



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Associação de diferentes fontes lipídicas e taninos em dietas para codornas japonesas

João Ricardo Rodrigues Ferreira Vieira

Dourados - MS
Setembro de 2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

Associação de diferentes fontes lipídicas e taninos em dietas para codornas japonesas

João Ricardo Rodrigues Ferreira Vieira
Zootecnista

Orientador: Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Coorientadoras: Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama
Profa. Dra. Maria Fernanda de Castro Burbarelli

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados - MS

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

V657a Vieira, João Ricardo Rodrigues Ferreira

Associação de diferentes fontes lipídicas e taninos em dietas para codornas japonesas
[recurso eletrônico] / João Ricardo Rodrigues Ferreira Vieira. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Rodrigo Garófallo Garcia.

Coorientadoras: Claudia Marie Komiyama, Maria Fernanda de Castro
Burbarelli. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da
Grande Dourados, 2024. Disponível no Repositório Institucional da UFGD
em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**Associação de diferentes fontes lipídicas e taninos em dietas para
codornas japonesas**

Por

João Ricardo Rodrigues Ferreira Vieira

Exame de defesa apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do
título de MESTRE EM ZOOTECNIA.

Aprovado(a) em: 05/09/2024

Documento assinado digitalmente



RODRIGO GAROFALLO GARCIA

Data: 09/11/2024 14:29:41-0300

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

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Orientador – UFGD/FCA

Documento assinado digitalmente



DAIANE DE OLIVEIRA GRIESER

Data: 13/11/2024 09:47:09-0300

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

Profª. Drª. Daiane de Oliveira Grieser
Unifesspa

Documento assinado digitalmente



FABIANA RIBEIRO CALDARA

Data: 13/11/2024 08:40:29-0300

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

Prof. Drª. Fabiana Ribeiro Caldara
UFGD

Documento assinado digitalmente



GISELE APARECIDA FELIX

Data: 12/11/2024 17:31:46-0300

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

Prof. Drª. Gisele Aparecida Felix
UNIGRAN

Dedicatória

A Deus, minha família, meus orientadores e aos meus amigos que estiveram do meu lado em toda minha trajetória.

Aos meus pais, Raimundo Rodrigues Gaia e Rosangela Rodrigues Ferreira Vieira, e meu irmão Paulo Eduardo Rodrigues Ferreira Vieira, que sempre me incentivaram, apoiaram e me apoiam todos os dias. Todos os momentos da minha vida vocês estiveram do meu lado com uma palavra de carinho, amor e incentivo, cuidando de mim mesmo de longe.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças para continuar todos os dias, que apesar das dificuldades me manteve em pé e sempre abençoando a minha vida.

À Mariana Sakai de Oliveira, que me ajudou muito, com muito carinho e respeito sempre me incentivou, sempre esteve do meu lado me dando suporte. A Mary Sakai de oliveira e Tatiana Sakai de Oliveira que foram uma família para mim, me dando todo suporte e carinho.

Ao Felipe Cardoso Serpa por ter dividido muitos conhecimentos e conversas, sempre se mostrou muito solícito e prestativo me ajudando em todos os momentos que precisei. Dentro de casa, na sala de aula, no campo e até na academia no nosso momento fitness.

A Prof^ª Dr^a Maria Fernanda de Castro Burbarelli pela paciência, amizade e pelos conhecimentos. Agradeço muito pela consideração tanto dentro da sala de aula como fora. Sempre disposta a ajudar e incentivar. Obrigado por todas as conversas de amiga, psicóloga e professora e principalmente por me ajudar nos momentos mais difíceis da minha vida. Com certeza marcou a minha vida e sempre vou ter um carinho e grande admiração pela profissional e amiga.

A Prof^ª. Dr^a. Ana Carolina que foi responsável por eu ter voltado a fazer aulas de inglês. Sou muito grato pelas suas aulas, ensinamentos e pela conversa que com muito carinho e sabedoria me fez ter uma outra visão sobre mim mesmo. Tenho muito respeito e admiração.

À Prof^ª. Dr^a. Claudia Marie Komiyama pela coorientação e ensinamentos dentro e fora da sala de aula. Por ter aceitado fazer parte da banca e auxiliar com as correções.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia que desde o início me dando a oportunidade de vir para Dourados, pelos conhecimentos, pela paciência, incentivo, amizade e por sempre acreditar em mim. Por sempre me ajudar dentro e fora da sala de aula, principalmente nos momentos difíceis. Meus sinceros agradecimentos por todo o período que pude estar sob sua orientação.

Ao Dr. Caio Cesar dos Ouros principalmente pela ajuda e pelos ensinamentos, pela amizade, churrascos, caronas e por ser sempre tão solícito e companheiro. Por aceitar ser parte da banca de qualificação e auxiliar com as correções.

A Dr^a. Vivian Castilho pela ajuda nos laboratórios, a paciência em me ensinar a fazer as análises e o carinho de sempre levar o café que gostamos.

Aos meus colegas do grupo de pesquisa, Jean Kaique, Alexander Almeida, Cássia Teodoro pela amizade, companheirismo e churrascos.

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), pela oportunidade. À coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos técnicos de laboratório, principalmente a Adriana e Thiago que sempre foram muito solícitos emprestando o laboratório e auxiliando em diversas análises.

SUMÁRIO

CONSIDERAÇÕES INICIAIS	14
REVISÃO DE LITERATURA: INTERAÇÃO ENTRE FONTES LIPÍDICAS E TANINO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES	18
1. Introdução.....	20
2. Utilização de lipídeos em dietas de codornas japonesas	21
2.1. Óleo de soja.....	24
2.2. Gordura de aves.....	25
2.3. Sebo bovino	27
2.4. Óleo de peixe.....	27
3. Enriquecimento de ovos com ácidos graxos.....	29
4. Desafios e oportunidades no uso de lipídeos na produção de ovos	30
5. Utilização de fitogênicos para aves de postura	32
5.1. Taninos.....	33
5.1.1. Taninos hidrolisáveis.....	34
5.1.2. Taninos condensados	36
5.1.3. Interação taninos e fontes lipídicas	37
Referências bibliográficas	38
CAPÍTULO 2	51
RESUMO	52
1. Introdução	53
2. Material e métodos	56
2.1. Desempenho animal	58
2.2. Qualidade dos ovos	58
2.3. Digestibilidade dos nutrientes.....	63
2.4. Análise estatística	64
3. Resultados.....	64
4. Discussão.....	72
5. Conclusões	80

Referências bibliográficas	80
CAPÍTULO 3	86
RESUMO	87
1. Introdução	88
2. Material e métodos	89
2.1. Qualidade dos ovos de armazenamento	93
2.2. Abate das codornas e coleta de órgãos.....	95
2.3. Avaliação histológica	96
2.4. Perfil bioquímico	96
2.5. Análise estatística	97
3. Resultados.....	98
4. Discussão	109
5. Conclusões	114
Referências bibliográficas	115

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1	
Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.....	57
Tabela 2. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nas dietas formuladas.....	62
Tabela 3. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nos óleos experimentais.....	63
Tabela 4. Desempenho de codornas japonesas com ou sem inclusão de tanino hidrolisado em diferentes fontes lipídicas.....	66
Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino hidrolisado na dieta.....	68
Tabela 6. Ácidos graxos da gema dos ovos de codornas japonesa alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem taninos.....	71
Tabela 7. Digestibilidade dos nutrientes de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino na dieta.....	72
CAPÍTULO 2	
Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.....	91
Tabela 2. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nas dietas formuladas.....	89
Tabela 3. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nos óleos experimentais.....	90
Tabela 4. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem adição de taninos na dieta em diferentes períodos de armazenamento.....	99
Tabela 5. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino hidrolisado na dieta em diferentes períodos de armazenamento.....	101
Tabela 6. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino na dieta em diferentes períodos de armazenamento.....	102
Tabela 7. Biometria de órgãos de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas, com e sem inclusão de taninos.....	105
Tabela 8. Medidas histológicas do segmento duodeno de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de taninos.....	107
Tabela 9. Perfil bioquímico do sangue de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de taninos na dieta.....	109

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma da produção da gordura de aves. Fonte: adaptado (Ferroli, 2001).....	26
Figura 2. Classificação dos taninos. Fonte: (Arbenz et al., 2015)	34
Figura 3. Histologia do intestino delgado de codornas japonesas (A) duodeno, (B) jejuno, (C) íleo, amplificação x10.....	108

RESUMO GERAL

Vieira, J. R. R. F. **Associação de diferentes fontes lipídicas e taninos em dietas para codornas japonesas** 2024. **121p** Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

A presente dissertação é apresentada em 3 capítulos, sendo uma revisão de literatura e dois artigos oriundos do experimento a campo. **CAPÍTULO 1:** o primeiro capítulo apresentado se trata de uma revisão bibliográfica com o objetivo de elucidar os principais aspectos relacionados à utilização de fontes lipídicas e a inclusão do tanino hidrolisado nas dietas de aves de produção e sua relação com o desempenho e saúde animal. A utilização de fontes lipídicas na dieta de codornas tem sido utilizada não apenas para suprir as exigências e a necessidade das aves, mas também na digestibilidade de outros nutrientes, consequentemente afetando a saúde e desempenho dos animais, assim como a deposição dos ácidos graxos na gema dos ovos. A utilização de aditivos fitogênicos, como os polifenóis, que possuem propriedades antioxidantes, antimicrobiana, anti-inflamatórias sendo uma alternativa para melhorar o desempenho e qualidade dos ovos. **CAPÍTULO 2:** O estudo teve como objetivo avaliar o uso de tanino hidrolisável em dietas formuladas com diferentes fontes lipídicas na alimentação de codornas japonesas, verificando o efeito sobre o desempenho e qualidade de ovos das aves, o perfil de ácidos graxos da gema e a metabolizabilidade dos nutrientes. O estudo foi conduzido no aviário experimental, nas instalações destinadas a coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da UFGD, no município de Dourados, Mato Grosso do Sul. Foi utilizado um plantel de 336 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) com duração de 84 dias. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4x2, sendo quatro fontes lipídicas com inclusão ou não de extratos polifenóis a base de tanino hidrolisável 0,25 g/kg, com 7 repetições e 6 codornas por unidade experimental. A utilização de sebo bovino e taninos hidrolisados resultou em um aumento significativo na produção de ovos, com um crescimento de 80,23% na quantidade total e 79,91% nos ovos comercializáveis. A viabilidade das aves foi otimizada com o uso de gordura de aves e óleo de peixe, alcançando 100% sem a presença de taninos. Os taninos hidrolisados melhoraram a conversão em relação à massa de ovos e aumentaram a massa total dos ovos, especialmente nas dietas que incluíram sebo bovino, que apresentou uma massa média de 8,143 g. O óleo de soja

destacou-se pelos maiores níveis de ácidos graxos monoinsaturados, atingindo 49,39%. Por outro lado, o óleo de peixe e o sebo bovino elevaram os níveis de ácidos graxos saturados para 38,75%, enquanto o óleo de peixe e a gordura de aves aumentaram os poliinsaturados, com 12,77 e 12,74%. Além disso, a inclusão de fontes lipídicas nas dietas resultou em uma maior concentração de antioxidantes na gema dos ovos. Assim, a adição de sebo bovino e taninos hidrolisados nas dietas de codornas japonesas não só otimizou a produção de ovos, mas também preservou a viabilidade e a qualidade dos produtos. **CAPÍTULO 3:** O presente estudo teve por objetivo avaliar o uso de tanino hidrolisável em dietas formuladas com diferentes fontes lipídicas na alimentação de codornas japonesas sobre a qualidade de ovos durante o armazenamento, biometria do trato digestivo e reprodutivo, histomorfometria intestinal e o perfil bioquímico do sangue de *Coturnix coturnix japonica*. A utilização de diversas fontes lipídicas alternativas, com ou sem a inclusão de tanino hidrolisável, demonstrou interação entre o tempo de armazenamento e o tratamento nas variáveis de qualidade dos ovos, como unidade Haugh, altura e diâmetro da gema, altura do albúmen e espessura da casca. O armazenamento afetou de maneira isolada o peso do ovo, da gema, do albúmen, a gravidade específica, e os índices de gema e albúmen. A inclusão de tanino aumentou a porcentagem da gema, enquanto reduziu a do albúmen. Nas avaliações biométricas, observou-se que apenas o peso da carcaça vazia foi influenciado pelo tanino hidrolisável, sendo maior na ausência do aditivo. Além disso, a variável AST evidenciou interação entre as fontes lipídicas e o tanino. Por fim, o tempo de armazenamento foi o principal fator responsável pela redução da qualidade dos ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas associadas ao tanino. A inclusão de diferentes fontes lipídicas e taninos hidrolisáveis influenciou a qualidade dos ovos de codornas, com o armazenamento afetando negativamente parâmetros como peso e proporções de gema e albúmen. A ausência de taninos aumentou o peso da carcaça vazia.

Palavras chaves: Aditivos fitogênicos; ácidos graxos; oxidação

GENERAL SUMMARY

Vieira, J. R. R. F. **Association of Different Lipid Sources and Tannins in Diets for Japanese Quail**. 2024. **121p** Dissertation (Master's) – Faculty of Agrarian Sciences, Federal University of Grande Dourados.

This dissertation is presented in three chapters, comprising a literature review and two articles derived from a field experiment. CHAPTER 1: The first chapter presented is a literature review aiming to elucidate the main aspects related to the use of lipid sources and the inclusion of hydrolyzed tannin in the diets of production poultry and their relationship with performance and animal health. The use of lipid sources in quail diets has been employed not only to meet the requirements and needs of the birds but also to enhance the digestibility of other nutrients, consequently affecting animal health and performance, as well as the deposition of fatty acids in the egg yolk. The use of phytogenic additives, such as polyphenols, which have antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties, is an alternative to improve performance and egg quality. CHAPTER 2: This study aimed to evaluate the use of hydrolyzable tannin in diets formulated with different lipid sources in the feeding of Japanese quail, verifying the effect on bird performance and egg quality, yolk fatty acid profile, and nutrient metabolizability. The study was conducted in the experimental aviary within the quail farming facilities of the Faculty of Agrarian Sciences at UFGD, in Dourados, Mato Grosso do Sul. A flock of 336 Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) was used for a duration of 84 days. A completely randomized design with a 4x2 factorial arrangement was used, with four lipid sources with or without the inclusion of polyphenol extracts based on hydrolyzable tannin 0.25 g/kg, with 7 replicates and 6 quail per experimental unit. The use of beef tallow and hydrolyzable tannins resulted in a significant increase in egg production, with an 80.23% growth in total quantity and 79.91% in marketable eggs. Bird viability was optimized with the use of poultry fat and fish oil, reaching 100% without the presence of tannins. Hydrolyzable tannins improved feed conversion in relation to egg mass and increased the total egg mass, especially in diets that included beef tallow, which presented an average mass of 8.143 g. Soybean oil stood out for the highest levels of monounsaturated fatty acids, reaching 49.39%. On the other hand, fish oil and beef tallow increased saturated fatty acid levels to 38.75%, while fish oil and poultry fat increased polyunsaturated fatty acids, with 12.77 and 12.74%. Furthermore, the inclusion of lipid sources in the diets resulted in a higher concentration of antioxidants

in the egg yolk. Thus, the addition of beef tallow and hydrolyzable tannins in Japanese quail diets not only optimized egg production but also preserved product viability and quality. CHAPTER 3: This study aimed to evaluate the use of hydrolyzable tannin in diets formulated with different lipid sources in the feeding of Japanese quail on egg quality during storage, digestive and reproductive tract biometry, intestinal histomorphometry, and the blood biochemical profile of *Coturnix coturnix japonica*. The use of various alternative lipid sources, with or without the inclusion of hydrolyzable tannin, demonstrated an interaction between storage time and treatment in egg quality variables, such as Haugh unit, yolk height and diameter, albumen height, and shell thickness. Storage independently affected egg weight, yolk weight, albumen weight, specific gravity, and yolk and albumen indices. The inclusion of tannin increased the percentage of yolk while reducing that of albumen. In biometric evaluations, it was observed that only empty carcass weight was influenced by hydrolyzable tannin, being higher in the absence of the additive. Furthermore, the AST variable showed an interaction between lipid sources and tannin. Finally, storage time was the main factor responsible for the reduction in egg quality of quail fed with different lipid sources associated with tannin. The inclusion of different lipid sources and hydrolyzable tannins influenced the egg quality of quail, with storage negatively affecting parameters such as weight and yolk and albumen proportions.

Keywords: Phytogenic additives; fatty acids; oxidation.

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A coturnicultura é uma excelente alternativa para a produção de proteína de origem animal, como a carne e ovos, fontes que podem ser inseridas na nutrição humana (Silva et al., 2009). As codornas apresentam características como o rápido crescimento inicial, desenvolvimento de postura precoce e rápida maturação sexual, todas essas características são combinadas com uma pequena ingestão de alimentos e rápido retorno do investimento (Carvalho et al., 2009). Cada vez mais as empresas têm investido na modernização das instalações assim como na qualificação de mão-de-obra, melhoramento genético das linhagens e principalmente na nutrição das aves, com formulações de rações melhor balanceadas (Moura et al., 2008).

As gorduras podem ser utilizadas na formulação das dietas de codornas com o objetivo de aumentar a densidade energética de uma maneira mais econômica (Reda et al., 2020). Quando devidamente processadas e mantidas em equilíbrio, as gorduras desempenham um papel crucial ao liberar ácidos graxos essenciais. Esses ácidos são fundamentais para uma série de processos biológicos, tais como a formação de novas células através da formação de membranas celulares, o apoio à reprodução ao atuarem como precursores de hormônios esteroidais, o fortalecimento do sistema imunológico e várias outras funções vitais (Maciel et al., 2018).

Pesquisas realizadas por Oliveira et al. (2011) e Wang et al. (2019) investigaram o uso de sebo bovino e gordura de frango, respectivamente, como alternativas na alimentação animal. Os resultados mostraram que animais alimentados com dietas contendo sebo bovino apresentaram desempenho semelhante aos alimentados com óleo de soja, com melhorias no ganho de peso diário e conversão alimentar. Da mesma forma, suínos alimentados com gordura de

frango demonstraram melhora na digestibilidade dos nutrientes e aumento no desempenho. Essas alternativas são consideradas para substituir o óleo de soja, levando em conta fatores como capacidade de serem digeridas, qualidade nutricional, grau de saturação e sabor.

No entanto, a produção comercial de aves está associada a uma série de fatores estressores, incluindo ambientais, tecnológicos, nutricionais e internos/biológicos (Surai et al., 2020).

Os taninos, segundo (Khanbabaee et al., 2001) são metabólitos secundários polifenólicos de plantas superiores e são ésteres de galoíla e seus derivados, nos quais as frações de galoíla ou seus derivados estão ligados a uma variedade de núcleos poliol-, catequina- e triterpenoides (galotaninos, elagitaninos e taninos complexos) (hidrolizados), ou são proantocianidinas oligoméricas e poliméricas que podem possuir diferentes padrões de acoplamento e substituição de interflavanila (taninos condensados), que estão ganhando atenção devido às propriedades antimicrobianas, antioxidantes e anti-inflamatórias (Choi et al., 2020).

Nesse sentido a utilização de aditivos fitogênicos, como os polifenóis, aos quais os taninos estão incluídos, são compostos derivados de plantas ou ervas que apresentam componentes bioativos. Participam do metabolismo secundários das plantas e possuem propriedades que ao serem incorporadas nas dietas animais, tem como objetivo melhorar os índices zootécnicos pelo fato de incrementar a saúde do animal, além de atuar como antioxidante diminuindo o estresse oxidativo e oxidação lipídica dos produtos (Lipori et al., 2019).

