

PROTEÍNAS VEGETAIS SOBRE O PROCESSO DE EXTRUSÃO E FORMAÇÃO DOS KIBBLES, DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E PRODUTOS DE FERMENTAÇÃO NAS FEZES DE GATOS

CAROLINE A GARCIA¹, ISABEL T C BENTO¹; THOMAZ M SENA¹; LUCAS B SCARPIM¹; THAÍS S A CASTRO¹; PALOMA RICARDO¹; ANA PAULA G GONÇALVES¹; TAÍNE C SILVA¹; CAROLINA OLIVEIRA¹; ELOISE C RAMOS¹; DÉBORA A EUGÊNIO²; MARIANA G PESCUA¹; AULUS C CARCIOFI¹

¹ Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP; ² Universidade de São Paulo – USP
Contato: aulus.carciofi@unesp.br / Apresentador: CAROLINE A GARCIA

Resumo: Foi avaliada a substituição de farinha de vísceras de frango (FVF) por proteína concentrada de soja (CS), glúten de milho 60 (GM) e glúten de trigo (GT). Uma ração com FVF como fonte proteica foi formulada (controle) e desdobrada em 9 dietas experimentais, nas quais CS, GM e GT substituíram 20, 40 e 60% da proteína. Todas foram empregadas no estudo de extrusão, e destas FVF, CS60%, GM60% e GT60% participaram do estudo in vivo (n= 6 gatos por ração). A substituição de FVF por CS e GM elevou a transferência de energia mecânica (P<0,05) enquanto esta se reduziu com GT (P<0,05). A expansão dos kibbles foi maior e a densidade aparente menor para as três proteínas vegetais, e dentre estas a expansão foi maior para CS, depois GM e GT (P<0,05). As rações GT e GM apresentaram maiores digestibilidades da matéria seca, proteína bruta e energia bruta que FVF e CS, enquanto FVF maior digestibilidade da energia bruta que CS (P<0,01). Apesar do escore fecal não ter variado, gatos alimentados com a dieta CS apresentaram menor pH e maior teor de ácidos graxos de cadeia curta e lactato nas fezes, indicando fermentação de sua fibra (P<0,001). A inclusão de proteínas vegetais favoreceu a extrusão e formação dos kibbles, com digestibilidades dos nutrientes superiores à da FVF para GT e GM.

PalavrasChaves: sustentabilidade; glúten de trigo; glúten de milho; concentrado proteico de soja;

VEGETABLE PROTEINS ON THE EXTRUSION PROCESS AND KIBBLE FORMATION, NUTRIENT DIGESTIBILITY AND FERMENTATION PRODUCTS IN FECES OF CATS

Abstract: The replacement of poultry by-product meal (PBM) by soy protein concentrated (SPC), corn gluten meal (CGM) and wheat gluten meal (WGM) were evaluated. A control diet based on PBM was formulated and unfolded in 9 treatments by the replacement of 20, 40, and 60% of the dietary protein by SPC, CGM, or WGM. All diets were used in the extrusion study, and diets PBM, SPC60%, CGM60%, and WGM60% in the in vivo trial (n = 6 cats per diet). The PBM replacement by SPC and CGM increased mechanical energy transference (P<0.05), while it was reduced with WGM addition (P<0.01). Kibble expansion was higher, and density lower with all three vegetable proteins addition, and between then expansion was higher for SPC, than CGM and WGM (P<0.05). Diets with CGM and WGM presented higher dry matter, crude protein, and crude energy digestibility than PBM and SPC (P<0.01), while PBM diet presented higher crude energy digestibility than SPC (P<0.05). Although fecal score did not change, cats fed with the SPC diet presented lower feces pH and higher short-chain fatty acids and lactate concentrations (P<0.01), indicating higher fiber fermentation. The addition of vegetable proteins favored extrusion and kibble formation, with higher nutrient digestibility than PBM for WGM and CGM.

