AMIDO E COZIMENTO – CRIANDO FUNCIONALIDADE COM A EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA

DRA. THAILA CRISTINA PUTAROV
Pos-doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Coordenadora do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos "Prof. Dr. Flávio Prada"
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, campus de Jaboticabal

PROF. DR. AULUS CAVALIERI CARCIOFI
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, campus de Jaboticabal

A indústria de alimentos para cães e gatos ganha, a cada dia, mais importância na economia brasileira. O Brasil produziu 2,5 milhões de toneladas de alimentos em 2014, atingindo faturamento ao redor de 16,7 bilhões de reais. Projeçoes para 2015 indicam que o setor deverá ter faturamento de R$ 17,9 bilhões, aumento de 7,4% sobre 2014 (ABINPET, 2014). Os alimentos secos compõem o maior segmento da indústria *pet* e a maior parte é obtida pela tecnologia de extrusão.

A extrusão promove mudanças físicas e químicas nos ingredientes, alterando suas qualidades e propriedades, aumentando o valor nutricional com eficiência e baixo custo relativo (GRIFFIN, 2003; TRAN, 2008). A elevada aplicação de energia termomecânica no processo induz alterações vantajosas e desejáveis em alimentos para cães e gatos, como: aumento da digestibilidade dos cereais, melhora da palatabilidade do alimento, modificações de atributos

texturais favorecendo a apreensão e mastigação, inativação de fatores antinutricionais, destruição de microrganismos, aumento da vida de prateleira, ampliação das possibilidades de uso de matérias primas, desnaturação de proteínas com melhora de sua digestibilidade (CHEFEL, 1986; LANKHORST et al., 2007).

As mudanças físico-químicas promovidas pela extrusão nos ingredientes estão diretamente ligadas à quantidade de Energia Específica Total (EET) transferida para a massa. Esta, por sua vez é composta pela soma das implementações de Energia Mecânica Específica (EME) e Energia Térmica Específica (ETE). Estima-se que entre 20% e 45% da energia total aplicada no processo *pet food* corresponda à EME, sendo a restante energia térmica, que desta forma é a principal forma de energia implementada. Não existem, porém, dados que confirmem esta informação, pois, na maioria das ocasiões não há registro ou o cálculo da aplicação de ETE. Desta forma podemos considerar que ainda nos encontramos no início da compreensão das potencialidades e dinâmica deste processo. A correta parametrização do processamento requer que se computem as aplicações de energia, controlando a extrusão de modo mais técnico pela aferição da aplicação de EME, ETE, tempo de residência no condicionador e extrusor, temperatura e pressão da massa em processamento e a umidade de processamento da massa na extrusora. Estes parâmetros de produção devem ser correlacionados com seus efeitos ou funcionalidades, em termos de macroestrutura dos kibbles e índice de gelatinização do amido. Integrando os parâmetros críticos de processamento com os efeitos e funcionalidades nos kibbles, será possível planejamento mais técnico do processamento.

As rações para cães e gatos têm, normalmente, os grãos como maiores constituintes, tanto por serem mais baratos que os ingredientes de origem animal como por necessidade técnica da extrusora, que para processar o alimento requer quantidades adequadas de amido. Dentre os grãos mais utilizados estão

o arroz, o milho e o sorgo. O ganho em digestibilidade e palatabilidade dos cerais talvez seja o efeito mais notório promovido pela extrusão, devido a gelatinização e plasticização do amido, que se torna mais digerível pelas enzimas do trato digestório dos carnívoros (MURRAY et. al, 2001).

