

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

FABIANE YUKIKO MURAKAMI

**IMPACTO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO DE
EXTRUSÃO SOBRE A DIGESTIBILIDADE E
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA DIETA PARA CÃES**

Curitiba
2010

FABIANE YUKIKO MURAKAMI

**IMPACTO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO DE
EXTRUSÃO SOBRE A DIGESTIBILIDADE E
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA DIETA PARA CÃES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Área de Concentração em Produção Animal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião A. Borges

Curitiba
2010

Murakami, Fabiane Yukiko

Impacto da adição de água no processo de extrusão sobre a digestibilidade e propriedades físico-química da dieta para cães / Fabiane Yukiko Murakami. – Curitiba, 2010.

37 f. : il. Color.

Orientador: Sebastião A. Borges

Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, 2010

1. Cão – Alimentação. 2. Nutrição animal.

I. Borges, Sebastião A. II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias. III. Título

CDU 636.7


PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



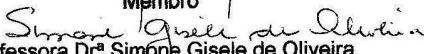
PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada **"IMPACTO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE A DIGESTIBILIDADE E PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DA DIETA PARA CÃES"** apresentada pela Mestranda Fabiane Yukiko Murakami, declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 79 da Resolução nº 65/09-CEPE/UFPR, que considerou a candidata APTO para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Ciências Veterinárias.

Curitiba, 19 de fevereiro de 2010


Professor Dr. Sebastião Aparecido Borges
Presidente/Orientador


Professor Dr. Alex Maioraka
Membro


Professora Drª Simone Gisele de Oliveira
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico a cinco seres especiais:

Fofinha, Tadeu, Bob, Hanna e Zezinho e toda turminha do canil;

A família Tanaka de Curitiba: Edina, Jorge, Rafael, Laura e Dudu, aos quais me acolheram com “Lar abençoado” e desta forma possibilitaram para a conclusão do mestrado;

A família Murakami de Assis Chateaubriand: Pai Mario, Mãe Regina, irmãs Franciele Akemi e Flavia de Fátima Emi, apesar da distancia física, mas, ligados na fé apoiaram sempre.

AGRADECIMENTOS

a Deus pelo dom da vida e por me conceder saúde para desenvolver este trabalho;

ao Prof. Dr. Alex Maiorka, pela oportunidade de participar desta pesquisa, sempre preocupado e atencioso;

ao Prof. Dr. Borges por aceitar ser o orientador, agradeço de coração pelo apoio e incentivo;

a Prof. Dr. Ana Vitória pela paciência nas correções e colaboração para o desenvolvimento;

a Prof. Simone pelo carinho e dedicação em auxiliar o projeto;

ao Dr. Marcelino Bortolo por disponibilizar as dietas para o estudo;

As grandes parceiras de trabalho:

a Ms. Cleusa Bernadete M. de Brito e toda sua equipe, por realizar toda análise laboratorial;

a Ms.Dr. Ananda Portella Félix, pela incentivo, apoio e amizade desde o início e conclusão do projeto, devo toda minha gratidão;

as amigas “do canil”: Carol, Dani, Marina, Taty e Tabyta que me auxiliaram durante a pesquisa, valeu Taby pelos finais de semana, pela preocupação!

Meu eterno agradecimento!!!

“Ainda que eu falasse as línguas dos homens e dos anjos.... mesmo que tivesse o dom da profecia , toda ciência, toda fé se não tiver amor, não sou nada... O amor tudo espera, tudo crê, tudo suporta....” (1Cor, 13)

SUMÁRIO

RESUMO	08
ABSTRACT	09
CAPÍTULO 1 REVISÃO: EXTRUSÃO DE DIETAS PARA CÃES	09
1.1 INTRODUÇÃO	10
1.2 EXTRUSÃO	12
1.3 EFEITO DA EXTRUSÃO SOBRE O AMIDO.....	13
1.4 EFEITO DA EXTRUSÃO NA PROTEÍNA	14
1.5 EFEITO DA EXTRUSÃO NOS LIPÍDEOS	15
1.6 UMIDADE NO PROCESSO DE EXTRUSÃO	16
1.7 IMPACTO DA UMIDADE SOBRE O PROCESSAMENTO DO AMIDO	17
1.8 UMIDADE: CONTROLE DE QUALIDADE DA DIETA	
1.9 PROPRIEDADES FÍSICAS DOS EXTRUSADOS	18
2.0 CONCLUSÃO	19
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO 2 IMPACTO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E A DIGESTIBILIDADE DA DIETA PARA CÃES	23
RESUMO	23
ABSTRACT	24
2.1 INTRODUÇÃO	25
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	26
2.2.1 Características físico-químicas dos extrusados	26
2.2.2 Ensaio de digestibilidade	27
2.2.3 Análise estatística	30
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
2.4 CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS	35
FIGURAS	37

RESUMO

Considerando que a dieta fornecida aos cães é em sua grande maioria extrusada, conseqüentemente, as características físicas do croquete e principalmente a qualidade nutricional são requisitos almejados pelo mercado consumidor. No entanto, o padrão de qualidade da dieta são resultados do processamento sendo determinado principalmente durante a extrusão. Nessa etapa o água utilizado para a cocção é essencial, uma vez que o conteúdo ideal definirá o grau de cozimento e características físicas do produto final. Nesse sentido, foi proposto ensaio de digestibilidade, em cães, de dietas contendo crescentes volumes de água durante a extrusão e verificado o impacto do mesmo, sobre a gelatinização do amido, dureza, umidade, atividade de água, densidade e índice de absorção de água dos extrusados. Foram selecionados cinco cães adultos e utilizados cinco dietas contendo crescentes volumes no pré-condicionador, resultando em: 1072 kg/h, 1182 kg/h, 1293 kg/h, 1444 kg/h e 1565 kg/h. O delineamento foi em quadrado latino (cinco tratamentos x cinco períodos, com cinco dias de adaptação e cinco dias de colheita total de fezes por período). Os dados foram submetidos à análise de regressão e correlação. A regressão não teve efeito sobre as características dos extrusados, no entanto, o volume de até 1565 kg/h de água na extrusão apresentou correlações negativas para a dureza e densidade e positivas para atividade de água e umidade. Não houve resposta de correlação para os coeficientes de digestibilidade, no entanto, a regressão apresentou resposta quadrática para somente para o coeficiente de digestibilidade da proteína.

Palavras-chave: atividade de água, densidade, dureza, gelatinização do amido

ABSTRACT

Whereas the diet offered to dogs is mostly extruded consequently, the physical characteristics of kibble and especially the nutritional requirements are desired by the consumer market. However, the quality of diet is resulted from the processing and is determined mainly during extrusion. At this stage the water used for cooking is essential, since the ideal content define the degree of cooking and physical characteristics of the final product. Thus, it was proposed digestibility assay, in dogs of diets containing increasing amounts of water during extrusion and verified the impact of that on the starch gelatinization, hardness, moisture, water activity, density and rate of water absorption of extrudates. We selected five adult dogs and five diets used initial test volume and the addition of 65 kg / h of water in the preconditioner, resulting in: Diet 1 = 1072 kg / h, Diet 2 = 1182 kg / h, Diet 3 = 1293 kg / h, Diet 4 = 1444 kg / h, Diet 5 = 1565 kg / h. The experiment was a Latin square design (five treatments x five periods, with five days of adaptation and five days of total feces collection per period). The data were submitted to regression analysis and correlation. The regression had no effect on the characteristics of the extrudates, however, the volume until 1565 kg / h of water in the extrusion negative correlation to the hardness and density and positive for water activity and moisture. There was no response to the correlation coefficients of digestibility, however, showed a quadratic regression for only the digestibility of protein.