CAPÍTULO 1

REVISÃO DE LITERATURA: INTERAÇÃO ENTRE FONTES LIPÍDICAS E TANINO NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

(Redigido de acordo com as normas do periódico “Revista Brasileira de Zootecnia”)

Fator de impacto: 1,000, Percentil: 52% (Scopus), Qualis: A2

RESUMO

Esta revisão bibliográfica tem por objetivo explicar os principais avanços relacionados à utilização de fontes lipídicas e a inclusão do tanino nas dietas de aves de produção. Foram utilizadas as principais bases de pesquisa Web of Science, Google Scholar e Science Direct. A nutrição é uma área importante da avicultura, pois influencia o crescimento, a produção e saúde das aves. Os lipídeos, são componentes essenciais da dieta das aves, pois são capazes de fornecer energia, ácidos graxos essenciais, melhorar a digestibilidade dos outros nutrientes e melhorar a palatabilidade, além de ser possível aumentar a concentração e modificar os ácidos graxos na gema dos ovos através da adição de fontes lipídicas de origem animal ou vegetal. A associação de taninos, conhecidos por suas propriedades antioxidantes, antimicrobiana e anti-inflamatória, beneficia a saúde intestinal e a absorção de nutrientes, contribuindo para o bem-estar das aves. O uso estratégico desses componentes pode maximizar o desempenho produtivo e a qualidade dos produtos avícolas.

Palavras-chaves: Ácidos graxos; polifenóis; fitogênicos; Taninos hidrolisáveis;

ABSTRACT

This literature review aims to explain the main advances related to the use of lipid sources and the inclusion of tannin in poultry diets. The primary research databases used were Web of Science, Google Scholar, and Science Direct. Nutrition is an important area in poultry farming as it influences the growth, production, and health of the birds. Lipids are essential components of poultry diets as they can provide energy, essential fatty acids, improve the digestibility of other nutrients, and enhance palatability. Additionally, it is possible to increase the concentration and modify the fatty acids in egg yolks by adding lipid sources of animal or plant origin. The inclusion of tannins, known for their antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties, can benefit intestinal health and nutrient absorption, contributing to the birds' welfare. The strategic use of these components can maximize productive performance and the quality of poultry products.

Keywords: Fatty acids; polyphenols; phytonics; hydrolyzable tannins;

1. Introdução

A produção de ovos de codornas vem crescendo exponencialmente nos últimos anos, impulsionada pela alta qualidade nutritiva dos ovos e pela menor exigência de espaço em comparação à criação de galinhas. Atrelado a isso, a nutrição assume um papel importante para o desempenho, qualidade dos ovos e saúde das aves (Silva et al., 2019). Diversos estudos investigaram o impacto de diferentes fontes lipídicas na dieta de codornas poedeiras, com resultados variáveis em relação ao desempenho produtivo, à qualidade dos ovos e à saúde das aves (Lima et al., 2017; Santos et al., 2018).

Fontes lipídicas como óleo de soja, sebo bovino, óleo de peixe e gordura de aves são comumente utilizadas devido aos seus diferentes perfis de ácidos graxos e efeitos na saúde e produtividade das aves (NRC, 1994). O óleo de soja é amplamente utilizado nas dietas avícolas devido ao seu alto teor de ácidos graxos poli-insaturados, especialmente o ácido linoleico, essencial para a saúde das aves e a qualidade dos ovos (Maia son & Summers, 2005). No entanto, o alto teor de ácidos graxos poliinsaturados também pode aumentar a suscetibilidade à peroxidação lipídica, um processo que gera radicais livres e pode prejudicar a saúde das aves e a qualidade dos ovos (Galobart et al., 2001).

O sebo bovino, sendo uma fonte de gordura saturada, é menos susceptível à oxidação, o que pode beneficiar a estabilidade dos lipídios dos ovos durante o armazenamento (Crespo & Esteve-Garcia, 2002). A gordura de aves, rica em ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, oferece um equilíbrio nutricional favorável, mas apresenta riscos de oxidação (Fouad & El-Senousey, 2014). Em contrapartida, o óleo de peixe, rico em ácidos graxos ômega-3, está associado a benefícios para a saúde das aves e propriedades nutricionais superiores dos ovos

(Baucells et al., 2000), mas a oxidação dos seus lipídios é uma preocupação significativa (Surai, 2002).

A inclusão de aditivos fitogênicos com potencial antimicrobiano, antiinflamatório e antioxidante na dieta das aves é uma prática comum e eficaz para promover a saúde intestinal e proteger os lipídeos da oxidação com o intuito de manter o desempenho animal e a qualidade dos ovos. Assim, a combinação de lipídeos com aditivos fitogênicos com múltiplos benefícios otimiza a saúde das aves e a qualidade dos ovos, equilibrando a necessidade de ácidos graxos essenciais com o desempenho animal.

2. Utilização de lipídeos em dietas de codornas japonesas

A nutrição de aves desempenha um papel fundamental na garantia do crescimento e desempenho ideais ao longo de diferentes estágios de vida. Nesse sentido, equilibrar a proporção de ácidos graxos na dieta é crucial para atender às necessidades específicas das aves em cada fase, proporcionando melhorias no crescimento, na fertilidade, na imunidade e na resistência óssea (Dessimoni & Aguiar, 2021). Aves de crescimento rápido e poedeiras em fase de postura de ovos têm demandas energéticas elevadas, necessitando um aporte de ácidos graxos adequado para suportar o desenvolvimento de tecidos e a produção de ovos (Santos et al., 2019).

A inclusão de lipídeos na nutrição animal também oferece benefícios extra calóricos, melhorando a digestão e absorção de nutrientes e reduzindo o incremento calórico (Duarte et al., 2010). Isso se deve ao fato de que os lipídeos são a fonte de energia concentrada, fornecendo 37 MJ/kg, mais que o dobro do fornecido por proteínas ou carboidratos e são utilizados pelos animais e plantas como a principal

forma de estocar energia, pela sua maior densidade energética (Sakomura et al, 2014). Além disso, os lipídeos têm a capacidade de melhorar a absorção de vitaminas lipossolúveis, aprimorar o sabor dos alimentos e aumentar a eficiência na utilização da energia consumida (Oliveira et al., 2010).

Diante da fisiologia avícola, se as exigências não forem atendidas há uma queda na produção de ovos, por exemplo, a produção de ovos diminui se não tiver o aporte de energia necessária vinda da dieta e o inverso (excesso de energia) pode acarretar a superovulação que leva ao aumento da produção de ovos de duas gemas e a absorção de óvulos na cavidade abdominal reduzindo a produção (Barreto et al., 2007).

Segundo Sakomura et al. (2014), os ácidos graxos são ácidos orgânicos com cadeias de 4 a 24 átomos de carbono e tem como característica possuir uma função ácida, de natureza carboxílica e hidrofílica, e uma cadeia parafínica, hidrofóbica, na qual confere sua natureza oleosa, insolúvel em água. Os lipídeos fazem parte de um grupo de compostos quimicamente heterogêneos entre si, ou seja, apresentam diferenças na sua estrutura, e a única característica em comum é insolubilidade em água, e em um ambiente aquoso, tendem a coalescer (juntar).

A incorporação de fontes lipídicas na dieta de codornas recebe atenção significativa de todos os segmentos desta indústria avícola, representando um avanço na nutrição animal, impulsionando a produtividade, a saúde das aves e a qualidade dos produtos (Meireles et al., 2023). Entretanto em relação a dieta de codornas tanto de corte como postura, muitas vezes são utilizados valores nutricionais de outras aves, devido ao fato de não possuir muitas informações nutricionais para esta espécie atualmente (Valentim et al., 2023). Além disso, pelo fato de não haver um foco no melhoramento genético, deve-se ter total atenção na

nutrição dessas aves especialmente as codornas japonesas de postura, pois apresentam menor absorção de nutrientes por possuírem um intestino mais curto e menos desenvolvido em comparação com as galinhas poedeiras (Roy et al., 2010).

O conteúdo lipídico em diferentes tipos de rações para aves normalmente varia entre 2% e 6%, composto principalmente por triglicerídeos e ácidos graxos livres (AGL) (Mahesar et al., 2011). Em sua composição, os ácidos graxos possuem um grupo carboxila (-COOH) em uma extremidade e um grupo metila (-CH₃) na outra. Reações de alongamento ou dessaturação adicionais podem converter ácidos graxos saturados em insaturados, sendo os principais precursores desses ácidos graxos o C18:2 (ácido linoleico) e o C18:3 (ácido linolênico) (Oliveira et al., 2010).

Tanto as características físicas quanto químicas dos óleos e gorduras são influenciadas pelo tipo e proporção dos ácidos graxos no triacilglicerol. Os ácidos graxos são classificados em saturados, monoinsaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA), sendo os poli-insaturados essenciais na dieta devido à sua importância para a saúde humana (ômega-3 e ômega-6) (Kostik et al., 2013).

A classificação do ácido graxo saturado significa a ausência de ligações duplas, no mesmo sentido os ácidos graxos insaturados apresentam uma ou mais ligações duplas (Dalla et al., 2016). Normalmente os ácidos graxos saturados são classificados como gorduras por estarem em estado sólido em temperatura ambiente, já os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados são classificados como óleos por estarem no estado líquido em temperatura ambiente (Sakomura et al., 2014).

No entanto a qualidade da fonte lipídica é um fator limitante na absorção dos lipídeos, pois diferentes fontes podem conter diferentes tipos e proporções de ácidos graxos (Bavaresco et al., 2019). Atualmente os óleos de soja, de canola, de milho, de

girassol, de algodão, de linhaça, óleo de peixe, gordura suína, gordura de aves e sebo bovino são as principais fontes lipídicas utilizadas na alimentação de animais não ruminantes (Valentim et al., 2020).

Diversos fatores são levados em consideração para a escolha das fontes de lipídeo a serem utilizadas na formulação da dieta dos animais, como: palatabilidade, teor de ácidos graxos essenciais, suscetibilidade à oxidação, digestibilidade, ponto de fusão (diretamente ligado com o grau de saturação) e principalmente o preço de mercado e disponibilidade da matéria prima (Marx et al., 2015).

No entanto, o aumento dos preços das fontes convencionais de lipídeos tem gerado interesse na busca por fontes alternativas de energia na alimentação animal. Diferentes óleos e gorduras têm sido utilizados em resposta ao aumento dos preços das matérias-primas e dos óleos vegetais (Okur et al., 2020). Nesse sentido a indústria tem buscado alternativas para substituir essa fonte de lipídeos por outra que atenda as mesmas necessidades energéticas das aves.

2.1. Óleo de soja

A Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais (ABIOVE), destaca a produção de soja de 129.944 milhões de toneladas em 2022 com projeção de 157.300 milhões de toneladas para 2023. Já a produção de óleo de soja em 2022, foi de 9.945 milhões de toneladas com projeções de 10,800 milhões de toneladas para 2023 (ABIOVE, 2022).

O óleo de soja é uma fonte de gordura disponível de alta qualidade (Shahryari et al., 2021). Amplamente utilizado na produção comercial de ovos devido ao seu alto teor de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) dentre esses o ácido linolênico, tornando-se quase um ingrediente padrão nas dietas de aves (Kanbur et al., 2022).

Além dos ácidos graxos, o óleo de soja contém tocoferóis, que atuam como antioxidantes naturais, fosfolipídios importantes para a estabilidade do óleo e fitoesteróis que oferecem benefícios cardiovasculares (Frankel et al., 2012).

Os ácidos graxos poli-insaturados são considerados importantes, pois estão envolvidos em diversas funções celulares no corpo, atuando na construção das células do corpo e precursores de moléculas sinalizadoras (Hamady et al., 2012). O ácido linoleico (C18:2), ácido α -linolênico (C18:3) e ácido araquidônico (C20:4) quando estão em déficit podem ocasionar a redução da produção de eicosanoides (desempenham papel crítico na inflamação, imunidade e outras funções fisiológicas) e dificultar o crescimento dos animais (Watkins et al., 1991). Segundo Leeson & Summers (1976), maiores concentrações de ácidos graxos insaturados melhoram a absorção lipídica, os autores observaram que isso ocorre porque as ligações duplas presentes nos ácidos graxos insaturados permitem uma maior interação com enzimas digestivas, como a lipase, aumentando a eficiência da hidrólise dos triglicerídeos, tornando o óleo de soja mais aceito para alimentação das aves.

2.2. Gordura de aves

A gordura de aves é produzida através dos subprodutos do abate e órgãos não comestíveis, utilizando máquinas digestoras e autoclave, conforme mostra a Figura 1. Os subprodutos são submetidos ao processo de digestão, decantação, em seguida passa por autoclave e por fim para o tanque clarificador onde obtém-se o óleo limpo das vísceras (Ferroli et al., 2001). O rendimento da gordura varia de 1,3 a 1,6% do peso vivo da ave, podendo variar conforme o tipo de fonte de energia utilizada na ração, sexo, idade e peso da ave no abate (Baião et al., 2005).

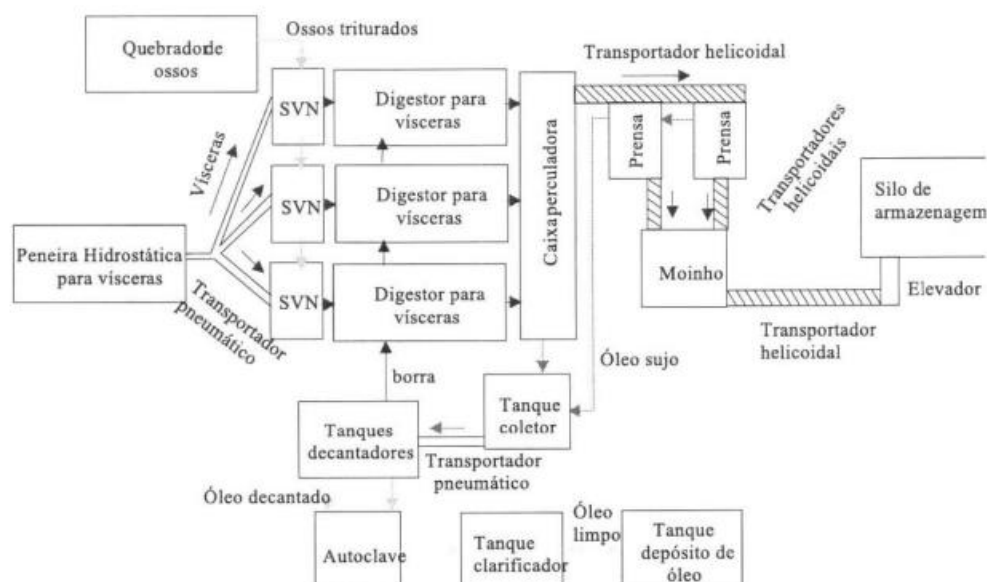


Figura 1. Fluxograma da produção da gordura de aves. Fonte: adaptado (Ferroli, 2001).

Após ser processada, a gordura pode se tornar uma alternativa sustentável ao óleo de soja devido ao preço de mercado mais baixo e por ter uma grande disponibilidade de matéria prima (Saleh et al., 2021). Além disso, a gordura de aves é a que possui mais alta proporção de ácidos graxos insaturados em relação aos ácidos graxos saturados (Al-Daraji et al., 2010), em comparação as outras gorduras de origem animal (Centenaro et al., 2008), tornando-a semissólida em temperatura ambiente.

Saleh et al., (2021) utilizando a substituição total ou parcial do óleo de soja pela gordura de frangos nas proporções (controle, 25%, 50% e 100%), mostraram que a suplementação com gordura de aves melhorou o perfil de ácidos graxos do músculo do peito de frangos de corte machos. Em um outro estudo, Nobakht et al., (2012), formularam diferentes dietas utilizando quatro níveis de gordura de aves (0, 2, 4, 6%) e dois níveis de vitamina E (0 e 150mg/Kg) nas dietas de frangos de corte, relataram que é possível incluir até 6% da gordura sem prejudicar o

desempenho e as características de carcaça, principalmente quando associado a vitamina E.

2.3. Sebo bovino

Obtido por métodos semelhantes aos utilizados para obter gordura de aves (Okur et al., 2020), o triacilglicerol da gordura branca da carne bovina é composto por ácidos graxos saturados, por isso em temperatura ambiente apresentam características sólida (Sakomura et al., 2014), além de possuírem ácidos graxos monoinsaturados em sua composição e apresentarem menor preço e maior disponibilidade comparado a outras fontes de lipídeos (Pérez et al., 2014). Segundo Oliveira et al. (2011), gemas de ovos de poedeiras alimentadas com sebo bovino apresentaram maior quantidade de ácidos graxos saturados e monoinsaturados do que as alimentadas com óleo de soja.

Poorghasemi et al. (2013) relataram que o sebo bovino, combinado com óleo de canola e girassol, pode aumentar o rendimento de carne, principalmente no peito e na coxa das aves. Em um estudo conduzido por Bozkurt et al. (2008), utilizando três diferentes fontes de gordura (óleo de girassol, óleo de peixe e sebo bovino) para frangos de corte, mostrou que a suplementação com sebo bovino e óleo de girassol produziram ovos mais pesados do que galinhas alimentadas sem gordura suplementar (controle) e óleo de peixe. Em um outro estudo realizado por Peebles et al. (2000) relataram que a inclusão de sebo bovino não teve efeito deletério na produção de ovos de poedeira.

2.4. Óleo de peixe

O óleo de peixe é produzido pela compressão de peixes inteiros e subprodutos da indústria pesqueira (Baião et al., 2005). O óleo de peixe é rico em

ácidos graxos ômega-3, especialmente o ácido eicosapentaenoico (EPA), que representa 18-22% da composição total, e o ácido docosahexaenoico (DHA), com 12-16%. Também contém ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oleico, e saturados, como o ácido palmítico e o ácido esteárico, além de pequenas quantidades de tocoferóis, fosfolipídios e esteróis, que contribuem para suas propriedades antioxidantes e estabilidade (Shahidi & Wanasundara, 1998; Calder, 2004).

O óleo de peixe se torna muito mais eficiente quando o assunto se trata em enriquecimento com ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), excepcionalmente os ácidos graxos de cadeia longa como o ômega-3, em comparação a todas as fontes de origem vegetal (Kamely et al., 2016). Chekani-Azar et al. (2007) afirmam que o óleo de peixe e algumas algas marinhas são uma ótima fonte de ácidos graxos ômega 3 de cadeia longa do que outras fontes de lipídeos e podem promover melhor saúde do homem e dos animais.

Quando o objetivo é o enriquecimento dos ovos com PUFA n-3, esse subproduto tem uma alta relevância na formulação de dieta para aves (Teodoro et al., 2019). As codornas japonesas se mostraram mais eficientes na produção de ovos enriquecidos com ômega-3 do que galinhas em um estudo conduzido por Kaźmierska et al. (2005), sendo uma ótima alternativa para produção desses ovos. Hazim et al. (2011), trabalhando com a inclusão de 3% de diferentes fontes de lipídeos (óleos de girassol, linhaça, milho e peixe) nas dietas de codornas japonesas obtiveram maior peso do ovo, peso da gema, peso do albúmen e unidade Haugh nos tratamentos com óleo de peixe e de linhaça.

3. Enriquecimento de ovos com ácidos graxos

A adição de ácidos graxos à dieta das aves influencia uma série de aspectos, como melhora do desempenho, por meio dos efeitos no crescimento, na produção de ovos ou carnes com maior rendimento, e a melhora da saúde das aves (Alagawany et al., 2019).

As séries dos ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6 são originadas dos precursores: ácidos α -linolênico e linoleico, respectivamente, e são denominados de ácidos graxos essenciais, uma vez que os mamíferos e as aves necessitam adquiri-los através da dieta, pois não são capazes de sintetizá-los em quantidades suficientes para atender as suas exigências (Dalla Costa et al., 2016).

O perfil de ácidos graxos presente na gema dos ovos é influenciado pela composição da dieta das aves poedeiras. Isso significa que é possível alterar a quantidade de ácidos graxos presentes na gema do ovo por meio da inserção de diferentes fontes lipídicas de origem vegetal ou animal na dieta dessas aves (Pfeilsticker et al., 2011).

