



LÍVIA GERALDI FERREIRA

**SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE TRIGO PELO
FARELO DE CASCA DE MILHO SEM ÁGUA DE
MACERAÇÃO EM ALIMENTOS COMPLETOS
PARA GATOS**

**LAVRAS – MG
2013**

LÍVIA GERALDI FERREIRA

**SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE TRIGO PELO FARELO DE CASCA
DE MILHO SEM ÁGUA DE MACERAÇÃO EM ALIMENTOS
COMPLETOS PARA GATOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo

Coorientadora

Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

LAVRAS – MG

2013

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Divisão de Processos
Técnicos da Biblioteca da UFLA**

Ferreira, Livia Geraldi.

Substituição do farelo de trigo pelo farelo de casca de milho sem água de maceração em alimentos completos para gatos / Livia Geraldi Ferreira. – Lavras : UFLA, 2013.

59 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2013.

Orientador: Márcio Gilberto Zangeronimo.

Bibliografia.

1. Co-produto agroindustrial. 2. Nutrientes. 3. Digestibilidade. 4. Felinos.
5. Fibra. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.808557

LÍVIA GERALDI FERREIRA

**SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE TRIGO PELO FARELO DE CASCA
DE MILHO SEM ÁGUA DE MACERAÇÃO EM ALIMENTOS
COMPLETOS PARA GATOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, área de concentração em Ciências Veterinárias, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2013.

Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad	UFLA
Dra. Janine França	UFU
Dra. Roberta Ariboni Brandi	USP

Dr. Márcio Gilberto Zangeronimo
Orientador

LAVRAS – MG
2013

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Regina e Marco Aurélio, que por meio de muito esforço e dedicação contribuíram imensamente para o meu crescimento pessoal e profissional. O apoio em todas as decisões tomadas, as palavras reconfortantes nos momentos de angústia e os conselhos em situações difíceis foram fundamentais ao longo da minha trajetória até aqui. Minha gratidão será eterna! Amo vocês!

Ao meu irmão, Pedro, exemplo de competência e responsabilidade, pela torcida e amizade;

Ao meu avô; José Geraldi (*in memoriam*) e a minha avó Tinhá, pela infância maravilhosa em seu quintal e por me mostrarem o verdadeiro valor da vida: a família;

A minha avó Elza, pelo carinho e pelas orações diárias;

À Eva, pelos anos de trabalho e amor dedicados à nossa família;

A todos os tios e primos, pela amizade e torcida;

Ao meu namorado, Bruno, por estar sempre ao meu lado, pela atenção, pelo carinho e, principalmente, pela paciência;

As minhas amigas de Belo Horizonte, que mesmo à distância acompanham todos os meus passos e torcem pelo meu sucesso;

Aos meus amigos de Lavras, minha segunda família;

À Universidade Federal de Lavras e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, pela oportunidade concedida para realização do mestrado;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao meu orientador, Márcio Gilberto Zangeronimo, pelo exemplo de comprometimento e profissionalismo. Muito obrigada pela oportunidade concedida, pela confiança em meu trabalho, pela disponibilidade e pelos

inúmeros ensinamentos! Aprendi muito e espero continuar aprendendo com você!

A minha coorientadora, Flávia Maria de Oliveira Borges Saad, por despertar em mim o interesse pela pesquisa, pela orientação ao longo da iniciação científica e do mestrado e por abrir caminhos tão importantes e decisivos para o meu crescimento profissional. Muito obrigada!

À Professora Roberta Ariboni Brandi e à sua orientada, Juliana de Melo Pires, pela parceria neste projeto e por toda a ajuda. Muito obrigada!

A todos os integrantes do NENAC, pela amizade, pelo companheirismo, pelo compromisso com o trabalho, pelo aprendizado e por me mostrarem a importância de uma equipe. O apoio de vocês foi fundamental!

Aos médicos veterinários residentes do Hospital Veterinário da UFLA, pelas contribuições durante a execução do projeto;

Ao Seu Ednaldo, pelo carinho com os animais do CENAC;

Ao Márcio, por toda a ajuda e aprendizado no laboratório;

Aos animais do CENAC, por contribuírem de forma tão significativa para a realização deste projeto e por tornarem os meus dias de trabalho muito mais alegres e divertidos.

RESUMO

Objetivou-se com esta pesquisa, avaliar os efeitos da substituição do farelo de trigo (FT) pelo farelo de casca de milho sem água de maceração (FCM) em alimentos completos para gatos sobre a digestibilidade dos nutrientes, características das fezes, tempo de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (TGI), produção de gás intestinal e concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no sangue e nas fezes. Foram utilizados 28 gatos com $3,53 \pm 0,82$ kg, sem raça definida, machos e fêmeas, os quais foram mantidos em gaiolas metabólicas durante 15 dias, distribuídos em delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e sete repetições, sendo a parcela experimental constituída por um animal. Os tratamentos consistiram na inclusão de 0, 2,6, 5,3 e 8,0% de FCM, com base na matéria seca, em substituição ao FT. A substituição do FT pelo FCM reduziu ($P < 0,01$) a digestibilidade da fibra em detergente ácido, sem influenciar ($P > 0,05$) a digestibilidade dos demais nutrientes e a energia metabolizável das dietas. Também não houve efeito ($P > 0,05$) sobre a umidade das fezes, o escore e o pH fecal, o tempo de passagem do alimento no TGI, área de gás intestinal e concentrações de AGCC no sangue e nas fezes. Conclui-se que a substituição do FT pelo FCM até 8% pode ser feita de maneira segura sem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes, as características fecais e os processos fermentativos no TGI.

Palavras-chave: Características fecais. Co-produto agroindustrial. Digestibilidade de nutrientes. Felinos. Fermentação. Fibra.

ABSTRACT

This study aimed at evaluating the effects of the substitution of wheat bran (WB) by corn husk bran without steep water (CHB) incomplete feeds for cats on the nutritional value of the diet, stool characteristics, time of food passage through gastrointestinal tract (GIT), intestinal gas production and concentrations of short chain fatty acids (SCFA) in blood and feces. Twenty eight male and female, mixed breed cats with 3.53 ± 0.82 kg, were kept in metabolic cages for 15 days, distributed in a randomized block design with four treatments and seven replicates, considering an experimental unit of one animal. The treatments consisted of the inclusion of 0, 2.6, 5.3 and 8.0% CHB, based on dry matter, in substitution to WB. The substitution of WB by CHB decreased ($P < 0.01$) the digestibility of acid detergent fiber, without influencing ($P > 0.05$) the digestibility of other nutrients and metabolizable energy. There was also no effect ($P > 0.05$) on feces moisture, fecal pH and score, food transit time in the GIT, intestinal gas area and SCFA concentrations in blood and feces. It was concluded that the replacement of up to 8% of WB by CHB may be safely done without impairing nutrient digestibility, stool characteristics and fermentation processes in the GIT.

Keywords: Agro-industrial by-product. Dietary fiber. Fecal characteristics. Felines. Fermentation. Nutrient digestibility.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO 9
2	REFERENCIAL TEÓRICO..... 11
2.1	Caracterização e funções fisiológicas das fibras 11
2.2	Influência das fibras na digestibilidade dos nutrientes 14
2.3	Influência das fibras sobre as características fecais e o tempo de passagem 15
2.4	Influência das fibras sobre a fermentação no trato gastrintestinal.. 17
2.5	Utilização de co-produtos agroindustriais na alimentação animal .. 19
2.5.1	Farelo de trigo 21
2.5.2	Farelo de casca de milho sem água de maceração 21
	REFERÊNCIAS 23
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS 29
	ARTIGO 1 Substituição do farelo de trigo pelo farelo de casca de milho sem água de maceração em alimentos completos para gatos. 29

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, a relação entre o homem e os animais de companhia vem se estreitando de forma significativa, sendo que, em alguns casos, cães e gatos são considerados membros da família. Não é raro encontrar idosos ou casais que estabelecem uma relação verdadeiramente parental com seus animais de estimação, desejando que estes vivam cada vez mais e com saúde.

Dentre os fatores que contribuem para o aumento da longevidade e melhoria da saúde de cães e gatos destaca-se a alimentação, a qual vem passando por uma visível evolução nas últimas décadas. Nos anos 80, grande parte dos animais era alimentada com restos de comida e existiam poucas indústrias de rações no Brasil. Entretanto, com o aumento do poder aquisitivo e com a sofisticação dos padrões de consumo, as pessoas que vivem em grandes centros urbanos passaram a se interessar mais pelos alimentos comerciais, os quais oferecem maior praticidade no dia a dia. Tais mudanças impulsionaram o crescimento do setor de fabricação de *pet food* nos últimos anos.

Devido às exigências do mercado consumidor por um produto de qualidade, o setor de *pet food* passou a utilizar alguns conceitos aplicados à alimentação humana. Um exemplo são os alimentos funcionais, os quais são amplamente utilizados para a promoção da saúde e bem-estar em humanos e vêm sendo empregados também em rações para animais de companhia. Dentre estes alimentos destacam-se as fibras.

As fibras correspondem à fração não digestível dos alimentos e são essenciais para a manutenção da saúde do trato gastrointestinal, podendo ser utilizadas na formulação de rações específicas para animais com distúrbios fisiológicos ou endócrinos, como obesidade e diabetes *mellitus*. Tais distúrbios

são cada vez mais comuns entre a população de cães e gatos, principalmente devido à maior proximidade entre o homem e seus animais de estimação, o que leva a mudanças nos hábitos alimentares destes. Além disso, a maior palatabilidade das rações comerciais e a falta de exercícios físicos contribuem para a maior incidência destas enfermidades.

O farelo de trigo pode ser utilizado como fonte de fibra na alimentação animal. Os efeitos da suplementação deste ingrediente em alimentos completos para animais de companhia já são bem conhecidos, sendo que os principais correspondem à redução da digestibilidade dos nutrientes e aumento da produção fecal, bem como diminuição do tempo de passagem do alimento no trato gastrintestinal e fermentação reduzida no intestino.

Além dos alimentos funcionais, a inclusão de co-produtos agroindustriais vem despertando o interesse de pesquisadores e fabricantes de alimentos destinados à nutrição animal, visando redução de custos com matéria-prima e, ao mesmo tempo, diminuição da quantidade de resíduos descartados no meio ambiente.

Neste contexto, o Brasil é um dos maiores produtores de milho do mundo. Cerca de 10% desta produção é destinada à fabricação de alimentos para consumo humano, gerando co-produtos que podem ser utilizados na alimentação animal, tais como a casca do milho. O conhecimento de sua composição química indica que este ingrediente apresenta potencial para ser utilizado como fonte de fibra, assim como o farelo de trigo. Entretanto, estudos devem ser conduzidos para que a sua aplicação na alimentação de gatos seja mais segura.

