ENERGIA TÉRMICA AUMENTA A PRODUTIVIDADE E REDUZ O CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO SISTEMA DE EXTRUSÃO

MAYARA A. BALLER, PETERSON D. G. PACHECO, AMANDA VITTA, FRANCINE M. PERES, ÉRICO M. RIBEIRO, LUCAS B. SCARPIM, THAILA C. PUTAROV, AULUS C. CARCIOFI

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus de Jaboticabal
Contato: aulus.carciofi@gmail.com

Resumo: Apesar da energia térmica específica (ETE) ser a principal fonte energética na extrusão de *petfood*, seus efeitos ainda não estão totalmente caracterizados. Foi avaliado o efeito da aplicação de ETE sobre a produtividade, consumo de energia elétrica e características dos *kibbles* de alimento para gatos. Uma formulação padrão para gatos foi desdobrada em três tratamentos: baixa aplicação de ETE no pré-condicionador (45ºC); alta aplicação de ETE (95ºC), alta aplicação de ETE com correção da amperagem de trabalho do motor (95ºC flow). O aumento da aplicação de ETE (vapor no pre-condicionador) reduziu o consumo de energia elétrica e aplicação de energia mecânica específica (EME), mas aumentou a energia específica total (EET). O posterior aumento da taxa de alimentação (95ºC flow) restaurou a amperagem de trabalho, com elevação de 41% na produtividade da extrusora, elevada ETE e EET, com maior expansão dos *kibbles* e cozimento do amido. Suficiente aplicação de ETE mantem elevada aplicação de EET, com redução no consumo de energia elétrica, aumento da produtividade, melhor formação e cozimento dos *kibbles*.
Palavras Chave: Extrusão, gelatinização do amido, macroestrutura dos kibbles

THERMAL ENERGY INCREASES PRODUCTIVITY AND REDUCES CONSUMPTION OF ELECTRIC ENERGY IN THE EXTRUSION SYSTEM

Abstract: Specific thermal energy (STE) is the main energy source for pet food extrusion, but if effects are not completely characterized. The effects of STE application were evaluated on food productivity, electric energy consumption, and kibble traits of a cat food. A formulation for cats was unfolded on three treatments: low STE application (45ºC); high STE application (95ºC); high STE application with a correction of motor work amperage (95ºC flow). The increase on STE application (steam on preconditioner) reduced electric energy consumption and the specific mechanical energy (SME) application but increased the total specific energy (TSE) of the extrusion system. The further increase on feed rate (95ºC flow) restored the motor work amperage, with 41% increase on extruder productivity, high STE and TSE, and greater kibble expansion and starch cooking. Adequate STE application induce greater TSE, reduced electric energy consumption, and allow adequate kibble formation and high starch cooking.
Keywords: extrusion; starch gelatinization; kibble macroestructure

Introdução: Extrusoras são equipamentos capazes de aplicar na mistura de ingredientes energia mecânica específica (EME) por meio de cisalhamento e energia térmica específica (ETE) pela injeção direta de vapor e água durante o processamento. A soma dessas energias aplicadas a massa é a energia específica total (EET), que induz às transformações necessárias nas matérias primas (Riaz, 2000). Apesar da ETE ser quantitativamente mais importante, seus efeitos sobre os parâmetros de processo e características dos kibbles não estão totalmente estudados. Foi avaliado o efeito da aplicação de ETE sobre a produtividade, consumo de energia elétrica e características dos *kibbles* de alimento para gatos.

Material e Métodos: Uma ração padrão para gatos adultos foi formulada (FEDIAF, 2014) e desdobrada em três tratamentos: baixa aplicação de ETE no pré-condicionador (temperatura de 45ºC); alta aplicação de ETE (temperatura de 95ºC); alta aplicação de ETE com correção da amperagem de trabalho do motor (a taxa de alimentação foi elevada para que a amperagem do motor ficasse semelhante à verificada no tratamento 45ºC; tratamento 95ºC flow). Foi utilizada extrusora de rosca simples (MEX-250, Manzoni Industrial Ltda, Campinas, BR), após a estabilização da extrusora, os parâmetros de processamento e amostras à saída do pré-condicionador, extrusor e secador foram coletados a cada 15 minutos, ao menos 4 vezes por tratamento, representando as unidades experimentais. A ETE foi calculada por balanço de massa e energia do pré-condicionador e extrusor e a EME considerando-se o consumo de energia elétrica e produtividades do sistema (RIAZ, 2000). A gelatinização do amido foi determinada pelo método enzimático (SÁ et al., 2013). A digestibilidade *in vitro* segundo Hervera et al. (2007). Dados foram submetidos à análise de variância e comparados pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Resultado e Discussão: O aumento da aplicação de ETE (vapor no pre-condicionador) reduziu o consumo de energia elétrica e a EME quando se compara T45ºC com T95ºC ($P<0,05$), mas a maior ETE resultou em maior expansão e cozimento dos *kibbles* ($P<0,05$). O posterior aumento da taxa de alimentação (95ºC flow) restaurou a amperagem de trabalho com elevação de 41% na produtividade da extrusora, mas mantendo-se elevadas ETE e EET ($P<0,05$). Com isto mesmo com a maior produtividade verificou-se maior expansão dos *kibbles* e cozimento do amido ($P<0,05$). Além da maior aplicação de EET, a melhor formatação e cozimento pode ser também atribuída à alteração da área e vazão, que se reduziu de 190 mm^2/ton/h (T45ºC e T95ºC) para 130 mm^2/ton/h no T95ºCflow (Moscicki e Wójtowicz, 2011). Estes dados corroboram os achados de Pacheco et al, (2018) em formulação para cães, demonstrando a importância crítica do pré-condicionador e aplicação de ETE na produção de alimentos para gatos.

