventilação forçada (320-SE, Fanem, São Paulo, Brasil) à 55°C durante 72 horas, até peso constante.

Após secas, as fezes e as amostras das dietas foram moídas com granulometria de 1 mm em moinho de martelos Willey (Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA) e analisadas para determinação dos teores de matéria seca (MS) à 105°C, proteína bruta (PB, método 954.01), fibra bruta (FB, método 962.10), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEA, método 954.02) e matéria mineral (MM, método 942.05), segundo a AOAC (1995). A análise de FDT e frações solúvel (FS) e insolúvel (FI) foram determinadas de acordo com Prosky et al. (1992). A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica IKA®-WERKE Calorimeter System C 2000 basic C 2000 control.

2.3.1 Características fecais

As características das fezes foram avaliadas pelo teor de matéria seca total, concentração de amônia, pH e escore fecal. A verificação do pH fecal e da concentração de amônia foi realizada em fezes coletadas no máximo 15 minutos após a defecação.

O pH fecal foi mensurado por meio de um pHmêtro digital (331, Politeste Instrumentos de Teste Ltda, São Paulo, SP, Brazil) utilizando 2,0 g de fezes frescas diluídas em 20 ml de água destilada. A concentração de amônia nas fezes foi determinada segundo Felix et al. (2013).

O escore fecal foi avaliado sempre pelo mesmo pesquisador, atribuindo-se notas de 1 a 5, sendo: 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias e mal formadas; 3 = fezes macias, formadas e úmidas; 4 = fezes bem-formadas e consistentes; 5 = fezes bem-formadas, duras e secas, de acordo com Carciofi et al. (2009).

2.3.2 Cálculos e análises estatísticas

A matéria orgânica (MO%) foi calculada por:

$$100 - \text{MM}\% \text{ e a matéria seca original das fezes obtida por: } \frac{(\text{MS}_{55} \times \text{MS}_{105})}{100}$$

A EM foi estimada segundo a AAFCO (2004):

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

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram determinados os CDA das dietas, conforme equação:

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

O experimento foi analisado segundo delineamento quadrado latino duplo (4×4), com quatro tratamentos e quatro períodos, totalizando oito repetições por tratamento. Os dados foram previamente analisados quanto a sua normalidade pelo teste Shapiro Wilk a 5% de probabilidade. Os dados com distribuição normal foram submetidos à análise de

variância para verificar os efeitos de período, animal e tratamento. Cada animal foi considerado uma unidade experimental. Como não houve efeito ($P>0,05$) de período e animal para nenhuma variável analisada, os dados foram submetidos à análise de regressão, considerando 5% de significância. Os dados não paramétricos foram analisados pelo teste Kruskal Wallis a 5% de significância.

2.4 EXPERIMENTO II: CARACTERÍSTICAS FECAIS E SAÚDE INTESTINAL

2.4.1 *Animais e instalações*

Foram utilizados 16 cães Beagles adultos (oito machos e oito fêmeas), com 1,3 anos de idade, pesando $9,56 \pm 1,0$ kg. Foram utilizadas a mesma formulação, instalações e condições de saúde dos animais do Experimento I.

2.4.2 *Dietas e procedimentos experimentais*

Foram avaliadas duas dietas, sendo uma de controle: sem adição da maçã desidratada e outra com 9% de inclusão da maçã desidrata. As dietas estão apresentadas na TABELA 1 e a composição química da maçã desidratada encontra-se na TABELA 2.

O experimento teve duração de 30 dias, sendo 28 dias de adaptação e dois dias de coleta total das fezes. Os cães foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 16h, em quantidade suficiente para atender às NEM de acordo com o NRC (2006). A água foi fornecida à vontade.

2.4.3 *Características fecais e produtos de fermentação intestinal*

As características das fezes foram avaliadas pelo teor de MS fecal, concentração de amônia, pH, escore, ácido siálico e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR). O pH fecal, a concentração de amônia, AGCC e AGCR foram analisados em fezes coletadas no máximo 15 minutos após a defecação.

Para determinar a concentração de ácido siálico, as fezes foram liofilizadas (Alpha 1-4 LO plus, Christ, Osterodeam Hans, Alemanha) e a análise realizada conforme metodologia de Jourdian et al. (1971).

Para análise de AGCC e AGCR 10 g de amostra de fezes foram coletadas, pesadas e misturadas com 30 ml de ácido fórmico 16%. Esta mistura foi homogeneizada e armazenada em geladeira a 4°C por um período de 3 a 5 dias. Depois disso, estas soluções foram centrifugadas a 5000 rpm em uma centrífuga (2K15, Sigma, Osterodeam Hans, Alemanha) por 15 minutos. Ao final da centrifugação o sobrenadante era separado e submetido a uma nova centrifugação. Cada amostra passou por três centrifugações e, ao final da última, parte do sobrenadante era transferida para um eppendorff devidamente identificado para posterior congelamento. Posteriormente as amostras foram descongeladas e passaram por uma nova centrifugação a 14000 rotações por minuto por 15 minutos (Rotanta 460 Robotic, Hettich, Tuttlingen, Alemanha). Os AGCC e AGCR fecais foram analisados por cromatografia gasosa (SHIMADZU, modelo GC-2014, Quioto, Japão). Utilizou-se uma coluna de vidro (Agilent Technologies, HP INNO wax – 19091N, Santa Clara, EUA) de 30 m de comprimento e 0,32 mm de largura. O nitrogênio foi o gás transportador, com uma taxa de fluxo de 3,18 ml/min. As temperaturas de trabalho foram 200°C na injeção, 240°C na coluna (na velocidade de 20°C/min) e 250°C no detector de ionização de chama.

2.4.4 Cálculos e análises estatísticas

O experimento foi analisado segundo delineamento inteiramente ao acaso, sendo dois tratamentos e oito repetições cada. Os dados foram previamente analisados quanto a sua normalidade pelo teste Shapiro Wilk a 5% de probabilidade. Os dados com distribuição normal foram avaliados pelo teste t-Student ($P < 0,05$) e os não paramétricos pelo teste Mann-Whitney a 5% de probabilidade.

2.5 EXPERIMENTO III: PALATABILIDADE

2.5.1 Animais e testes

O ensaio de palatabilidade foi realizado com 15 cães Beagle adultos, com 1,3 anos de idade pesando $9,56 \pm 1,0$ kg. A palatabilidade foi mensurada comparando-se as dietas em pares, resultando no seguinte teste: dieta controle (0% de maçã desidratada) vs. teste (9% de maçã desidratada).

O teste foi realizado por um período de três dias consecutivos, sendo fornecido simultaneamente aos cães os dois alimentos uma vez ao dia (08:00 horas). A quantidade fornecida foi superior em 30% às recomendações da NRC (2006) para a manutenção de cães adultos. Assim que uma das dietas era consumida completamente, ambos os potes eram retirados e as sobras quantificadas. A posição relativa dos comedouros foi alternada no segundo dia de experimento para que não houvesse o condicionamento do animal ao local de alimentação.

O teste da palatabilidade foi determinado por meio da mensuração da razão de ingestão e da primeira escolha entre as rações ofertadas aos cães. A primeira escolha foi definida pelo registro do primeiro pote que o animal se aproximou durante a oferta simultânea dos alimentos. Para a determinação da razão de ingestão as quantidades fornecidas e as sobras foram quantificadas permitindo o cálculo da variável pela seguinte equação:

$$\text{Razão de ingestão} = \text{g ingeridas da dieta A ou B} / \text{g totais consumidas (A + B)}.$$

2.5.2 Análises estatística

Os dados foram analisados segundo delineamento inteiramente casualizado. Os resultados da razão de ingestão foram comparados pelo teste t-Student pareado a 5% de significância e a primeira escolha pelo teste Qui-quadrado a 5%, totalizando 45 repetições por teste (15 × 3 dias de avaliação).

