



CARLOS MAGNO DA ROCHA JUNIOR

**ADITIVOS TECNOLÓGICOS EM PROCESSO E NA
DIGESTIBILIDADE DE ALIMENTOS SECOS EXTRUSADOS
PARA CÃES**

**LAVRAS – MG
2019**

CARLOS MAGNO DA ROCHA JUNIOR

**ADITIVOS TECNOLÓGICOS EM PROCESSO E NA DIGESTIBILIDADE DE
ALIMENTOS SECOS EXTRUSADOS PARA CÃES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

Orientador

LAVRAS – MG

2019

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Rocha Junior, Carlos Magno da.

Aditivos tecnológicos em processo e na digestibilidade de alimentos secos extrusados para cães / Carlos Magno da Rocha Junior. - 2019.

94 p. : il.

Orientador(a): Antônio Gilberto Bertechini.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2019.
Bibliografia.

1. Emulsificantes e Antioxidantes. 2. Textura e Extrusão. 3. Pet food. I. Bertechini, Antônio Gilberto. II. Título.

CARLOS MAGNO DA ROCHA JUNIOR

**ADITIVOS TECNOLÓGICOS EM PROCESSO E NA DIGESTIBILIDADE DE
ALIMENTOS SECOS EXTRUSADOS PARA CÃES**

**TECHNOLOGICAL ADDITIVES IN PROCESS AND DIGESTIBILITY OF DRY
EXTRUDED FOOD FOR DOGS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Não Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2019.

Dra. Cristina Maria Lima Sá-Fortes UFMG
Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad UFLA
Dr. Alexandre de Oliveira Teixeira UFSJ
Dr. Gabriel Cipriano Rocha UFV

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me manter com saúde do corpo, da mente e do espírito, à Nossa Senhora Aparecida, por interceder por mim, me protegendo em seu manto e a São Jorge, livrando-me dos inimigos e perigos.

Agradeço aos meus pais, Carlos Magno e Diana, que sempre deram suporte na minha vida acadêmica, com muito amor, sempre incentivando e respeitando minhas escolhas.

À minha esposa Fernanda, minha companheira, pela paciência e por todo suporte, pela força nos momentos obscuros, acreditando em minhas escolhas, sempre ao meu lado. Você caminhou comigo pra chegar até aqui!

Aos meus irmãos, André, Marcus e Carla, que acreditam em meu sucesso, e à minha sobrinha Gabi.

Aos meus queridos sogros, Maria (Cotinha) e Pedro (Pedro 90), além de minha cunhadrinha Flavinha, pelas constantes rezas.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade em aprimorar meus conhecimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador, professor Antônio Gilberto Bertechini, pela paciência, compreensão, amizade, música e, principalmente, pelos ensinamentos.

Ao professor Alexandre, pelo incentivo, ensinamentos e ajuda durante o doutorado, sempre sorrindo e ajudando, em todos momentos.

À professora Cristina, responsável inicial por abrir as portas do mundo *pet food* para mim. Minha mentora, com você aprendo sempre.

À professora Flávia, que me fez entender o mercado *pet food* com outra perspectiva, me atualizando, principalmente nas viagens.

Ao professor Gabriel, que buscou direcionar suas palavras sempre visando contribuições para meu crescimento acadêmico.

À professora Carla Brighenti, por todo auxílio nas análises estatísticas, além da paciência e boa vontade, principalmente na reta final.

Ao laboratório da Zootecnia da Universidade Federal de São João Del Rei (UFSJ).

Ao estudante de Zootecnia da UFSJ, Ícaro, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

Ao laboratório multiusuário do Departamento de Química da UFLA.

À Central de Análises e Prospecção Química da Universidade Federal de Lavras, e a Finep, Fapemig, CNPq e Capes pelo fornecimento de equipamentos e suporte técnico para experimentos envolvendo análises cromatográficas.

Aos companheiros da pós-graduação pela troca de ideias, pelo apoio.

À Planalto Alimentos, diretoria e a todos seus funcionários, pelo auxílio e boa vontade durante execução do trabalho.

Aos animais utilizados, que se comportaram muito bem.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

Objetivou-se com essa pesquisa avaliar os efeitos de aditivos emulsificantes em características de processo e textura dos *kibbles* em alimentos secos extrusados em *pet food* e avaliar a digestibilidade aparente de nutrientes e energia metabolizável aparente, em alimentos secos para cães adultos, além de avaliar o uso de antioxidantes sobre a estabilidade oxidativa do óleo de vísceras de aves utilizado na indústria *pet food*. Os experimentos foram divididos em dois artigos, a saber: no primeiro artigo foi utilizado um alimento econômico, adequado para cães adultos de todas as raças. O emulsificante (EMU), a base de ricinoleato de gliceril polietilenoglicol, foi adicionado *on top*, formando cinco tratamentos: ((Controle (CON), (0.3 EMU; CON + 0.3 g/kg EMU), (0.6 EMU; CON + 0.06 g/kg EMU), (0.9 EMU; CON + 0.9 g/kg EMU), (1.2 EMU; CON + 1.2 g/kg EMU)). As funções canônicas 1 e 2 foram significativas ($P < 0,05$). O R^2 canônico encontrado foi elevado, ou seja, a quantidade de variância explicada entre as variáveis estatísticas canônicas independentes e dependentes da função 1 (79,49%) foi significativa para os grupos de características analisadas. O uso de emulsificante não influenciou coeficiente de digestibilidade aparente CTTAD de nutrientes ($P > 0,05$). Diferenças ($P < 0,05$) na energia metabolizável aparente foram observadas, com maiores valores em 0.3 EMU e 0.6 EMU, comparado a 0.9 EMU. A adição do emulsificante mudou os parâmetros de produção ($P < 0,05$). Houve efeito cúbico ($P < 0,0001$) da concentração do emulsificante na amperagem do motor, potência e consumo de energia. Esses resultados indicam que o uso de emulsificante pode ser utilizado como aditivo tecnológico em alimentos extrusados secos para cães adultos; no segundo artigo, dois emulsificantes comerciais, adicionados *on top*, foram utilizados em um alimento seco extrusado, indicado para cães adultos, formando 3 tratamentos ((CON; Controle), (EMUA; CON + 0,06% emulsificante A), (EMUB; CON + 0,06% emulsificante B)). Foi avaliada a estabilidade oxidativa do óleo de vísceras de aves com 5 antioxidantes comerciais sintéticos e 2 naturais ((Controle (CON); CON + (BHT+BHA+ETO95); CON+ (BHT+BHA); CON+ (BHA+PG+AC); CON + (BHT+BHA+ETO70); CON + BHA; CON + (ASC+ alecrim); CON + (ASC+ tocoferois)), em 3 temperaturas (90 °C, 110 °C e 130 °C), e realizada análise do perfil lipídico a 130 °C. Observou-se que a função canônica 1 mostrou-se significante ($P < 0,05$). Percebeu-se que houve controle no processo, devido ao agrupamento dos tratamentos. A utilização de emulsificantes influenciou ($P < 0,05$) a característica de dureza dos *kibbles*, com menor resistência em EMUA. O tratamento EMUB obteve valores de amperagem, potência e consumo de energia, inferior aos demais tratamentos ($P < 0,05$). Os antioxidantes utilizados em CON + (BHT+BHA+ETO95), CON+ (BHA+PG+AC) e CON + BHA, preservaram mais os ácidos graxos essenciais (linolênico e linoleico). Os antioxidantes naturais tiveram maior oxidação, com maiores proporções de ácidos graxos saturados e as piores relações $\omega 6: \omega 3$. Conclui-se que EMUB melhor contribui para características de textura e para o processo de extrusão e indica-se os antioxidantes sintéticos utilizados nos tratamentos CON + (BHT+BHA+ETO95), CON + (BHA+PG+AC) e CON + BHA, os quais proporcionaram maior proteção contra à oxidação e preservaram mais os ácidos graxos essenciais. Os antioxidantes naturais, no presente estudo, não apresentaram proteção satisfatória.

Palavras-chave: Emulsificantes. Antioxidantes. Textura. Extrusão. *Pet food*.

ABSTRACT

The objective of this trial was to evaluate the effects of emulsifier additives on the process and texture characteristics of kibbles in dry foods extruded in pet food and to evaluate the apparent digestibility of nutrients and apparent metabolizable energy in dry foods for adult dogs. Also to evaluate the use of antioxidants on the oxidative stability of poultry viscera oil used in the pet food industry. The experiments were divided into 2 articles, below. At the first article, an economical food was used, suitable for adult dogs of all races. The emulsifier (EMU), based on glyceryl polyethylene glycol ricinoleate, was added “on top”, forming 5 treatments: ((Control (CON), (0.3 EMU; CON + 0.3 g/kg EMU), (0.6 EMU; CON + 0.06 g/kg EMU), (0.9 EMU; CON + 0.9 g/kg EMU), (1.2 EMU; CON + 1.2 g/kg EMU)). Canonical functions 1 and 2 were significant ($P < 0.05$). The amount of variance explained among the canonical statistical variables independent and dependent on function 1 (79.49%) was significant for the groups of characteristics analyzed. Dietary emulsifier concentrations did not influence the CTTAD of nutrients. However, the ME was higher for the 0.3 EMU and 0.6 EMU compared to the 0.9 EMU. The addition of the emulsifier changed the production parameters ($P < 0.05$). There was significant cubic effect ($P < 0.0001$) of concentration of emulsifier on engine amperage, active power and energy consumption. These results indicate that the use of emulsifier can be used as a technological additive in dry extruded foods for adult dogs.; At the second article, two commercial emulsifiers (EMU), added on top, were used in an extruded dry food, suitable for adult dogs, forming 3 treatments ((CON; Control), (EMUA; CON + 0,06% emulsifier A), (EMUB; CON + 0,06% emulsifier B)). The oxidative stability of poultry viscera oil with 5 synthetic and 2 natural commercial antioxidants ((Control (CON); CON + (BHT+BHA+ETO95); CON+ (BHT+BHA); CON+ (BHA+PG+AC); CON + (BHT+BHA+ETO70); CON + BHA; CON + (ASC+ rosemary); CON + (ASC+ tocopherols)) at 3 temperatures (90 °C, 110 °C and 130 °C) was evaluated and the lipid profile analysis was performed at 130 °C. It was observed that canonical function 1 was significant ($P < 0.05$). It was noticed that there was control in the process, due to the grouping of the treatments. The use of emulsifiers influenced ($P < 0.05$) the hardness characteristic of the kibbles, with lower resistance in EMUA. EMUB obtained values of amperage, power and energy consumption, lower than the other treatments ($P < 0.05$). The antioxidants used to form the treatments CON + (BHT+BHA+ETO95), CON+ (BHA+PG+AC) and CON + BHA, preserved more essential fatty acids (linolenic and linoleic). Natural antioxidants had higher oxidation, with higher proportions of saturated fatty acids and the worse $\omega 6: \omega 3$ ratios. It is concluded that EMUB was the best contributor to texture characteristics and to the extrusion process and it is indicated the synthetic antioxidants used in CON + (BHT+BHA+ETO95), CON+ (BHA+PG+AC) and CON + BHA which provided greater protection against oxidation and preserved more the essential fatty acids. Natural antioxidants in the present study did not provide satisfactory protection.

Keywords: Emulsifiers. Antioxidants. Texture. Extrusion. Pet food.

RESUMO INTERPRETATIVO E RESUMO GRÁFICO

Elaborado por **Carlos Magno da Rocha Junior** e orientado por **Antônio Gilberto Bertechini**

O uso de aditivos emulsificantes avaliando as características de macroestrutura dos *kibbles* (croquetes), digestibilidade de nutrientes, bem como parâmetros do processo de extrusão em alimentos secos extrusados para cães, é inovador. A utilização de antioxidantes naturais visando evitar a oxidação lipídica em alimentos para *pet food*, em substituição aos sintéticos, vem ganhando força no mercado nacional, seguindo tendências mundiais, principalmente, dos Estados Unidos e da Comunidade Europeia.

Objetivou-se com essa pesquisa avaliar: (i) os efeitos de aditivos emulsificantes em características de processo e textura dos *kibbles* em alimentos secos extrusados em *pet food*; (ii) a digestibilidade aparente de nutrientes e energia metabolizável aparente, em alimentos secos para cães adultos; e (iii) o uso de antioxidantes sobre a estabilidade oxidativa do óleo de vísceras de aves utilizado na indústria *pet food*.

O uso de emulsificante está associado à melhor absorção de lipídeos, levando ao melhor aproveitamento da energia dos alimentos. Além disso, o uso de emulsificantes contribui para a redução de custos com energia elétrica, uma vez que reduzem a amperagem do motor da extrusora durante o processo. O uso de antioxidantes sintéticos promove maior tempo de indução, em horas, comparados aos antioxidantes naturais. Consequentemente, promovem uma maior proteção contra oxidação. Além disso, existe uma melhor relação ômega 6: ômega 3 ($\omega 6:\omega 3$), com o uso de antioxidantes sintéticos.



A Figura representa o processo de extrusão de alimentos secos extrusados para cães, realizado em uma extrusora industrial; a realização de análise de textura dos *kibbles* no equipamento Instron; e análises laboratoriais dos emulsificantes e antioxidantes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

PRIMEIRA PARTE

Quadro 1 – Aditivos tecnológicos: Grupos funcionais e suas definições.	177
Quadro 2 – Sistema de classificação de Guy para ingredientes por seus efeitos funcionais no cozimento por extrusão.....	388
Figura 1 – Determinação da capacidade antioxidante.....	266

SEGUNDA PARTE

ARTIGO 1

Figure 1 – Canonical statistical variables.....	65
Figure 2 – Distribution of the samples.....	65
Figure 3 – Binocular stereomicroscopy of kibbles produced with different inclusions of emulsifier. Increase of 25 x.....	65
Figure 4 – Graphs of cubic regression for coefficient of total tract apparent digestibility of gross energy (CTTADGE), metabolizable energy (ME) content and digestible energy (DE) as a function of emulsifier doses.....	68
Figure 5 – Graphs of cubic regression for amperage.....	68

ARTIGO 2

Figura 1 – Variáveis estatísticas canônicas.....	81
Figura 2 – Distribution of the samples.....	81
Figura 3 – Estereomicroscopia binocular de kibbles produzidos com diferentes emulsificantes. Aumento de 25 x.....	82
Figura 4 – Avaliação da Amperagem em função do tempo.....	83
Figura 5 – Efeitos da interação entre a amperagem, tratamentos e tempo de leitura da amperagem.....	84
Figura 6 – Efeito de diferentes temperaturas sobre o tempo de indução do óleo de vísceras de aves com diferentes antioxidantes.....	86
Figura 7 – Distribuição dos ácidos graxos nos diversos tratamentos, conforme análise de composição dos dados.....	90

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Table 1 – Wilks Lambda Multivariate Test.....	64
Table 2 – Canonical charge for the canonical function 1.....	64
Table 3 – Coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD, g/kg) of dietary nutrients, metabolizable energy (ME) content on dry matter (DM), hardness and extrusion parameters (Mean \pm standard error).....	66
Table 4 – Effects of emulsifier dosages on coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD, g/kg) of gross energy (GE), metabolizable energy (ME, MJ/kg) content and digestible energy (DE, MJ/kg) content of the experimental diets.....	67

ARTIGO 2

Tabela 1 – Composição dos antioxidantes utilizados.....	78
Tabela 2 – Cargas canônicas da função canônica 1.....	80
Tabela 3 – Dureza dos kibbles.....	82
Tabela 4 – Tempo total de indução (h) em diferentes temperaturas	85
Tabela 5 – Perfil de ácidos graxos (%) do óleo de vísceras de aves submetido a temperatura de 130 °C com diversos antioxidantes.....	88
Tabela 6 – Coeficientes das variáveis em relação a cada componente principal (CP).....	89

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	14
1 INTRODUÇÃO	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Aditivos	16
2.2 Emulsificantes	18
2.3 Classificação e modo de ação dos emulsificantes	19
2.4 Antioxidantes	22
2.5 Classificação e modo de ação dos antioxidantes	24
2.6 Oxidação, estabilidade oxidativa e testes de estabilidade	25
2.7 Fatores que aceleram a oxidação das rações e/ou aceleram a perda de ação dos antioxidantes	27
2.8 Lipídeos para cães	30
2.9 Aspectos em extrusão: palatabilidade e textura	31
3 CONSIDERAÇÕES GERAIS	39
REFERÊNCIAS	40
SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	48
ARTIGO 1 - EMULSIFIER ADDITIVE ON EXTRUSION PROCESS AND NUTRITIONAL CHARACTERISTICS ON EXTRUDED DRY DIETS FOR ADULT DOGS	49
1 INTRODUCTION	50
2 MATERIAL AND METHODS	51
2.1 Diet preparation and treatments.....	51
2.2 Extrusion stability	52
2.3 Animals and facilities	53
2.4 Digestibility assay	53
2.5 Total excreta collection and chemical analysis	53
2.6 Kibble characteristics.....	54
2.7 Statistical analysis.....	55
3 RESULTS	56
3.1 Process correlation with kibble and texture characteristics.....	56
3.2 Digestibility assay and extrusion parameters	56
3.3 Process correlation with kibble and texture characteristics.....	57

3.4 Digestibility assay and extrusion parameters	59
4 CONCLUSION	60
REFERENCES	61
ARTIGO 2 - UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS TECNOLÓGICOS NA ANÁLISE SENSORIAL E CARACTERÍSTICAS DE PROCESSO DE EXTRUSÃO EM ALIMENTO SECO EXTRUSADO PARA CÃES E ESTABILIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO DE VÍSCERAS DE AVES UTILIZADO NA INDÚSTRIA <i>PET FOOD</i>	
1 INTRODUÇÃO	72
2 MATERIAL E MÉTODOS	74
2.1 Experimento 1 - Avaliação do processo de extrusão e características de textura do <i>kibble</i>	74
2.2 Experimento 2 - Estabilidade oxidativa e perfil de ácidos graxos em óleo de vísceras de aves com diferentes antioxidantes.....	77
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	80
3.1 Experimento 1	80
3.2 Experimento 2	84
4 CONCLUSÕES.....	91
REFERÊNCIAS	92

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A produção comercial brasileira de alimento seco extrusado para cães e gatos é de cerca de 2,5 milhões de toneladas por ano (SINDIRAÇÕES, 2018). O Brasil é o quarto maior do mundo em população de animais de estimação, sendo o segundo maior mercado do mundo em número de cães (52 milhões) e gatos (22 milhões). Além disso, é o segundo maior em produção de alimento completo do mundo, sendo este responsável por 67% do faturamento do setor (ABINPET, 2017).

A utilização de aditivos torna-se cada vez mais crescente, uma vez que o mercado *pet food* brasileiro busca acompanhar tendências e inovações de países desenvolvidos que, dentro de um conceito de humanização, busca atender as necessidades de tutores cada vez mais preocupados com a saúde e bem-estar de seus animais. Diante disso, o uso de aditivos visando a atender tanto características nutricionais como de processamento, são cada vez mais empregados no setor.

Os alimentos desenvolvidos para cães são formulados, principalmente, com ingredientes classificados como concentrados proteicos, energéticos e aditivos. Diversos tipos de aditivos, sejam eles naturais ou sintéticos, estão disponíveis para utilização na formulação. Entretanto, existem poucos dados científicos sobre a segurança da utilização desses aditivos nas formulações para cães (SÁ-FORTES; ROCHA JUNIOR, 2014), bem como sobre os efeitos que possam causar no alimento, influenciando características nutricionais do produto final extrusado (*kibble*), ou durante o processamento, auxiliando em melhora na produtividade com redução em custo energético, sem prejudicar características macroestruturais dos *kibbles*.

Cerca de 95% dos alimentos secos para cães são produzidos através do processamento por extrusão (SPEARS; FAHEY, 2004), que consiste na cocção de mistura homogênea de ingredientes, promovendo sanitização, texturização e formatação, que ocorrem pela presença de umidade, pressão, temperatura e fricção mecânica em curto espaço de tempo (RIAZ, 2007; TRAN; HENDRIKS; VAN DER POEL, 2008), promovendo mudanças físicas e químicas nos ingredientes, alterando sua qualidade e propriedades físicas, aumentando seu valor nutricional com eficiência e baixo custo relativo (GRIFFIN, 2003; TRAN; HENDRIKS; VAN DER POEL, 2008).

As condições extremas do processo dos alimentos por extrusão modificam quimicamente os nutrientes. Adicionado a isso, durante a extrusão ocorrem reações redox que

influenciam na vida de prateleira do produto final (COELHO, 2003), sendo importante a inclusão de antioxidantes em várias etapas do processo.

O processo de oxidação lipídica é uma preocupação ao utilizar fontes de gordura em *pet food*. As farinhas de origem animal, como a farinha de carne e ossos bovina, farinha de vísceras de frango, farinha de peixes e farinha de suínos, bem como os óleos oriundos destas fontes, devido ao elevado teor lipídico são passíveis de oxidação e, por esse motivo, necessitam de maior atenção. Estes ingredientes compõem aproximadamente 20-40% dos alimentos comerciais e a sua qualidade irá impactar diretamente na vida de prateleira (*shelf-life*) do produto acabado (VASCONCELLOS, 2016).

Mesmo com uma maior preocupação dos proprietários com alimentação e o desenvolvimento industrial, que levaram a uma evolução nas pesquisas sobre ingredientes que possam maximizar a expectativa e qualidade de vida dos cães, muitos aspectos permanecem desconhecidos na nutrição desses animais, necessitando-se de estudos em caracterização físico-químicas, nos efeitos de processo, na biodisponibilidade e nas respostas metabólicas dos ingredientes utilizados pela indústria (CARCIOFI; JEREMIAS, 2010), não somente dos ingredientes, como dos aditivos utilizados em alimentos na indústria *pet food*.

Diante desse contexto objetivou-se, com essa pesquisa, avaliar os efeitos de aditivos tecnológicos emulsificantes em características de processo de alimentos secos extrusados em *pet food*, bem como avaliar a digestibilidade de nutrientes e energia metabolizável aparente, em dietas formuladas com diferentes níveis de inclusão de emulsificante a base de gliceril polietilenoglicol ricinoleato em alimentos secos para cães adultos e avaliar efeito de antioxidantes sintéticos ou naturais, sobre a estabilidade oxidativa de óleo de vísceras de aves utilizado na indústria *pet food*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aditivos

De acordo com as Normas Gerais de Aditivos Alimentares, atualizada até a 41ª sessão da Comissão do Codex Alimentarius de 2018, os aditivos alimentares são definidos como

qualquer substância que, como tal, não é normalmente consumida como alimento, nem é usada como ingrediente básico em alimentos, tenha ou não valor nutritivo, e cuja adição intencional ao alimento para fins tecnológicos (incluindo organolépticos) em sua fabricação, etapas de processamento, preparação, tratamento, embalagem, transporte ou armazenamento, resultar ou se possa razoavelmente esperar que resulte (direta ou indiretamente) por si ou seus subprodutos, em um componente do alimento ou um elemento que afeta suas características (FAO; WHO; CODEX STAN, p. 2, 1995).

Esta definição não inclui "contaminantes" ou substâncias adicionadas ao alimento para manter ou melhorar as qualidades nutricionais (FAO; WHO, 1995).

De acordo com a Instrução Normativa 13, de 30 de novembro de 2004, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os aditivos são definidos como substância, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizado normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios ou atenda às necessidades nutricionais.

Os aditivos são classificados como tecnológicos, sensoriais, nutricionais e zootécnicos, de acordo com a Instrução Normativa 44, de 15 de dezembro de 2015 do MAPA (BRASIL, 2015), sendo a classe dos aditivos tecnológicos a mais ampla, por possuir grupos funcionais com várias funções.

Os aditivos tecnológicos são definidos como qualquer substância adicionada ao produto destinado à alimentação animal com fins tecnológicos (BRASIL, 2004). Os grupos funcionais e as respectivas definições estão descritos no Quadro 1.

O emprego de aditivos na alimentação é permitido quando justificado apenas por razões tecnológicas, nutricionais ou sensoriais. A principal forma de exposição dos *pets* aos aditivos é por meio da alimentação, os quais são adicionados em quase todos os tipos de alimentos processados (produtos comerciais) e suplementos. Para cães é comum o seu uso tanto em alimentos secos extrusados quanto em alimentos úmidos (sachês, enlatados), bem como em

petiscos (ossinhos, palitinhos, *nuggets*, biscoitos), além de serem utilizados em alimentos para répteis, peixes e aves de pequeno porte (SCUSSEL et al., 2013).

Quadro 1 – Aditivos tecnológicos: Grupos funcionais e suas definições.

Grupos funcionais	Função
Adsorvente	substância capaz de fixar moléculas;
Aglomerante	substância que possibilita às partículas individuais de um alimento aderir-se umas às outras;
Antiaglomerante	substância que reduz a tendência das partículas individuais de um alimento a aderir-se umas às outras;
Antioxidante	substâncias que prolongam o período de conservação dos alimentos e das matérias-primas para alimentos, protegendo-os contra a deterioração causada pela oxidação;
Antiumectante	substância capaz de reduzir as características higroscópicas dos alimentos;
Conservante	substância, incluindo os auxiliares de fermentação de silagem ou, nesse caso, os microrganismos que prolongam o período de conservação dos alimentos e as matérias-primas para alimentos, protegendo-os contra a deterioração causada por microrganismos;
Emulsificante	substância que possibilita a formação ou a manutenção de uma mistura homogênea de duas ou mais fases não miscíveis nos alimentos;
Estabilizante	substância que possibilita a manutenção do estado físico dos alimentos;
Espessantes	substância que aumenta a viscosidade dos alimentos;
Gelificantes	substância que dá textura a um alimento mediante a formação de um gel;
Regulador da acidez	substância que regula a acidez ou alcalinidade dos alimentos;
Umectante	substância capaz de evitar a perda da umidade dos alimentos.

Fonte: Adaptado de Brasil (2004).

Com o novo comportamento dos tutores de cães, que deixaram de ter os animais somente do lado de fora da casa e passaram a levar seus cães para dentro das residências, a indústria passou a fabricar rações com uma composição baseada nas necessidades específicas de cada animal, obtidas com uso de aditivos que são adicionados na industrialização das rações, como por exemplo o extrato de *Yucca schidigera*, com a finalidade de atender as necessidades nutricionais dos animais e satisfação dos proprietários (CAPELLI; MANICA; HASHIMOTO, 2016).