Keywords: water activity, density, hardness, starch gelatinization

CAPITULO 1 – REVISÃO: EXTRUSÃO DE DIETAS PARA CÃES

(Extrusion of dry diets for dogs a review)

RESUMO

As características físicas e valor nutricional dos extrusados são determinados principalmente pela extrusão. Desta forma, é necessária a padronização do sistema de produção da dieta, a qual não é simples. A combinação de umidade, pressão, calor e cisalhamento permitem que as matérias primas modifiquem suas características estruturais, funcionais e nutricionais. Antes da extrusão ocorre o preparo dos ingredientes no pré-condicionador, nesta etapa há o contato do material sólido com a porção líquida, ou seja, a hidratação das partículas que contribui para a mistura. Apesar do conteúdo de água favorecer o fluxo do material, por outro lado, o conteúdo de água determinará as condições de estocagem e estabilidade da dieta em decorrência da umidade e principalmente da atividade de água. Embora os efeitos das variáveis no processo de extrusão em tecnologia de alimento para humanos serem conhecidos na literatura, contudo, em dietas para cães é escasso. Portanto, foi proposto revisão de literatura relatando o processo de extrusão e sua importância para digestibilidade e propriedades físicas das dietas para cães.

Palavras-chave: dietas; extrusados; padronização; umidade

ABSTRACT

The physical characteristics and nutritional value of the kibbles are determined mainly by extrusion. Thus, it is necessary to standardize the production system of diet, which does not seem to be very simple. The combination of humidity, pressure, heat and shear allow the materials to modify their structural, functional and nutritional properties. Prior to extrusion is the preparation of the ingredients in the preconditioner, this step is the contact of solids with the liquid portion and hydration of the particles contributes to the mixture. Although the water content to promote the flow of material, on the other hand, excess water will determine good storage conditions and stability of the diet as a result of moisture and especially the water activity. Although the effects of variables in the process of extrusion technology in food for humans are known in the literature, however, in canine diets it a lack of information. Therefore, it was proposed review of the literature reporting the extrusion process and its importance for the physical properties and digestibility of diets for dogs.

Keywords: diets; extrudates; standardization; moisture

1.1 INTRODUÇÃO

Os alimentos para animais de companhia estão em ampla expansão no mercado e a alimentação vem sendo a área de grandes investimentos por parte das indústrias tanto em pesquisas laboratoriais *in vitro*, quanto *in vivo*, para certificação da qualidade da dieta, ou seja, que realmente atenda as necessidades nutricionais dos animais.

O cozimento por extrusão é comumente utilizado pela indústria, pois, permite a utilização e o co-processamento de vários subprodutos. Portanto, determinará o grau de gelatinização do amido, a completa cocção do alimento, destruição de microrganismos, a desnaturação de proteínas, perdas de aminoácidos e vitaminas (Carciofi, 2004). Ao contrário da peletização, onde se objetiva uma compactação e aumento da densidade, a extrusão provoca expansão do produto, garante densidade e peso específico final menor do croquete (Krabbe e Loiola, 2005).

A combinação de umidade, pressão, calor e cisalhamento permitem que as matérias primas modifiquem suas características estruturais, funcionais e nutricionais durante o cozimento. Essas modificações podem ser influenciadas pela água utilizada no processamento. Antes da extrusão ocorre o preparo dos ingredientes no pré-condicionador, nesta etapa há o contato do material sólido com a porção líquida, ou seja, a hidratação das partículas que contribui para a mistura. O controle de água determinará tanto as propriedades físicas quanto a qualidade nutricional da dieta, pois, ocorre a gelatinização do amido e com o mecanismo de cozimento por extrusão permite a exposição dos nutrientes contidos no interior das células vegetais à ação digestiva (Murray, 2001). Também favorece menor viscosidade da massa que possibilita uma menor fricção do material e proporciona redução da conversão do extrusor da energia mecânica para térmica resultando em produto com menor temperatura (Lin et al., 2002). Apesar do conteúdo de água favorecer o fluxo do material, por outro lado, o excesso de água durante o processamento determinará estabilidade da dieta em decorrência da umidade e principalmente da atividade de água, portanto, implicará em boas condições de estocagem.

Considerando que a dieta fornecida aos cães é, em sua grande maioria extrusada, desta forma, é necessária o controle do sistema de produção para

que a qualidade da dieta seja mantida, porém, não é simples, devido a complexa natureza do sistema alimentar (El-dash, 1982).

Embora os efeitos das variáveis durante o processo de extrusão em tecnologia de alimento para humanos serem conhecidos na literatura, contudo, este efeito em dietas para cães é pouco relatado. Principalmente com relação ao controle do conteúdo de água envolvido durante o processo da pré-extrusão. Portanto, a água adicionada durante o processo de cozimento pode influenciar tanto na qualidade nutricional da dieta quanto na característica final do croquete. Além disso, sua variação pode propiciar além de uma incompleta gelatinização do amido também indisponibilizar outros componentes ou nutrientes da dieta e assim afetar na digestibilidade da dieta. Desta forma, foi proposto revisão de literatura descrevendo o processo de extrusão e sua importância na digestibilidade e propriedades físico-químicas das dietas para cães.

1.2 Extrusão

A extrusão é considerada um processo de alta temperatura e curto tempo (*high temperature – short time – HTST*), com período de permanência no extrusor podendo variar de 10 a 270 segundos (1 a 2 minutos em média), minimizando a degradação de nutrientes, melhorando a digestibilidade das proteínas, principalmente do amido e eliminando fatores antiqualitativos e microrganismos (Krabbe e Loiola, 2005).

A extrusora é um cilindro com barreiras multi-segmentadas e uma rosca no centro que impulsiona a mistura para frente. É um equipamento de grande produtividade, podendo processar mais de 125 toneladas de alimento por hora. Uma vez na extrusora, os ingredientes são impulsionados por atrito passando por câmaras de retenção permanecendo em média 1 a 2 minutos e sofrem a ação de vapor, temperatura (130-180°C) e pressão (34 a 37 atm) responsáveis pela cocção final da mistura e pela gelatinização do amido. Além desses fatores químicos há a ação física do atrito no tubo de rosca sem fim, que auxilia na homogeneização da mistura, propiciando uma cocção uniforme de toda a massa (Carciofi, 2004).

Existem basicamente dois tipos de extrusoras, as de rosca simples (*single screw*) e as de rosca dupla (*twin screw*). Ambas são utilizadas para produção de alimentos para consumo animal e humano. As extrusoras de rosca simples são utilizadas em formulações ricas em carboidratos e pobres em gordura, com alta flexibilidade de expansão, apresentando boa estabilidade de processo. Já, as extrusoras de roscas duplas foram desenvolvidas para alimentos cujas formulações apresentem altos níveis de proteína e gordura; baixos níveis de carboidratos e de difíceis processamentos, apresentando alta estabilidade durante a extrusão (Saad et al., 2005). Os ingredientes adicionados na fórmula podem sofrer alterações no processo de extrusão. Um produto mal extrusado, ou seja, com cozimento inadequado pode levar o animal a diarréias, quando pouco cozido ou, a deficiências, pois o excesso de cozimento pode indisponibilizar alguns nutrientes da ração (Sá Fortes, 2006).