Assim, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os efeitos da substituição do farelo de trigo pelo farelo de casca de milho sem água de maceração sobre a digestibilidade de nutrientes e características fecais, bem como tempo de passagem do alimento e a fermentação no trato gastrintestinal.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Caracterização e funções fisiológicas das fibras

A fibra corresponde aos componentes do alimento que resistem à degradação por parte das enzimas dos mamíferos (SOUTHGATE, 1990). Esta definição inclui compostos como; celulose, hemiceluloses, beta-glucanos, pectinas, gomas, mucilagens e ligninas (DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

Cada tipo de fibra é caracterizado pelos seus resíduos de açúcar e pela natureza das ligações entre eles. A celulose, por exemplo, é caracterizada como um homopolissacarídeo de cadeia linear e de elevado grau de polimerização das unidades D-glicose unidas por ligações do tipo β -1,4. As hemiceluloses caracterizam-se como heteropolissacarídeos, com ligações glicosídicas β , aliados a açúcares residuais como xilose, arabinose, glicose, manose, galactose e ácido glicurônico. As pectinas possuem um ácido galacturônico esterificado a uma variada extensão de grupos metoxil nos resíduos de ácido urônico. Já as gomas apresentam estruturas específicas de acordo com a sua fonte e as ligninas são estruturas fenólicas complexas (BRITO et al., 2008; DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

As fibras, de uma forma geral, podem ser classificadas de acordo com a forma com que reagem com a água, podendo ser solúveis ou insolúveis. As pectinas, gomas e hemiceluloses do tipo A são classificadas como fibras solúveis, enquanto que a celulose, a hemicelulose do tipo B e a lignina correspondem à fração insolúvel (DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

Adicionalmente, as fibras também podem ser classificadas como fermentáveis ou não fermentáveis. A fermentabilidade está relacionada à degradação de substratos por bactérias anaeróbicas, dando origem aos ácidos graxos de cadeia curta (HOWARTH; SALTZMAN; ROBERTS, 2001).

As características das fibras como capacidade de ligação à água e aos ácidos biliares, de alterar a viscosidade do quimo e o volume fecal, além da fermentabilidade, são importantes para entender o papel desse nutriente na função e saúde gastrintestinal (DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

No estômago, a viscosidade gerada pelas fibras solúveis dilata o órgão e promove a estimulação da saciedade, além de aumentar o tempo de esvaziamento gástrico (ROLLS, 1995; SHWARTZ et al., 1988). Por outro lado, a presença de fibras fermentáveis no intestino delgado estimula a secreção de peptídeo semelhante ao glucagon 1, o qual também está relacionado ao aumento do tempo de esvaziamento gástrico e à redução da fome (GUTZWILLER et al., 1999).

A viscosidade no intestino delgado funciona como uma barreira para as enzimas digestivas (DAVIDSON; MCDONALD, 1998), reduzindo a quantidade de nutrientes disponível para a absorção pelos enterócitos (SCHNEEMAN, 1998). Além disso, a viscosidade também cria uma espessa barreira sobre as células absorptivas, reduzindo a velocidade de absorção de glicose e lipídeos (DAVIDSON; MCDONALD, 1998; LIN et al., 1990). Por fim, a viscosidade associada às fibras solúveis também parece prejudicar a formação de micelas por meio da ligação a ácidos biliares e fosfolipídeos, estimulando uma maior secreção de bile (VAHOUNY et al., 1980). Dessa maneira, a interação da fibra com os ácidos biliares apresenta dois efeitos, um direto, aumentando o *turnover* de colesterol, e outro indireto, diminuindo a captação de lipídeos das micelas (SCHNEEMAN, 1998).

No intestino grosso, as fibras também apresentam uma característica muito importante para a saúde e o bem-estar, a fermentabilidade. Esta característica é comumente associada às fibras solúveis e, em menor extensão, às fibras insolúveis, provavelmente em função de seus diferentes tipos de ligação que influenciam a solubilidade (HOWARTH; SALTZMAN; ROBERTS, 2001).

Em todas as espécies de mamíferos monogástricos estudadas até o momento, as fibras solúveis escapam da digestão no intestino delgado e são quebradas por bactérias anaeróbicas no intestino grosso em maior ou menor extensão (VERBRUGGHE et al., 2010). Esta fermentação leva a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), principalmente acetato, propionato e butirato, além do lactato, juntamente com alguns gases (CUMMINGS et al., 1987; ROBERFROID; DELZENNE, 1998).

A primeira consequência da produção de AGCC é a acidificação do cólon, o que evita a proliferação excessiva de bactérias indesejadas como, por exemplo, os clostrídios. Além disso, a absorção e utilização dos AGCC tanto pelos enterócitos quanto pelos colonócitos induzem uma hipertrofia da mucosa intestinal, aumentando a capacidade absorptiva deste órgão. Adicionalmente, a absorção do butirato, que é utilizado como fonte de energia prontamente disponível pelas células intestinais, também promove absorção de sódio e água, resultando em um efeito antidiarreico (BORGES; SALGARELLO; GURIAN, 2003).

A fibra também está relacionada ao aumento do volume fecal, característica mais marcante das fibras insolúveis. As fibras solúveis também influenciam o volume das fezes, porém em menor extensão, já que perdem sua estrutura devido à sua alta fermentabilidade, com conseqüente redução da sua capacidade em reter água (DAVIDSON; MCDONALD, 1998; SILK, 1989). Desta forma, a inclusão de alimentos fibrosos na alimentação animal normalmente eleva a produção diária de fezes, o que é considerado indesejável no mercado *pet*.

As fibras insolúveis também exercem um estímulo tátil no intestino por meio de abrasão física. Este estímulo induz a motilidade intestinal, aumentando o peristaltismo e reduzindo o tempo de passagem, podendo influenciar diretamente a digestibilidade dos nutrientes (BUENO et al., 2000).

Devido a todas estas características e funções fisiológicas, as fibras vêm se concretizando como um importante fator para a promoção da saúde e do bem-estar tanto em humanos quanto em animais, o que justifica a ampliação das pesquisas nesta área e a utilização destes compostos fibrosos na formulação de alimentos completos para animais de estimação, como o cão e o gato.

2.2 Influência das fibras na digestibilidade dos nutrientes

Tanto as fibras solúveis quanto as fibras insolúveis podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes em animais de companhia. As fibras solúveis devido, principalmente, à viscosidade, e as insolúveis devido ao aumento da taxa de trânsito intestinal. Tais características geralmente resultam em diminuição da digestibilidade dos nutrientes (DAVIDSON; MCDONALD, 1998).

Em um experimento conduzido por Sunvold et al. (1995a), foram fornecidas quatro dietas diferentes para gatos: dieta sem suplementação de fibra (SF), dieta composta por uma mistura de fibras buscando minimizar a fermentação e maximizar a qualidade das fezes (QF), dieta composta por uma mistura de fibras visando maior produção de AGCC (AG) e dieta composta por uma mistura de fibras formulada para otimizar tanto a produção de AGCC quanto a qualidade das fezes (AGQF). Os gatos que receberam a dieta SF apresentaram as maiores digestibilidades de matéria orgânica e matéria seca. Já aqueles alimentados com a dieta AG apresentaram as menores digestibilidades de matéria orgânica, matéria seca, nitrogênio e lipídeos, o que pode ser explicado pela maior frequência de defecação e menor consistência fecal, caracterizando um quadro de diarreia. Segundo os autores, este tipo de dieta é composto por ingredientes de alta fermentabilidade, o que pode ter levado a um aumento do número de microorganismos presentes no intestino delgado dos animais, o que, provavelmente, promoveu a desconjugação dos ácidos biliares

pelas bactérias, diminuindo a formação de micelas e, conseqüentemente, a absorção de lipídeos. Adicionalmente, a fermentação bacteriana no intestino delgado resultou na formação de AGCC, os quais reduziram o pH luminal, diminuindo a atividade das enzimas pancreáticas. Os animais que receberam as dietas QF e AGQF apresentaram valores intermediários de digestibilidades de matéria seca e matéria orgânica.

Fekete et al. (2004) observaram que a suplementação da dieta com polpa de beterraba (fonte de hemiceluloses e pectina), no nível de 10% na matéria seca, não influenciou a digestibilidade de matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo em gatos, enquanto que a suplementação da dieta com alfafa (fonte de celulose) diminuiu a digestibilidade de matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta. A diminuição na digestibilidade destes nutrientes foi ainda mais intensa quando foi feita a suplementação da dieta com casca de amendoim (fonte de lignina e celulose) na mesma quantidade (10%).

Diferentemente de Barry et al. (2010) e Fekete et al. (2004), avaliando os efeitos de três dietas com 4% de celulose, fruto oligossacarídeos (FOS) ou pectina em gatos, observaram menor digestibilidade de extrato etéreo em animais que receberam a dieta suplementada com pectina. Tal observação pode ser explicada pela maior viscosidade do quimo intestinal quando são utilizadas dietas contendo fibras fermentáveis, como a pectina.

2.3 Influência das fibras sobre as características fecais e o tempo de passagem

As fibras dietéticas aumentam o volume fecal. Fahey et al. (1990a) conduziram um experimento no qual foram avaliados os efeitos da suplementação de níveis crescentes de polpa de beterraba sobre a produção fecal e o tempo de retenção do alimento no trato gastrintestinal em cães. Os autores

observaram um crescimento linear da quantidade de fezes excretadas diariamente com o aumento do nível de suplementação de polpa de beterraba na dieta, enquanto que a porcentagem de matéria seca nas fezes apresentou um decréscimo linear. Dessa forma, puderam concluir que o aumento na excreção fecal foi devido a uma maior quantidade de água nas fezes e não a uma diminuição na digestibilidade dos nutrientes. Com relação ao tempo de retenção do alimento, este apresentou um decréscimo linear à medida que se aumentou o nível de suplementação de polpa de beterraba.

Fahey et al. (1990b) observaram maior excreção de fezes quando usaram polpa de beterraba ao invés de outras fontes de fibras, como bagaço de tomate, casca de amendoim, palha de trigo tratada com peróxido de hidrogênio alcalino e farelo de trigo. A porcentagem de matéria seca nas fezes de cães alimentados com a dieta controle (sem suplementação de fibra) e com as dietas suplementadas com bagaço de tomate e casca de amendoim foi maior do que nas fezes de cães alimentados com dietas suplementadas com polpa de beterraba, palha de trigo tratada com peróxido de hidrogênio alcalino e farelo de trigo. Neste experimento, não foram encontradas diferenças com relação ao tempo de retenção do alimento. Fekete et al. (2004) também encontraram maior porcentagem de matéria seca nas fezes de gatos alimentados com dietas contendo casca de amendoim, enquanto que esta porcentagem foi menor nas fezes dos animais que receberam a dieta com polpa de beterraba.

Barry et al. (2010) não observaram diferenças com relação à porcentagem de matéria seca e quantidade de fezes de gatos alimentados com 4% de celulose, FOS ou pectina. Entretanto, o uso de FOS e pectina reduziu a consistência das fezes.

2.4 Influência das fibras sobre a fermentação no trato gastrointestinal

Pesquisas relacionadas à utilização de dietas fibrosas em gatos são escassas, provavelmente devido ao fato destes animais serem carnívoros estritos, apresentando menor capacidade fermentativa pelo tamanho reduzido de seu cólon e ausência de um ceco funcional, além da fibra não constituir uma porção significativa de sua dieta natural (BARRY et al., 2011; SUNVOLD et al., 1995b).