Estruturalmente, o amido dos cerais se encontra como partículas semi-esféricas altamente ordenadas, denominadas grânulos, formados por cadeias de amilose e amilopectina (RATNAYAKE e JACKSON, 2003). A forma física e o tamanho do grânulo de amido influenciam o processo de extrusão. A estrutura altamente ordenada do grânulo de amido confere a característica de birrefringência, que é típica de substâncias cristalinas. De forma geral, os grânulos de amido são compostos majoritariamente por amilopectina, sendo esta fração mais susceptível à ação enzimática que a amilose (DONA et al., 2010). Os ingredientes amiláceos estão diretamente ligados a qualidade final do extrusado, pois conferem a coesão entre todos os ingredientes e nutrientes da mistura. Durante a extrusão, os grânulos de amido são umedecidos e recebem calor, atrito mecânico, corte e pressão, sofrendo o fenômeno de gelatinização: incham, derretem e perdem sua estrutura cristalina (ZENG et al., 1997; RATNAYAKE e JACKSON, 2009). Com o progressivo aumento da temperatura e umidade, os grânulos absorvem água e perdem sua birrefringência, ocorrendo aumento da viscosidade (RATNAYAKE & JACKSON, 2009). A configuração da rosca e a área de vazão da matriz determinam maior ou menor restrição ao fluxo da massa no tubo extrusor, e com isto o atrito mecânico, cisalhamento, aplicação de EME, temperatura e pressão da massa. Se o processo aplicar as quantidades necessárias de EET, umidade e tempo de residência, ao final do canhão da extrusora a massa estará em fase semilíquida, com elevadas temperaturas e pressão. Ao sair pelo orifício da matriz e entrar em contato com a atmosfera ambiente, a água se vaporiza e a estrutura plástica formada pelo amido se expande originando a estrutura celular, taxa de expansão, porosidade, dureza e forma do extrusado. Os parâmetros de extrusão temperatura, força de

cisalhamento, tempo de retenção e pressão são determinantes para o índice de gelatinização do amido, disponibilidade de aminoácidos e perdas de vitaminas e outros nutrientes (Camire, et al. 1990), influenciando diretamente a saúde do animal e qualidade do produto.

A gelatinização do amido não é fenômeno isolado durante o processamento. No interior do canhão da extrusora, o amido já gelatinizado, principalmente as cadeias de amilose, podem se associar com a gordura presente naturalmente nos ingredientes e originar complexos, denominados amido-lipídio. Estes são formados pelo encapsulamento de moléculas de triglicerídeos no interior de cadeias de amilose (GIBSON; ALAVI, 2013). Suas consequências para o animal e aproveitamento do alimento não estão ainda adequadamente estudadas para cães e gatos. Stroucken et al. (1996) não encontraram efeito do processo sobre a digestibilidade da gordura, sugerindo que estes complexos seriam facilmente digeridos, o que estaria de acordo com a elevada digestibilidade de lipídeos comumente verificada em dietas para cães e gatos (HULLÁR et al., 1998). A formação de complexos amilose-lipídeos altera a textura e expansão dos kibbles. Quanto maior a quantidade de gordura interna na ração, menor será a eficiência de transferência de EME e da extrusão em si, reduzindo o cozimento e promovendo formação de kibbles pouco expandidos e duros (CHFTEL, 1986).

Não se sabe ao certo quanto é necessário gelatinizar o amido para que cães e gatos apresentem adequada digestibilidade dos alimentos extrusados, nem mesmo se a extensão de gelatinização necessária varia entre os diferentes cereais (BAZOLLI et al., 2015). Estudos mostram que o amido dos cereais quando extrusado adequadamente apresenta digestibilidade aparente superior a 95% para gatos (DE-OLIVEIRA et al., 2008) e 98% para cães (CARCIOFI, et al., 2008). As digestibilidades dos nutrientes podem ser alteradas pelo tamanho das partículas dos cereais em frangos, suínos e cães (Roberti-Filho, 2013; Amerah, et al. 2007; Wondra, et al. 1995) e alterar a resposta pós-prandial em seres humanos e cães

(Holt e Miller, 1994; Pereira, et al. 2002; Roberti-Filho, 2013). Acredita-se que quão mais rápida e completa a digestão e absorção do amido no ser humano, maior será a resposta pós-prandial de glicose e insulina verificada ao alimento (Wolever e Bolognesi, 1996b). Outros fatores alimentares que também influenciam as respostas pós-prandiais são a composição da dieta (Nuttall et al. 1984, Welch, et al. 1987, Nishimune, et al. 1991, Nguyen, et al. 1998) e as condições de processamento (Holt e Miller, 1994).