Cabe ressaltar que as variações nas características (estrutura, composição corporal e o metabolismo) desses animais, devem ser levadas em consideração na análise toxicológica dos aditivos, bem como, a frequência de exposição a esses compostos, uma vez que a alimentação desses animais é, na maioria das vezes, uma monodieta, ou seja, alimentos administrados diariamente como única fonte de nutrientes, muitas vezes, durante toda a vida do animal (SCUSSEL et al., 2013).

A utilização dos aditivos tecnológicos em *pet food* pode estar relacionada com a necessidade de combater ou impedir o surgimento de um problema que pode desencadear

distúrbios nutricionais ao animal, rejeição do alimento, diminuição do valor nutricional do alimento ou para auxiliar a realização do processo de extrusão (SÁ-FORTES; ROCHA JUNIOR, 2014).

2.2 Emulsificantes

Alimentos comerciais desempenham um papel cada vez maior em nossa dieta diária, exigindo emulsificantes para facilitar o processamento e garantir produtos acabados com qualidade uniforme e longa vida útil. Os emulsificantes de alimentos são substâncias de superfície ativa que exibem muitas funções em relação à textura dos alimentos. Eles podem aumentar a estabilidade coloidal ou fornecer desestabilização controlada em produtos alimentares emulsionados ou aerados. As interações entre emulsificantes, proteínas e carboidratos em produtos de panificação ou outros alimentos à base de amido melhoram tanto a textura quanto a vida de prateleira (CHEN, 2015).

Uma emulsão é uma suspensão de uma fase em outra em que é imiscível. Uma das fases existe como gotas discretas suspensas na segunda fase, contínua, e existe uma camada interfacial entre as duas fases que é ocupada por algum material surfactante necessário (DALGLEISH, 2004). A propriedade física mais importante das emulsões, do ponto de vista tecnológico, é sua estabilidade, que se refere à capacidade de um sistema emulsionado resistir às mudanças em suas propriedades físico-químicas ao longo do tempo (MCCLEMENTS, 2005).

Na indústria de alimentos, para que as emulsões se tornem cineticamente estáveis por um período de tempo necessário, são incorporadas substâncias conhecidas como estabilizantes. Os agentes estabilizantes são substâncias tensoativas que adsorvem à superfície das gotículas da emulsão para formar um revestimento protetor que impede que as gotículas se agreguem umas às outras, como por exemplo, certas proteínas, polissacarídeos, fosfolipídios, surfactantes de moléculas pequenas e partículas sólidas (MCCLEMENTS, 2007).

As principais aplicações dos emulsificantes são baseadas em sua capacidade de interagir na interface entre as fases. Sistemas multifásicos consistem em duas ou mais fases distintas. Os sistemas típicos encontrados nos alimentos são água em óleo (A/O), óleo em água (O/A), sólido em óleo, gás-em-líquido, gás, sólido ou óleo-água, e assim diante. Estes sistemas são muitas vezes instáveis devido à imiscibilidade e, portanto, repulsão entre as fases. Emulsificantes consistem em moléculas com propriedades anfífilas (anfipáticas) (BASTIDA-RODRÍGUEZ, 2013).

O bom emulsificante mantém as gotículas separadas tão logo sejam formadas, protegendo a emulsão da coalescência durante o armazenamento prolongado (ARAÚJO, 2015). Muitos alimentos são variáveis do ponto de vista de homogeneidade de mistura e, portanto, são necessárias moléculas que permitam a facilidade e estabilização de misturas e também são importantes na digestão e absorção de nutrientes. Alguns exemplos de emulsificantes são os oligossacarídeos, celulose, gomas, pectinas, caseína, ésteres de ácidos graxos, mono e diglicerídeos e lecitina (BELLAYER, 2000).

A lista dos aditivos autorizados em alimentos para animais de companhia, atualizada regularmente pela Divisão de Fiscalização de Aditivos (DFIP) e pela Coordenação de Fiscalização de Produtos para Alimentação Animal (CPAA), engloba alguns aditivos com função emulsificante, quais sejam: carbonato de cálcio, diacetato de sódio, acetato de sódio, ácido málico, lactato de cálcio, ácido cítrico, citrato monossódico, citrato trissódico, citrato tricálcico, ácido L-tartárico, alginato de propilenoglicol, carragena, goma alfarroba (jataí, garrofina, locust, caroba), goma guar, goma arábica (acácia), sorbitol ou D-sorbitol, manitol, glicerina purificada, goma konjac, polisorbato, pirofosfato de sódio, tripolifosfato de sódio, hexametafosfato de sódio, celulose cristalina, celulose em pó, carboximetilcelulose sódica, estearato de magnésio, mono e diglicerídeos de ácidos graxos, ésteres de ácido cítrico e ácidos graxos com glicerol, ésteres de ácido acético e ácidos graxos com glicerol, monoglicerídeos succinilados, ricinoleato de gliceril, monoestearato de sorbitana, polivinilpirrolidona, propilenoglicol, polietilenoglicol (BRASIL, 2011).

2.3 Classificação e modo de ação dos emulsificantes

Os emulsificantes são classificados como iônicos ou não-iônicos. O potencial de ionização é baseado na carga eletroquímica dos emulsificantes em sistemas aquosos. Os emulsificantes não iônicos – monoglicerídeos, monoglicerídeos destilados, monoglicerídeos epoxilados e ésteres de sacarose de ácidos graxos – não se dissociam na água devido às suas ligações covalentes. Os emulsificantes iônicos podem ser aniônicos – ésteres de monoglicéridos de ácido diacetiltartárico, estearoil-2-lactilato de sódio – ou catiônicos; entretanto, os emulsificantes catiônicos não são utilizados nos alimentos. Emulsificantes anfotéricos ou zwitteriônicos (lecitina) possuem ambos os grupos, aniônicos e catiônicos, e suas propriedades tensoativas dependem do pH (KOHÁJDOVÁ; KAROVICOVÁ; SCHMIDT, 2009; STAMPFLI; NERSTEN, 1995).

Os emulsificantes iônicos promovem a estabilidade na emulsão porque as gotículas apresentam cargas elétricas iguais que, portanto, eletrostaticamente se repelem. Os não-iônicos promovem a estabilização, gerando diversas forças repulsivas e prevenindo a aproximação das gotículas, aumentando a estabilidade da emulsão. Em resumo, os emulsificantes devem apresentar três características para serem efetivos na formação e na estabilidade da emulsão, a saber: (a) ser rapidamente adsorvido na superfície das gotículas durante a homogeneização da emulsão recentemente preparada; (b) ter capacidade de reduzir significativamente a tensão superficial e; (c) ser capaz de formar uma camada interfacial que previna a agregação das gotículas (ARAÚJO, 2015).

Emulsificantes de alimentos são frequentemente classificados de acordo com o chamado equilíbrio hidrófilo-lipofílico (HLB). Trata-se de um conceito semiempírico baseado na ideia de que, para um determinado sistema de óleo e água, existe um ótimo equilíbrio entre o caráter hidrofílico e lipofílico molecular, o que leva a uma máxima eficiência de emulsificação e estabilidade da emulsão. O HLB é descrito por um número que dá uma indicação da afinidade relativa de uma molécula de surfactante para as fases oleosa e aquosa (CHEN, 2015).

O HLB fornece um valor de solubilidade do emulsificante em água ou gordura, com uma escala que varia de 0 a 20. Quanto mais baixo o HLB, mais lipofílico ou solúvel em gordura o emulsificante se torna. Quanto maior o HLB, mais hidrossolúvel ou hidrofílico será o emulsificante, ou seja, a parte hidrofílica domina o emulsificante e estabiliza melhor as emulsões O/A. O objetivo da utilização de um emulsificante determina se um HLB baixo ou um HLB mais elevado é mais adequado. De maneira ideal, o emulsificante deve ser solúvel na fase contínua, de acordo com a regra de Bancroft. Quando uma pequena quantidade de água é misturada em um ambiente rico em gordura, um menor HLB é aconselhado, chamado de emulsificante lipossolúvel. Se uma pequena quantidade de gordura é misturada num ambiente aquoso, recomenda-se um emulsificante com um HLB mais elevado, ou seja, um emulsificante solúvel em água. No caso de um emulsificante nutricional, uma quantidade limitada de gordura é adicionada ao ambiente aquoso do intestino (RAVINDRAN, 2016; ROVERS, 2013, 2014).

Os emulsificantes possuem uma estrutura composta por uma parte hidrofílica que interage com a fase aquosa, e outra lipofílica que interage com a fase oleosa, permitindo, assim, a emulsão (BASTIDA-RODRÍGUEZ, 2013). A parte lipofílica, geralmente, é uma cadeia carbônica longa de ácidos graxos obtidos a partir de uma gordura ou óleo (SOEDE, 2005). A parte hidrofílica se origina de moléculas mais polares, como glicerol, ácido láctico, ácido cítrico e poliglicerol. Os tipos e tamanhos das porções lipofílicas e hidrofílicas determinam o comportamento funcional em sistemas multifásicos (BASTIDA-RODRÍGUEZ, 2013).

Os emulsificantes melhoram, a longo prazo, a estabilidade das emulsões à agregação de gotículas, gerando forças repulsivas entre gotículas e/ou formando membranas interfaciais em torno das gotículas que são resistentes à ruptura (DALGLEISH, 2004). Possuem um grupo terminal polar que age mutuamente com as moléculas de água, e um grupo hidrofóbico que interage com a fase lipídica. A porção hidrofóbica da molécula é geralmente uma cadeia alquila longa, enquanto a hidrofílica consiste em um grupo dissociável ou grupos hidroxilados.

Os emulsificantes, além de reduzirem a tensão superficial como agentes estabilizantes para emulsão, espuma e suspensão, são importantes modificadores da textura, pois a interação com amido e proteína, resulta em modificações das propriedades físicas do alimento (BOBBIO; BOBBIO, 2001), promovendo várias alterações nos produtos, como melhora da textura, maciez, estabilidade, homogeneidade e aeração (RADUJKO et al., 2011). Portanto, a qualidade do emulsificante dependerá do comprimento da cauda hidrofílica, que possui a característica de fazer o emulsificante mais solúvel no meio aquoso intestinal, levando-o a ter contato com um grande número de partículas gordurosas, facilitando a digestão e a absorção das mesmas (ROVERS et al., 2014).

Os emulsificantes podem melhorar a utilização dos triacilgliceróis, por meio do aumento da formação de gotículas de emulsão que estimula a formação de micelas, aumentando, assim, a concentração de monoacilgliceróis no intestino, facilitando o transporte de nutrientes por meio da membrana. Este processo leva a uma melhor absorção de nutrientes lipossolúveis e utilização de energia (GUERREIRO NETO et al., 2011; MELEGY et al., 2010).

Dois processos ocorrem durante a emulsificação: ruptura e recoalescência de gotículas. O tamanho médio das gotas de um sistema de emulsão cineticamente estabilizado é governado pelas taxas relativas destes dois processos (BARET, 2009; LEAL-CALDERON, F.; SCHMITT, V.; BIBETTE, J., 2007). Os surfactantes afetam ambos os processos: eles reduzem a tensão interfacial, promovendo a ruptura das gotículas, e fornecem uma barreira à recoalescência através da interação repulsiva entre as camadas adsorvidas nas duas gotas em colisão (LEAL-CALDERON, F.; SCHMITT, V.; BIBETTE, J., 2007; WALSTRA, 2003).

Os agentes emulsificantes promovem a incorporação de ácidos graxos em micelas, facilitando a digestão e absorção de nutrientes desta fração (JONES et al., 1992). O emulsificante dietético age, principalmente, aumentando a superfície de contato dos lipídeos, permitindo a ação da enzima lipase, o qual hidrolisa as moléculas de triglicilgliceróis em monoacilglicerol, para formação de micelas. Essas são as etapas essenciais para a absorção dos lipídeos, que irá criar um gradiente de difusão para aumentar a absorção de outros nutrientes (GUERREIRO NETO et al., 2011; MELEGY et al., 2010).

O mecanismo de ação dos emulsificantes exógenos já é bem definido, no entanto, há grande variabilidade nas respostas obtidas, principalmente, ao se utilizar diferentes fontes lipídicas. Em *pet food* utiliza-se, por exemplo, o sebo bovino, o óleo de vísceras de aves e o óleo de peixe, o que pode ser visto como uma saída para redução nos custos de produção, devido a um melhor aproveitamento energético durante o processo de extrusão, além de uma melhora na eficácia do processo digestivo e absorção de ácidos graxos (TAVARES, 2016), auxiliando na melhor utilização da gordura e melhorando de forma gradual a energia metabolizável aparente (ZAEFARIAN; ROMERO; RAVINDRAN, 2015).

O emulsificante a base de gliceril polietilenoglicol ricinoleato é um éster de óxido de etileno e óleo de rícino, composto de uma mistura complexa de 100 ou mais componentes de estrutura química similar: o polyol é a molécula inicial, seguida por uma cadeia média de unidades de polietilenoglicol e terminação em éster de ácido graxo. O precursor da molécula de ricinoleato é o óleo de mamona, sendo a composição dos ácidos graxos feita predominantemente de ácido ricoléico; no entanto, estão presentes pequenas quantidades de ácidos graxos saturados, bem como os ácidos oleico e linoleico (DIEHL, 2011).

O gliceril polietilenoglicol ricinoleato é de natureza predominante hidrofílica, e dissolve melhor na fase aquosa do intestino delgado, e se torna dissolvido por agitação mecânica no intestino, critério no qual o qualifica como emulsificante nutricional (ROVERS, 2014).

Comparados a outros emulsificantes disponíveis no mercado, como por exemplo, as lecitinas e lisolecitinas, o emulsificante a base de gliceril polietilenoglicol ricinoleato mostrou ser mais hidrofílico e eficiente em dissolver ácidos graxos livres, os quais qual são largamente insolúveis em sais biliares, durante a digestão de lipídeos (DIERICK; DECUYPERE, 2004). Algumas pesquisas relatam melhor desempenho de aves (BONTEMPO; COMI; JIANG, 2015; KACZMAREK et al., 2015; ROY et al., 2010) e suínos (UDOMPRASERT; RUKKWAMSUK, 2006), quando as dietas são suplementadas com emulsificante a base de gliceril polietilenoglicol ricinoleato. Estudos ainda apontam melhor desempenho e eficiência energética (MAERTENS et al., 2015) além de melhorar a energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço do nitrogênio em dietas para frangos de corte (TEIXEIRA, 2017).

2.4 Antioxidantes

A lista dos aditivos autorizados em alimentos para animais de companhia, atualizada regularmente pela divisão de fiscalização de aditivos/coordenação de fiscalização de produtos para alimentação animal (DFIP/CPAA), engloba os seguintes aditivos com função antioxidante:

palmitato de l-ascorbila, tocoferóis, propilgalato (máximo de 100 mg/kg na dieta total), eritorbato de sódio, TBHQ (terc-butilhidroquinona), BHA (butilhidroxianisol) - máximo de 150 mg/kg de dieta total, BHT (butilhidroxitolueno) - máximo de 150 mg/kg de dieta total, etoxiquin (máximo de 150 mg/kg na dieta total. A mistura de etoxiquin com BHA e BHT não deve exceder 150 mg/kg da dieta total), lactato de cálcio, ácido cítrico, citrato monossódico, citrato trissódico, citrato tricálcico, ácido l-tartárico, ácido fosfórico, tiosulfato de sódio.

Os antioxidantes sintéticos como o BHA (2 ou 3-terc-butil-4-hidroxianisol, ou butil-hidroxi-anisol), BHT (2,6-di-terc-butil-4-metilfenol ou butil-hidroxi-tolueno), TBHQ (tert-butil-hidroquinona) e PG (Propil galato) são largamente utilizados em alimentos comerciais para cães (VASCONCELLOS, 2016), porém, a ênfase dada aos antioxidantes naturais resulta de preocupações sobre a toxicidade de alguns antioxidantes sintéticos, tais como BHA, BHT e Etoxiquin (THOMPSON; MOLDEUS, 1988; BARLOW, 1990; DZANIS, 1991, citado por VALENZUELA; SANHUEZA; NETO, 2003), e de uma relação entre ingredientes bioativos dos alimentos, como os antioxidantes naturais, e sua proteção nas células sobre danos oxidativos no corpo humano (VALENZUELA; SANHUEZA; NETO, 2003).

O conceito de uma alimentação natural, segue a linha da “dieta do Mediterrâneo”, composta por alimentos frescos (nomeadamente frutos e vegetais), cereais, leguminosas, peixe, ervas aromáticas, leite e derivados, azeite e vinho em quantidades moderadas (PEREIRA, 2009). Esse tipo de alimentação fornece uma ação antioxidante dos alimentos, atuando na prevenção de doenças crônicas. Um dos principais aspectos relacionados ao efeito protetor desses alimentos tem sido atribuído, em parte, à presença de compostos antioxidantes, dentre os quais se destacam os compostos fenólicos, além dos bem conhecidos β -caroteno, vitamina C e vitamina E (OLIVEIRA et al., 2009).

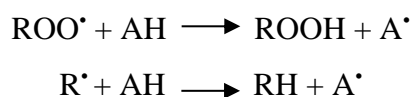
O interesse em pesquisas sobre as propriedades e ocorrência de antioxidantes naturais, concentra-se principalmente na vitamina E, vitamina C, alguns carotenoides, ácidos fenólicos, alguns extratos de especiarias e vários flavonoides (SHAHIDI, 2000, citado por VALENZUELA; SANHUEZA; NETO, 2003).

As propriedades antioxidantes dos extratos de têm recebido considerável atenção nos últimos anos. Na indústria de alimentos, seus efeitos antioxidativos têm se mostrado superiores aos do antioxidante sintético BHA e semelhantes aos do BHT. Comercialmente, tem sido usado em combinação com tocoferóis, observando-se sinergismo entre o alecrim e o α -tocoferol. O alecrim apresentou efeito sinérgico com o ácido cítrico e com o antioxidante BHA (MEDSEN; BERTELSEN, 1995, citado por OLIVEIRA et al., 2009, p. 692).

2.5 Classificação e modo de ação dos antioxidantes

Os antioxidantes podem ser classificados em primários, sinergistas, removedores de oxigênio, biológicos, agentes quelantes e antioxidantes mistos, sendo que os primários, são os mais utilizados em *pet food*.

Os antioxidantes primários são compostos fenólicos que promovem a remoção ou inativação dos radicais livres formados durante a iniciação ou propagação da reação, através da doação de átomos de hidrogênio a estas moléculas, interrompendo a reação em cadeia. Podem atuar também como quelantes de metais (DAVY, 2009). O mecanismo de ação deste tipo de antioxidante está representado pela equação:



Na qual, ROO^\bullet e R^\bullet , representam os radicais livres; AH , o antioxidante com um átomo de hidrogênio, e A^\bullet , o radical inerte.

O átomo de hidrogênio ativo do antioxidante é abstraído pelos radicais livres R^\bullet e ROO^\bullet com maior facilidade do que os hidrogênios alílicos das moléculas insaturadas. Assim, formam-se espécies inativas para a reação em cadeia e um radical inerte (A^\bullet) procedente do antioxidante. Este radical, estabilizado por ressonância, não tem a capacidade de iniciar ou propagar as reações oxidativas.

Os antioxidantes principais e mais conhecidos deste grupo são os polifenóis, como butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxi-tolueno (BHT), terc-butil-hidroquinona (TBHQ) e propil galato (PG), que são sintéticos, e os tocoferóis, que são naturais. Estes últimos também podem ser classificados como antioxidantes biológicos.

Os sinergistas podem aumentar a atividade dos antioxidantes primários quando usados em combinação adequada; os removedores de oxigênio atuam capturando o oxigênio presente no meio. Ácido ascórbico, seus isômeros e derivados, são os melhores exemplos deste grupo. O ácido ascórbico pode atuar também como sinergista na regeneração de antioxidantes primários (DAVY, 2009).

Os antioxidantes biológicos incluem várias enzimas, como glucose oxidase, superóxido dismutase e catalases; os agentes quelantes/sequestrantes complexam íons metálicos, principalmente, cobre e ferro, que catalisam a oxidação lipídica. Os mais comuns são: ácido cítrico e seus sais, fosfatos e sais de ácido etileno diamino tetra acético (EDTA); os

antioxidantes mistos incluem compostos de plantas e animais que têm sido amplamente estudados como antioxidantes em alimentos. Entre eles estão várias proteínas hidrolisadas, derivados de ácido cinâmico (ácido caféico) e flavonoides (DAVY, 2009).

2.6 Oxidação, estabilidade oxidativa e testes de estabilidade

A oxidação é um processo autocatalítico e desenvolve-se em aceleração crescente, uma vez iniciada. Fatores como temperatura, enzimas, luz e íons metálicos podem influenciar a formação de radicais livres (BELLAYER; ZANOTTO, 2004).

A estabilidade oxidativa é a resistência de uma gordura à oxidação e indica a qualidade desta para alimentação animal. O método mais comum para a determinação é o método de oxigênio ativo (AOM). As gorduras, para serem consideradas estáveis, precisam ter 0 (zero) mEq de peróxido inicial/kg de gordura e apresentar valor menor do que 20 mEq/kg de gordura em 20 horas de teste. Outros testes existem, entre os quais o VP (valor de peróxido inicial), o TBA (análise de ácido tiobarbitúrico) e o OSI (indução da estabilidade oxidativa – Rancimat), de acordo com Palmquist (2002), citado por Bellayer e Zanotto (2004).

Durante o aquecimento dos ácidos graxos ocorre intensa oxidação, diretamente proporcional à temperatura empregada. No entanto, detectar esta decomposição apenas pela análise de índice de peróxido não é suficiente, uma vez que o valor de peróxido cai rapidamente devido à natureza transitória destes compostos, ou seja, o tempo de vida dos peróxidos é baixo e, portanto, o IP pode não ser um indicador adequado (VASCONCELLOS, 2016).

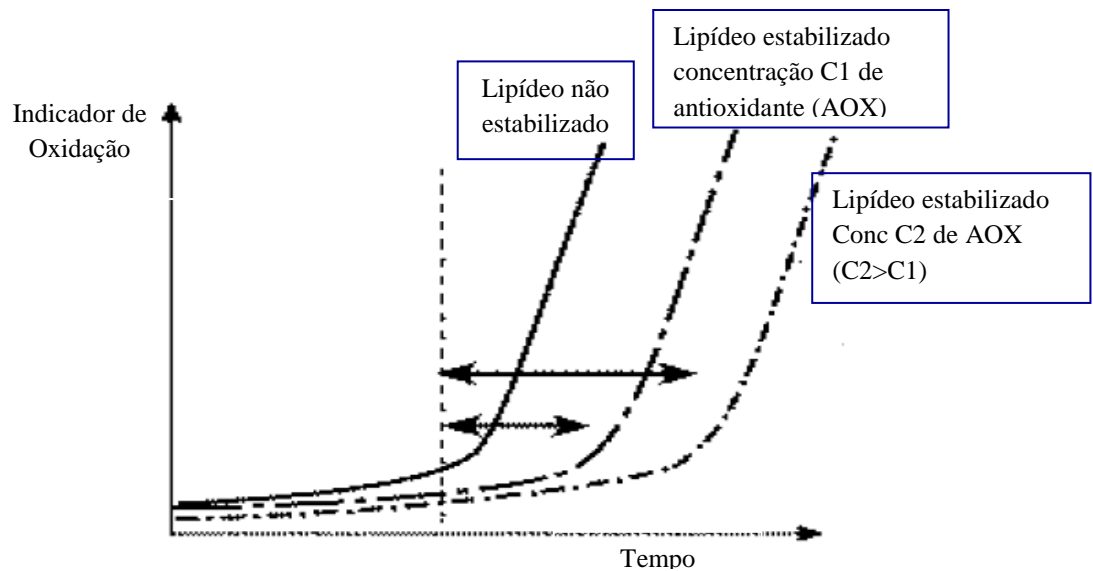
Algumas questões devem ser usadas para avaliar a ação antioxidante *in vivo*, que podem ser respondidas por experimentos simples e seu resultado nos permite rejeitar um possível antioxidante, pois um composto que exibe baixa atividade antioxidante *in vitro* provavelmente exibirá pouca atividade *in vivo* (HALLIWELL, 1995).

O efeito do sequestro de radicais é determinado não somente pela reatividade do antioxidante com o radical, mas também pela sua concentração. Embora muitos antioxidantes reajam rapidamente com o radical hidroxil (OH^\cdot), muitas moléculas biológicas, que são mais abundantes que os antioxidantes, reagem também rapidamente com esse radical. Por isso, é praticamente impossível para algum antioxidante sequestrar o OH^\cdot efetivamente. Outro ponto importante é saber onde os radicais livres são produzidos e se o antioxidante é capaz de alcançá-los. Por exemplo, a vitamina C é um potente sequestrador para radicais hidrofílicos, mas pobre frente a radicais lipofílicos (NIKI, 2002).

Nos testes de estabilidade acelerada, amostra é submetida a um teste de oxidação acelerada, sob condições padronizadas. É medido o período de indução (P.I.), que corresponde ao tempo necessário para atingir um ponto final de oxidação, correspondendo a um nível de rancidez detectável ou a uma mudança repentina na taxa de oxidação (FRANKEL, 1993).

A determinação da eficácia de um antioxidante corresponde frequentemente à medida do alargamento do período de indução resultante da sua adição (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999). Esse alargamento é, por vezes, expresso como um índice antioxidante ou fator de proteção (FIGURA 1).

Figura 1 – Determinação da capacidade antioxidante.



Fonte: Silva; Borges; Ferreira (1999).

A análise sensorial descritiva, utilizando um painel humano, permite a quantificação das propriedades de aroma, sabor, aparência e textura de alimentos, incluindo alimentos para cães, assim, a preferência animal poderia ser traduzida através de seres humanos em informações utilizáveis para a indústria e cientistas. Além disso, as análises instrumentais capazes de identificar compostos voláteis e, em seguida, relacionar isso com preferências animais seriam de grande interesse (KOPPEL, 2014; KOPPEL et al., 2014).