3. RESULTADOS

3.1 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICAS FECAIS

Conforme o aumento nos níveis de maçã desidratada nas dietas houve redução linear nos CDA da MS, PB, EEA ($P < 0,05$) e aumento linear no CDA da FDT. O CDA da FS e a EM apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) à inclusão de maçã. Não houve diferença nas características fecais avaliadas ($P > 0,05$) conforme TABELA 3.

TABELA 3 – COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE (CDA, %) DOS NUTRIENTES, ENERGIA METABOLIZÁVEL (EM, kcal/kg) E CARACTERÍSTICAS FECAIS DE CÃES

ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO CRESCENTES NÍVEIS DE MAÇÃ
DESIDRATADA

ITEM	NÍVEIS DE MAÇÃ DESIDRATADA				EPM	P	
	0%	3%	6%	9%		L	Q
CDA							
Matéria seca	81,7	78,4	76,9	77,3	0,711	0,019	0,179
Proteína bruta	84,9	79,8	74,8	73,8	1,036	<0,001	0,152
EEA	92,1	90,9	90,0	90,2	0,326	0,022	0,237
FDT	34,1	41,4	41,6	46,0	1,823	0,030	0,683
Fibra insolúvel	37,5	41,1	40,8	42,5	1,169	0,178	0,709
Fibra solúvel	56,0	72,6	64,3	69,4	1,619	0,007	0,026
EM	4390	4203	4047	4103	32,22	<0,001	0,014
CARACTERÍSTICAS FECAIS							
MSf (%)	36,3	36,1	34,7	34,7	0,697	0,351	0,999
Amônia (%)	0,140	0,140	0,121	0,102	6,647	0,180	0,912
pH	6,62	6,69	6,44	6,62	0,043	0,937	0,932
Escore	4,0	4,0	4,0	4,0	-	-	-

EPM: erro padrão da média; P: probabilidade regressão; L: Efeito linear ($P < 0,05$); Q: Efeito quadrático ($P < 0,05$); EEA: extrato etéreo em hidrólise ácida; FDT: Fibra dietética total; MSf: matéria seca fecal; Mediana de escore fecal (1= fezes líquidas a 5 = fezes secas) por Kruskal-Wallis ($P = 0,069$).

Equações de regressão: CDAMS= $-0,4969x + 80,065$ ($R^2 = 0,894$); CDAPB= $-1,31x + 83,468$ ($R^2 = 0,937$); CDAEEA= $-0,2211x + 91,843$ ($R^2 = 0,786$); CDAFDT= $1,4349x + 33,775$ ($R^2 = 0,850$); CDAFS= $-0,321x^2 + 3,9533x + 57,917$ ($R^2 = 0,537$); EM= $5,3488x^2 - 82,59x + 4360,4$ ($R^2 = 0,939$).

3.2 EXPERIMENTO II: CARACTERÍSTICAS FECAIS E PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL

Não houve diferença na maioria das características fecais dos cães ($P > 0,05$). Com exceção da concentração da amônia, que reduziu com a inclusão da maçã desidratada ($P < 0,05$). Houve maior concentração de ácido butírico e valérico e redução do ácido propiônico ($P < 0,05$) nas fezes dos cães alimentados com 9% de maçã, como pode ser visto na TABELA 4.

TABELA 4 – CARACTERÍSTICAS FECAIS E MÉDIAS DA CONCENTRAÇÃO ($\mu\text{mol/kg}$ DE MATÉRIA SECA) DE ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA (AGCC) E RAMIFICADA (AGCR) DAS FEZES DE CÃES ALIMENTADOS COM DIETAS CONTENDO 0 E 9% DE MAÇÃ DESIDRATADA

ITEM	NÍVEIS DE MAÇÃ DESIDRATADA		EPM	P
	0%	9%		
Amônia (%)	0,14	0,10	0,014	0,040
Ph	6,63	6,63	0,071	1,000
Matéria seca (%)	37,64	37,76	1,413	0,951
Escore	4,0	4,0	0,050	0,553
Ácido siálico ($\mu\text{mol/g}$)	3,05	3,10	0,127	0,874
AGCC				
Acético	66,281	68,230	3,597	0,697
Propiônico	38,596	32,817	2,032	0,026
Butírico	12,362	14,185	0,680	0,037
Total AGCC	117,239	115,234	6,309	0,103
AGCR				
Valérico	0,146	0,221	0,022	0,005
Isobutírico	2,621	2,466	0,151	0,455
Isovalérico	4,291	4,297	0,280	0,988
Total AGCR	7,059	6,983	0,276	0,119

EPM: erro padrão da média; P: probabilidade pelo teste t-Student a 5%.
Escore (1= fezes líquidas a 5 = fezes secas).

3.3 EXPERIMENTO III: PALATABILIDADE

A primeira escolha e a razão de ingestão não diferiram entre os tratamentos ($P > 0,05$), como é mostrado na TABELA 5.

TABELA 5 – PRIMEIRA ESCOLHA E RAZÃO DE INGESTÃO DE CÃES ALIMENTADOS COM A DIETA CONTROLE E COM ADIÇÃO DE 9% DE MAÇÃ DESIDRATADA

ITEM	NÍVEIS DE MAÇÃ DESIDRATADA		P
	0%	9%	
Primeira escolha	25	20	$>0,05$
Razão de ingestão	0,47	0,53	0,428

Primeira escolha pelo teste do Qui-quadrado ($P < 0,05$) e Razão de ingestão pelo teste t- Student ($P < 0,05$).

4. DISCUSSÃO

4.1 EXPERIMENTO I: ENSAIO DE DIGESTIBILIDADE E CARACTERÍSTICAS FECAIS

As fontes de fibras geralmente possuem elevados teores de polissacarídeos não amiláceos e de oligossacarídeos, os quais não são digeridos pelas enzimas endógenas de cães. Dependendo do tipo e das concentrações desses compostos na dieta pode haver redução na digestão de proteínas, gorduras, amido e energia (ZUO et al., 1996; BRAMBILLASCA et al., 2013).

Foi observada redução progressiva dos CDA da MS, PB e EEA com a inclusão da maçã desidratada nas dietas. De acordo com Swanson et al. (2001) os diferentes coprodutos oriundos da maçã (bagaço de maçã, maçã desidratada e polpa de maçã) contêm distintas proporções de FS e FI e sua influência sobre a digestibilidade dos nutrientes pode ser diversa.

No presente estudo a maçã desidrata avaliada apresentou relação FI:FS de 2,2:1 e a sua inclusão resultou em dietas contendo relação de 4,4:1 (0% maçã) a 2,6:1 (9% maçã). O teor de FDT das dietas era semelhante (em média 13,23%), variando apenas os teores de FS (2,46% a 3,61%), portanto, esta é a variável que mais deve ter contribuído com a redução dos CDA da MS, PB e EEA e da EM das dietas. Em geral, as FI são pouco fermentáveis e não viscosas e quando em grandes concentrações podem causar aumento da velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal, resultando em menor tempo de retenção da digesta e seu contato com as enzimas digestivas (CASE et al., 2000). Em contrapartida, as FS possuem capacidade de se hidratar rapidamente e aumentar a viscosidade da digesta. Embora esse aumento possa atrasar o esvaziamento gástrico, também pode reduzir a interação das enzimas digestivas com os nutrientes e a sua absorção (BLAXTER et al., 1990). Desse modo, geralmente as fibras solúveis apresentam maior efeito negativo sobre a digestibilidade dos nutrientes do que as fibras insolúveis. Como demonstrado por Sabchuk et al. (2017), que relataram maior correlação negativa entre a redução dos CDA dos nutrientes com o teor de FS da dieta do que da FI em cães.

De modo geral, informações na literatura sobre a digestibilidade de dietas contendo fontes de fibras são distintas em função das diferentes fontes avaliadas, níveis de inclusão e relações FI:FS (SUNVOLD et al., 1995b; FEKETE et al., 2004; SABCHUK et al., 2017).

O comportamento quadrático do CDA da FS, em particular, pode ser explicado pelo fato desse composto ser facilmente fermentado pela microbiota no intestino grosso, sendo rapidamente absorvido seus produtos de fermentação, como os AGCC, pelos colonócitos.