A redução do tamanho de partículas representa custo de produção relevante (Amerah, et al. 2007), em relação ao processamento, esta é normalmente estudada quanto à sua influência na eficiência da extrusora, índice de gelatinização do amido, índice de absorção de água, taxa de expansão (Desrumaux, et al. 1998; Mathew, et al. 1999) e aparência do produto. Bazolli et al. (2015) verificaram que o aumento da granulometria da matéria-prima resultou em reduções na gelatinização do amido em dietas para cães com diferentes fontes de amido (arroz, milhor e sorgo moídos entre 0,277 milímetros e 0,619 milímetros de diâmetro geométrico médio). A digestibilidade dos nutrientes, entretanto, mudou de acordo com o ingrediente: em dietas à base de quirera de arroz, não se alterou a digestibilidade dos nutrientes em função do grau de gelatinização ou do tamanho geométrico do cereal, enquanto dietas à base de milho apresentaram aumento quadrático na digestibilidade e as à base de sorgo aumento linear na digestibilidade dos nutrientes com a redução da granulometria e aumento do cozimento dos cereais. Rações para cães adultos à base de milho foram estudadas por Hilcko et al. (2009), estes moeram a mistura completa de ingredientes em peneiras de 0,8, 1,0, 1,2 e 1,5 milímetros e verificaram redução quadrática da digestibilidade de gordura e do extrativo não nitrogenado, com o aumento no tamanho das partículas.

O estudo de Roberti-Filho, (2013) avaliou dietas para cães à base de milho e farinha de vísceras de frango, utilizando para isto arranjo fatorial de

tratamentos com 4 diferentes moagens (peneiras de 0,5 milímetros, 0,8 milímetros, 1,4 milímetros e 2,0 milímetros em um moinho de martelos) e duas configurações de extrusão (área de vazão da matriz de 800mm^2/ton/h e 260mm^2/ton/h). Foi verificado que a configuração da extrusora afetou a gelatinização do amido, mas não alterou a digestibilidade dos nutrientes. Por outro lado, a digestibilidade dos nutrientes reduziu linearmente quando o tamanho das partículas da dieta aumentou. A redução da digestibilidade verificada foi atribuída à redução na gelatinização do amido (redução de 86% para 69% de gelatinização) e à indisponibilidade dos grânulos inteiros, grosseiramente moídos com o aumento do tamanho de partículas. Roberti-Filho verificou que a resposta pós-prandial de glicose e insulina pode ser influenciada tanto pelo tamanho de partícula da mistura quanto pela configuração da extrusora. Cães alimentados com a ração moída a 0,5 mm apresentaram maior elevação da glicemia e maior secreção de insulina do que cães que receberam as rações moídas a 0,8 mm, 1,4 mm e 2,0 mm. A dieta com configuração mais restritiva (menor área de vazão) também induziu maior glicemia nos cães que a processada com maior área aberta.

Para os animais, a palatabilidade, que engloba fatores como sabor, aroma, apreensão e sensação de mastigação (textura, forma, superfície e tamanho dos extrusados) é normalmente referida como valor de preferências alimentares e comportamento de ingestão. É fator chave na seleção da dieta pelos cães e gatos, estando estreitamente relacionada com seu sucesso comercial. Os fatores mais estudados que determinam a palatabilidade dos alimentos são composição de nutrientes (teores de gordura, proteína e carboidratos) e tipo de ingredientes (proteínas e gorduras de origem animal, ingredientes de origem vegetal, ingredientes fibrosos) (HULLÁRV et al., 1998; CASE et al., 2000). No entanto, o processamento por extrusão é igualmente importante, pois determina vários aspectos estreitamente ligados à palatabilidade e preferência alimentar, como crocância, dureza, forma, tamanho, odor e sabor

da ração. Todas estas características são fortemente influenciadas pelas condições de processamento da extrusora (CARCIOFI et al., 2012), embora dados de sua influência sejam ainda restritos para cães e gatos.