Quando o alimento é servido ao animal de estimação, o proprietário é o mediador e um avaliador da aceitabilidade do mesmo. No caso de um alimento para cães exibir aromas que estão relacionados a um produto inaceitável, seja por uso de um aroma ou palatabilizante inadequado ou até devido a um cheiro de ranço, o proprietário pode optar por não servir o alimento. Portanto, a utilização de perfis sensoriais criados por painel humano, podem permitir

uma indicação mais rápida, quantitativa e preditivamente, dos efeitos dos ingredientes e das alterações nos produtos devido ao processamento e armazenamento (PICKERING, 2009; DI DONFRANCESCO; KOPPEL; CHAMBERS, 2012 citado por Chanadang; Koppel; Aldrich, 2016).

Em amostras de farinha de subproduto de frango, sem antioxidantes, um notável aumento no aroma de ranço ao longo do tempo de armazenamento foi observado e, assim, afetou negativamente a aceitabilidade do produto pelos proprietários. Esta descoberta indicou que a análise sensorial humana pode ser usada como uma ferramenta para acompanhar as alterações das características dos alimentos para animais de estimação devido ao armazenamento, bem como estimar a vida útil dos produtos. Porém, mais pesquisas são necessárias na área de processos de oxidação em alimentos para animais de estimação, fabricados com ingredientes processados (CHANADANG; KOPPEL; ALDRICH, 2016).

2.7 Fatores que aceleram a oxidação das rações e/ou aceleram a perda de ação dos antioxidantes

O processo de oxidação lipídica é uma preocupação ao utilizar fontes de gordura em *pet food*. As farinhas de origem animal, como a farinha de carne e ossos bovina, farinha de vísceras de frango, farinha de peixes e farinha de suínos, bem como aos óleos oriundos destas fontes, devido ao elevado teor lipídico são passíveis de oxidação, necessitam de maior atenção. Estes ingredientes compõem aproximadamente 20-40% dos alimentos comerciais e a sua qualidade irá impactar diretamente na vida de prateleira (*shelf-life*) do produto acabado (VASCONCELLOS, 2016).

A velocidade da reação de oxidação depende, em primeiro lugar, da composição de ácidos graxos do óleo ou da gordura, quanto ao número, à posição e a geometria das instaurações. Para o araquidônico, linolênico, linoleico e oleico a velocidade da oxidação é de aproximadamente 40: 20: 10: 1, respectivamente. Ácido graxo cis oxida mais rapidamente que seu isômero trans, e as ligações não conjugadas são mais reativas que a conjugada. A velocidade de reação de oxidação depende do grau de instauração na molécula do ácido graxo. Assim, quanto maior o grau de instauração do óleo e, ou, da gordura, maior será a susceptibilidade à oxidação (ARAÚJO, 2015).

Em estudo realizado por Racanicci et al. (2004), foi verificado que os principais ácidos graxos essenciais, linoleico e linolênico, sofreram uma redução de 29% e 100%, respectivamente, em suas concentrações, no óleo de vísceras de aves, após oxidado. Diante

desse contexto, a composição de óleos e gorduras devem ser levados em consideração na hora da formulação, visando garantir melhores condições nutricionais desses ingredientes.

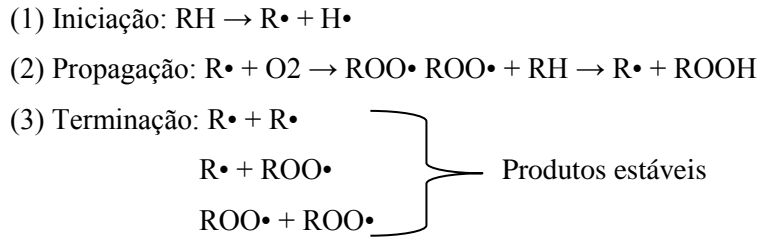
Uma vez que a velocidade de autooxidação é dependente do número de duplas ligações presentes na molécula, seria de esperar que os óleos vegetais exibissem maior susceptibilidade à deterioração que as gorduras animais. Porém, tendem a oxidar mais lentamente do que seria de esperar a partir da sua composição química, porque contém quantidades significativas de tocoferóis, os quais atuam como antioxidantes naturais (SIMS; FIORITI,1980, citado por SILVA; BORGES; FERREIRA,1999).

A temperatura apresenta efeito importante. Processos que utilizam elevadas temperaturas, como a pasteurização e esterilização, aceleram a velocidade da reação e, mesmo em condições de refrigeração/congelamento, não previne completamente a reação, pelo fato da solubilidade do oxigênio em solução aquosa aumentar em baixa temperatura. A umidade, dependente da atividade de água (Aa). Alimentos secos com baixo teor de umidade ($Aa < 0,1$), a oxidação ocorre rapidamente. O aumento da Aa para 0,3 retarda a oxidação de lipídeos. A luz acelera a reação, por isso a exposição de produtos em embalagens transparentes induz a reação. A enzima lipoxigenase, presente nos vegetais, catalisa a reação de AGP com o oxigênio, formando peróxido. Na presença de metais, a decomposição catalítica de peróxidos é a principal fonte de radicais livres (ARAÚJO, 2015).

Os fatores indutores de radicais livres são a temperatura, íons metálicos e a luz. O primeiro composto químico formado quando o processo oxidativo é iniciado é o peróxido (KRABBE; SANDRI, 2012). Os peróxidos são intermediários importantes das reações de oxidação, uma vez que se decompõem via metais de transição, irradiação e temperaturas elevadas para radicais livres (ARAÚJO, 2015).

Após a formação de peróxidos, formam-se outros compostos voláteis (aldeídos, cetonas, ácidos e outros), e, por conseguinte, gera-se a liberação do odor característico de "ranço". Alguns dos problemas resultantes desse processo são a destruição de xantofilas e vitaminas lipossolúveis, diminuição da palatabilidade (devido à presença de aldeídos), perdas no conteúdo de energia e de proteína e o aparecimento de metabólitos tóxicos para os animais (KRABBE; SANDRI, 2012).

O processo de autooxidação dos lipídios em uma sequência de reações inter-relacionadas (FERRARI, 1998), pode ser representado pela equação:



Fonte: Adaptado de Ferrari (1998).

Na qual RH representa o ácido graxo insaturado; $\text{R}\cdot$ o radical livre; $\text{ROO}\cdot$ o radical peróxido e ROOH o Hidroperóxido.

A autoxidação é o principal mecanismo de oxidação dos óleos e gorduras. Como pôde ser observado acima, a autoxidação dos lipídios está associada à reação do oxigênio com ácidos graxos insaturados, e ocorre em três etapas: a iniciação, a propagação e a terminação.

De acordo com Ramalho e Jorge (2006) ocorre, na etapa de iniciação, a formação dos radicais livres do ácido graxo devido à retirada de um hidrogênio do carbono alílico na molécula do ácido graxo, em condições favorecidas pela luz e pelo calor. Na etapa de propagação, os radicais livres que são prontamente susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico, são convertidos em outros radicais, aparecendo os produtos primários de oxidação (peróxidos e hidroperóxidos) cuja estrutura depende da natureza dos ácidos graxos presentes. Os radicais livres formados atuam como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico. Por fim, na etapa de terminação, dois radicais combinam-se e formam produtos estáveis, conhecidos como produtos secundários de oxidação, obtidos por cisão e rearranjo dos peróxidos (epóxidos, compostos voláteis e não voláteis).

Conforme mencionado anteriormente, um dos fatores que predis põem à oxidação lipídica nos alimentos é a atividade de água. A umidade (U), dentro de um alimento apresenta-se sob duas formas: água ligada ou água livre. A primeira apresenta-se combinada às moléculas do produto. Assim, esta dificilmente será removida ou utilizada para reações. Dessa maneira, reduz o metabolismo dos microrganismos e não há desenvolvimento ou reprodução destes. Já a segunda, encontra-se disponível para utilização em reações físicas (evaporação, cristalização e retrogradação), químicas (escurecimento não enzimático e oxidação de lipídeos) e enzimáticas (desnaturação). Além disso, esta água ainda pode estar disponível para o crescimento de microrganismos, favorecendo a deterioração do produto (UBOLDI-EIROA, 1981).

Para alimentos secos extrusados, o teor final de umidade deve ser inferior a 10% para evitar o crescimento de fungos e bactérias, sendo a atividade da água fator crítico na determinação do limite inferior de água disponível para o crescimento microbiano. Em geral,

se a atividade de água de um produto for inferior a 0,65, nenhum problema bacteriano ocorrerá e, se a atividade de água for menor que 0,6, os fungos (bolors) podem ser evitados (ROKEY, 2006).

Alimentos que são embalados ainda quentes apresentam maior instabilidade e maiores níveis de U e Aa, prejudicando, assim, a qualidade do alimento. É necessário resfriamento adequado antes da embalagem para que o produto apresente maior tempo de prateleira e possa chegar em ótimas condições ao consumidor (GARBELLOTTI, 2014).

Apesar de muita atenção ter sido dada ao uso dos antioxidantes para preservar a qualidade oxidativa em *pet food*, alguns aspectos básicos devem ser considerados antes mesmo da natureza ou dosagens dos antioxidantes, tais como a qualidade da matéria-prima que entra no processo, a condição do processamento, a aplicação dos requisitos de boas práticas de fabricação (BPF) em todas as etapas do processo e a qualidade da embalagem empregada para preservar o produto acabado (VASCONCELLOS, 2016).

2.8 Lipídeos para cães

Os triglicerídeos constituem a maior parte da gordura consumida pelos animais domésticos e por meio deles, os ácidos graxos são fornecidos via dieta (GURR; HARWOOD; FRAYN, 2002). Os ácidos graxos são fontes energéticas de significativa importância para animais carnívoros (CASE et al., 2011).

Alguns ácidos graxos são essenciais, precisando ser fornecidos pela dieta. Os mamíferos sintetizam ácidos graxos até ácido palmítico (16:0), que pode ser posteriormente alongado até esteárico (18:0) e convertido a oleico (18:1). Plantas e plâncton, diferentemente de mamíferos, podem inserir ligações adicionais no ácido oléico, formando os ácidos graxos poli-insaturados (AGP), como o ácido linoleico (AL; 18:2 n6) e o ácido alfa-linolênico (ALA; 18:3 n3). Ambos podem, de certa forma, ser considerados essenciais, pois mamíferos não podem sintetizá-los, sendo, portanto, essenciais para cães (SCHOENHERR; JEWELL, 1997; NRC, 2006).

Dentre os ingredientes ricos em ômega 6 estão algumas gorduras animais, mas as fontes mais ricas são vegetais, como o óleo de soja, milho e girassol. Os ácidos graxos ômega 3 são encontrados no óleo de peixe e na maioria dos óleos vegetais, como linhaça, soja, canola e girassol. Apesar de utilizarem o mesmo aparato enzimático, a inter-conversão entre os ácidos graxos das famílias ômega 6 e 3 não é possível (SCHOENHERR; JEWELL, 1997).

A revisão do NRC (2006) aponta exigências específicas de cães em crescimento para o AL, ALA, araquidônico (AA) e para o ácido eicosapentaenóico somado ao ácido

docosaheptaenóico (EPA, 20:5 n3 + DHA, 22:6 n3). O AA, por outro lado, não teve exigência definida para cães em manutenção e reprodução. (TREVISAN; KESSLER, 2009).

O óleo de vísceras de aves é resultante do tratamento que se dá aos coprodutos de abatedouros de aves na graxaria, onde o óleo é o produto resultante de tecidos adiposos das aves, extraído a partir de prensagem ou solvente após a cocção, filtrada ou não, contendo no mínimo 90% de ácidos graxos totais e no máximo 3% de impurezas e insaponificáveis (BELLAVÉR, 2001).

2.9 Aspectos em extrusão: palatabilidade e textura

O processamento de extrusão comercial de alimentos e rações tem sido praticado há mais de 60 anos. A extrusora de parafuso (rosca) foi usada pela primeira vez como um dispositivo de cozimento contínuo no final da década de 1930. A primeira aplicação comercial deste processo de cozimento por extrusão ocorreu em meados da década de 1940, tendo como produto final lanches de milho expandidos. Atualmente, a extrusão tornou-se o principal equipamento de cozimento contínuo na produção comercial da maior parte dos alimentos secos para animais de estimação e animais aquáticos, com algumas aplicações para alimentação de animais de produção (ROKEY; PLATTNER; SOUZA, 2010).

Na alimentação animal a extrusão é largamente empregada para a produção de alimentos destinados à cães. Estimativas apontam que 95% dos produtos para essa espécie utilizam esse tipo de tecnologia (SPEARS; FAHEY, 2004).

Por ser um processo que envolve tratamento térmico, a extrusão pode ter efeitos benéficos e prejudiciais na qualidade nutricional do produto final. Efeitos desejáveis na extrusão compreendem aumento em palatabilidade, destruição de fatores ativos indesejáveis nutricionalmente e melhora na digestibilidade e utilização de proteínas e amido. Indesejáveis efeitos da extrusão incluem redução na qualidade da proteína devido a reação de Maillard, a diminuição na palatabilidade e as perdas de vitaminas termolábeis (TRAN; HENDRIKS; POEL, 2008).

De modo geral, o processo de extrusão consiste na cocção em um fluxo constante de mistura homogênea de ingredientes, promovendo sanitização, texturização e formatação, que ocorrem pela presença de umidade, pressão, temperatura e fricção mecânica em curto espaço de tempo (RIAZ, 2007; TRAN; HENDRIKS; POEL, 2008).

Os extrusores são classificados como simples e duplo parafuso (rosca). A extrusora de parafuso único tem sido o batimento cardíaco da indústria de alimentos secos extrusados para

animais domésticos e aquáticos. Extrusoras de parafuso único são usadas para fazer praticamente toda a soja extrusada na alimentação de animais de produção. A tecnologia de parafuso duplo envolve custos de capital muito mais altos, que são cerca de 1,5 a 2,5 vezes maiores que extrusora de parafuso único de capacidade de produção horária comparável, variando de 100 a 20.000 kg/ hora para produção de alimentos secos para animais de companhia. Em ambos extrusores, as características do produto final são afetadas pelo perfil do parafuso e barril (cilindro), velocidade do parafuso e condições de processamento, como temperatura e umidade, por exemplo (REDDY; REDDY, 2005).

A seção inicial do canhão da extrusora é projetada para atuar como uma zona de alimentação ou medição, para simplesmente transportar o material pré-condicionado para longe da zona de entrada do canhão e para dentro da extrusora. O material então entra em uma zona de processamento onde o material amorfo e livre é trabalhado na massa. A taxa de compressão do perfil do parafuso é aumentada nesta etapa para auxiliar na mistura de água ou vapor com a matéria-prima. A temperatura da massa úmida é rapidamente elevada nos últimos segundos de tempo de permanência dentro do barril da extrusora (ROKEY, 2006).

Na câmara de extrusão de extrusoras de parafuso simples e duplo, existem três zonas de processamento: alimentação, amassamento e zona de cozimento final. Na zona de alimentação, o material recebido é comprimido para expelir o ar retido. A água é injetada no barril para facilitar o desenvolvimento de textura e viscosidade e para melhorar a transferência de calor condutivo. Na zona de amassamento, a compressão que começou mais cedo continua e os canais de fluxo do parafuso da extrusora têm um maior grau de enchimento. A pressão começa a se acumular na zona de amassamento, na qual partículas discretas de material começam a se aglomerar. No final da zona de amassamento, o extrusado normalmente atinge sua compactação máxima. Na zona final de cocção ocorre amorforização e texturização. A temperatura e a pressão atingem o seu pico e a compressão máxima do extrusado ocorre. O extrusado é então expelido da matriz extrusora para formar a textura, a densidade, a cor e as propriedades funcionais desejadas do produto final (REDDY; REDDY, 2005).

A maior parte do aumento de temperatura no canhão da extrusora é da energia mecânica dissipada através do parafuso rotativo. Pode ser auxiliado pela injeção direta de vapor ou de fontes externas de energia térmica. O perfil do parafuso pode ser alterado escolhendo-se elementos de parafuso com arranjos diferentes ou com trajetória descontínua, ou adicionando combinações de ressaltos configurados para transmitir (transportar) tanto em sentido inverso como para frente. Todos esses fatores afetam o transporte de material plastificado para baixo

do canal do parafuso e, portanto, alteram a quantidade de energia mecânica adicionada através do parafuso (ROKEY, 2006).

No pré-condicionador, adiciona-se energia térmica à mistura de ingredientes moídos, pela injeção de vapor direto e água, obtendo-se uma massa uniforme, mediante a ação de um sistema de barras cilíndricas com pás dispostas radialmente, girando a velocidade variável (BAZOLLI, 2007). A adição de energia térmica que tem, como objetivo, aumentar a umidade e temperatura da massa, promove o início do cozimento do amido e assim favorece a hidratação interna dos grânulos, a plasticização, a sanitização, a estabilidade da extrusora e a qualidade do produto final. Além disso, a adição de energia térmica na forma de vapor é vantajosa em termos econômicos, por ser mais barato e simples e resultar em menos desgaste do equipamento e menor consumo de energia elétrica mediante a aplicação de energia mecânica (RIAZ, 2000).

Em seguida, a massa em processamento é conduzida para o canhão da extrusora, um tubo com sistema de rosca sem fim, que gira a velocidade ajustável em seu interior. No canhão da extrusora a massa recebe energia mecânica, adicionada pela rotação do parafuso da extrusora, que promove cisalhamento da massa contra seu revestimento e a comprime contra a matriz, na extremidade do cilindro, criando pressão, fricção e temperatura. As pressões e temperaturas no final do canhão podem atingir, respectivamente, mais de 60 bars e 160 °C, embora seja usual trabalhar com pressões de 20 a 40 bars e temperaturas de 120 a 140 °C. Toda essa energia e compressão em um fluxo laminar modificam profundamente os amidos e as proteínas, como será discutido mais adiante. A energia aplicada permite o cozimento completo do amido em poucos segundos e a baixa umidade, entre 20% e 35%, o que é bastante vantajoso em relação ao cozimento em pressão atmosférica, que necessita mais de 10 minutos e duas partes de água para uma de amido, para que este se gelatinize completamente (GIBSON; ALAVI, 2013).

O *design* da matriz e seu efeito na expansão, na uniformidade e na aparência do produto final são frequentemente negligenciados. A quantidade de expansão desejada no produto final pode ser controlada por manipulação de fórmulas e área aberta da matriz (ROKEY, 2006).

O cozimento por extrusão é um processo complexo que envolve inter-relações entre parâmetros de processo e produto que afetam a reatividade de nutrientes na qualidade do produto. As variáveis mais importantes do processo são temperatura, tempo de residência, umidade e pH, que podem ser controlados para alcançar os resultados desejados. Pesquisas recentes sobre os efeitos da extrusão em nutrientes como amido, proteínas e lipídios em alimentos para animais de estimação foram consideradas; em geral, parece que relativamente

pouco se sabe sobre os efeitos do processo de extrusão (variáveis) na qualidade das dietas para animais de estimação (TRAN; HENDRIKS; POEL, 2008).

O processamento por extrusão foi investigado e utilizado para melhorar a qualidade nutricional de diversas matérias-primas, produzindo alimentos cozidos de alta qualidade. Os efeitos dos processos incluem a gelatinização do amido, a desnaturação da proteína, a inativação de fatores antinutricionais termolábeis e a inativação de bactérias patogênicas (ALONSO; AGUIRRE; MARZO, 2000).

Quando se avalia alimentos para cães, os valores da composição química são importantes, mas valores de digestibilidade e palatabilidade precisam ser consideradas (BRITO et al., 2010), uma vez que alguns fatores, como a fibra presente no ingrediente, podem promover uma redução no cozimento (gelatinização) do amido e na formação e macroestrutura do *kibble* (MONTI et al., 2016).

O uso generalizado da tecnologia de extrusão na indústria *pet food* deve-se ao fato de promover mudanças físicas e químicas nos ingredientes, alterando sua qualidade e propriedades físicas, aumentando seu 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, como: aumento da digestibilidade dos cereais, melhora da palatabilidade do alimento, modificações de atributos texturais que favorecem a apreensão e a mastigação, inativação de fatores antinutricionais, destruição de microrganismos, aumento da vida de prateleira, ampliação das possibilidades de uso de matérias primas e desnaturação de proteínas, com melhora de sua digestibilidade (CHEFTEL, 1986; LANKHORST et al., 2007).

O ganho em digestibilidade e palatabilidade dos cereais talvez seja o efeito mais notório do processo de gelatinização e plasticização do amido, que se torna mais digerível pelas enzimas digestivas dos carnívoros (MURRAY et. al., 2001).

A extrusão também pode promover efeitos indesejáveis, como destruição de vitaminas, oxidação de lipídeos, redução na disponibilidade de aminoácidos, principalmente, da lisina envolvida na reação de Maillard (LANKHORST et al., 2007). Devido a isso, e também de modo a evitar gastos desnecessários, o balanço entre os efeitos desejáveis e indesejáveis deve sempre ser buscado com a aplicação necessária de energia térmica e mecânica, mas não excessiva.

As modificações que ocorrem durante a extrusão estão relacionadas com a energia total transferida para a massa, composta de energia mecânica e térmica, medida pela entrada de energia mecânica específica (EME) e energia térmica específica (ETE), respectivamente. A combinação desses dois tipos de energia promove a gelatinização do amido, a desnaturação da

proteína, a modificação lipídica, a inativação enzimática e a redução da viabilidade microbiana. No final do canhão da extrusora, a massa plastificada se expande em contato com a atmosfera, criando uma macroestrutura particular que afeta a forma e a textura (GRIFFIN, 2003; CHALLACOMBE; SEETHARAMAN; DUIZER, 2011).

O processo de extrusão pode desempenhar um papel por afetar na palatabilidade pelo controle do nível de EME. A energia adicionada ao processo de extrusão compreende duas principais formas: térmica (vapor e água) e mecânica (do motor principal da extrusora). A energia mecânica pode ser ajustada por ferramentas de hardware, como configurações de parafuso, configurações da matriz e velocidade de extrusão (KVAMME; PHILLIPS, 2003). Cães tendem a favorecer produtos mais termicamente cozidos, ou seja, o aumento da energia térmica aumenta a palatabilidade para cães (DUNSFORD et al., 2002).

As mudanças físico-químicas promovidas pelo processo de extrusão nos ingredientes estão diretamente ligadas à quantidade de energia específica total (EET) transferida para a massa que, por sua vez, é composta pela soma das implementações de energia mecânica específica (EME) e energia térmica específica (ETE). Quando se iniciou o emprego da extrusão termoplástica de médio cisalhamento, para produzir *pet food*, muita ênfase se dava à transferência de EME. Esta continua sendo fundamental, mas hoje é quantitativamente menos importante que a ETE. Estima-se que entre 20% e 45% da energia total aplicada no processo *pet food* correspondem à EME, sendo que o percentual restante diz respeito ao uso de energia térmica. No entanto, no Brasil, isso ainda não está claro, uma vez que alguns condicionadores são pequenos, não há controle de variação da velocidade de rotação das pás e o tempo de residência do produto em seu interior não é medido ou controlado. Alguns sistemas, inclusive, não trabalham com vapor, sendo o processo 100% baseado em energia mecânica, o que torna o processo ineficiente e caro (PUTAROV; CARCIOFI, 2016; PACHECO, 2016).

A aferição ou cálculo da EME e ETE aplicadas torna possível compreender, parametrizar, controlar e replicar o processo de fabricação dos produtos (RIAZ, 2007). Do ponto de vista científico, no entanto, não se estudou, ainda, a relação mais adequada entre ETE e EME para a extrusão de alimentos para cães. Não existem informações disponíveis a este respeito, nos estudos publicados não há descrição das condições de extrusão ou menção da EME, ETE e transferência EET. Provavelmente também não exista uma proporção única, pois as condições adequadas de processo variam em função da composição de nutrientes e dos tipos de matérias primas empregadas (TRAN; HENDRIKS; POEL, 2008).

A maioria das matérias primas de origem agrícola utilizados na produção de rações está sujeita à redução de partículas e essa ação tem por finalidade: i) exposição de maior área para

interação com o processo digestivo e as enzimas digestivas; ii) facilitar a manipulação de alguns ingredientes; iii) melhorar a mistura dos ingredientes; iv) melhorar a eficiência e qualidade da conformação do produto acabado, no caso de pellets (FUCILLINI; VEIGA, 2014). Em *pet food*, vale ressaltar a importância da moagem sobre as características finais dos *kibbles* e, uma vez que as peneiras variam entre produtos (sendo que produtos econômicos utilizam uma peneira de remoagem de 1 mm e produtos melhores utilizam malhas de 0,8 mm ou menores), o acabamento do produto final é interferido.

A palatabilidade é importante na mensuração da preferência de um alimento para cães. Quanto maior a palatabilidade, mais fácil e rápida a administração e consumo dos alimentos. Considerando-se o animal, a palatabilidade varia em função da idade, sexo e raça. Considerando-se o alimento, a palatabilidade é determinada pela associação de aspectos químicos e físicos, baseando-se no odor, na textura, no tamanho, na temperatura e sabor (PIZZATO; DOMINGUES, 2008).

A estreita relação entre animais de estimação e proprietários levou ao desenvolvimento de certos requisitos sensoriais para atrair o consumidor. No entanto, os produtos principais são nutricionalmente bem equilibrados para fornecer uma dieta completa para um animal, de modo que eles possam ter uma vida saudável se alimentados apenas com alimentos para animais de estimação (GUY, 2016).

O teor de umidade, gordura e proteína são determinantes para a textura, sendo que a textura do alimento é importante nas fases de apreensão e trituração alimentar pelo cão, conforme aponta Bourgeois (2004), citado por Pizzato e Domingues (2008), podendo influenciar na escolha de animais.

Palatabilidade é uma característica complexa envolvendo vários aspectos relacionados aos ingredientes utilizados e parâmetros de processo, incluindo textura, forma, tamanho, sabor e flavor do alimento (TRIVEDI; HUTTON; BOONE, 2000). É difícil realizar comparações com foco somente em energia, uma vez que a base de ingredientes, palatilizantes e estrutura final do kibble, incluindo, dureza, tamanho, umidade e forma, podem se diferenciar (PACHECO et al., 2018).

