

ASSOCIAÇÕES ENTRE O PROCESSAMENTO E A DIGESTIBILIDADE DA PROTEÍNA, PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO, COMPOSTOS DE MAILLARD E A MICROBIOTA INTESTINAL DE CÃES

LUCAS B. SCARPIM¹, MARIA EDUARDA G. TOZATO¹, ELOISE C. RAMOS¹, PATRÍCIA E. ISHII², BRUNA C. LOPES³, TICIANE G.B. FREIRE¹, JAN S. SUCHODOLSKI³, AULUS C. CARCIOFI¹, STEPHANIE S. THEODORO⁴

¹Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/Unesp de Jaboticabal, ²Stonewell Gastrointestinal Vet, ³Texas A&M University, ⁴Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos – FZEA/USP.

Contato: lucas.scarpim@unesp.br / Apresentador: LUCAS B. SCARPIM

Resumo: Foram avaliadas as correlações entre o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), ingestão de aminos biogênicas (AB) e compostos de Maillard (CM), produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR) com a microbiota intestinal e o índice de disbiose (ID) de cães alimentados com dietas contendo farinha de vísceras de frango convencional (FVF) ou hidrolisada (HVF), extrusadas sob dois níveis de energia mecânica específica (EME). A inclusão de HVF e a menor EME aumentaram o CDAPB ($P<0,05$), o qual se correlacionou positivamente com o ID e *Streptococcus* ($r=0,48$ e $r=0,44$; $P<0,01$). A ingestão de AB também se correlacionou positivamente ($P<0,01$) com o ID ($r=0,42$) e *Streptococcus* ($r=0,46$). Dietas com HVF aumentaram a produção de AGCR ($P<0,01$), sendo mais elevados nas dietas sob alta EME ($P<0,05$) enquanto maior produção de AGCC foi observada sob menor EME ($P<0,01$), sem efeito da fonte proteica ($P>0,05$). Os CM não apresentaram correlação significativa com as variáveis avaliadas ($P>0,05$). Assim, o maior CDAPB e ingestão de AB foram associadas a maior ID em animais saudáveis, acompanhadas por maior produção de AGCR, sugerindo que a redução de fermentação no cólon em muito elevada digestibilidade alterou negativamente o microbioma intestinal dos cães.

PalavrasChaves: Ácidos graxos; farinha de vísceras de aves; hidrólise; índice de disbiose; microbioma.

ASSOCIATIONS BETWEEN PROTEIN PROCESSING AND DIGESTIBILITY, FERMENTATION PRODUCTS, MAILLARD COMPOUNDS, AND GUT MICROBIOTA IN DOGS

Abstract: Correlations were evaluated between the apparent digestibility coefficient of crude protein (ADCCP), intake of biogenic amines (BA) and Maillard compounds (MC), production of short-chain (SCFA) and branched-chain fatty acids (BCFA), and the gut microbiota and dysbiosis index (DI) of dogs fed diets containing conventional (PBM) or hydrolyzed poultry by-product meal (HPM), extruded under two levels of specific mechanical energy (SME). The inclusion of HPM and lower SME increased ADCCP ($P<0.05$), which was positively correlated with DI and *Streptococcus* ($r=0.48$ and $r=0.44$; $P<0.01$). BA intake was also positively correlated ($P<0.01$) with DI ($r=0.42$) and *Streptococcus* ($r=0.46$). Diets with HPM increased BCFA production ($P<0.05$), which was higher in diets processed under high SME ($P<0.05$), while greater SCFA production was observed under lower SME ($P<0.05$), with no effect of protein source ($P>0.05$). MC showed no significant correlation with the evaluated variables ($P>0.05$). Thus, higher ADCCP and BA intake were associated with higher DI in healthy animals, accompanied by increased BCFA production, suggesting that reduced colonic fermentation at very high digestibility negatively altered the intestinal microbiome of dogs.

Keywords: Dysbiosis index; fatty acids; hydrolysis; microbiome; poultry by-product meal.

