

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 28/06/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE

JABOTICABAL

Departamento de Zootecnia

GLICINATOS DE ZINCO, COBRE, FERRO E MANGANÊS SOBRE

A ESTABILIDADE OXIDATIVA NA EXTRUSÃO E VIDA DE

PRATELEIRA DE ALIMENTOS PARA CÃES

Carolina Cristina de Oliveira

Médica Veterinária

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE

JABOTICABAL

Departamento de Zootecnia

**GLICINATOS DE ZINCO, COBRE, FERRO E MANGANÊS SOBRE A
ESTABILIDADE OXIDATIVA NA EXTRUSÃO E VIDA DE PRATELEIRA DE
ALIMENTOS PARA CÃES**

Carolina Cristina de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi

Co-orientadora: Mayara Aline Baller

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

O48g

Oliveira, Carolina Cristina de

Glicinatos de Zinco, Cobre, Ferro e Manganês sobre a estabilidade oxidativa na extrusão e vida de prateleira de alimentos para cães / Carolina Cristina de Oliveira. -- Jaboticabal, 2024

80 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Aulus Cavalieri Carciofi

Coorientadora: Mayara Aline Baller

1. Microelementos. 2. Minerais. 3. Glicinatos. 4. Sulfatos. 5. Biodisponibilidade. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: GLICINATOS DE ZINCO, COBRE, FERRO E MANGANÊS SOBRE A ESTABILIDADE OXIDATIVA NA EXTRUSÃO E VIDA DE PRATELEIRA DE ALIMENTOS PARA CÃES

AUTORA: CAROLINA CRISTINA DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: AULUS CAVALIERI CARCIOFI

COORIENTADORA: MAYARA ALINE BALLER

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciência Animal, área: Nutrição Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. AULUS CAVALIERI CARCIOFI (Participação Virtual)
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente

Prof. Dr. RICARDO SOUZA VASCONCELLOS (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Estadual de Maringá (UEM) - Maringá/PR

RICARDO SOUZA VASCONCELLOS

Data: 04/07/2024 14:42:00-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Pós-Doutoranda CAMILA GOLONI (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente

CAMILA GOLONI

Data: 28/06/2024 17:03:47-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Jaboticabal, 28 de junho de 2024

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Carolina Cristina de Oliveira – Nascida em Marília/SP em 23 de maio de 1998. Em 2016 ingressou no curso de Medicina Veterinária na Universidade de Marília (UNIMAR), onde se graduou em 2020. Durante os anos de graduação realizou atividades de monitoria junto à disciplina de “Patologia Animal”, sob a orientação da Professora Doutora Camila Dias Porto. Coordenadora do Grupo de Estudos de Diagnóstico Veterinário (GEDVET) no segundo semestre de 2019. Realizou estágio curricular na área de nutrição de cães e gatos no Centro de Pesquisas em Nutrologia de cães e gatos USP-FZEA (CEPEN pet). Atualmente é aluna de mestrado no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais “Prof. Dr. Flávio Prada” na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus Jaboticabal na área de nutrição de cães e gatos, pelo programa de Ciência Animal, bolsista Capes, sob orientação do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi.

DEDICO

À minha família, minha mãe Divina e meu pai Deime e ao meu irmão Rafael,
pelo exemplo de vida e dedicação, pelo carinho,
amor, paciência, apoio e compreensão.
Obrigada por tudo!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus e Nossa Senhora de Fátima pelas bênçãos durante o mestrado e durante minha vida toda.

À minha família, meus pais Deime e Divina e meu irmão Rafael por sempre estarem presentes; a força que me deram foi meu combustível para vencer sempre.

Ao meu orientador Prof. Dr. Aulus Cavaliere Carciofi que me acolheu e me deu essa oportunidade incrível de fazer parte da nutrição de cães e gatos, agradeço por acreditar no meu potencial.

À minha coorientadora Dra. Mayara Aline Baller, seus conselhos e sua ajuda foram fundamentais para meu crescimento profissional e a para o nosso trabalho finalmente ganhar forma.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. Ricardo Vasconcelos que contribuiu para o enriquecimento do trabalho.

Ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” e aos funcionários Elaine, Diego e Kelly que são um pilar importantíssimo junto com os animais.

Aos cães que participaram do experimento e todos os animais que acompanhei na rotina.

Às amigas que me acompanharam durante o mestrado e sempre ajudaram, obrigada por estarem presentes e pela ajuda.