Os amidos podem ser cozidos demais a ponto de serem dextrinizados. Isso pode ser importante para a palatabilidade, pois os cães podem detectar níveis sutis de dextrina que estão abaixo dos estágios visuais da queima. A causa mais comum desse fenômeno é o ressecamento de alimentos em altas temperaturas e longos tempos de residência, resultando em reações de Maillard (ROKEY, 2006).

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) (HULLÁR; FEKETE; SZÖCS, 1998; CASE et al., 2011). No entanto, vários aspectos ligados à palatabilidade e à preferência alimentar, como crocância, dureza, forma, tamanho, odor e sabor da ração são influenciadas pelas condições de processo de extrusão (CARCIOFI et al., 2012), embora dados de sua influência sejam praticamente inexistentes com poucas publicações que identifiquem as características macroestruturais e informações sobre as melhores disposições e configurações de processamento para que essas características sejam obtidas. Esses dados seriam importantes para fabricantes, pois possibilitariam ajustar formulações, desenhos e configuração de equipamentos, bem como condições de operação que resultem em alimentos com maior aceitação e palatabilidade (PACHECO, 2016).

As características macroestruturais dos *kibbles* extrusados são 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 matriz 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 *kibbles*, sua densidade aparente e específica, comprimento específico, estrutura celular, dureza e crocância (TRIVEDI; BENNING, 2003).

A maioria dos alimentos para animais de estimação secos baseia-se na transformação do amido por uma combinação de alta temperatura e poderosas forças de cisalhamento em um fluido polimérico disperso. Portanto, o teor de amido de uma receita é muito importante na determinação das características físicas dos produtos extrusados. Todas as matérias-primas têm algum efeito no processo e podem ser vistas em termos de seu potencial em um processo de extrusão usando o sistema de classificação de Guy (QUADRO 2).

A avaliação sensorial é raramente usada na indústria principalmente devido ao custo e ao tempo necessário para treinar e conduzir um painel sensorial. Outra possibilidade para a avaliação da textura é o uso de métodos instrumentais. Medidas instrumentais são geralmente mais baratos e fáceis de controlar, representando uma alternativa interessante para a avaliação sensorial de textura, fornecendo dados instrumentais que podem estar relacionados com a descrição sensorial (LASSOUED et al., 2008).

Quadro 2 – Sistema de classificação de Guy para ingredientes por seus efeitos funcionais no cozimento por extrusão.

Número	Grupo funcional	Exemplos típicos
1	Formação de estrutura	Amido, soja e glúten
2	Enchimentos de fase dispersa	Soja, farelo e amido não cozido
3	Plastificante/lubrificante	Água e óleos
4	Sólidos solúveis	Açúcares, dextrinas, sal
5	Nucleantes	Fosfatos de cálcio e carbonatos, fibras
6	Materiais colorantes	Aditivos e reagentes de Maillard
7	Materiais aromatizantes	Aditivos e reagentes de Maillard

Fonte: Adaptado de GUY (2016).

Os equipamentos utilizados para medir a textura consistem basicamente em três elementos: um “probe” (objeto de aplicação da força); uma fonte de movimento e um registrador. As propriedades mecânicas são estudadas submetendo o alimento a uma força e observando a deformação produzida pelo esforço correspondente (RICHTER, 2006).

Assim, no teste de textura instrumental, as medidas são baseadas na resistência da amostra à força aplicada. Níveis de deformação entre 20-50% são geralmente aplicados em produtos semissólidos. Nestes níveis, as amostras não quebram, sendo possível obter informações valiosas de parâmetros importantes como dureza/firmeza, coesividade, elasticidade, e seus derivados, gomosidade e mastigabilidade (PONS & FISZMAN, 1996).

Além dos aspectos relacionados com palatabilidade, existe preocupação com consumo energético em uma fábrica de rações ou alimentos para animais de estimação, indicando que o uso correto dos tipos de energia (térmica e mecânica), deve ser levado em consideração para melhor otimização da capacidade produtiva da extrusora. Slack et al., (2008, citado por Fucillini e Veiga, 2014) comentam que a capacidade de produção é o máximo nível de valor adicionado em um determinado período de tempo que o processo pode realizar sob suas condições normais de operação. O termo capacidade produtiva representa a quantidade ou limite máximo que um determinado processo empresarial possui de transformar suas matérias primas em produtos acabados (FUCILLINI; VEIGA, 2014).

3. CONSIDERAÇÕES GERAIS

As informações sobre uso de aditivos emulsificantes avaliando as características de macroestrutura dos *kibbles*, digestibilidade de nutrientes e de energia metabolizável – além de parâmetros do processo de extrusão em alimentos secos extrusados para cães – são novas e sem trabalhos que relatam o uso de emulsificantes para esse fim.

Dessa maneira, o uso de emulsificante pode auxiliar na melhora da textura do alimento, uma vez que seu uso está associado com características de qualidade dos *kibbles*, auxiliando na aceitabilidade pelo animal. Seu uso está associado a melhor absorção de lipídeos, levando a melhor aproveitamento da energia dos alimentos. Além disso, o uso de emulsificantes contribui para redução de custos com energia elétrica, uma vez que reduzem a amperagem do motor da extrusora durante o processo.

Um antioxidante é utilizado em várias etapas da cadeia *pet food*, iniciando na graxaria, com a chegada da matéria-prima do frigorífico e nos produtos acabados, seja nas farinhas ou óleos e gorduras. Antioxidantes devem ser utilizados nos mixes mineral e vitamínico e na carne fresca ou carne mecanicamente separada, que pode ser adicionada no pré condicionador, antes da extrusão. Para completar, são adicionados nos óleos e gorduras logo que chegam na fábrica, bem como nos palatabilizantes. Toda essa aplicação é importante para que haja um sinergismo da ação dos antioxidantes, já que necessita mantê-lo interna e externamente nos *kibbles*, para maior vida de prateleira.

O óleo ou gordura de vísceras de aves é a fonte lipídica mais utilizada na indústria *pet food* e, o uso de antioxidantes, torna-se essencial, devido à elevada taxa de oxidação dessa fonte.

O uso de antioxidantes sintéticos promove maior tempo de indução, em horas, comparados aos antioxidantes naturais. Consequentemente, promovem uma maior proteção contra oxidação. Além disso, existe uma melhor relação ômega 6: ômega 3 ($\omega 6:\omega 3$), com o uso de antioxidantes sintéticos.

Dessa forma, ao optar entre a utilização de antioxidantes sintéticos ou naturais, uma avaliação de estabilidade oxidativa deverá ser realizada, a fim de verificar se a dosagem recomendada pelo fabricante é realmente capaz de prolongar a vida útil do produto final, mantendo um bom perfil lipídico, com melhor relação $\omega 6:\omega 3$.

REFERÊNCIAS

- ABINPET. Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. Manual pet food Brasil, 9. ed. 2017. Disponível em: <http://abinpet.org.br/manual-pet-food-brasil/>. Acesso em: 12 jan. 2019.
- ALONSO, R.; AGUIRRE, A.; MARZO, F. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and in vitro digestibility of protein and starch in fava and kidney beans. **Food Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 2, p. 159-165, 2000.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 6. ed. Viçosa, MG: UFV, 2015. 668 p.
- BARET, J.C.; KLEINSCHMIDT, F.; EL HARRAK, A.; GRIFFITHS, A. D. Kinetic Aspects of Emulsion Stabilization by Surfactants: A Microfluidic Analysis. **Langmuir**, v. 25 (11), p. 6088–6093, 2009.
- BASTIDA-RODRÍGUEZ, J. The food additive polyglycerol polyricinoleate (E-476): structure, applications, and production methods. **ISRN Chemical Engineering**, New York, v. 2013, p. 1-21, 2013. Article ID: 124767
- BAZOLLI, R. S. **Influência do grau de moagem de ingredientes amiláceos utilizados em rações extrusadas sobre os aspectos digestivos e respostas metabólicas em cães**. 2007. 71p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.
- BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 2001. p. 125.
- BELLAVER, C. O uso de microingredientes (aditivos) na formulação de dietas para suínos e suas implicações na produção e na segurança alimentar. In: CONGRESSO MERCOSUL DE PRODUÇÃO SUÍNA, 2000, Buenos Aires. **Anais...** Buenos Aires: [s.n.], 2000. p. 56-78.
- BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. 2004. Parâmetros de Qualidade em Gorduras e Subprodutos Protéicos de Origem Animal, In: Conferência APINCO. Santos, SP, p. 21.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F.O. **Química do processamento de alimentos**. 3.ed. São Paulo: Varela, 2001. 143p.
- BONTEMPO, V.; COMI, M.; JIANG, X.R. The effects of a novel synthetic emulsifier product on growth performance of chickens for fattening and weaned piglets. **Animal**, Cambridge, v. 10, n. 4, p. 592-597, Oct. 2015.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Lista de aditivos autorizados para uso na alimentação de animais de companhia**. 2011, DFIP/CPAA, Divisão de Fiscalização de Aditivos/Coordenação de Fiscalização de Produtos para Alimentação Animal. Disponível em: <http://agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/aditivos>. Acesso em: 17 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. Aprova o regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal, segundo as boas práticas de fabricação, contendo os procedimentos sobre avaliação da segurança de uso, registro e comercialização. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1º dez. 2014. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 11 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 44, de 15 de dezembro de 2015. Altera os anexos I, II e II da Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004 que aprova o regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal, segundo as boas práticas de fabricação, contendo os procedimentos sobre avaliação da segurança de uso, registro e comercialização. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 dez. 2015. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=abreLegislacaoFederal&chave=50674&tipoLegis=A>>. Acesso em: 11 out. 2018.

BRITO, C. B. M. et al. Digestibility and palatability of dog foods containing different moisture levels, and the inclusion of a mould inhibitor. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, n. 3-4, p. 150-155, 2010.

CAPELLI, S.; MANICA, E.; HASHIMOTO, E.H. Importância dos aditivos na alimentação de cães e gatos: Revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.10, n.3, p.212-223, 2016.

CARCIOFI, A.C.; JEREMIAS, J.T. Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século XXI. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 39, p. 35-41, 2010.

CASE, L.P. et al. **Canine and Feline Nutrition: A Resource for Companion Animal Professionals**, 3rd ed. Mosby Elsevier, 2011.

CHALLACOMBE, C.A.; SEETHARAMAN, K.; DUIZER, L.M., 2011. Sensory characteristics and consumer acceptance of bread and cracker products made from red or white wheat. **J. Food Sci.** 76, 337-346.

CHANADANG, S.; KOPPEL, K.; ALDRICH, G. The Impact of Rendered Protein Meal Oxidation Level on Shelf-Life, Sensory Characteristics and Acceptability in Extruded Pet Food. **Animals**, v. 6, p. 1-17, 2016.

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

CHEN, J. Emulsifiers as food texture modifiers. In: CHEN, J.; ROSENTHAL, A. **Modifying Food Texture: Novel Ingredients and Processing Techniques**. Elsevier Ltd, 2015, p. 27- 49.

COELHO, M. Vitamins and carotenoids in pet care. In: KVAMME, J.L.; PHILLIPS, T.D. **Petfood technology**. Illinois Mt Morris, 2003, p.101-120.

DALGLEISH, D.G. Food emulsions: Their Structures and Properties. In: FRIBERG, S.; LARSSON, K.; SJOBLOM, J. **Food Emulsions**. New York: Marcel Dekker, 2004, p. 17-60.

DAVY, H. Os antioxidantes. **Food Ingredients Bras.** V. 6, p. 16–31, 2009.

DIEHL, B. W. K. The use of NMR in lipid analysis: characterisation of E484, castor oil polyethylene glycol. **Lipid Technology**, High Wycombe, v. 23, n. 12, p. 278-280, 2011.

DIERICK, N. A.; DECUYPERE, J. A. Influence of lipase and/or emulsifier addition on the ileal and faecal nutrient digestibility in growing pigs fed diets containing 4% animal fat. **Journal of Science and Food Agriculture**, London, v. 84, p. 1443-1450, 2004.

DUNSFORD, B.; PLATTNER, B.; GREENBURY, B.; ROCKEY, G. The influence of extrusion processing on petfood palatability. In: **PROCEEDINGS OF PETFOOD FORUM**, 2002. Chicago, Illinois, USA. Watt Publishing, Inc., Mt. Morris, Illinois, USA, 2002.

FAO/WHO. Codex General Standard for Food Additives. **Codex STAN 192-1995**. Disponível em: <<http://www.fao.org/gsfaonline/index.html>>. Acesso em: 14 out. 2018.

FERRARI, C. K. B. Oxidação lipídica em alimentos e sistemas biológicos: mecanismos gerais e implicações nutricionais e patológicas. **Rev. Nutr.** [online]. 1998, vol.11, n.1, pp.3-14. ISSN 1415-5273. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52731998000100001>.

FUCILLINI, D. G.; VEIGA, C. H. A. Controle da capacidade produtiva de uma fábrica de rações e concentrados: um estudo de caso. **Custos e @gronegocio on line**, v. 10, n. 4, p. 221–240, 2014. Disponível em: <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/numro4v10/OK_11_racoes.pdf>.

FRANKEL, E.N. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. **Trends Food Sci. Technol**, v. 4, p. 220–225, 1993.

GARBELLOTTI, A.R., 2014. Efeito da temperatura de alimentos extrusados no empacotamento sobre a atividade de água. TCC, Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, Paraná.

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.

Gu, X.; Li, D. Fat nutrition and metabolism in piglets: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 109, p. 151–170, 2003.

GUERREIRO NETO, A. C. et al. Emulsifier in broiler diets containing different fat sources. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 13, n. 2, p. 119-125, 2011.

GURR, M.I.; HARWOOD J.L.; FRAYN, K.N. **Lipid biochemistry: An Introduction**. 5.ed. Blackwell Science, 2002.

GUY, R. C. E. Pet Foods. In: WRIGLEY, C. W.; KOUSHIK, H.C.; FAUBION, S.J. **Encyclopedia of Food Grains**, 2nd edition, 2016, p. 223–227.

HALLIWELL, B. How to characterize an antioxidant: an update. **Biochem. Soc. Symp.** V. 61, p. 73–101, 1995.

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

JONES, D.B. et al. Effects of exogenous emulsifiers and fat sources nutrient digestibility, serum lipids, and growth performance in weanling pigs. **Journal of Animal Science**, v.70, p. 3473–3482, 1992.

KACZMAREK, S. A. et al. Effects of glyceryl polyethylene glycol ricinoleate on nutrient utilisation and performance of broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, Montreux, v. 69, n. 4, p. 285–296, 2015.

KOHAJDOVÁ, Z.; KAROVICOVÁ, J.; SCHMIDT, S. Significance of emulsifiers and hydrocolloids in bakery industry. **Acta Chimica Slovaca**, v. 2, p. 46–461, 2009.

KOPPEL, K., 2014. Sensory analysis of pet foods. *J. Sci. Food Agric.* 94, 2148–2153. doi:10.1002/jsfa.6597

KOPPEL, K. et al. 2014. The effects of cooking process and meat inclusion on pet food flavor and texture characteristics. *Animals* 4, 254–271. doi:10.3390/ani4020254

KRABBE, E.L.; SANDRI, E. 2012. Calidad de las materias primas en la elaboración de raciones: Bases para el éxito, In: SEMINARIO INTERNACIONAL AVÍCOLA. Cusco, Peru.

KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T.D. *Petfood Technology*. Watt Publishing, Mount Morris, IL 2003.

LANKHORST, C. et al. 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.

LASSOUED, N. et al. Baked product texture: Correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile. **Journal of Cereal Science**, v. 48, p. 133–143, 2008.

LEAL-CALDERON, F.; SCHMITT, V.; BIBETTE, J. Emulsification. In: LEAL-CALDERON, F.; SCHMITT, V.; BIBETTE, J. **Emulsion Science: Basic Principles**. Springer Science & Business Media, 2nd ed., 2007. 225p.

MCCLEMENTS, D. J. **Food Emulsion: Principle, Practices, and Techniques**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2005.

MCCLEMENTS, D. J. Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 47, n. 7, p. 611–649, 2007.

MAERTENS, L. et al. The addition of a nutritional emulsifier improves broiler performance in an energy di-luted diet. In: 20TH EUROPEAN SYMPOSIUM ON POULTRY NUTRITION, Prague, Czech Republic, August 2015.

- MELEGY, T. et al. Dietary fortification of a natural biosurfactant, lysolecithin in broiler. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 5, n. 21, p. 2886-2892, 2010.
- MONTI, M. et al. 2016. Influence of dietary fiber on macrostructure and processing traits of extruded dog foods. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v. 220, p. 93–102, 2016. doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.07.009
- MURRAY, S.M. et al. *In vitro* fermentation characteristics of native and processed cereal grains and potato starch using ileal chyme from dogs. **Journal Animal Science**, v. 79, p. 435–444, 2001.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2006.
- NIKI, E. Antioxidant activity: Are we measuring it correctly? **Nutrition** v. 18, p. 524–525, 2002.
- OLIVEIRA, A. C. et al. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n.3, pg. 689-702, 2009.
- PACHECO, P.D.G. **Aplicação de energia térmica no condicionador na extrusão de alimentos para cães**. 2016. 50 p. Dissertação (Mestrado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo, 2016.
- PACHECO, P. D. G. et al. Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, 2018.
- PEREIRA, O.C.F. **Rumex induratus : Caracterização Química e Potencial Antioxidante**, 2009. 128 p. Dissertação (Mestrado) Universidade do Porto, Faculdade de Farmácia, Porto, Portugal, 2009.
- PIZZATO, D. A.; José Luiz DOMINGUES, J. L. Palatabilidade de alimentos para cães. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 2, p. 504-511, Março/Abril 2008.
- PONS, M.; FISZMAN, S.M. Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. **Journal of Texture Studies**, v. 27, p. 597-624, 1996.
- PUTAROV, T. C.; CARCIOFI, A. C. **AMIDO E COZIMENTO-CRIANDO FUNCIONALIDADE COM A EXTRUSÃO TERMOPLÁSTICA**. (CBNA, Ed.) XV Congresso CBNA PET 2016. **Anais...**Campinas: 2016
- RACANICCI, A.M.C. et al. Oxidação Lipídica do Óleo de Vísceras de Aves para Redução de seu Conteúdo de Energia Metabolizável para Frangos de Corte na Fase de Crescimento. **R. Bras. Zootec.** v.33, n.4, p. 919-923, 2004.
- RADUJKO, I. et al. The influence of combined emulsifier 2 in 1 on physical and crystallization characteristics of edible fats. **European Food Research and Technology**, Switzerland, v. 232, n. 5, p. 899- 904, 2011.

RAMALHO, V.C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Quim. Nova**. v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

RAVINDRAN, V. et al. Fats in poultry nutrition: digestive physiology and factors influencing their utilisation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 213, p. 1-21, Mar. 2016.

REDDY, G.V.N.; REDDY, Y.R. Extrusion technology. In: KUNDU, S.S.; MAHANTA, S.K.; SINGH, S.; PATHAK, P. S. **Animal Feed Technology**. Satish Serial Publishing House, 2005, 347 p.

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

RIAZ, M.N., 2000. Extruders in Food Applications. Technomic Publishing, Lancaster, PA, USA.

RICHTER, V. B. **Desenvolvimento de uma técnica descritiva por ordenação**. Londrina: UEL. 2006. 74p. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2006.

ROKEY, G. J., 2006. Pet food production. Process description. **Engormix**. Disponível em: <<https://en.engormix.com/feed-machinery/articles/pet-food-production-t33431.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2018.

ROKEY, G.; PLATTNER, B. Process description. In: Pet food production. Wenger Mfg, Inc. Sabetha, KS USA 66534, p. 1-18, 1995.

ROVERS, M. Improving fat digestibility lower cost price. **World Poultry**, Surrey, v. 29, n. 7, p. 11-13, 2013.

ROVERS, M. Saving energy and feed costs with nutritional emulsifier. **International Poultry Production**, Driffiedl, v. 22, n. 4, p. 7-8, 2014.

ROY, A. et al. Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. **Veterinary Medicine International**, Cairo, v. 2010, p. 1-9, July 2010.

SÁ-FORTES, C.M.L.; ROCHA JUNIOR, C.M. Aditivos em alimentos para animais de estimação. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, Vitória, ES, Brasil. **Anais...** Vitória, ES, Brazil: 2014. Disponível em: <<http://www.caesegatos.com.br/assets/uploads/noticias/2014/06/ARTIGO-ADITIVOS.pdf>>.

SCHOENHERR, W. D.; JEWELL, D. E. Nutritional modification of inflammatory diseases. **Seminars in Veterinary Medicine & Surgery (Small Animal)**, v. 12, p. 212-222, 1997.

SCUSSEL, V. M. et al. Contaminantes Orgânicos e Sintéticos: Aditivos – Conservantes e Antioxidantes Sintéticos, Aromatizantes e Espessantes – Parte 1. **Revista Pet Food**, v., p.58-60, 2013

SILVA, F.A.M., BORGES, M.F.M., FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Quim. Nova** 22, 94–103, 1999.

SINDIRAÇÕES. Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal. **Boletim Informativo do Setor**, 2018. Disponível em: https://sindiracoes.org.br/wp-content/uploads/2018/12/boletim_informativo_do_setor_dezembro_2018_vs_final_port_sindi_racoes.pdf. Acesso em: 11 jan. 2019.

SPEARS, J.K.; FAHEY, G.C., 2004. Resistant Starch as Related to Companion Animal Nutrition. **Journal of AOAC International**, v. 87, p. 787-791, 2004.

STAMPFLI, L.; NERSTEN, B. Emulsifiers in bread making. **Food Chemistry**, v. 52, p. 353-360, 1995.

TAVARES, F.B. **Emulsificante em dietas para frangos de corte com diferentes fontes lipídicas**. 2016, 95 p. Tese (doutorado) Universidade Federal do Pará, Núcleo de Ciências Agrárias e Desenvolvimento Rural, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, Belém, 2016. Disponível em < <http://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/8347>>.

TEIXEIRA, L. V. **Uso de emulsificante em dietas para frangos de corte**. 2017. 84 p. Tese (doutorado) Universidade Federal de Lavras, 2017. Disponível em: < http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/13121/2/TESE_Uso%20de%20emulsificante%20em%20dietas%20para%20frangos%20de%20corte.pdf>

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.

TREVISAN, L.; KESSLER, A.M. Lipídeos na nutrição de cães e gatos: metabolismo, fontes e uso em dietas práticas e terapêuticas. **Revista Brasileira de Zootecnia** vol.38, p.15-25, 2009.

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

TRIVEDI, N.; HUTTON, J.; BOONE, L. 2000. Useable data: How to translate the results derived from palatability testing. *Petfood Ind.* 42, 42-44.

UBOLDI-EIROA, M.N. 1981. Water activity: influence on the development of microorganisms and determination methods in food. *Boletim do ITAL*, 3(18): 353-383

UDOMPRASERT, P.; RUKKWAMSUK, T. Effect of an exogenous emulsifier on growth performance in weanling pigs. **Kasetysart Journal Natural Science**, Bangkok, v. 40, p. 652-656, 2006.

WALSTRA, P. Formation of Emulsions and Foams. In: WALSTRA, P., Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. **Physical chemistry of foods**. New York: Marcel Dekker, 2003, p.415-454.

VALENZUELA B. A.; SANHUEZA, J.; NIETO, S. Natural antioxidants in functional foods: from food safety to health benefits. **Grasas y Aceites**, v.54, p. 295–303, 2003.

VASCONCELLOS, R.S., 2016. Antioxidantes naturais e sintéticos: evidências científicas de segurança e riscos. In: **XV Congresso CBNA PET 2016**, CBNA PET. Campinas. Disponível

em:

<http://cbna.com.br/arquivos/08%20Palestra%20Ricardo%20Souza%20Vasconcellos.pdf>>.

Acesso em: 25 de agosto de 2018.

ZAEFARIAN, F.; ROMERO, L.F.; RAVINDRAN, V. Influence of high dose of phytase and an emulsifier on performance, apparent metabolisable energy and nitrogen retention in broilers fed on diets containing soy oil or tallow. **Br. Poult. Sci.** 1–8, 2015. doi:10.1080/00071668.2015.1067878

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

***ARTIGO 1 - EMULSIFIER ADDITIVE ON EXTRUSION PROCESS AND
NUTRITIONAL CHARACTERISTICS ON EXTRUDED DRY DIETS FOR ADULT
DOGS***

Versão preliminar

Artigo formatado de acordo com a norma do periódico *Animal Feed Science and Technology*

**Emulsifier additive on extrusion process and nutritional characteristics on extruded dry diets
for adult dogs**

C.M. RochaJunior^{a**}, A.G. Bertechini^a, G.C. Rocha^b, A.O. Teixeira^c, C.M.L Sá-Fortes^d, , C.R.G. Brighenti^c, F.M.O.B. Saad^a

^aDepartment of Animal Science, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitario, Zip Code 37200-000, Lavras, MG, Brazil. Phone +55 35 3829-1230 (carlosmagno.rocha@yahoo.com.br; bertechini@ufla.br; borgesvet@dzo.ufla.br)

^bDepartment of Animal Science, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitario, Zip Code 36570-900, Viçosa, MG, Brazil. Phone +55 31 3899-3306 (gcrbrazil@gmail.com)

^cDepartment of Animal Science, Universidade Federal de São João del-Rei Campus Universitario Tancredo Neves, Zip Code 36301-360, São João del-Rei, MG, Brazil. Phone +55 32 3373-3961 (alexandre.teixeira@ufsj.edu.br; carlabrighenti@ufsj.edu.br)

^dDepartment of Animal Science, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Universitario, Zip Code 39404-547, Montes Claros, MG, Brazil. Phone +55 38 2101-7920 (crissafortes@ufmg.br)

**Corresponding author: carlosmagno.rocha@yahoo.com.br

Department of Animal Science, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitario, Caixa Postal 3037, 37200 000, Lavras, MG, Brazil. Phone +55 31 99749-2281

Highlights

- Effects on kibble characteristics with a processing capacity extruder of 6,000 kg/h.
- Use of emulsifier promotes changes on extrusion process.
- Emulsifier improve amperage and energy consumption.
- Characteristics of extrusion process influence kibble texture.
- Emulsifier additive can improve metabolizable energy in adult dogs.