Os níveis dos nutrientes devem ser ajustados, pois durante o processo pode haver perdas significativas daqueles que são sensíveis ao calor. A

taurina, por exemplo, segundo o NRC (2006), deve ser adicionada em 400 mg/kg de ração para gatos, porém devido às perdas no processamento a recomendação mínima para que não ocorra deficiência é de 1000 mg/kg de ração, segundo a AAFCO (2003). Por outro lado, os alimentos expandidos apresentaram maior digestibilidade de gordura (82,9 vs. 70,6%) e celulose (17,9 vs. 8,2%), quando comparados aos alimentos peletizados (Saad et al., 2005).

1.3 Efeito da extrusão sobre o amido

Considerando que os cereais correspondem a maior parte da fórmula de um alimento seco e semi-úmido para cães (30 a 60%) (Case et al., 1998). Pode-se afirmar que os carboidratos, em especial o amido, são componentes importantes nos alimentos para cães e gatos devido à sua boa digestão e principalmente pelo seu papel na textura e processamento do extrusado (Oliveira, 2005).

Os carboidratos são os principais componentes dos tecidos vegetais, representando até 85% de alguns grãos. O amido representa 70 a 80% do peso dos grãos e é composto por dois polímeros de glicose, amilose e amilopectina que se apresentam em proporções variadas nos cereais. Fatores tanto genéticos como ambientais influenciam no teor de amilose e amilopectina que repercutem na digestibilidade do grão (Pond et al., 1995). Sendo assim, os principais pontos de definição de uma fonte de carboidrato são: quantidade e qualidade do amido, concentração e característica das fibras, fatores antiqualitativos, energia metabolizável e disponibilidade no mercado (Sá Fortes, 2006).

Murray et al. (1999) verificaram que a digestão do amido no intestino delgado de cães, das farinhas de cevada, milho, batata, arroz, sorgo e trigo, é superior a 99%. Dados obtidos com farinhas e amido demonstraram que os cães apresentam grande capacidade de digerir-los, desde que, adequadamente processados (Carciofi, 2000).

Outros autores avaliaram, em leitões machos, a digestibilidade do milho extrusado e encontraram incremento na digestibilidade dos extrativos não nitrogenados, no entanto, para o farelo de soja não foi encontrada diferença

(Veloso et al., 2005). Desta forma, é necessário mais estudos com relação a digestibilidade para outros ingredientes que contenham diferentes proporção de amido.

1.4 Efeito da extrusão na proteína

A proteína é fixada na formulação variando de 25 a 70% na matéria seca da dieta. Esta proporção é necessária para atender as necessidades nutricionais de cães e gatos por serem carnívoros. No entanto, a qualidade nutricional da proteína pode variar pela a composição dos aminoácidos e conseqüente digestibilidade (Overland et al, 2007). As proteínas também podem aumentar o grau de gelatinização do amido, pois, o glúten de trigo aumenta a absorção de água e assim, a gelatinização é maior (Camire et al., 2000). A melhora na digestibilidade protéica é devido a desnaturação, principal modificação físico-química. De acordo com Mitchell e Areas (1992), durante o processo de extrusão as mudanças estruturais nas proteínas ocorrem na seguinte sequência: desnaturação, associação, ruptura de algumas ou todas associações pelo calor e cisalhamento para formar uma solução concentrada ou fase fundida, formação de ligações não covalentes e pontes dissulfeto sobre resfriamento e, transição de regiões amorfas para o estado vítreo se o conteúdo de umidade for suficientemente baixo. Porém, durante a extrusão pode ocorrer também a diminuição da disponibilidade de lisina por causa das reações de *Maillard* (Cheftel, 1986). Esta reação conhecida como escurecimento não enzimático, é na realidade uma série de reações com uma ampla variedade de compostos resultantes. O amido e açúcares não redutores, como a sacarose podem ser hidrolisados durante a extrusão para formarem açúcares redutores. Isto foi sugerido como a causa da perda de lisina nas farinhas extrusadas (Camire et al., 2000). A reação química entre açúcar redutor, como glicose, frutose, lactose ou maltose e, um grupo amino livre ou um aminoácido, geralmente do grupo ϵ -amino de lisina, tem importantes conseqüências nutricionais e funcionais.

Kokini et al. (1994) desenvolveram diagramas de estado para proteínas de cereais que permitem predizer as fases do material que podem ser esperadas durante o processo de extrusão. Estes diagramas descrevem o

conteúdo de umidade e região de temperatura na qual cada componente protéico pode sofrer a reação apropriada, assim, em produtos em que a crocância é necessária pode-se conhecer a região vítrea.

1.5 Efeito da extrusão nos lipídios

Teores elevados de lipídios previnem a expansão dos alimentos extrusados, que contém, na maioria das vezes, menos de 6 a 7% de lipídios logo após a extrusão. Níveis baixos (aproximadamente 5%) promovem uma extrusão constante e melhoram a textura (Cheftel, 1986).

Quando lipídios ou alimentos contendo lipídios são aquecidos na presença de oxigênio, sofrem oxidação devido a degradação dos ácidos graxos. Os radicais livres produzidos nestas reações de oxidação podem reagir com proteínas, vitaminas ou outros constituintes e reduzir a qualidade nutritiva do alimento. Contudo, as características de sabor e cor por estas reações são as principais perdas nutricionais que podem ocorrer (Lillard, 1983).

Assim, o valor nutricional dos lipídios poderia ser afetado durante a extrusão, como resultado de oxidação, hidrogenação, isomerização ou polimerização. De acordo com Cheftel (1986), a extensão de hidrogenação e isomerização cis-trans de ácidos graxos durante a extrusão é muito pequena para ser nutricionalmente significativa. A inativação de lipase e lipoxigenase durante a extrusão ajuda a proteger contra a oxidação durante o armazenamento, mas a porosidade dos extrusados é prejudicial com respeito a rancidez.

Os lipídios polares interagem com as cadeias lineares de amilose para inibir o intumescimentos e a hidratação do grânulo. Este efeito está relacionado ao comprimento da cadeia hidrocarbonada: cadeias curtas de lipídios polares podem acelerar a taxa de gelatinização, enquanto cadeias médias e longas inibem o intumescimento dos grânulos (Camire et al., 2000). Extrusados completamente gelatinizados podem ter solubilidade de 80 a 90%, o que pode apresentar uma sensação de goma no paladar. O uso de lipídios na extrusão parece ter algum potencial para melhorar a textura dos extrusados à base de amido, por diminuir a solubilidade em água e modificar o perfil de viscosidade (Cheftel, 1986).

1.6 A umidade no processo de extrusão

A umidade é uma das variáveis mais importantes do processo de extrusão, pois, favorece o completo umedecimento das partículas dos ingredientes que resulta em aumento na transferência de calor o qual pode contribuir em uniforme gelatinização do amido e completo cozimento do produto. Lankhorst et al. (2007) verificaram que o aumento de 200 para 300 g/kg de água na extrusão aumentou o grau de gelatinização do amido resultando, *in vitro*, em maior digestibilidade dos carboidratos. No entanto, o que define o teor de umidade é o tipo de matéria-prima, com isso as perdas no valor nutricional podem variar durante o processo de extrusão. Segundo Fellows (2002) as condições HTST na extrusão-cocção e o rápido esfriamento do produto quando emerge da matriz, causam perda relativamente pequena de vitaminas e aminoácidos essenciais.

A umidade tem efeito pronunciado nas características dos extrusados, pois, exerce influência na qualidade física do extrusado por afetar a estrutura celular e a fragilidade dos produtos expandidos (Onwulata et al. 2001). As características físicas e químicas dos extrusados são afetadas pela viscosidade dos ingredientes homogeneizados no condicionador que resultam no grau de gelatinização do amido desse alimento misturado (Lin et al. 2002).