Aos pós graduandos do laboratório, todos contribuíram um pouquinho para meu aprendizado e crescimento.

A todos que estiveram ao meu lado e me apoiaram, meu agradecimento!

Ao meu companheiro Renan que me ajudou e apoiou durante o mestrado.

Aos meus animais Hachi (*in Memorium*), Gergelim (*in Memorium*) e Chia que me proporcionaram tantas felicidades e me inspiram a ser uma médica veterinária cada vez melhor.

À CAPES e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Unesp Jaboticabal pela bolsa de estudos, a MCassab e BASF pelo suporte e financiamento da presente pesquisa e as empresas BRF Ingredients, BRF Food, Adimax Pet a ADM pela contribuição com o Laboratório.

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

Sumário

Capítulo 1

| | |
|---|----|
| ABSTRACT..... | vi |
| CAPÍTULO 1: REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO | 3 |
| 1. INTRODUÇÃO | 3 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1 Processo de extrusão termoplástica..... | 4 |
| 2.2 Efeito da extrusão-nos lipídeos, vitaminas e <i>shelf life</i> | 6 |
| 2.2. Lipídeos e reações de oxidação..... | 6 |
| 2.2.5 Vitaminas lipossolúveis..... | 15 |
| 2.2.4 Microelementos: ferro, cobre, zinco e manganês..... | 18 |
| 2.3.6. Impacto ambiental | 27 |
| 1. HIPÓTESE..... | 28 |
| 2. OBJETIVO | 28 |
| 3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 29 |
| CAPÍTULO 2 – MICROELEMENTOS ORGÂNICOS <i>versus</i> INORGÂNICOS: IMPACTO SOBRE VIDA DE PRATELEIRA..... | 36 |
| 1. INTRODUÇÃO | 36 |
| 2. OBJETIVO | 37 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 38 |
| 3.1. Dietas experimentais..... | 38 |
| 3.2 Processamento das dietas | 40 |
| 3.3. Análises laboratoriais | 41 |
| 3.3.2. Composição bromatológica..... | 42 |
| 3.3.3. Determinação dos micro-minerais cobre, zinco, ferro e manganês . | 42 |
| 3.3.8. Vitaminas A, D e E | 45 |
| 3.4. Análise estatística | 45 |

| | |
|--|----|
| 4. RESULTADOS..... | 46 |
| 5. DISCUSSÃO..... | 55 |
| 5.1. Discussão farelo vs extrusado | 55 |
| 5.2. <i>Shelf life</i> | 57 |
| 6. CONCLUSÃO | 61 |
| 7. REFERÊNCIAS | 62 |

GLICINATOS DE ZINCO, COBRE, FERRO E MANGANÊS SOBRE A ESTABILIDADE OXIDATIVA NA EXTRUSÃO E VIDA DE PRATELEIRA DE ALIMENTOS PARA CÃES

RESUMO

A inclusão de microelementos orgânicos na nutrição de animais domésticos pode aumentar os benefícios das dietas comerciais devido à melhor biodisponibilidade e aproveitamento pelo animal, além de melhorar a estabilidade da ração e promover menores perdas oxidativas pela ração, contribuindo para uma melhor vida de prateleira (*shelf life*), além de reduzir a contaminação ambiental pelos excrementos gerados pelos animais, diminuição de custos e contribuindo para a sustentabilidade no setor pet. Este estudo avaliou microelementos na forma de sulfato e glicinato (Fe, Cu, Zn, Mn) em três dietas, controle (DC), com glicinato (DCG) e com sulfato (DCS). Foram avaliados na ração farelada e na ração logo após extrusão os níveis de peróxido, compostos voláteis, residual de antioxidantes (BHT e BHA) e microelementos. Para a vida de prateleira foram armazenados em estufa 30° e a cada 120 dias foram feitas análises de perfil de ácidos graxos, residual de antioxidantes (BHT e BHA), vitaminas lipossolúveis (A, D e E) e compostos voláteis na ração extrusada; os índices de peróxido foram avaliados a cada 45 dias para acompanhar o comportamento das rações enriquecidas com diferentes formas de minerais. Os dados foram analisados quanto à homocedasticidade das variâncias e normalidade dos erros, seguidos por ANOVA com medidas repetidas no tempo. Em caso de diferenças no momento basal, foi utilizada ANOVA simples com o tempo 0 como covariável. Se o Teste F indicasse diferenças, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0.05$). Os resultados demonstraram que a extrusão influenciou a estabilidade oxidativa das rações, com menores perdas de minerais como Zn e menor produção de compostos voláteis como Nonenal e Decadienal ($p < 0,05$) em dietas com glicinato. Durante a vida de prateleira, os ácidos graxos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos ($p > 0,05$). Para os antioxidantes, os tratamentos demonstraram melhores resultados quando analisados ao longo do tempo. As vitaminas lipossolúveis tiveram maior retenção no tratamento com glicinato ($p < 0,05$), assim como os compostos voláteis apresentaram menor produção neste tratamento ($p < 0,05$). Apesar de oscilações

