Energia térmica na produção de pet food

Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
UNESP, campus de Jaboticabal

1

Energia térmica na produção de pet food

Por quê enfocar a aplicação de energia térmica?

1. Mais **barata** que a energia mecânica
2. Pode colaborar para melhor balanço energético e **redução** do **impacto ambiental** da atividade industrial
3. Maior **preservação de nutrientes**
   - Menor complexação de aminoácidos (preserva valor proteico)
   - Menor perda de vitaminas e selênio
4. Ganho em **palatabilidade** do alimento

2

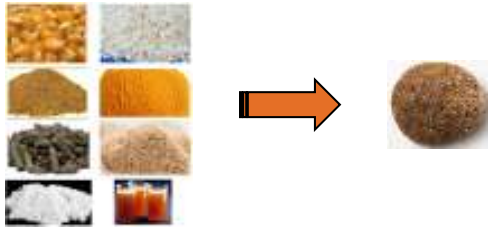
Energia térmica na produção de pet food

Dificuldades na aplicação de energia térmica!

1. Qualidade e regularidade da produção de vapor
2. Capacidade de aplicar e **incorporar** vapor à massa
   - No **condicionador**
   - No interior do **canhão extrusor**
3. Dificuldade de se quantificar a energia térmica aplicada ao produto
   - Medidores precisos de fluxo de massa (ração, água e vapor)
   - Automação ou calculo do balanço de massa no processo
   - Sensores adequados (pressão e temperatura massa)

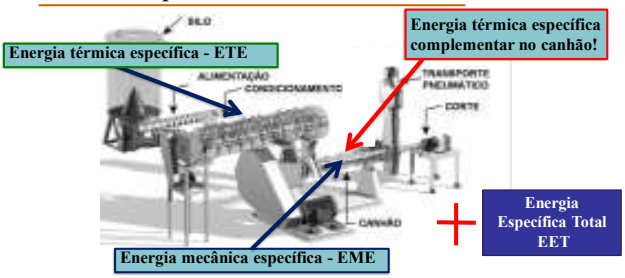
3

Transformações físico-químicas da matéria prima



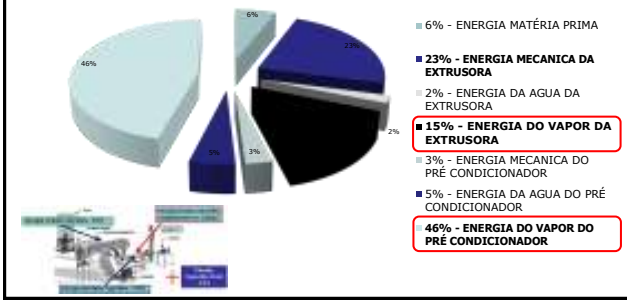
4

De onde vem a energia necessária à transformação da matéria prima



5

ORIGEM DA ENERGIA NO SISTEMA DE EXTRUSÃO



6

Sistema de condicionamento (Condicionador)

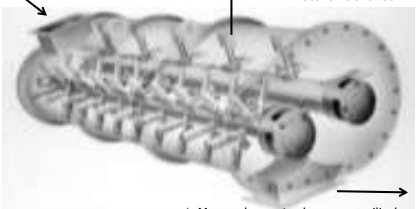
Hastes com pás que movimentam e homogenizam a massa, misturando-a com água e vapor

entrada

Tempo retenção 2-3min

Umidade final 20-35%

Temperatura final 75-95C



saída

Adição de vapor e água:
- ✓ Hidratação;
- ✓ Aquecimento da mistura;

- ✓ Menor desgaste da rosca e cilindro;
- ✓ Menor consumo de energia no processo de extrusão
- ✓ Maior produtividade
- ✓ Melhor textura do produto

10

Sistema de condicionamento (Condicionador)

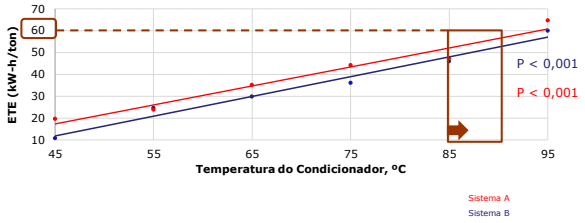
Pontos básicos de controle e verificação