Pode-se associar o efeito encontrado na diminuição da EM das dietas à redução linear dos CDA dos principais componentes da dieta. Esse efeito pode ser desejável em determinadas situações, como na redução da densidade energética de dietas para cães com sobrepeso e obesos.

Do ponto de vista comercial, as características das fezes são fatores relevantes. Neste estudo, a inclusão da fibra da maçã não provocou efeitos adversos na qualidade e características das fezes, mesmo com a redução da digestibilidade dos nutrientes observada. Resultados semelhantes foram encontrados por Falconi (2015) e Brambillasca et al. (2013) na avaliação da polpa de maçã em cães.

4.2 EXPERIMENTO II: PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO INTESTINAL

As fibras fermentáveis favorecem ambiente propício ao crescimento microbiano. No presente estudo foi observada menor concentração de amônia fecal em cães alimentados com dietas contendo maçã desidratada. Esses resultados contrariam os encontrados por Howard et al. (2000), os quais relatam excreção fecal de nitrogênio aumentada para cães e gatos alimentados com fontes de fibras fermentáveis. Sugere-se que as fibras solúveis da maçã contribuam para ambiente favorável ao desenvolvimento dos microrganismos considerados não patogênicos, como os *Lactobacillus* spp e *Bifidobacterium* spp. E restrinjam a proliferação excessiva dos microrganismos com potencial patogênico, responsáveis por atuar na fermentação de compostos nitrogenados, reduzindo desta forma a concentração de amônia das fezes (FERREIRA, 1994, MIDDELBOSS et al., 2007).

A inclusão da maçã desidratada propiciou um aumento no ácido butírico e redução do ácido propiônico. Swanson et al. (2001) em estudo com bagaço de maçã em dietas para cães também observaram menor proporção de ácido propiônico, atribuindo esse efeito à presença de pectina, que é rico em ácidos urônicos e eleva a concentração de ácido acético (SALVADOR et al., 1993), conduzindo a menor proporção de ácido propiônico. No entanto, no presente estudo não houve nenhuma alteração na concentração

do ácido acético. Estes mesmos autores relatam que um substrato que possui capacidade de produzir uma razão molar elevada de butirato seria desejável para inclusão em dietas para cães.

De modo geral, bactérias não patogênicas são produtoras de AGCC, como o propiônico e butírico. O butirato apresenta-se como principal fonte de energia aos colonócitos e concentrações altas desse composto podem estar associadas com a saúde intestinal e proliferação de colonócitos (ROEDIGER, 1982). Middelbons et al. (2007) observaram que a inclusão da polpa de beterraba em dietas para cães produziram bifidobactérias e populações de lactobacilos, constatando grandes quantidades de butirato.

Entretanto, os autores ressaltam que esta produção de butirato pode não ser apenas devido às bifidobactérias alteradas e concentrações de lactobacilos, pois a principal produção desses microrganismos é o lactato. Mas que o lactato produzido pode ser usado por outras espécies, como o *Eubacterium* spp para formar butirato. Em outro estudo, foi observado que diferentes fontes de fibra aumentaram as *Bifidobacterium* spp, sendo que as fibras fermentáveis repercutiram em aumento em *Lactobacillus* spp e na concentração fecal de ácido butírico (MIDDELBOS et al.,2007).

4.3 EXPERIMENTO III: PALATABILIDADE

A adição da maçã desidratada não interferiu na primeira escolha e preferência alimentar de cães, diferente do encontrado por Bustamante et al. (2016), os quais constataram maior preferência dos cães pela dieta contendo 5% de maçã desidratada. Os autores explicam que o paladar desses animais responde bem aos aminoácidos, e estes receptores também são estimulados por açúcares. Além disso, preferir alimentos com mais quantidade de açúcar está diretamente ligado ao comportamento sazonal de alguns cães de comer frutas. No entanto, não foi observado esse comportamento no presente estudo.

5. CONCLUSÃO

A inclusão de até 9% de maçã desidratada na dieta aumenta a produção de butirato e reduz a produção de amônia, sem alterar as demais características fecais dos cães. Entretanto, reduz a digestibilidade dos nutrientes e não influencia na preferência alimentar dos cães.

6. REFERÊNCIAS

AAFCO. Association of American Feed Control Officials. Dog and cat nutrient profiles. **Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated**. AAFCO, Oxford, IN, USA, 2004.

AOAC. Association of the Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 16th ed. AOAC, Washington, DC, USA, 1995.

BLAXTER, A.C.; CRIPPS, P.J; GRUFFYDD-JONES, T.I. Dietary fiber and Post prandial hyperglycemia in normal and diabetic dogs. **Journal of Small Animal Practice** 31,229.233, 1990.

BUSTAMANTE, T. M. R. **Inclusão de maçã sobre a digestibilidade de ração extrusada para cães**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2016.

BRAMBILLASCA, S.; BRITOS, A.; DELUCA, C. FRAGA; M.; CAJARVILLE, C. (2013) Addition of citrus pulp and apple pomace in diets for dogs: influence on fermentation kinetics, digestion, faecal characteristics and bacterial populations. **Archives of Animal Nutrition**, 67:6, 492-502.

CASE, L.P., CAREY, D.P., HIRAKAWA, D.A., DARISTOTLE, L., 2000. **Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals**, 2nd ed. Mosby, St. Louis.

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

FAHEY, G. C. et al. The role of dietary fiber in **companion animal nutrition**, 2004.

FALCONI, L.R. **Avaliação de coprodutos da alimentação humana como fonte alternativa de fibras para cães**: parâmetros digestivos e metabólicos. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, USP, Pirassununga, 2015.

FEKETE, S.G.; HULLÁR, I.; ANDRÁSOF SZKY, E.; KELEMEN, F. Effect of different fiber types on the digestibility of nutrients in cats. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 2004, 88, 138–142.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. Simpósio Internacional de produção de não ruminante - **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p. 85-113.

FISCHER, J. Fruit Fibers. In: BENEFITS; Cho, S.S., SAMUEL, P., (Eds). **Fiber Ingredients: Food Applications and Health**. CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2009.

GUILLON, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v. 33, n. 3, p. 233–245, 2000.

HOWARD, M.D.; KERLEY, M.S.; SUNVOLD, G.D.; REINHART, G.A. Source of dietary fiber fed to dogs affects nitrogen and energy metabolism and intestinal microflora populations. **Nutr. Res.** 2000, 20, 1473–1484.

JOBIM, C.C.; CECATO, U.; BRANCO, A.F. et al. Subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3. 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV; DZO, 2006. p.329-358.

JOURDIAN G.; DEAN L.; ROSEMAN, S.. A periodate-resorcinol method for the quantitative estimation of free siálico acids and their glycosides. **The Journal of Biological Chemistry**. 246, 1971, p.430-435.

MIDDELSOS, I. S.; FASTINGER, N. D.; FAHEY Jr., G. C. Evaluation of fermentable oligosaccharides in diets fed to dogs in comparison to fiber standards. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 11, p. 3033- 3044, 2007.

NRC. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. National Academies Press, Washington, DC, USA. 2006.

PROSKY, L. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. **Journal of AOAC International** v. 75, p. 360–367, 1992.

ROEDIGER, W. E. The effect of bacterial metabolites on nutrition and function of the colonic mucosa. Symbiosis between man and bacteria. **Falk Symposium 32. Kaspes H, Goebell H eds. Colon and Nutrition**. MTP Press limited, Lancaster 1982: p11- 24.

SABCHUK, T.T.; LOWNDES, F.G.; SCHERAIBER, M.; SILVA, L.P.; FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; OLIVEIRA, S.G. Effect of soya hulls on diet digestibility, palatability, and intestinal gas production in dogs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 134-142, 2017.

SALVADOR, V., C. CHERBUT, J.-L. BARRY, D. BERTRAND, C. BONNET, and J. DELORT-LAVAL. 1993. Sugar composition of dietary fibre and short-chain fatty acid production during in vitro fermentation by human bacteria. **Br. J. Nutr.**70:189–197.