Entretanto, em um experimento que comparou a fermentação *in vitro* de celulose, polpa de beterraba, polpa cítrica e pectina cítrica, utilizando inóculos fecais de cães, gatos, cavalos, humanos, suínos e líquido ruminal bovino, verificou-se que a maior produção de acetato e AGCC totais ocorreu com a utilização de inóculo fecal de gato (SUNVOLD et al., 1995c). Dessa forma, os resultados encontrados indicam que os gatos apresentam uma microbiota intestinal ativa e capaz de realizar a fermentação de substratos como a fibra.

Sunvold et al. (1995a) avaliaram a fermentação *in vitro* de diversos substratos fibrosos utilizando inóculo fecal de gato. Os resultados encontrados demonstraram uma grande variabilidade de fermentação entre os diferentes substratos. Alguns deles, como SolkaFloc®, o qual é constituído principalmente por celulose (ANG, 1991), resultaram em pequena fermentação *in vitro*. Em contrapartida, a pectina, que apresenta elevado conteúdo de ácido urônico (TITGEMEYER et al., 1991), apresentou extensa fermentação. Dessa forma, a composição química dos substratos é um fator determinante para a sua fermentação.

Estes resultados corroboram com os encontrados por Barry et al. (2010). Neste estudo, as concentrações fecais de acetato e AGCC totais foram 41 e 45% maiores, respectivamente, para a dieta contendo 4% de pectina em comparação à dieta contendo a mesma proporção de celulose. As concentrações fecais de

propionato foram maiores para a dieta contendo pectina (109,0 $\mu\text{mol/g}$ de fezes na MS) em comparação às dietas contendo celulose (58,3 $\mu\text{mol/g}$) ou FOS (61,1 $\mu\text{mol/g}$). Já as concentrações fecais de butirato, isovalerato e valerato foram maiores para as dietas contendo FOS e pectina em comparação à dieta contendo celulose. A viscosidade da dieta com pectina pode ter levado a uma menor digestibilidade do amido, o qual chegou ao cólon em maiores quantidades. De acordo com Englyst, Hay e Macfarlane (1987), a fermentação do amido gera 50% de acetato, 22% de propionato e 29% de butirato, o que explica as maiores concentrações fecais de propionato e butirato observadas em gatos que receberam a dieta contendo pectina. Entretanto, os autores não observaram diferenças com relação ao pH fecal de gatos alimentados com as três dietas.

Fischer et al. (2012) avaliaram os efeitos de uma dieta controle e três dietas contendo diferentes fontes de fibra (polpa de beterraba, farelo de trigo e fibra de cana de açúcar) sobre as concentrações de AGCC nas fezes de gatos. A maior fermentabilidade da polpa de beterraba resultou em menor conteúdo de matéria seca e pH fecal, maior produção fecal e maiores concentrações fecais de acetato, propionato e lactato.

Com relação aos efeitos de dietas fibrosas sobre as concentrações de AGCC no sangue de gatos, não foram encontrados trabalhos na literatura. Em humanos, um estudo conduzido por Pomare, Branch e Cummings (1985) avaliou os níveis de AGCC no sangue venoso após 16 horas de jejum e após a administração de uma dose oral de 50 m mol de uma mistura de AGCC ou doses crescentes de lactulose (5, 10 ou 20 g) ou pectina (20 g). Após 45 minutos da administração de AGCC, a concentração venosa de acetato se elevou de 54 $\mu\text{mol/L}$ (jejum) para 194 $\mu\text{mol/L}$, retornando aos níveis de jejum duas horas após. Duas a quatro horas depois da administração de lactulose, as concentrações venosas de acetato variaram de forma crescente de 9 para 181 $\mu\text{mol/L}$. Após seis horas da administração de pectina, as concentrações venosas

de acetato dobraram em relação ao jejum, permanecendo elevadas durante as 18 horas subsequentes. Neste trabalho, não foram encontrados níveis significativos de propionato e butirato em nenhuma das amostras de sangue.

Com relação à mensuração da área de gás intestinal, Koide et al. (2000) citam que as radiografias abdominais são de grande valia para a identificação de gás, o qual aparece como uma imagem radiotransparente. A quantidade de gás no intestino funciona não somente como um reflexo da fermentabilidade dos substratos digestivos, mas também como um reflexo da função intestinal, podendo estar aumentada ou diminuída de acordo com os diversos estados fisiológicos e patológicos do animal. Estes autores realizaram a mensuração da área de gás intestinal por meio da determinação de um escore de volume de gás. Já Feliciano et al. (2010), realizaram a mensuração da área de gás intestinal por meio de radiografias abdominais e processamento das imagens em um *software* computacional, obtendo uma medida exata da área de gás.

2.5 Utilização de co-produtos agroindustriais na alimentação animal

Atualmente, existe uma grande pressão tanto política quanto social para que se diminua a quantidade de resíduos oriunda de atividades industriais, uma vez que estes resíduos podem apresentar efeitos nocivos para o meio ambiente (ALCAIDE; NEFZAOU, 1996; MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006).

A maioria dos países desenvolvidos e subdesenvolvidos está tentando se adaptar a essa nova realidade por meio da modificação de seus processos para que os resíduos possam ser reciclados (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006). Dessa forma, inúmeras alternativas para a destinação dos co-produtos industriais vêm sendo propostas, dentre elas sua utilização como fonte de nutrientes na alimentação animal (ALCAIDE; NEFZAOU, 1996).

Grande parte dos co-produtos é resultante do processamento nas indústrias açucareiras, alcooleiras, de fermentação, de produção de óleos e de processamento de frutas e vegetais. Estes apresentam preços competitivos em relação a outras *commodities*, o que favorece ainda mais a sua utilização na nutrição animal, principalmente como fonte de fibra (MIRZAEI-AGHSAGHALI; MAHERI-SIS, 2008).

Dessa forma, um dos principais co-produtos da indústria açucareira é a polpa de beterraba, um resíduo resultante da remoção do açúcar deste tubérculo (BODAS et al., 2007), sendo comumente utilizado como fonte de fibra em dietas de alta qualidade para cães (GUEVARA et al., 2008). Já com relação à indústria alcooleira ou de fermentação, os *distillers grains with solubles* representam os principais co-produtos obtidos na produção de cervejas e bebidas destiladas, na qual são utilizados grãos como milho, trigo, centeio, cevada, aveia e sorgo. Este ingrediente é utilizado, principalmente, na alimentação de ruminantes devido ao seu elevado conteúdo de proteína e fibra (MUSSATTO; DRAGONE; ROBERTO, 2006). Além disso, o melaço de cana, um co-produto da indústria alcooleira, também pode ser empregado na alimentação destes animais (PRESTON, 1977). Os co-produtos obtidos da extração de óleo do grão de soja são o farelo e a casca de soja. O farelo de soja é um dos ingredientes mais utilizados na formulação de rações para monogástricos devido ao seu elevado teor proteico. Já a casca de soja é mais empregada na alimentação de ruminantes (SILVA, 2004). Na indústria de processamento de frutas, a polpa cítrica é um co-produto resultante da produção de sucos e também é utilizada na nutrição de ruminantes (BAMPIDIS; ROBINSON, 2006).

Entretanto, os co-produtos agroindustriais apresentam algumas desvantagens como variação na composição, sazonalidade, produção somente em determinados locais e presença de contaminantes indesejados (MIRZAEI-AGHSAGHALI ;MAHERI-SIS, 2008).

O processamento de grãos como o trigo e o milho, também dão origem aos co-produtos agroindustriais que podem ser utilizados na alimentação animal, como o farelo de trigo e a casca de milho.

2.5.1 Farelo de trigo

O farelo de trigo é produzido em todo o mundo em grandes quantidades como um co-produto da moagem da farinha de trigo branca para o consumo humano (BERGMANS et al., 1996; YUAN; WANG; YAO, 2005).

Este ingrediente compreende as camadas mais externas do grão, incluindo a aleurona e algum endosperma aderido, sendo constituídos principalmente por arabinosilanas (36,5%), celulose (11%), lignina (3 a 10%) e ácidos urônicos (3 a 6%), além de proteínas (BERGMANS et al., 1996; MAES; VANGENEUGDEN; DELCOUR, 2004). As arabinosilanas do farelo de trigo apresentam conhecida propriedade de reter água e promover a viscosidade em soluções (SCHOONEVELD-BERGMANS; BELDMAN; VORAGEN, 1999).

Embora a digestibilidade de seus constituintes pelas enzimas digestivas de monogástricos seja baixa, o farelo de trigo é utilizado principalmente na alimentação animal (BERGMANS et al., 1996).

2.5.2 Farelo de casca de milho sem água de maceração

A casca de milho é oriunda do beneficiamento e seleção dos grãos deste cereal para a produção de farinhas e derivados para consumo humano (ARRUDA; RIBEIRO; PEREIRA, 2009). Esta casca é obtida por meio do processamento do milho para retirada do amido por via úmida, no qual o grão é umedecido para amaciar a semente e facilitar a separação do glúten, proteína e

germe. Após a remoção de todos estes componentes estruturais resta apenas a casca (MOREIRA et al., 2002).

Mais especificamente, a casca de milho sem água de maceração é obtida por meio do seguinte processo: os grãos de milho são encaminhados para tanques de aço inoxidável, onde são macerados, com o milho atingindo. A água de maceração é evaporada até atingir 50% de matéria seca e, então, a massa de grãos segue para a separação do germe. Após este processo, tem-se um material composto por amido, glúten e casca. As cascas são separadas por peneiras, constituindo o produto “casca de milho sem água de maceração”.

A casca ou pericarpo do milho representa, em média, 5% do grão, sendo a estrutura que protege as outras partes do cereal da elevada umidade do ambiente, insetos e microorganismos (PAES, 2006). Ela é composta por celulose (16%), hemicelulose A (1%), hemicelulose B (57%), hemicelulose C (14%) e lignina (2%), sendo considerada uma importante fonte de fibras, especialmente do tipo insolúveis (MAISSCHALEN et al., 1994).

A elevada quantidade de fibra e celulose das cascas exerce efeito negativo sobre as digestibilidades de matéria orgânica, matéria seca, proteína bruta, energia e minerais dos cereais empregados na alimentação de cães (FAHEY et al., 1992). Entretanto, ingredientes com alto teor de fibra são frequentemente utilizados em rações para animais de companhia para diminuir a densidade energética (LEWIS et al., 1994), o que é importante para animais obesos ou com diabetes *mellitus*. Embora a casca de milho apresente um grande potencial, as pesquisas sobre a utilização deste ingrediente na alimentação de monogástricos, especialmente em gatos, são escassas.

REFERÊNCIAS

ALCAIDE, E.M.; NEFZAOU, A. Recycling of olive-oil by-products: possibilities of utilization in animal nutrition. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 38, n. 3/4, p. 227-235, 1996.

ANG, J.F. Water retention capacity and viscosity effect of powdered cellulose. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 56, n. 6, p. 1682-1684, 1991.