- ✓ Capacidade de armazenamento/retenção de ração **(6 a 7% do volume de produção)**
- ✓ Tempo médio de retenção e seu desvio-padrão **(de 2 a 3 minutos)**
- ✓ Velocidade de rotação das pás **(suficiente para o tempo de retenção desejado)**
- ✓ Homogeneização e distribuição da umidade **(minimizar partículas maiores que 5 mm)**
- ✓ Capacidade de incorporar vapor à massa **(capaz de elevar a temperatura da massa)**

11

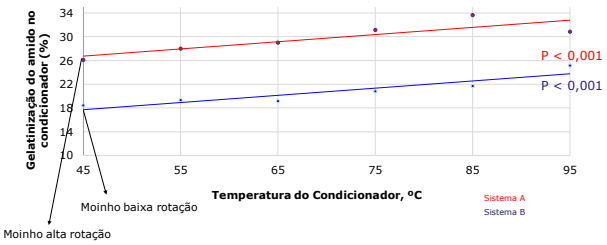
12

Temperatura de operação do condicionador



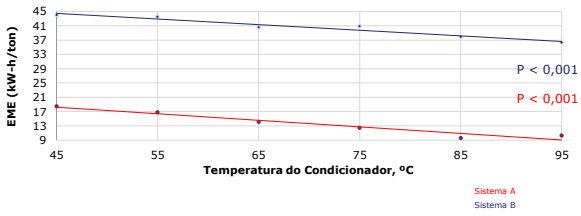
13

Temperatura de operação do condicionador



14

Temperatura de operação do condicionador



15

Energia térmica específica - ETE

Entrada de energia térmica

- Fluidos térmicos (água aquecida)
- Injeção direta de vapor (no condicionador e canhão)

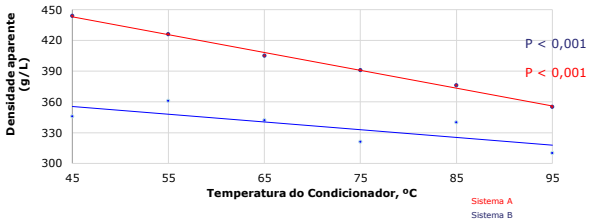
ETE ↑ ↓ EME

Ou vice-versa

Relacionado com tempo de retenção e capacidade de absorção do vapor em função da: taxa de alimentação; velocidade das pás do condicionador e da rosca extrusora; configurações das pás do condicionador e da rosca extrusora.

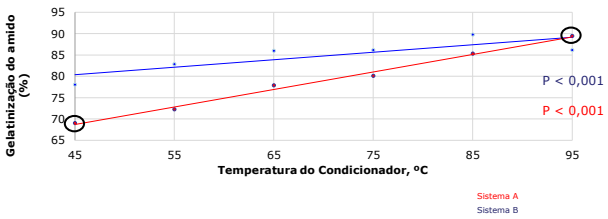
16

Temperatura de operação do condicionador



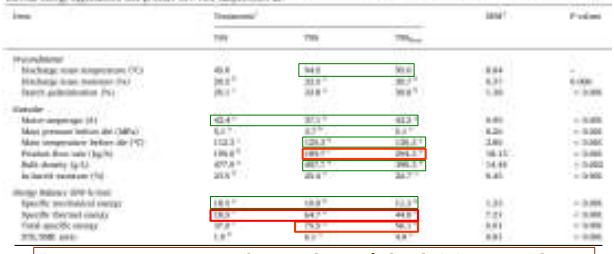
18

Temperatura de operação do condicionador



19

Pacheco, et al., 2018



Com o mesmo consumo de energia mecânica (42,2 amperes) a produção de rações foi de 195 para 295 kg/h, aumento de 50%)

20

ORIGINAL ARTICLE

WILEY

Effects of thermal energy on extrusion characteristics, digestibility and palatability of a dry pet food for cats