ABSTRACT

The objective of this trial was to evaluate extrusion process and kibble characteristics, coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD) of dietary nutrients and metabolizable energy (ME) in diets formulated with different levels of emulsifier in extruded dry foods for adult dogs. An economical food was used, suitable for adult dogs of all breeds. The emulsifier (EMU), based on glyceryl polyethylene glycol ricinoleate, was added “on top”, forming 5 treatments: ((Control (CON), (0.3 EMU; CON + 0.3 g/kg EMU), (0.6 EMU; CON + 0.06 g/kg EMU), (0.9 EMU; CON + 0.9 g/kg EMU), (1.2 EMU; CON + 1.2 g/kg EMU)). Canonical functions 1 and 2 were significant ($P < 0.05$). The amount of variance explained among the canonical statistical variables independent and dependent on function 1 (79.49%) was significant for the groups of characteristics analyzed. Dietary emulsifier concentrations did not influence the CTTAD of nutrients. However, the ME was higher for the 0.3 EMU and 0.6 EMU compared to the 0.9 EMU. The addition of the emulsifier changed the production parameters ($P < 0.05$). There was significant cubic effect ($P < 0.0001$) of concentration of emulsifier on engine amperage, active power and energy consumption. These results indicate that the use of emulsifier can be used as a technological additive in dry extruded foods for adult dogs.

Key words: pet food, nutrient digestibility, metabolizable energy, texture, amperage.

1. Introduction

The use additives for pets becomes increasingly growing, since the pet food market seeks to keep up with trends and innovations of developed countries that, within a concept of humanization, seek to meet the tutors needs, worried about the health and welfare of their animals and, on top of that, the use of additives to meet both nutritional and processing characteristics, are increasingly employed in the industry.

Although studies of food formulation that maximize expectancy and quality life, the use of ingredients and nutrients that develop the ability to resist disease and improve health, many aspects remain unknown in dog and cat nutrition, requiring studies on physicochemical characterization, process effects, bioavailability and metabolic responses of ingredients used by industry (Carciofi and Jeremias, 2010), as well as additives used in the pet food industry.

For dogs it is common to use additives in extruded dry foods as well as in wet foods (sachets, canned), as well as in snacks (bones, sticks, nuggets, biscuits), as well as in foods for reptiles, fish and small birds (Scussel et al., 2013).

Emulsifiers are functional additives used in food industry to improve texture, stability, volume, softness, aeration, and shelf life (Radujko et al., 2011) and their use can be important to improve fat utilization and gradually improve apparent metabolizable energy (Zaefarian et al., 2015).

Effect of the extrusion process on nutritional values of feed for production animals has been documented, but results regarding the effects of extrusion on dry pet food in the literature are scarce (Monti et al., 2016; Tran et al., 2008) and to the best of our knowledge, without papers that report the use of emulsifiers both to improve texture, nutrient digestibility, metabolizable energy and process aspects, aiming to assist in energy recovery.

The objective with this study was to evaluate the effects of additive emulsifiers on kibble texture characteristics, as well as to evaluate the digestibility of nutrients and apparent metabolizable energy in diets formulated with different emulsifier inclusions based on glyceryl polyethylene glycol ricinoleate in extruded dry foods for adult dogs and to evaluate extrusion process characteristics in dry dog food.

2. Material and Methods

The experiments were approved by the Committee of Ethics on Animal Use of the Dean of Research of the Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brazil, under protocol n. 034/2018

2.1 Diet preparation and treatments

Were used two millings during the process. The first milling, with 3.0 mm mesh sieves (Ferraz, M-600; Ribeirão Preto, Brazil), after weighing the macro ingredients. After mixing for 5 minutes, 3000 kg ingredients/treatment were submitted to a second milling with 1.0 mm mesh sieves (Ferraz, M-1004; Ribeirão Preto, Brazil) and packed in a metal silo. The material was conveyed to the agitator tank coupled to the preconditioner and thus extruded.

Foods were extruded in a single screw extruder (Ferraz, E-200 R; Ribeirão Preto, Brazil), engine of 250 HP, with a processing capacity of 6000 kg/h and die diameter of 8 mm. The temperature of the mixture was raised by injection of steam, remaining at 90 °C in the preconditioner and at 110 °C in the extruder barrel.

The product after extrusion is "pulled" by a pneumatic system to the dryer spreader, which has the function of scattering the kibbles on the dryer conveyor belt, avoiding accumulation in the corners or in the center of the dryer conveyor belt. The two-pass conveyor dryer consisted of a drying system with heated airflow for 20 minutes at 130 °C. After drying, the material was cooled in a vertical cooler for the subsequent application of oil and palatabilizer in a vacuum-free coating system (Ferraz, VC-600; Ribeirão Preto, Brazil). The same set of equipment, conditions of mixing, drying and coating were used for all treatments.

The food used in the experiment was an economic commercial dry maintenance canine diet (Papa Tudo Meat, adult all breeds, dry dog food; Planalto Alimentos), based on corn, sorghum and meat bone meal. The guarantee levels are: Crude Protein (180 g/kg); Ether Extract (60 g/kg); Mineral Matter (100 g/kg); Moisture (100 g/kg); Calcium (24 g/kg) and Phosphorus (8 g/kg).

The ingredients were weighed, separated into silos and, prior to mixing, the emulsifier (EMU), based on glyceryl polyethylene glycol ricinoleate was added "on top", forming the following treatments: ((Control (CON), (0.3 EMU; CON + 0.3 g/kg EMU), (0.6 EMU; CON + 0.06 g/kg EMU), (0.9 EMU; CON + 0.9 g/kg EMU), (1,2 EMU; CON + 1.2 g/kg EMU)).

2.2 Extrusion stability

For extruder stability, the following parameters were kept fixed:

- Water volume in the preconditioner = 450 L/h
- Steam pressure on preconditioner = 3 bars
- Steam pressure on extruder barrel = 7 bars
- Feed/Extruder load = 35,5 Hz
- Cutting speed (knives)= 42,5 Hz
- Preconditioner temperature = 90 °C
- Extruder barrel temperature = 110 °C
- Dryer conveyor belt speed = 35 Hz

To evaluate the stability of the process, after extruder stability, the engine Amperage was checked every 90 seconds, for 18 minutes for each treatment.

Active power (kWh), was calculated according to Carciofi et al. (2012) and, based on the values obtained, was calculated the energy consumption of finished product (kWh / ton).

Active Power (kW/h) = $\sqrt{\text{motor phase}} \times \text{Voltage} \times A \times \cos \phi$, where: $\sqrt{\text{motor phase}} = \sqrt{3}$; Voltage = 280 V; A = Amperage; $\cos \phi$ = power factor (0.86).

2.3 Animals and facilities

Five adult beagles (two males and three females), with 14.57 ± 1.9 kg body weight (BW) and 6 ± 0.4 years old, belonging of the kennel to Center of studies on nutrition of companion animals, from department of Animal Science of the Universidade Federal de Lavras, were used, from June to August 2018.

All dogs were submitted to clinical and physical examination and were previously vaccinated and de-wormed. Dogs were individually housed in concrete kennels (4.8-m long x 2-m wide) with shelter, during all experimental period.

2.4 Digestibility assay

Dogs were distributed in a 5×5 Latin square experimental design. The treatments were distributed in each period, so that each dog consumed all the treatments.

The digestibility assay was performed using the total faecal collection method for 10 days divided in two periods: five days of adaptation, followed by five days of total faecal collection, according to the recommendations of the Association of American Feed Control Officials (Association of American Feed Control Officials - AAFCO, 2003).

Dogs were fed twice daily (07:30 and 16:30 h) in sufficient amount to supply their metabolizable energy (ME) requirements (ME, MJ/d = $0.54 \times \text{BW}^{0.75}$), according to the NRC recommendations (NRC, 2006). Water was provided *ad libitum*.

Faeces were collected at least twice daily, weighed, identified per period and per dog, and stored in a freezer at -14 °C for posterior analyzes.

Faecal score was determined by the same researcher, according to 1-5 scale: 1 = watery faeces (can be poured from the container); 2 = soft and unshaped stools; 3 = soft, shaped, and moist stools; 4 = well-shaped and uniform stools; 5 = wellshaped, hard, and dry stools (Carciofi et al., 2009).

2.5 Total excreta collection and chemical analysis

At the end of each period, faeces were thawed, homogenized, and dried in a forced-ventilation oven at 55 °C for 72 h until constant weight. Dry faeces and the diets were ground to 1-mm particle size, and analyzed for DM at 105 °C, crude protein (CP, method 954.01), acid-hydrolysis ether extract (AHEE, method 954.02), and ash (Ash, method 942.05) contents, according to the Association of Official Analytical Chemists (Association of the Official Analytical Chemists -AOAC, 1995). Organic matter (OM) of the samples was calculated as DM minus ash. Gross energy was determined in a bomb calorimeter (IKA, C-1; Staufen, Germany). Analyzes were carried out at laboratory of animal nutrition belonging to department of Animal Science from Federal University of São João del-Rei, MG, Brazil. Original faecal dry matter content was calculated as: dry matter at 55 °C (DM55) x dry matter at 105 °C (DM105)/100.

2.6 Kibble characteristics

For analyzes performed on the kibble, samples of the final product were collected every 10 minutes for one hour, with a total of 6 replicates of 500 g for each treatment (6 experimental units / treatment).

The following analyzes were performed: density, moisture (Gehaka, IV2500; São Paulo, Brazil), water activity (Novasina, Lab Start -aw, Lachen, Switzerland), diameter and length, with digital caliper (Jomarca, NCM 90173020; Guarulhos, Brazil), the degree of starch gelatinization (Chiang & Johnson, 1977) and kibble microscopy with binocular stereomicroscope (Coleman, ST-30 / 21 LED; Santo André, Brazil). All image analysis was qualitative and was not submitted to statistical evaluation.

2.6.1 Texture evaluation

The texture assay was conducted in the packaging laboratory, belonging to the food technology department of the Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil.

Twenty kibbles of each experimental unit (120 kibbles / treatment) were used in the texture profile analysis (TPA), conducted in a universal mechanical test machine (Instron, Series 3367; Norwood, MA, US). A cylindrical probe of 5 mm in diameter was moved perpendicularly on each kibble. The working conditions were: 0.05 N load cell, 40 percent sample height compression, pre-test speed of 2 mm/s, speed during the test of 0.5 mm/s and speed before test of 10 mm/s, with two penetration cycles.).

The force exerted on the sample was automatically recorded and the parameters hardness, chewiness, gumminess, cohesiveness, adhesiveness and springiness were automatically calculated with Bluehill software (Instron, Bluehill 2.0; Norwood, MA, USA).

2.7 Statistical analysis

The canonical correlation analysis was performed for the process correlation and the texture kibble characteristics data. Considering the observed original data, to verify the associations between the group of characteristics of the process (emulsifier dosage, density, moisture, water activity, kibble length, kibble diameter), with a second group formed by the characteristics of the kibble texture (starch gelatinization, adhesiveness, chewiness, cohesion force, gumminess, springiness).

Wilks lambda multivariate test was used to evaluate the significance of the canonical roots together. Shapiro-Wilk test was used to verify the existence of multivariate normality of the data used.

Because the hardness was calculated as the peak force of the first compression cycle, an individual analysis of the hardness was made through a variance analysis and the means were compared by the Student t test at 5% probability.

Although the data were quantitative, ANOVA was initially performed and the means were compared by test Tukey at 5% probability level to later perform regression analysis. It was adopted the cubic regression model.

All variables were tested when assumptions for ANOVA by the Bartlet test for homoscedasticity and Shapiro Wilk's test for normality. A GLM procedure was performed at 5% probability.

After checking data orthogonality, the following orthogonal contrasts were tested: control diet (CON) vs. average of the diets containing emulsifier (EMUT; 0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 g EMU/kg), average of the lowest emulsifier doses (EMUL; 0.3 and 0.6 g EMU/kg) vs. average of the highest emulsifier doses (EMUH; 0.9 and 1.2 g EMU/kg), (EMUA; 0.3 g EMU/kg) vs (EMUB; 0.6 g EMU/kg) and (EMUC; 0.9 g EMU/kg) vs. (EMUD; 1.2 g EMU/kg).

All analyzes were performed using the statistical software R version 3.2.4 (R Core Team, 2018), packages CCA (González and Déjean, 2009), CCP (Menzel, 2009) and yacca (Butts, 2009).

For the fecal score data we choose to perform a non-parametric Friedman test, at 10 % probability level.

3. Results

3.1 Process correlation with kibble and texture characteristics

It was observed that only the canonical functions 1 and 2 have shown to be significant and, since the canonical function 1 is the most significant, the results explained here are referents to it (Table 1).

Table 2 shows the canonical charges for the canonical function 1. As higher the canonical charge, more important is the variable to derive the canonical statistical variable.

The correlation between the canonical statistical variables of the canonical function in dimensions 1 and 2 (Figure 1) and the samples distribution (Figure 2) can be visualized.

Figure 3 illustrates internal pictures of the kibbles produced in treatments.

3.2 Digestibility assay and extrusion parameters

Dietary emulsifier concentrations did not influence the coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD, g/kg) of nutrients ($P > 0.05$; Table 3). However, the ME and the DE were higher for the 0.3 EMU and 0.6 EMU compared to the 0.9 EMU.

Faecal score was not different among treatments ($P > 0.1$; data not presented).

When performing GLM, only the variables CTTAD of GE, ME and DE were significant and the respective coefficients were presented ($P < 0.05$; Table 4). By adjusting the significant variables to orthogonal polynomials, the cubic regression model was adjusted as significant ($P < 0.05$), whose graphs and equations are presented (Figure 4, Table 4).

The emulsifier dosage (ED) changed the production parameters ($P < 0.05$). There was significant cubic effect ($P < 0.0001$) of concentration of emulsifier on engine amperage (Figure 5, Table 3). The effects observed was the same for active power and energy consumption.

The adjusted curve for amperage was:

$$A = 250.9 - 2031.7 ED + 42668.7 ED^2 - 187885.8 ED^3$$

The curve adjusted for active power (AP) was:

$$AP = 105396 - 853287 ED + 17920299 ED^2 - 789009685 ED^3$$

The curve adjusted for energy consumption (EC) was:

$$EC = 70.26 - 568.86 ED + 11946.87 ED^2 - 526006 ED^3$$

Discussion

The emulsifier based on glyceryl polyethylene glycol ricinoleate is an ester of ethylene oxide and castor oil, composed of a complex mixture of 100 or more components of similar chemical structures: a polyol is the initial molecule and a more or less long chain of polyethylene glycol units is end-capped by a fatty acid ester. The precursor of the ricinoleate molecule is castor oil, the composition of fatty acids being predominantly made of ricinoleic acid, however, small amounts of saturated fatty acids as well as oleic and linoleic acid are present (Diehl, 2011).

To the best of our knowledge, there are no studies published evaluating the use of emulsifier on digestibility of nutrients or ME for adult dogs. Hence, this study can be an opportunity for other scientific studies with emulsifier as well as contribute with pet food industry.

3.3 Process correlation with kibble and texture characteristics

In this study, the results show that the canonical R^2 found was high, that is, the amount of variance explained between the canonical statistical variables independent and dependent on the canonical function 1 (79.49%) was significant for the groups of characteristics analyzed. This is an indication of influence of process characteristics on characterization of kibble texture. Concerning samples distribution, it was noticed that, there was control in the process, since there was a grouping of the treatments according to the dose of the emulsifier (Figure 2).

Analyzing the canonical charges for the canonical function 1 (Table 2), for the canonical variable related to the process characteristics, it is observed that the emulsifier dose and the density showed higher values (in module), and the two were negatively correlated. The water activity was the variable that presented the lowest canonical load. For the group of kibble texture characteristics, the most important variables are springiness and adhesiveness, also negatively correlated. In the treatments 0.3 EMU and 0.6 EMU, the characteristic of adhesiveness is more evident, whereas in the greater doses of the emulsifier, i.e, 0.9 EMU and 1.2 EMU, the springiness characteristic prevail.

It was possible to note that the cellular structure in treatments was compacted, with poorly ground ingredients (Figure 3). These characteristics was observed in all treatments, showing that milling is also a parameter to be considered in a dry extruded dog food.

In Brazilian pet food industry, the use of emulsifiers is being used in order to increase productivity in the extrusion process, as well as the possibility to give a better financial return to the producer by adding more water to the final product. Due to internal competitiveness, these data was not published. Considering this context, it can be check in our work that, in fact, there is a decrease in both the moisture and the water activity, and, therefore, more water could be added to the system. It is important to note that, in the industry practices, the texture characteristics of the kibbles was not being taken into account, which may undergo changes with a greater amount of water.

With the launch of new products, the pet food market requires continuous evaluation of the adaptation and efficiency of these products. Palatability, characteristics of the foods that attract the animals and lead them to the consumption, is, therefore, a key element (Tobie et al., 2015). Several attributes of pet food may be influenced by types of ingredients used in the formulation, added palatants, and processing factors used, protein, grain, and fiber sources, that may interfere or are associated with palatability or sensory characteristics. Among them, texture, in which some of its characteristics, such as adhesiveness, gumminess and springiness, directly affect the animal's mouthfeel (Koppel et al., 2015; Trivedi and Benning, 2003), and interactions between emulsifiers, proteins and carbohydrates in bakery products or other starch-based foods improve texture (Chen, 2015). Therefore, was evidenced that, the use of emulsifier interferes directly with the texture characteristics of the kibbles, since the extrusion process conditions remained constant between the treatments. Consequently, the kibble characteristics texture it is a parameter to be used in palatability evaluation, aiming at complementing a food preference test, for example, a two-bowl test.

In the pet food industry, the analysis of texture using instrumental methods can be an indication of quality and palatability. According to Gouriou et al. (2017) in the food industry the use of texture profile analysis (TPA) is undoubtedly the most popular but small differences in the height and the surface area of the sample can be a problem, so it is necessary a standardization. In order to maintain the best possible conditions in relation to the process and consequently the size of the kibbles, a new die was used to carry out the experiment.

The cellular structure in treatments was compacted, with poorly ground ingredients (Figure 3). Regarding particle size, the finely grind fibers favoring formation of kibbles with lower piece density,

signaling that fiber particle reduction might be a means of increase kibble expansion (Monti et al., 2016). This fact is due the 1.0 mm mesh sieves used that, probably contributed for a product with less expansion and rough aspect. The best way for contour this situation is to use 0.8 mm or less mesh sieves. Because an economical dog food has been used, the appearance of final product it is not so important to industry yet. In Brazil there are several economic pet products to meet the market, since the cost of production becomes extremely high, mainly due to the tax burden on pet food, greater than 50%, causing many consumers to only buy products of inferior quality.

3.4 Digestibility assay and extrusion parameters

In this study, the CTTAD of nutrients was not influenced by inclusion of emulsifier as well as no changes in faecal parameters. Most of the work with the use of additives in dried extruded foods for dogs, reports the use of exogenous enzymes, as such as carbohydrases or proteases. In general, doses of exogenous digestive enzymes do not result in improvements in CTTDA of nutrients or metabolizable energy in diets for dogs (Pacheco et al., 2014; Sá et al., 2013; Tortola et al., 2013; Villaverde et al., 2017). These results differed from the work of Félix et al. (2012), which obtained an increase on digestibility of nutrients and metabolizable energy with the use of enzyme (β -mannase) with diet with high inclusion of soybean meal. On the other hand, Tortola et al. (2013) in his work, also used high inclusion of soybean meal, however using a blend of enzymes (protease and cellulase).

In the present study, a difference between 0.3 EMU and 0.6 EMU compared to the 0.9 EMU. In this case, there was an improvement in the metabolizable energy (ME) with the lowest doses of the emulsifier. It is interesting to note that, numerically, we noticed lower ME values with the higher doses of the emulsifier, i.e., 0.9 EMU and 1.2 EMU. As previously reported, there was a clustering of treatments with different doses of the emulsifier (Figure 2). Emulsifiers must have three characteristics to be effective in the formation and stability of the emulsion: to be rapidly adsorbed on the surface of the droplets during the homogenization of the newly prepared emulsion; have the ability to significantly reduce surface tension; and be capable of forming an interfacial layer which prevents droplet aggregation (Araújo, 2015). In this context, the higher doses of the emulsifier may not have been effective in the emulsion stability and, therefore, were not able to form an interfacial layer, allowing the coalescence of fat droplets that resulted in worse lipid absorption, with consequent worsening in the values of ME.

The production parameters were the most influenced by emulsifier addition. The amperage, active power and energy consumption, with a better answer in 0.6 EMU. This is due to the grouping between control and initial doses and another group between the two final doses (Figure 5).

The effect on electric cost reduced were attributed to the addition of the enzyme α -amylase (Carciofi et al., 2012; Sá et al., 2013), or with the increase in specific thermal energy application by direct steam injection at the preconditioner, promoted a substantial increase in extruder productivity without elevating electric energy consumption (Pacheco et al., 2018). A decrease in energy consumption also verified in these work.

Therefore, the use of emulsifier can be associated in reduction of the cost of electric power in the factory, since there was a reduction in the engine amperage of the extruder, without affecting the productivity. It is worth mentioning that it would be possible to increase the load of the extruder obtaining higher productivity in treatments 0.3 EMU and 0.6 EMU, but in this work, the focus was to identify possible changes in the texture of the kibble. Once the process conditions are changed, the final product also changes. For future research, it would be interesting to use the emulsifier in a food with a higher fat content.

4. Conclusion

In conclusion, the use of emulsifier influences the characteristics related to process and texture of the kibbles, with emulsifier inclusions of 0.3 and 0.6 g/kg more affecting the density and the adhesiveness, while inclusions of 0.9 and 1.2 g/kg affect elasticity more. The emulsifying additive does not improve the nutrient digestibility, but improves the ME of diets for adult dogs and decreases the consumption of electric energy, with a dosage of 0.3 g/kg as a better indicated.

Acknowledgments

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001. The authors acknowledge Planalto Alimentos for the use of factory facilities and donation of raw materials used in the experiment.

References

- Araújo, J.M.A., 2015. *Química de alimentos: teoria e prática*, 6th ed. Editora UFV, Viçosa, MG, Brazil.
- Association of American Feed Control Officials - AAFCO, 2003. *Dog and Cat Nutrient Profiles*, in: *Official Publications of the Association of American Feed Control Officials Incorporated*. Oxford, IN, USA.
- Association of the Official Analytical Chemists -AOAC, 1995. *Official Methods of Analysis*, 16 th. ed. Washington, D.C., USA.
- Butts, C.T., 2009. *Yet Another Canonical Correlation Analysis Package*.
- Carciofi, A.C., de-Oliveira, L.D., Valério, A.G., Borges, L.L., de Carvalho, F.M., Brunetto, M.A., Vasconcellos, R.S., 2009. Comparison of micronized whole soybeans to common protein sources in dry dog and cat diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151, 251–260.
doi:10.1016/j.anifeedsci.2009.01.002
- Carciofi, A.C., Jeremias, J.T., 2010. Progresso científico sobre nutrição de animais de companhia na primeira década do século XXI. *Rev. Bras. Zootec.* doi:10.1590/S1516-35982010001300005
- Carciofi, A.C., Palagiano, C., Sá, F.C., Martins, M.S., Gonçalves, K.N.V., Bazolli, R.S., Souza, D.F., Vasconcellos, R.S., 2012. Amylase utilization for the extrusion of dog diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 177, 211–217. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.08.017
- Chen, L., 2015. Emulsifiers as food texture modifiers, in: Chen, J., Rosenthal, A. (Eds.), *Modifying Food Texture: Novel Ingredients and Processing Techniques*. Elsevier Ltd., pp. 27–49.
doi:10.1016/B978-1-78242-333-1.00002-4
- Diehl, B.W.K., 2011. The use of NMR in lipid analysis: Characterisation of E484, castor oil polyethylene glycol. *Lipid Technol.* 23, 278–280. doi:10.1002/lite.201100160
- Félix, A.P., Gabeloni, L.R., Brito, C.B.M., Oliveira, S.G., Silva, A.V.F., Maiorka, A., 2012. Effect of β -mannanase on the digestibility of diets with different protein sources in dogs determined by different methodologies. *J. Anim. Sci.* 90, 3060–3069. doi:10.2527/jas.2011-4222
- González, I., Déjean, S., 2009. *Canonical correlation analysis*.
- Gouriou, B., Bressolette, P., Vial, C., 2017. *Analysis of the variability of food texture properties:*

- Application to the fracturability of dry pet food. *J. Texture Stud.* 48, 586–596.
doi:10.1111/jtxs.12269
- Koppel, K., Monti, M., Gibson, M., Alavi, S., Di Donfrancesco, B., Carciofi, A.C., 2015. The effects of fiber inclusion on pet food sensory characteristics and palatability. *Animals* 5, 110–125.
doi:10.3390/ani5010110
- Menzel, U., 2009. *Significance Tests for Canonical Correlation Analysis (CCA)*.
- Monti, M., Gibson, M., Loureiro, B.A., Sá, F.C., Putarov, T.C., Villaverde, C., Alavi, S., Carciofi, A.C., 2016. Influence of dietary fiber on macrostructure and processing traits of extruded dog foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* doi:10.1016/j.anifeedsci.2016.07.009
- NRC, 2006. *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Natl. Academy Press, Washington, DC, USA.
- Pacheco, G.F.E., Marcolla, C.S., Machado, G.S., Kessler, A.M., Trevizan, L., 2014. Effect of full-fat rice bran on palatability and digestibility of diets supplemented with enzymes in adult dogs 1. *J. Anim. Sci.* 92, 4598–4606. doi:10.2527/jas.2013-7137
- Pacheco, P.D.G., Putarov, T.C., Baller, M.A., Peres, F.M., Loureiro, B.A., Carciofi, A.C., 2018. Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. *Anim. Feed Sci. Technol.* doi:10.1016/j.anifeedsci.2018.07.003
- R Core Team, 2018. *A Language and Environment for Statistical Computing*.
- Radujko, I., Jurić, J., Pajin, B., Omorjan, R., Šereš, Z., Simović, D.Š., 2011. The influence of combined emulsifier 2 in 1 on physical and crystallization characteristics of edible fats. *Eur. Food Res. Technol.* 232, 899–904. doi:10.1007/s00217-011-1458-0
- 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. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 97, 51–59. doi:10.1111/jpn.12047
- Scussel, V.M., Savi, G.D., Piacentini, K.V., Soza, K.K., Garcia, L., STEIN, S., Pereira, M.E.V., Kreibish, H., 2013. Contaminantes Orgânicos e Sintéticos: Aditivos – Conservantes e Antioxidantes Sintéticos, Aromatizantes e Espessantes – Parte 1. *Rev. Pet Food* 58–60.
- Tobie, C., Péron, F., Larose, C., 2015. Assessing food preferences in dogs and cats: A review of the current methods. *Animals* 5, 126–137. doi:10.3390/ani5010126

- Tortola, L., Souza, N.G., Zaine, L., Gomes, M.O.S., Matheus, L.F.O., Vasconcellos, R.S., Pereira, G.T., Carciofi, A.C., 2013. Enzyme effects on extruded diets for dogs with soybean meal as a substitute for poultry by-product meal. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. 97, 39–50.
doi:10.1111/jpn.12009
- Tran, Q.D., Hendriks, W.H., Van Der Poel, A.F.B., 2008. Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *J. Sci. Food Agric.* doi:10.1002/jsfa.3247
- Trivedi, N., Benning, J., 2003. Palatability Keys, in: Kvamme, J.L., Phillips, T.D. (Eds.), *Petfood Technology*. Illinois Mt Morris, pp. 178–179.
- Villaverde, C., Manzanilla, E.G., Molina, J., Larsen, J.A., 2017. Effect of enzyme supplements on macronutrient digestibility by healthy adult dogs. *J. Nutr. Sci.* 6, 1–4. doi:10.1017/jns.2017.10
- Zaefarian, F., Romero, L.F., Ravindran, V., 2015. Influence of high dose of phytase and an emulsifier on performance, apparent metabolisable energy and nitrogen retention in broilers fed on diets containing soy oil or tallow. *Br. Poult. Sci.* 1–8. doi:10.1080/00071668.2015.1067878

Table 1
Wilks Lambda Multivariate Test.