Ácidos graxos insaturados, como os ácidos graxos ômega-3, podem melhorar o perfil lipídico desses produtos, conferindo benefícios à saúde humana (Rubio-Rodríguez et al., 2010). Segundo Neijat (2016), é possível alterar os perfis de ácidos graxos dos lipídeos da gema do ovo com a adição de fontes naturais de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) n-3 à alimentação das aves e, conseqüentemente, após o consumo, proporcionar uma importante fonte de PUFA para humanos (Wu et al., 2019). Além de diversos outros efeitos benéficos à saúde, como a redução do risco de doenças cardiovasculares, o consumo de ovos enriquecidos com n-3 (PUFA) também é associado a prevenção e ao tratamento de doenças inflamatórias (Vlaicu et al., 2021).

As concentrações dos ácidos graxos α -linolênicos na gema são proporcionais aos seus níveis de inclusão na dieta. Esses ácidos graxos desempenham funções importantes na saúde humana, portanto, é desejável que estejam presentes na gema do ovo e em concentrações adequadas para o consumo humano (Pfeilsticker et al., 2011).

Em um estudo foi realizado para avaliar o efeito da modificação da proporção de ácidos graxos poli-insaturados (n-6/n-3) na dieta de frangos de corte, com a inclusão de diferentes fontes lipídicas (óleo de girassol, óleo de peixe e óleo de linhaça) e em diferentes proporções de n-6 e n-3, o perfil de ácidos graxos da carne de frango com a adição de óleo de linhaça e óleo de peixe resultou em uma carne enriquecida com PUFA n-3 e redução nos n-6, levando a uma diminuição na razão n-6/n-3 na carne do peito (Ibrahim et al., 2018).

Entretanto, o enriquecimento com n-3 e n-6 leva a um aumento na insaturação dos lipídeos na gema dos ovos, e aumenta a suscetibilidade à oxidação lipídica, sendo esta de grande importância em alimentos, pois influencia a qualidade geral dos alimentos e o valor nutricional (Vlaicu et al., 2021).

4. Desafios no uso de lipídeos na produção de ovos

A oxidação lipídica é a principal causa de deterioração de gorduras. Quando não protegidas, as gorduras sofrem alterações oxidativas durante o armazenamento, resultando em mudanças de sabor e odores indesejados, processo conhecido como rancificação (Faitarone et al., 2016).

A exposição dos lipídeos ao oxigênio do ar causa a oxidação das duplas ligações dos ácidos graxos insaturados, formando aldeídos e ácidos carboxílicos de cadeia curta de alta volatilidade, que são responsáveis pelo ranço da gordura

(Sakomura et al., 2014).

Segundo Laohabanjong (2009), o processo de oxidação lipídica inicia-se com a auto-oxidação, na qual os ácidos graxos insaturados reagem diretamente com o oxigênio molecular para formar hidroperóxidos. Posteriormente, ocorrem reações secundárias que produzem diperóxidos, caso haja oxidação adicional, ou cetoacilgliceróis, quando os hidroperóxidos desidratam. A quebra dos hidroperóxidos gera compostos contendo grupos carbonila e hidroxila, que podem reagir entre si para formar outros produtos, nas quais são responsáveis pelo sabor desagradável, e produzir compostos tóxicos associados a rancificação. Além disso, os grupos carbonilas resultantes da quebra dos hidroperóxidos aldeídicos podem interagir com o grupo amino da lisina, reduzindo o valor nutricional da proteína.

Na fabricação de rações para animais de produção, os lipídeos são incluídos na formulação, no entanto, durante o processamento e armazenamento dos alimentos, os lipídeos adicionados são suscetíveis a oxidação, deste modo, a qualidade sensorial dos produtos pode ser prejudicada (Lin et al., 1998).

Os ácidos graxos, especialmente os insaturados, são altamente propensos à oxidação, assim, a introdução de ácidos graxos poli-insaturados nas dietas das aves pode tornar os ovos mais suscetíveis à oxidação lipídica (Faitarone et al., 2016). Por consequência, isso pode afetar a qualidade de seus componentes, como lipídios, pigmentos, proteínas e vitaminas, conduzindo à perda de sabor, cor e valor nutritivo, além de produzir compostos tóxicos e reduzir o prazo de validade dos produtos (Simitzis et al., 2016). Embora os óleos vegetais sejam mais propensos à oxidação devido às duplas ligações, os tocoferóis presentes neles atuam como antioxidantes naturais, retardando esse processo oxidativo (Berset et al., 1996).

5. Utilização de fitogênicos para aves de postura

Nos últimos anos, o interesse em alternativas naturais para melhorar a saúde e o desempenho dos animais tem crescido significativamente. Nesse contexto, os aditivos fitogênicos, que são substâncias derivadas de plantas, têm se destacado como uma opção promissora na alimentação animal. Esses aditivos, compostos por extratos de plantas, óleos essenciais e outros fitoconstituintes, oferecem uma variedade de benefícios que podem contribuir para a saúde e a produtividade dos animais.

Aditivos fitogênicos são substâncias naturais obtidas de plantas que são incorporadas às dietas animais com o objetivo de melhorar a saúde e o desempenho dos animais. Estes incluem óleos essenciais (como orégano e alecrim), extratos vegetais (como gengibre e alho) e compostos fenólicos (Reyes et al., 2020; Kim et al., 2021), como os taninos. Os taninos têm propriedades antimicrobianas, antioxidantes e imunomoduladoras, que podem influenciar a digestibilidade dos nutrientes e a saúde geral das aves de postura (Lee et al., 2021).

Vários estudos indicam que os aditivos fitogênicos possuem propriedades antimicrobianas que ajudam a controlar patógenos no trato gastrointestinal dos animais, melhorando a digestão e absorção de nutrientes (Sivropoulou et al., 1996; Lee et al., 2019). Os antioxidantes presentes nos aditivos fitogênicos podem neutralizar radicais livres, reduzindo o estresse oxidativo e promovendo a saúde geral dos animais. As propriedades imunomoduladoras podem fortalecer o sistema imunológico dos animais, aumentando sua resistência a doenças. Por fim, esses compostos podem influenciar positivamente a qualidade de produtos de origem animal, modulando características como sabor e valor nutritivo (Karascova et al., 2015; Al-Jaf et al., 2019).

5.1. Taninos

Existe um movimento mundial para implementar a produção de produto de origem animal sem antibióticos devido à preocupação pública com bactérias resistentes e a propagação dos seus genes (Haque et al., 2020). Devido a isso, diversos compostos bioativos como extratos vegetais (Yadav et al., 2022), óleos essenciais (Yang et al., 2021), probióticos (Adhikari & Kim, 2017) e prebióticos (Teng & Kim, 2018) foram testados para a substituição dos antibióticos na produção avícola.

Segundo Marzoni (2020), os taninos são metabólitos secundários das plantas que fazem parte do sistema de defesa contra insetos e patógenos. São compostos polifenólicos capazes de precipitar proteínas, que recentemente foram considerados alternativas aos antibióticos devido a sua capacidade antimicrobiana (Choi & Marshall 2022), além dos seus efeitos antiparasitários, antivirais, antioxidantes e anti-inflamatórios (Huang et al., 2018). Apesar da utilização em altas dosagens poder causar efeitos antinutricionais, estudos recentes mostram que se forem usados com doses adequadas, podem ser benéficos aos animais não-ruminantes (Hassan et al., 2020).

Os taninos são reconhecidos por sua capacidade de se ligar a outras macromoléculas, como carboidratos (Carn et al., 2012) e proteínas (Ferrer-Gallego et al., 2012), utilizando forças covalentes e não covalentes. Eles também são conhecidos por sua adstringência e sabor amargo (Obreque-Slier et al., 2012), embora essas propriedades variem conforme o tipo de tanino.

De acordo com Choi (2021), outras definições mais simples dos taninos os relacionam à sua solubilidade em água quente, permitindo sua extração de vegetais usando vários solventes, como água, acetona, etanol e soluções aquosas contendo

sais como sulfito de sódio e carbonato de sódio. A preferência por um solvente específico depende da estrutura molecular das diferentes classes dessas substâncias. A terminologia científica para descrever esses metabolitos secundários é a expressão “polifenóis vegetais” (Isaza et al., 2007).

Segundo Scárdua (2021), a classificação de Freudemberg é a mais aceita atualmente, e se baseia no tipo de estrutura química dos taninos vegetais. Essa classificação agrupa os taninos em duas classes: taninos hidrolisáveis e taninos condensados (Figura 2).

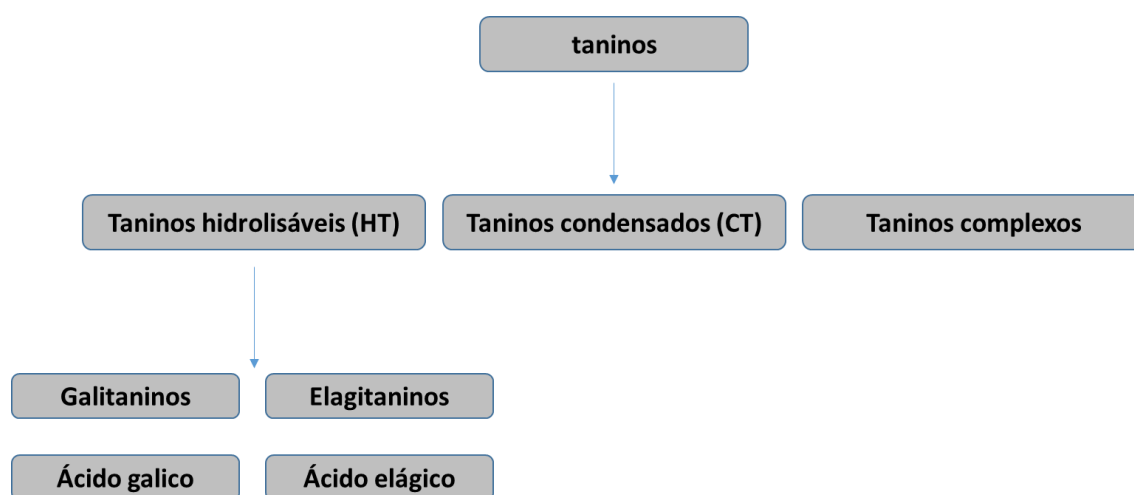


Figura 2. Classificação dos taninos. Fonte: (Arbenz et al., 2015)

Segundo Choi (2020), a capacidade dos taninos de serem absorvidos pelo organismo é uma característica crucial para determinar seu impacto na produção avícola. Taninos com baixa biodisponibilidade demonstram maior eficácia como agentes antimicrobianos, enquanto aqueles altamente biodisponíveis oferecem efeitos como antioxidantes e anti-inflamatórios.

5.1.1. Taninos hidrolisáveis

Os taninos hidrolisáveis podem ser hidrolisados e absorvidos no trato gastrointestinal das aves, por esse motivo os taninos hidrolisáveis podem ter maior

biodisponibilidade em comparação aos taninos condensados (Choi & Kim, 2020).

Os taninos hidrolisáveis (HT) abrangem predominantemente os galotaninos e elagitaninos, possuindo um núcleo central de poliol, geralmente glicose, esterificado com grupos fenólicos, como ácido gálico e ácido elágico (Patra et al., 2011). São facilmente degradados e absorvidos no trato digestivo pela sua capacidade de serem suscetíveis à hidrólise por bases, esterases ou ácidos (Dollahite et al., 1962).

Após serem absorvidos pelo organismo, os taninos hidrolisáveis podem seguir três diferentes rotas biossintéticas. O primeiro resulta na formação de galotaninos por auto-esterificação das moléculas de ácido gálico. A segunda rota leva à produção de elagitaninos através do acoplamento oxidativo entre dois ou quatro grupos galoil vizinhos, na conformação mais estável. A terceira rota, observado em um grupo restrito de plantas, envolve uma variante metabólica onde a D-glicopirranose adota uma conformação instável em cadeia, com substituintes em posição axial, resultando na complexação com íons metálicos e promovendo atividade antioxidante e capacidade de sequestrar radicais livres (Haslam, 1989).

De acordo com Heldt et al. (1997), os taninos hidrolisáveis consistem em ésteres de ácidos gálicos e ácidos elágicos glicosilados, formados a partir do chiquimato, onde os grupos hidroxila do açúcar são esterificados com os ácidos fenólicos (Vickery et al., 1981). Os taninos elágicos são mais comuns que os gálicos, e é provável que o sistema bifenílico do ácido hexaidroxidifênico resulte da ligação oxidativa entre dois ácidos gálicos (Bruneton et al., 1991).

Outra definição da classe de taninos hidrolisáveis segundo Scárdua (2021), caracteriza essa classe de taninos em uma estrutura de poliésteres que pode ser facilmente hidrolisada por ácidos ou enzimas, resultando em um açúcar, um

poliálcool e um ácido fenolcarboxílico. A subdivisão dessa classe em galotaninos ou elagitaninos depende do tipo de ácido produzido durante a hidrólise, ou seja, como descrito na figura 2, ácido gálico no caso dos galotaninos e ácido hexahidroxidifênico no caso dos elagitaninos, que é uma dilactona estável do ácido elágico.

Os galotaninos são considerados as formas mais simples de taninos hidrolisáveis. São ésteres de ácido gálico e ácido digálico, conectados por ligações éster entre o grupo carboxila ($-\text{COOH}$) de um e o grupo hidroxila ($-\text{OH}$) do outro. Estes compostos também se ligam a hexoses, como a glicose, através de uma ligação beta anomérica, já que a forma alfa é rara na natureza (Jourdes et al., 2012). Os elagitaninos, por outro lado, são formados a partir do ácido hexahidroxidifênico (HHDP), que, ao ser hidrolisado, desidrata-se espontaneamente para formar o ácido elágico (Bala et al., 2006).

5.1.2. Taninos condensados

Os taninos condensados (CT) são compostos por flavonoides oligoméricos ou poliméricos, incluindo unidades como catequina, epicateína, galocatequina e epigalocatequina, com peso molecular mais elevado e uma estrutura mais complexa que os taninos hidrolisáveis, conferindo assim uma maior dificuldade de absorção no intestino (Choi et al., 2020). Segundo Marzoni (2020) apenas uma forte hidrólise ácida e oxidativa é capaz de desfazer as estruturas dos taninos condensados, que, adicionalmente, não são suscetíveis a processos enzimáticos anaeróbicos.

Os taninos condensados são formados por unidades de flavonoides ligadas entre si por ligações carbono-carbono, formando polímeros. Sua principal função nas plantas é a defesa contra herbívoros e patógenos, devido à sua capacidade de formar complexos com proteínas, o que pode tornar os tecidos vegetais menos

digeríveis (Haslam, 1996). Além disso, os taninos têm funções antioxidantes e antimicrobianas, que são benéficas para a saúde animal e podem influenciar o metabolismo e a absorção de nutrientes.

Uma das funções importantes dos taninos condensados é a sua capacidade de interagir com proteínas, formando complexos que podem reduzir a digestibilidade das proteínas alimentares. Isso pode ter efeitos variados, incluindo a redução da digestibilidade de algumas proteínas e a proteção contra a digestão excessiva de proteínas, que pode ser benéfico em certos contextos nutricionais (Mueller-Harvey, 2001). Além disso, podem influenciar a microbiota intestinal ao inibir a proliferação de certos patógenos e promover um ambiente mais favorável para microrganismos benéficos. Essa modulação pode contribuir para uma melhor saúde intestinal e desempenho das aves (Liu et al., 2018).

A sua absorção no trato gastrointestinal é complexa e pode variar dependendo de sua estrutura e concentração. Os taninos condensados são geralmente pouco absorvidos no intestino delgado devido à sua grande estrutura molecular. A maior parte dos taninos condensados interage com proteínas e fibras no trato gastrointestinal, formando complexos que são mais ou menos digeríveis dependendo da dieta e da presença de outras substâncias (Reddy et al., 2003). Os taninos que não são absorvidos podem ser metabolizados por microrganismos intestinais ou excretados nas fezes. A absorção parcial pode ocorrer e, uma vez absorvidos, os taninos podem ser metabolizados no fígado e excretados na urina (Scalbert, 1991).

5.1.3. Interação taninos e fontes lipídicas

As fontes lipídicas na dieta de aves de postura podem incluir óleos vegetais

(como soja e canola), gorduras animais e lipídeos marinhos. A interação entre taninos e diferentes fontes de lipídios pode impactar a digestibilidade dos lipídeos e a qualidade dos ovos. Estudos mostraram que taninos podem modificar a digestão de lipídeos, influenciando a absorção de ácidos graxos e a composição lipídica dos ovos (Reddy et al., 2003; Gai et al., 2010). Além disso, a inclusão de taninos na dieta pode melhorar a qualidade dos ovos de várias maneiras. Eles podem fortalecer a integridade da casca do ovo e potencialmente modificar o perfil lipídico da gema. Por exemplo, a adição de taninos pode aumentar o teor de ácidos graxos benéficos, como os ácidos graxos ômega-3, na gema do ovo (Minieri et al., 2016). Além disso, taninos podem melhorar a resistência das cascas dos ovos a rachaduras, proporcionando melhor proteção ao conteúdo do ovo (Cornescu et al., 2022).

Os aditivos fitogênicos, especialmente os taninos, oferecem uma abordagem natural para melhorar a saúde e o desempenho das aves de postura. Quando combinados adequadamente com diferentes fontes de lipídeos, os taninos podem influenciar positivamente a digestibilidade, a qualidade dos ovos e a saúde intestinal das aves. No entanto, a formulação precisa ser cuidadosamente ajustada para maximizar os benefícios e evitar possíveis efeitos adversos. A pesquisa contínua é essencial para otimizar o uso de taninos na alimentação de aves e entender completamente suas interações com diferentes fontes lipídicas.

Referências bibliográficas

Aardsma, M. P., Mitchell, R. D., & Parsons, C. M. (2017). Relative metabolizable energy values for fats and oils in young broilers and adult roosters. *Poultry Science*, 96(7), 2320-2329.

Adhikari, P. A., & Kim, W. K. (2017). Overview of prebiotics and probiotics: focus on performance, gut health and immunity—a review. *Annals of animal science*, 17(4),

949-966.

Alagawany, M., Elnesr, S. S., Farag, M. R., Abd El-Hack, M. E., Khafaga, A. F., Taha, A. E., & Dhama, K. (2019). Omega-3 and omega-6 fatty acids in poultry nutrition: effect on production performance and health. *Animals*, 9(8), 573.

Al-Daraji, HJ, Al-Mashadani, HA, Al-Hayani, WK, Mirza, HA, & Al-Hassani, AS (2010). Efeito da suplementação dietética com diferentes óleos no desempenho produtivo e reprodutivo de codornas. *Int. J. Poult. Sci*, 9 (5), 429-435.

Al-Jaf, K. A. H., & Del, Y. K. (2019). Effect of different feed additives on growth performance and production in livestock. *Int. J. Agric. For*, 9(1), 16-31.

Arbenz, A., & Avérous, L. (2015). Chemical modification of tannins to elaborate aromatic biobased macromolecular architectures. *Green chemistry*, 17(5), 2626-2646.

Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais – ABIOVE 2022. São Paulo – SP: on-line, 2022. [Acesso 03 de out 2022]. Disponível em: <https://abiove.org.br/estatisticas/>.

Baião, N. C., & Lara, L. J. C. (2005). Oil and fat in broiler nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7, 129-141.

Bala, I., Bhardwaj, V., Hariharan, S., & Kumar, M. R. (2006). Analytical methods for assay of ellagic acid and its solubility studies. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 40(1), 206-210.

Barreto, S. L. D. T., Pereira, C. A., Umigi, R. T., Rocha, T. C. D., Araujo, M. S. D., Silva, C. S., & Torres Filho, R. D. A. (2007). Determinação da exigência nutricional de cálcio de codornas japonesas na fase inicial do ciclo de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, 68-78.