ARRUDA, A.M.V.; RIBEIRO, L.B.; PEREIRA, E.S. Avaliação de alimentos alternativos para cavalos adultos da raça Crioulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.38, n.1, p. 61-68, jan./fev. 2009.

BAMPIDIS, V. A.; ROBINSON, P.H. Citrus by-products as ruminants feeds: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 128, n. 3/4, p. 175-217, June 2006.

BARRY, K. A. et al. Adaptation of healthy adult cats to select dietary fibers in vivo affects gas and short chain fatty acid production from fiber fermentation in vitro. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 89, n. 10, p. 3163-3169, Oct. 2011.

_____. Dietary cellulose, fructo oligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and microbial population in adult cats. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.88, n. 9, p. 2978-2987, Sept. 2010.

BERGMANS, M.E.F. et al. Optimisation of the selective extraction of (glucurono) arabinoxylans from wheat bran: use of barium and calcium hydroxide solution at elevated temperatures. **Journal of Cereal Science**, London, v. 23, n. 3, p. 235-245, May 1996.

BODAS, R. et al. Inclusion of sugar beet pulp in cereal-based diets for fattening lambs. **Small Ruminant Research**, Amsterdam, v. 71, n. 1, p. 250-254, Aug. 2007.

BORGES, F.M.; SALGARELLO, R.M.; GURIAN, T.M. Recentes avanços na nutrição de cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 3., 2003, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2003. p. 21-60.

BRITO, M.S. et al. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos: revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, Mossoró, v. 2, n.4, p. 111-117, 2008.

BUENO, A.R. et al. Feline colonic microbes and fatty acid transport: effects of feeding cellulose, beet pulp and pectin/gum Arabic fibers. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 20, n. 9, p. 1319-1328, Sept. 2000.

CUMMINGS, J.H. et al. Short chain fatty acids in human large intestine, portal, hepatic, and venous blood. **Gut**, London, v. 28, p. 1221-1227, 1987.

DAVIDSON, M. H.; MCDONALD, A. Fiber: forms and functions. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 18, n. 4, p. 617-624, 1998.

ENGLYST, H.N.; HAY, S.; MACFARLANE, G.T. Polyssacharide break down by mixed population of human faecal bacteria. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 45, n. 3, p. 163-171, 1987.

FAHEY, G. C. et al. Dietary fiber for dogs: I., effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, n. 12, p. 4221-4228, Dec. 1990a.

_____. Dietary fiber for dogs: II., ISO-total dietary fiber (TDF) additions on divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, n. 12, p. 4229-4235, Dec. 1990b.

_____. Dietary fiber for dogs: III., effects of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy, and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 70, n. 4, p. 1169-1174, Apr. 1992.

FEKETE, S.G. et al. Effect of different fibre types on the digestibility of nutrients in cats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 88, n. 3/4, p. 138-142, Apr. 2004.

FELICIANO, M.A.R. et al. Avaliações ultrassonográfica e radiográfica dos efeitos da suplementação com dois tipos de probióticos sobre o intestino de cães filhotes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 62, n. 5, p. 1109-1116, 2010.

FISCHER, M.M. et al. Fiber fermentability effects on energy and macronutrient digestibility, fecal traits, postprandial metabolite responses, and colon histology of overweight cats. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 90, n. 7, p. 2233-2245, July 2012.

GUEVARA, M. A. et al. Chemical composition, in vitro fermentation characteristics, and in vivo digestibility responses by dogs to select corn fibers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 56, n. 5, p. 1619-1626, 2008.

GUTZWILLER, J.P. et al. Glucagon-like peptide-1: a potent regulator of food intake in humans. **Gut**, London, v. 44, n. 1, p. 81-86, Jan. 1999.

HOWARTH, N.C.; SALTZMAN, E.; ROBERTS, S.B. Dietary fiber and weight regulation. **Nutrition Reviews**, New York, v. 59, n. 5, p. 129-139, 2001.

KOIDE, A. et al. Quantitative analyses of bowel gas using plain abdominal radiograph in patients with irritable bowel syndrome. **The American Journal of Gastroenterology**, New York, v. 95, n. 7, p. 1735-1741, July 2000.

LEWIS, L.D. et al. Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutrient digestibility in dogs fed different fiber sources. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 124, n. 12, p. 2716-2718, Dec. 1994.

LIN, H.C. et al. Inhibition of gastric emptying by sodium oleate depends on length of intestine exposed to nutrient. **American Journal of Physiology, Gastrointestinal and Liver Physiology**, Bethesda, v.259, n. 6, p. 1031-1036, 1990.

MAES, C.; VANGENEUGDEN, B.; DELCOUR, J.A. Relative activity of two endoxylanases towards water-unextractable arabinoxylans in wheat bran. **Journal of Cereal Science**, London, v. 39, n. 2, p. 181-186, Mar. 2004.

MAISSCHALEN, Z. R. von et al. Composition of corn hull dietary fiber. **Starch**, Weinheim, v. 46, n. 9, p. 335-337, 1994.

MIRZAEI-AGHSAGHALI, A.; MAHERI-SIS, N. Nutritive value of some agroindustrial by-products for ruminants: a review. **World Journal of Zoology**, London, v. 3, n. 2, p. 40-46, 2008.

MOREIRA, I. et al. Utilização do farelo de germe de milho desengordurado na alimentação de suínos em crescimento e terminação: digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.31, n.6, p. 2238-2246, nov./dez. 2002.

MUSSATTO, S.I.; DRAGONE, G.; ROBERTO, I.C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential application. **Journal of Cereal Science**, London, v. 43, n. 1, p. 1-14, Jan. 2006.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2006. 6 p. (Circular Técnica, 75).

POMARE, E.W.; BRANCH, W.J.; CUMMINGS, J.H. Carbohydrate fermentation in the human colon and its relation to acetate concentrations in venous blood. **Journal of Clinical Investigation**, Michigan, v. 75, p. 1448-1454, 1985.

PRESTON, T. R. Nutritive value of sugar cane for ruminants. **Tropical Animal Health and Production**, Edinburgh, v. 2, n. 2, p. 125-142, 1977.

ROBERFROID, M.B.; DELZENNE, N.M. Dietary fructans. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 18, p. 117-143, 1998.

ROLLS, B.J. Carbohydrates, fats, and satiety. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 61, n. 4, p. 960-967, 1995.

SCHNEEMAN, B.O. Dietary fiber and gastrointestinal function. **Nutrition Research**, v. 18, n. 4, p. 625-632, 1998.

SCHOONEVELD-BERGMANS, M. E. F.; BELDMAN, G.; VORAGEN, A. G. J. Structural features of (glucorono) arabinoxylans extracted from wheat bran by barium hydroxide. **Journal of Cereal Science**, London, v. 29, n. 1, p. 63-75, Jan. 1999.

SHWARTZ, S.E. et al. Sustained pectin ingestion: effect on gastric emptying and glucose tolerance in non-insulin-dependent diabetic patients. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 48, p. 1413-1417, 1988.

SILK, D.B. Fiber and enteral nutrition. **Gut**, London, v. 30, p. 246-264, 1989.

SILVA, B. A. N. A casca de soja e sua utilização na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, MG, v. 1, n. 1, p. 59-68, 2004.

SOUTHGATE, D.A.T. The role of dietary fiber in the diet. **The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health**, London, v. 110, n. 5, p. 174-178, 1990.

SUNVOLD, G. D. et al. Dietary fiber for cats: in vitro 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**, Champaign, v. 73, n. 8, p. 2329-2339, Aug. 1995a.

_____. Dietary fiber for dogs: IV., in vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculums and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 4, p. 1099-1109, Apr. 1995b.

_____. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp and citrus pectin using fecal inoculums of cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 12, p. 3639-3648, Dec. 1995c.

TITGEMEYER, E.C. et al. Fermentability of various fiber sources by human fecal bacteria in vitro. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 53, n. 6, p. 1418-1424, June 1991.

VAHOUNY, G.V. et al. Dietary fibers: binding of bile salts, phospholipids and cholesterol from mixed micelles by bile acid sequestrants and dietary fibers. **Lipids**, Champaign, v. 15, p. 1012-1018, 1980.

VERBRUGGHE, A. et al. Intestinal fermentation modulates postprandial acylcarnitine profile and nitrogen metabolism in a true carnivore: the domestic cat (*Feliscatus*). **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 104, n. 7, p. 972-979, 2010.

YUAN, X.; WANG, J.; YAO, H. Antioxidant activity of feruloylated oligosaccharides from wheat bran. **Food Chemistry**, Oxford, v. 90, n. 4, p. 759-764, May 2005.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

**ARTIGO 1 Substituição do farelo de trigo pelo farelo de casca de milho
sem água de maceração em alimentos completos para gatos**

Artigo formatado segundo as normas da *Animal Feed Science and Technology*

Resumo

Objetivou-se com esta pesquisa, avaliar os efeitos da substituição do farelo de trigo (FT) pelo farelo de casca de milho sem água de maceração (FCM) em alimentos completos para gatos sobre a digestibilidade dos nutrientes, características das fezes, tempo de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (TGI), produção de gás intestinal e concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no sangue e nas fezes. Foram utilizados 28 gatos com $3,53 \pm 0,82$ kg, sem raça definida, machos e fêmeas, os quais foram mantidos em gaiolas metabólicas durante 15 dias, distribuídos em delineamento em blocos casualizados com quatro tratamentos e sete repetições, sendo a parcela experimental constituída por um animal. Os tratamentos consistiram na inclusão de 0, 2,6, 5,3 e 8,0% de FCM, com base na matéria seca, em substituição ao FT. A substituição do FT pelo FCM reduziu ($P < 0,01$) a digestibilidade da fibra em detergente ácido, sem influenciar ($P > 0,05$) a digestibilidade dos demais nutrientes e a energia metabolizável das dietas. Também não houve efeito ($P > 0,05$) sobre a umidade das fezes, o escore e o pH fecal, o tempo de passagem do alimento no TGI, área de gás intestinal e concentrações de AGCC no sangue e nas fezes. Conclui-se que a substituição do FT pelo FCM até 8% pode ser feita de maneira segura sem prejudicar a digestibilidade dos nutrientes, as características fecais e os processos fermentativos no TGI.

Palavras-chave: Características fecais. Co-produto agroindustrial. Digestibilidade de nutrientes. Felinos. Fermentação. Fibra.

Abstract

This study aimed at evaluating the effects of the substitution of wheat bran (WB) by corn husk bran without steep water (CHB) incomplete feeds for cats on the nutritional value of the diet, stool characteristics, time of food passage through gastrointestinal tract (GIT), intestinal gas production and concentrations of short chain fatty acids (SCFA) in blood and feces. Twenty eight male and female, mixed breed cats with 3.53 ± 0.82 kg, were kept in metabolic cages for 15 days, distributed in a randomized block design with four treatments and seven replicates, considering an experimental unit of one animal. The treatments consisted of the inclusion of 0, 2.6, 5.3 and 8.0% CHB, based on dry matter, in substitution to WB. The substitution of WB by CHB decreased ($P < 0.01$) the digestibility of acid detergent fiber, without influencing ($P > 0.05$) the digestibility of other nutrients and metabolizable energy. There was also no effect ($P > 0.05$) on feces moisture, fecal pH and score, food transit time in the GIT, intestinal gas area and SCFA concentrations in blood and feces. It was concluded that the replacement of up to 8% of WB by CHB may be safely done without impairing nutrient digestibility, stool characteristics and fermentation processes in the GIT.