SAURA-CALIXTO, Y.; J. A. LARRAURI. New type of high quality dietary fibers. **Rev. Alim. Equip. Technol.** 1:71–74.1996.

SUNVOLD, G. D.; FAHEY JR, G. C.; MERCHEN, N. R.; BOURQUIN, L. D. E.; fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and in vivo utilization of diets containing selected fiber sources and their blends. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2329-2339, 1995b.

SWANSON, K. S.; GRIESHOP, C. M.; CLAPPER, G. M.; SHIELDS, R. G.; BELAY, T.; MERCHEN, N. R.; FAHEY JUNIOR, G. C. Fruit and vegetable fiber fermentation by gut microflora from canines. **Journal of animal science**, v. 79, n. 4, p. 919-926, 2001.

ZUO, Y; FAHEY, G. C.; MERCHEN, N. R.; BAJJALIEH, N. L., 1996. Digestion responses to low oligosaccharide soybean meal by ileally-cannulated dogs. **J. Anim. Sci.**, 74 (10): 2441-2449.

CHAPTER III²**DIGESTIBILITY AND PALATABILITY OF DIETS CONTAINING
INCREASING LEVELS OF DRIED APPLE POMACE FOR CATS**

C. B. M. Brito^a, D. C. Lima^a, C. M. M. Souza^a, R. S. Vasconcellos^b, S. G. Oliveira^a, A. P. Félix^{a*}

^aDepartment of Animal Sciences, Federal University of Paraná, Curitiba, PR, Brazil;

^bDepartment of Animal Sciences, State University of Maringá, Maringá, PR, Brazil.

*Corresponding author. Email: apfelix@ufpr.br

² Artigo nas normas da revista Archives of Animal Nutrition.

Digestibility and palatability of diets containing increasing levels of dried apple pomace for cats

Abstract

The aim of the study was to evaluate the effects of increasing levels of dried apple pomace in diets on apparent total tract digestibility (ATTD) of nutrients, dietary metabolizable energy (ME) and palatability, as well as on faecal characteristics of cats. Diets were offered to 12 adult cats distributed in a complete randomized block design ($n = 6$), with two evaluation periods (blocks) of 11 days each to analyse diet digestibility. The palatability of diets containing 0 (control) vs. 9% dried apple pomace was compared using 20 adult cats in two consecutive days ($n = 40$). The ATTD of crude protein (83.4 – 79.8%) and ME (17.95 – 17.41 MJ/kg) linearly decreased ($p < 0.05$) as dried apple pomace levels increased. There was a quadratic effect ($p < 0.05$) of dried apple pomace levels on the ATTD of the other nutrients, as well as on faecal dry matter (fDM) content and output. The dietary inclusion of 9% dried apple pomace promoted greater intake ratio (0.61) relative to the control diet ($p < 0.05$). The inclusion of up to 9% dried apple pomace reduces diet digestibility and ME and fDM of cats but improves diet palatability.

Keywords: by-products; cellulose; fibres; fruits; intestinal health.

1. INTRODUCTION

Complete cat foods aim not only at supplying cats' nutritional requirements, but also to promote their health, quality of life, and longevity. In this context, dietary fibre sources have increasingly attracted the interest of the pet food industry.

Fibres can be defined as structural carbohydrates, and consist of polysaccharides, such as cellulose, hemicellulose, pectins, gums and mucilages, in addition to lignin (Guillon and Champ 2000). They influence the immune function, the intestinal microbiota profile, and regulate glycemia, indirectly reducing the incidence of diseases, such as obesity and diabetes mellitus (Godoy 2013).

Beet pulp and cellulose are typical fibre sources included in dog and cat foods. However, considering the increasing limitation of food resources, animal feeds should include fibre sources that are not used for human consumption. By-products of fruit processing derived from the human food industry are highly available, and may potentially be used as affordable and sustainable raw materials for pet foods, thereby contributing to reduce economic and environmental problems (Hang et al. 1985).

According to Swanson et al. (2001), fruit fibres may potentially be used as fibre sources in dog and cat foods. Dried apple pomace, a residue of the dehydration process of fresh apples deemed unsuitable for human consumption, contains bioactive compounds, such as flavonoids and carotenoids, which present several biological effects, including antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory activity (Ho et al. 1992). In addition, it presents good balance between insoluble and soluble fibres (around 2:1), promoting gastrointestinal health (Saura-Calixto and Larrauri 1996). However, the effects of apple pomace inclusion rates in pet foods on diet digestibility and palatability, as well as on the faecal characteristics of pets need to be evaluated.

Although studies evaluating the fermentative and nutritional characteristics of conventional fibre sources included in cat foods (Sunvold et al. 1995abc) have been published in literature, only one work on the effects of dietary apple fibre inclusion on cats was reported (Fekete et al. 2004). The objective of the present study was to evaluate the effects of increasing inclusion levels of dehydrated apple pomace on the apparent total tract digestibility (ATTD) of nutrients, metabolizable energy (ME) content, and palatability of diets, as well as on the faecal characteristics of cats.

2. MATERIAL AND METHODS

The experiments were approved by the Committee of Ethics on Animal Use of the sector of Agrarian Sciences of the Federal University of Paraná, Curitiba, PR, Brazil, under protocol n. 025/2015.

2.1. EXPERIMENT 1: DIGESTIBILITY ASSAY AND FAECAL CHARACTERISTICS

2.1.1. Diets

Four diets with increasing inclusion levels of dehydrated apple pomace were evaluated: 0, 3, 6 and 9%. Dried apple pomace was included in the diets at the expense of cellulose and corn, to achieve similar total dietary fibre (TDF) levels in all diets. The ingredients and nutrient composition of the experimental diets are shown in Table 1. The diets were formulated to supply the nutritional requirements of cats for maintenance, according to the NRC (2006) recommendations. The dried apple pomace was obtained by grinding and drying whole apples (Fuji cultivar) deemed unsuitable for human consumption. The chemical composition of the dried apple pomace is shown in Table 2.

[Table 1 here]

After the ingredients were mixed, diets were ground into 1.0-mm particle size, and extruded in a single-screw extruder, with capacity of 4.000 kg/h (Ferraz, E-130; Ribeirão Preto, Brazil).

[Table 2 here]

2.1.2. *Animals, facilities and digestibility assay*

Twelve castrated adult cats (six males and six females) of undefined breeds, with 2.5 years of age and 4.00 ± 1.0 kg body weight, on average, were evaluated. All cats were previously submitted to clinical and physical examination, and vaccinated and dewormed. Cats were individually housed in metabolic cages ($0.9 \times 0.8 \times 0.9$ m).

The experiment lasted 22 days, comprising two periods of 11 days each, divided in five days of adaptation followed by six days of total faecal collection. Cats were fed twice daily (between 08:00-10:00 a.m. and 16:00-18:00 p.m.) in sufficient amount to supply their metabolizable energy requirements (MER), calculated as: $MER [kJ/d] = 418.46 \text{ body weight}^{0.67}$, according to the NRC (2006). Water was offered *ad libitum*.

Faeces were collected at least twice daily, weighed, identified per period and per cat, and stored in a freezer at -14 °C in individual recipients. By the end of the adaptation and the collection periods, faeces were thawed, homogenized, and dried in a forced-ventilation oven (320-SE, Fanem, São Paulo, Brazil) at 55 °C for 72 hours, when constant weight was achieved.

Dry faeces and diets were ground to 1-mm particle size in a hammer mill (Arthur H. Thomas Co., Philadelphia, PA), and analysed for DM at 105 °C, crude protein (CP, method 954.01), crude fibre (CF, method 962.10), acid-hydrolysis ether extract (AHEE,

method 954.02), and ash (Ash, method 942.05) contents, according to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC 1995).

Total dietary fibre (TDF) and soluble (SF) and insoluble (IF) fibre fractions were determined according to Prosky et al. (1992). Gross energy (GE) content was determined in a bomb calorimeter (Ika®Werke Calorimeter System C 2000 basic C 2000 control). Original dry matter faecal content was calculated according to the equation: DM = dry matter content at 55 °C (DM55) · dry matter content at 105 °C (DM105)/100.