Baucells, M. D., Crespo, N., Barroeta, A. C., Lopez-Ferrer, S., & Grashorn, A. M. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry science*, 79(1), 51-59.

- Bavaresco, C., Nunes, A. P., Forgiarini, J., Alves, D. A., Xavier, E. G., Lopes, D. C. N., & Roll, V. F. B. (2019). Morfometria intestinal e qualidade óssea de codornas japonesas alimentadas por um período prolongado com coprodutos do óleo de soja. *Archives of Veterinary Science*, 24(1).
- Berset, C., & Cuvelier, M. E. (1996). Revue: méthodes d'évaluation du degré d'oxydation des lipides et mesure du pouvoir antioxydant. *Sciences des aliments*, 16, 219-245.
- Bozkurt, M., Çabuk, M. E. T. İ. N., & Alçiçek, A. H. M. E. T. (2008). Effect of dietary fat type on broiler breeder performance and hatching egg characteristics. *Journal of Applied Poultry Research*, 17(1), 47-53.
- Bruneton, J., Barton, D. H. R., del Fresno, A. V., Accame, E. C., & Lizabe, M. R. (1991). *Elementos de Fitoquímica y de Farmacognosia*. Acribia.
- Calder, P. C. (2004). n-3 Fatty acids and cardiovascular disease: evidence explained and mechanisms explored. *Clinical science*, 107(1), 1-11.
- Carn, F., Guyot, S., Baron, A., Pérez, J., Buhler, E., & Zanchi, D. (2012). Structural properties of colloidal complexes between condensed tannins and polysaccharide hyaluronan. *Biomacromolecules*, 13(3), 751-759.
- Carvalho, L.C.; Santos, T.C.; Murakami, A.E.; Fanhani, J.C.; Oliveira, C.A.L. (2009). Comportamento produtivo e reprodutivo de codornas de corte criadas em grupos com diferentes tamanhos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46, Maringá. Anais... SBZ, 2009.
- Centenaro, G. S., Furlan, V. J. M., & de Souza-Soares, L. A. (2008). Chicken fat: technological and nutritional alternatives. *Semina: Ciencias Agrárias (Londrina)*, 29(3), 619-630.
- Chekani-Azar, S., Maheri-Sis, N., Shahriar, H. A., & Ahmadzadeh, A. (2007). Effects of different substitution levels of fish oil and poultry fat on performance and parts of carcass on male broiler chicks. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(12), 1405-1408.

Choi, J. (2022). *Application of Tannic Acid as a Feed Supplement to Improve Gut Health of Broiler Chickens* (Doctoral dissertation, University of Georgia).

Choi, J., & Kim, W. K. (2020). Dietary application of tannins as a potential mitigation strategy for current challenges in poultry production: A review. *Animals*, *10*(12), 2389.

Choi, J., Marshall, B., Ko, H., Shi, H., Singh, A. K., Thippareddi, H., ... & Kim, W. K. (2022). Antimicrobial and immunomodulatory effects of tannic acid supplementation in broilers infected with *Salmonella Typhimurium*. *Poultry Science*, *101*(11), 102111.

Choi, J., Yadav, S., Wang, J., Lorentz, B. J., Lourenco, J. M., Callaway, T. R., & Kim, W. K. (2022). Effects of supplemental tannic acid on growth performance, gut health, microbiota, and fat accumulation and optimal dosages of tannic acid in broilers. *Frontiers in Physiology*, *13*, 912797.

Cornescu, G. M., Vlaicu, A. P., Untea, A. E., Panaite, T. D., Oancea, A., & Saracila, M. (2022). The effects of diets incorporating natural source of tannins on laying hens' production performances and physical parameters of eggs. *Archiva Zootechnica*, *25*(2), 75-85.

Crespo, N., & Esteve-Garcia, E. (2002). Deposição de nutrientes e ácidos graxos em frangos de corte alimentados com diferentes perfis de ácidos graxos na dieta. *Poultry science*, *81* (10), 1533-1542.

Dalla Costa, F. A., de Castro Tavernari, F., Dalla Costa, O. A., de Castro, F. F., & Remus, A. (2016). Enriquecimento com ácidos graxos da série ômega 3 em carne de aves e ovos. *PubVet*, *11*, 103-206.

de Oliveira, E. N. A., Martins, J. N., & da Costa Santos, D. (2011). Avaliação física de ovos comerciais de diferentes espécies de aves. *Revista Acadêmica Ciência Animal*, *9*(4), 415-423.

Dollahite, J. W., Pigeon, R. F., & Camp, B. J. (1962). The toxicity of gallic acid, pyrogallol, tannic acid, and *Quercus havardi* in the rabbit. *American journal of veterinary research*, *23*, 1264-1267.

dos Santos Dessimoni, T. K. A., & de Fátima Aguiar, E. (2021). O uso da farinha de peixe na alimentação de poedeiras como fonte enriquecedora de ovos. *Research, Society and Development*, 10, e20810817115–e20810817115.

Duarte, F., Lara, L., Baião, N., Cançado, S., & Teixeira, J. (2010). Efeito da inclusão de diferentes fontes lipídicas em dietas para frangos de corte sobre o desempenho, rendimento e composição da carcaça. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 62, 439–444.

Faitarone, A. B. G., Garcia, E. A., Roça, R. O., Andrade, E. N., Vercese, F., & Pelícia, K. (2016). Yolk color and lipid oxidation of the eggs of commercial white layers fed diets supplemented with vegetable oils. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18, 09-16.

Ferrer-Gallego, R., Gonçalves, R., Rivas-Gonzalo, J. C., Escribano-Bailón, M. T., & de Freitas, V. (2012). Interaction of phenolic compounds with bovine serum albumin (BSA) and α -amylase and their relationship to astringency perception. *Food chemistry*, 135(2), 651-658.

Ferrolí, P. C. M., Fiod Neto, M., Casarotto Filho, N., & Castro, J. E. E. (2000). Fábricas de subprodutos de origem animal: a importância do balanceamento das cargas dos digestores de vísceras. *Production*, 10, 05-20.

Fouad, A. M., & El-Senousey, H. K. (2014). Nutritional factors affecting abdominal fat deposition in poultry: a review. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(7), 1057.

Frankel, E. N. (1980). Lipid oxidation. *Progress in lipid research*, 19(1-2), 1-22.

Gai, F., Gasco, L., Schiavone, A., & Zoccarato, I. (2010). Nutritional effects of chestnut tannins in poultry and rabbit. *Tannins: types, foods containing, and nutrition (ed. GK Petridis)*, 297-306.

Galobart, J., Barroeta, A. C., Baucells, M. D., Codony, R., & Ternes, W. (2001). Effect of dietary supplementation with rosemary extract and α -tocopheryl acetate on lipid oxidation in eggs enriched with ω 3-fatty acids. *Poultry science*, 80(4), 460-467.

Hamady, G. A. (2012). Influence of dietary animal fat and plant oil on growth performance of Japanese quail. *Egyptian Poultry Science Jo*

Haque, M. H., Sarker, S., Islam, M. S., Islam, M. A., Karim, M. R., Kayesh, M. E. H., ... & Anwer, M. S. (2020). Sustainable antibiotic-free broiler meat production: Current trends, challenges, and possibilities in a developing country perspective. *Biology*, 9(11), 411.

Haslam, E. (1989). *Plant polyphenols: vegetable tannins revisited*. CUP Archive.

Haslam, E. (1996). *Natural Polyphenols: Chemistry, Biology, and Practical Applications*. Cambridge University Press.

Hassan, Z. M., Manyelo, T. G., Selaledi, L., & Mabelebele, M. (2020). The effects of tannins in monogastric animals with special reference to alternative feed ingredients. *Molecules*, 25(20), 4680.

Hazim, S. M., Al-Dmoor, H. M., & Ammar, H. M. (2020). Fatty Acid Composition of Chicken Fat in Different Storage Conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(6), e14534.

Heldt, H. W. (1997). *Plant biochemistry and molecular biology*.

Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137-150.

Ibrahim, D., El-Sayed, R., Khater, S. I., Said, E. N., & El-Mandrawy, S. A. (2018). Changing dietary n-6: n-3 ratio using different oil sources affects performance, behavior, cytokines mRNA expression and meat fatty acid profile of broiler chickens. *Animal Nutrition*, 4(1), 44-51.

Isaza, J. H. (2007). Taninos o polifenoles vegetales. *Scientia et technica*, 1(33), 13-18.

Jourdes, M., Pouységu, L., Quideau, S., Mattivi, F., Truchado, P., & Tomás Barberán, F. A. (2012). Hydrolyzable tannins: gallotannins, ellagitannins, and ellagic acid. *Handbook of analysis of active compounds in functional foods*, 435-460.

Kamely, M., KARIMI, T. M., & Khosravinia, H. (2016). Omega-3 enrichment of quail eggs: Age, fish oil, and savory essential oil.

Kanbur, G., Göçmen, R., & Cufadar, Y. (2022). A comparative study on the effects of hemp seed oil versus four different UFA-rich seed oils in the diets of laying hens on egg production, egg quality and yolk fatty acids.

Karásková, K., Suchý, P., & Straková, E. (2015). Current use of phytogenic feed additives in animal nutrition: a review. *Czech Journal of Animal Science*, 60(12), 521-530.

Kaźmierska, M., Jarosz, B., Korzeniowska, M., Trziszka, T., & Dobrzański, Z. (2005). Comparative analysis of fatty acid profile and cholesterol content of egg yolks of different bird species. *Polish Journal of food and nutrition sciences*, 14(Suppl. 1), 69-73.

Khanbabaee, K., & Van Ree, T. (2001). Tannins: classification and definition. *Natural product reports*, 18(6), 641-649.

Kim, J., et al. (2021). "Bioactive compounds in plant extracts and their effects on animal health." *Animals*, 11(10), 2872.

Kostik, V., Memeti, S., & Bauer, B. (2013). Fatty acid composition of edible oils and fats. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 4, 112-116.

Laohabanjong, R., Tantikitti, C., Benjakul, S., Supamattaya, K., & Boonyaratpalin, M. (2009). Lipid oxidation in fish meal stored under different conditions on growth, feed efficiency and hepatopancreatic cells of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquaculture*, 286(3-4), 283-289.

Lee, S. H., et al. (2021). "Phytogenic feed additives in poultry nutrition: A review of their efficacy and mode of action." *Poultry Science*, 100(1), 125-140.

Leeson, S., & Summers, J. D. (1976). Fat ME values: the effect of fatty acid saturation. *Feedstuffs*.

Lin, S., Hsieh, F., & Huff, H. E. (1998). Effects of lipids and processing conditions on

lipid oxidation of extruded dry pet food during storage. *Animal feed science and Technology*, 71(3-4), 283-294.

Lipori, H. M. (2019). Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte e poedeiras comerciais.

Liu, H., et al. (2018). "Influence of tannins on gut health and performance in poultry." *Animal Feed Science and Technology*, 241, 104-114.

Maciel, R. (2015). Uso de óleos e gorduras nas rações. *Brasil: UFLA*.

Mahesar, S. A., Sherazi, S. T. H., Kandhro, A. A., Bhanger, M. I., Khaskheli, A. R., & Talpur, M. Y. (2011). Evaluation of important fatty acid ratios in poultry feed lipids by ATR FTIR spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 57(2), 177-181.

Marx, F. R., Trevizan, L., Ahlstrøm, Ø., & de Mello Kessler, A. (2015). Soybean oil and beef tallow in dry extruded diets for adult dogs. *Archives of animal nutrition*, 69(4), 297-309.

Marzoni, M., Castillo, A., Franzoni, A., Nery, J., Fortina, R., Romboli, I., & Schiavone, A. (2020). Effects of Dietary Quebracho Tannin on Performance traits and parasite load in an Italian Slow-growing Chicken (White Livorno breed). *Animals*, 10(4), 684.

Meireles, B. R. L. D. A., Fonseca, S. B. D., Grisi, C. V. B., Madruga, M. S., Jordão Filho, J., Pascoal, L. A. F., ... & da Silva, J. H. V. (2023). Shark liver and flaxseed oils as alternatives to soybean oil in the lipid quality of Japanese quail eggs. *British Food Journal*, 125(7), 2558-2571.

Minieri, S., Buccioni, A., Serra, A., Galigani, I., Pezzati, A., Rapaccini, S., & Antongiovanni, M. (2016). Nutritional characteristics and quality of eggs from laying hens fed on a diet supplemented with chestnut tannin extract (*Castanea sativa* Miller). *British poultry science*, 57(6), 824-832.

Moura, G. D. S., Barreto, S. L. D. T., Donzele, J. L., Hosoda, L. R., Pena, G. D. M., & Angelini, M. S. (2008). Dietas de diferentes densidades energéticas mantendo constante a relação energia metabolizável: nutrientes para codornas japonesas em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 1628-1633.

Mueller-Harvey, I. (2001). "Analysis of condensed tannins." *Animal Feed Science and Technology*, 91(1-2), 3-14.

National Research Council, & Subcommittee on Poultry Nutrition. (1994). *Nutrient requirements of poultry: 1994*. National Academies Press.

Neijat, M., Suh, M., Neufeld, J., & House, J. D. (2016). Hempseed products fed to hens effectively increased n-3 polyunsaturated fatty acids in total lipids, triacylglycerol and phospholipid of egg yolk. *Lipids*, 51(5), 601-614.

Nobakht, A. (2012). The effects of different levels of poultry fat with vitamin E on performance and carcass traits of broilers. *African Journal of Agricultural Research*, 7(5), 1420-1424.

Obreque-Slier, E., Peña-Neira, Á., & López-Solís, R. (2012). Interactions of enological tannins with the protein fraction of saliva and astringency perception are affected by pH. *LWT-Food Science and Technology*, 45(1), 88-93.

Okur, N. (2020). The effects of soy oil, poultry fat and tallow with fixed energy: protein ratio on broiler performance. *Archives Animal Breeding*, 63(1), 91-101.

Oladeji, IS, Adegbenro, M., Osho, IB, & Olarotimi, OJ (2019). A eficácia de aditivos fitogênicos para ração na produção avícola: uma revisão. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7 (12), 2038-2041.

Oliveira, D. D. D., Baião, N. C., Cançado, S. D. V., Oliveira, B. L. D., Lana, Â. M. Q., & Figueiredo, T. C. D. (2011). Effects of the use of soybean oil and animal fat in the diet of laying hens on production performance and egg quality. *Ciência e Agrotecnologia*, 35, 995-1001.

Oliveira, D. D., Baião, N. C., Cançado, S. V., Grimaldi, R., Souza, M. R., Lara, L. J. C., & Lana, A. M. Q. (2010). Effects of lipid sources in the diet of laying hens on the fatty acid profiles of egg yolks. *Poultry science*, 89(11), 2484-2490.

Patra, A. K., & Saxena, J. (2011). Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism and ruminant nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(1), 24-37.

Peebles, E. D., Zumwalt, C. D., Doyle, S. M., Gerard, P. D., Boyle, C. R., Smith, T. W., & Latour, M. A. (2000). Effects of dietary fat type and level on broiler breeder performance. *Poultry Science*, 79(5), 629-639.

Pérez, J. A., Rodríguez, C., Bolaños, A., Cejas, J. R., & Lorenzo, A. (2014). Beef tallow as an alternative to fish oil in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles: Effects on fish performance, tissue fatty acid composition, health and flesh nutritional value. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(5), 571-583.

Pfeilsticker, L. B. V. (2011). Perfil de ácidos graxos de ovos de poedeiras comerciais através de alterações na dieta das aves: uma revisão.

Poorghasemi, M., Seidavi, A., Qotbi, A. A. A., Laudadio, V., & Tufarelli, V. (2013). Influence of dietary fat source on growth performance responses and carcass traits of broiler chicks. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 26(5), 705.

Reda, F. M., El-Kholy, M. S., Abd El-Hack, M. E., Taha, A. E., Othman, S. I., Allam, A. A., & Alagawany, M. (2020). Does the use of different oil sources in quail diets impact their productive and reproductive performance, egg quality, and blood constituents?. *Poultry science*, 99(7), 3511-3518.

Reddy, N. R., et al. (2003). "Effect of tannins on the digestibility of lipids in poultry diets." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(4), 960-964.

Reyes, J., et al. (2020). "Phytogenic additives in animal nutrition: An overview of their effects on performance and health." *Animal Nutrition*, 6(1), 30-40.

Roy, A., Haldar, S., Mondal, S., & Ghosh, T. K. (2010). Effects of supplemental exogenous emulsifier on performance, nutrient metabolism, and serum lipid profile in broiler chickens. *Veterinary medicine international*, 2010(1), 262604.

Rubio-Rodríguez, N., Beltrán, S., Jaime, I., de Diego, S. M., Sanz, M. T., & Carballido, J. R. (2010). Production of omega-3 polyunsaturated fatty acid concentrates: A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 11, 1-12.

Sakomura, N. K.; Da silva, J. H.; Costa, F. G. P.; Fernandes, J. B. K.; Hauschild, L. (2014). Nutrição de não ruminantes. Jaboticabal: Funep

Saleh, A. A., Alharthi, A. S., Alhotan, R. A., Atta, M. S., & Abdel-Moneim, A. M. E. (2021). Soybean oil replacement by poultry fat in broiler diets: Performance, nutrient digestibility, plasma lipid profile and muscle fatty acids content. *Animals*, 11(9), 2609.

Santos, V. L., Rodrigues, T. A., Anciuti, M. A., & Rutz, F. (2019). Ácidos graxos poli-insaturados na dieta de poedeiras: impactos sobre a qualidade dos ovos e saúde humana. *Medicina Veterinária (UFRPE)*, 13, 406–415.

Scalbert, A. (1991). "Antimicrobial effects of tannins." *Progress in Food and Nutrition Science*, 15(3), 149-164.

Scárdua, F. P., Couto, L. C., Rodrigues, C. C., & Cordeiro, S. A. (2021). Taninos vegetais ou polifenóis.

Shahidi, F., & Wanasundara, U. N. (1998). Omega-3 fatty acid concentrates: nutritional aspects and production technologies. *Trends in food science & technology*, 9(6), 230-240.

Shahryari, M., Tabeidian, S. A., Shahraki, A. D. F., Tabatabaei, S. N., Toghyani, M., Forouzmand, M., & Habibian, M. (2021). Using soybean acid oil or its calcium salt as the energy source for broiler chickens: Effects on growth performance, carcass traits, intestinal morphology, nutrient digestibility, and immune responses. *Animal Feed Science and Technology*, 276, 114919.

Silva NN, Casanova F, Pinto MDS, Carvalho AFD, & Gaucheron F. Casein micelles: from the monomers to the supramolecular structure. *Brazilian Journal of Food Technology* 2019; 22.

Silva, R. M. D., Furlan, A. C., Ton, A. P. S., Martins, E. N., Scherer, C., & Murakami, A. E. (2009). Exigências nutricionais de cálcio e fósforo de codornas de corte em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 38, 1509-1524.

Simitzis, P., Goliomytis, M., Papalexi, K., Veneti, N., Charismiadou, M., Kominakis, A., & Deligeorgis, S. (2016). Effects of flavonoids dietary supplementation on egg yolk antioxidant capacity and cholesterol level.

Sivropoulou, A., et al. (1996). "Antimicrobial and cytotoxic activities of oregano essential oil." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 642-646.

Surai, Peter F. (2020). Antioxidantes na nutrição e reprodução de aves: uma atualização. *Antioxidantes*, v. 9, n. 2, pág. 105.

Surai, PF (2002). Selênio na nutrição avícola 2. Reprodução, qualidade de ovos e carne e aplicações práticas. *World's Poultry Science Journal* , 58 (4), 431-450.

Teng, P. Y., & Kim, W. K. (2018). Roles of prebiotics in intestinal ecosystem of broilers. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 245.