A expansão de materiais amiláceos é inversamente proporcional à umidade do material a ser extrusado. Segundo Ding et al (2005), a água tem efeito inverso sobre a expansão, agindo como um plastificante para materiais amiláceos, reduzindo sua viscosidade e a dissipação da energia mecânica no extrusor e, assim, o produto fica mais denso e o crescimento das bolhas é reduzido. Da mesma forma, Brncic et al. (2006) avaliaram produtos extrusados a base de amido de trigo e encontraram correlação positiva entre a dureza e adição de água, os mesmos justificaram que este efeito pode ser devido a redução da expansão causados pelo aumento da umidade. Dependendo da matéria-prima utilizada na formulação a umidade pode influenciar nas características finais dos extrusados. Stojceska et al. (2009) compararam a dureza dos extrusados de amido de milho e trigo e constataram que os extrusados de amido de milho resultam em produtos mais macios, comparados com extrusados formados a partir do amido de trigo em mesma umidade de

extrusão. Diferente do processamento de farinhas de batata-doce pré-gelatinizadas onde não foi encontrado efeito das condições de umidade sobre a dureza (Borba et al., 2005).

1.7 Impacto da umidade sobre o processamento do amido

O amido é o principal componente de alimentos a base de cereais, que são produzidos por diferentes processos, entre eles a extrusão. Neste processo, os grânulos de amido são gelatinizados e/ou retrogradados e tem grande efeito na qualidade, especialmente na textura.

Os grânulos de amido sofrem gelatinização e fusão, por ação do calor e umidade nas pontes de hidrogênio entre as cadeias polissacarídicas firmemente ligadas na estrutura do grânulo. Sob condições de excesso da água, as pontes de hidrogênio nas regiões amorfas do grânulo, menos ordenadas, são rompidas, permitindo que a água se associe com grupos hidroxilas livres. Isto é notado pela mobilização da cadeia polimérica e pode ser chamada transição vítrea (Tg). A água leva ao intumescimento e à aberturas adicionais da estrutura do grânulo. A fusão da fração cristalina resulta num desaparecimento completo da birrefringência, a qual é irreversível. O colapso final do grânulo é notado pela liberação dos conteúdos gelatinizados dentro do meio de cozimento. A viscosidade do meio aumenta rapidamente até que a maioria dos grânulos estejam desmanchados, resultando em um produto opaco (Camire et al., 2000).

A gelatinização do amido normalmente causa aumento na viscosidade, mas, em extrusão-cocção, o intenso cisalhamento também pode quebrar as moléculas em unidades menores, resultando na redução da viscosidade (Fellows, 2002). Sendo que a principal mudança que ocorre no amido durante o processo de extrusão é a ruptura de regiões cristalinas no grânulo, seguida pela perda de integridade e, no caso dos amidos de cereais, a formação de complexos lipídio-amilose que diminuem a digestibilidade e a solubilidade dos amidos cozidos (Sagilata et al., 2006). Por outro lado, as modificações físico-químicas nos grânulos de amido e constituintes devido a extrusão, levam a mudanças reológicas e texturais e, aumento da digestibilidade e disponibilidade como uma fonte de energia, mas, os conteúdos de amilose e amilopectina são

conhecidos por terem um amplo efeito na expansão do extrusado. Cereais com baixos níveis de amilose têm propriedades de expansão superiores aos ricos em amilose.

1.8 Umidade: Controle de qualidade da dieta

O controle de umidade nos alimentos processados deve ser mantido para prevenir a ação de microrganismo e evitar possíveis perdas de nutrientes. Durante o processamento dos extrusados a etapa de secagem é uma operação crítica, pois, não determina somente a qualidade da dieta, mas afeta o custo de produção. A obtenção de dieta com umidade homogênea entre os extrusados é uma grande dificuldade para a indústria, com apenas 3% de variação entre as amostras podem gerar grande perda econômica devido à produção de grandes volumes. A umidade do extrusado está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar as características da dieta, portanto, a determinação é uma das medidas mais importantes e utilizadas na análise de alimentos.

O ganho de umidade aliada a atividade de água favorecem as reações de escurecimento enzimático e não-enzimático e a proliferação de microrganismos nas reações (Azeredo, 2004). Neste sentido, durante o armazenamento do alimento as alterações na aparência, cor, odor, sabor e textura e perda no valor nutricional estão relacionadas com diversos fatores, entre eles a presença de microrganismo patogênicos e deteriorantes.

1.9 Propriedades físicas dos extrusados

Os ingredientes utilizados para a fabricação da dieta em especial os que contem amido podem ter suas propriedades físicas envolvidas no processo de extrusão como textura, gelatinização, índice de absorção de água, expansão entre outros. Segundo Chang e El-dash (2003) a dureza é influenciada pelo índice de expansão e pelo alinhamento das camadas de amido para a formação da estrutura final.

Alguns dos parâmetros utilizados para avaliar o grau de cozimento dos ingredientes da dieta que passam por extrusão são densidade e índice de

absorção de água. As dietas com densidade alta e baixa absorção de água são indícios de produtos pouco expandidos, com gelatinização do amido inadequada e com menor aproveitamento dos nutrientes (Camire, 2000).

Alterações no índice de absorção de água e no índice de solubilidade em água podem ser interpretadas com base nas interações de amido-água que governam a estrutura da fase sólida no processamento de extrusão do amido. Um baixo índice de absorção de água no amido extrusado leva à formação de uma estrutura compacta (Carvalho et al., 2002).

2 CONCLUSÃO

O cozimento por extrusão é comumente utilizado pela indústria, pois, permite a utilização e o co-processamento de vários subprodutos. No pré-condicionador ocorre o contato do material sólido com a porção líquida que favorecem a homogeneização e fluxo do mesmo. No entanto, a umidade determinará a estabilidade, qualidade e composição da dieta principalmente em decorrência da atividade de água, favorecendo ao desenvolvimento de microrganismos nas dietas. Portanto, o controle de água na massa (umidade do produto) é importante parâmetro operacional de extrusão, pois, definem as propriedades física e nutricional das dietas extrusadas para cães.

REFERÊNCIAS

AAFCO – ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. Official Publications 2003. Association of American Feed Control Officials, 2003.

AZEREDO, Henriette Monteiro Cordeiro de. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 195 p.

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

BRNCIC, M.; TRIPALO, B.; JEZEK, D.; SEMENSKI, D. et al. Effect of twin-screw extrusion parameters on mechanical hardness of direct-expanded extrudates. Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Pierottijeva 6, Zagreb, Croatia, 2006.

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

CARCIOFI, A. C. O uso de carboidratos em alimentos para cães. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 1., 2000, Campinas. **Anais...**Campinas: CBNA, 2000. p.17-46.

CARCIOFI, A.C. Alimentos Industrializados para cães e gatos. 1º Ciclo de educação continuada em medicina veterinária. **Curso de nutrição básica com enfoques clínicos para cães e gatos**. São Paulo, FUMVET, p.09-22, 2004.

CARVALHO, A. Z. Processamento de alimentos para cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p. 194-202.

CASE, L.P.; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A. **Nutrição canina e felina: manual** para profissionais. Madrid:Harcourt Brace, 1998. 424p.

CHANG, Y.K.; EL-DASH, A.A. Effects of acid concentration and extrusion variables on some physical characteristic energy requirements of cassava starch. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**. V.20, n.2, p. 129-137, 2003.