Introdução: A fonte proteica e sua digestibilidade, bem como o processamento das dietas, influenciam a quantidade e o perfil de compostos nitrogenados (CN) que alcançam o intestino grosso (IG) de cães. A fermentação desses CN pela microbiota intestinal resulta na produção de metabólitos como amônia, ácidos graxos voláteis e aminos biogênicas (AB), que podem modular a microbiota intestinal (MI) (Pinto et al., 2022). Embora dietas altamente digestíveis, como as contendo fontes hidrolisadas, sejam tradicionalmente associadas à melhor qualidade nutricional, a elevada digestibilidade pode reduzir o fluxo de substratos para o IG, comprometendo a fermentação microbiana e a saúde intestinal (Diether et al., 2019). Assim, objetivou-se avaliar as associações do processamento das dietas, da digestibilidade e dos metabólitos gerados pela fermentação microbiana com a MI de cães alimentados com dietas extrusadas contendo farinha de vísceras de frango convencional (FVF) ou hidrolisada (HVF).

Material e Métodos: Três formulações com substituição crescente de FVF por HVF (0, 50 e 100%) foram extrusadas sob dois níveis de energia mecânica específica (EME): baixa (10 kWh/t, temperatura da massa de 100°C) e alta (25 kWh/t, 150°C), totalizando seis tratamentos experimentais. A formação e concentração de compostos de Maillard (CM; furosina, lisina-alanina, carboximetilisina e hidroximetilfurfural) e AB (putrescina, cadaverina, histamina, serotonina, espermidina e espermina) foram avaliadas nas dietas extrusadas e nas fezes dos cães. Para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB), produção ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ramificada (AGCR) e composição da microbiota fecal, foram utilizados oito cães Beagle adultos (14,9±1,1 kg; 4,8±2,0 anos) por tratamento, em delineamento de blocos casualizados, com quatro blocos de 21 dias. A microbiota foi quantificada por reação em cadeia da polimerase quantitativa (qPCR), direcionada a grupos bacterianos relevantes para a saúde intestinal de cães (*Faecalibacterium*, *Turicibacter*, *Blautia*, *Fusobacterium*, *Bifidobacterium*, *Bacteroides*, *Peptacetobacter hiranonis*, *Streptococcus* e *Escherichia coli*). A partir desses valores, foi calculado o índice de disbiose (ID) canino. As associações entre o CDAPB, a ingestão de AB e CM e a abundância bacteriana foram avaliadas por correlação de Spearman (r), com ajuste para múltiplas comparações ($P<0,05$). O CDAPB e a produção de AGCC e AGCR foram avaliados em um esquema fatorial, submetidos à ANOVA, e

seus efeitos avaliados por contrastes polinomiais ($P < 0,05$).

Resultado e Discussão: O CDAPB foi maior nas dietas extrusadas sob baixa aplicação de EME ($87,5 \pm 1,3\%$ vs $85,3 \pm 0,6\%$; $P < 0,05$), especialmente naquelas contendo 100%HVf ($89,1 \pm 0,8\%$; $P < 0,05$). Esse aumento no CDAPB se associou positivamente com o ID canino ($r = 0,48$; $P < 0,01$; Figura 1) e com a abundância de *Streptococcus* ($r = 0,4$; $P < 0,01$), e negativamente com *Blautia* e *Fusobacterium* ($r = -0,37$ e $r = -0,39$; $P < 0,01$) grupos associados com homeostase intestinal (Oba et al., 2025). A ingestão de AB pelos cães aumentou com inclusão de HVF nas dietas ($2,9 \pm 0,6$ vs $6,5 \pm 0,5$ vs $9,6 \pm 0,8$ mg/kg^{0,75}) e se correlacionou positivamente com o ID ($r = 0,42$; $P < 0,01$) e com *Streptococcus* ($r = 0,46$; $P < 0,01$; Figura 2), sugerindo que metabólitos nitrogenados podem influenciar a composição da microbiota (Li et al., 2019; Pinto et al., 2022). No entanto, os índices de AB foram < 1 nas dietas, indicando frescor (Wójcik et al., 2021). Houve também maior produção total de AGCR nas dietas com HVF ($18,9 \pm 1,8$ vs $21,3 \pm 0,9$ vs $24,5 \pm 1,4$ mmol/g de fezes na matéria-seca [MS]; $P < 0,01$), sendo maior nas dietas sob alta EME ($P < 0,05$). Observou-se, ainda, maior teor de AGCC totais nas dietas sob menor EME ($590,0 \pm 12,5$ vs $375,8 \pm 8,2$ mmol/g de fezes na MS), possivelmente devido à menor gelatinização do amido ($72 \pm 1\%$ vs $99 \pm 1\%$; $P < 0,05$), sem efeito de fonte proteica ($P > 0,05$). Os CM, associados ao processamento das dietas, não apresentaram correlação significativa ($P > 0,05$) com as variáveis avaliadas. Destaca-se ainda, que o aumento de *Streptococcus* foi observado apenas em parte dos animais, evidenciando acentuada heterogeneidade entre os indivíduos.