nos níveis de peróxido, as diferenças entre os tratamentos não foram estatisticamente significativas. Os resultados ressaltam a importância do controle de microelementos para maior estabilidade e vida de prateleira das rações. Limitações do estudo incluem variações analíticas e altos níveis de antioxidantes, que podem ter mascarado alguns resultados.

Palavras-chaves: microelementos, minerais, glicinatos, sulfatos, biodisponibilidade.

ABSTRACT

The inclusion of organic microelements in the nutrition of domestic animals can enhance the benefits of commercial diets due to better bioavailability and utilization by the animal, as well as improving feed stability and promoting reduced oxidative losses in the feed. This contributes to a longer shelf life, reduces contamination from animal excrement, decreases costs, and supports sustainability in the pet sector. This study evaluated microelements in the form of sulfate and glycinate (Fe, Cu, Zn, Mn) in three diets: control (DC), with glycinate (DCG), and with sulfate (DCS). Peroxide levels, volatile compounds, antioxidant residues (BHT and BHA), and microelements were analyzed in the meal and after extrusion. For shelf life, feeds were stored at 30°C, with analyses conducted every 120 days for fatty acid profiles, antioxidant residues (BHT and BHA), fat-soluble vitamins (A, D, and E), and volatile compounds in the extruded feed; peroxide indices were evaluated every 45 days to monitor the behavior of feeds enriched with different forms of minerals. The data were analyzed for homoscedasticity of variances and error normality, followed by ANOVA with repeated measures over time. In cases of differences at the baseline moment, simple ANOVA was used with time 0 as a covariate. If the F-test indicated differences, means were compared using Tukey's test ($P < 0.05$). The results demonstrated that extrusion influenced the oxidative stability of feeds, with lower losses of minerals such as Zn and reduced production of volatile compounds like Nonenal and Decadienal ($p < 0.05$) in diets with glycinate. During shelf life, fatty acids did not show statistically significant differences among treatments ($p > 0.05$). For antioxidants, treatments showed better results when analyzed over time. Fat-soluble vitamins had higher retention in the glycinate treatment ($p < 0.05$), and volatile compounds were less produced in this treatment ($p < 0.05$). Despite fluctuations in peroxide levels, differences among treatments were not statistically significant. The results highlight the importance of microelement control for greater stability and longer shelf life of feeds. Study limitations include analytical variations and high levels of antioxidants, which may have masked some results.

Key words: Microelements, minerals, glycinates, sulfates, bioavailability.

Lista de tabelas

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Formula das dietas experimentais. | 39 |
| Tabela 2. Composição bromatológica das dietas experimentais. | 40 |
| Tabela 3. Parâmetros de processamento das dietas experimentais. | 41 |
| Tabela 4. Estabilidade das dietas experimentais antes e após a extrusão. | 46 |
| Tabela 5. Estabilidade das dietas experimentais antes e após a extrusão. | 47 |
| Tabela 6. Estabilidade das dietas experimentais antes e após a extrusão. | 48 |
| Tabela 7. Perfil de ácidos graxos (mg/g de gordura) de rações processadas com diferentes fontes de minerais..... | 49 |
| Tabela 8. Residual de antioxidante (ppm/kg) de rações processadas com diferentes fontes de minerais..... | 51 |
| Tabela 9. Somatório BHT e BHA shelf life. | 51 |
| Tabela 10. Estabilidade das vitaminas de rações processadas com diferentes fontes de minerais. | 52 |
| Tabela 11. Níveis de compostos voláteis (ppm/kg) dos alimentos processados com diferentes fontes de minerais. | 53 |
| Tabela 12. Somatório compostos voláteis..... | 54 |
| Tabela 13. Índice de peróxido (mEq/kg) dos alimentos processados com diferentes fontes de minerais..... | 54 |