CHEFTEL, J. C. Nutritional effects of extrusion cooking. Food Chemistry, v. 20, n. 4, p. 263-283, 1986. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/p_do74ID-0JI0ZLgMdb.pdf.> Acesso em: 31/04/2009.

DING, Q.; AINSWORTH, P.; TUCKER, G.; MARSON, H. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of

rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, Oxford:Elsevier, v. 66, n. 3, p. 283-289, 2005.

EL-DASH, A.A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCH, L. **Cereals a renewable resource: theory and practice**. St. Paul: AACCC, cap. 10, p. 165-216, 1982.

FELLOWS, P. Extrusion. In: FELLOWS, P. **Food processing technology: principles and practice**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2002., cap. 14, p. 294-308.

HARPER, J.M. Extrusion processing of starch. In: ALEXANDER, R.J.; ZOBEL, H.F. **Developments in carbohydrate chemistry**. 2nd edition. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, p.37-64, 1994.

KOKINI, J. L.; COCERO, A. M.; MADEKA, H.; GRAAF, E. de. The development of state diagrams for cereal proteins. **Trends in Food Science and Technology**, v. 5, n. 9, p.281-288, 1994.

KRABBE, E.L.; LOIOLA, A. Perdas nutricionais durante a secagem do alimento extrusado. In: V SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2005. Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2005, p. 115-120.

LANKHORST, C.; TRAN, QD.; HAVENAAR, R.; HENDRIKS, W.H.; VAN DER POEL, A.F.B. The effect of extrusion on the nutritional value of canine diets as assessed by *in vitro* indicators. **Animal Feed Science and Technology**, v.138, p.285-297, 2007.

LILLARD, D. A. Effect of processing on chemical and nutritional changes in food lipids. **Journal of Food Protection**, v. 46, n. 1, p. 61-67, 1983.

LIN, S.; HUFF, H.E.; HSIEH, F. Extrusion process parameters, sensory characteristics and structural properties of a high moisture soy protein meat analog. **Journal of Food Science**. vol.67, n.3, 2002.

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

MURRAY, S.M., FLICKINGER, A.E., PATIL, A.R., MERCHEN, N.R., BRENT JR., J.L., FAHEY JR., G.C. In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. **Journal Animal Science**. 79, 435–444, 2001.

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

NACIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient Requirements of Dogs. National Academy Press. Washington, 2006.

OLIVEIRA, L.D. Fontes de amido para cães e gatos no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 5., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2005. p.21-54.

OVERLAND, M.; ROMARHEIM, O.H.; AHLSTROM, O.; STOREBAKKEN, T.; SKRED, A. Technical quality of dog food and salmon feed containing different bacterial protein sources and processed by different extrusion conditions. **Animal Feed Science and Technology**. 134 , 124-139, 2007.

POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. **Basic animal nutrition and feeding**. 4 ed., John Wiley, New York, p. 531, 1995.

SAAD, F.M.O.B.; DUARTE, A.; SAAD, C.E.P.; SILVA JR., J.W.; LIMA, L.M.S.; LARA, L.B. **Curso de Pós-graduação “Lato Sensu” (Especialização) a Distância – Nutrição e Alimentação de Cães e Gatos**. UFLA/FAEPE, Lavras, p.129, 2005.

SÁ FORTES, C.M.L. Principais pontos para uma boa formulação de dietas para cães e gatos. In: II SEMANA DE CIENCIAS AGRARIAS E PECUÁRIA, 2006. Ilha Solteira. **Anais...** Ilha Solteira, 2006, 15p.

SAGILATA, M.G.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Resistent starch – A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v.5, p.1-17, 2006.

STOJCESKA, V.; AINSWORTH, P.; PLUNKETT, A.; IBANOGLU, S. The effect of extrusion cooking using different water feed rates on the quality of ready-to-eat snacks made from food by-products. **Food Chemistry**, 114, 226–232, 2009.

VELOSO, J.A.F.; MEDEIROS, S.L.S.; AROUCA, C.L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; OLIVEIRA, S.G. Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.5, 2005.

CAPITULO 2 – IMPACTO DA ADIÇÃO DE ÁGUA NO PROCESSO DE EXTRUSÃO SOBRE AS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E A DIGESTIBILIDADE DA DIETA PARA CÃES

(Impact of the addition of water in the process of extrusion on the physico-chemical and digestibility of dry diets doogs)

RESUMO

Foram avaliadas as propriedades físico-químicas e proposto ensaio de digestibilidade de cinco dietas contendo crescentes volumes de água na extrusão (1072 kg/h, 1182 kg/h, 1293 kg/h, 1444 kg/h e 1565 kg/h). Durante o processo de cozimento por extrusão somente a água foi utilizada como variável, outros parâmetros como temperatura, velocidade da rosca e pressão mantiveram-se média constante de 100° C, >200 RPM e pressão 32 kg/cm² respectivamente para todas as dietas. Os extrusados foram avaliados quanto ao índice de absorção de água, densidade, dureza, atividade de água, umidade e gelatinização. Para o ensaio de digestibilidade foram selecionados cinco cães adultos. O delineamento foi em quadrado latino (cinco tratamentos x cinco períodos, com cinco dias de adaptação e cinco dias de colheita total de fezes por período). Os dados foram submetidos à análise de regressão e correlação tanto para as características dos extrusados quanto para os coeficientes de digestibilidade. A análise de regressão não apresentou efeito para as características dos extrusados, no entanto, o volume de até 1565 kg/h de água na extrusão apresentou correlações negativas para a dureza e densidade e positivas para atividade de água e umidade do extrusado. Não houve resposta de correlação para os coeficientes de digestibilidade, no entanto, a regressão apresentou comportamento quadrático somente para o coeficiente de digestibilidade da proteína. Portanto, o controle da adição de água no processo de extrusão deve ser considerado importante parâmetro de operação da extrusora. Pois, considerando o conteúdo de até 1565 kg/h de água a qualidade nutricional da proteína é prejudicada. Apesar do excesso de água conferir extrusados mais macios, no entanto, a crescente umidade e atividade de água não são desejáveis pela indústria.

Palavras - chave: avaliação nutricional; densidade; dureza; índice de absorção de água; umidade

ABSTRACT

It evaluated the physicochemical properties and proposed digestibility trial of five diets containing increasing amounts of water in the extrusion (1072 kg / h, 1182 kg / h, 1293 kg / h, 1444 kg / h 1565 kg / h). During the process of extrusion cooking only water was used as a variable, other parameters such as temperature, screw speed and pressure remained constant average of 100 ° C, > 200 rpm and 32 kg/cm² pressure respectively for all diets. The extrudates were evaluated for rate of water absorption, density, hardness, water activity, moisture content and gelatinization. For the digestibility trial were selected five adult dogs. The experiment was a Latin square design (five treatments x five periods, with five days of adaptation and five days of total collection of feces for a period). The data were submitted to regression analysis and correlation for the characteristics of the extrudates as for the digestibility coefficients. The regression analysis had no effect to the characteristics of the extrudates, however, the volume until 1565 kg / h of water in the extrusion negative correlation to the hardness and density and positive for water activity and moisture extruded. There was no response to the correlation coefficients of digestibility, however, the quadratic regression showed only the digestibility of protein. Therefore, control of the addition of water in the extrusion process should be considered important parameter of operation of the extruder. Well, considering the content until 1565 kg / h of water the nutritional quality of protein is impaired. Despite the excess of water check extruded softer, however, increasing humidity and water activity are not desirable for the industry.