Keywords: sustainability; wheat gluten meal; corn gluten meal; soy protein concentrate

Introdução: Ingredientes proteicos empregados na indústria pet food apresentam impacto ecológico e podem competir com a alimentação humana (SWANSON et al., 2013), aspecto preocupante principalmente em relação à escassez de alimentos conforme previsões da FAO et al. (2020). Proteínas vegetais podem apresentar menor impacto ambiental, não competirem com a alimentação humana e terem composição química e digestibilidade que as caracterizem como ingredientes adequados para felinos (CARCIOFI et al., 2009; GOLDBERGER et al., 2020). Além dos aspectos sensoriais e digestivos, fontes proteicas impactam na extrusão e formação dos kibbles, podendo alterar a transferência de energia mecânica e expansão (VENTURINI et al., 2018). Foi avaliado o efeito da substituição de farinha de vísceras de frango por concentrado proteico de soja (CS), glúten de milho (GM) e glúten de trigo (GT) sobre os parâmetros de extrusão, formação dos kibbles, digestibilidade aparente dos nutrientes e produtos de fermentação nas fezes de gatos

Material e Métodos: Uma ração controle foi formulada com FVF como fonte proteica e desdobrada em 9 dietas, nas quais CS, GM e GT substituíram 20, 40 e 60% da proteína das dietas. Estas foram formuladas para apresentarem proteína bruta (37±0,44%), gordura (15±x0,38%) e amido (22±1,2%) semelhantes. O estudo de extrusão seguiu delineamento inteiramente casualizado. Foi empregada extrusora de rosca simples (Mex-250, Manzoni Industria Ltda) com área aberta de 97,6±0,3 mm²/ton/h. As condições de processamento foram estabelecidas para FVF e mantidas constantes. Após estabilização do sistema foi registrado à intervalos de 15 minutos, com no mínimo 4 medidas por ração: amperagem do motor, adição de água e vapor, temperatura e pressão da massa, produção horária de ração e densidade aparente dos kibbles (Pacheco et al. 2018). A energia mecânica específica (EME) foi calculada segundo Riaz (2000) e a macroestrutura dos kibbles conforme Karkle et al. (2012). A unidade experimental foi a medida de parâmetros de extrusão (n=4) e um kibble individual (n=20). As rações FVF, CS60%, GM60% e GT60% foram empregadas no estudo in vivo, com 24 gatos (6 por ração). Após 10 dias de adaptação gatos foram individualizados em gaiolas metabólicas por 13 dias para coleta total de fezes para digestibilidade, pH e produtos de fermentação (<15 minutos após eliminadas). Dados foram submetidos a análise de variância e contrastes polinomiais no estudo de extrusão, considerando-se os efeitos de fonte proteica, teor de inclusão e suas interações, e no estudo de digestibilidade médias foram comparadas pelo teste de Tukey (P<0.05).

Resultado e Discussão: A amperagem do motor e a EME aumentaram com a inclusão de CS e GM ($p < 0,05$), resultado de ligações entre as proteínas, formando estrutura mais complexa e de alta viscosidade, que retém parte do vapor de água e proporciona expansibilidade à saída da extrusora (Venturini et al., 2018; Guy, 2001). Assim, a densidade da ração ao sair da extrusora e depois do secador diminuíram nesses tratamentos ($P < 0,05$). Além disso à saída da extrusora ocorreu evaporação da água, formando estrutura alveolar que contribuiu para a crocância dos produtos, evidenciada pelo aumento da dureza dos kibbles ($P < 0,001$). Em contrapartida, o aumento de GT causou diminuição da EME ($P < 0,05$), provavelmente por ter diminuído a viscosidade da massa. A expansão radial aumentou com as proteínas vegetais ($P < 0,05$), enquanto o comprimento específico aumentou com a inclusão de CS e GM e diminuiu com GT ($P < 0,05$). Os maiores coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO, PB e EB foram para as dietas GT60 e GM60, superiores a CS60 e FVF ($P < 0,001$). A dieta CS60 proporcionou as menores digestibilidades para MO e EB ($P < 0,001$), aumentou o volume fecal, produtos de fermentação microbiana e o lactato, diminuindo também o pH das fezes ($P < 0,001$). Isto se explica pela maior quantidade de fibra e, também, de polissacarídeos não amiláceos, pois o processo de obtenção do CS pode não retirar totalmente esses compostos (Felix et al., 2013). No entanto, considerando que o escore fecal não se alterou e a digestibilidade da proteína foram similares entre CS60 e FVF, esta se mostrou boa fonte proteica possuindo também fibra fermentável

Tabela 1. Parâmetros de extrusão e macroestrutura dos kibbles de rações para gatos com diferentes inclusões de proteínas vegetais