Tabela 1: Parâmetros de processamento, macroestrutura de *kibble*, gelatinização do amido e digestibilidade *in vitro* de uma formulação de ração para gatos extrusada com diferentes aplicações específicas de energia térmica e taxa de alimentação.

Parâmetro de processo	Tratamentos [1]			EPM [2]	Valor P
	T45	T95	T95extra		
Pré-condicionador					
Temperatura da massa (ºC)	45	95	95	-	-
Umidade da massa (%)	22,66^{ab}	21,05^{b}	23,14^{a}	0,346	0,0150
Massa do condicionador para a extrusora (kg/h)	208,43^{b}	203,57^{b}	310,49^{a}	14,930	<,0001
Extrusora					
Amperagem (A)	45,07^{a}	37,45^{c}	42,05^{b}	0,966	<,0001
Pressão da massa (bars)	22,42^{a}	17,00^{c}	21,06^{b}	0,711	<,0001
Temperatura da massa (ºC)	115,25^{c}	132,25^{a}	126,25^{b}	2,165	<,0001
Produtividade (kg/h)	213^{b}	205,75^{b}	300,25^{a}	13,008	<,0001
Densidade aparente (g/L)	445^{a}	364,7^{b}	369^{b}	11,927	<,0001
Umidade da massa (%)	25,13^{b}	22,59^{c}	26,24^{a}	0,480	<,0001
Balanço de Energia (kW-h/ton)					
EME (kW-h/ton)	18,0^{a}	8,5^{c}	10,2^{b}	1,266	<,0001
ETE (kW-h/ton)	15,96^{c}	68,97^{b}	75,96^{a}	8,110	<,0001
EET (kW-h/ton)	33,96^{c}	77,44^{b}	86,13^{c}	6,928	<,0001
Relação ETE/EME	0,89^{b}	8,15^{a}	7,50^{a}	1,000	<,0001
Macroestrutura do kibble					
Índice de expansão radial	8,99^{c}	10,57^{b}	11,87^{a}	0,364	<,0001
Densidade específica (g/cm^3)	0,51^{a}	0,41^{b}	0,41^{b}	0,014	<,0001
Comprimento específico (cm/g)	44,41^{b}	46,70^{a}	42,28^{b}	0,620	<,0001
Gelatinização do amido (%)	75,32^{b}	81,49^{b}	94,07^{a}	3,114	0,0065
Digestibilidade in vitro da MO (%)	82,59	81,09	81,59	0,337	0,1929

Conclusão: Suficiente aplicação de ETE mantem elevada aplicação de EET, com redução no consumo de energia elétrica, aumento da produtividade, melhor formação e cozimento dos *kibbles*, demonstrando a importância do pré-condicionamento na produção de alimentos para gatos.

Agradecimentos: Ao CNPq (447751/2014-0) e Manzoni Industrial Ltda.

Referências Bibliográficas: FEDIAF - The European Pet Food Industry Federation. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. The European Pet Food Industry Federation, Bruxelas, 2011.HERVERA, M.D.; BAUCELLS, F.; BLANCH, C.; CASTRILHO, M. Prediction of digestible energy content of extruded dog food by in vitro analyses. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition, v.91, p.205–209, 2007.RIAZ, M. N. Extruders in food applications, In: RIAZ M. N. Introduction to extruders and their principles. CRC Press, p.1-23, 2000.SÁ, F.C., VASCONCELLOs, R.S., BRUNETTO, M.A., FILHo, F.O.R., GOMES, M.O.S., CARCIOFI, A.C., 2013. Enzyme use in kibble diets formulated with wheat bran for dogs: effects on processing and digestibility. Journal Animal Physiology Animal Nutrition, 97, 51-59.