Mayara Aline Baler[1] | Petersan Dante Gavasso Pacheco[1] | Amanda Vitta-Takahashi[1] | Thaila Cristina Putarov[1] | Ricardo Souza Vasconcellos[1] | Aulus Cavalieri Carciofi[1]

21

Energia térmica eleva palatabilidade gatos

	First choice (%)		Intake ratio[a]			
Challenges	A	B	B:A	B:B	SEM[b]	p-Value
T45 versus T75	40.0	60.0	0.55	0.45	0.62	0.332
T45 versus T95	24.3	75.7	0.29	0.71	0.44	<0.0001
T75 versus T95	43.6	56.4	0.32	0.68	0.43	<0.0001

[a]Intake ratio: food intake (food A + food B) intake.
[b]SEM, standard error of the mean (n = 20 cats).

Aumento da palatabilidade do alimento para gatos

22

Diferentes relações EME:ETE sobre as características e valor nutricional de alimentos para cães e gatos

Item	Dog food formulation[a]	Cat food formulation[a]
Ingredients, g/kg (as fed basis)[a]	[a]	[a]
Maize[a]	594.0[a]	415.0[a]
Poultry by-product meal[a]	300.0[a]	538.0[a]
Corn gluten meal (60% protein)[a]	–[a]	154.0[a]
Beet pulp[a]	48.0[a]	48.0[a]
Salt (Sodium chloride)[a]	5.0[a]	3.0[a]
Potassium chloride[a]	4.5[a]	4.0[a]
Vitamin-mineral premix[a,c]	3.5[a]	4.0[a]
Choline chloride[a]	2.0[a]	3.5[a]
Potassium sorbate[a]	1.0[a]	1.0[a]
L-Lysine[a]	2.5[a]	2.5[a]
DL-Methionine[a]	2.0[a]	3.0[a]
Taurine[a]	–[a]	3.0[a]
Antioxidant[a,e]	0.5[a]	0.5[a]
Added by coatings[a]	+[a]	+[a]
Poultry Fat[a]	65.0[a]	75.0[a]
Mean geometric diameter, μm[a]	545 ± 1.5[a]	482 ± 1.8[a]

23

Diferentes relações EME:ETE sobre as características e valor nutricional de alimentos para cães e gatos

Mesma operação de condicionamento
alta e média EME => **vapor** no **condicionador**
baixa EME e alta ETE => **vapor condicionador** e **extrusor**

Dietas[1]	EME Alvo (kWhr/t)	EME real (kWhr/t)	ETE (kWhr/t)	EET (kWhr/t)	Relação ETE/EME	Custos (US$/ton)
Cão, baixa EME	8	8,0	98,3	106,3	12,3	4,23
Cão, média EME	20	20,0	61,4	81,4	3,1	5,05
Cão, alta EME	30	28,0	47,8	75,8	1,7	5,94
Gato, baixa EME	8	7,3	86,4	93,7	11,8	4,98
Gato, média EME	20	20,8	90,3	111,1	4,3	5,54
Gato, alta EME	30	29,3	81,4	110,7	2,8	7,72
	C8	C20	C30	G8	G20	G30
Gelatinização amido (%)	76,7	74,5	76,7	83,1	88,1	85,4
Amido Resistente (%)	1,86	1,96	2,02	1,54	1,45	1,61

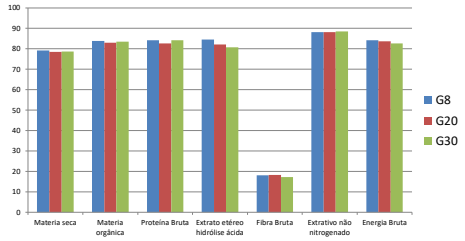
-40%

-55%

24

Diferentes relações EME:ETE sobre as características e valor nutricional de alimentos para cães e gatos

Mesma ETE => digestibilidade dos nutrients (P>0.05).