Keywords: Agro-industrial by-product. Dietary fiber. Fecal characteristics. Felines. Fermentation. Nutrient digestibility.

Introdução

Atualmente, existe uma grande pressão tanto política quanto social para que se diminua a quantidade de resíduos agroindustriais descartados no meio ambiente (Alcaide e Nefzaoui, 1996; Mussatto et al., 2006). Dessa forma,

inúmeras alternativas para a destinação destes resíduos vêm sendo propostas, dentre elas sua utilização como fonte de nutrientes na alimentação animal (Alcaide e Nefzaoui, 1996).

O milho é produzido em grandes quantidades em todo o mundo e o processamento deste grão para a fabricação de produtos para o consumo humano dá origem a diversos co-produtos agroindustriais (Paes, 2006), dentre eles o farelo de casca de milho sem água de maceração.

Segundo Von Maisschalen et al. (1994), a casca de milho é composta por celulose (16%), hemicelulose A (1%), hemicelulose B (57%), hemicelulose C (14%) e lignina (2%), podendo ser utilizada como fonte de fibra na alimentação animal.

O farelo de trigo é outro co-produto produzido em grandes quantidades após a moagem da farinha de trigo branca para consumo humano (Yuan et al., 2005). Este é constituído principalmente por arabinosilanas (36,5%), celulose (11%), lignina (3 a 10%) e ácidos urônicos (3 a 6%) (Bergmans et al., 1996; Maes et al., 2004). Embora a digestibilidade de seus constituintes pelas enzimas digestivas de monogástricos seja baixo, o farelo de trigo é bastante empregado na alimentação animal, podendo ser utilizado como fonte de fibra (Bergmans et al., 1996).

As fibras não compreendem uma porção significativa da dieta natural dos gatos, uma vez que estes são animais estritamente carnívoros. Entretanto, pesquisas comprovaram que os gatos apresentam a capacidade de metabolizar substratos fibrosos (Sunvold et al., 1995a, 1995b). De fato, a inclusão deste nutriente à dieta apresenta um papel significativo na prevenção e atenuação de várias desordens fisiológicas e metabólicas cada vez mais comuns em gatos, incluindo diarreia, constipação, obesidade, doenças do cólon e diabetes *mellitus* (Colliard et al., 2009; Lederer et al., 2009; Scott et al., 2011; Minamoto et al.

2012). Tais características destacam a importância de se estudar os efeitos das fibras na alimentação dos gatos.

Assim, embora a casca de milho apresente um grande potencial para ser utilizada como fonte de fibra na alimentação animal, as pesquisas envolvendo este ingrediente na nutrição de gatos ainda são escassas. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos da substituição do farelo de trigo pelo FCM em alimentos completos para gatos sobre a digestibilidade dos nutrientes, características das fezes, tempo de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (TGI), produção de gás intestinal e concentrações de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no sangue e nas fezes.

Material e Métodos

Local e instalações

O experimento foi conduzido no Centro de Estudos de Nutrição em Animais de Companhia, pertencente ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado em Lavras, Minas Gerais, Brasil. O experimento teve a aprovação da Comissão de Ética de Uso de Animais da mesma instituição (protocolo número 069/2012). Os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas de 60x50x70 cm (altura x largura x profundidade) ao longo de todo o período experimental, sob condições ambientais de temperatura ($24,8 \pm 3,1$ °C) e umidade ($63,8 \pm 9,6\%$). As gaiolas eram constituídas de arame galvanizado e chapas metálicas nas laterais, além de possuírem uma bandeja afunilada com telas para a coleta de fezes sem contaminação pela urina.

Animais e delineamento experimental

Foram utilizados 28 gatos adultos, com peso de $3,53 \pm 0,82$ kg, sem raça definida, machos e fêmeas, pertencentes à população permanente do gatil experimental. Os animais foram pesados no início do experimento e distribuídos em um delineamento em blocos casualizados, constituído por quatro tratamentos e sete repetições, sendo os blocos determinados pelo peso dos animais.

O experimento teve duração de 15 dias, sendo cinco para adaptação dos animais às dietas experimentais e seis para a coleta de fezes para o ensaio de digestibilidade. Nos dias 10 e 11 do experimento, os animais foram submetidos a exames radiográficos para mensuração da área de gás intestinal. Nos dias 12, 13 e 14 foram realizadas a mensuração do tempo de passagem do alimento pelo TGI e a coleta de fezes frescas para determinação do pH fecal e das concentrações de AGCC. No dia 15 foram realizadas coletas de sangue para determinação das concentrações de AGCC.

Dietas experimentais

A casca de milho sem água de maceração é obtida por meio do seguinte processo: os grãos de milho são encaminhados para tanques de aço inoxidável, onde são macerados. A água de maceração é evaporada até que se atinja 50% de matéria seca, quando então a massa segue para a separação do germe. Após este processo, tem-se um material composto por amido, glúten e casca. As cascas são separadas por peneiras, constituindo o produto “casca de milho sem água de maceração” (Ingredient, dados não publicados).

Os alimentos completos foram formulados de modo a atender a categoria animal, com quantidades crescentes de FCM em substituição ao farelo de trigo. Os quatro tratamentos foram: alimento 1 (17,5% de farelo de trigo); alimento 2 (15,0% de farelo de trigo e 2,6% de FCM); alimento 3 (12,3% de

farelo de trigo e 5,3% de FCM); e alimento 4 (9,8% de farelo de trigo e 8,0% de FCM). A quantidade de alimento fornecida para cada animal foi determinada de acordo com as recomendações do *National Research Council* (NRC, 2006) para gatos adultos em manutenção, sendo calculada pela fórmula: $100 \times PV^{0,67}$. Esta quantidade foi dividida em duas refeições, a primeira às 8 horas e a segunda às 17 horas. As composições químicas das dietas experimentais estão apresentadas na tabela 1.

Tabela 1. Composição química do FCM e das dietas experimentais

Composição	Inclusão de FCM (g/kg) ¹			
	0	26	53	80
Matéria seca (g/kg)	382	378	381	374
Proteína bruta (g/kg)	297	313	296	283
Cinzas (g/kg)	86	82	82	83
Extrato etéreo (g/kg)	135	134	124	120
Extrato não nitrogenado (g/kg)	460	445	469	488
Fibra bruta (g/kg)	21	26	27	29
Fibra em detergente neutro (g/kg)	98	123	127	130
Fibra em detergente ácido (g/kg)	40	49	51	55
Lignina (g/kg)	14	16	17	18
Energia bruta (MJ/kg)	19,5	19,7	19,4	19,5

¹Valores analisados no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (DZO/UFLA), expressos com base na matéria seca

Teste Piloto

Antes do início do experimento, foi conduzido um teste piloto para verificar a aceitabilidade das dietas experimentais pelos animais. Inicialmente, o alimento foi fornecido misturado à água, na proporção de 1:1 (300 g de cada na matéria natural), uma vez que a ração se encontrava na forma farelada. Alguns animais não demonstraram interesse pelo alimento, assim, optou-se por

adicionar alimento úmido à mistura na proporção de 1:1:1 (ração experimental: água: alimento úmido; 300 g de cada na matéria natural). Dessa forma, todos os animais demonstraram interesse pelo alimento.

Características das fezes e digestibilidade dos nutrientes

As fezes foram coletadas todos os dias, pela manhã e pela tarde, antes das alimentações diárias. O material coletado foi pesado, acondicionado em sacos plásticos e armazenado em freezer a -20 °C. Previamente à coleta, foi avaliado o escore fecal de acordo com a escala: 0 – fezes líquidas; 1 – fezes pastosas e sem forma; 2 – fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente; 3 – fezes macias, formadas e úmidas; 4 – fezes bem formadas e consistentes; e 5 – fezes bem formadas, duras e secas (Carciofi et al., 2008).

Ao final do experimento, as fezes foram descongeladas em temperatura ambiente por aproximadamente 12 horas. Em seguida, foram homogeneizadas, colocadas em bandejas de alumínio e armazenadas em estufa de ventilação forçada a 65 °C por 72 horas. Após atingirem equilíbrio com a temperatura ambiente, as amostras foram pesadas e moídas em um moinho de martelo do tipo Thomas-Wiley, utilizando-se peneira de 1 mm, quando então foram acondicionadas em potes plásticos e armazenadas em temperatura ambiente para posteriores análises.

As análises bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras. As análises de matéria seca (MS) (método 934.01), proteína bruta (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método 954.02), fibra bruta (FB) (método 962.09) e matéria mineral (MM) (método 942.05) dos alimentos e das fezes foram realizadas de acordo com metodologias descritas pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 1995). As análises de fibra em detergente neutro

(FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizadas segundo metodologia proposta por Van Soest (1963). O extrativo não nitrogenado (ENN) foi calculado pela fórmula:

$$\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{umidade} + \text{PB} + \text{EE} + \text{MM} + \text{FB})$$

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de MS foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDA}_{\text{MS}} (\%) = [(a-b)/a] \times 100$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = excreção de fezes na matéria seca

O CDA dos demais nutrientes foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDA}_{\text{nutriente}} (\%) = \{[(a \times b - c \times d)] / (a \times b)\} \times 100$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = porcentagem do nutriente no alimento

c = excreção de fezes na matéria seca

d = porcentagem do nutriente nas fezes

Para a energia metabolizável aparente (EMA) foi utilizada fórmula para correção urinária estabelecida pela ANFALPet (2009):

$$\text{EMA (MJ/g)} = \{(a \times b) - [(c \times d) + (\text{fator de correção} \times e)]\} / a$$

Em que:

a = consumo de alimento na matéria seca

b = energia bruta do alimento

c = excreção de fezes na matéria seca

d = energia bruta das fezes

fator de correção = 0,86 para gatos

e = gramas de proteína digestível ingerida

Área de gás intestinal

As análises radiográficas foram realizadas por médicos veterinários do Setor de Diagnóstico por Imagem do Hospital Veterinário do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA. Cada animal foi radiografado em duas posições, latero-lateral esquerda e ventro-dorsal. Foi utilizado o equipamento gerador de raio XAltusST 503 HF (Sawae®, Nova Lima, MG) e filmes Kodak®, tamanho 24x30cm, aplicando-se as seguintes fórmulas para cálculo de kilovoltagem (kV) e miliamperagem por segundo (mAs):

$$\text{kV} = (E \times 2) + 30; E = \text{espessura do abdômen}$$

$$\text{mAs} = \text{kV} \times 0,7$$

Após a realização do exame radiográfico, as radiografias foram fotografadas e digitalizadas para avaliação por meio do *software* Image J®.