As características macroestruturais dos kibbles extrusados serão o resultado da formulação (teor de amido, proteína, gordura e fibra), tipo de ingredientes (proteína vegetal ou de origem animal) e condições de processamento, incluindo a umidade no canhão extrusor, tempo de residência no condicionador e no canhão da extrusora, transferência de energias mecânica e térmica, velocidade de rotação e configuração da rosca, relação entre área aberta da matiz e produção horária de alimentos, temperatura do cilindro ou camisa, temperatura e pressão da massa em processamento e tipo e velocidade de corte das facas (RIAZ, 2007). Juntos, todos esses parâmetros determinarão a expansão radial e longitudinal do kibble, sua densidade aparente e específica, comprimento específico, estrutura celular, dureza e crocância (TRIVEDI e BENNING, 2003). Dissertação de mestrado de nosso grupo de pesquisa ao estudar a influência da aplicação crescente de energia térmica ao condicionador da extrusora verificou que a densidade aparente, a gelatinização do amido e a digestibilidade in vitro da matéria orgânica são maiores quanto maior a aplicação de ETE (Pacheco, et al. Dados não publicados. 2016).

Considerações finais

Para criar funcionalidade durante a extrusão é necessário se estabelecer objetivos claros finais de cozimento do amido e macroestrutura dos kibbles. O primeiro ponto a se considerar será o tamanho geométrico médio de partículas. Este deve ser estudado para cada tipo de cereal pois eles apresentam comportamento diferente durante a moagem. Na sequencia o processo deve ser definido em termos de transferência de ETE, EME e EET, planejando-se a

injeção de vapor no condicionador, tempo de residência e restrição ao fluxo da massa, por meio da configuração rosca e área de vazão da matriz. Estas características de processamento são fundamentais à obtenção de funcionalidade, que inclui palatabilidade, digestibilidade e respostas metabólicas de glicose e insulina.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO – ABINPET, 2014. Disponível em:<http://abinpet.org.br/site/setor-pet-deve-crescer-74-ate-o-final-de-2015-mas-nao-sem-efeitos-da-crise>. Acesso em 04 de abril, 2016.

AMERAH, A. M.; RAVINDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G. Feed particle size: implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal**, v.63, p. 439–55, 2007.

BAZOLLI, R. S.; VASCONCELLOS, R. S.; DE-OLIVEIRA, L. D; SÁ, F. C.; PEREIRA, G. T., CARCIOFI, A. C. Effect of the particle size of maize, rice and sorghum in extruded diets for dogs on starch gelatinization, digestibility, and the fecal concentration of fermentation products. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 93, p. 2956-296, 2015.

CAMIRE, M. E.; CAMIRE, A.; KRUMHAR, K. Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. **CRC Critical Review in Food Science and Nutrition**, v.29, n. 1, p. 35–57, 1990.

CARCIOFI, A.C.; PALAGIANOB, C.; SA, F.C.; MARTINSA, M.S.; GONÇALVES, K.N.V.; BAZOLLI, R.S.; SOUZA, D.F.; VASCONCELLOS, R.S. Amylase utilization for the extrusion of dog diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.177, p.211– 217, 2012.

CARCIOFI, A. C.; TAKAKURA, F. S.; DE-OLIVEIRA, L. D.; TESHIMA, E.; JEREMIAS, J. T.; BRUNETTO, M. A.; PRADA, F. Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and post-prandial glucose and insulin response. **Journal Animal Physiology Animal Nutrition**, Berlin, v.92, p.326–336, 2008.

CASE, L.P.; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A.; DARISTOTLE, L. **Canine and feline nutrition: A resource for companion animal professionals.** Mosby, Inc., St. Louis, Missouri, USA, 2000. CHEFEL, 1986;

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

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

DESRUMAUX, A.; BOUVIER, J. M.; BURRI, J. Corn grits particle size and distribution effects on the characteristics of expanded extrudates. **Journal of Food Science,** Hoboken, v.63, p.857-863, 1998.

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

GIBSON**,** M.; ALAVI, S. Pet Food Processing-Understanding Transformations in Starch during Extrusion and Baking**. Cereal Foods World,** St. Paul, v.58, p**.** 232-236, 2013.

GRIFFIN, R. W. Palatability testing: Parameters and analyses that influence test conclusions. In: KVAMME, J.L.; PHILLIPS, T.D. **Petfood technology.** Illinois Mt Morris, 2003, p.187-193.

HILCKO, K. P.; FÉLIX, A. P.; OLIVEIRA, S. G.; BORTOLO, M.; MAIORKA, A.; BRITO, C. B. M.; ALVES, P. F. Different milling in diets for dogs. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, p.2511-2515, 2009.