Item	FVF	Dietas ¹								Contrastes ²		Polinomial ³	Quadrático
		CS20	CS40	CS60	GM20	GM40	GM60	GT20	GT40	GT60	Linear		
Amperagem do motor (A)	39,20	39,08	41,05	44,38	39,33	39,70	41,68	37,68	38,78	38,08	CS GM GT	<0,0001 0,0001 0,013	0,0003 0,013
Pressão de extrusão (bars)	21,53	18,24	20,31	24,19	21,77	24,12	22,98	19,54	22,33	23,11	CS GM GT	0,0409 0,0084 <0,0001	0,0033 0,2323 0,0003
Temperatura da extrusora (°C)	122,20	123,25	133,75	147,25	125,00	121,75	120,75	124,25	127,00	125,25	CS GM GT	0,0077 0,0424 <0,0001	0,0424 0,0001 0,0249
Temperatura do kibble (°C)	84,25	85,19	86,25	86,75	84,50	79,25	81,75	84,50	85,00	85,75	CS GM GT	<0,0001 0,0001 0,0249	-
Produtividade (kg/h)	196	200	201	201	203	201	204	199	202	202	CS GM GT	0,0004 0,001 <0,0001	0,2327 0,1049 0,0575
Densidade do extrusado (g/L)	431	401	365	358	398	392	377	432	426	419	CS GM GT	<0,0001 0,0001 0,0005	<0,0001 <0,0001 0,0157
Umidade do extrusado (%)	21,36	25,53	23,36	23,53	21,75	22,38	21,41	23,72	23,28	25,97	CS GM GT	0,1991 0,0032 <0,0001	0,0157 -
Energia mecânica específica (kw-h/ton)	11,90	11,55	14,50	19,50	11,73	12,43	15,18	8,96	11,00	9,93	CS GM GT	<0,0001 0,0005 0,035	0,0005 0,0128 0,0257
Expansão radial (kibble)	2,77	2,54	2,86	3,15	2,85	2,96	2,87	2,80	2,99	3,19	CS GM GT	<0,0001 0,0001 0,0001	0,0001 0,0002 -
Densidade específica (kg/cm³)	0,48	0,50	0,43	0,41	0,44	0,43	0,43	0,53	0,51	0,51	CS GM GT	<0,0001 0,0011 0,0043	0,002 0,0288 0,0001
Comprimento específico (mm/g)	38,01	40,25	41,32	39,62	39,30	40,11	40,99	36,96	33,36	31,43	CS GM GT	0,0044 0,0002 0,0001	0,0002 -
Força de Ruptura (N)	35,36	62,49	68,63	71,93	32,89	55,52	61,66	76,12	83,53	85,52	CS GM GT	<0,0001 0,0001 0,0001	<0,0001 0,0007 <0,0001
Densidade (g/L)	402	375	353	342	379	364	348	412	393	386	CS GM GT	<0,0001 0,0001 0,0001	0,0051 0,0417 0,0002

¹ FVF = dieta contendo somente farinha de vísceras de frango; CS20 = dieta com substituição de 20% da proteína por concentrado proteico de soja; CS40 = dieta com substituição de 40% da proteína por concentrado proteico de soja; CS60 = dieta com substituição de 60% da proteína por concentrado proteico de soja; GM20 = dieta com substituição de 20% da proteína por glúten de milho 60; GM40 = dieta com substituição de 40% da proteína por glúten de milho 60; GM60 = dieta com substituição de 60% da proteína por glúten de milho 60; GT20 = dieta com substituição de 20% da proteína por glúten de trigo; GT40 = dieta com substituição de 40% da proteína por glúten de trigo; GT60 = dieta com substituição de 60% da proteína por glúten de trigo. ²Efeito linear ou quadrático da inclusão do nível de concentrado de soja, glúten de milho e glúten de trigo

Tabela 2. Ingestão, coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e características fecais de gatos alimentados com diferentes fontes proteicas