No momento da fotografia, foi posicionada nas imagens uma régua graduada para a determinação da escala, em centímetros, a ser convertida posteriormente pelo programa. Após serem digitalizadas, as áreas de gás

intestinal de cada radiografia foram delimitadas manualmente pelo pesquisador e mensuradas pelo programa. O software Image J® seleciona a área desejada por meio de limiares de contraste, *threshold*, e mensura a área correspondente ao gás selecionada.

Tempo de Passagem e pH fecal

O tempo de passagem do alimento pelo TGI foi determinado por meio da adição de 0,1% de óxido crômico ao alimento. O tempo entre a ingestão do alimento e a primeira excreção de fezes esverdeadas foi contabilizado, correspondendo ao tempo de passagem pelo TGI.

No mesmo período também foi realizada a determinação do pH fecal, o qual foi mensurado por meio de peagâmetro digital de bancada (QUIMIS, modelo Q400A), sendo o eletrodo inserido diretamente na amostra.

Concentrações de AGCC nas fezes e no sangue

As concentrações de AGCC nas fezes e no sangue foram determinadas no Laboratório de Fermentabilidade Ruminal do Departamento de Zootecnia da Universidade de São Paulo, em Pirassununga.

As amostras de fezes, após coletadas, foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em *freezer* a -20°C. Posteriormente, foram transportadas em caixas de isopor para o laboratório, localizado a 400 km do local do experimento.

No laboratório, foram pesadas amostras de 5 g de fezes, às quais foram adicionadas 15 mL de água destilada. Esta mistura foi homogeneizada em agitador elétrico, filtrada em duas camadas de tecido de algodão e centrifugada por 25 minutos a 15000 rpm, em centrífuga refrigerada a 5 °C. Em seguida, os

sobrenadantes das amostras foram pipetados, devidamente identificados e armazenados em *freezer* a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Foram analisados os ácidos; acético, propiônico, isobutírico, butírico, isovalérico e valérico, todos por cromatografia gasosa.

No último dia do experimento também foram realizadas três coletas de sangue. A primeira foi feita antes do fornecimento do alimento (coleta 0 h), a segunda quatro horas após (coleta 4 h) e a terceira oito horas após (coleta 8 h). O sangue foi puncionado da veia jugular, sendo armazenado em tubos heparinizados que foram mantidos refrigerados até o final da coleta, quando foram levados para o Laboratório de Fisiologia e Farmacologia do Departamento de Medicina Veterinária da UFLA. As amostras foram centrifugadas a 15000rpm por dez minutos. Após a centrifugação, o plasma sobrenadante foi pipetado e transferido para *ependorfs* devidamente identificados, os quais foram armazenados em *freezer* a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Estas amostras também foram transportadas, em caixas de isopor, para o laboratório em Pirassununga.

Para a análise das concentrações de AGCC no sangue, 1 mL do conteúdo dos *ependorfs* foi transferido para um tubo falcon de 15 mL contendo 5 mL de álcool etílico P.A. Os tubos foram centrifugados a 3.000 rpm por 10 minutos e todo o sobrenadante foi transferido para tubos de ensaio de vidro de 10 mL, contendo 40 μL de NaOH 1mM, os quais foram colocados em estufa de ventilação forçada a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ até secarem completamente (entre 48 e 72 horas). Os resíduos nos tubos foram dissolvidos com ácido fórmico P.A. a 99%, adicionando-se 1 mL de água destilada. Os tubos então foram arrolhados de forma que ficassem bem vedados e armazenados em *freezer* a $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ até o momento da análise de AGCC por cromatografia gasosa.

Análises Estatísticas

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade aparente da MS (CDA_{MS}), da MO (CDA_{MO}), da PB (CDA_{PB}), do EE (CDA_{EE}), do ENN (CDA_{ENN}), da FB (CDA_{FB}), da FDN (CDA_{FDN}) e da FDA (CDA_{FDA}), EMA, bem como o escore, a umidade e a produção fecal, além do tempo de passagem do alimento pelo TGI. Com relação à fermentação foram avaliados o pH fecal, a área de gás intestinal e as concentrações de AGCC no sangue e nas fezes.

Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias submetidas à análise de regressão quando $P < 0,05$. Para as variáveis CDA_{FB} , CDA_{FDN} , CDA_{FDA} , produção fecal e área de gás foi utilizada a raiz quadrada como opção de transformação. O escore fecal, o tempo de passagem e as concentrações de AGCC no sangue e nas fezes foram analisados pelo teste de Friedman. Toda análise estatística foi realizada no *software* Action 2.4.

Resultados

A inclusão de FCM em substituição ao farelo de trigo não influenciou ($P > 0,05$) os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB, EE, ENN, FB e FDN, nem mesmo a EMA das dietas (Tabela 2). Entretanto, observou-se redução linear ($P < 0,01$) no coeficiente de digestibilidade de FDA na medida em que se aumentou o nível de inclusão do FCM (Figura 1).

A inclusão de FCM também não influenciou ($P > 0,05$) a produção, a umidade e o escore fecal, bem como o tempo de passagem do alimento pelo TGI dos animais.

Com relação aos dados referentes à fermentação no TGI, também não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no pH fecal, na área de gás intestinal (Figura 2), nas concentrações de AGCC totais, acetato, propionato, isobutirato, butirato, isovalerato e valerato nas fezes (Tabela 3). No sangue, as concentrações de acetato e propionato e de acetato + propionato também não diferiram

($P>0,05$) entre as dietas experimentais e entre os diferentes tempos de coleta (Tabela 4).

Tabela 2. Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e energia metabolizável dos alimentos, características das fezes e tempo de passagem do alimento em gatos recebendo dietas com diferentes quantidades de FCM em substituição ao farelo de trigo.

CDA	Inclusão de FCM (g/kg)				CV (%)	P=
	0	26	53	80		
Matéria seca (g/kg)	0,76	0,76	0,76	0,73	7,17	0,77
Matéria orgânica (g/kg)	0,80	0,79	0,79	0,77	6,04	0,67
Proteína bruta (g/kg)	0,80	0,81	0,79	0,77	6,23	0,55
Extrato etéreo (g/kg)	0,81	0,85	0,81	0,80	6,50	0,34
Extrato não-nitrogenado (g/kg)	0,83	0,80	0,79	0,80	4,28	0,28
Fibra bruta (g/kg)	0,24	0,30	0,39	0,18	25,98	0,05
Fibra em detergente neutro (g/kg)	0,32	0,43	0,32	0,35	11,10	0,08
Fibra em detergente ácido (g/kg) ¹	0,24	0,16	0,12	0,10	10,04	<0,01
EMA (MJ/kg)	14,80	14,80	14,50	14,30	6,06	0,70
Quantidade de fezes (g/dia) ²	9,18	10,55	9,56	11,40	19,28	0,73
Umidade nas fezes (%)	65,00	67,90	66,70	65,40	6,16	0,54
Escore fecal ³	3,33	2,70	3,17	3,27	-	0,32
Tempo de passagem (horas)	30,30	27,80	35,70	32,90	-	0,86

¹ Efeito linear significativo ($P<0,05$)

² Valores expressos com base na matéria seca

³ 0 – fezes líquidas; 1 – fezes pastosas e sem forma; 2 – fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente; 3 – fezes macias, formadas e úmidas; 4 – fezes bem formadas e consistentes; 5 – fezes bem formadas, duras e secas

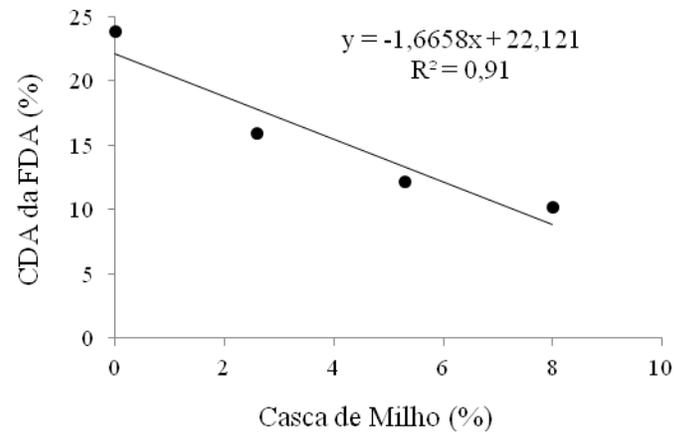


Figura 1. Coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da fibra em detergente ácido (FDA) de dietas para gatos formuladas com diferentes quantidades de FCM em substituição ao farelo de trigo

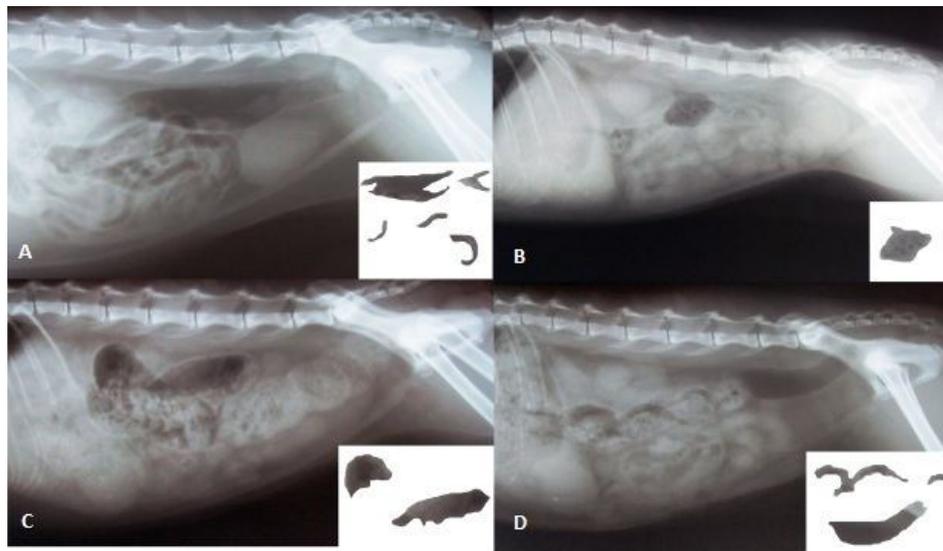


Figura 2. Área de gás intestinal (cm²). A – imagem radiográfica e áreas de gás recortadas de animal recebendo alimento 1; B – imagem radiográfica e áreas de gás recortadas de animal recebendo alimento 2; C – imagem radiográfica e áreas

de gás recortadas de animal recebendo alimento 3; D – imagem radiográfica e áreas de gás recortadas de animal recebendo alimento 4

Tabela 3. pH fecal, área de gás intestinal e concentrações de AGCC nas fezes de gatos recebendo dietas com diferentes quantidades de FCM em substituição ao farelo de trigo

Variável	Inclusão de FCM (g/kg)				CV (%)	P =
	0	26	53	80		
pH fecal ¹	6,5	6,0	5,9	6,0	9,73	0,27
Área de gás (cm ²) ¹	4,6	4,4	4,8	4,9	16,60	0,89
AGCC totais (mmol/kg MS) ²	420,0	494,0	473,0	522,0	-	0,45
Acetato (mmol/kg MS) ²	210,8	243,1	220,4	230,7	-	0,30
Propionato (mmol/kg MS) ²	94,5	98,8	113,9	102,3	-	0,27
Isobutirato (mmol/kg MS) ²	9,2	6,9	9,5	8,4	-	0,20
Butirato (mmol/kg MS) ²	52,9	76,1	70,5	84,0	-	0,64
Isovalerato (mmol/kg MS) ²	13,4	11,4	13,2	13,6	-	0,73
Valerato (mmol/kg MS) ²	35,7	41,0	46,4	54,3	-	0,38