2.1.3. Faecal characteristics

Faecal dry matter content, faecal output [g faeces/g DM intake/6 days], faecal score, and sialic acid content were evaluated. Faecal score was evaluated always by the same researcher, using the following 1-5 scale: 1 = watery faeces (can be poured from the container); 2 = soft and unshaped stools; 3 = soft, shaped, and moist stools; 4 = well-shaped and uniform stools; 5 = well-shaped, hard, and dry stools, as proposed by Carciofi et al. (2009).

Faeces were freeze-dried (Alpha 1-4 LO plus, Christ, Osterodeam Hans, Germany) to determine sialic acid content, according to Jourdian et al. (1971).

2.1.4. Calculations and statistical analyses

Data were analysed according to a complete randomized block design, with two evaluation periods (blocks) and 12 animals per period. Four treatments, with six replicates per treatment (three cats were fed each diet in each period), were evaluated.

Based on the laboratory results obtained, the apparent total tract digestibility (ATTD) of DM, CP, AHEE, and ME content of the experimental diets were calculated as:

$$\text{ATTD [\%]} = \frac{[(\text{g of nutrient intake} - \text{g of nutrient excretion})/\text{g of nutrient intake}] \cdot 100}{}$$

Metabolizable energy was estimated according to the equation (AAFCO, 2003):

$$\text{ME [kJ.kg}^{-1}\text{]} = \frac{\{\text{kJ.g}^{-1}\text{ GE intake} - \text{kJ.g}^{-1}\text{ GE faecal excretion} - [(\text{g CP intake} - \text{g CP faecal excretion}) \cdot 3.60\text{kJ.g}^{-1}]\}}{\text{g of food intake}}$$

Data were tested for normality (Shapiro-Wilk test), and when this assumption was accepted, data were submitted to analysis of variance considering the effects of block (period) and treatments. As there was no effect of block on any of the variable analysed ($p < 0.05$), data were submitted to analysis of regression ($p < 0.05$) Non-parametric data were analysed by the Kruskal-Wallis test ($p < 0.05$).

2.2. *EXPERIMENT 2: PALATABILITY TRIAL*

2.2.1. *Diets*

Diets were formulated and processed as described above in the digestibility experiment. Food allowance was 30% higher than the MER recommendations of the NRC (2006).

2.2.2. *Animals, facilities, and tests*

Twenty castrated adult cats (10 males and 10 females) of undefined breeds, with 1.3 years average age and 4.00 ± 1.0 kg body weight, were evaluated. The animals were housed in individual stainless-steel metabolic cages ($0.9 \times 0.8 \times 0.9$ m).

Diet palatability was determined based on food preference and first choice tests. The diets containing 0% and 9% dried apple pomace were pairwise compared, according the methodology of Griffin (2003). The palatability tests were performed on two consecutive days. The two foods to be compared were offered in two different bowls twice daily, at 08:00 a.m. and 16:00 pm., for a period of 30 minutes. The amounts of food offered and food residues were quantified to calculate food preference. First choice was determined by recording the first bowl the cat approached at the time the bowls were presented. The position of the bowls was changed on the second day of the test to prevent any bias for bowl position.

2.2.3. *Calculations and statistical analyses*

A completely randomized experimental design was applied. Food preference was calculated as the relative intake between the two diets, according to the equation:

$$IR = \text{g of diet A or B intake} / \text{g of total food consumed (A + B)}$$

Food preference results were analysed by the Student's t-test, and first choice results by the Chi-square test, both at 5% probability level, totalling 40 replicates.

3. RESULTS

3.1. *EXPERIMENT 1: DIGESTIBILITY ASSAY AND FAECAL CHARACTERISTICS*

Increasing dietary dried apple pomace levels linearly reduced the ATTD of CP and ME content, whereas the ATTD of AHEE, IF, SF, and TDF, as well fDM and faecal output presented a quadratic response ($p < 0.05$). Faecal sialic acid content and faecal score were not influenced by treatments ($p > 0.05$).

[Table 3 here]

3.2. *EXPERIMENT 2: PALATABILITY TRIAL*

First choice was not influenced by dietary treatments ($p > 0.05$). However, greater intake ratio was obtained for the diet containing 9% dried apple pomace relative to the diet with no dried apple pomace ($p < 0.05$) (Table 4).

[Table 4 here]

4. DISCUSSION

4.1. *EXPERIMENT 1: DIGESTIBILITY ASSAY AND FAECAL CHARACTERISTICS*

Dietary inclusion of dried apple pomace caused a linear reduction in CP digestibility. This result is different from the findings of Bustamante (2016), who did not observe any influence of the dietary inclusion of 5% dried apple pomace on the ATTD of CP in dogs. This difference may be attributed to the lower dried apple pomace level applied by author in dog foods compared with the present study with cats (5 vs. 9%, respectively). According to Swanson et al. (2001), apple by-products (dried and wet apple

pomace, and dried apple pulp) contain different SF and IF proportions, and therefore, present different digestibility and palatability. The dried apple pomace used in the present study contained 23.23% TDF, out of which 15.92% corresponded to IF and 7.32% to SF.

Considering that the experimental diets contained similar TDF content (13.23%, on average), the observed reduction in the ATTD of CP and AHEE, and in dietary ME level may be attributed to the increasing SF content of the experimental diets (2.46-3.61%). Insoluble fibres are non-viscous and slowly fermentable and in high levels may reduce nutrient digestibility by increasing food passage rate, consequently reducing the contact of dietary nutrients with digestive enzymes (Case et al. 2000). On the other hand, SF are fermentable, and negatively affect digestibility by increasing the viscosity of the digesta, impairing the action of endogenous enzymes on nutrients (Oakenfull 1993). In general, SF have a stronger negative effect on nutrient digestibility than IF, as demonstrated by Sabchuk et al. (2017), who reported lower nutrient digestibility of dog foods containing higher SF than of those containing high IF levels.

The dietary inclusion of fermentable fibres and their subsequent fermentation in the colon may increase protein fermentation or microbial nitrogen production as energy availability is increased. In the presence of energy, fermentable fibres promote microbial growth, contributing for the production of nitrogen compounds. However, this effect has not been extensively evaluated in dogs and cats yet (Howard et al. 2000; Verbrugghe et al. 2010).

The results of the present study are consistent with those of Fekete et al. (2001), who observed a decrease in AHEE digestibility when dried apple pomace was added to cat foods. Fibre intake may also reduce fat utilization, as soluble fibres create a viscous barrier, preventing the action of the digestive enzymes and reducing the resorption of bile and bile salts in the ileum (Eastwood et al. 1992).

The observed linear reduction in dietary ME content may be attributed to the decrease in nutrient digestibility as the inclusion levels of dried apple pomace increased. According to Diez et al. (1998), fibre may dilute dietary energy density. Therefore, the inclusion of fibre-rich feedstuffs that considerably dilute the energy content of dog and cat foods may be particularly interesting for weight loss purposes.

Faecal sialic acid content was measured in the present study as an indicator of changes in the intestinal mucosa that may be caused by the dietary fibre. However, faecal sialic acid levels did not increase as a function of increasing inclusion of dried apple pomace, as previously found by Sabchuk et al. (2017) in a study on different fibre levels in dog foods. On the other hand, our result is different from that of Larsen et al. (1993), who observed that faecal sialic acid levels increased with increasing fibre inclusion in rat diets. It is possible that only higher levels of dietary fibre increase mucus production in intestine.

In addition to food digestibility, faecal output and quality also need to be considered when testing cat food raw materials. Despite the high fibre inclusion levels, and consequent diet digestibility reduction, faecal scores were not influenced by the treatments: cats produced soft, shaped, and moist stools, which are considered optimal for this species (Carciofi et al. 2009). This result is consistent with those found by Falconi (2015) and Brambillasca et al. (2013), who evaluated the inclusion of apple pomace in dog foods.