Lista de Figuras

Figura 1. Estrutura mineral glicinato BASF.**Erro! Indicador não definido.**

Figura 2. Minerais de Cobre, Ferro, Manganês e Zinco na forma glicinato (BASF, 2024).....**Erro! Indicador não definido.**

CAPÍTULO 1: REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

1. INTRODUÇÃO

Os minerais ferro, cobre, zinco e manganês desempenham papéis essenciais na nutrição de cães, contribuindo para diversas funções metabólicas e fisiológicas fundamentais. O ferro é crucial para o transporte de oxigênio no organismo, além de participar de reações enzimáticas vitais. O cobre está envolvido em processos como a formação de colágeno, pigmentação da pelagem e função imunológica. O zinco é indispensável para a saúde da pele, cicatrização de feridas, função enzimática e integridade do sistema imunológico. Já o manganês é fundamental para a formação dos ossos, metabolismo energético e proteção contra danos oxidativos. O balanceamento adequado desses minerais nas dietas de cães é essencial, uma vez que tanto a deficiência quanto o excesso podem trazer prejuízos à saúde, reforçando a necessidade de fontes minerais de alta biodisponibilidade e estabilidade em rações comerciais.

O processamento por extrusão é fundamental para a produção da ração, promovendo efeitos importantes e essenciais no produto final como modificações estruturais nos macronutrientes, melhoria da digestibilidade dos nutrientes e redução de alguns fatores antinutricionais. Também são promovidos fatores prejudiciais junto ao processo como destruição e perda de aminoácidos, uma série de reações químicas, tais como as reações de Maillard, formação de complexos de nutrientes (Björck and Asp, 1983) e a oxidação lipídica gerada pela degradação dos ácidos graxos, que ocorre na presença de calor, oxigênio e ou presença de minerais catalisadores como ferro (Fe), cobre (Cu) e zinco (Zn) que participam ativamente das reações de transferência de elétrons (Kanner & Rosenthal, 1992; Shen et al, 2021).

A capacidade oxidativa da ração é um importante fator pois interfere no “prazo de validade” ou shelf life do produto, geralmente de doze a dezoito meses. No entanto, na prática, este período pode ser reduzido ou prolongado conforme a influência de alguns fatores como: nível de antioxidante, teor de extrato etéreo, a presença de metais catalisadores (ferro, cobre, zinco, manganês, entre outros), características da embalagem, temperatura de armazenamento, condições de

processamento e outros inúmeros fatores. Os radicais livres que resultam dessa oxidação podem reagir com proteínas, vitaminas lipossolúveis (A, D e E) ou outros constituintes e reduzindo a qualidade nutricional do alimento (Lillard, 1983; Ribeiro, 2018).

Especificamente, os microelementos demonstram um potencial variável conforme seu estado ligante, ou seja, conforme suas formas podem desempenhar o papel de catalisadores nas reações de transferência de elétrons e aumentar o potencial oxidativo da ração. Os minerais na forma inorgânica (sulfatos), um dos mais utilizados na indústria pet, apresentam uma maior instabilidade, podendo está ligada à estrutura e à natureza das suas ligações químicas, onde o enxofre está ligado a quatro átomos de oxigênio em uma estrutura tetraédrica mais fraca e menos estável comparada a outros tipos de minerais (Hawthorne et al, 2000).

Nos minerais orgânicos, os agentes quelantes ou carreadores se ligam ao átomo de metal por mais de um ponto, formando uma estrutura química estável e neutra através de ligações covalentes, por meio de agrupamentos aminos ou oxigênio (Leeson & Summers, 2001; Oliveira, 2006). Essa estrutura estável aumenta a disponibilidade do mineral.

Desta forma, a presente Dissertação de Mestrado teve como objetivo geral avaliar os efeitos da adição de zinco, cobre, ferro e manganês na forma de glicinato ou sulfato em rações sobre a vida de prateleira e retenção de vitaminas A, D e E dos produtos.

6. CONCLUSÃO

Conclui-se que a presença de antioxidantes adequados pode mascarar o efeito catalítico dos microelementos no processo oxidativo durante a extrusão, sugerindo que um tempo de processamento mais curto e o uso correto de antioxidantes podem minimizar esses efeitos indesejados. Além disso o consumo de antioxidantes durante a *shelf life* também foi significativo, com maiores taxas de retenção observadas em dietas contendo minerais orgânicos. Destaca-se a importância da avaliação dos compostos primários e secundários de forma associada, assegurando um controle maior da oxidação do alimento. Em suma, a utilização de micronutrientes na forma orgânica e estratégias de processamento adequadas melhora a retenção de nutrientes e assegura uma maior estabilidade oxidativa, essencial para a saúde e bem-estar dos cães.