Canonical functions	Canonical correlation	R ² canonic	Fa	DF ₁	DF ₂	P value
1	0,8916	0,7949	3,2962	36	126	<0,0001
2	0,6806	0,4632	1,8884	25	109	0,0134
3	0,6210	0,3857	1,5145	16	92	0,1113
4	0,3884	0,1508	0,8137	9	76	0,6051
5	0,2119	0,0449	0,4994	4	64	0,7362
6	0,1241	0,0154	0,5164	1	33	0,4775

Fa: approximate F statistics; DF₁: degrees of freedom related to treatments; DF₂: degrees of freedom relative to error.

Table 2
Canonical charge for the canonical function 1.

Variables	Canonical charge
Process characteristics	
Emulsifier dosage	0,9117
Bulk density	-0,7501
Moisture	-0,4916
Water activity	-0,0886
Kibble length	-0,1938
Kibble diameter	0,4163
Kibble texture characteristics	
Starch gelatinization	-0,0427
Adhesiveness	-0,6512
Chewiness	0,0827
Cohesion force	-0,0976
Gumminess	-0,4463
Springiness	0,8862

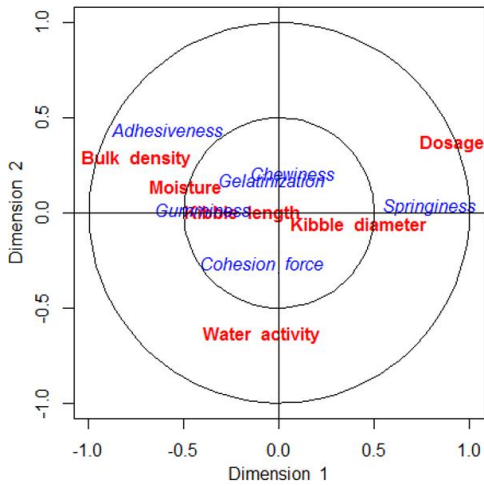


Figure 1. Canonical statistical variables

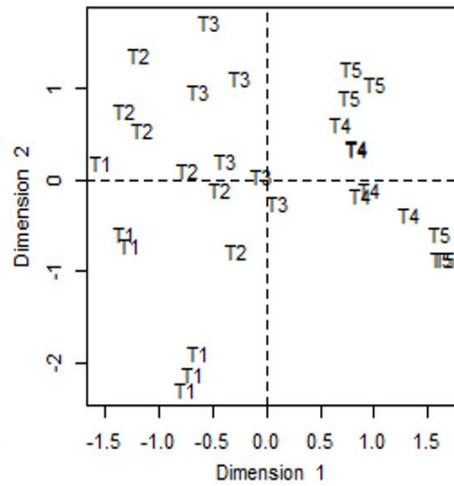


Figure 2. Distribution of the samples

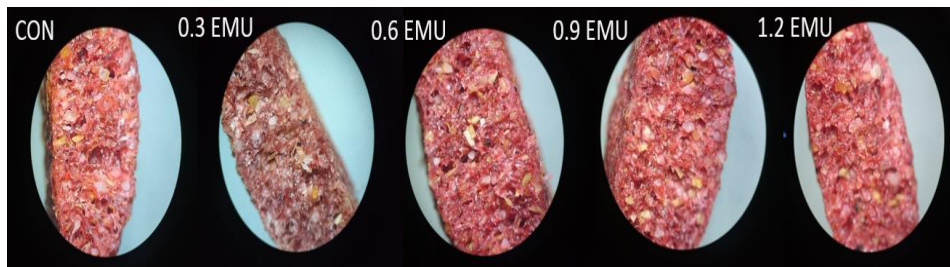


Figure 3. Binocular stereomicroscopy of kibbles produced with different inclusions of emulsifier. Increase of 25 x.

Table 3

Coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD, g/kg) of dietary nutrients, metabolizable energy (ME) content on dry matter (DM), hardness and extrusion parameters (Mean \pm standard error).

Item	Diets ¹					P value	CV	R ²
	CON	0.3 EMU	0.6 EMU	0.9 EMU	1.2 EMU			
CTTAD								
DM	0.803 \pm 0.29	0.806 \pm 0.19	0.803 \pm 0.29	0.782 \pm 0.37	0.797 \pm 0.53	0.140	1.86	0.674
OM	0.850 \pm 0.42	0.854 \pm 0.66	0.852 \pm 0.50	0.823 \pm 0.42	0.850 \pm 0.16	0.297	2.86	0.498
MM ²	0.222 \pm 0.98	0.234 \pm 1.15	0.237 \pm 1.04	0.272 \pm 1.38	0.233 \pm 2.02	0.723	24.42	0.593
CP ³	0.809 \pm 0.46	0.819 \pm 0.21	0.822 \pm 0.34	0.796 \pm 0.48	0.794 \pm 0.61	0.189	2.62	0.591
AHEE ⁴	0.934 \pm 0.21	0.950 \pm 0.31	0.930 \pm 0.22	0.929 \pm 0.13	0.942 \pm 0.28	0.137	1.44	0.509
GE ⁵	0.832 ^{ab} \pm 0.31	0.844 ^a \pm 0.18	0.840 ^{ab} \pm 0.22	0.806 ^b \pm 0.33	0.833 ^{ab} \pm 0.48	0.014	1.89	0.587
ME (MJ/kgDM)	12.48 ^{abc} \pm 0.04	12.71 ^{ab} \pm 0.03	12.72 ^a \pm 0.03	12.25 ^c \pm 0.05	12.37 ^{abc} \pm 0.07	0.006	1.49	0.792
DE (MJ/kgDM)	13.22 ^{abc} \pm 0.05	13.47 ^{ab} \pm 0.03	13.48 ^a \pm 0.04	12.97 ^c \pm 0.05	13.09 ^{abc} \pm 0.07	0.004	1.51	0.797
Hardness (N)	247.17 ^b \pm 1.85	278.48 ^a \pm 0.78	280.67 ^a \pm 1.33	258.87 ^b \pm 1.22	256.49 ^b \pm 0.53	<0.0001	2.57	0.851
Engine Amperage [*]	248 ^b \pm 1.25	235.125 ^c \pm 1.43	224.375 ^d \pm 2.07	288.541 ^a \pm 1.60	293.958 ^a \pm 1.63	<0.0001	3.07	0.929
Active power (kW/h) [*]	104156.90 ^b \pm 528.47	98749.56 ^c \pm 603.19	94234.69 ^d \pm 870.54	121183.89 ^a \pm 673.60	123458.82 ^a \pm 685.12	<0.0001	3.07	0.929
Energy (kWh/ton) ^{7, *}	69.437 ^b \pm 0.35	65.833 ^c \pm 0.40	62.823 ^d \pm 0.58	80.789 ^a \pm 0.44	82.305 ^a \pm 0.45	<0.0001	3.07	0.929

¹ Control (CON), (0.3 EMU; CON + 0.3 g/kg of emulsifier (EMU)), (0.6 EMU; CON + 0.06 g/kg EMU), (0.9 EMU; CON + 0.9 g/kg EMU), (1.2 EMU; CON + 1.2 g/kg EMU)

² Mineral matter = Ash

³ Crude protein.

⁴ Acid-hydrolysis ether extract.

⁵ Gross energy.

⁷ Energy consumption.

* Cubic effect of emulsifier additions.

Table 4

Effects of emulsifier dosages on coefficients of total tract apparent digestibility (CTTAD, g/kg) of gross energy (GE), metabolizable energy (ME, MJ/kg) content and digestible energy (DE, MJ/kg) content of the experimental diets

Item						P value				
	CON	0.3 EMU	0.6 EMU	0.9 EMU	1.2 EMU	CON vs. EMUT ¹	EMUL vs. EMUH ²	EMUA vs. EMUB ³	EMUC vs. EMUD ⁴	C ⁵
GE*	0.832	0.012	0.008	-0.0256	0.0017	< 0.0001	0.00859	0.7378	0.0152	0.0196
ME*	12.48	0.23	0.24	-0.23	-0.11	< 0.0001	0.00129	0.9134	0.4061	0.0216
DE*	13.22	0.25	0.26	-0.25	-0.13	< 0.0001	0.00081	0.9162	0.4607	0.0153

¹ Control diet vs. all diets with emulsifier (0.3, 0.6, 0.9 and 1.2 g EMU/kg).

² Lowest emulsifier doses (EMUL; 0.3 and 0.6 g EMU/kg) vs. highest emulsifier doses (EMUH; 0.9 and 1.2 g EMU/kg).

³ (EMUA; 0.3 g EMU/kg) vs (EMUB; 0.6 g EMU/kg).

⁴ (EMUC; 0.9 g EMU/kg) vs. (EMUD; 1.2 g EMU/kg).

⁵ Cubic (C) contrast

* $Y = 83.14 + 165.63x - 4198.79x^2 + 23574.83x^3$ (Dose for maximum response = 0.2498)

** $Y = 12.47 + 23.9x - 515.34x^2 + 2,572x^3$ (Dose for maximum response = 0.2987)

*** $Y = 13.21 + 25.82x - 555.61x^2 + 2,753.5x^3$ (Dose for maximum response = 0.2987)

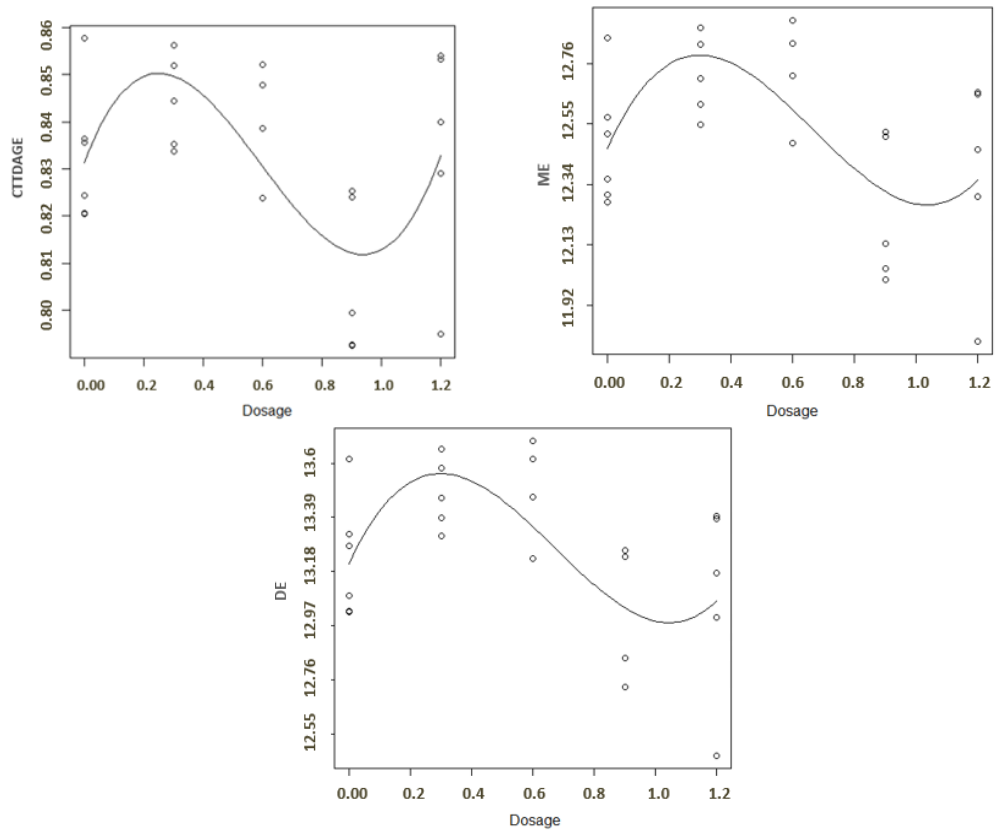


Figure 4. Graphs of cubic regression for coefficient of total tract apparent digestibility of gross energy (CTTADGE), metabolizable energy (ME) content and digestible energy (DE) as a function of emulsifier doses.

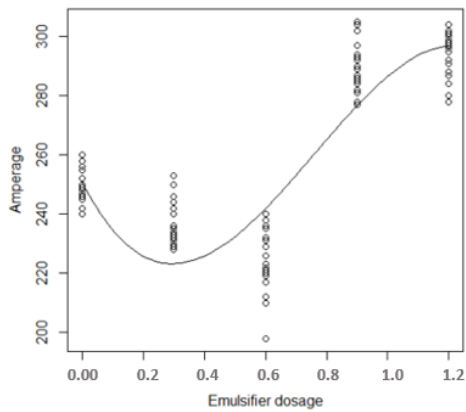


Figure 5. Graphs of cubic regression for amperage

**ARTIGO 2 - UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS TECNOLÓGICOS NA ANÁLISE
SENSORIAL E CARACTERÍSTICAS DE PROCESSO DE EXTRUSÃO EM
ALIMENTO SECO EXTRUSADO PARA CÃES E ESTABILIDADE OXIDATIVA DO
ÓLEO DE VÍSCERAS DE AVES UTILIZADO NA INDÚSTRIA PET FOOD**

Artigo formatado segundo as normas da NBR 6022 (ABNT 2003).

**UTILIZAÇÃO DE ADITIVOS TECNOLÓGICOS NA ANÁLISE SENSORIAL E
CARACTERÍSTICAS DE PROCESSO DE EXTRUSÃO EM ALIMENTO SECO
EXTRUSADO PARA CÃES E ESTABILIDADE OXIDATIVA DO ÓLEO DE
VÍSCERAS DE AVES UTILIZADO NA INDÚSTRIA *PET FOOD***

Carlos Magno da Rocha Junior^{a**}, Antônio Gilberto Bertechini^a, Alexandre de Oliveira Teixeira^b, Cristina Maria Lima Sá-Fortes^c, Carla Regina Guimarães Brighenti^b, Gabriel Cipriano Rocha^d, Flávia Maria de Oliveira Borges Saad^a

^a Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Lavras, Campus Universitario, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brasil. Telefone +55 35 3829-1230 (carlosmagno.rocha@yahoo.com.br; bertechini@ufla.br; borgesvet@dzo.ufla.br)

^b Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de São João del-Rei Campus Universitário Tancredo Neves, CEP 36301-360, São João del-Rei, MG, Brasil. Fone +55 32 3373-3961 (alexandre_teixeira@ufsj.edu.br; carlabrighenti@ufsj.edu.br)

^c Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Universitario, CEP 39404-547, Montes Claros, MG, Brasil. Fone +55 38 2101-7920 (crissafortes@ufmg.br)

^d Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, Campus Universitário, CEP 36570-900, Viçosa, MG, Brasil. Fone +55 31 3899-3306 (gcrbrazil@gmail.com)

RESUMO

Objetivou-se com essa pesquisa avaliar os efeitos de aditivos emulsificantes em características de processo e textura dos *kibbles*, além de avaliar o uso de antioxidantes sobre a estabilidade oxidativa de óleo de vísceras de aves utilizado na indústria *pet food*. No experimento 1, dois emulsificantes comerciais, adicionados *on top*, foram utilizados em um alimento seco extrusado, indicado para cães adultos, formando 3 tratamentos ((CON; Controle), (EMUA; CON + 0,06% emulsificante A), (EMUB; CON + 0,06% emulsificante B)). No experimento 2, foi avaliada a estabilidade oxidativa do óleo de vísceras de aves, utilizando 5 antioxidantes comerciais sintéticos e 2 naturais ((Controle (CON); CON + (BHT+BHA+ETO95); CON+ (BHT+BHA); CON+ (BHA+PG+AC); CON + (BHT+BHA+ETO70); CON + BHA; CON + (ASC+ alecrim); CON + (ASC+ tocoferois)), em 3 temperaturas (90 °C, 110 °C e 130 °C), e realizada análise do perfil lipídico a 130 °C. Observou-se que a função canônica 1 mostrou-se significativa ($P < 0,05$). Percebeu-se que houve controle no processo, devido ao agrupamento dos tratamentos. A utilização de emulsificantes influenciou ($P < 0,05$) a característica de dureza dos *kibbles*, com menor resistência em EMUA. O tratamento EMUB obteve valores de amperagem, potência e consumo de energia, inferior aos demais tratamentos ($P < 0,05$). Os antioxidantes utilizados em CON + (BHT+BHA+ETO95), CON+ (BHA+PG+AC) e CON + BHA, preservaram mais os ácidos graxos essenciais (linolênico e linoleico). Os antioxidantes naturais tiveram maior oxidação, com maiores proporções de ácidos graxos saturados e as piores relações $\omega 6: \omega 3$. Conclui-se que EMUB melhor contribuiu para características de textura e para o processo de extrusão e indica-se os antioxidantes sintéticos utilizados em CON + (BHT+BHA+ETO95), CON + (BHA+PG+AC) e CON + BHA, os quais proporcionaram maior proteção contra à oxidação e maior preservação dos ácidos graxos essenciais. Os antioxidantes naturais, no presente estudo, não apresentaram proteção satisfatória.

Palavras-chave: Emulsificantes. Antioxidantes. Extrusão. *Pet food*

1 INTRODUÇÃO

A utilização de aditivos para animais de estimação torna-se cada vez mais relevante, uma vez que o mercado *pet food* brasileiro acompanha tendências e inovações de países desenvolvidos que, dentro de um conceito de humanização, atende às necessidades de tutores preocupados com a saúde e bem estar de seus animais. Assim, o uso de aditivos visando proporcionar tanto características nutricionais como de processamento, têm sido intensamente empregadas no setor.

Os animais de estimação são todos aqueles criados para o convívio com os seres humanos por razões afetivas. Têm como objetivos principais: terapia, companhia, lazer, auxílio aos portadores de necessidades especiais, esportes, ornamentação, participação em torneios e exposições, conservação e trabalhos especiais. As principais espécies empregadas como animais de estimação são: cães, gatos, aves canoras e ornamentais, peixes ornamentais, pequenos mamíferos e répteis (ABINPET, 2017).

Os alimentos desenvolvidos para animais de estimação são formulados, principalmente, com ingredientes classificados como concentrados protéicos, energéticos e aditivos. Diversos tipos de aditivos, sejam eles naturais ou sintéticos, estão disponíveis para utilização na formulação de alimentos *pet*. Entretanto, existem poucos dados científicos sobre a segurança da utilização desses aditivos nas formulações para cães e gatos (SÁ-FORTES; ROCHA JUNIOR, 2014). Também há poucos dados publicados sobre os efeitos que possam causar no alimento, influenciando características nutricionais do produto final extrusado (*kibble*), ou durante o processamento auxiliando em melhora na produtividade, com redução em custo energético, sem prejudicar características macroestruturais dos *kibbles*.

O uso de óleos e gorduras, tanto para animais de produção quanto em alimentos para animais de companhia como fonte de energia e palatabilidade, tornou-se uma prática generalizada. Em se tratando de mercado brasileiro, a gordura de origem animal mais utilizada é a gordura de aves ou óleo de vísceras, enquanto que o óleo vegetal comumente utilizado é o óleo de soja.

O óleo de vísceras de aves é resultante do tratamento que se dá aos coprodutos de abatedouros de aves na graxaria, onde o óleo é o produto resultante de tecidos adiposos das aves, extraído a partir de prensagem ou solvente após a cocção, filtrada ou não, contendo no mínimo 90% de ácidos graxos totais e no máximo 3% de impurezas e insaponificáveis (BELLAVÉR, 2001).

O processo de oxidação lipídica é a principal preocupação quando se utiliza fontes de gordura em *pet food*. Ingredientes passíveis de oxidação (farinhas de origem animal e os óleos dessas fontes) compõem aproximadamente 20-40% dos alimentos comerciais e a sua qualidade irá impactar diretamente na vida de prateleira do produto acabado (VASCONCELLOS, 2016). Efeitos do processo de extrusão nos valores nutricionais de alimentos para animais de produção têm sido bem documentados. Resultados na literatura referente a efeitos da extrusão em alimentos secos para animais de companhia, entretanto, são escassos (TRAN; HENDRIKS; VAN DER POEL, 2008; MONTE et al., 2016; PACHECO et al., 2018).

Diante desse contexto objetiva-se, com esse trabalho, avaliar os efeitos de aditivos tecnológicos emulsificantes em características de processo e propriedades relacionadas à textura do *kibble* em alimentos secos extrusados para cães. Além disso, busca-se igualmente avaliar o uso de antioxidantes, sintéticos ou naturais, sobre a estabilidade oxidativa de óleo de vísceras de aves utilizado na indústria *pet food*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Experimento 1 - Avaliação do processo de extrusão e características de textura do *kibble*

2.1.1 Preparação do alimento e tratamentos

As dietas foram extrusadas nas instalações da Planalto Alimentos, fábrica comercial localizada em Campo Belo, MG, Brasil.

Foram utilizados dois moinhos durante o processo. A primeira moagem, com peneiras de malha 3,0 mm (Ferraz, M-600; Ribeirão Preto, Brasil), após pesagem dos ingredientes; e a segunda moagem, com peneiras de malha 1,0 mm (Ferraz, M-1004; Ribeirão Preto, Brasil), após mistura dos ingredientes.

Os alimentos foram extrusados em uma extrusora de rosca simples (Ferraz, E-200R; Ribeirão Preto, Brasil), motor de 250 CV, com capacidade de processamento de 6.000 kg/h e diâmetro de matriz de 8 mm. A temperatura da mistura foi aumentada por injeção de vapor, permanecendo a 90 °C no pré-condicionador e a 105 °C no canhão da extrusora. O mesmo conjunto de equipamentos, condições de mistura, secagem e revestimento foram utilizados para todos os tratamentos.

Após a mistura por 5 minutos, 6000 kg de ingredientes/tratamento foram submetidos a uma segunda moagem e acondicionados em um silo de metal. O material foi transportado para o tanque agitador acoplado ao pré-condicionador e, assim, extrusado. O produto após a extrusão é "puxado" por um sistema pneumático para o distribuidor do secador, que tem a função de espalhar os croquetes na correia transportadora do secador, evitando o acúmulo nos cantos ou no centro desta correia. O secador transportador de duas passagens consistiu de um sistema de secagem com fluxo de ar aquecido por 20 minutos a 130 °C. Após a secagem, o material foi resfriado verticalmente para posterior aplicação de óleo e palatilizante em sistema de revestimento isento de vácuo (Ferraz, VC-600; Ribeirão Preto, Brasil).

Foi utilizado uma dieta comercial econômica para cães adultos em manutenção (Papa Tudo Carne; Planalto Alimentos).

Para cada tratamento foram realizadas quatro batidas (4 repetições/tratamento) e coletadas 4 amostras no tempo (16 amostras/tratamento). Ao total foram feitos 6000 kg/tratamento.

Os ingredientes foram pesados, separados em silos e, antes da mistura, o emulsificante (EMU) de diferentes empresas (A ou B), foi adicionado, formando os seguintes tratamentos ((CON; Controle), (EMUA; CON + 0,06% emulsificante A), (EMUB; CON + 0,06% emulsificante B)). Os emulsificantes foram adicionados *on top*. O emulsificante A possui em sua composição mono-diglicerídeo parcialmente saturado, estearoil lactato de sódio e mono éster de ácido tartárico di-acetilado enquanto o emulsificante B possui em sua composição mono e diglicerídeos de ácidos graxos, ésteres de monoglicerídeos com ácido diacetiltartárico e estearoil lactato de sódio.

2.1.2 Características dos *kibbles*

Para análises realizadas nos *kibbles*, foram coletadas amostras do produto final a cada 10 minutos. As amostras consistiam de 500 g para cada repetição (4 unidades experimentais/repetição), representando um total de 16 unidades experimentais/tratamento.

Foram realizadas análises dos seguintes parâmetros: densidade; umidade (Gehaka, IV2500; São Paulo, Brasil); atividade de água (Novasina, Lab Start-aw, Lachen, Suíça); diâmetro e comprimento, com paquímetro digital (Jomarca, NCM 90173020; Guarulhos, Brasil); grau de gelatinização do amido (CHIANG; J. A. JOHNSON, 1977); e microscopia dos *kibbles* com estereomicroscópio binocular (Coleman, ST-30 / 21 LED; Santo André, Brasil). Toda a análise de imagens foi qualitativa e não foi submetida à avaliação estatística.