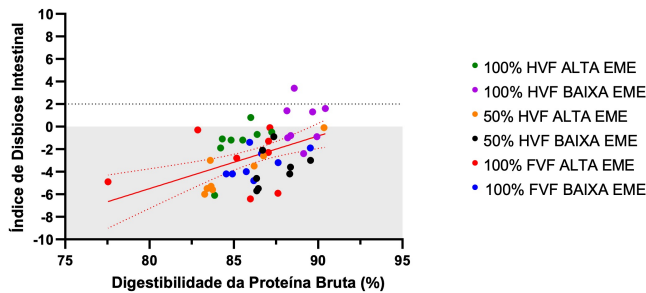


Figura 1. Correlação entre digestibilidade da proteína bruta (%) e o índice de disbiose intestinal em cães alimentados com dietas extrusadas contendo farinha de vísceras de frango hidrolisada (HVf) ou convencional (FVf); EME - energia mecânica específica.

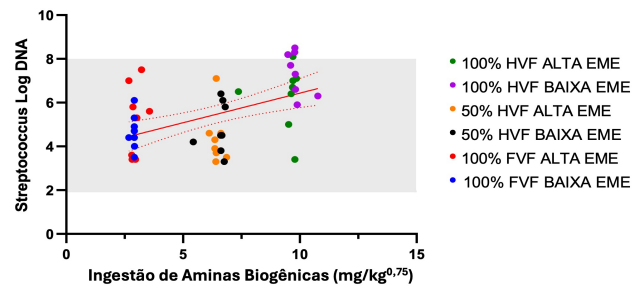


Figura 2. Correlação entre ingestão de aminas biogênicas (mg/kg^{0,75}) e abundância relativa de *Streptococcus* em cães alimentados com dietas extrusadas contendo farinha de vísceras de frango hidrolisada (HVf) ou convencional (FVf); EME - energia mecânica específica.

Conclusão: Embora variável entre cães, o maior CDAPB e ingestão de AB foram associadas a maior ID e redução de bactérias associadas à homeostase intestinal. Isto foi acompanhado por maior produção de AGCR, sugerindo que a redução da chegada de matéria orgânica e fermentação no colón em muito elevada digestibilidade alterou negativamente o microbioma intestinal dos cães.

Agradecimentos: A MBRF Ingredientes pelo financiamento desta pesquisa. À MBRF Petfood, MBRF Ingredients e ADIMAX Pet pelo suporte ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos e a Manzoni Industrial Ltda pela doação da extrusora.

Referências Bibliográficas: DIETHER, NE et al. Microbial fermentation of dietary protein: an important factor in diet-microbe-host interaction. *Microorganisms*, 7(1), 19, 2019. LI, R et al. Colonic microbiota and metabolites response to different dietary protein sources in a piglet model. *Frontiers in Nutrition*, 6, 151, 2019. OBA, PM et al. Effects of diet type on the core fecal bacterial taxa and the dysbiosis index of healthy adult dogs. *Frontiers in Veterinary Science*, 12, 1572875, 2025. PINTO, CFD et al. Hydrolyzed chicken liver used as single source of animal protein in diet and its effect on cytokines, immunoglobulins, and fecal microbiota profile of adult dogs. *PLoS One*, 17(7), e0271932, 2022. WÓJCIK, W et al. Biogenic amines: formation, action and toxicity—a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(7), 2634-2640, 2021.