7. REFERÊNCIAS

A.O.A.C. - ASSOCIATIONS OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analyses of the Association of Analytical Chemists. 21st ed., 2019. Method 968.08 – Minerals in Animal Feed and Pet Food (4.8.02).

ACUFF, H. L.; DANTON, A. N.; DHAKAL, J.; KIPROTICH, S.; ALDRICH, G. **Sustainability and Pet Food Is There a Role for Veterinarians?** REVIEW ARTICLE, v.51, n.3, p.563-581, may, 2021.

ALAM, M. S.; KAUR, J.; KHAIRA, H.; GUPTA, K. Extrusion and extruded products: Changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 3, p. 445-475. 2016.

ARAÚJO, J. A.; SILVA, J. H. V.; AMÂNCIO, A. L. L.; LIMA, B. C.; OLIVEIRA, E. R. A. Fontes de minerais para poedeiras. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.3, p.53-60, 2008.

Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (**ABINPET**). Disponível em: < <http://abinpet.org.br/site/mercado/>>. Acesso em junho de 2022.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official and tentative methods of analysis**. Arlington, Virginia: AOAC International, 16. ed., 1995.

ASSUMPCÃO, Rosely M. Viegas; MORITA, Tokio. **Manual de Soluções Reagentes e Solventes – padronização, preparação, purificação**. 2. ed., 1972. p. 399, 414.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. 1. ed. Lavras - MG: Ed. UFLA, v.1. 302 p. 2006.

CARCIOFI, A. C.; TAKAKURA, F. S.; de OLIVEIRA, L. D.; TESHIMA, E.; JEREMIAS, J. T.; BRUNETTO, M. A.; PRADA, F. Effects of six carbohydrate sources on dog diet digestibility and post-prandial glucose and insulin response. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 92, n. 3, p. 326–336, 2008.

CASANOVA, M. A.; MEDEIROS, F. **Recentes evidências sobre os ácidos graxos poli-insaturados da família ômega-3 na doença cardiovascular**. Rev. Hosp. Univ. Ped. Ern. UERJ. 10:74-80. 2011.

Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal, Métodos analíticos. Método 40 – **Minerais e Contaminantes Inorgânicos por Espectrometria de Absorção Atômica (EAA)**, p.180-185. 2017.

COUTO, H. P. **Fabricação de rações e suplementos para animais - Gerenciamento E Tecnologias**. Viçosa: CPT, 2008. 226p.

DE MORAIS CARDOSO, L.; PINHEIRO, S.S.; DE CARVALHO, C.W.P.; QUEIROZ, V.A.V.; DE MENEZES, C.B.; MOREIRA, A.V.B; DE BARROS, F.A.R.; AWIKA, J.M.; MARTINO, H.S.D.; PINHEIRO-SANTANA, H.M. Phenolic compounds profile in sorghum processed by extrusion cooking and dry heat in a conventional oven. **J. Cereal Sci.** **2015**, 65, 220–2.

DOMÍNGUEZ, R.; GÓMEZ, M.; FONSECA, S.; LORENZO, J.M. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. **Meat science**, v. 97, n. 2, p. 223-230, 2014.

DROZDOWSKI B., SZUKALSKA E. **A Rapid Instrumental Method for the Evaluation of Fats**, JAOCS, v. 64, p. 1008-1011, 1987.

EBELER, S. E., TERRIEN, M. B.; BUTZKE, C. E. Analysis of brandy aroma by solid-phase microextraction and liquid-liquid extraction. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 80 (Issue 5) (2000), pp. 625-630.

FAHEY Jr., G.C. Soybean use – Companions Animals. **Soybean Meal Information Center**. Illinois Urbana Champaign, 2007, p.2 - 4.

FEDIAF. European Pet Food Industry Federation. **Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs**. Bélgica, 2021. 99p.

FRANKEL, E. N. Lipid oxidation. 2ed. Bridgewater: OilyPress, p. 391-405. 2005.