Faecal DM content was linearly reduced as dried apple pomace levels increased, as previously observed by Bustamante (2016) and by Fahey et al. (1990) in dogs fed dried apple pomace and beet pulp, respectively. According to Davidson and McDonald (1998), the high soluble fibre content of apples may increase the fermentation capacity of the colonic microbiota, increasing the production of acidic compounds and water retention in

the faeces. However, no change in the faecal texture was observed in the present study, as mentioned above.

Case et al. (2000) mentioned that fibre intake may increase digesta passage rate in the large intestine, resulting in greater faecal output in dogs, and according to Pinto (2007), faecal output is directly related to TDF intake. In the present study, however, faecal output decreased as dietary TDF increased. This result may be attributed to the fermentation of the high SF content of the evaluated dried apple pomace in the gut. On the other hand, Bustamante (2016) determined higher faecal output in dogs fed 5% dried apple pomace, as previously observed by Brambillasca et al. (2013).

4.2. EXPERIMENT 2: PALATABILITY TRIAL

The dietary inclusion of dried apple pomace did not affect first choice results. However, a higher IR of the diet containing dried apple pomace was found. This finding is consistent with Bustamante (2016), who found that dogs preferred a diet with 5% dried apple pomace, and explained that dogs' taste buds are sensitive to sugars. On the other hand, cats are strictly carnivorous animals, and do not have sugar taste receptors (Felix et al. 2010). A possible explanation for the preference for the diet with dried apple pomace in the present study is the Maillard reaction, which occurs between reducing sugars and amino acids of the diet as a result of the high temperatures applied during the extrusion process. The sugar levels present in apple pomace (10.68% of DM) may have benefited this reaction. According to Voragen et al. (1995), the formation of Maillard reaction products during extrusion improves the palatability of cat foods.

5. CONCLUSIONS

Dietary inclusion of up to 9% dried apple pomace is well-accepted by cats and does not affect faecal scores or faecal sialic acid levels. However, it reduces CP digestibility, dietary ME content, and faecal dry matter content.

Acknowledgements

The authors acknowledge Oriente Company and VB Alimentos for the support in this research.

Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

REFERENCES

- [AAFCO]. Association of American Feed Control Officials, 2003. Dog and cat nutrient profiles. Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated. AAFCO, Oxford, IN, USA.
- [AOAC]. Association of the Official Analytical Chemists, 1995. Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Washington, DC, USA.
- Brambillasca S, Britos A, Deluca C, Fraga M, Cajarville C. 2013. Addition of citrus pulp and apple pomace in diets for dogs: influence on fermentation kinetics, digestion, faecal characteristics and bacterial populations. *Arch Anim Nutr.* 67(6):492-502.

- Bustamante TMR. 2016. [Inclusion of apples on the digestibility of extruded diets for dogs]. [undergraduate thesis]. Jaboticabal (SP), College of Agrarian and Veterinary Science, Unesp. Portuguese
- Carciofi AC, Oliveira L, Valério A, Borges LL, Carvalho F, Brunetto, MA, Vasconcellos RS. 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151:251–260.
- Case LP, Carey DP, Hirakawa DA, Daristotle L. 2000. *Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals*, 2nd ed. St. Louis: Mosby 605p.
- Diez M, Hornick JL, Baldwin P, Van EC, Istasse L. 1998. The influence of sugar-beet fibre, guar gum and inulin on nutrient digestibility, water consumption and plasma metabolites in healthy Beagle dogs. *Res. Vet. Sci.* 64:91–96.
- Eastwood MA. 1992. The physiological effect of dietary fibre: an update. *Ann. Rev. Nutr.* 10: 19–35.
- Fahey JR GC, Merchen NR, Corbin JE, Hamilton AK, Serbe KA, Lewis SM, Hirakawa DA. Dietary fibre for dogs. I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. 1990. *J Anim Sci.* 68(12):4221–4228.
- Fekete S, Hullar I, Andrasofszky E, Rigo Z, Berkenyi T. 2001. Reduction of the energy density of cat foods by increasing their fibre content with a view to nutrients' digestibility. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 85:200–204.
- Fekete SG, Hullár I, Andrásföszky E, Kelemen F. 2004. Effect of different fibre types on the digestibility of nutrients in cats. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 88:138–142.
- Felix AP, Oliveira SG, Maiorka A. 2010. [Factors that interfere with food consumption in dogs and cats]. In: Vieira, S. *Consumption and food preference of domestic animals*. 1 ed. Brasil: Londrina, Chapter 3:162-199. Portuguese.

- Godoy MRC, Kerr KR, Fahey JRGC. 2013. Alternative dietary fibre sources in companion animal nutrition. *Nutrients*5(8):3099-3117.
- Griffin RW. 2003. Palatability testing: parameters and analysis that influence test conclusions. In: Kvamme, J.L., Phillips, T.D. (Eds.), *Petfood Technology*. Watt Publishing, Mt. Morris 187-193.
- Guillon F, Champ M. 2000. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. *Food Res Int.* 33(3):233–245.
- Hang YD, Woodams EE. 1985. Heat' evolution in solid state fermentation of apple pomace. *App Microbiol Biotechnology*1:95-98.
- Ho CT, Lee CY, Huang MT. 1992. Phenolic compounds in food and their effects in health. In: ACS Symp. Ser. 507, American Chemical Society, Washington, DC.
- Howard MD, Kerley MS, Sunvold GD, Reinhart GA. Source of dietary fibre fed to dogs affects nitrogen and energy metabolism and intestinal microflora populations. 2000. *Nutr. Res.* 20:1473–1484.
- Larsen F, Moughan P, Wilson M., 1993. Dietary fibre viscosity and endogenous protein excretion at the terminal ileum of growing rats. *J. Nutr.* 123:1898–1904.
- [NRC]. *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. 2006. National Academy Press: Washington, DC, USA.426.
- Oakenfull DG. 1993. Physical properties of dietary fibre. In: Samman, S., Annison, G. (Eds.), *Dietary Fibre and Beyond - Australian Perspective*, vol. 1. Nutrition Society Australian Occasional p.47–56.
- Pinto MVP.2007. [Digestive use of diets with different fibrous sources and determination of glycaemic curves in adult dogs]. [dissertation]. Belo Horizonte (MG). Federal University of Minas Gerais. Portuguese.

- Prosky L, et al. 1992. Determination of insoluble and soluble dietary fibre in foods and food products: collaborative study. *Journal of AOAC International*. 75:360–367.
- Sabchuk TT, Lowndes FG, Scheraiber M, Silva LP, Félix AP, Maiorka A, Oliveira SG. 2017. Effect of soya hulls on diet digestibility, palatability, and intestinal gas production in dogs. *Anim Feed Sci Technol*. 225:134-142.
- Saura-Calixto Y, Larrauri JA. 1996. New type of high quality dietary fibres. *Rev. Alim. Equip. Technol*. 1:71–74.
- Sunvold GD, Fahey JR GC, Merchen NR, Bourquin LDE. 1995a. Fermentation of selected fibre sources by cat faecal inoculum and in vivo utilization of diets containing selected fibre sources and their blends. *J Anim Sci*. 73(8):2329-2339.
- Sunvold GD, Fahey JR GC, Merchen NR, Titgemeyer C, Ourquin LD, Bauer LL, Reinhart G.A. 1995b. Dietary fibre for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fibre sources by dog faecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fibre supplemented diets. *J Anim Sci*. 73(4):1099-1109.
- Sunvold GD, Fahey JR GC, Merchen NR, Reinhart GA. 1995c. In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat faecal inoculum: Influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. *J Anim Sci*. 73(4):1110-1122.
- Swanson KS, Grieshop CM, Clapper GM, Shields RG, Belay T, Merchen NR, Fahey Junior GC. 2000. Fruit and vegetable fibre fermentation by gut microflora from canines. *J Anim Sci*. 79(4) 919-926.
- Verbrugghe A, Janssens GPJ, Meininger E, Daminet S, Piron K, Vanhaecke L, Wuyts B, Buyse J, Hesta M. 2010. Intestinal fermentation modulates postprandial acylcarnitine profile and nitrogen metabolism in a true carnivore: The domestic cat (*Felis catus*). *Br. J. Nutr*. 104: 972–979.