Valentim, J. K. (2023). Avaliação de fontes lipídicas para codornas japonesas e europeias.

Valentim, J. K., Garcia, R. G., Pietramale, R. T. R., Velarde, J. M. D. S., Barbosa, D. K., de Castilho, V. A. R., ... & Lima, H. J. D. A. (2020). Aditivos emulsificantes em dietas de aves de produção. *Research, Society and Development*, 9(3), e176932567-e176932567.

Vickery, M. L., & Vickery, B. (1981). *Secondary plant metabolism* (p. 335pp).

Vlaicu, P. A., Panaite, T. D., & Turcu, R. P. (2021). Enriching laying hens eggs by feeding diets with different fatty acid composition and antioxidants. *Scientific Reports*, 11(1), 20707.

Wang, X.; Zhang, X., Peng, L. J.; Wang, C.; Liu, Q.; Luo, Q. P. (2019.). Effects of fat and emulsifier infeed on growth performance, slaughter traits, and lipid metabolism of cherry valley ducks. *Poultry Science*, v.98, n.1, p- 5759- 5766.

Watkins, B. A.; C. C. Whitehead and S. R. Duff (1991). Hydrogenated oil decreased tissue concentration of n-6 polyunsaturated fatty acids and may contribute to dyschondroplasia in broilers. *Br.Poul. Sci.*,32:1109-1119.

Wu, Y. B., Li, L., Wen, Z. G., Yan, H. J., Yang, P. L., Tang, J., ... & Hou, S. S. (2019). Dual functions of eicosapentaenoic acid-rich microalgae: enrichment of yolk with n-3 polyunsaturated fatty acids and partial replacement for soybean meal in diet of

laying hens. *Poultry science*, 98(1), 350-357.

Yadav, S., Teng, P. Y., Choi, J., Singh, A. K., Vaddu, S., Thippareddi, H., & Kim, W. K. (2022). Influence of rapeseed, canola meal and glucosinolate metabolite (AITC) as potential antimicrobials: effects on growth performance, and gut health in *Salmonella Typhimurium* challenged broiler chickens. *Poultry Science*, 101(1), 101551.

Yang, C., Diarra, M. S., Choi, J., Rodas-Gonzalez, A., Lepp, D., Liu, S., ... & Yang, C. (2021). Effects of encapsulated cinnamaldehyde on growth performance, intestinal digestive and absorptive functions, meat quality and gut microbiota in broiler chickens. *Translational Animal Science*, 5(3), txab099.

CAPÍTULO 2

INTERRELAÇÃO DE FONTES LIPÍDICAS ALTERNATIVAS E TANINOS SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS DE CODORNAS JAPONESAS

Projeto aprovado pela Comissão de Ética no Uso Animal (CEUA/UFGD)

Nº de Protocolo: 20/2022.

Redigido de acordo com as normas do periódico “Revista Brasileira de Zootecnia”

Fator de impacto: 1,000, Percentil: 52% (Scopus), Qualis: A2

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o uso de tanino hidrolisável em dietas formuladas com diferentes fontes lipídicas na alimentação de codornas japonesas, verificando o efeito sobre o desempenho, qualidade de ovos das aves, perfil de ácidos graxos da gema e a digestibilidade dos nutrientes. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4x2, sendo quatro fontes lipídicas com inclusão ou não de extratos polifenóis a base de tanino hidrolisável 0,25 g/kg, com 7 repetições e 6 codornas por unidade experimental. Foi avaliado o desempenho produtivo (consumo de ração, peso dos ovos, produção de ovos comercializáveis e conversão alimentar por massa edúzia de ovos) e a qualidade dos ovos. Foram verificadas as premissas estatísticas de normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias dos dados de desempenho produtivo, qualidade de ovos com uso de testes de Shapiro Wilk. Os resultados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% pelo programa SAS. A utilização de sebo bovino e taninos hidrolisados resultou em um aumento significativo na produção de ovos, com um crescimento de 80,23% na quantidade total e 79,91% nos ovos comercializáveis. A viabilidade das aves foi otimizada com o uso de gordura de aves e óleo de peixe, alcançando 100% sem a presença de taninos. Os taninos hidrolisados melhoraram a conversão em relação à massa de ovos e aumentaram a massa total dos ovos, especialmente nas dietas que incluíram sebo bovino, que apresentou uma massa média de 8,143 g. O óleo de soja destacou-se pelos maiores níveis de ácidos graxos monoinsaturados, atingindo 49,39%. Por outro lado, o óleo de peixe e o sebo bovino elevaram os níveis de ácidos graxos saturados para 38,75%, enquanto o óleo de peixe e a gordura de aves aumentaram os poliinsaturados, com 12,77 e 12,74%. Além disso, a inclusão de fontes lipídicas nas dietas resultou em uma maior concentração de antioxidantes na gema dos ovos. A inclusão de taninos, combinada diferentes fontes lipídicas como o sebo bovino, mostrou-se eficaz em aumentar a produção de ovos em codornas japonesa sem prejudicar o desempenho.

Palavras chave: Ácidos graxos; coturnicultura; digestibilidade; óleos;

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the use of hydrolyzable tannin in diets formulated with different lipid sources in the diets of Japanese quail, assessing its effects on the birds' performance, egg quality, fatty acid profile of the yolk, and nutrient digestibility. A completely randomized design was used in a 4x2 factorial scheme, with four lipid sources with or without the inclusion of polyphenol extracts based on hydrolyzable tannin at 0.25 g/kg, with 7 replicates and 6 quails per experimental unit. Productive performance (feed intake, egg weight, commercial egg production, and feed conversion ratio per egg mass and per dozen eggs) and egg quality were evaluated. Statistical assumptions of normality of residuals and homogeneity of variances for productive performance and egg quality data were verified using Shapiro-Wilk tests. The results were subjected to analysis of variance at a 5% probability level, and means were compared using Tukey's test at a 5% level using SAS software. The use of different alternative lipid sources and the inclusion of hydrolyzable tannins showed significant interactions in egg production and commercial egg production. Soybean oil with hydrolyzed tannins resulted in lower egg production, while beef tallow increased production. Bird viability was higher with poultry fat or fish oil without hydrolyzed tannins. Hydrolyzed tannins improved feed conversion per egg mass and increased egg mass, especially in diets with beef tallow. Egg quality was not influenced by tannins or the different lipid sources. Regarding unsaturated fatty acids, there was an isolated effect of the lipid sources. Soybean oil showed the highest levels of monounsaturated fatty acids and $\omega 9$ in the absence of tannins and reduced $\omega 6$ levels in the yolk without the use of tannin in the diet. Fish oil and beef tallow increased saturated fatty acids, while fish oil and poultry fat elevated polyunsaturated fatty acids. The inclusion of lipid sources in the diet resulted in a higher concentration of antioxidants in the yolk. The inclusion of tannins, combined with different lipid sources such as beef tallow, was effective in increasing egg production in Japanese quails without impairing performance.

Keywords: Fatty acids; quail farming; digestibility; oils;

1. Introdução

Os óleos são utilizados nas rações dos animais não-ruminantes para

aumentar o conteúdo calórico, sendo uma forma econômica de produzir rações ricas em energia. Além do fornecimento de energia, os óleos são fundamentais para a saúde e o desenvolvimento das aves, fornecimento de ácidos graxos essenciais, além de ajudar a reduzir a poeira, facilitar a mistura das rações e aumentar a palatabilidade (Mahesar et al., 2011).

O conteúdo de ácidos graxos na gema do ovo é uma das características mais alteradas nos ovos para consumo através da modificação dos lipídeos nas dietas das aves. Por sua importância para a saúde e nutrição, há uma grande demanda por uma proporção favorável de ácidos graxos e pelo enriquecimento dos ovos com lipídios de alto valor biológico (Batkowska et al., 2021), por outro lado, os ácidos graxos, principalmente os insaturados são susceptíveis a oxidação. Temperaturas elevadas e variações bruscas de temperatura podem contribuir para o aumento da velocidade das reações de oxidação, o que acelera a deterioração dos ovos e reduz o seu tempo de validade (Fortuoso et al., 2020).

A oxidação lipídica é um processo químico que pode causar alterações no sabor, odor, cor e textura dos alimentos, sendo essas alterações passíveis de afetar a palatabilidade, o valor nutritivo e a segurança toxicológica dos alimentos (Pike et al., 1988). A deterioração oxidativa dos lipídios ocorre devido à reação do oxigênio com as ligações duplas dos ácidos graxos insaturados, formando peróxidos ou hidroperóxidos que se polimerizam e se decompõem, produzindo aldeídos, cetonas e ácidos de baixo peso molecular (Baião et al., 2005).

Os polifenóis vegetais, como os taninos, são metabólitos secundários amplamente distribuídos no reino vegetal. Sendo caracterizados por sua solubilidade em água, massa molecular entre 500-3000(u), estrutura e caráter fenólico, complexação intermolecular e características estruturais, sendo os mais

importantes os taninos condensados, taninos hidrolisáveis e os florataninos provenientes de algas (Haslam et al., 2007).

Os taninos condensados, também conhecidos como proantocianidinas, são formados por unidades de flavonoides e estão presentes em frutas, sementes e cascas de árvores. Já os taninos hidrolisáveis, que se decompõem em ácidos fenólicos e açúcares, são encontrados em uma variedade de fontes vegetais, incluindo madeiras e frutos. A presença desses compostos na dieta animal oferece benefícios significativos, não apenas pela melhoria da estabilidade oxidativa dos produtos de origem animal, mas também por seus efeitos antimicrobianos e na saúde intestinal (Choi et al., 2020).

Os taninos possuem notável atividade antimicrobiana contra diversos patógenos, como bactérias, fungos e vírus, o que ajuda a reduzir a carga patogênica no trato gastrointestinal das aves, promovendo um microbioma equilibrado e, consequentemente, melhor digestão e absorção de nutrientes, além de fortalecer o sistema imunológico. Eles também contribuem para a saúde intestinal ao manter a integridade da mucosa e reduzir a inflamação, ajudando a modular a microbiota intestinal e melhorar o desempenho das aves. Assim, a inclusão de taninos na dieta das aves oferece proteção antioxidante e melhora a saúde intestinal e a resistência a infecções, beneficiando a qualidade e estabilidade dos produtos avícolas (Guo et al., 2023).

Sendo assim, levantou-se a hipótese de que a adição de taninos na dieta das codornas com diferentes fontes lipídicas poderia melhorar o desempenho e qualidade dos produtos. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da inclusão de diversas fontes lipídicas e extrato vegetal à base de taninos nas dietas de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) sobre o desempenho produtivo,

qualidade dos ovos, perfil de ácidos graxos da gema e digestibilidade dos nutrientes.

2. Material e métodos

Todas as práticas realizadas durante a execução desse experimento foram realizadas de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e aprovadas pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal da Grande Dourados (CEUA-UFGD), sob protocolo 20/2022.

O experimento foi desenvolvido no Setor de Avicultura e Coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, com duração de 84 dias divididos em 3 períodos experimentais de 28 dias cada. Foi utilizado um plantel de 336 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), com 7 repetições por tratamento e 6 codornas por unidade experimental.

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4x2, sendo quatro fontes lipídicas com e sem a inclusão de 0,25 g/kg de ração de um extrato vegetal aromatizante de taninos hidrolisáveis e condensados (TAN). As fontes lipídicas utilizadas foram o óleo de soja, gordura de aves, sebo bovino e óleo de peixe. As rações experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2017), sendo isoenergéticas e isoproteicas. As rações experimentais foram fornecidas à vontade, duas vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*. Os animais receberam um programa de luz artificial com manutenção de 16 horas de luz por dia com lâmpadas de *Led*.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.

Alimentos	Óleo Soja (OS)	OS + TAN 0,25 g/kg	Sebo bovino (SB)	SB + TAN 0,25 g/kg	Gordura de aves	GA + TAN 0,25 g/kg	Óleo de peixe	OP + TAN 0,25 g/kg
Milho 7,88%	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81
Soja de soja 45%	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18
Calcário	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54
Óleo de soja	4	4	-	-	-	-	-	-
Sebo bovino	-	-	4	4	-	-	-	-
Gordura aves	-	-	-	-	4	4	-	-
Óleo de peixe	-	-	-	-	-	-	4	4
Inerte	3.5	3.47	1.92	1.9	3.37	3.35	3.49	3.47
Amido	-	-	1.57	1.57	0.12	0.12	0.007	0.007
Fosfato Bicálcico	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Sal comum	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
DL-Metionina	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
L-Lisina	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
Min-Aves	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vit-Aves	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
tanino hidrolisado	-	0.025	-	0.025	-	0.025	-	0.025
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Atendimento das exigências nutricionais – Matéria Natural

Nutrientes	Óleo Soja	Sebo Bovino	Gordura de aves	Óleo de peixe
Cálcio %	3.2	3.1996	3.1996	3.1996
EM Aves Kcal/Kg	2800	2800	2800	2800
Fosforo Disponível %	0.3	0.2999	0.2999	0.2999
Fósforo Total %	0.5057	0.5074	0.5074	0.5074
Lisina Total %	1.1636	1.1636	1.1636	1.1639
MET+Cistina Total %	0.7872	0.7872	0.7872	0.7872
Metionina Total %	0.4768	0.4768	0.4768	0.4768
Proteína bruta %	19.2	19.1996	19.1996	19.2
Sódio %	0.15	0.15	0.15	0.15

¹Suplemento vitamínico/Kg de dieta: Ácido Fólico (Min.) 145,4mg; Ácido Pantotênico (Min.) 5.931,6mg; Colina (Min.) 121,8g; Niacina (Min.) 12,9g; Selênio (Min.) 480,0mg; Vitamina A (Min.) 5.000.000,0 UI; Vitamina B12 (Min.) 6.500,0mcg; Vitamina B2 (Min.) 2.000,0mg; Vitamina B6 (Min.) 250,0mg; Vitamina D3 (Min.) 1.850.000,0UI; Vitamina E (Min.) 4.500,0UI; Vitamina K3 (Min.) 918,0mg. ²Suplemento mineral/Kg: Cobre (Min.) 7.000,0mg; Ferro (Min.) 50,0g; Iodo (Min.) 1.500,0mg; Manganês (Min.) 67,5g; Zinco (Min.) 45,6g; ² tanino hidrolisado.

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 x 50 cm totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental foi

de 156 cm²/ave.

2.1. Desempenho animal

As variáveis de desempenho foram avaliadas semanalmente. Para a produção de ovos (ovos/ave/dia), os ovos foram coletados e anotados em planilhas uma vez ao dia, incluindo ovos íntegros e perdas (quebrados, trincados e deformados). Ao final de cada semana os cálculos de produção e perdas foram obtidos em porcentagem. Ao final do experimento foi feita uma média da produção de todas as semanas avaliadas.

Já para o consumo de ração (g/ave/dia), a ração foi armazenada em recipientes específicos para sua respectiva parcela, foi pesada a sobra no final de cada semana para obtenção do consumo médio de ração/ave/dia. O peso médio dos ovos (g) foi calculado ao final de cada semana, todos os ovos íntegros produzidos no dia foram pesados para obtenção do peso médio, com auxílio de balança digital de 0,05g de precisão.

A conversão alimentar por massa foi calculada por meio da divisão do consumo médio de ração (g) pela massa média de ovos produzidos (g), sendo expressa em gramas de ração consumida por grama de ovo produzido. E a conversão alimentar por dúzia foi calculada através da divisão do consumo médio de ração (g) pelo número de dúzias produzida.

2.2. Qualidade dos ovos

Para a avaliação da qualidade dos ovos, foram coletados 2 ovos por repetição por dia durante os dois últimos dias de cada período experimental no período da manhã, totalizando 672 ovos, sendo 224 ovos por período. Os 4 ovos de cada repetição foram analisados no Laboratório de Tecnologia de Carnes da FCA/UFMG

para a realização das análises de qualidade.

Gravidade específica

A gravidade específica foi obtida pela imersão dos ovos em solução salina com diferentes densidades, variando de 1,065 a 1,100, em intervalos de 0,005 seguindo a metodologia citada por Castelló et al. (1989). Para cada densidade, foram utilizados baldes de 5 litros, contendo água destilada sendo adicionado sal (NaCl) até atingir a densidade desejada, determinada pelo densímetro da marca Incoterm®. Os ovos, previamente identificados, são imersos na solução salina, gradualmente, ou seja, da menor para a maior densidade, até flutuarem, sendo considerada sua gravidade específica.

Coloração da gema

A determinação da colorimetria foi realizada através de um colorímetro Minolta CR-400b, devidamente calibrado com padrões pré-estabelecidos por Bible e Singha (1993). Para isso, os ovos foram quebrados em uma superfície plana e de coloração branca, evitando interferência do meio. A leitura com o colorímetro foi realizada em três pontos aleatórios na superfície da gema, mantendo sua integralidade. Os resultados observados no equipamento (L^* , a^* e b^*), por meio de refletância, indicam caracterização da coloração da gema com a^* variando do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), b^* variando do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$) e a luminosidade (L^*) variando do branco ($L = 100$) ao preto ($L = 0$) (Harder et al., 2007).

Altura e diâmetro da gema e altura albúmen

Para as mensurações das alturas e diâmetros foi utilizado um paquímetro com o auxílio de um tripé, sendo medida a altura da gema na região central e a altura

do albúmen a 4 mm da gema. Análise essa foi realizada apenas por um indivíduo para ter uma maior acurácia dos dados.

Peso e percentagem da gema, albúmen e casca

A gema foi separada do albúmen para ser pesada individualmente em balança digital. Através de diferença do peso do ovo, descontado o peso da gema e da casca foi obtido o peso do albúmen. As cascas foram lavadas para a retirada de resíduos de albúmen e gema, e secas em estufa 65°C por 72 horas. A porcentagem de casca, gema e albúmen, foram obtidas através da divisão destes componentes pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100.

Unidade de Haugh

Unidade de Haugh (UH), variável largamente utilizada na determinação da qualidade de ovos, possui relação direta com o peso do ovo (w, g) e a altura do albúmen (h, mm), sendo determinada pela seguinte equação:

$$UH = 100 \log (h + 7,57 - 1,7w^{0,37})$$

A UH determina que quanto maior o valor encontrado, melhor será a qualidade dos ovos, classificados, de acordo com USDA (2000), em ovos tipo AA (100 até 72), A (71 até 60), B (59 até 30) e C (29 até 0).

Espessura de casca

Após as cascas passarem pelo processo de lavagem e secagem, foi mensurada a espessura de casca, onde com o auxílio de um micrômetro de precisão de 0,001mm da marca Digimess. Realizou-se 3 leituras em pontos diferentes na região centro-transversal da casca, para determinação da média.

Índice de gema

Através do cálculo da relação entre a altura e o diâmetro da gema foi obtido o índice de gema: $YI = YH/YD$, onde:

YI: índice de gema; YH: altura de gema e YD: diâmetro de gema.

Perfil de ácidos graxos da gema e potencial antioxidante

Para determinação dos ácidos graxos realizou-se a extração da fração lipídica dos ovos seguindo metodologia de Bligh & Dyer (1959). Foram pesadas 60mg dessa fração extraída e, em seguida, foi encaminhada à processo de metilação, segundo Maia & Rodriguez-Amaya (1993), visando à preparação para a análise de cromatografia gasosa.

Para realizar a análise de metílicos dos ácidos graxos utilizou um cromatógrafo gasoso (termo), equipado com detector de ionização de chama, injetor “Split/splitless”, coluna capilar de sílica fundida contendo polietilenoglicol como fase estacionária (DB-Wax, 30m x 0,25 mm, J&W Scientific), nas seguintes condições cromatográficas: a temperatura do injetor de 250°C; a temperatura do detector de 260°C, o gás de arraste hidrogênio com fluxo de 1,0 mL/min., gás “make-up” nitrogênio a 20mL/min, e o volume de injeção de 1µL. Para a identificação dos ácidos graxos compararam-se os tempos de retenção com os padrões ésteres metílicos (Sigma-Aldrich), enquanto a quantificação foi realizada pela normalização de área expressando-se o resultado em percentual de área de cada ácido sobre a área total de ácidos graxos.