FRANKEL, E. N.; GERMAN, J. B.; DAVIS, P. A. Headspace gas chromatography to determine human low density lipoprotein oxidation. **Lipids** 27, 1047–1051 (1992). <https://doi.org/10.1007/BF02535586>

FRANKEL, E.N.; NEFF, W.E.; SELKE, E. Analysis of autoxidized fats by gas chromatography-mass spectrometry: VII. **Volatile thermal decomposition products of pure hydroperoxides from autoxidized and photosensitized methyl oleate, linoleate and linolenate**. *Lipids*, Austin, v.16, n.5, p.279-292, 1981.

FRITSCH, C. W.; GALE, J. A. Hexanal as a measure of rancidity in low fat foods. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 54, n. 6, p. 225-228, 1977.

GORDON, M. H. Factors affecting lipid oxidation. In: Steel R, editor. **Understanding and measuring the shelf-life of food**. Boca Raton: CRC Press, 2004.

HILL. Cap 3. Petfood technology, editors, Jennifer L.Kvamme, Timothy D.Phillips. 1st ed. 2003.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. 4. Ed., pag. 740. 2005.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, v. 36, n. 1/2, p. 169-189. 1994.

KANNER, J.; ROSENTHAL, L. An assessment of lipid oxidation in foods. **Pure and Applied Chemistry**, v. 64, n. 12, p. 1959-1964. 1992.

KARMAS, E.; HARRIS, R.S. **Nutritional Evaluation of Food Processing**, Van Nostrand Reinhold, New York. 1988.

KIEFER, C. Minerais quelatados na nutrição de aves e suínos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.3, p. 206–220, 2005.

KIRK, J. R. 1984. Biological availability of nutrients in processed foods. **Journal of Chemical Education**, v. 61, n. 4, p. 364-367.

KRUG, F. J.; NÓBREGA, J. A.; OLIVEIRA, P. V. **Espectrometria de Absorção Atômica Parte 1. Fundamentos e atomização com chama**. Jun. 2004.

LAFLAMME, D. P. **Development and validation of body condition score system for dogs**. *Canine Practices*, v. 22, p. 10-15, 1997.

LAMPI, A.M.; DAMERAU, A.; LI, J.; MOISIO, T.; PARTANEN, R.; FORSELL, P.; PIIRONEN, V. Changes in lipids and volatile compounds of oat flours and extrudates during processing and storage. **J. Cereal Sci.** 2015, 62, 102–109.

LILLARD, D.A. Effect of processing on chemical and nutrition changes in food lipids. **Journal of Food Protection**, v. 46, n. 1, p. 61-67, 1983.

LIU, Y.; LI, J.; CHENG, Y.; LIU, Y. Volatile components of deep-fried soybean oil as indicator indices of lipid oxidation and quality degradation. **Eur Food Res Technol** 246, 1183–1192 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03475-2>

LOPES, M. T. **Efeito da substituição parcial e total de fontes inorgânicas por fontes orgânicas de microminerais sobre o desempenho e qualidade de carcaças**

de frangos de corte. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões Erechim, RS – Brasil. Nov. 2010.

MABE, I. **Efeitos da suplementação dietética com quelatos de zinco e de manganês na produção de ovos e morfologia intestinal de galinhas poedeiras.** 94p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, USP. 2001.

MAPA. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Instrução Normativa nº 44,** de 15 de dezembro de 2016.

MÁRQUEZ-RUIZ, G., GARCÍA-MARTÍNEZ, M.C.; HOLGADO, F. Changes and Effects of Dietary Oxidized Lipids in the Gastrointestinal Tract Instituto del Frío (CSIC), José Antonio Novais 10, 28040 Madrid. **Lipids Insights** 2008:2 11–19. 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats.** Washington, DC: National Academy Press, 2006.

NIETO, G.; BAÑÓN, S.; GARRIDO, M.D. Effect of supplementing ewes' diet with thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves on the lipid oxidation of cooked lamb meat. **Food Chemistry**, 125, pp. 1147-1152. 2011.

OGOSHI, R. C. S., REIS, J. S., ZANGERONIMO, M. G., & SAAD, F. M. O. B. **Conceitos básicos sobre nutrição e alimentação de cães e gatos.** *Ciência Animal*, v.25, n.1, 64–75, 2015.

OKIN, G. S. Environmental impacts of food consumption by dogs and cats. **Plus One**, v.12 n. 8, 2017.