HOLT, S.H.; MILLER, J.B. Particle size, satiety and the glycaemic response**. European Journal of Clinical Nutrition,** v. 48, p. 496-502, 1994.

HULLÁR, I.; FEKETE, S.; SZÕCS, Z. Effect of extrusion on the quality of soybean-based catfood. **Journal of Animal Physiology Animal Nutrition**, Berlin, v.80, p. 201-206, 1998.

LANKHORST, C.; TRAN, Q.D.; 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.
MATHEW, J. M.; HOSENEY, R. C.; FAUBION, J. M. Effects of corn hybrid and growth environment on corn curl and pet food extrudates. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.76, p.625628, 1999.

MURRAY, S. M.; FLICKINGER, E. A.; PATIL, A. R. *In vitro* fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chime from dogs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.79, p.435-444, 2001.

NGUYEN, P.; DUMON, H.; BIOURGE, V.; POUTEAU, E. Glycemic and insulinemic responses after ingestion of commercial foods in healthy dogs: influence of food composition. **The Journal of Nutrition**, v. 128, p. 2654-2658, 1998.

NISHIMUNE, T.; YAKUSHIJI, T.; SUMIMOTO, T.; TAGUCHI, S.; KONISHI, Y.; NAKAHARA, S.; ICHIKAWA, T.; KUNITA, N. Glycemic response and fiber content of some foods. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, n. 2, p. 414-419, 1991.

NUTTALL, F. Q.; MOORANDIAN, A. D.; GANNON, M. C.; BILLINGTON, C.; KREZOWSKI, P. Effect of protein ingestion on glucose and insulin response to a standardized oral glucose load. **Diabetes Care**, v.7, p. 465-470, 1984.

PEREIRA, M. A.; JACOBS, D. R. JR.; VAN HORN, L.; SLATTERY, M. L.; KARTASHOV, A. I.; LUDWIG, D. S. Dairy consumption, obesity, and the insulin resistance syndrome in young adults: the CARDIA Study. **The Journal of American Medical Association**, v. 287, p. 2081-2089, 2002.

RATNAYAKE, W. S.; JACKSON, D. S. Starch gelatinization. Advances in Food and **Nutrition Research**. v.55, 2009.

RATNAYAKE, W. S.; JACKSON. D. S. Starch: sources and processing. In: Encyclopedia of Food Science. **Food Technology and Nutrition**. 2nd ed. Rev. New York: John Wiley & Sons, p.5567-5572, 2003.

RIAZ, M. N. **Extruders and Expanders in Pet Food, Aquatic and Livestock Feeds**. Agrimedia, Clenze, 2007, p.400.

ROBERTI-FILHO, F. I**nfluência da granulometria da matéria-prima e da configuração da extrusora no conteúdo de amido resistente, digestibilidade, fermentação intestinal e respostas metabólicas de cães.** 2013. 54f. Dissertação

(Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2013.

STROUCKEN, W.P.J.; Extruding vs pelleting of a feed mixture lowers apparent nitrogen digestibility in dogs. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 71, p.520-522, 1996.

TRAN, Q.D.; HENDRIKS, W.H.; VAN DER POEL, A.F.B. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.88, p.1487–1493, 2008.

TRIVEDI, N.; BENNING, J. Palatability Keys. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. **Petfood technology.** Illinois Mt Morris, p. 178-179, 2003.

WELCH, I. M. C. L; HILL, B. S. E.; READ, N. W. Duodenal and ileal lipid suppresses postprandial blood glucose and insulin responses in man: possible implications for the dietary management of diabetes mellitus. **Clinical Science**, v. 72, p. 209-216, 1987.

WOLEVER, T. M. S.; BOLOGNESI, C. Source and amount of carbohydrate affect posprandial glucose and insulin in normal subjects. **The Journal of Nutrition**, v. 126, n.11, p. 2798-2806, 1996.

WONDRA, K. J.; HANCOCK, J. D.; BEHNKE, K. C.; HINES, R. H.; STARK, C. R. Effects of particle size and pelleting on growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 757-763, 1995.

ZENG, M.; MORRIS, C. F.; BATEY, I. L.; WRIGLEY, C. W. Sources of variation for starch gelatinization, pasting, and gelation properties in wheat. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v.74, p.63-71, 1997.