Para análise de potencial antioxidante foi realizado pelo método de inibição do radical DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil), foi adicionado a 3 ml de metanol (MeOH) a 0,004% de solução de DDPH, a água foi utilizada como controle no lugar do extrato. As absorbâncias das amostras foram obtidas em 517 nm, determinando a concentração inibitória média (CI50) após 30 minutos por meio do cálculo [A_0

A1) /A0] · 100, sendo o A0 referente a absorbância do controle e A1 a absorbância do extrato (Kumaran e Karunakaran, 2006). Todos os ensaios antioxidantes foram realizados em triplicata.

Na tabela 2 estão demonstrados a porcentagem de cada ácido graxo encontrado nas dietas formuladas e o total de ácidos graxos encontrados conforme seu tratamento.

Tabela 2. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nas dietas formuladas.

Tratamentos	C10:0 ¹	C12:0 ²	C14:0 ³	C14:1 ⁴	C16:0 ⁵	C16:1 ⁶	C18:0 ⁷	C18:1w ⁹	C18:2w ⁶	C18:3w ³	C20:0 ¹¹	C20:1 ¹²	Antioxidantes
Óleo de soja	0.1	0.11	1.75	0.11	23.13	1.73	19.18	46.56	4.9	2.21	0.11	0.11	16.11%
Óleo de soja + TAN	0.1	0.1	1.35	0.1	22.29	1.8	17.19	49.54	5.9	1.41	0.11	0.11	16.05%
Sebo bovino	0.1	0.1	1.19	0.1	25.05	1.69	19.22	46.49	3.91	1.91	0.11	0.13	16.99%
Sebo bovino + TAN	0.1	0.11	1.52	0.11	22.14	1.64	21.19	47.41	3.87	1.69	0.11	0.11	16,36%
Gordura de aves	0.11	0.1	1.48	0.1	27.04	1.59	17.21	48.1	2.88	1.18	0.11	0.1	16.45%
Gordura de aves + TAN	0.16	0.21	1.85	0.1	26.29	1.58	15.07	49.56	3.75	1.2	0.13	0.1	16.67%
Óleo de peixe	0.12	0.1	1.57	0.1	26.33	1.63	17.07	47.53	3.76	1.56	0.13	0.1	17.03%
Óleo de peixe + TAN	0.1	0.1	1.5	0.1	24.48	1.74	17.88	48.44	4.23	1.19	0.13	0.11	17.26%

¹ácido decanoico; ²Ácido laurico; ³Ácido mirístico; ⁴Ácido miristoleico; ⁵Ácido palmítico; ⁶Ácido palmitoleico; ⁷Ácido esteárico; ⁸Ácido oleico (ômega-9); ⁹Ácido linoleico (ômega-6); ¹⁰Ácido α-linolênico (ômega-3); ¹¹Ácido araquidônico; ¹²Ácido eicosenoico.

Tabela 3. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nos óleos experimentais

Ácidos graxos	Óleo de peixe	Sebo Bovino	Gordura de aves	Óleo de soja
C10:0 (Ácido Caprílico)	0.12	0.51	0.1	-
C12:0 (Ácido Láurico)	0.41	3.11	0.16	-
C14:0 (Ácido Mirístico)	3.52	6.59	1.49	0.11
C14:1 (Ácido Miristoleico)	0.51	0.1	0.1	0.11
C15:0 (Ácido Pentadecanoico)	0.12	0.1	-	-
C16:0 (Ácido Palmítico)	23.13	25.79	23.05	11.06
C16:1 (Ácido Palmitoleico)	6.73	1.87	5.69	0.11
C17:0 (Ácido Margarico)	1.11	-	-	-
C18:0 (Ácido Estearico)	9.18	19.19	7.22	4.19
C18:1w9 (Ácido Oleico)	27.14	36.12	40.49	25.41
C18:2w6 (Ácido Linoleico)	7.92	4.91	19.85	50.53
C18:3w3 (Ácido Alfa-linolênico)	5.32	0.88	1.21	8.19
C18:1 w7 (Ácido Vacênico)	6.47	0.51	0.53	0.19
C20:0 (Ácido Araquídico)	0.31	0.1	0.11	0.1
C20:1 (Ácido Gadoleico)	1.11	-	-	-
C20:2 (Ácido Eicosadienoico)	0.41	-	-	-
C20:3w6 (Ácido Dihomo-γ-linolênico)	0.31	-	-	-
C20:3w3 (Ácido Eicosatrienoico)	0.25	-	-	-
C20:4 (Ácido Araquidônico)	2.22	-	-	-
C20:5 w3 (Ácido Eicosapentaenoico)	0.61	-	-	-
C22:0 (Ácido Behênico)	0.54	-	-	-
C22:1 (Ácido Erúcico)	0.67	-	-	-
C22:6 (Ácido Docosaexaenoico)	1.89	-	-	-

2.3. Digestibilidade dos nutrientes

O ensaio de digestibilidade foi realizado através da coleta total das excretas e iniciado após o término do terceiro período experimental, e 4 dias para o recolhimento de excretas, identificadas com auxílio de um marcador (indigestível). As gaiolas foram equipadas com bandejas para o recolhimento das excretas, que foram coletadas diariamente, duas vezes ao dia (8:00h e 18:00h), acondicionadas em sacos plásticos identificados com o tratamento e repetição correspondente e armazenadas em freezer a -16 °C até a realização das análises bromatológicas das excretas.

Ao final do período de coleta de excretas foram determinadas a quantidade

de ração consumida, bem como a quantidade total de excretas produzidas. Para a realização das análises as excretas foram descongeladas e homogeneizadas. Uma porção do homogeneizado de excretas de cada repetição foi retirada e pesada, sendo em seguida colocada em estufa com ventilação forçada à temperatura de 55°C por 72 horas, a fim de se proceder a pré-secagem. Posteriormente, as amostras foram expostas ao ar para equilibrar a temperatura e umidade ambiente. Em seguida foram pesadas, moídas em moinhos tipo faca de 1 mm, e acondicionadas em recipientes.

Foram determinados os teores de umidade e nitrogênio das excretas e das rações, segundo metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

2.4. Análise estatística

Foram verificadas as premissas estatísticas de normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias de todos os dados obtidos no presente estudo em cada uma das análises com uso de testes de Shapiro Wilk e Levene, respectivamente. Os dados foram posteriormente submetidos a análise de variância utilizando-se o procedimento MIXED do SAS (SAS, versão 9.4, SAS Institute Inc, Cary, NC, EUA). Quando significativas as interações entre a fonte lipídica e os taninos foram realizados os seus desdobramentos e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Para todas as análises foi considerado o nível de 5% de significância.

3. Resultados

A utilização de diferentes fontes lipídicas alternativas e inclusão de taninos apresentaram interação significativa nas variáveis de produção de ovos, ovos comercializáveis e viabilidade (Tabela 4). Em relação a produção de ovos (%) o óleo de soja proporcionou pior desempenho em comparação as demais fontes lipídicas

independente da adição de taninos. Já o sebo bovino proporcionou maior produção de ovos quando as aves receberam esse tipo de lipídeo com adição de taninos na dieta em comparação as que não receberam.

Tabela 4. Desempenho de codornas japonesas com ou sem inclusão de tanino hidrolisado em diferentes fontes lipídicas.

Variável	TAN ¹	Fontes lipídicas				Média	EPM ²	Probabilidades		
		Gordura Aves	Óleo de peixe	Sebo bovino	Óleo de soja			Fonte	TAN	F*T
Consumo de ração (g)	Com	25.314	24.814	26.006	23.155	24.822	0.344	0.0552	0.2924	0.8831
	Sem	25.514	25.619	26.166	24.479	25.444				
	Média	25.414	25.217	26.086	23.817	25.134				
Produção Ovos (%)	Com	75.285Aa	73.381Aa	80.231Aa	64.047Ab	73.238	0.935	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Sem	69.381Aa	66.619Aa	68.904Ba	62.857Aa	66.940				
	Média	72.330	70.000	74.571	63.452	70.088				
Ovos comercializáveis (%)	Com	74.687Aa	72.890Aa	79.910Aa	63.599Ab	72.771	0.927	<0.0001	<0.0001	<0.0001
	Sem	68.815Aa	66.315Aa	68.570Ba	62.597Aa	66.574				
	Média	71.751	69.603	74.240	63.098	69.673				
Viabilidade (%)	Com	94.523Aa	98.190Aa	96.809Aa	93.571Aa	95.773	0.578	0.0191	0.1024	0.0050
	Sem	100.000Aa	100.000Aa	92.190Ab	97.952Ab	97.535				
	Média	97.261	99.095	94.500	95.761	96.952				
Conversão Massa (g/g)	Com	3.063	3.081	2.979	3.216	3.085A	0.046	0.2527	0.0004	0.9926
	Sem	3.340	3.406	3.310	3.567	3.406B				
	Média	3.202	3.244	3.144	3.391	3.245				
Conversão dúzia (g/g)	Com	2.612	2.481	2.452	2.658	2.551A	0.046	0.5939	0.0351	0.6670
	Sem	2.619	2.779	2.735	2.860	2.749B				
	Média	2.616	2.630	2.594	2.759	2.650				
Massa Ovos (g)	Com	8.382	8.044	8.801	7.101	8.082A	0.108	<0.0001	<0.0001	0.1243
	Sem	7.675	7.434	7.485	6.907	7.375B				
	Média	8.028a	7.739a	8.143a	7.004b	7.729				
Peso Ovo (g)	Com	11.144	10.944	10.939	10.993	11.005	0.041	0.6880	0.3395	0.4692
	Sem	11.077	11.198	11.094	10.966	11.084				
	Média	11.110	11.071	11.016	10.900	11.024				

A produção de ovos comercializáveis (%) observou-se diferença significativa para o óleo de soja que apresentou menor valor independente da adição de taninos. O sebo bovino em combinação com a adição de taninos promoveu a maior produção de ovos comercializáveis quando comparadas as demais fontes.

As aves que receberam as dietas com gordura de aves ou óleo de peixe apresentaram melhores viabilidades em comparação as demais fontes independente da adição de taninos na dieta, ou seja, não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) quando comparada a inclusão ou não de taninos. Em contrapartida, para a conversão por massa de ovos e por dúzia houve apenas efeito isolado da adição de taninos, visto que o uso deste aditivo resultou em melhores conversões.

Para a variável de massa de ovos, houve efeitos isolados da fonte lipídica da adição de taninos. Quando comparada a utilização ou não dos taninos, as fontes contendo o aditivo obtiveram maior massa de ovos. Comparando apenas as diferentes fontes lipídicas, as aves que receberam óleo de soja apresentaram a menor massa de ovos em comparação as demais que não diferiram entre si.

As demais variáveis como consumo de ração e peso do ovo não apresentaram efeitos significativos para a interação e nem efeitos isolados das fontes com e sem inclusão de taninos na dieta das aves. Bem como nenhuma das variáveis de qualidade de ovos apresentaram efeitos significativos ($P>0,05$) para a interação e nem efeitos isolados das fontes com e sem inclusão de taninos na dieta das codornas japonesas (Tabela 5).

Tabela 5. Qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino hidrolisado na dieta.

Variável	TAN ¹	Fontes lipídicas				Média	EPM ²	Probabilidades		
		Gordura Aves	Óleo de peixe	Sebo bovino	Óleo de soja			Fonte	TAN	F*T
Peso Ovo (g)	Com	11.144	10.944	10.939	10.993	11.005	0.041	0.688	0.3395	0.4692
	Sem	11.077	11.198	11.094	10.966	11.084				
	Média	11.110	11.071	11.016	10.900	11.024				
Peso Gema (g)	Com	3.619	3.577	3.548	3.515	3.565	0.017	0.1912	0.5987	0.8339
	Sem	3.593	3.635	3.579	3.522	3.582				
	Média	3.606	3.606	3.563	3.518	3.573				
Peso Albumen (g)	Com	6.597	6.481	6.469	6.595	6.535	0.028	0.9112	0.3570	0.3892
	Sem	6.583	6.655	6.594	6.522	6.589				
	Média	6.590	6.568	6.531	6.559	6.562				
Peso Casca (g)	Com	0.926	0.885	0.921	0.896	0.907	0.005	0.3547	0.6448	0.2337
	Sem	0.899	0.907	0.920	0.921	0.912				
	Média	0.913	0.896	0.921	0.909	0.909				
Gravidade específica	Com	1.07	1.069	1.070	1.069	1.070	0.0001	0.9378	0.1866	0.1561
	Sem	1.069	1.071	1.070	1.071	1.070				
	Média	1.070	1.070	1.070	1.070	1.070				
Cor L*	Com	60.240	59.869	60.071	59.171	59.837	0.55	0.7846	0.7575	0.6492
	Sem	59.946	60.704	59.344	60.026	60.005				
	Média	60.093	60.286	59.707	59.598	59.921				
Cor a*	Com	-2.201	-2.345	-2.463	-2.387	-2.349	0.066	0.6331	0.9537	0.7798
	Sem	-2.386	-2.197	-2.493	-2.293	-2.342				
	Média	-2.293	-2.271	-2.478	-2.340	-2.346				
Cor b*	Com	39.531	39.575	40.112	38.786	39.501	0.456	0.1987	0.8976	0.9717
	Sem	39.684	39.707	39.772	38.620	39.446				
	Média	39.608	39.641	39.942	38.703	39.473				
Altura Albumen (mm)	Com	3.478	3.491	3.458	3.654	3.520	0.0300	0.6656	0.9028	0.4060
	Sem	3.604	3.466	3.537	3.504	3.528				
	Média	3.541	3.479	3.497	3.579	3.524				
Altura Gema (mm)	Com	10.016	10.113	9.918	10.069	10.029	0.038	0.9104	0.3042	0.4776
	Sem	10.046	10.095	10.191	10.085	10.104				
	Média	10.031	10.104	10.054	10.077	10.067				
Diâmetro Gema (mm)	Com	21.867	21.860	21.645	21.559	21.733	0.07	0.1970	0.7120	0.5631
	Sem	21.967	21.704	21.996	21.467	21.784				
	Média	21.917	21.782	21.821	21.513	21.758				
Unidade Hough (UH)	Com	83.665	84.069	83.695	84.980	84.102	0.194	0.6403	0.9534	0.2976
	Sem	84.580	83.595	84.149	83.995	84.080				
	Média	84.122	83.832	83.922	84.488	84.091				
Índice de Gema	Com	0.460	0.464	0.460	0.469	0.463	0.002	0.471	0.514	0.9748
	Sem	0.460	0.470	0.465	0.471	0.467				
	Média	0.460	0.467	0.463	0.470	0.465				
Espessura da casca (mm)	Com	0.191	0.182	0.188	0.186	0.187	0.001	0.7317	0.7908	0.9576
	Sem	0.190	0.187	0.188	0.186	0.188				
	Média	0.190	0.185	0.188	0.186	0.187				

% Gema	Com	32.479	32.816	32.470	32.197	32.490	0.104	0.4497	0.3538	0.8926
	Sem	32.482	32.376	32.250	32.083	32.298				
	Média	32.480	32.596	32.360	32.140	32.394				
% Albumen	Com	59.197	59.196	59.119	60.002	59.379	0.118	0.4326	0.7580	0.4981
	Sem	59.432	59.420	59.468	59.474	59.448				
	Média	59.315	59.308	59.294	59.738	59.414				
% Casca	Com	8.318	8.074	8.415	8.199	8.251	0.041	0.1804	0.9494	0.3401
	Sem	8.153	8.159	8.304	8.409	8.257				
	Média	8.236	8.116	8.360	8.304	8.254				

¹Adição de 0,25 g/kg de taninos; ²Erro padrão da média;

Houve interação entre a utilização as fontes lipídicas alternativas e a inclusão de taninos sobre a composição de ácidos monoinsaturados, w6 e w9 (tabela 6). O ácido graxo monoinsaturado foram observadas diferenças significativas para o óleo de soja que apresentou o maior valor sem a adição do aditivo. Quando comparada a inclusão ou não de taninos nas fontes, apenas foi observado diferença significativa para o óleo de soja sendo menor para a adição do aditivo. Em relação ao w6, as aves que receberam as dietas sem a inclusão dos taninos com óleo de peixe ou sebo bovino apresentaram maiores valores em comparação aos que receberam gordura de aves e óleo de soja. Quando comparadas a inclusão ou não dos taninos nas fontes, apenas foi observado diferença significativa para o óleo de soja sendo maior para a adição do aditivo. Em relação ao w9, em dietas sem tanino hidrolisado, quando comparada as fontes lipídicas o óleo de soja proporcionou maiores valores em comparação com as demais fontes lipídicas. Quando comparadas a inclusão ou não do aditivo nas fontes, apenas o óleo de soja apresentou diferença significativa com maiores valores para a não inclusão do aditivo.

Para os ácidos graxos saturados, insaturados e poliinsaturados, houve apenas efeito isolado da fonte. Para os saturados, comparando as diferentes fontes lipídicas, as aves que receberam óleo de peixe e sebo bovino apresentaram maiores

valores em comparação ao óleo de soja. Em contrapartida, para os ácidos graxos insaturados, comparando as diferentes fontes, o óleo de soja apresentou maiores valores quando comparado com as demais fontes. Para os ácidos graxos poliinsaturados, as aves que receberam gordura de aves e óleo de peixe apresentaram maiores valores em comparação ao sebo bovino e óleo de soja. Para o potencial antioxidante analisado pela técnica de inibição de DPPH da gema houve efeito isolado da fonte lipídica, sendo que gordura de aves e óleo de peixe apresentaram maior potencial antioxidante em relação ao sebo bovino e óleo de soja.

Tabela 6. Ácidos graxos da gema dos ovos de codornas japonesa alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem taninos.

Variável	TAN ¹	Fonte				Média	EPM	Probabilidades		
		Gordura Aves	Óleo de peixe	Sebo bovino	Óleo de soja			Fonte	TAN	F*T
Saturados	Com	38.57	38.75	38.77	38.47	38.64	0.033	0.0332	0.7587	0.7206
	Sem	38.69	38.69	38.73	38.53	38.66				
	Média	38.63ab	38.75a	38.75a	38.50b	38.65				
Insaturados	Com	61.42	61.24	61.22	61.53	61.35	0.033	0.0332	0.7587	0.7206
	Sem	61.31	61.30	61.26	61.47	61.34				
	Média	61.36ab	61.275a	61.247a	61.50b	61.34				
Monoinsaturados	Com	48.72Aa	48.64Aa	48.79Aa	48.69Ba	48.71	0.035	0.0012	0.0738	0.0004
	Sem	48.70Ab	48.65Ab	48.63Ab	49.31Aa	48.82				
	Média	48.710	48.650	48.710	49.000	48.77				
Polinsaturados	Com	12.820	12.720	12.550	12.670	12.69	0.035	0.0030	0.1196	0.0547
	Sem	12.730	12.760	12.610	12.310	12.60				
	Média	12.77a	12.74a	12.58ab	12.49b	12.65				
w3	Com	1.372	1.424	1.438	1.394	1.41	0.008	0.5894	0.9074	0.3497
	Sem	1.416	1.422	1.394	1.404	1.41				
	Média	1.394	1.423	1.416	1.399	1.41				
w6	Com	11.454Aa	11.296Aa	11.114Aa	11.564Aa	11.36	0.045	0.4211	0.0977	0.0011
	Sem	11.316Aab	11.344Aa	11.356Aa	10.906Bb	11.23				
	Média	11.385	11.320	11.235	11.235	11.29				
w9	Com	48.72Aa	48.64Aa	48.79Aa	48.69Ba	48.71	0.035	0.0012	0.0738	0.0004
	Sem	48.70Ab	48.65Ab	48.63Ab	49.31Aa	48.82				
	Média	48.710	48.650	48.712	49.000	48.77				
Insat:sat	Com	1.594	1.578	1.580	1.600	1.59	0.002	0.0501	0.7545	0.6574
	Sem	1.584	1.584	1.582	1.596	1.59				
	Média	1.589	1.581	1.581	1.598	1.59				
Poli:sat	Com	0.334	0.328	0.324	0.336	0.33	0.001	0.6338	0.1539	0.0585
	Sem	0.328	0.330	0.328	0.320	0.33				
	Média	0.331	0.329	0.326	0.328	0.33				
w6:w3	Com	8.380	7.940	7.730	8.300	8.08	0.002	0.449	0.3529	0.0519
	Sem	7.990	7.990	8.140	7.770	7.97				
	Média	8.190	7.960	7.930	8.040	8.03				
Inibição DPPH	Com	23.178Aa	23.18Aa	22.184Ab	22.278Ab	22.70	0.083	<0.0001	0.2593	0.5608
	Sem	23.15Aa	23.12Aa	22.214Ab	22.11Ab	22.65				
	Média	23.160	23.150	22.190	22.190	22.68				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ¹Adição de 0,25 g/kg de taninos; ²Erro padrão da média;

Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade dos nutrientes de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino na dieta.