Voragen AGJ, Gruppen H, Marsman GJP, Mul AJ. 1995. Effect of some manufacturing Technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: P. Garnosworthy and D.J. Cole (eds), *Recent Advances, Animal Nutrition* (Nottingham University Press, UK).

Table 1. Ingredients and analysed chemical composition of diets containing increasing levels of dried apple pomace.

Ingredients [g/kg]	Dried apple pomace levels			
	0 [%]	3 [%]	6 [%]	9 [%]
Corn	38.5	36.3	34.1	31.8
Poultry fat	10.0	10.0	10.0	10.0
Corn gluten 60	17.0	17.0	17.0	17.0
Poultry offal meal	26.0	26.0	26.0	26.0
Salt	0.50	0.50	0.50	0.50
Taurine	0.10	0.10	0.10	0.10
Liquid poultry offal hydrolysate	3.0	3.0	3.0	3.0
Powdered poultry offal hydrolysate	1.0	1.0	1.0	1.0
BHA	0.0075	0.0075	0.0075	0.0075
BHT	0.015	0.015	0.015	0.015
Citric acid	0.03	0.03	0.03	0.03
Calcium propionate	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline chloride	0.40	0.40	0.40	0.40
Mineral-vitamin supplement ^y	0.30	0.30	0.30	0.30
Potassium chloride	0.54	0.54	0.54	0.54
Dried apple pomace	0.0	3.0	6.0	9.0
Cellulose	2.30	1.53	0.75	0.0
Analysed chemical composition [%]				
Dry matter	96.14	95.64	95.47	95.08
Crude protein	32.35	33.43	33.67	32.80
Ether extract in acid hydrolysis	16.42	16.67	15.79	16.04

Crude fibre	4.41	4.28	4.82	4.45
Total dietary fibre	13.22	13.08	13.68	12.96
Insoluble fibre (IF)	10.76	10.23	10.46	9.35
Soluble fibre (SF)	2.46	2.85	3.22	3.61
IF:SF ratio	4.4:1	3.6:1	3.2:1	2.6:1
Ashes	6.66	8.47	7.14	8.06
Calcium	1.58	1.72	1.51	1.68
Phosphorus	1.11	1.22	1.15	1.21
Metabolizable energy [MJ/kg] [€]	16.23	16.03	15.89	15.89

[¥]Levels per kg food: Vit. A = 20.000 IU; Vit. D3 = 2.000 IU; Vit. E = 480 IU; Vit. K3 =

48 mg; Vit. B1 = 4 mg; Vit. B2 = 32 mg; B12 = 0.2mg; pantothenic acid = 16 mg;

niacin = 56 mg; choline = 800 mg; zinc = 150 mg; iron = 100 mg; copper = 15 mg;

iodine = 1.5 mg; manganese = 30 mg; selenium – 0.2 mg, and antioxidant 240 mg;

[€]Estimated according to the NRC (2006).

Table 2. Chemical composition of the dried apple pomace.

Item	Dry matter basis[%]
Dry matter	96.30
Crude protein	3.50
Ether extract in acid hydrolysis	2.07
Crude fibre	9.43
Ashes	2.07
Total dietary fibre	23.23
Insoluble fibre (IF)	15.92
Soluble fibre (SF)	7.32
IF:SF ratio	2.2:1

Table 3. Apparent total tract digestibility (ATTD, %) of nutrients, dietary metabolizable energy content (ME, MJ/kg), and faecal characteristics of cats fed diets containing increasing levels of dried apple pomace.

Item	Dried apple pomace levels				SEM	P	
	0[%]	3[%]	6[%]	9[%]		L	Q
ATTD							
Dry matter	79.3	80.3	78.7	79.0	0.368	0.472	0.652
Crude protein	83.4	83.1	80.1	79.8	0.562	0.003	0.989
AHEE	92.4	90.2	88.9	89.9	0.313	<0.001	<0.001
TDF	20.4	40.7	47.6	47.8	2.679	<0.001	0.002
Soluble fibre	61.2	79.0	70.8	68.1	2.190	0.460	0.012
Insoluble fibre	15.4	32.7	42.9	42.9	2.780	<0.001	0.014
ME [MJ/kg]	17.95	17.86	17.30	17.41	1.776	0.001	0.434
Faecal parameters							
Dry matter [%]	33.91	30.77	27.78	29.57	0.659	0.002	0.023
Sialic acid	0.902	1.011	0.906	1.063	0.040	0.250	0.950
Faecal output	0.145	0.122	0.122	0.133	0.230	0.277	0.030
Faecal score	3.00	3.00	3.00	3.00	-	-	-

SEM: standard error of the mean; *P* value: probability value; L: linear effect; Q: quadratic

effect; AHEE: acid-hydrolysis ether extract; TDF: total dietary fibre; sialic acid ($\mu\text{mol/g}$ sample); faecal output (g faeces/ g dry matter intake/ d). Regression equations: ATTD CP = $-0.4648x + 83.695$ ($R^2 = 0.3343$); ATTD AHEE = $0.0919x^2 - 1.114x + 92.488$ ($R^2 = 0.7096$); ATTD TDF = $-0.5568x^2 + 7.9803x + 20.776$ ($R^2 = 0.7528$); ATTD SF = $-0.5695x^2 + 5.5444x + 62.781$ ($R^2 = 0.256$); ATTD IF = $-0.4822x^2 + 7.4241x + 15.286$ ($R^2 = 0.7078$); ME = $-0.721x + 17.960$ ($R^2 = 0.3717$);

sialic acid = $-0.0004x + 0.0422$ ($R^2 = 0.0437$); fDM = $0.1368x^2 - 1.7651x + 34.143$ ($R^2 = 0.4723$); faecal output = $0.001x^2 - 0.0098x + 0.145$ ($R^2 = 0.2624$); Faecal score medians by the Kruskal-Wallis test ($p = 0.151$).

Table 4. First choice and food preferences of cats fed diets containing 0 or 9% dried apple pomace.

Item	Dried apple pomace levels		P value
	0[%]	9[%]	
First choice	19	21	>0.05
Food preference	0.39	0.61	<0.001

First choice by the Chi-square test ($p < 0.05$); food preference by the Student's t-test ($p < 0.05$).

REFERÊNCIAS

- AAFCO. Association of American Feed Control Officials. Dog and cat nutrient profiles. **Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated**. AAFCO, Oxford, IN, USA, 2004.
- AOAC. Association of the Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**, 16th ed. AOAC, Washington, DC, USA, 1995.
- BLAXTER, A.C.; CRIPPS, P.J; GRUFFYDD-JONES, T.I. Dietary fiber and Post prandial hyperglycemia in normal and diabetic dogs. **Journal of Small Animal Practice**. p.31, 229.233, 1990.
- BUSTAMANTE, T. M. R. **Inclusão de maçã sobre a digestibilidade de ração extrusada para cães**. (Trabalho de Conclusão de Curso). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2016.
- BRAMBILLASCA, S.; BRITOS, A.; DELUCA, C. FRAGA; M.; CAJARVILLE, C. Addition of citrus pulp and apple pomace in diets for dogs: influence on fermentation kinetics, digestion, faecal characteristics and bacterial populations. **Archives of Animal Nutrition**, v. 67, n. 6, 492-502, 2013.
- CASE, L.P., CAREY, D.P., HIRAKAWA, D.A., DARISTOTLE, L. **Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals**, 2nd ed. Mosby, St. Louis, 2000.
- CARCIOFI, A.C.; OLIVEIRA, L.; VALÉRIO, A.; BORGES, L.L.; CARVALHO, F.; BRUNETTO, M.A.; VASCONCELLOS, R.S. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. **Anim. Feed Sci. Technol.** v. 151, 251–260, 2009.
- DIEZ, M; HORNICK, J.L.; BALDIWIN, P.; VAN, E.C.; ISASSE, L. The influence of sugar-beet fibre, guar gum and inulin on nutrient digestibility, water consumption and plasma metabolites in healthy Beagle dogs. **Res. Vet. Sci.** v. 64, 91–96, 1998.
- EASTWOOD, M.A. The physiological effect of dietary fibre: an update. **Ann. Rev. Nutr.** v. 10, 19–35, 1992.
- FAHEY, G. C. et al. The role of dietary fiber in **companion animal nutrition**, 2004.
- FAHEY, G.C; MERCHEN, N.R.; CORBIN, J.E.; HAMILTON, A.K; SERBE, K.A; LEWIS, S.M; HIRAKAWA, D.A.. Dietary fibre for dogs. I. Effects of graded levels of

dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digest mean retention time. **J Anim Sci.** v. 68, n. 12, p. 4221–4228, 1990.