Keywords: nutritional assessment; density, hardness, rate of water absorption, moisture

2.1 INTRODUÇÃO

O mercado de animais de companhia está em ampla expansão mundial e a alimentação vem sendo a área de maiores investimentos. Neste sentido, diferentes pesquisas têm sido realizadas a fim de que a dieta formulada atenda as necessidades nutricionais de acordo com a idade do animal.

As dietas oferecidas aos cães são em grande parte alimentos extrusados e são compostos por ingredientes tais como os cereais que correspondem (30 a 60%) a maior parte da fórmula de um alimento seco e semi-úmido (Case et al., 1998). A inclusão de cereais na formulação da dieta é devido ao amido, o principal componente dos tecidos vegetais, representando até 85% de alguns grãos. E, sua composição contribui para textura e processamento dos alimentos para cães e gatos (Oliveira, 2005). Com isso, a falta de padronização do processo ou de uniformização do produto pode levar as alterações na textura, gelatinização, índice de absorção de água, expansão entre outros.

Desta forma, a extrusão é uma importante etapa e a mais crítica, uma vez que, determinará o grau de gelatinização do amido, a completa cocção do alimento, destruição de microrganismos, a desnaturação de proteínas, perdas de aminoácidos e vitaminas (Carciofi, 2004). Ao contrário da peletização, onde se objetiva compactação e aumento da densidade da ração, a extrusão provoca uma expansão do produto e, por conseguinte, garante uma densidade e um peso específico final menor da ração (Krabbe, 2005).

A combinação das variáveis envolvidas no processamento da dieta, como a umidade, pressão, calor e cisalhamento permitem que as matérias primas modifiquem suas características estruturais, funcionais e nutricionais durante a extrusão, ocorrendo várias mudanças químicas e físicas simultaneamente (El-dash, 1982). Portanto, a combinação de pressão, temperatura, viscosidade e fluidez podem influenciar na textura final do produto, na densidade, cor e propriedades funcionais. Além disso, pode provocar gelatinização do amido, ou seja, a exposição dos nutrientes contidos no interior das células vegetais à ação digestiva (MURRAY, 2001). Contudo, para obtenção de um produto final de qualidade é importante considerar as

condições de cozimento do alimento principalmente quanto ao controle de volume de água adicionado no processo.

A água contribui para a mistura dos ingredientes e está relacionada à fluidez dos mesmos durante o cozimento, desta forma, sua variação pode propiciar, além de, uma incompleta gelatinização do amido também indisponibilizar outros componentes ou nutrientes do alimento e desta forma afetar na digestibilidade da dieta. O preparo dos ingredientes para extrusão ocorre no pré-condicionador, onde há o contato do material sólido com a porção líquida. Material muito viscoso interfere nas características físicas e químicas dos extrusados (Lin et al., 1997), portanto, o conteúdo de água é de grande importância no processo de extrusão, pois, sua adição contribui para a mistura, ou seja, a hidratação das partículas tornando o material menos viscoso no cilindro extrusor. A diminuição da viscosidade da massa contribui dessa forma na fluidez que possibilita uma menor fricção do material levando a redução da conversão do extrusor da energia mecânica para térmica resultando em produto com menor temperatura (Lin et al., 2002).

Embora os efeitos das variáveis durante o processo de extrusão em tecnologia de alimento para humanos serem encontrados na literatura, no entanto, o efeito do cozimento de extrusão em dietas para cães é escasso, principalmente com relação ao controle do conteúdo de água envolvido durante o processo de extrusão. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto da adição de água no processo de extrusão sobre às propriedades físico-químicas e ensaio de digestibilidade da dieta para cães.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Características físico-químicas dos extrusados

As dietas foram processadas em extrusora dupla rosca e foi considerado somente o conteúdo de água como variável. Apresentado os crescentes volumes: 1072, 1182, 1293, 1444 e 1565 kg/h água. Outros parâmetros como temperatura, velocidade da rosca e pressão mantiveram-se constante em 100^o C, >200 RPM e pressão 32 kg/cm², respectivamente.

Os extrusados contendo crescentes volumes de água foram avaliados quanto ao grau de gelatinização do amido (GGA), índice de absorção de água

(IAA), densidade, atividade de água (Aa), umidade e dureza. A gelatinização do amido foi avaliada por meio de RVA (Rapid Visco Analyser) - Amylograph – E Brabender[®] e NIR (Near Infrared Spectrometers) MPA (Multi purpose analyser) - Bruker[®]

A densidade foi realizada em cinco amostras por tratamento determinada pela razão do peso da dieta (gramas) por volume (litros). As amostras foram homogeneizadas e colocadas em recipiente (100 cm³) e pesadas sobre balança digital (capacidade de 2.000 g). O índice de absorção de água (IAA) de cada tratamento foi determinado em duplicata segundo a técnica proposta por Holay e Harper (1982). As dietas foram moídas em moinho de bola (MA-350, MARCONI[®]), pesados 40g de cada tratamento, colocados em béquer de 500 mL, adicionados 200 mL de água destilada quente (60°C), seguindo-se de agitação por 1024 segundos. Em seguida a amostra foi deixada em repouso por três minutos e filtrada por meio minuto, em papel de filtro. O volume filtrado (V), que representa a água não absorvida, foi anotado e utilizado para o cálculo, segundo a equação: Absorção de água (%)=[(200-V)/40x100].

Para determinar a dureza ou resistência à ruptura dos extrusados foi utilizado texturômetro TA-XT Plus[®] acoplado a um registrador automático de variação de força. O valor considerado foi a média aritmética da determinação de força de quebra de 50 extrusados, tomadas aleatoriamente, para cada tratamento expressos em kgf. As leituras de atividade de água (Aa) foram feitas com equipamento portátil digital Aqualab[®].

2.2.2 Ensaio de digestibilidade

Foram utilizados cinco cães, três machos e duas fêmeas adultos, da raça Beagle, sadios, vacinados e desverminados, com peso médio de 13,40±1,73kg, procedentes do canil do Laboratório de Estudos de Nutrição Canina – LENCAN, do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná – UFPR. Na Tabela 1 estão apresentadas a formulação e composição analisada das dietas.

Tabela 1 – Formulação e composição analisada da dieta.

Ingredientes	%
Milho grão moído	25,560
Farinha de vísceras	24,480
Quirera de arroz	15,000
Farelo de trigo	8,000
Farelo de soja hipro	6,000
Farinha de vísceras especial	5,000
Farinha de carne	3,840
Farinha de peixe	3,000
Óleo de frango	4,000
Palatabilizante	2,000
Açúcar	1,000
Corante natural	0,840
Premix*	0,600
Cloreto de sódio	0,500
Prebiótico	0,100
Redutor de odor fecal	0,025
Antifúngico	0,020
Antioxidante	0,015
Minerais orgânicos*	0,020
TOTAL	100
Valores analisados – Matéria seca	
Energia metabolizável (kcal/kg)	4284
Proteína bruta (%)	34,00
Extrato etéreo (%)	7,60
ENN (%)	48,18
Cálcio (%)	1,30
Fósforo total (%)	0,90

*vit A 10000 UI, vit D3 1000 UI, vit E 24 mg, vit K3 2,4 mg, vit B1 2mg, vit B2 4mg, vit B12 16 mcg, niacina 28 mg, ácido pantotênico 8 mg, colina 400 mg, zinco 100 mg, ferro 100mg, manganês 30 mg, cobre 12 mg, iodo 1mg.

As dietas foram balanceadas de acordo com as exigências nutricionais de cães adultos preconizadas pela *Association of American Feed Control Officials* - AAFCO (2003).