25

Diferentes relações EME:ETE sobre as características e valor nutricional de alimentos para cães e gatos

Palatabilidade

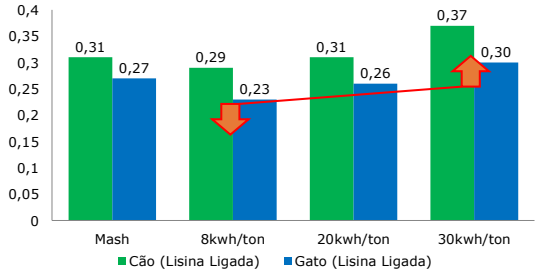
	Tratamentos	1' escolha (nº animais)	Ingestão (% total)	1' escolha (nº animais)	Ingestão (% total)
CÃES					
		Empresa 1		Empresa 2	
Teste 1 (n=30)	Cães, baixa EME	9	30	5	14
	Cães, média EME	21	70**	31	86**
Teste 2 (n=30)	Cães, baixa EME	18	60*	20	54
	Cães, alta EME	12	40	17	46
Teste 3 (n=30)	Cães, média EME	26	81**	27	74**
	Cães, alta EME	4	19	8	26
GATOS					
Teste 1 (n=50)	Gatos, baixa EME	29	58	27	54
	Gatos, média EME	21	42	23	46
Teste 2 (n=50)	Gatos, baixa EME	33	66**	35	70**
	Gatos, alta EME	17	34	15	30
Teste 3 (n=50)	Gatos, média EME	35	69**	38	76**
	Gatos, alta EME	15	31	12	24

Cães
1 média
2 baixa
3 alta

Gatos
1 média
1 baixa
2 alta

26

Diferentes relações EME:ETE sobre as características e valor nutricional de alimentos para cães e gatos



29

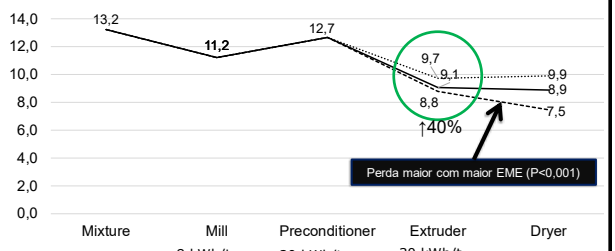
Diferentes relações EME:ETE sobre as características e valor nutricional de alimentos para cães e gatos

Item	BExt [a]	Diets [b]			SEM [c]	P Value	Contrast
		D8	D20	D30			BExt x Ext [d]
Se (µg/kg)	277.2 [a]	144.1 [b]	123.2 [c]	106.2 [c]	9.7	<0.001	<0.001

Maior perda com mais EME

30

Aplicações de EME e retenção de vitamina B6 (piridoxina)



31

Aplicação de Excessiva de Energia Mecânica na Extrusão

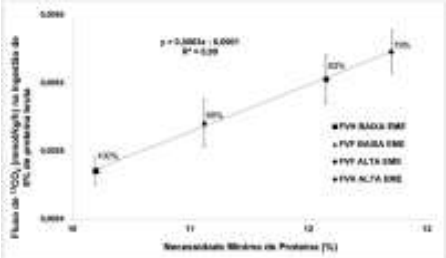
ITEM	EME[1]	INCLUSÃO DE HVF[2] (%) 0	50	100	média	EPM[3]
Coeficientes de digestibilidade aparente no trato digestório total (%)						
Proteína bruta	ALTA EME	85,4	85,3	85,5	85,3	0,38
	BAIXA EME	86,3	87,3	88,1	87,5	0,63
	média	85,7	86,3	87,2		
[illegible]	ALTA EME	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	BAIXA EME	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Média	[illegible]	[illegible]	[illegible]		

Inclusões crescentes de hidrolisado vísceras frango
Alta EME => 28 kWh/t, massa extrusor 151 C, **99,9% GA**
Baixa EME => 9 kWh/t, massa extrusor 104 C, **72,2% GA**

⇨ Importância de sensores (**temp massa**)
Controle da aplicação EME

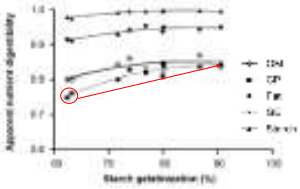
32

Aplicação de Excessiva de Energia Mecânica na Extrusão



33

Cozimento e digestibilidade



Digest PB = -15.28 +2.25GA – 0.01GA^2; R^2= 0.91; P<0.001)