Item	FVF	Dietas ¹			EPM ²	p-valor
		CS60	GM60	GT60		
Ingestão (g/gato/dia)						
Matéria orgânica	44,85	49,64	43,97	49,83	1,332	0,2841
Gordura	42,14	47,55	42,27	48,77	1,310	0,1509
Proteína Bruta	6,75	7,80	7,50	7,87	0,215	0,2404
Amido	17,01	19,34	17,37	18,88	0,514	0,3159
Energia bruta (kcal/gato/dia)	10,54 ^b	9,51 ^a	10,43 ^b	12,98 ^a	0,368	0,0021
	2,20	2,51	2,29	2,58	0,069	0,1748
Coefficiente de digestibilidade aparente (%)						
Matéria seca	79,8 ^b	78,22 ^b	84,51 ^a	85,76 ^a	0,741	<0,0001
Matéria orgânica	85,09 ^b	80,97 ^c	87,03 ^b	88,63 ^a	0,662	<0,0001
Gordura	89,43	92,59	91,45	91,86	0,451	0,0717
Proteína Bruta	86,68 ^b	87,08 ^b	90,56 ^a	91,98 ^a	0,549	<0,0001
Amido	99,91 ^a	99,65 ^c	99,89 ^b	99,81 ^b	0,019	<0,0001
Energia bruta	85,91 ^b	82,93 ^c	87,6 ^b	88,82 ^a	0,523	<0,0001
Características fecais						
Matéria seca fecal (%)	44,2 ^a	32,32 ^b	40,59 ^a	42,77 ^a	1,189	0,0002
Escore fecal	4,00	4,00	4,00	4,114	0,9489	
g de fezes (MN)/gato/dia	20,18 ^b	33,87 ^a	17,28 ^b	16,79 ^b	1,710	<0,0001
g de fezes (MS)/gato/dia	9,05 ^b	10,79 ^a	6,83 ^b	7,12 ^b	0,433	0,0007
pH das fezes	6,55 ^a	5,81 ^c	6,3 ^b	6,42 ^b	0,057	<0,0001
Produtos de Fermentação (mMol/g MS)						
Acetato	47,12 ^b	93,28 ^a	52,96 ^b	50,71 ^b	4,008	<0,0001
Propionato	17,74 ^b	35,14 ^a	21,08 ^b	22,25 ^b	1,516	<0,0001
Butirato	15,71 ^c	24,41 ^a	19,67 ^b	20,82 ^b	0,709	<0,0001
Total AGCC	80,57 ^b	152,83 ^a	93,71 ^b	93,79 ^b	5,962	<0,0001
Total AGCR	39,1 ^c	59,01 ^a	47,65 ^b	43,8 ^c	1,591	<0,0001
Total Ácidos Graxos Voláteis	119,67 ^b	211,84 ^a	141,35 ^b	137,59 ^b	7,769	<0,0001
Lactato (mMol/kg MS)	4,14 ^b	9,15 ^a	6,79 ^b	7,65 ^b	0,523	<0,0001

¹ FVF = dieta contendo somente farinha de vísceras de frango; CS60 = dieta com substituição de 60% da proteína por concentrado proteico de soja; GM60 = dieta com substituição de 60% da proteína por glúten de milho; GT60 = dieta com substituição de 60% da proteína por glúten de trigo. ² EPM = Erro padrão médio (n=6 repetições por tratamento); a, b, c, d – Médias com mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey

Conclusão: A inclusão de proteínas vegetais favoreceu a extrusão e formação dos kibbles, com maior transferência de EME e maior expansão, especialmente o CS. O GT e o GM apresentaram elevada digestibilidade da proteína, superior à da FVF empregada no estudo. O CS apresentou digestibilidade proteica semelhante a FVF, mas induziu maior fermentação no colón sendo sugerido para formulações suplementadas em fibra

Agradecimentos: A Cargill Agrícola S/A pelo financiamento da pesquisa e doação dos ingredientes. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) Processo: 141786/2019-1 pela bolsa de estudos. À BRF Petfood, BRF ingredient e Adimax pelo suporte ao Laboratório. A Manzoni Industrial pela doação da extrusora.

Referências Bibliográficas: CARCIOFI, A.C. et al. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Animal Feed Science and Technology*, v.151, p.251–260, 2009.FAO et al. The State of Food Security and Nutrition in the World 2020: Transforming food systems for affordable healthy diets. Rome, FAO, 2020.FÉLIX, A.P. et al. The effect of soy oligosaccharide extraction on diet digestibility, faecal characteristics, and intestinal gas production in dogs. *Animal Feed Science and Technology*, v.184, p.86–93, 2013.GOLDER, C. et al. Cats have increased protein digestibility as compared to dogs and improve their ability to absorb protein as dietary protein intake shifts from animal to plant sources. *Animals*, v.10, p.1–11, 2020.GUY, R. *Extrusion cooking: technologies and applications*, Cambridge: Woodhead, 2001.KARKLE, E.L. et al. Matrix transformation in fiber-added extruded products: impact of different hydration regimens on texture, microstructure and digestibility. *Journal of Food Engineering*, v.108, p.171-182, 2012.PACHECO, P.D.G et al. Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. *Animal Feed Science and Technology*, v.243, p.52-63, 2018.RIAZ, M.N. *Extruders in food applications*, Boca Raton: CRC Press, 2000.SWANSON, K.S. et al. Nutritional sustainability of pet foods. *Advances in Nutrition*, v.4, p.141–150, 2013.VENTURINI, K.S. et al. Processing traits and digestibility of extruded dog foods with soy protein concentrate. *Journal Of Animal Physiology And Animal Nutrition*, v. 102, p.1077-1087, 2018.