FALCONI, L.R. **Avaliação de coprodutos da alimentação humana como fonte alternativa de fibras para cães**: parâmetros digestivos e metabólicos. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, USP, Pirassununga, 2015.

FEKETE, S.G.; HULLÁR, I.; ANDRÁSOF SZKY, E.; RIGÓ, Z.; BERKENYI, T. KELEMEN, F. Reduction of the energy density of cat foods by increasing their fibre content with a view to nutrients' digestibility. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** v. 85, p. 200–204, 2001.

FEKETE, S.G.; HULLÁR, I.; ANDRÁSOF SZKY, E.; KELEMEN, F. Effect of different fiber types on the digestibility of nutrients in cats. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** v. 88, p. 138–142, 2004.

FELIX, A.P.; OLIVEIRA, S.G.; MAIORKA, A. Fatores de Interferência no Consumo de Alimentos em Cães e Gatos. In: VIEIRA, S. **Consumo e Preferência de Alimentos em Cães e Gatos**. 1. ed. p. 162-199, 2010.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá. Simpósio Internacional de produção de não ruminante - **Anais...** Maringá: EDUEM. p. 85-113, 1994.

FISCHER, J. Fruit Fibers. In: BENEFITS; Cho, S.S., SAMUEL, P., (Eds). **Fiber Ingredients: Food Applications and Health**. CRC Press, Taylor & Francis Group: Boca Raton, FL, USA, 2009.

GODOY, M.R.C; KERR, K.R.; FAHEY, J.R.G.C. Godoy MRC, Kerr KR, Fahey JRGC. Alternative dietary fibre sources in companion animal nutrition. **Nutrients.** v. 5, n. 8, p. 3099-3117, 2013.

GRIFFIN, R.W. Palatability testing: parameters and analysis that influence test conclusions. In: KVAMME, J.L.; PHILLIPS, T.D. **Petfood Technology**. Watt Publishing, Mt. Morris. p. 187-193, 2003.

GUILLOIN, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres, and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, v. 33, n. 3, p. 233–245, 2000.

HANG, Y.D.; WOODAMS, E.E. Heat evolution in solid state fermentation of apple pomace. **App Microbiol Biotechnology.** v. 1, p. 95-98, 1985.

HO, C.T.; LEE, C.Y.; HUANG, M.T. Phenolic compounds in food and their effects in health. In: **ACS Symp.** Ser. 507, American Chemical Society, Washington, DC, USA. 1992.

HOWARD, M.D.; KERLEY, M.S.; SUNVOLD, G.D.; REINHART, G.A. Source of dietary fiber fed to dogs affects nitrogen and energy metabolism and intestinal microflora populations. **Nutr. Res.** v. 20, p. 1473–1484, 2000.

JOBIM, C.C.; CECATO, U.; BRANCO, A.F. et al. Subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3. 2006, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV; DZO, p.329-358. 2006.

JOURDIAN G.; DEAN L.; ROSEMAN, S.. A periodate-resorcinol method for the quantitative estimation of free siálico acids and their glycosides. **The Journal of Biological Chemistry.**, p.430-435, 1971.

LARSEN, F.; MOUGHAN, P.; WILSON, M. Dietary fibre viscosity and endogenous protein excretion at the terminal ileum of growing rats. **J. Nutr.** v. 123, p. 1898–1904, 1993.

MIDDELSOS, I. S.; FASTINGER, N. D.; FAHEY Jr., G. C. Evaluation of fermentable oligosaccharides in diets fed to dogs in comparison to fiber standards. **Journal of Animal Science**, v. 85, n. 11, p. 3033- 3044, 2007.

NRC. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats.** National Academies Press, Washington, DC, USA. 2006.

OAKENFULL, D.G. Physical properties of dietary fibre. In: SAMMAN, S.; ANNISSON, G. **Dietary Fibre and Beyond - Australian Perspective**, vol. 1. Nutrition Society Australian Occasional, p.47–56, 1993

PINTO, M.V.P. **Uso digestivo de dietas com diferentes fontes fibrosas e determinação de curvas glicêmicas em cães adultos.** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PROSKY, L. et al. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: collaborative study. **Journal of AOAC International** v. 75, p. 360–367, 1992.

ROEDIGER, W. E. The effect of bacterial metabolites on nutrition and function of the colonic mucosa. Symbiosis between man and bacteria. **Falk Symposium 32. Kaspes H, Goebell H eds. Colon and Nutrition.** MTP Press limited, Lancaster, p. 11- 24, 1982.

SABCHUK, T.T.; LOWNDES, F.G.; SCHERAIBER, M.; SILVA, L.P.; FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A.; OLIVEIRA, S.G. Effect of soya hulls on diet digestibility, palatability,

and intestinal gas production in dogs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 225, p. 134-142, 2017.

SALVADOR, V., C. CHERBUT, J.-L. BARRY, D. BERTRAND, C. BONNET, and J. DELORT-LAVAL. Sugar composition of dietary fibre and short-chain fatty acid production during in vitro fermentation by human bacteria. **Br. J. Nutr.** v. 70, p. 189–197, 1993.

SAURA-CALIXTO, Y.; J. A. LARRAURI. New type of high quality dietary fibers. **Rev. Alim. Equip. Technol.** vol. 1, p. 71–74, 1996.

SUNVOLD, G. D.; FAHEY JR, G. C.; MERCHEN, N. R.; BOURQUIN, L. D. E. Fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and in vivo utilization of diets containing selected fiber sources and their blends. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 8, p. 2329-2339, 1995.

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

SUNVOLD, G. D.; FAHEY JR, G. C.; MERCHEN, N. R.; REINHART, G.A. In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat faecal inoculum: Influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 1110-1122, 1995.

SWANSON, K. S.; GRIESHOP, C. M.; CLAPPER, G. M.; SHIELDS, R. G.; BELAY, T.; MERCHEN, N. R.; FAHEY JUNIOR, G. C. Fruit and vegetable fiber fermentation by gut microflora from canines. **Journal of animal science**, v. 79, n. 4, p. 919-926, 2001.

VERBRUGGHE, A.; JANSSENS, G.P.J; MEININGER, E.; DAMINET, S.; PIRON, K.; VANHAECKE, L.; WUYTS, B.; BUYSE, J.; HESTA, M.. Intestinal fermentation modulates postprandial acylcarnitine profile and nitrogen metabolism in a true carnivore: The domestic cat (*Feliscatus*). **Br. J. Nutr.** v. 104: p. 972–979, 2010.

VORAGEN, A.G.J.; GRUPPEN, H.; MARSMAN, G.P.J. Voragen AGJ, Gruppen H, Marsman GJP, Mul AJ. 1995. Effect of some manufacturing Technologies on chemical, physical and nutritional properties of feed. In: GARNOSWORTHY, P.; COLE, D.J. **Recent Advances, Animal Nutrition**. Nottingham University Press, UK, 1995.

ZUO, Y; FAHEY, G. C.; MERCHEN, N. R.; BAJJALIEH, N. L. Digestion responses to low oligosaccharide soybean meal by ileally-cannulated dogs. **J. Anim. Sci.**, v. 74, n. 10, p. 2441-2449, 1996.