2.1.3 Avaliação da textura dos *kibbles*

O ensaio foi conduzido no Laboratório de Embalagens, pertencente ao Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), na cidade de Viçosa, Minas Gerais - Brasil.

Vinte *kibbles* de cada unidade experimental (80 *kibbles*/tratamento) foram utilizados na análise de perfil de textura (TPA), realizada em uma máquina universal de ensaios mecânicos (Instron, Série 3367; Norwood, MA, EUA). Uma *probe* cilíndrica de 5 mm de diâmetro foi movida perpendicularmente sobre cada *kibble*. As condições de trabalho foram:

célula de carga 0,05 N, distância de compressão de 40% da altura amostra, velocidade pré-teste de 2 mm/s, velocidade durante o ensaio de 0,5 mm/s e velocidade antes do ensaio de 10 mm/s, com dois ciclos de penetração.

A força exercida sobre a amostra foi automaticamente registrada e os parâmetros dureza, mastigabilidade, gomosidade, coesividade, adesividade e elasticidade, foram automaticamente calculados com o *software* Bluehill (Instron, Bluehill 2.0; Norwood, MA, EUA).

2.1.4 Estabilidade do processo de extrusão

Para a estabilidade da extrusora, foram mantidos fixos os seguintes parâmetros:

- Entrada de água no pré-condicionador = 550 L/h;
- Pressão de vapor no pré-condicionador = 3 bars;
- Pressão de vapor no canhão da extrusora = 7 bars;
- Alimentação/Carga da extrusora = 38,5 Hz;
- Velocidade de corte (facas) = 46,5 Hz;
- Temperatura no pré-condicionador = 90 °C;
- Temperatura no canhão da extrusora = 105 °C;
- Velocidade da esteira transportadora do secador = 35 Hz.

Para avaliar a estabilidade do processo, após a estabilidade da extrusora, a amperagem de extrusão foi verificada a cada 2 minutos, durante 20 minutos, para cada repetição, totalizando 40 leituras/tratamento.

A potência ativa (kWh) foi calculada de acordo com Carciofi et al. (2012) e, com base nos valores obtidos, foi calculado o consumo de energia do produto acabado (kWh/ton).

Potência ativa (kW/h) = $\sqrt{3}$ motor-fase \times Voltagem \times A \times cos ϕ , onde: $\sqrt{3}$ motor -fase = $\sqrt{3}$; Voltagem = 280 V; A = Amperagem; cos ϕ = fator de potência (0,86).

2.1.5 Análise estatística

Foi realizada uma análise de correlação canônica para os dados de correlação de processos e características de textura de *kibble*. Considerando os dados originais observados, foram verificadas as associações entre o grupo de características do processo (tipo de

emulsificante, densidade, umidade, atividade de água, comprimento de *kibbles*, diâmetro do *kibbles*), com um segundo grupo formado pelas características de textura dos *kibbles* (grau de gelatinização de amido, adesividade, mastigabilidade, força de coesão, viscosidade, elasticidade).

O teste multivariado lambda Wilks foi usado para avaliar a significância das raízes canônicas juntas. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a existência de normalidade multivariada dos dados utilizados.

Devido ao fato de que a dureza é calculada como o pico de força do primeiro ciclo de compressão, foi realizada uma análise individual da mesma, empregando-se uma análise de variância, sendo que as médias foram comparadas pelo teste t de Student a 5% de probabilidade.

Todas as análises foram realizadas utilizando o *software* estatístico R versão 3.2.4 (R CORE TEAM, 2018), os pacotes CCA (GONZÁLEZ; DÉJEAN, 2009), CCP (MENZEL, 2009) e yacca (BUTTS, 2009).

2.2 Experimento 2 - Estabilidade oxidativa e perfil de ácidos graxos em óleo de vísceras de aves com diferentes antioxidantes

As análises foram realizadas no Laboratório Multiusuário pertencente ao Departamento de Química (DQ) da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

2.2.1 Estabilidade oxidativa

Foi avaliada a estabilidade oxidativa do óleo de vísceras de aves, utilizando 5 antioxidantes comerciais sintéticos e 2 naturais (Tabela 1), formando os tratamentos ((Controle (CON); CON + (BHT+BHA+ETO95); CON+ (BHT+BHA); CON+ (BHA+PG+AC); CON + (BHT+BHA+ETO70); CON + BHA; CON + (ASC+ alecrim); CON + (ASC+ tocoferois)). A inclusão dos antioxidantes foi de 0,5% para os sintéticos e de 0,625% para os naturais.

A determinação da estabilidade oxidativa foi feita através do equipamento Rancimat (873 Biodiesel Rancimat) em 3 temperaturas, 90 °C, 110 °C e 130 °C, com fluxo de ar de 20 L/h, empregando 3 g de amostra e 50 mL de água deionizada.

O preparo dos antioxidantes naturais foi desenvolvido por meio da diluição dos produtos comerciais em óleo de vísceras, na proporção 1:20. O material foi agitado por 15 minutos em agitador magnético com aquecimento (50 °C) com auxílio de uma barra magnética.

Tabela 1 – Composição dos antioxidantes utilizados

Tratamentos	Antioxidantes - Composição (g/kg)				
	BHT	BHA	Etoxiquin (ETO)	Propilgalato (PG)	Ác. Cítrico (AC)
T1: CONTROLE (CON)	-	-	-	-	-
T2: CON + (BHT+BHA+ETO95)	195	15	95	-	-
T3: CON + (BHT+BHA)	90	90	-	-	-
T4: CON + (BHA+PG+AC)	-	230	-	70	80
T5: CON + (BHT+BHA+ETO70)	50	5	70	-	-
T6: CON + BHA	-	240	-	-	-
T7: CON + (ASC+ alecrim)	(Acerola + Alecrim): Ácido ascórbico (ASC) = 55 g/kg				
T8: CON + (ASC+ tocoferóis)	(Acerola + Tocoferóis): ASC = 55 g/kg				

2.2.2 Perfil de ácidos graxos

Para a determinação do perfil de ácidos graxos foi considerada a amostra original do óleo de vísceras como controle negativo, e foram coletadas as amostras do Rancimat a 130 °C para verificação das modificações ocorridas com o aumento da temperatura.

A determinação dos ácidos graxos foi baseada na preparação dos ésteres metílicos por reação de transesterificação com metanol em meio alcalino, seguida da análise por cromatografia gasosa (AOCS, 2000), método Ce 2-66. O perfil de ácidos graxos é baseado na preparação dos ésteres metílicos por reação de transesterificação com metanol em meio alcalino, no qual uma alíquota da amostra contendo aproximadamente 100 mg é convertida em ésteres metílicos usando solução saturada de cloreto de sódio (NaCl) e solução de hidróxido de potássio (KOH) 2M em metanol como agente esterificante.

A composição dos ácidos graxos foi determinada por cromatografia gasosa (CG), utilizando um cromatógrafo gasoso GC-2010 (Shimadzu) de alta resolução, coluna capilar SP-2330 (30 mm x 0.25 mm x 0.2µm) e detector de ionização em chama. As condições cromatográficas usadas foram *split* de 1:100, temperatura inicial da coluna de 140°C por 5 minutos, aquecimento de 140°C para 250°C em uma taxa de 5°C/min por 30 minutos. Utilizou-se hélio (He) como gás de arraste a 1mL/min e detector/injetor a uma temperatura de 260°C. A identificação dos diferentes tipos de ácidos graxos foi obtida comparando os tempos de retenção dos padrões do éster metílico de ácidos graxos com os tempos de retenção dos picos observados, empregando o *software* Openchrom. O teor de cada ácido graxo foi determinado através da porcentagem da área de cada pico em relação ao somatório das áreas de todos os picos identificados.

2.2.3 Análise estatística

Foi realizada uma análise de dados composicionais. As análises foram realizadas utilizando os pacotes do *software* R “compositions” (VAN DEN BOOGAART; TOLOSANA-DELGADO, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Experimento 1

3.1.1 Correlação das características do processo com características de textura do kibble

Observou-se que apenas a função canônica 1 mostrou-se significativa ($P < 0.05$). As cargas canônicas para a função canônica 1, são apresentadas a seguir (Tabela 2).

Quanto maior a carga canônica, mais importante é a variável para derivar a variável estatística canônica.

Percebeu-se que existe correlação negativa da dose do emulsificante com quase todas as variáveis. Para as características de processo, a mais expressiva, em módulo, foi o diâmetro do *kibble*, indicando uma menor expansão dos *kibbles*.

Tabela 2 – Cargas canônicas da função canônica 1

Variáveis	Carga canônica
Dose de emulsificante	0.64427984
Densidade	-0.01474916
Umidade	-0.03901769
Atividade de água	0.35157001
Comprimento do <i>kibble</i>	-0.10115027
Diâmetro do <i>kibble</i>	-0.30137696
Gelatinização do amido	-0.1325603
Adesividade	-0.6582535
Mastigabilidade	-0.7689516
Força de coesão (Resiliência)	0.3725095
Gomosidade	-0.7544661
Elasticidade	-0.6481858

Com relação as características de textura, a mais expressiva, em módulo, foi a mastigabilidade, que, em termos sensoriais, significa o quanto o animal precisaria mastigar o alimento até sua desintegração, possibilitando sua adequada deglutição. Em outras palavras, o alimento com maior mastigabilidade, ficará mais tempo na boca. Como o cão não costuma mastigar muito o alimento seco extrusado, esse tipo de característica pode ser benéfico para manter a saciedade do animal por um período maior. Esses dados poderiam ser confirmados somente com um estudo de digestibilidade.

Observou-se correlação positiva da dose do emulsificante com a atividade de água, sendo essa característica mais expressiva em EMUA. Em termos práticos, essa é uma característica não desejável, uma vez que o aumento da atividade de água acima de 0,6,

relaciona-se com maiores chances de desenvolvimento microbiano, principalmente, desenvolvimento fúngico, podendo acarretar danos sérios aos animais, inclusive levando a morte, devido ao consumo de alimentos com alto teor de micotoxinas produzidas pelos fungos.

Para alimentos secos extrusados, o teor final de umidade deve ser inferior a 10%, para evitar o crescimento de fungos e bactérias, sendo a atividade da água fator crítico na determinação do limite inferior de água disponível para o crescimento microbiano. Em geral, se a atividade de água de um produto for inferior a 0,65, nenhum problema bacteriano ocorrerá e, se a atividade de água for menor que 0,6 os fungos (bolores) podem ser evitados (ROKEY, 2006).

A correlação entre as variáveis pode ser visualizada na Figura 1. É possível verificar as variáveis estatísticas canônicas da função canônica nas dimensões 1 e 2. Quanto à distribuição das amostras, percebeu-se que houve controle no processo, devido ao agrupamento dos tratamentos, com maior evidência para EMUA (Figura 2).

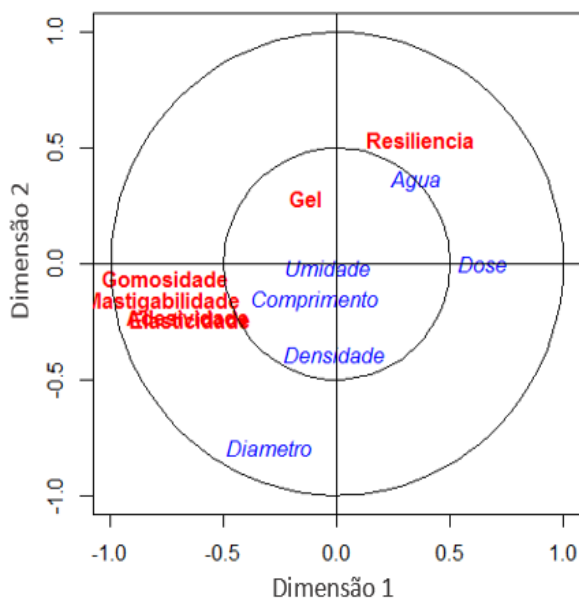


Figura 1- Variáveis estatísticas canônicas

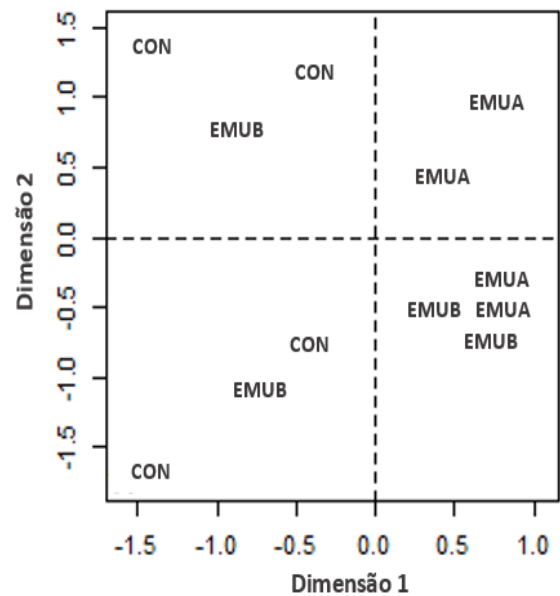


Figura 2 - Distribuição das amostras

A Figura 3 ilustra imagens internas dos *kibbles* produzidos nos tratamentos. Foi possível notar que a estrutura celular nos tratamentos estava compactada, indicando ingredientes pouco moídos.

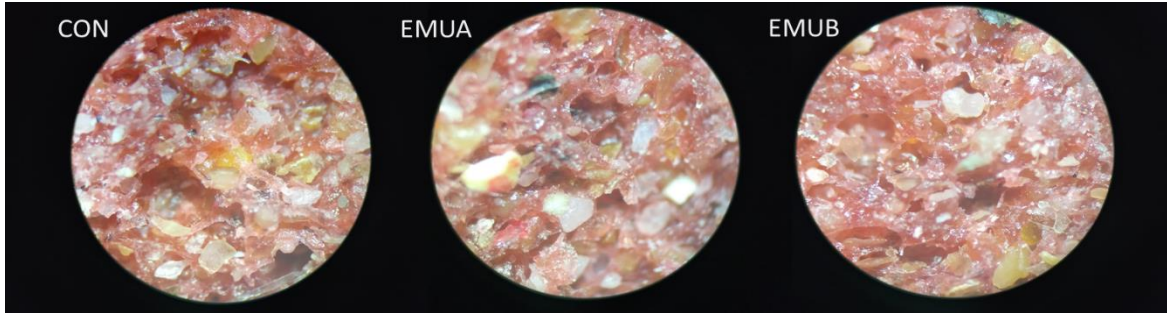


Figura 3 - Estereomicroscopia binocular de *kibbles* produzidos com diferentes emulsificantes. Aumento de 25 x.

3.1.2 Dureza dos *kibbles* e parâmetros do processo de extrusão

A utilização de diferentes emulsificantes influenciou ($P < 0.05$) a característica de dureza dos *kibbles* (Tabela 3), com uma menor resistência em EMUA.

Como não se obteve acesso à composição dos emulsificantes, quanto a quantidade de ingredientes, não se pode associar a diferença a determinado composto, uma vez que os emulsificantes possuem os mesmos ingredientes em sua composição.

Tabela 3 – Dureza dos *kibbles*

Item	Tratamentos ¹			P - valor	CV	R ²
	CON	EMUA	EMUB			
Dureza	111,075 ± 6,052 a	54,731 ± 1,124 b	121,898 ± 5,158 a	0,0057	24,17	0,682

¹Controle (CON); EMUA: CON + 0,06% do Emulsificante A; EMUB: CON + 0,06% do Emulsificante B.

Foi observado durante o teste de TPA, uma maior dureza para os tratamentos CON e EMUB, porém, percebeu-se maiores ruídos (barulhos) durante o teste para o tratamento EMUB. Tal característica pode ser fator atenuante para um maior consumo pelos animais, porém, um estudo de preferência alimentar deve ser avaliado para poder fazer essa associação.

Um forte apelo quanto aos alimentos mais duros, relaciona-se à saúde bucal, em que textura, tamanho e forma têm papel importante na saúde bucal de cães e gatos. A associação do desenvolvimento de placa e gengivite de animais que se alimentam de alimentos macios é maior do que os que se alimentam de alimentos secos (GAWOR et al., 2006).

A textura e a composição dos alimentos podem afetar diretamente o ambiente bucal por meio da (1) manutenção da integridade do tecido, (2) alteração do metabolismo das bactérias da placa, (3) estimulação do fluxo salivar e (4) limpeza das superfícies dentais e orais pelo contato físico apropriado. Acredita-se que a consistência física, ou textura, dos alimentos afeta a saúde bucal de cães e gatos (LOGAN, 2006).

Para as características de processo, as dosagens e/ou diferenças entre emulsificantes não puderam ser consideradas quantitativas, por serem somente duas. Portanto, as mesmas foram consideradas qualitativas e o teste de médias foi realizado separadamente.

Foi possível observar, no gráfico referente à Figura 4, que a amperagem pode ser considerada constante ao longo do tempo em todos os três tratamentos, sendo inferior para EMUB, durante todo o tempo avaliado.

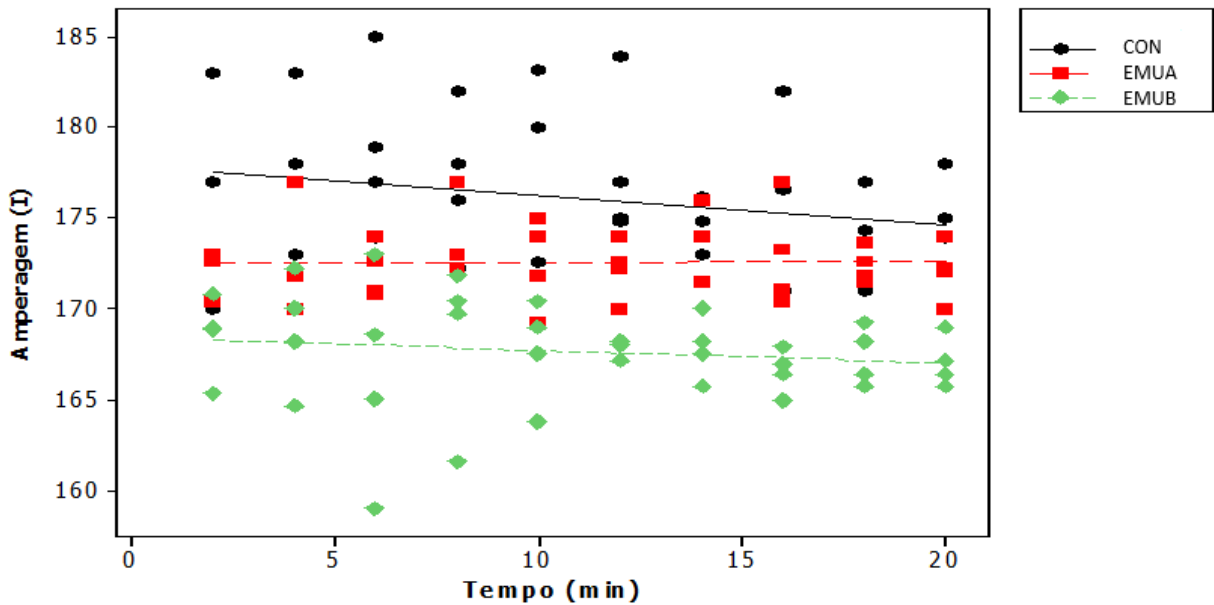


Figura 4. Avaliação da Amperagem em função do tempo.

No caso do valor inferior, a redução da amperagem influenciou diretamente na redução da potência, uma vez que é calculada a partir da amperagem e, conseqüentemente, gerando menor consumo de energia pelo equipamento. No contexto da prática industrial, com o uso de emulsificantes, pode-se aumentar a carga da extrusora visando maior produtividade. Porém, essa ação pode alterar as características de textura dos *kibbles*.

Uma vez que, os cálculos para obtenção dos valores de potência e de consumo de energia são características dependentes da amperagem, os resultados de suas avaliações e interações são similares. Portanto, os resultados apresentados referentes à amperagem, se aplicam para a potência e o consumo de energia.

Avaliou-se os efeitos da interação entre a amperagem, tratamentos e tempo de leitura da amperagem (Figura 5). Se um ponto estiver fora dos limites de decisão (ponto vermelho), então há evidências significativas de que a média representada por esse ponto é diferente da média geral.

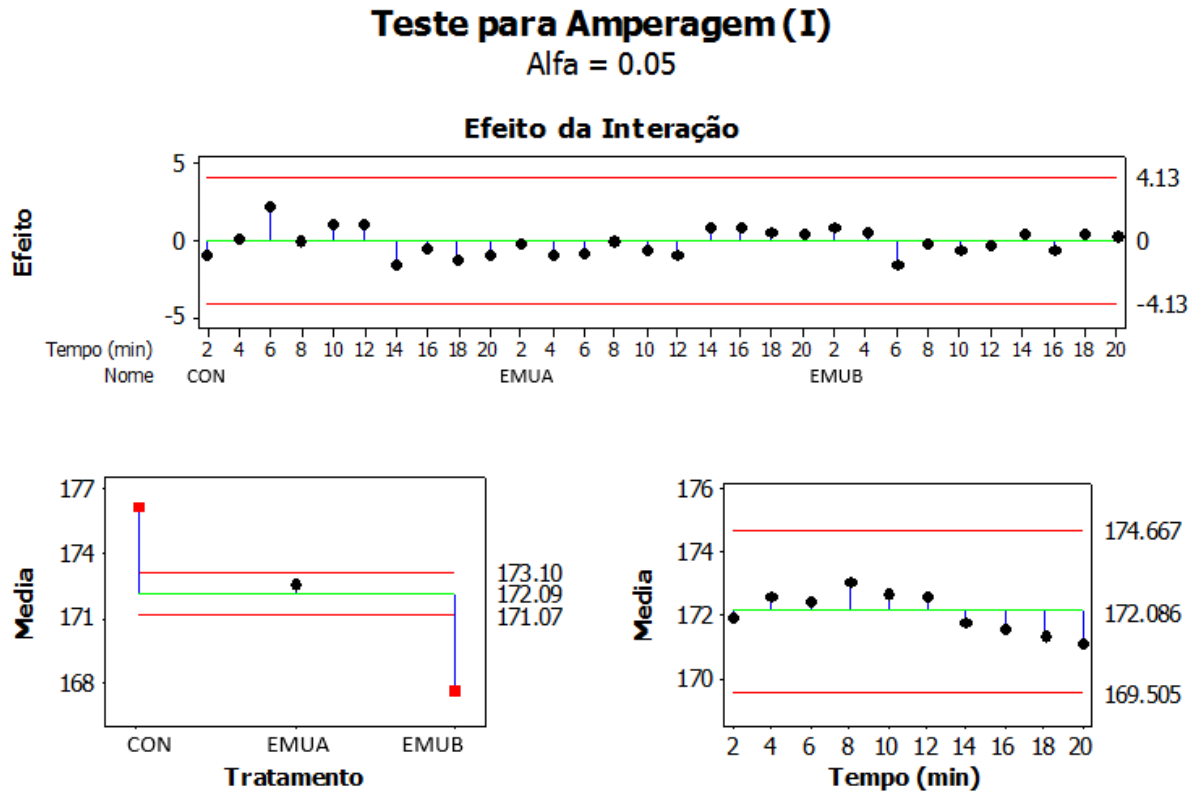


Figura 5 - Efeitos da interação entre a amperagem, tratamentos e tempo de leitura da amperagem.

Os efeitos de interação estão dentro dos limites de decisão, significando que não há evidência de interação entre as batidas/repetições e o tratamento. O mesmo foi observado para o tempo, indicando controle no processo. Sendo a amperagem afetada exclusivamente pelo tratamento, há evidências de que EMUB obteve valor de amperagem inferior aos demais tratamentos, em $\alpha = 0,05$.

3.2 Experimento 2

3.2.1 Estabilidade oxidativa do óleo de vísceras de aves com diferentes antioxidantes em diferentes temperaturas

O processo de oxidação lipídica é a principal preocupação quando se utiliza fontes de gordura em *pet food* e a sua qualidade tende a impactar diretamente no tempo de vida de prateleira do produto acabado (VASCONCELLOS, 2016). A oxidação é um processo autocatalítico e desenvolve-se em aceleração crescente, uma vez iniciada. Fatores como

temperatura, presença de enzimas, incidência de luz e concentração de íons metálicos podem influenciar a formação de radicais livres, os quais frequentemente estão associados às reações de oxidação.

O índice de estabilidade oxidativa refere-se ao tempo gasto para que sejam formadas quantidades consideráveis de compostos secundários pela oxidação forçada da amostra. Tais compostos estão associados a produtos secundários da oxidação, como ácidos carboxílicos de baixo peso molecular, que são coletados em água deionizada e detectados pelo aumento da condutividade elétrica do meio (ANTONIASSI, 2001). O tempo total de oxidação das amostras, nas temperaturas de 90, 110 e 130 °C, está exposto na Tabela 4 e na Figura 6.

Tabela 4 – Tempo total de indução (h) em diferentes temperaturas

Tratamentos	Tempo total de indução (h)		
	Temperaturas (°C)		
	90	110	130
T1: CONTROLE (CON)	20,2	3,46	0,73
T2: CON + (BHT+BHA+ETO95)	51,17	9,37	1,7
T3: CON + (BHT+BHA)	34,14	6,04	1,42
T4: CON + (BHA+PG+AC)	56,3	7,92	2,25
T5: CON + (BHT+BHA+ETO70)	51,46	7,84	1,67
T6: CON + BHA	75,65	11,6	2,42
T7: CON + (ASC+ alecrim)	17,52	3,34	0,73
T8: CON + (ASC+ tocoferóis)	20,67	3,58	0,83

A estabilidade oxidativa é definida como a resistência de uma gordura frente a um processo oxidativo e indica a qualidade da gordura para alimentação (BELLAVÉR; ZANOTTO, 2004). Vale registrar que a intensa oxidação dos ácidos graxos é diretamente proporcional à temperatura empregada no processo oxidativo (VASCONCELLOS, 2016). O período de indução (PI), ou tempo de indução, refere-se à mensuração do tempo necessário para que determinada amostra possa atingir um ponto final de oxidação (FRANKEL, 1993). A eficácia de um antioxidante corresponde, frequentemente, à medida do aumento do PI, resultante de sua adição, demonstrando um fator de proteção contra a oxidação (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

Foi possível observar que sem utilização de um antioxidante confiável, o tempo de indução é menor, repercutindo em uma menor estabilidade oxidativa do óleo de vísceras, com consequente perda de sua qualidade, devido a um menor tempo para se oxidar (Tabela 5). Tal processo pode levar à geração de odores desagradáveis de ranço no óleo, o que pode diminuir o consumo de alimento e, o mais importante, à perda de suas características nutricionais,

contribuindo negativamente na vida útil do produto. Essas características são acentuadas com o aumento da temperatura.