Elevação da gelatinização do amido de 70% para 90% resulta em:

Digest PB aumenta entre 7 e 14%

Digest MO aumenta entre 6 e 12%

Digest EB aumenta até 4.6%

Gelatinizações do amido entre 83 e 87% maximizam a digestibilidade dos nutrientes com pouco risco de degradação/perdas nutricionais

34

Equações para balanço de massa

(1) For Preconditioner

$$M_f + M_{sp} + M_{wp} = M_p + M_{dp}$$

Where: M_f = raw material feed rate (kg/hr); M_{sp} = steam injection into preconditioner (kg/hr); M_{wp} = water injection into preconditioner (kg/hr); M_p = preconditioner product flow rate (kg/hr); M_{dp} = steam loss from preconditioner (kg/hr).

(2) For Extruder

$$M_p + M_{we} = M_{de} + M_e$$

Where: M_p = preconditioner product flow rate (kg/hr); M_{we} = water injection into extruder (kg/hr); M_{de} = steam loss from extruder (kg/hr); M_e = product flow rate (kg/hr).

35

Equações para balanço de energia

B. Energy Balance:
(1) For Preconditioner

$$Q_f + Q_{sp} + Q_{wp} = Q_p + Q_{dp} + Q_{\Sigma SM} + Q_{LP}$$

Where: Q_f = energy flow with raw material (kJ/hr); Q_{sp} = energy flow with steam injection (kJ/hr); Q_{wp} = energy flow with water injection (kJ/hr); Q_p = energy flow with flow rate (kJ/hr); Q_{dp} = energy flow with steam loss (kJ/hr); $Q_{\Sigma SM}$ = energy flow to cook starch and protein (kJ/hr) in the preconditioner; Q_{LP} = preconditioner energy loss (kJ/hr).

(2) For Extruder

$$Q_p + Q_{we} + Q_{mec} = Q_{de} + Q_{\Sigma SM} + Q_{LE} + Q_e$$

Where:
Q_p = energy flow with raw flow rate (KJ/hr); Q_{we} = energy flow with water injection (kJ/hr); Q_{mec} = energy flow with specific mechanical energy (kJ/hr); Q_{de} = energy flow with product flow rate (KJ/hr); $Q_{\Sigma SM}$ = energy flow to cook starch and protein (kJ/hr) in the extruder; Q_{LE} = extruder energy loss (KJ/hr); Q_e = energy flow with flow rate (KJ/hr).

36

Equações para balanço de energia

The heat (Q) obtained was calculated according to the formula:

$$Q = m \times c \times T$$

Where: m = mass; c = specific heat capacity; T = temperature.
The STE was calculated as follows:

$$STE\left(\frac{kWh}{t}\right) = \left(\frac{QT.AbE + Qwe + Qr + Qmp + Qsp + QT.AbP}{Me}\right) \times 1e$$

37

Energia térmica na produção de pet food

Por quê enfocar a aplicação de energia térmica?

1. Mais **barata** que a energia mecânica
2. Pode colaborar para melhor balanço energético e **redução** do **impacto ambiental** da atividade industrial
3. Maior **preservação de nutrientes**
   Menor complexação de aminoácidos (preserva valor proteico)
   Menor perda de vitaminas e selênio
4. Ganho em **palatabilidade** do alimento

38

Energia térmica na produção de pet food

Dificuldades na aplicação de energia térmica!

1. Qualidade e regularidade da produção de vapor
2. Capacidade de aplicar e **incorporar** vapor à massa
   - No **condicionador**
   - No interior do **canhão extrusor**
3. Dificuldade de se quantificar a energia térmica aplicada ao produto
   - **Medidores** precisos de **fluxo** de massa (ração, água e vapor)
   - **Calcular** a energia térmica aplicada
   - **Sensores** adequados (pressão e temperatura massa)

39

40

41

Energia térmica na produção de pet food

Obrigado pela oportunidade e atenção!

Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
UNESP, campus de Jaboticabal

42