¹ Não significativo ao teste F (P > 0,05)

² Não significativo ao teste de Friedman (P > 0,05)

Tabela 4. Concentrações de AGCC no sangue, nos diferentes tempos de coleta, de gatos recebendo dietas com diferentes quantidades de FCM em substituição ao farelo de trigo

Tempo (horas)	Inclusão de FCM (g/kg)				Média	P =
	0	26	53	80		
- Acetato (mmol/L) -						
0	3,38	2,77	2,73	3,22	3,02	0,76
4	2,46	2,79	2,76	3,24	2,81	
8	3,56	2,93	3,51	3,20	3,30	
Média	3,13	2,83	3,00	3,22		
- Propionato (mmol/L) -						
0	2,63	2,23	2,41	2,42	2,42	0,18
4	4,72	2,30	2,79	2,78	3,15	
8	4,53	2,27	3,60	2,87	3,47	

Média	3,96	2,26	2,93	2,69		
	- <i>Acetato + Propionato (mmol/L)</i> -					
0	5,61	4,99	5,14	5,43	5,29	0,61
4	6,43	5,09	5,55	6,01	5,77	
8	6,75	5,20	6,70	6,07	6,18	
Média	6,26	5,09	5,80	5,84		

Discussão

O presente estudo é o primeiro a avaliar os efeitos da inclusão do FCM em dietas para gatos sobre a digestibilidade de nutrientes, as características fecais, o tempo de passagem do alimento pelo TGI, a área de gás intestinal e as concentrações de AGCC no sangue e nas fezes.

O FCM é um co-produto agroindustrial que apresenta potencial para ser utilizado como fonte de fibra na alimentação de gatos. Já o farelo de trigo representa um co-produto agroindustrial já bastante empregado na alimentação destes animais. Assim, a substituição do farelo de trigo pelo FCM teve como principal objetivo a comparação entre os efeitos de dois substratos fibrosos: um conhecido, o farelo de trigo, e o outro uma nova alternativa de fonte de fibra, o FCM. Esta comparação permite verificar se a inclusão do FCM em dietas para gatos pode ser feita de maneira segura.

No presente trabalho, a substituição do farelo de trigo pelo FCM não resultou em diferenças na digestibilidade dos nutrientes, com exceção da digestibilidade de FDA, a qual diminuiu à medida que se aumentou o nível de inclusão do FCM.

De acordo com Maes et al. (2004), o farelo de trigo, assim como a casca de milho, representa uma fonte de fibra principalmente do tipo insolúvel. As fibras insolúveis apresentam alguns efeitos fisiológicos importantes, sendo um

deles a diminuição do tempo de passagem do alimento pelo TGI com consequente redução da digestibilidade dos nutrientes (Davidson e McDonald, 1998).

De fato, alguns estudos comprovam que a suplementação de dietas para gatos com farelo de trigo promove redução na digestibilidade da maioria dos nutrientes quando em comparação às dietas sem suplementação de fibra (Kienzle et al., 1991; Fischer et al., 2012).

A casca de milho também pode levar a estes resultados. Kawauchi et al. (2011) observaram que, em cães, a substituição do amido pelo farelo de glúten de milho, nas proporções de 7, 14 e 21%, levou a uma redução linear das digestibilidades de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta em comparação a uma dieta sem a inclusão deste farelo. Este ingrediente se assemelha bastante ao ingrediente utilizado no presente estudo, a não ser pela presença da água de maceração.

Estes estudos confirmam que tanto o farelo de trigo quanto a casca de milho levam a uma redução na digestibilidade da maioria dos nutrientes. Assim, a ausência de efeitos relacionados à digestibilidade dos nutrientes observada no presente trabalho sugere uma similaridade entre a qualidade da fibra presente no farelo de trigo e no FCM.

A redução na digestibilidade de FDA observada no presente trabalho pode ser explicada pelo maior teor deste nutriente no FCM (21,3% na matéria seca) em comparação ao farelo de trigo (15,4% na matéria seca). Além disso, à medida que se aumentou o nível de inclusão do FCM, o teor de FDA da dieta, assim como o teor de lignina, também aumentou.

Com relação às características fecais, Kienzle et al. (1991) verificaram que a adição de farelo de trigo em dietas à base de carne aumentou tanto a quantidade de fezes excretadas quanto a frequência de defecação em gatos, elevando também a umidade fecal. Resultados semelhantes foram observados por

Fortes et al. (2010) em cães. Porém, neste caso, os autores observaram maior porcentagem de matéria secas fezes. Já com relação à fibra de milho, assim como no presente estudo, Lewis et al. (1994) e Guevara et al. (2008) não observaram diferenças com relação ao peso das fezes de cães que receberam uma dieta suplementada com este ingrediente em comparação aos animais que receberam as dietas controle. Entretanto, nos dois estudos, a umidade das fezes dos animais alimentados com fibra de milho foi menor do que a umidade fecal dos outros animais, diferentemente do que foi observado no presente trabalho, no qual o teor médio de umidade (66,3%) ficou um pouco elevado nas fezes, resultando em escore fecal abaixo do valor desejado (escore fecal 4, segundo Carciofi et al., 2008). Tal resultado pode ser explicado pelo maior conteúdo de fibras insolúveis nas dietas, o que conseqüentemente promoveu um aumento da retenção de água no bolo fecal (Meyer e Tunland, 2001).

O tempo de passagem não foi influenciado pela fonte de fibra utilizada. Entretanto deve-se considerar a grande variabilidade observada entre os animais, o que pode estar associado às funções fisiológicas individuais do TGI. Fahey et al. (1990) também não encontraram diferenças no tempo de retenção em cães que receberam dietas suplementadas com diferentes fontes de fibra. O tempo de retenção médio obtido pelos autores foi de 28,3 horas, enquanto que, em gatos, no presente trabalho, observou-se tempo de retenção médio de 31,7 horas.

A fermentação dos substratos fibrosos pelas bactérias anaeróbicas presentes no intestino grosso leva à formação de AGCC, os quais promovem uma acidificação do conteúdo luminal (Borges et al., 2003). Esta acidificação pode ser refletida no pH das fezes. No presente estudo, não foram observadas diferenças com relação às concentrações de AGCC nas fezes e às áreas de gás intestinal, indicando que os processos fermentativos ocorreram de forma semelhante entre os animais que receberam as diferentes dietas experimentais.

Dessa forma, a semelhança dos processos fermentativos pode explicar a ausência de diferenças relacionadas ao pH fecal.

A fermentabilidade é uma característica mais comumente associada às fibras solúveis. Entretanto, pode ser encontrada, em menor extensão, também nas fibras insolúveis (Howarth et al., 2001). Embora o farelo de trigo seja considerado uma fonte de fibras insolúveis, apresenta em sua constituição as arabinosilanas, as quais apresentam conhecida propriedade de reter água e promover a viscosidade em soluções (Schooneveld-Bergmans et al., 1999). Assim, a fermentação observada neste trabalho pode estar associada às arabinosilanas do farelo de trigo. Fischer et al. (2012) observaram maior concentração fecal de propionato em gatos que receberam dieta suplementada com farelo de trigo (140,53 mmol/kg na MS) em comparação aos animais que receberam a dieta controle (sem suplementação de fibra) (72,93 mmol/kg na MS), o que confirma que este ingrediente apresenta certo grau de fermentação. Além disso, a fermentação observada também pode estar associada ao FCM, uma vez que a fibra de milho apresenta fermentabilidade *in vitro* (Guevara et al., 2008). Entretanto, deve-se salientar que foi adicionado alimento úmido, nas mesmas proporções, às dietas experimentais para melhoria da palatabilidade. Tal alimento continha mananoligossacarídeos, goma carragena e goma guar, substratos que também apresentam certo grau de fermentação (Sunvold et al., 1995c; Swanson et al., 2002).

O presente trabalho é o primeiro a mensurar as concentrações sanguíneas de AGCC em gatos. Sabe-se que cerca de 95 a 99% destes AGCC são rapidamente absorvidos pela mucosa intestinal (Scheppach, 1994). Assim, por meio dos resultados encontrados, pode-se confirmar que a absorção de AGCC pelas células intestinais dos gatos também ocorre de forma expressiva, uma vez que foram detectadas quantidades significativas de acetato e propionato no sangue destes animais. Já o butirato geralmente é utilizado como fonte de

energia prontamente disponível pelas células intestinais (Borges et al., 2003). Dessa forma, grande parte do que é produzido no lúmen intestinal fica retido nos colonócitos e somente uma pequena fração entra na corrente sanguínea, o que pode explicar a não detecção deste AGCC no sangue.

No presente estudo, não foram observadas diferenças relacionadas à área de gás intestinal entre as dietas experimentais, o que era de se esperar, uma vez que as concentrações de AGCC no sangue e nas fezes não diferiram entre os animais dos diferentes grupos. Para a mensuração deste parâmetro foram realizadas radiografias abdominais e processamento das imagens por meio de um *software* computacional. Esta metodologia já foi empregada por Feliciano et al. (2010) para avaliar os efeitos da suplementação de dois tipos de probióticos para cães, e se mostrou bastante promissora, uma vez que corresponde a uma técnica não invasiva e que fornece medidas exatas.

Conclusão

A substituição do farelo de trigo pelo FCM até o nível de 8% pode ser feita de maneira segura sem prejuízos relacionados à digestibilidade dos nutrientes, às características fecais e aos processos fermentativos no TGI.

Referências

Alcaide, E.M.; Nefzaoui, A., 1996. Recycling of olive oil by-products: possibilities of utilization in animal nutrition. *Biodeterioration&Biodegradation*, 227-235.

ANFALPet, 2009. Manual do Programa Integrado de Qualidade Pet. ANFALPet, São Paulo.

AOAC, 1995. Official methods of analysis. AOAC, Washington, DC.

Bergmans, M.E.F.; Beldman, G.; Gruppen, H.; Voragen, A.G.J., 1996. Optimisation of the selective extraction of (glucorono) arabinoxylans from wheat bran: use of barium and calcium hydroxide solution at elevated temperatures. *Journal of Cereal Science* 23, 235-245.

Borges, F.M.; Salgarello, R.M.; Gurian, T.M., 2003. Recentes avanços na nutrição de cães e gatos. *Anais do Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação* 3, 21-60.

Carciofi, A.C.; Takakura, F.S.; De Oliveira, L.D.; Teshima, E.; Jeremias, J.T.; Brunetto, M.A.; Prada, F., 2008. Effects of six carbohydrate sources on diet digestibility and post-prandial glucose and insulin responses in cats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 92, 326-336.