Os cães foram alojados em gaiolas metabólicas de 0,7x0,6x0,5m. O ensaio de digestibilidade foi conduzido pelo método da colheita total de fezes, considerando as recomendações da AAFCO (2003). As dietas foram oferecidas por um período de adaptação de cinco dias seguidos de cinco dias de colheita de fezes, resultando em produção total de fezes (mistura composta) de cada animal por período.

Os cães foram distribuídos em delineamento quadrado latino (5x5), com cinco tratamentos (dietas com crescentes volumes de água) e cinco períodos com cinco repetições (cada unidade experimental uma repetição). Os tratamentos foram distribuídos em cada período, de forma que cada cão consumiu todos os tratamentos.

Os alimentos foram oferecidos duas vezes ao dia, às 7 horas e 30 minutos e às 16 horas e 30 minutos, em quantidade suficiente para atender as necessidades de energia metabolizável do animal segundo a fórmula: $NEM = 130 \times \text{Peso corporal}^{0,75}$ (NRC, 2006). A água foi fornecida à vontade.

As fezes foram colhidas e pesadas duas vezes por dia e armazenadas em potes plásticos individuais, previamente identificados, tampados e mantidas em freezer para posteriores análises.

Ao final de cada período de colheita, as fezes de cada repetição (animal) foram descongeladas à temperatura ambiente e homogeneizadas separadamente formando uma amostra composta por tratamento. As fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. A ração e as fezes foram moídas a 1mm e submetidas às análises bromatológicas, em duplicata e repetidas quando variavam mais de 5%, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Paraná - UFPR. Foram determinados, nas rações e fezes os teores de: proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA), matéria mineral (MM), matéria seca (MS), fibra bruta (FB), extrativos não nitrogenados (ENN) e amido, conforme a AOAC (1995), e energia bruta (EB), em bomba calorimétrica, os extrativos nitrogenados foram calculados pela equação: $ENN = 100 - (\text{umidade} + FB + PB + MM + EEHA)$.

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, matéria orgânica, PB, ENHA, segundo a equação: $CDA\% = ((\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado}) / \text{nutriente ingerido}) \times 100$. Os dados foram submetidos a análise de variância e regressão e as médias foram comparadas pelo Teste Tukey a 5% de probabilidade.

2.2.3 Análise estatística

Os dados obtidos tanto para as características dos extrusados quanto para os coeficientes de digestibilidade foram submetidos à análise de regressão polinomial e correlação utilizando os procedimentos PROC e CORR, respectivamente do Statistical Analysis System (SAS 1996) considerando 5% de significância.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 estão apresentados os valores do grau de gelatinização, densidade, Índice de absorção de água (IAA), atividade de água, umidade e dureza.

Tabela 2. Médias do grau de gelatinização do amido (GGA), densidade, Índice de absorção de água (IAA), atividade de água (Aa), umidade e dureza das dietas com crescentes kg/h de água na extrusão.

Dietas (kg/h água)	GGA (%)	Densidade (g/L)	IAA (%)	Aa	Umidade (%)	Dureza (kgf)
1072	88	462	493	0,27	5,6	7,83
1182	82	450	500	0,38	6,3	7,44
1293	70	444	499	0,46	6,9	7,94
1444	94	446	495	0,62	8,5	7,08
1565	94	432	498	0,68	9,9	6,02
CV (%)	-	3,81	-	33,13	22,30	25,77

CV = coeficiente de variação

Essas variáveis são utilizadas para avaliar o grau de cozimento dos ingredientes da dieta que passam por extrusão. Dietas com densidade alta e baixa absorção de água são indícios de produtos pouco expandidos, com gelatinização do amido inadequada e com menor aproveitamento dos nutrientes (Camire, 1998, citado por Sá-Fortes 2005). Os valores encontrados para o IAA em todas as dietas tiveram comportamento de absorção próximo, revelando assim que os crescentes conteúdos de água durante o processo de extrusão não interferiu no IAA. Outros autores estudaram a extrusão de misturas de farinha de batata doce e soja, com os valores variando de 18% a 30% de umidade, temperatura e rotação de roscas mantidas constantes a 100°C e 80 rpm respectivamente, observaram que a umidade não afetou os valores de IAA (Borba et al., 2005). Do mesmo modo, Carvalho et al. (2002), estudando os efeitos da temperatura e umidade na extrusão de misturas de farinha de trigo, arroz e banana observaram que os menores valores de IAA ocorrem com umidade de 40%, atingindo maiores índices com umidade de 30%. Segundo os autores em amostras com alto teor de umidade, mesmo em temperaturas altas, o nível de degradação do amido pode ser menor, ou seja, ocorre menor ruptura e, assim, maior absorção de água.

As dietas contendo crescentes volumes de água durante o cozimento, apresentaram IAA próximos revelando assim que o processo de extrusão foi uniforme. Caso contrário se houvesse a variação no índice de absorção de água indicariam o amido não gelatinizado. Em relação a regressão não foi observado respostas para as características estudadas no presente estudo ($p>0,05$) dados não apresentados, no entanto, apresentaram correlação significativa ($p<0,01$) (Tabela 3).

Tabela 3. Correlação entre a adição de água no processo de extrusão e a umidade, atividade de água, densidade e dureza do extrusado
Variáveis Água no processo de extrusão.

Variáveis	Água no processo de extrusão
Atividade de água	0.951 ***
Umidade	0,939***
Densidade	-0.534 **
Dureza	-0.308 ***

*** $P<0,001$ ** $P<0,01$

Conforme ocorre a adição de água no processo de extrusão existe correlação positiva para ($p < 0,001$) a atividade de água e umidade. Desta forma, apresentam maior conteúdo de água livre, implicando em maior cuidado durante o processo de secagem. Já para a densidade e dureza houve correlação negativa ($P < 0,01$), ou seja, o volume de água é inversamente proporcional para essas características estudadas. À medida que ocorre o aumento de água no processo de extrusão, os extrusados tendem a menor densidade e mais poros na massa como mostra a Figura 1.

Desta forma, confere uma menor dureza, ou seja, os extrusados apresentam menos duros (macios). Borba et al. (2005) avaliaram o efeito das condições de processamento em farinhas de batata-doce pré-gelatinizadas e não encontraram efeito da umidade sobre a dureza.

Desta forma, Gomez e Aguilera (1983 e 1984) citado por Carvalho et al. (2002) demonstraram que há uma relação indireta entre a umidade de processamento e grau de degradação do material extrusado, pois, concluíram que tanto a umidade quanto a temperatura de processo são fatores de interação, sendo difícil, segundo os autores a interpretação de qual deles foi o responsável pela mudança do material amiláceo.

No presente estudo a dieta que continha 1565 kg/h de água devido à alta umidade, apresentou deformações no extrusado final, ou seja, no momento da saída da extrusora não ocorreu a evaporação suficiente da água, em consequência obtiveram efeito plastificante apresentando aglomerações dos extrusados como mostra a Figura 2.

Neste sentido, a umidade tem efeito pronunciado nas características dos extrusados. Segundo Owulata et al. (2001) a umidade exerce grande influencia na qualidade do extrusado por afetar a estrutura celular e a fragilidade dos produtos expandidos. Na Figura 1 as dietas 1 e 2 com menores conteúdos de água apresentaram uma massa mais compacta e menos porosidades comparadas as dietas 3 e 4, porém, a dieta cinco parece formar novamente uma massa compacta e não apresentaram formação de poros. Uma das funções da água é criar bolhas de ar, o que leva as diferenças na expansão, no entanto, em níveis mais altos como mostra a Figura 2, apresenta características indesejáveis como aglomerações dos extrusado, formando

extrusados mais compactos. Fato similar ao estudo realizado por Thymi et al. (2005), os mesmos verificaram que o efeito do conteúdo de água no processo de extrusão do amido milho foi significativo na taxa de expansão, encontraram correlação negativa, ou seja, com o aumento de água diminui a taxa de expansão. As médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDAs) das dietas com adição de até 1565 kg/h de água estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA%) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA), extrativos não nitrogenados (ENN), energia bruta (EB) e metabolizabilidade da energia (EM, Kcal/kg) de dietas com diferentes umidades em cães.