Variável	TAN ¹	Fonte				Média	EPM	Probabilidades		
		Gordura Aves	Óleo de peixe	Sebo bovino	Óleo de soja			Fonte	TAN	F*T
Matéria Seca	Com	75.047	80.659	81.335	82.521	79.891	0.900	0.5893	0.4057	0.332
	Sem	82.300	84.148	80.064	81.810	81.413				
	Média	78.673	81.068	80.699	82.165	80.652				
Proteína Bruta	Com	66.739	74.955	73.163	79.125	73.594	1.372	0.2417	0.3697	0.4041
	Sem	76.671	76.619	72.157	78.064	75.878				
	Média	71.705	75.787	72.660	78.594	74.736				
Materia mineral	Com	25.680	27.706	22.590	25.665	25.410	0.428	<0.0001	0.6274	0.2186
	Sem	26.724	28.650	21.186	23.900	25.115				
	Média	26.202ab	28.178a	21.888b	24.783b	25.263				
Extrato etéreo	Com	80.03Aab	78.586Ab	84.28Aab	89.14Aa	83.009	0.899	0.4822	0.1920	0.0144
	Sem	86.546Aa	87.136Aa	83.807Aa	83.395Aa	85.221				
	Média	83.280	82.860	84.044	86.268	84.115				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ¹Adição de 0,25 g/kg de taninos; ²Erro padrão da média;

Para a digestibilidade da matéria mineral houve efeito isolado da fonte lipídica utilizada (tabela 7), sendo que as aves que receberam a dieta com o óleo de peixe apresentaram a maior digestibilidade em comparação as que receberam sebo bovino e óleo de soja como fontes lipídicas.

Para a variável de extrato etéreo houve efeito de interação entre a fonte e o tanino hidrolisado. Comparando as diferentes fontes com a utilização do aditivo, o óleo de soja apresentou maior valor.

4. Discussão

O consumo de ração deve ser levado em consideração quando é adicionado um aditivo à dieta, principalmente em se tratando de aditivos que possam influenciar na digestão e absorção dos nutrientes. Em contrapartida alguns autores sugerem que baixas concentrações de taninos podem melhorar o desempenho e a palatabilidade das rações em monogástricos ao estimular o consumo de ração (Windisch et al., 2006). No entanto o

consumo de ração não foi influenciado pelos tratamentos.

Nesse estudo as dietas experimentais com taninos combinados a inclusão de sebo bovino apresentaram maior produção de ovos. Resultados semelhantes quanto à produção de ovos foram encontrados por Bastos et al. (2017) que utilizaram canela em pó a base de extrato de tanino do tipo elágico na dieta de codornas na fase de postura. O autor relata que o tratamento com canela resultou em maior produção de ovos, pois pode proporcionar equilíbrio no organismo através da atividade antioxidante dos princípios ativos e à modulação da expressão de genes relacionados à defesa antioxidante e ao metabolismo lipídico.

Por outro lado, Xavier et al. (2021) não encontraram diferenças no desempenho produtivo das codornas alimentadas com ácido elágico, derivado de tanino hidrolisável provenientes da goiaba na dieta de codornas na fase de postura. As doses crescentes do aditivo não influenciaram a produção de ovos, o consumo de ração, a massa do ovo ou taxa de conversão alimentar.

A conversão por massa, conversão por dúzia de ovos, ovos comercializáveis e a produção de ovos superior com a adição dos taninos pode estar relacionada a melhor absorção de nutrientes pelas aves. Segundo Atilgan et al. (2012) melhorias obtidas com o ácido elágico, derivado de tanino hidrolisável, podem estar associadas ao fato de que essas moléculas possam aumentar a atividade das enzimas digestivas no intestino melhorando a digestibilidade dos nutrientes e consequentemente os níveis de absorção do intestino delgado. Destacando-se que os galotaninos presentes nos taninos do tipo hidrolisável produzem uma molécula de açúcar e 9 a 10 moléculas de ácido gálico quando hidrolisados, enquanto os elagitaninos produzem uma molécula de açúcar e várias moléculas de ácido gálico e ácido elágico (Lamy et al., 2016), sendo assim a adição de tanino do tipo hidrolisável promove a atividade enzimática quando ocorre sua hidrólise

para liberação de moléculas de ácido elágico.

Resultados semelhantes foram encontrados por Mutlu et al., (2021) utilizando aditivo a base ácido elágico, onde obtiveram melhor conversão em dietas para codornas alimentadas com o aditivo. Por outro lado, em um estudo de Bastos et al., (2017), utilizando dieta com inclusão de canela que possui em sua composição compostos fenólicos, antioxidantes, antimicrobiano, antibacteriana e antifúngica, foi observado diferença significativa, na qual as aves do tratamento sem suplementação apresentaram valor de conversão por massa maior que as do tratamento com suplementação. Esses resultados são importantes, pois a ave precisa ingerir uma menor quantidade de alimento para produzir uma dúzia de ovos de maior massa.

A massa de ovos é calculada pela média do peso dos ovos multiplicada pela produção média de ovos ave/dia. No caso desse estudo houve apenas diferença significativa para as aves que receberam dietas com sebo bovino e o tanino, entretanto todas as aves que receberam dietas com taninos independentes do tipo de lipídeo, tiveram maiores valores de produção. Destaca-se que os taninos podem influenciar a composição da microbiota intestinal, promovendo um equilíbrio saudável entre microrganismos benéficos e patogênicos. Esse equilíbrio pode melhorar a digestibilidade dos alimentos e a absorção de nutrientes, resultando em melhores condições para a produção de ovos (Guo et al., 2023).

Não houve diferença significativa para o peso dos ovos, assim como no estudo de Minieri et al., (2016), que utilizou 2g de extrato comercial de tanino de castanha e não registrou diferenças no peso dos ovos. Além disso, não foram observadas diferenças significativas para as variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com a adição ou não de taninos nas dietas. Esses resultados são semelhantes ao trabalho de Bertipaglia et al. (2016), onde o autor não encontrou

diferenças significativas para os resultados de qualidade interna dos ovos ao utilizar (óleo de soja, gordura de aves, resíduo de pescado e semente de uva) em dietas de codornas. Grobas et al., (2001) não observaram diferenças no peso da gema em poedeiras alimentadas com óleo de soja e sebo bovino, como nesse estudo.

Segundo Alleoni e Antunes (2001) a unidade Haugh é uma expressão matemática que correlaciona o peso do ovo com a altura do albúmen denso. De modo geral, quanto maior o valor da unidade Haugh, melhor a qualidade do ovo, na presente pesquisa, não houve diferenças estatísticas para esta análise, porém os resultados estiveram dentro da normalidade esperada (acima de 75), conforme Alleoni & Antunes (2001).

A hipótese para a falta de efeito da adição de taninos seria que a inclusão foi realizada apenas na fase de postura, após as codornas terem iniciado a produção de ovos e alcançado 80% de taxa de produção, desta forma, não influenciando a formação do ovário e oviduto. Há diversos estudos relatando resultados controversos quanto às atividades dos taninos, podendo ter efeitos benéficos, nulos ou deletérios conforme o tipo, dosagem e matriz na qual são adicionados (Salminen et al., 2011).

Os mesmos resultados são obtidos por Minieri et al. (2016), que observaram que a utilização de extrato de taninos da castanha não interfere nos parâmetros de qualidade de ovos, porém a utilização de diferentes fontes lipídicas pode propiciar a melhoria na qualidade dos ácidos graxos que compõem a gema dos ovos, sendo um atributo desejável pelos consumidores.

A inclusão do extrato à base de taninos em dietas com diferentes fontes lipídicas teve efeito de interação nos ácidos graxos monoinsaturados, w6 e w9. A fonte de lipídios teve um efeito significativo nos ácidos graxos saturados, insaturados, poli-insaturados, monoinsaturados e w9, indicando que diferentes fontes alteram o perfil lipídico da gema dos ovos. Oliveira et al. (2010) evidenciam que as fontes de lipídios presentes nas dietas

formuladas para galinhas poedeiras podem influenciar na qualidade e quantidade de ácidos graxos presentes na gema dos ovos.

Deste modo, é possível observar que as diferentes proporções de lipídios das dietas afetaram o perfil da gema dos ovos neste estudo. O óleo de soja apresentou menores proporções de ácidos graxos saturados e monoinsaturados, em contrapartida apresentou maiores proporções de ácidos graxos insaturados e poli-insaturados. Esse perfil também foi observado nas gemas das dietas experimentais com óleo de soja, exceto pelos ácidos graxos poli-insaturados. Essas diferenças em alguns ácidos graxos estão de acordo com Jiang et al. (1991), que mostraram que as mudanças de ácidos graxos induzidas pela dieta não são uniformemente distribuídas entre todas as classes de lipídios da gema do ovo.

Uma hipótese é que essas mudanças podem ser explicadas pelas reações de dessaturases, que regulam as concentrações de ácidos graxos, especialmente para poli-insaturados (Guçlu et al., 2008), modificando principalmente os lipídios das séries ômega-3 e ômega-6, como o ácido alfa-linolênico e ácido linoleico, que estavam mais presentes nas dietas contendo óleo de soja nesse estudo. Os lipídios dietéticos podem alterar a composição de ácidos graxos da gema em aves, e o tipo e a quantidade de ácido graxo insaturado dietético modificam a composição de ácidos graxos dos lipídios da gema do ovo (Watkins et al., 1991), como ocorreu neste estudo. As quantidades de ácidos graxos saturados foram menores no tratamento com óleo de soja independente ou não do tanino. Um estudo conduzido por Baucells et al. (2000) mostrou que as quantidades de ácidos graxos saturados diminuíram em dietas contendo óleos vegetais.

Nesse estudo, os ácidos graxos monoinsaturados das gemas dos ovos diminuíram com a utilização do tanino nas dietas contendo óleo de soja. O papel dos taninos no metabolismo lipídico em monogástricos ainda não é completamente elucidado. Minieri et

al. (2016) levantaram a hipótese de que o extrato de tanino de castanha pode interferir na absorção seletiva de ácidos graxos a nível intestinal, resultando em diferentes captações de acordo com a estrutura molecular dos ácidos graxos. Shan et al. (2008) relataram que essas diferenças podem estar relacionadas à atividade da lipase e seu efeito na digestibilidade dos lipídios. Zhao et al. (2014) demonstraram que os taninos podem limitar a solubilidade lipídica e, conseqüentemente, a absorção intestinal de gordura. Esses efeitos combinados podem explicar as alterações nos padrões de deposição de ácidos graxos nas gemas dos ovos das codornas.

Houve também efeito isolado da fonte lipídica das dietas, em que as dietas contendo óleo de soja apresentaram maior deposição de ácidos graxos monoinsaturados nas gemas dos ovos. A transformação de ácidos graxos ocorre através de enzimas que convertem ácidos graxos saturados inserindo uma ligação dupla. Esse processo é crucial para a formação de ácidos graxos insaturados, que melhoram a qualidade nutricional e a estabilidade dos óleos vegetais. A estearoil-ACP dessaturase (SAD), por exemplo, converte o ácido esteárico em ácido oleico inserindo uma ligação dupla na cadeia de carbono (Ohlrogge & Browse, 1995; Ohlrogge & Jaworski, 1997). A atividade da $\Delta 9$ Dessaturase (estearoil-CoA dessaturase 1, SCD-1) modula a dessaturação de ácidos graxos saturados, como o ácido esteárico e o ácido palmítico, transformando-os em ácidos graxos monoinsaturados correspondentes ao introduzir uma ligação dupla na posição $\Delta 9$ (Collins, Neville & Hoppa, 1997).

As dessaturases, incluindo D6D e D5D, também regulam a dessaturação de ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico e o ácido α -linolênico, para seus metabólitos poli-insaturados das séries n-6 e n-3. Essas enzimas são amplamente expressas em muitos tecidos do corpo, como fígado, músculo esquelético, tecido adiposo, pele e células β pancreáticas (Nakamura & Nara, 2004; Ntambi & Miyazaki, 2004). A expressão e

atividade dessas dessaturases são reguladas por diversos nutrientes, hormônios e fatores ambientais (Hodson & Fielding, 2009).

Nesse estudo, houve um aumento nos ácidos graxos monoinsaturados, mais especificamente no ácido graxo ω 9 (ácido oleico), no tratamento contendo óleo de soja sem taninos. A hipótese é que as enzimas envolvidas no processo de dessaturação modificaram as proporções de ácidos graxos que foram depositados nas gemas dos ovos nesse tratamento. Em contrapartida, os ácidos graxos poli-insaturados ω 6 (linoleico) tiveram um aumento no tratamento com óleo de soja em combinação com tanino. Druart et al. (2015) afirmaram que os compostos bioativos liberados durante a hidrólise dos polifenóis podem impactar diretamente a microbiota intestinal, a qual, por sua vez, pode modular de forma direta ou indireta a absorção, a biodisponibilidade e a biotransformação dos ácidos graxos poliinsaturados (PUFAs). Essas variações podem estar associadas à interação entre os processos metabólicos responsáveis pela síntese dos ácidos graxos e os compostos presentes no extrato, bem como sua capacidade de absorver os lipídios da dieta.

Aditivos fitogênicos com capacidade antioxidante na produção animal desempenham um papel essencial: preservam a qualidade da ração ao proteger nutrientes como vitaminas e pigmentos da oxidação e beneficiam os animais, reduzindo o estresse oxidativo e prevenindo a rancidez em tecidos e produtos como carne e ovos. Como apontado por Calabotta e Shermer (1985) e Fellenberg e Speisky (2006), esses compostos atuam tanto na ração quanto no organismo, melhorando a nutrição e a qualidade dos produtos. Os lipídeos podem conter quantidades substanciais de antioxidantes como por exemplo vitamina A (retinol) e carotenoides, vitamina E (tocoferóis) e vitamina C (ácido ascórbico) por exemplo (Salami et al., 2016). No entanto, o estudo não encontrou efeitos significativos dos taninos na atividade antioxidante na

gema, apenas efeito isolado para a fonte de lipídeos.

Houve efeito de interação para a digestibilidade do extrato etéreo, onde o óleo de soja com tanino teve uma melhor digestibilidade. A melhor digestibilidade do óleo de soja pode ser atribuída à sua alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados e uma boa proporção de ácidos graxos monoinsaturados como o ácido linoleico e o α -linolênico. Esses tipos de ácidos graxos são mais facilmente digeridos e absorvidos pelo sistema digestivo das aves, o que explica a digestibilidade superior observada. Os ácidos graxos poli-insaturados, como os encontrados no óleo de soja, são mais fáceis de digerir e absorver pelo sistema digestivo das aves. A estrutura dos ácidos graxos poli-insaturados permite uma maior acessibilidade às enzimas digestivas, facilitando a quebra e a absorção (Goñi et al., 2007). Segundo Baucells et al., (2000), quanto maior a instauração do óleo, maior foi sua digestibilidade.

Adicionalmente em um estudo realizado por Mutlu et al. (2021) foi observada uma melhora de cerca de 3% na digestibilidade do extrato etéreo no grupo com adição de 400 mg/kg de tanino do tipo elágico, comparado ao grupo controle. Isto pode estar associado ao alto nível de acumulação de ácido elágico nos intestinos e à sua capacidade superior de recuperar danos intestinais. Além disso, foi afirmado que o acúmulo de ácido elágico no epitélio intestinal pode gerar uma primeira barreira antioxidante contra produtos nocivos da oxidação e, assim protegido (Sun et al., 2017)

No presente estudo, não houve diferenças significativas na digestibilidade das proteínas. Esses resultados são controversos em relação aos achados de Aw e Swanson (1985), Deshpande e Damodaran (1990) e Kaur e Kapoor (1992), que explicam a tendência dos taninos em formar complexos com proteínas, em vez de carboidratos e outros polímeros, podendo influenciar na baixa digestibilidade, inibição do crescimento e aumento da excreção de nitrogênio fecal em animais.

5. Conclusões

A inclusão de taninos nas dietas, independentemente das fontes lipídicas, não influenciou a qualidade dos ovos. Contudo, dietas com taninos combinados ao sebo bovino elevaram a produção de ovos. Além disso, as fontes lipídicas modificaram significativamente o perfil de ácidos graxos nas gemas, aumentando os níveis de ácidos graxos insaturados. Esses resultados indicam que a combinação de taninos com fontes lipídicas específicas pode otimizar a produção e melhorar a composição de ácidos graxos dos ovos.

Referências bibliográficas

- Alleoni, A. C. C., & Antunes, A. J. (2001). Haugh unit as a measure of the quality of hen eggs stored under refrigeration. *Scientia Agricola*, 58, 681-685.
- Atılğan, D. (2012). Etlik piliç karma yemlerine doğal antimikrobiyal olarak üzüm çekirdeği, zeytin yaprağı ve nar kabuğu ekstraktları ilavesinin besi performansı, serum ve bağırsak parametreleri üzerine etkilerinin karşılaştırılması. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Tokat*.
- Aw, T. L., & Swanson, B. G. (1985). Influence of tannin on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality. *Journal of Food Science*, 50(1), 67-71.
- Baião, N. C., & Lara, L. J. C. (2005). Oil and fat in broiler nutrition. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 7, 129-141.
- Bastos, M. S. (2017). Efeito da suplementação de canela sobre a expressão gênica, capacidade antioxidante e histomorfometria intestinal de codornas em fase de postura.
- Batkowska, J., Drabik, K., Brodacki, A., Czech, A., & Adamczuk, A. (2021). Fatty acids profile, cholesterol level and quality of table eggs from hens fed with the addition of linseed and soybean oil. *Food chemistry*, 334, 127612.
- Baucells, M. D., Crespo, N., Barroeta, A. C., Lopez-Ferrer, S., & Grashorn, A. M. (2000). Incorporation of different polyunsaturated fatty acids into eggs. *Poultry science*, 79(1), 51-

59.

Bertipaglia, L. A., Sakamoto, M. I., Bertipaglia, L. M. A., & Melo, G. M. P. D. (2016). Lipid sources in diets for egg-laying japanese quail: performance and egg quality. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38, 281-284.

Bible, B. B., & Singha, S. (1993). Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color.

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian journal of biochemistry and physiology*, 37(8), 911-917.

Calabotta, D. F., & Shermer, W. D. (1985). Controlling feed oxidation can be rewarding.

Choi, J., & Kim, W. K. (2020). Dietary application of tannins as a potential mitigation strategy for current challenges in poultry production: A review. *Animals*, 10(12), 2389.