Colliard, L.; Paragon, B.M.; Lemuet, B.; Bénnett, J.J.; Blanchard, G., 2009. Prevalence and risk factors of obesity in an urban population of healthy cats. *Journal of Feline Medicine and Surgery* 11, 135-140.

Davidson, M. H.; McDonald, A., 1998. Fiber: forms and functions. *Nutrition Research* 18, 617-624.

Fahey, G.C.; Merchen, N.R.; Corbin, J.E.; Hamilton, A.K.; Serbe, K.A.; Hirakawa, D.A., 1990. Dietary fiber for dogs: II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. *Journal of Animal Science* 68, 4229-4235.

Feliciano, M.A.R.; Saad, F.M.O.B.; Leite, C.A.L.; Vicente, W.R.R.; Nepomuceno, A.C.; Silveira, T., 2010. Avaliações ultrassonográfica e radiográfica dos efeitos da suplementação com dois tipos de probióticos sobre o intestino de cães filhotes. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 62, 1109-1116.

Fischer, M.M.; Kessler, A.M.; De Sá, L.R.M.; Vasconcellos, R.S.; Roberti Filho, R.O.; Nogueira, S.P.; Oliveira, M.C.C.; Carciofi, A.C., 2012. Fiber fermentability effects on energy and macronutrient digestibility, fecal traits, postprandial metabolite responses, and colon histology of overweight cats. *Journal of Animal Science* 90 2233-2245.

Fortes, C.M.L.S.; Carciofi, A.C.; Sakomura, N.K.; Kawauchi, I.M.; Vasconcelos, R.S., 2010. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrates sources for dogs. *Animal Feed Science and Technology*, 156, 121-125.

Guevara, M.A.; Bauer, L.L.; Abbas, C.A.; Beery, K.E.; Holzgraefe, D.P.; Cecava, M.J.; Fahey, J.C., 2008. Chemical composition, in vitro fermentation characteristics, and in vivo digestibility responses by dogs to select corn fibers. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56, 1619-1626.

Howarth, N.C.; Saltzman, E.; Roberts, S.B., 2001. Dietary fiber and weight regulation. *Nutrition Reviews* 59, 129-139.

Kawauchi, I.M.; Sakomura, N.K.; Vasconcellos, R.S.; De Oliveira, L.D.; Gomes, M.O.S.; Loureiro, B.A.; Carciofi, A.C., 2011. Digestibility and metabolizable energy of maize gluten feed for dogs as measured by two different techniques. *Animal Feed Science and Technology* 169, 96-103.

Kienzle, E.; Meyer, H.; Schneider, R., 1991. Investigation on palatability, digestibility and tolerance of low digestible food components in cats. *Journal of Nutrition* 121, 56-57.

Lederer, R.; Rand, J.S.; Jonsson, N.N.; Hughes, I.P.; Morton, J.M., 2009. Frequency of feline diabetes mellitus and breed predisposition in domestic cats in Australia. *The Veterinary Journal* 179, 254-258.

Lewis, L.D.; Magerkurth, J.H.; Roudebush, P.; Morris, M.L.; Mitchell, E.E.; Teeter, S.M., 1994. Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutrient digestibility in dogs fed different fiber sources. *Journal of Nutrition* 124, 2716-2718.

Maes, C.; Vangeneugden, B.; Delcour, J.A., 2004. Relative activity of two endoxylanases towards water-unextractable arabinoxylans in wheat bran. *Journal of Cereal Science* 39, 181-186.

Meyer, D.; Tunland, B., 2001. Non-digestible oligosaccharides and polysaccharides: their physiological effects and health implications. In: McCleary, B.V., Prosky, L. (Eds.), *Advanced Dietary Fiber Technology*. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK, 455-470.

Minamoto, Y.; Hooda, S.; Swanson, K.S.; Suchodolski, J.S., 2012. Feline gastrointestinal microbiota. *Animal Health Research Reviews* 13, 64-77.

Mussatto, S.I.; Dragone, G.; Roberto, I.C., 2006. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential application. *Journal of Cereal Science* 43, 1-14.

Paes, M.C.D., 2006. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. *Circular Técnica 75 – Embrapa Milho e Sorgo. Sete Lagoa.*

Scheppach, W., 1994. Effects of short chain fatty acids on gut morphology and function. *Gut supplement* 1, S35-S38.

Schooneveld-Bergmans, M.E.F.; Beldma, G.; Voragen, A.G.J., 1999. Structural features of (glucurono) arabinoxylans extracted from wheat bran by barium hydroxide. *Journal of Cereal Science*, 29, 63-75.

Scott, K.D.; Zoran, D.L.; Mansell, J.; Norby, B.; Willard, M.D., 2011. Utility of endoscopic biopsies of the duodenum and ileum for diagnosis of inflammatory bowel disease and small cell lymphoma in cats. *Journal of Veterinary Internal Medicine* 25, 1253-1257.

Sunvold, G.D.; Hussein, H.S.; Fahey, G.C.; Merchen, N.R.; Reinhart, G.A., 1995a. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp and citrus pectin using fecal inoculums of cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. *Journal of Animal Science* 73, 3639-3648.

Sunvold, G. D.; Fahey, G. C.; Merchen, N. R.; Bourquin, L. D.; Titgemeyer, E. C.; Bauer, L. L.; Reinhart, G.A., 1995b. Dietary fiber for cats: In vitro 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* 73, 2329-2339.

Sunvold, G.D.; Fahey, G.C.; Merchen, N.R.; Titgemeyer, E.C.; Bourquin, L.D.; Bauer, L.L.; Reinhart, G.A., 1995c. Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculums and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. *Journal of Animal Science* 73, 1099-1109.

Swanson, K.S.; Grieshop, C.M.; Flickinger, E.A.; Bauer, L.L.; Healy, H.P.; Dawson, K.A.; Merchen, N.R.; Fahey, G.C., 2002. Supplemental fructooligosaccharides and mannanooligosaccharides influence immune function, ileal and total tract nutrient digestibilities, microbial populations and concentrations of protein catabolites in the large bowel of dogs. *Journal of Nutrition* 132, 980-989.

Van Soest, P.J., 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feed II. A rapid method of the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Agricultural Chemists* 46, 829-835.

Von Maisschalen, Z.R.; Sugawara, M.; Suzuki, T.; Totsuka, A.; Takeuchi, M.; Ueki, K., 1994. Composition of corn hull dietary fiber. *Starch* 46, 335-337.

Yuan, X.; Wang, J.; Yao, H., 2005. Antioxidant activity of feruloylated disaccharides from wheat bran. *Food Chemistry* 90, 759-764.

ANEXOS

Tabela 1A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de matéria seca (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	127,559735	21,259956	0,727	0,6342
Tratamento	3	32,206680	10,735560	0,367	0,7777
Resíduo	17	497,201636	29,247155		
Total corrigido	26	656,968052			
CV (%)	7,17				
Média geral	75,4059259		Nº de observações:		27

Tabela 2A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de proteína bruta (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	171,322138	28,553690	1,176	0,3645
Tratamento	3	53,047515	17,682505	0,728	0,5493
Resíduo	17	412,906710	24,288630		
Total corrigido	26	637,276363			
CV (%)	6,23				
Média geral	79,1570370		Nº de observações:		27

Tabela 3A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de matéria mineral (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	2,686284	0,447714	0,334	0,9094
Tratamento	3	2,098646	0,699549	0,522	0,6727
Resíduo	17	22,768083	1,339299		
Total corrigido	26	27,553012			
CV (%)	19,68				
Média geral	5,8798053		Nº de observações:		27

Tabela 4A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de extrato etéreo (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	312,724905	52,120817	1,850	0,1487
Tratamento	3	101,925211	33,975070	1,206	0,3376
Resíduo	17	478,866181	28,168599		
Total corrigido	26	893,516296			
CV (%)	6,50				
Média geral	81,6403704		Nº de observações:		27

Tabela 5A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de extrativo não-nitrogenado (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	137,151327	22,858554	1,939	0,1323
Tratamento	3	49,412569	16,470856	1,397	0,2780
Resíduo	17	200,452623	11,791331		
Total corrigido	26	387,016519			
CV (%)	4,28				
Média geral	80,2074074		Nº de observações:		27

Tabela 6A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de fibra bruta (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	21,616734	3,602789	2,107	0,1061
Tratamento	3	16,066583	5,355528	3,131	0,0530
Resíduo	17	29,073998	1,710235		
Total corrigido	26	66,757316			
CV (%)	25,98				
Média geral	5,0343733		Nº de observações:		27

Tabela 7A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de fibra em detergente neutro (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	3,255317	0,542553	1,251	0,3300
Tratamento	3	3,541747	1,180582	2,723	0,0766
Resíduo	17	7,370868	0,433580		
Total corrigido	26	14,167933			
CV (%)	11,10				
Média geral	5,9321537		Nº de observações:		27

Tabela 8A. Análise de variância e coeficiente de variação para o coeficiente de digestibilidade aparente de fibra em detergente ácido (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	0,480340	0,080057	0,532	0,7766
Tratamento	3	11,350647	3,783549	25,138	0,0000
Resíduo	17	2,558672	0,150510		
Total corrigido	26	14,389659			
CV (%)	10,04				
Média geral	3,8658540		Nº de observações:		27

Tabela 9A. Análise de variância e coeficiente de variação para energia metabolizável aparente (kcal/kg)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	247603,9522	41267,3254	0,922	0,5035
Tratamento	3	65289,1431	21763,0477	0,486	0,6963
Resíduo	17	760904,6479	44759,0969		
Total corrigido	26	1073797,7432			
CV (%)	6,06				
Média geral	3491,32370		Nº de observações:		27

Tabela 10A. Análise de variância e coeficiente de variação para quantidade de fezes produzida (kg/dia)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	3,370734	0,561789	1,550	0,2219
Tratamento	3	0,466369	0,155456	0,429	0,7349
Resíduo	17	6,162287	0,362487		
Total corrigido	26	9,999390			
CV (%)	19,28				
Média geral	3,1232142		Nº de observações:		27

Tabela 11A. Análise de variância e coeficiente de variação para umidade fecal (%)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	469,456193	78,242699	4,695	0,0048
Tratamento	3	36,905286	12,301762	0,738	0,5429
Resíduo	18	299,990864	16,666159		
Total corrigido	27	806,352343			
CV (%)	6,16				
Média geral	66,2585714		Nº de observações:	28	

Tabela 12A. Análise de variância e coeficiente de variação para pH fecal

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	1,487014	0,495671	1,406	0,2734
Tratamento	3	1,579786	0,263298	0,747	0,6195
Resíduo	18	6,344586	0,352477		
Total corrigido	27	9,411386			
CV (%)	9,73				
Média geral	6,1007143		Nº de observações:	28	

Tabela 13A. Análise de variância e coeficiente de variação para área de gás intestinal (cm²)

Fator de variação	GL	SQ	QM	FC	Pr>Fc
Repetição	6	0,079921	0,026640	0,210	0,8880
Tratamento	3	0,134768	0,022461	0,177	0,9796
Resíduo	18	2,279998	0,126667		
Total corrigido	27	2,494688			
CV (%)	16,56				
Média geral	2,1492965		Nº de observações:	28	