CDA	Adição de água (kg/h)					EPM	P		
	1072	1182	1293	1444	1565		Q	L	R ²
MS	80,3	85,77	79,64	79,64	80,99	0,73	0,06	0,20	0,04
PB*	85,06	90,10	85,61	85,50	86,39	0,58	0,02	0,52	0,03
EEHA	87,50	87,87	88,20	89,94	88,65	0,54	0,59	0,18	0,06
ENN	87,23	90,39	86,99	87,04	88,04	0,47	0,12	0,36	0,01
EB	84,45	88,54	83,85	83,76	85,54	0,58	0,89	0,35	0,05
EM	3891	4095	3874	3838	3942	27,86	0,89	0,37	0,04

EPM: erro padrão da média. P - Probabilidade para efeitos linear (L) e quadrático (Q). r² - Coeficiente de determinação.

$$*CDAPB = 62,24888 + 0,03920x - 0,00001x^2$$

No presente estudo os crescentes volumes de água utilizados na extrusão das dietas foram favoráveis para o inchamento e rompimento dos grânulos de amido, favorecendo o grau de gelatinização do amido, no entanto, não houve efeito, *in vivo*, para a digestibilidade dos extrativos não nitrogenados, ou seja, o valor calórico oferecido pelo amido não foi afetado.

Outros autores obtiveram resultados na qualidade nutricional da dieta. Veloso et al (2005) avaliaram a digestibilidade em leitões machos, para o milho e o farelo de soja extrusados e encontraram incremento ($p < 0,05$) na digestibilidade dos extrativos não nitrogenados para o milho, no entanto para o farelo de soja não foi encontrado diferença. Em outro trabalho, porém, *in vitro*, o aumento de 200 para 300 g/kg de água na extrusão aumentou o grau de gelatinização do amido resultando, *in vitro*, em aumento da digestibilidade dos carboidratos (Lankhorst et al. 2007). Embora o processo de extrusão permita a melhora nutricional da dieta, Lankhorst et al. (2007) verificaram que pode resultar em perda da lisina quando mantido na mesma temperatura e baixa

umidade no processo de extrusão. No presente estudo, não houve resposta de correlação para os coeficientes de digestibilidade dados não apresentados, no entanto, para análise de regressão teve comportamento quadrático somente para o coeficiente da proteína ($p < 0,05$). Esses resultados mostraram que em até 1565 kg/h água no processo para o cozimento dos ingredientes da dieta prejudica a qualidade nutricional da proteína da dieta. Desta forma, a água adicionada no processo de cozimento da dieta é importante parâmetro para ser controlado, pois, o conteúdo maior de 1565 kg/h de água resultou em menor aproveitamento da proteína.

2.4 CONCLUSÃO

O controle da adição de água no processo de extrusão deve ser considerado importante parâmetro de operação da extrusora, pois, a adição de até 1565 kg/h de água no pré-condicionador resulta em extrusados com menor densidade e macios, no entanto, resultam em crescente umidade e atividade de água e afeta o valor nutricional da proteína de dietas para cães.

REFERÊNCIAS

AAFCO – ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. Official Publications 2003. Association of American Feed Control Officials, 2003.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALITICAL CHEMISTS – AOAC. Official and tentative methods of analysis, 16. Ed. Arlington, Virginia: AOAC International, 1995.

ANFAL – PET . Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação. Disponível em: www.anfalpet.org.br . Acesso em: 10/10/2008.

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

CAMIRE, M.E. Chemical changes during extrusion cooking. Recent advances. **Advanced Exp. Medicine Biological**, v. 434, p.109-121, 1998.

CARVALHO, A. Z. Processamento de alimentos para cães e gatos. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 2., 2002, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2002. p. 194-202.

EL-DASH, A.A. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. In: POMERANZ, Y.; MUNCH, L. **Cereals a renewable resource: theory and practice**. St. Paul: AACC, 1982. cap. 10, p. 165-216.

GOMEZ, H.; AGUILERA, J. M. A physicochemical model for extrusion of corn starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 49, n. 1, p. 40-43, Jan./Feb. 1984.

HARPER, J.M. Extrusion processing of starch. In: ALEXANDER, R.J.; ZOBEL, H.F. **Developments in carbohydrate chemistry**. 2nd edition. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, p.37-64, 1994.

HOLAY, S.H.; HARPER, J.M. Influence of extrusion shear environment on plant texturization. **Journal Food Science**, v. 47, n.6, p. 1869-1874, 1982.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W; SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research Report, 7)

MURRAY, S.M., FLICKINGER, A.E., PATIL, A.R., MERCHEN, N.R., BRENT JR., J.L., FAHEY JR., G.C. In vitro fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. **Journal Animal Science**. 79, 435–444, 2001.

OLIVEIRA, L.D. Fontes de amido para cães e gatos no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 5., 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2005. p.21-54.

ONWULATA, C.I.; SMITH, P.W.; KONSTANCE, R.P.; HOLSINGER, V.H. Incorporation of whey products in extruded corn, potato or rice snacks. **Food Research International**, v.34, p.679-687, 2001.

SÁ-FORTES, C.M.L. Valor nutricional de ingredientes energéticos e protéicos para cães. Jaboticabal, SP: Unesp, 2005. 74p. (Tese Doutorado).

THYMI, M.K.; KROKIDA, M.K.; PAPPAS, A.; MAROULIS, Z.B. Structural properties of extruded corn starch. **Journal of Food Engineering**. v.68, p.519 – 526, 2005.

VELOSO, J.A.F.; MEDEIROS, S.L.S.; AROUCA, C.L.C.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; OLIVEIRA, S.G. Composição química, avaliação físico-química e nutricional e efeito da expansão do milho e do farelo de soja para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.57, n.5, 2005.

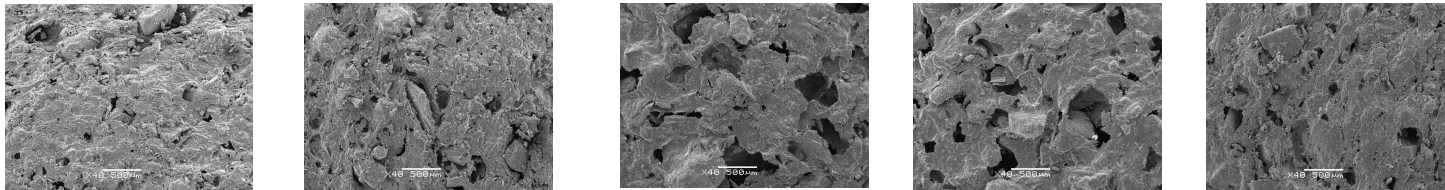


Figura 1. Microscopia de varredura (da esquerda para direita) das dietas 1072, 1182, 1293, 1444 e 1565 kg/h de água na Extrusão. Com aumento de 40X. Pode ser vista a massa do extrusado.



Figura 2. Formas físicas das dietas (da esquerda para direita) 1072, 1182, 1293, 1444 e 1565 kg/h de água na extrusão.