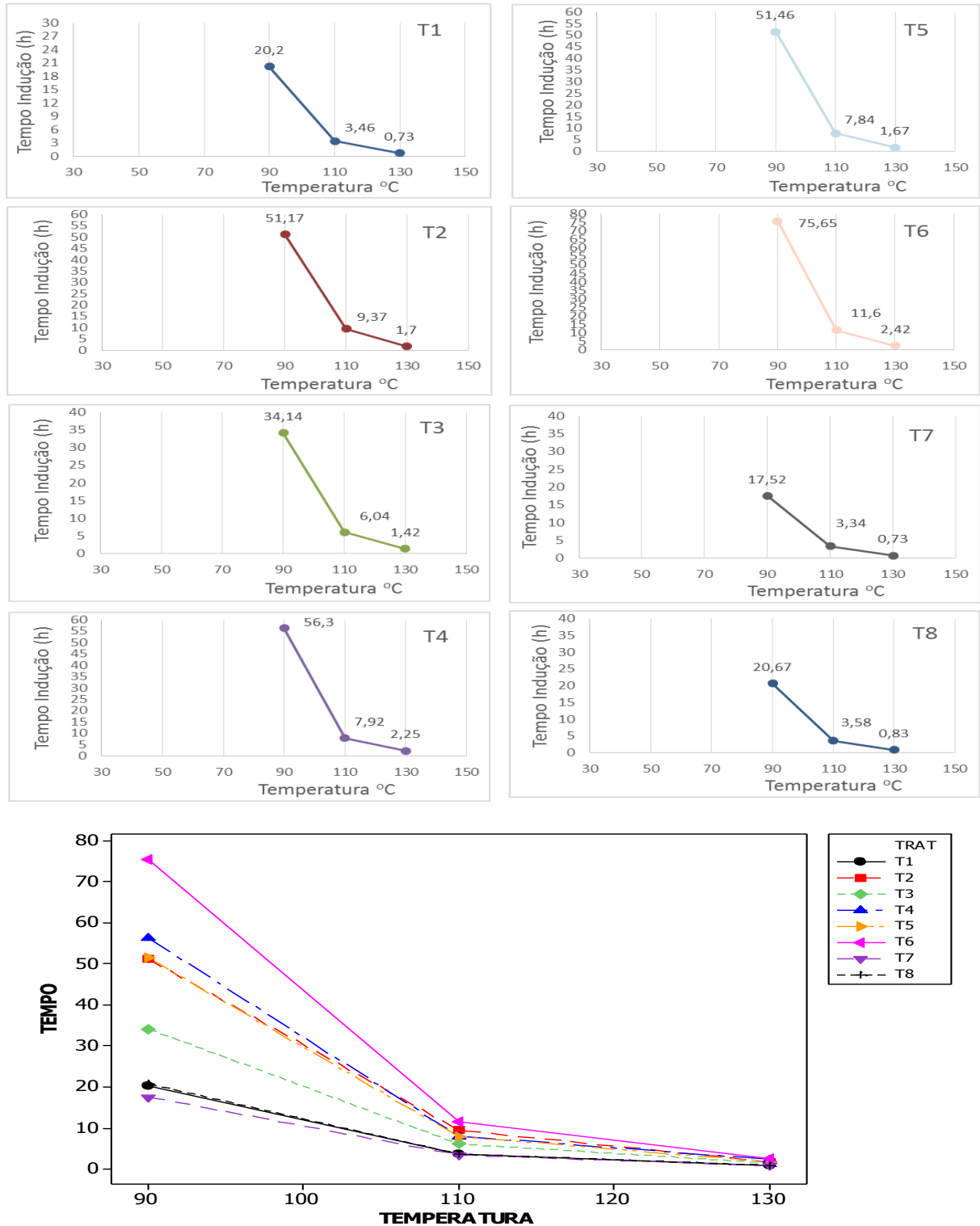


Figura 6 - Efeito de diferentes temperaturas sobre o tempo de indução do óleo de vísceras de aves com diferentes antioxidantes. T1: Controle (CON); T2: CON + (BHT+BHA+ETO95); T3: CON+ (BHT+BHA); T4: CON+ (BHA+PG+AC); T5: CON + (BHT+BHA+ETO70); T6: CON + BHA; T7: CON + (ASC+ alecrim); T8: CON + (ASC+ tocoferois).

Realizando uma análise descritiva dos dados, observou-se, em termos percentuais, que todos antioxidantes sintéticos tiveram uma melhora em relação ao tratamento controle. No tratamento CON + BHA, que foi o mais efetivo no controle da oxidação em todas temperaturas, essa melhora representou um aumento de 274, 235 e 231%, nas temperaturas de 90, 110 e 130°C, respectivamente. Tal constatação indica que a proteção do óleo de vísceras de aves, utilizando somente BHA como único antioxidante, é mais eficiente que qualquer associação do mesmo. Isso pode ser verificado por exemplo nas associações CON + (BHT+BHA+ETO95), CON + (BHT+BHA+ETO70) ou CON + (BHA+PG+AC), os quais obtiveram menores tempo de indução.

Em relação aos antioxidantes naturais, os mesmos tiveram um comportamento menos eficaz ou similar em relação ao tratamento controle, com uma tendência de melhora EM CON + (ASC+ tocoferóis). A utilização de antioxidantes naturais visando evitar a oxidação lipídica em alimentos para *pet food*, em substituição aos sintéticos, vem ganhando cada vez mais força no mercado nacional e seguindo tendências mundiais, principalmente, dos Estados Unidos e da Comunidade Europeia. Alguns estudos apontam o efeito antioxidante considerável do alecrim, com uma eficiência antioxidante do extrato de alecrim comparável ou até melhor que dos antioxidantes sintéticos BHT e BHA, além de um efeito sinérgico com esses antioxidantes sintéticos ou com tocoferóis (RAMALHO; JORGE, 2006; JUSTO et al., 2008; MILADI et al., 2013; HERNÁNDEZ et al., 2014). Entretanto, no presente estudo, o antioxidante com extrato de alecrim, não se mostrou uma boa opção, já que o tempo de indução foi o menor de todos demais tratamentos, inclusive do tratamento controle. Vale ressaltar que, devido ao tratamento térmico inicial para preparo dos antioxidantes naturais, as propriedades antioxidantes podem ter sido prejudicadas. Outro ponto a se considerar é a dosagem realizada. No contexto industrial atual, a indicação para utilização dos antioxidantes naturais é, pelo menos, o dobro da dose, em comparação com os antioxidantes sintéticos.

A possível tendência de uma melhor resposta em CON + (ASC+ tocoferóis), pode estar relacionada com o sinergismo existente entre a vitamina C e a vitamina E, pois, para conservar sua eficácia, a vitamina E requer a presença da vitamina C, o que tornaria, em princípio, possível a própria regeneração da vitamina E por meio da ação redutora da vitamina C (BORGES; SALGARELLO; GURIAN, 2003). Apesar da potente atividade antioxidante dos tocoferóis e do próprio ácido ascórbico (Vitamina C), estes ainda devem ser melhor estudados como antioxidantes naturais, uma vez que sua baixa estabilidade térmica requer a utilização de formas mais estáveis para o emprego comercial (VASCONCELLOS, 2016).

Verificou-se uma variação na distribuição dos ácidos graxos nos diversos tratamentos, indicando interferência da temperatura na alteração do perfil dos ácidos graxos do óleo de vísceras de aves (Tabela 5). Essa variação da composição dos ácidos graxos é de extrema importância para a prática industrial, uma vez que a alteração do percentual de ácidos graxos insaturados, principalmente o linoleico e linolênico, prejudica a relação $\omega 6$: $\omega 3$, que é estipulada no momento de realizar a formulação para cães e gatos. Se a temperatura e o tipo de antioxidante não forem levados em consideração, a relação $\omega 6$: $\omega 3$ deve ser alterada e, conseqüentemente, modifica os níveis de garantia do produto final, além de diminuir a ação benéfica dos ácidos graxos poliinsaturados *in vivo*.

Tabela 5 – Perfil de ácidos graxos (%) do óleo de vísceras de aves submetido a temperatura de 130 °C com diversos antioxidantes

Ácidos Graxos ¹	Tratamentos ²								
	CN	TI	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Mirístico - C14:0	0,20	0,27	0,21	0,23	0,22	0,25	0,29	0,25	0,25
Palmítico - C16:0	22,17	26,61	24,57	24,54	23,92	24,10	23,64	26,70	27,32
Palmitoléico - C16:1 n-7	6,60	7,13	6,84	7,45	6,78	7,33	6,90	7,02	7,09
Esteárico - C18:0	4,78	5,74	5,23	5,24	5,11	5,21	5,07	5,63	5,78
Oléico - C18:1(n-9) cis	44,77	48,03	46,84	48,01	46,36	47,50	45,91	47,69	48,04
Linoleico - C18:2(n-6) cis	19,66	11,54	15,30	13,59	16,47	14,60	16,98	12,13	11,03
γ -linolênico - C18:3 n-3	1,39	0,37	0,73	0,56	0,87	0,67	0,94	0,37	0,27
heneicosanoico - C21:0	0,45	0,31	0,28	0,38	0,28	0,34	0,28	0,20	0,23
Ácidos graxos saturados	27,58	32,93	30,29	30,39	29,53	29,91	29,28	32,79	33,57
Ácidos graxos monoinsaturados	51,36	55,16	53,68	55,46	53,14	54,83	52,81	54,71	55,13
Ácidos graxos poliinsaturados	21,05	11,91	16,03	14,15	17,34	15,27	17,92	12,50	11,30
Relação poliinsaturados/saturados	0,76	0,36	0,53	0,47	0,59	0,51	0,61	0,38	0,34
Total Ácidos graxos insaturados	72,42	67,07	69,71	69,61	70,47	70,09	70,72	67,21	66,43
$\omega 6$: $\omega 3$ ³	14,16	30,85	21,00	24,15	18,99	21,78	18,05	33,00	41,02

¹ Dados obtidos com base na percentagem de área de cada ácido graxo em relação à área total dos ácidos graxos identificados.

² Controle negativo (CN); T1: Controle (CON); T2: CON + (BHT+BHA+ETO95); T3: CON+ (BHT+BHA); T4: CON+ (BHA+PG+AC); T5: CON + (BHT+BHA+ETO70); T6: CON + BHA; T7: CON + (ASC+ alecrim); T8: CON + (ASC+ tocoferois).

³ $\omega 6$: $\omega 3$: Relação ácidos graxos ômega 6: ácidos graxos ômega 3.

Pôde-se observar que, as componentes principais 1 e 2 somadas, representam 87,3% da resposta da variável estudada, sendo que 73,3% é representada pela componente 1. Notou-se que, na componente 1, as variáveis que contribuíram positivamente foram os ácidos graxos oléico e esteárico, enquanto as que contribuíram negativamente foram com os ácidos graxos linoleico e γ -linolênico (Tabela 6). Isso quer dizer que a resposta é oposta, ou seja, enquanto os

ácidos graxos oléico e esteárico aumentam, os ácidos graxos linoleico e γ -linolênico diminuem em uma proporção média de aproximadamente 1:1.

Os ácidos graxos são fontes energéticas de significativa importância para animais carnívoros, como o cão e o gato (NRC, 2006). Os mamíferos sintetizam ácidos graxos até ácido palmítico (16:0), que pode ser posteriormente alongado até esteárico (18:0) e convertido a oleico (18:1). Plantas e plâncton, diferentemente de mamíferos, podem inserir ligações adicionais no ácido oléico, formando os ácidos graxos poli-insaturados (AGP), como o ácido linoleico (AL; 18:2 n6) e o ácido alfa-linolênico (ALA; 18:3 n3). Ambos podem, de certa forma, ser considerados essenciais, pois mamíferos não podem sintetizá-los, devendo, portanto, ser inseridos na dieta para cães e gatos (SCHOENHERR; JEWELL, 1997; NRC, 2006). Logo, ao introduzir um ingrediente com função específica para os animais, as variações devido à temperatura durante o processamento, bem como o uso de antioxidantes, devem ser levadas em consideração.

Tabela 6 - Coeficientes das variáveis em relação a cada componente principal (CP)

Variável	CP1	CP2
Autovalor	5.8645	1.1202
Proporção de explicação	0.733	0.140
Mirístico	0.231	0.085
Palmítico	0.393	0.196
Palmitoléico	0.272	-0.675
Esteárico	0.396	0.149
Oléico	0.387	-0.285
Linoleico	-0.408	0.058
γ -linolênico	-0.410	0.027
heneicosanoico	-0.277	-0.626

A velocidade de reação de oxidação depende do grau de instauração na molécula do ácido graxo. Assim, quanto maior o grau de instauração do óleo e/ou da gordura, maior será a susceptibilidade à oxidação (ARAÚJO, 2015). Ao realizar a análise do perfil de ácidos graxos do óleo de vísceras de aves em temperatura ambiente (30 °C), e avaliando as alterações em sua composição durante o aquecimento a 130 °C, pode-se perceber a transformação ocorrida, principalmente, nas insaturações; e que a ausência de antioxidante torna-se fator atenuante da oxidação.

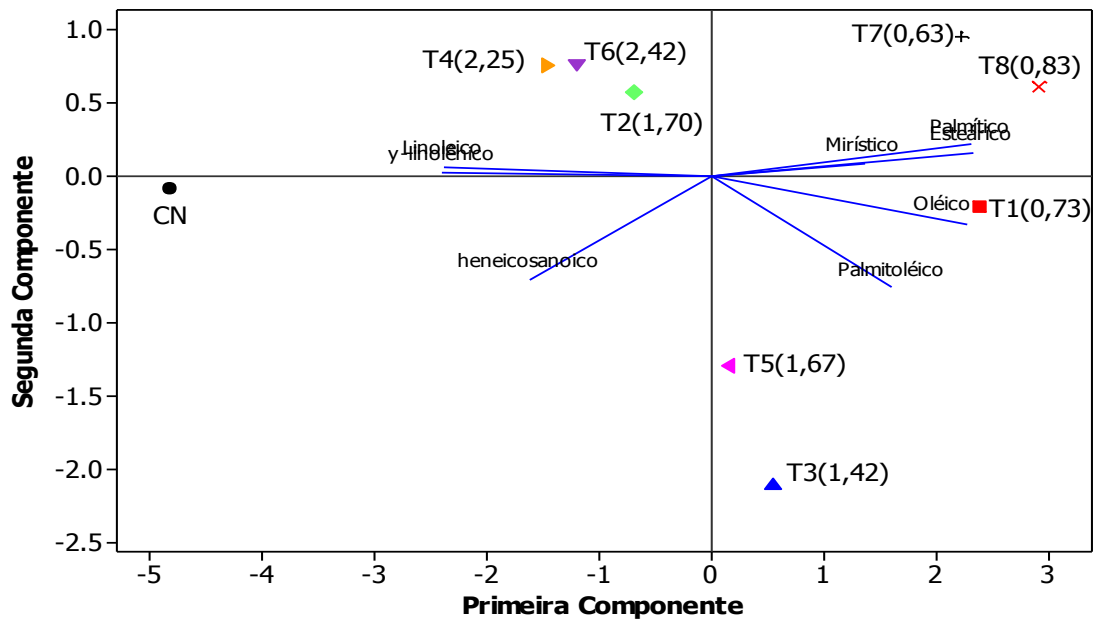


Figura 7. Distribuição dos ácidos graxos nos diversos tratamentos, conforme análise de composição dos dados. CN = Controle negativo; T1: Controle (CON); T2: CON + (BHT+BHA+ETO95); T3: CON+ (BHT+BHA); T4: CON+ (BHA+PG+AC); T5: CON + (BHT+BHA+ETO70); T6: CON + BHA; T7: CON + (ASC+ alecrim); T8: CON + (ASC+ tocoferóis).

A distribuição dos tratamentos com diferentes antioxidantes e sua relação com os ácidos graxos extraídos do óleo de vísceras de aves é melhor visualizada a seguir (Figura 7). Percebeu-se que, os tratamentos CON + (BHT+BHA+ETO95), CON+ (BHA+PG+AC) e CON + BHA, preservaram mais os ácidos graxos essenciais (linolênico e linoleico), sendo, portanto, os mais indicados.

Por outro lado, os antioxidantes naturais não tiveram essa resposta, sofrendo uma oxidação maior e, dessa forma, tiveram maiores proporções de ácidos graxos saturados e as piores relações $\omega 6: \omega 3$. Em estudo realizado por (RACANICCI et al., 2004), foi verificado que os principais ácidos graxos essenciais, linoleico e linolênico, sofreram uma redução de 29% e 100%, respectivamente, em suas concentrações, no óleo de vísceras de aves, após oxidado. A pesquisa atual demonstrou a importância da utilização de antioxidantes, uma vez que, diferentemente dos achados dos pesquisadores acima citados, apesar da redução dos ácidos graxos essenciais, não houve perda total do ácido graxo linolênico.

4 CONCLUSÕES

Em conclusão, a utilização de aditivos tecnológicos emulsificantes, visando melhoras nas características de textura dos *kibbles* e na redução de consumo energético é favorável, sendo que no presente estudo, indica-se EMUB, além do mesmo poder apresentar uma ação benéfica na saúde bucal dos animais.

A utilização de aditivos tecnológicos antioxidantes para proteção contra a oxidação do óleo de vísceras de aves utilizados em *pet food*, deve ser prática inevitável. Visando, tanto proteger o óleo contra oxidação, quanto preservar os ácidos graxos essenciais, os antioxidantes mais indicados são os utilizados nos tratamentos CON + (BHT+BHA+ETO95), CON+(BHA+PG+AC) e CON + BHA. Os antioxidantes naturais, no presente estudo, não apresentaram proteção satisfatória. Novos estudos devem ser conduzidos com maiores concentrações dos antioxidantes naturais, para demonstrar sua eficácia contra oxidação do óleo de vísceras de aves.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores agradecem a Planalto Alimentos pelo uso de instalações fabris e pela doação de matérias-primas utilizadas no experimento. Os autores gostariam de agradecer à Central de Análises e Prospecção Química da Universidade Federal de Lavras, e a Finep, Fapemig, CNPq e Capes pelo fornecimento de equipamentos e suporte técnico para experimentos envolvendo análises cromatográficas.

REFERÊNCIAS

ABINPET. **Manual Pet Food Brasil**. Disponível em: <<http://www.mflip.com.br/pub/abinpet/index3/>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

ANTONIASSI, R. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE OXIDATIVA DE ÓLEOS E GORDURAS. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 19, n. 2, 30 dez. 2001. Disponível em: <<http://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/1243>>.

AOCS. Preparation of methyl esters of fatty acids. Method Ce 2-66. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists' Society**, 2000.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 6th. ed. Viçosa, MG, Brazil: Editora UFV, 2015.

BELLAVER, C. INGREDIENTES DE ORIGEM ANIMAL DESTINADOS À FABRICAÇÃO DE RAÇÕES. (CBNA, Ed.) In: Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: 2001. Disponível em: <http://az545403.vo.msecnd.net/sincobesp/2012/10/Notas_Ingredinetes-fe-Origem-Animal-destinados-à-fabricação-de-Rações.pdf>.

BELLAVER, C.; ZANOTTO, D. L. PARÂMETROS DE QUALIDADE EM GORDURAS E SUBPRODUTOS PROTÉICOS DE ORIGEM ANIMAL. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, Santos, SP. **Anais...** Santos, SP: 2004. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/parametros_qualidade_gorduras_e_subprodutos_proteicos_de_origem_animal_000fyrf0t6n02wx5ok0pvo4k33hlhtkv.pdf>.

BORGES, F. M. O.; SALGARELLO, R. M.; GURIAN, T. M. **Recentes Avanços Na Nutrição De Cães E Gatos**, 2003. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/267681396_RECENTES_AVANCOS_NA_NUTRICA_O_DE_CAES_E_GATOS>.

BUTTS, C. T. **Yet Another Canonical Correlation Analysis Package**, 2009. . Disponível em: <<https://rdrr.io/cran/yacca/man/yacca-package.html>>.

CARCIOFI, A. C.; PALAGIANO, C.; SÁ, F. C.; MARTINS, 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, n. 3–4, p. 211–217, 2012.

CHIANG, B.-Y.; J. A. JOHNSON. Measurement of Total and Gelatinized Starch by Glucoamylase and o-Toluidine Reagent. **Cereal Chemistry**, v. 54, p. 429–435, 1977. Disponível em: <http://www.aaccnet.org/publications/cc/backissues/1977/Documents/chem54_429.pdf>.

FRANKEL, E. N. In search of better methods to evaluate natural antioxidants and oxidative stability in food lipids. **Trends in Food Science & Technology**, v. 4, n. 7, p. 220–225, jul.

1993. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0924224493901554>>.

GAWOR, J. P.; REITER, A. M.; JODKOWSKA, K.; KURSKI, G.; WOJTACKI, M. P.; KUREK, A. Influence of diet on oral health in cats and dogs. **Journal of Nutrition**, v. 136, n. 7 Suppl, p. 2021S–2023S, 2006. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Retrieve&db=PubMed&dopt=Citation&list_uids=16772485>.

GONZÁLEZ, I.; DÉJEAN, S. **Canonical correlation analysis**, 2009. . Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/CCA/CCA.pdf>>.

HERNÁNDEZ, A.; GARCÍA GARCÍA, B.; JORDÁN, M. J.; HERNÁNDEZ, M. D. Natural antioxidants in extruded fish feed: Protection at different storage temperatures. **Animal Feed Science and Technology**, v. 195, p. 112–119, set. 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840114001886>>.

JUSTO, O. R.; MORAES, Â. M.; BARRETO, G. P. D. M.; MERCADANTE, A. Z.; ROSA, P. T. V. R. Avaliação do potencial antioxidante de extratos ativos de plantas obtidos por extração com fluido supercrítico. **Química Nova**, v. 31, n. 7, p. 1699–1705, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010040422008000700019&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>.

LOGAN, E. I. Dietary Influences on Periodontal Health in Dogs and Cats. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 36, n. 6, p. 1385–1401, nov. 2006. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195561606001045>>.

MENZEL, U. **Significance Tests for Canonical Correlation Analysis (CCA)**, 2009. . Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/CCP/index.html>>.

MILADI, H.; SLAMA, R. Ben; MILI, D.; ZOUARI, S.; BAKHROUF, A.; AMMAR, E. Essential oil of *Thymus vulgaris* L. and *Rosmarinus officinalis* L.: Gas chromatography-mass spectrometry analysis, cytotoxicity and antioxidant properties and antibacterial activities against foodborne pathogens. **Natural Science**, v. 05, n. 06, p. 729–739, 2013. Disponível em: <<http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/ns.2013.56090>>.

MONTI, M.; GIBSON, M.; LOUREIRO, B. A.; SÁ, F. C.; PUTAROV, T. C.; VILLAVARDE, C.; ALAVI, S.; CARCIOFI, A. C. Influence of dietary fiber on macrostructure and processing traits of extruded dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, 2016.

NRC. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. Washington, DC, USA: Natl. Academy Press, 2006.

PACHECO, P. D. G.; PUTAROV, T. C.; BALLER, M. A.; PERES, F. M.; LOUREIRO, B. A.; CARCIOFI, A. C. Thermal energy application on extrusion and nutritional characteristics of dog foods. **Animal Feed Science and Technology**, 2018.

R CORE TEAM. **A Language and Environment for Statistical Computing** Vienna R Foundation for Statistical Computing, , 2018. . Disponível em: <<https://www.r-project.org>>.

RACANICCI, A. M. C. ; MENTEN, J. F. M. ; REGITANO-D´ARCE, M.A.B.; GAIOTTO,

J. B. .; LONGO, F. A. .; PEDROSO, A. A. .; SORBARA, J. O. . Oxidação Lipídica do Óleo de Vísceras de Aves para Redução de seu Conteúdo de Energia Metabolizável para Frangos de Corte na Fase de Crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 919–923, 2004. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v33n4/22088.pdf>>.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. **Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos** *Química Nova*, 2006. .

ROKEY, G. J. Pet food production. Process description. **Engormix**, p. 1–32, 2006. Disponível em: <<https://en.engormix.com/feed-machinery/articles/pet-food-production-t33431.htm>>.

SÁ-FORTES, C. M. L.; ROCHA JUNIOR, C. M. ADITIVOS EM ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. In: XXIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, Vitória, ES, Brazil. **Anais...** Vitória, ES, Brazil: 2014. Disponível em: <<http://www.caesegatos.com.br/assets/uploads/noticias/2014/06/ARTIGO-ADITIVOS.pdf>>.

SCHOENHERR, W. D.; JEWELL, D. E. Nutritional modification of inflammatory diseases. **Seminars in Veterinary Medicine and Surgery: Small Animal**, v. 12, n. 3, p. 212–222, ago. 1997. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1096286797800357>>.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M. .; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, n. 1, p. 94–103, 1999. Disponível em: <http://quimicanova.sbq.org.br/imagebank/pdf/Vol22No1_94_v22_n1_20%2815%29.pdf>.

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*, 2008. .

VAN DEN BOOGAART, K. G.; TOLOSANA-DELGADO, R. “compositions”: A unified R package to analyze compositional data. **Computers & Geosciences**, v. 34, n. 4, p. 320–338, abr. 2008. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S009830040700101X>>.

VASCONCELLOS, R. S. ANTIOXIDANTES NATURAIS E SINTÉTICOS: EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS DE SEGURANÇA E RISCOS. (CBNA, Ed.) In: XV Congresso CBNA PET, Campinas, SP. **Anais...** Campinas, SP: 2016. Disponível em: <<http://cbna.com.br/arquivos/08/Palestra Ricardo Souza Vasconcellos.pdf>>.