OTTAWAY, P. B. 19 - Stability of vitamins during food processing and storage, Editor(s): Leif H. Skibsted, Jens Risbo, Mogens L. Andersen, In: **Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Chemical Deterioration and Physical Instability of Food and Beverages**, Woodhead Publishing, Pages 539-560. 2010.

PAILLAT J.M.; ROBIN P.; HASSOUNA M.; HASSOUNA, M. Predicting ammonia and carbon dioxide emissions from carbon and nitrogen biodegradability during animal waste composting. **Atmos Environ**, v.39, n.36, p. 6833-6842, 2005.

PAOLINI, M; TONIDANDEL, L; LARCHER, R. Development, validation and application of a fast GC-FID method for the analysis of volatile compounds in spirit drinks and wine. **Food Control**. Volume 136, June 2022.

POKORNÝ, J.; KOLAKOWSKA, A. Lipid-Protein and Lipid-Saccharide Interactions. In: SIKORSKI, Z. E.; KOLAKOWSKA, A. **Chemical and Functional Properties of Food Lipids**. Boca Raton: CRC PRESS, Cap.17. 2003.

RIAZ, M. N.; ASIF, M.; ALI, R. Stability of Vitamins during Extrusion. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 49(4), 361–368. 2009.

RIBEIRO, P.M. Oxidação lípidica no processo de extrusão em pet food. Dissertação (Mestrado), no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá - Área de Concentração: Produção Animal. 2018.

ROCHA, R. C. C. **Desenvolvimento de método para determinação de elementos tóxicos e essenciais em pelo canino por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado.** Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Química, 2021.

RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B. 2007. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Revista Aveworld**, 2007.

SÁ, FABIANO CESAR. **Energia Mecânica, Energia Térmica E Moagem Na Extrusão De Alimentos Para Cães E Gatos.** VII, 94 P. II. Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade De Ciências Agrárias E Veterinárias, Jaboticabal, 2015.

SANAHUJA A. B.; GARCÍA, A. V. New Trends in the Use of Volatile Compounds in Food Packaging. **Polymers**. 2021; 13(7):1053. <https://doi.org/10.3390/polym13071053>

SANTOS, F. O. Avaliação de estabilidade por método acelerado em alimento específico semiúmido para cães com inclusão de antioxidantes sintéticos e natural. Dissertação (Mestrado), no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal da Universidade Estadual Paulista - Área de Concentração: Ciência e Tecnologia Animal. 2023.

SHAHIDI, F., ZHONG. Y. Bailey's industrial oil and fat products – **lipid oxidation: measurement methods**, 6th ed. John Wiley & Sons, Inc., St. John's, Newfoundland, Canada. 2005.

SHARIDI, F. **Bailey's Industrial Oil and Fat Products**, Volume 2, 6th Edition. John Wiley & Sons, 2005.

SILVA, A.A.; PENA, S.A.; ASSIS, F.G.; CASTILHA, L.D.; NASCIMENTO, S.T.; VASCONCELLOS, R.S. **Estabilidade oxidativa e qualidade de bifinhos para cães formulados com antioxidante natural** v. 11 No. 02 p. 103-206. 2017.

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**, 22(1). 1999.

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, p. 94-103. 1999.

SJÖVALL, O.; LAPVETELÄINEN, A.; JOHANSSON, A.; KALLIO, H. Analysis of volatiles formed during oxidation of extruded oats. **Agric. Food Chem.** 45, 11, 4452–4455. 1997. <https://doi.org/10.1021/jf970320a>

SJÖVALL, O.; LAPVETELÄINEN, A.; JOHANSSON, A.; KALLIO, H. Analysis of Volatiles Formed during Oxidation of Extruded Oats. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 45(11), 1997.

USP <852> USP 41-NF 36, 2018.

VIEIRA, S. A.; ZHANG, G.; DECKER, E. A. Biological Implications of Lipid Oxidation Products. **J Am Oil Chem Soc.** 94:339–351. 2017.

VOGEL, A. I. **Análise química quantitativa**. 5. ed, p. 646-654. 1992.

WATZKE, H. Impact of processing on bioavailability examples of minerals in foods. *Trends in Food Science & Technology* 9, p.320-327. 1998.

XIONG, Y. L. Protein oxidation and implications for muscle food quality. In: DECKER, E., C., F. & Lopez-Bote, C. J. (eds.) **Antioxidants in muscle foods: nutritional strategies to improve quality**. Chichester: Wiley, 2000.