Collins, J. M., Neville, M. J., Hoppa, M. B., & Frayn, K. N. (2010). De novo lipogenesis and stearoyl-CoA desaturase are coordinately regulated in the human adipocyte and protect against palmitate-induced cell injury. *Journal of Biological Chemistry*, 285(9), 6044-6052.

Deshpande, S. S., & DAMODARAN, S. (1990). Food legumes: chemistry and technology. *Advances in cereal science and technology*, 10, 147-241.

Druart, C., Bindels, L. B., Schmaltz, R., Neyrinck, A. M., Cani, P. D., Walter, J., ... & Delzenne, N. M. (2015). Ability of the gut microbiota to produce PUFA-derived bacterial metabolites: Proof of concept in germ-free versus conventionalized mice. *Molecular nutrition & food research*, 59(8), 1603-1613.

Fellenberg, M. A., & Speisky, H. (2006). Antioxidants: their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. *World's Poultry Science Journal*, 62(1), 53-70.

Fortuoso, B. F., Galli, G. M., De Oliveira, R. C., Souza, C. F., Baldissera, M. D., Vendruscolo, R. G., ... & Da Silva, A. S. (2020). Effects of soybean oil replacement by açai oil in laying hen diets on fatty acid profile and egg quality. *Animal Feed Science and Technology*, 263, 114452.

Goñi, I., Brenes, A., Centeno, C., Viveros, A., Saura-Calixto, F., Rebolé, A., ... & Estevez, R.

(2007). Effect of dietary grape pomace and vitamin E on growth performance, nutrient digestibility, and susceptibility to meat lipid oxidation in chickens. *Poultry science*, 86(3), 508-516.

Grobas, S., Mendez, J., Lazaro, R., De Blas, C., & Mateo, G. G. (2001). Influence of source and percentage of fat added to diet on performance and fatty acid composition of egg yolks of two strains of laying hens. *Poultry science*, 80(8), 1171-1179.

Güçlü, B. K., Uyanık, F., & İşcan, K. M. (2008). Effects of dietary oil sources on egg quality, fatty acid composition of eggs and blood lipids in laying quail. *South African Journal of Animal Science*, 38(2), 91-100.

Guo, P., Tong, Y., Yang, R., Zhang, M., Lin, Q., Lin, S., & Wang, C. (2023). Effects of hydrolyzed gallotannin on intestinal physical barrier, immune function, and microbiota structure of yellow-feather broilers. *Poultry Science*, 102(11), 103010.

Harder, M. N. C., Canniatti-Brazaca, S. G., & Arthur, V. (2007). Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com urucum (*Bixa orellana*). *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 102(563-564), 339-342.

Haslam, E. (2007). Vegetable tannins—Lessons of a phytochemical lifetime. *Phytochemistry*, 68(22-24), 2713-2721.

Hodson, L., & Fielding, B. A. (2013). Stearoyl-CoA desaturase: rogue or innocent bystander?. *Progress in lipid research*, 52(1), 15-42.

Jiang, Z., Ahn, D. U., & Sim, J. S. (1991). Effects of feeding flax and two types of sunflower seeds on fatty acid compositions of yolk lipid classes. *Poultry Science*, 70(12), 2467-2475.

Kaur, D., & Kapoor, A. C. (1992). Nutrient composition and antinutritional factors of rice bean (*Vigna umbellata*). *Food chemistry*, 43(2), 119-124.

Kumaran, A., & Karunakaran, R. J. (2007). In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India. *LWT-Food Science and Technology*, 40(2), 344-352.

Lamy, E., Pinheiro, C., Rodrigues, L., Capela-Silva, F., Lopes, O., Tavares, S., & Gaspar, R.

(2016). Determinants of tannin-rich food and beverage consumption: oral perception vs. psychosocial aspects.

Mahesar, S. A., Sherazi, S. T. H., Kandhro, A. A., Bhanger, M. I., Khaskheli, A. R., & Talpur, M. Y. (2011). Evaluation of important fatty acid ratios in poultry feed lipids by ATR FTIR spectroscopy. *Vibrational Spectroscopy*, 57(2), 177-181.

Maia, E. L., & Rodriguez-Amaya, D. B. (1993). Avaliação de um método simples e econômico para a metilação de ácidos graxos com lipídios de diversas espécies de peixes. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, 53(1/2), 27-35.

Minieri, S., Buccioni, A., Serra, A., Galigani, I., Pezzati, A., Rapaccini, S., & Antongiovanni, M. (2016). Nutritional characteristics and quality of eggs from laying hens fed on a diet supplemented with chestnut tannin extract (*Castanea sativa* Miller). *British poultry science*, 57(6), 824-832.

Mutlu, S. İ., & Güler, T. (2021). The effect of ellagic acid on performance, digestibility, egg quality, cecal bacterial flora, antioxidant activity, and some blood parameters in laying quails reared at different temperatures. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 45(1), 101-112.

Nakamura, MT & Nara, TY (2004) Structure, function, and dietary regulation of Delta6, Delta5, and Delta9-desaturase. *Annu Rev Nutr* 24, 345–376.

Ntambi, J. M., & Miyazaki, M. (2004). Regulation of stearyl-CoA desaturases and role in metabolism. *Progress in lipid research*, 43(2), 91-104.

Ohlrogge, J. B., & Jaworski, J. G. (1997). Regulation of fatty acid synthesis. *Annual review of plant biology*, 48(1), 109-136.

Ohlrogge, J., & Browse, J. (1995). Lipid biosynthesis. *The plant cell*, 7(7), 957.

Oliveira, P. S. et al. Effects of fish oil and conjugated linoleic acid on egg production, egg quality, and fatty acid composition of egg yolk. *Poultry Science*, v. 83, n. 10, p. 1682-1688, 2004.

Pike, O. A., & Peng, I. C. (1988). Effect of protein disruption by denaturation and hydrolysis

on egg yolk lipid oxidation. *Journal of Food Science*, 53(2), 428-431

Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Donzele, J. L., Gomes, P. C., Oliveira, R. D., Lopes, D. C., ... & Euclides, R. F. (2005). Composição de alimentos e exigências nutricionais. *Tabelas brasileiras para aves e suínos*, 2.

Salami, S. A., Guinguina, A., Agboola, J. O., Omede, A. A., Agbonlahor, E. M., & Tayyab, U. (2016). In vivo and postmortem effects of feed antioxidants in livestock: a review of the implications on authorization of antioxidant feed additives. *Animal*, 10(8), 1375-1390.

Salminen, J. P., Karonen, M., & Sinkkonen, J. (2011). Chemical ecology of tannins: recent developments in tannin chemistry reveal new structures and structure–activity patterns. *Chemistry–A European Journal*, 17(10), 2806-2816.

Shan, X., Xiao, Z., Huang, W., & Dou, S. (2008). Effects of photoperiod on growth, mortality and digestive enzymes in miiuy croaker larvae and juveniles. *Aquaculture*, 281(1-4), 70-76.

Sun, Y. Q., Xin, T. A. O., Men, X. M., Xu, Z. W., & Tian, W. A. N. G. (2017). In vitro and in vivo antioxidant activities of three major polyphenolic compounds in pomegranate peel: Ellagic acid, punicalin, and punicalagin. *Journal of integrative agriculture*, 16(8), 1808-1818.

Watkins, B. A.; C. C. Whitehead and S. R. Duff (1991). Hydrogenated oil decreased tissue concentration of n-6 polyunsaturated fatty acids and may contribute to dyschondroplasia in broilers. *Br.Poul. Sci.*,32:1109-1119.

Windisch, W., & Kroismayr, A. (2006, September). The effects of phytobiotics on performance and gut function in monogastrics. In *World nutrition forum: The future of animal nutrition* (pp. 85-90).

Xavier, H. P. F., Leandro, N. S. M., ARAÚJO, I. C. D. S., OLIVEIRA, H. F. D., Mascarenhas, A. G., Arnhold, E., ... & MELLO, H. H. D. C. (2021). Guava extract as an antioxidant additive in diets of Japanese breeder quails to mitigate the effect of egg storage time on newly hatched quality. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 45(4), 668-677.

Zhao, T., Sun, Q., del Rincon, S. V., Lovato, A., Marques, M., & Witcher, M. (2014).

Gallotannin imposes S phase arrest in breast cancer cells and suppresses the growth of triple-negative tumors in vivo. *PloS one*, 9(3), e92853.

CAPÍTULO 3

ASSOCIAÇÃO DE TANINOS E FONTES LIPÍDICAS VARIADAS SOBRE A SAÚDE DE CODORNAS JAPONESAS E QUALIDADE DOS OVOS EM DIFERENTES PERÍODOS DE ARMAZENAMENTO

Projeto aprovado pela Comissão de Ética no Uso Animal (CEUA/UFGD)

Nº de Protocolo: 20/2022.

Redigido de acordo com as normas do periódico “Revista Brasileira de Zootecnia”

Fator de impacto: 1,000, Percentil: 52% (Scopus), Qualis: A2

RESUMO

O presente estudo teve por objetivo avaliar o uso de tanino hidrolisável em dietas formuladas com diferentes fontes lipídicas na alimentação de codornas japonesas sobre a qualidade de ovos durante o armazenamento, biometria do trato digestivo e reprodutivo, histomorfometria intestinal e o perfil bioquímico do sangue de *Coturnix coturnix japonica*. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 4x2, sendo quatro fontes lipídicas com inclusão ou não de extratos polifenóis base de tanino hidrolisável 0,25 g/kg, com 7 repetições, e 6 codornas por unidade experimental. Foram verificadas as premissas estatísticas de normalidade de resíduos e homogeneidade de variâncias dos dados de desempenho produtivo, qualidade de ovos com uso de testes de Shapiro Wilk. Os resultados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% pelo programa SAS. As diferentes fontes lipídicas, com ou sem tanino, interagem com o tempo para influenciar variáveis como unidade Haugh, altura e diâmetro da gema, altura do albúmen e espessura da casca. O armazenamento impactou o peso do ovo, da gema, do albúmen, a gravidade específica e os índices de gema e albúmen. A adição de tanino aumentou a porcentagem da gema e reduziu a do albúmen. Somente o peso da carcaça vazia foi afetado pelo tanino, apresentando maior peso na ausência do aditivo. A variável AST também interagiu com as fontes lipídicas e o tanino. O tempo de armazenamento foi o principal fator responsável pela redução da qualidade dos ovos de codornas alimentadas com as diferentes fontes lipídicas e tanino. A inclusão de diferentes fontes lipídicas e taninos hidrolisáveis influenciou a qualidade dos ovos de codornas, com o armazenamento afetando negativamente parâmetros como peso e proporções de gema e albúmen.

Palavras chave: Coturnicultura; bioquímico; gema; vida de prateleira

ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the use of hydrolyzable tannin in diets formulated with different lipid sources in the diets of Japanese quails, focusing on egg quality during storage, biometric measurements of the digestive and reproductive tracts, intestinal histomorphometry, and the blood biochemical profile of *Coturnix coturnix japonica*. A completely randomized design was used in a 4x2 factorial scheme, with four lipid sources with or without the inclusion of polyphenol extracts based on hydrolyzable tannin at 0.25

g/kg, with 7 replicates and 6 quails per experimental unit. Statistical assumptions of normality of residuals and homogeneity of variances for productive performance and egg quality data were verified using Shapiro-Wilk tests. The results were subjected to analysis of variance at a 5% probability level, and the means were compared using Tukey's test at a 5% level using SAS software. The use of different alternative lipid sources, with or without the inclusion of hydrolyzable tannin, showed interaction between time and treatment for variables such as Haugh unit, yolk height and diameter, albumen height, and eggshell thickness. Storage independently affected egg weight, yolk weight, albumen weight, specific gravity, and yolk and albumen indices. The inclusion of tannin increased yolk percentage and reduced albumen percentage. In the biometric evaluations, only the weight of the empty carcass was affected by hydrolyzable tannin, showing greater weight without the addition of tannin. Additionally, the AST variable showed an interaction between lipid sources and tannin. Storage time was the main factor in the reduction of egg quality in quails fed different lipid sources associated with tannin.

Keywords: Storage; yolk; quail farming; biochemical.

1. Introdução

Os óleos vegetais incluídos na dieta são ricos em ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs), que constituem em grande parte os lipídeos encontrados na gema do ovo. Por isso, os óleos também desempenham um papel fundamental tanto no desempenho da produção quanto na qualidade dos ovos de aves poedeiras (Świątkiewicz et al., 2020).

É possível modificar a composição de ácidos graxos nos ovos de poedeiras aumentando a presença de PUFAs na dieta das aves, o que proporciona uma fonte de alimento saudável. No entanto, essa modificação pode resultar na oxidação dos PUFAs, causando efeitos adversos. Portanto, a suplementação com antioxidantes naturais, é essencial para evitar esse processo (Botsoglou et al., 2012).

Battestin (2008), se refere aos taninos como sendo um grupo de compostos fenólicos provenientes do metabolismo secundário das plantas que podem ser definidos como polímeros fenólicos solúveis em água que precipitam proteínas. Comumente

chamado de ácido tânico, podem ser divididos em taninos condensados e taninos hidrolisáveis (Liu et al., 2020).

De acordo com De Carvalho et al (2007), o termo "ácido tânico" se refere genericamente a uma combinação de diversos taninos gálicos e pode ser obtido a partir de folhas e galhas de arbustos do gênero *Rhus* (sumagre), das vagens da *Caesalpinia spinosa* (tara) e das galhas de várias espécies de carvalho.

Os taninos hidrolisáveis são reconhecidos como antioxidantes vegetais eficazes. Eles têm a capacidade de se combinar com metais reativos, impedindo a formação de radicais livres que causam danos oxidativos nas membranas celulares e no DNA. Além disso, esses taninos têm a capacidade de eliminar os radicais livres no organismo, neutralizando-os antes que possam causar danos às células (Chambi et al., 2013). Em animais não-ruminantes, tem efeitos positivos na estabilidade da microbiota gastrointestinal e potenciais propriedades antioxidantes (Lau et al., 2003).

A presente pesquisa tem por objetivo avaliar a inclusão de diferentes fontes lipídicas (óleo de soja, gordura de aves, sebo bovino e óleo de peixe) combinadas com a inclusão ou não de extrato vegetal à base de taninos na dieta de codornas japonesas em fase de postura, sobre a qualidade dos ovos armazenados, biometria do trato digestivo e reprodutivo, perfil bioquímico do sangue e histomorfometria intestinal.

2. Material e métodos

Todas as práticas realizadas durante a execução desse experimento foram realizadas de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e aprovadas pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal da Grande Dourados (CEUA-UFGD), sob protocolo 20/2022.

O experimento foi desenvolvido no Setor de Avicultura e Coturnicultura da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, com duração de 84 dias divididos em 3 períodos experimentais de 28 dias cada. Foi utilizado um plantel de 336 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*), com 7 repetições por tratamento e 6 codornas por unidade experimental.

Utilizou-se um delineamento experimental inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4x2, sendo quatro fontes lipídicas com e sem a inclusão de 0,25 g/kg de ração de um extrato vegetal aromatizante de taninos hidrolisáveis e condensados (TAN). As fontes lipídicas utilizadas foram o óleo de soja, gordura de aves, sebo bovino e óleo de peixe. As rações experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja seguindo as recomendações de Rostagno et al. (2017), sendo isoenergéticas e isoproteicas. As rações experimentais foram fornecidas à vontade, duas vezes ao dia, em comedouro de chapa metálica galvanizada, tipo calha, percorrendo toda a extensão das gaiolas, o comedouro foi dividido de acordo com cada tratamento e repetição. A água também foi fornecida à vontade em bebedouro tipo *nipple*. Os animais receberam um programa de luz artificial com manutenção de 16 horas de luz por dia com lâmpadas de *Led*.

Tabela 1. Composição percentual e calculada das dietas experimentais formuladas.

Alimentos	Óleo Soja (OS)	OS + TAN 0,25 g/kg	Sebo bovino (SB)	SB + TAN 0,25 g/kg	Gordura de aves	GA + TAN 0,25 g/kg	Óleo de peixe	OP + TAN 0,25 g/kg
Milho 7,88%	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81	49.81
Soja de soja 45%	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18	33.18
Calcário	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54	7.54
Óleo de soja	4	4	-	-	-	-	-	-
Sebo bovino	-	-	4	4	-	-	-	-
Gordura aves	-	-	-	-	4	4	-	-
Óleo de peixe	-	-	-	-	-	-	4	4
Inerte	3.5	3.47	1.92	1.9	3.37	3.35	3.49	3.47
Amido	-	-	1.57	1.57	0.12	0.12	0.007	0.007
Fosfato Bicálcico	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
Sal comum	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33
DL-Metionina	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
L-Lisina	0.15	0.15	0.15	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15
Min-Aves	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vit-Aves	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
tanino hidrolisado	-	0.025	-	0.025	-	0.025	-	0.025
Total	100	100	100	100	100	100	100	100

Atendimento das exigências nutricionais – Matéria Natural

Nutrientes	Óleo Soja	Sebo Bovino	Gordura de aves	Óleo de peixe
Cálcio %	3.2	3.1996	3.1996	3.1996
EM Aves Kcal/Kg	2800	2800	2800	2800
Fosforo Disponível %	0.3	0.2999	0.2999	0.2999
Fósforo Total %	0.5057	0.5074	0.5074	0.5074
Lisina Total %	1.1636	1.1636	1.1636	1.1639
MET+Cistina Total %	0.7872	0.7872	0.7872	0.7872
Metionina Total %	0.4768	0.4768	0.4768	0.4768
Proteína bruta %	19.2	19.1996	19.1996	19.2
Sódio %	0.15	0.15	0.15	0.15

¹Suplemento vitamínico/Kg de dieta: Ácido Fólico (Min.) 145,4mg; Ácido Pantotênico (Min.) 5.931,6mg; Colina (Min.) 121,8g; Niacina (Min.) 12,9g; Selênio (Min.) 480,0mg; Vitamina A (Min.) 5.000.000,0 UI; Vitamina B12 (Min.) 6.500,0mcg; Vitamina B2 (Min.) 2.000,0mg; Vitamina B6 (Min.) 250,0mg; Vitamina D3 (Min.) 1.850.000,0UI; Vitamina E (Min.) 4.500,0UI; Vitamina K3 (Min.) 918,0mg. ²Suplemento mineral/Kg: Cobre (Min.) 7.000,0mg; Ferro (Min.) 50,0g; Iodo (Min.) 1.500,0mg; Manganês (Min.) 67,5g; Zinco (Min.) 45,6g; ²Antioxidante.

Na tabela 2 estão demonstrados a porcentagem de cada ácido graxo encontrado nas dietas formuladas e o total de ácidos graxos encontrados conforme seu tratamento.

Tabela 2. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nas dietas formuladas.

Tratamentos	C10:0 ¹	C12:0 ²	C14:0 ³	C14:1 ⁴	C16:0 ⁵	C16:1 ⁶	C18:0 ⁷	C18:1w9 ⁸	C18:2w6 ⁹	C18:3w3 ¹⁰	C20:0 ¹¹	C20:1 ¹²	Antioxidantes
Óleo de soja	0.1	0.11	1.75	0.11	23.13	1.73	19.18	46.56	4.9	2.21	0.11	0.11	16.11%
Óleo de soja + TAN	0.1	0.1	1.35	0.1	22.29	1.8	17.19	49.54	5.9	1.41	0.11	0.11	16.05%
Sebo bovino	0.1	0.1	1.19	0.1	25.05	1.69	19.22	46.49	3.91	1.91	0.11	0.13	16.99%
Sebo bovino + TAN	0.1	0.11	1.52	0.11	22.14	1.64	21.19	47.41	3.87	1.69	0.11	0.11	16,36%
Gordura de aves	0.11	0.1	1.48	0.1	27.04	1.59	17.21	48.1	2.88	1.18	0.11	0.1	16.45%
Gordura de aves + TAN	0.16	0.21	1.85	0.1	26.29	1.58	15.07	49.56	3.75	1.2	0.13	0.1	16.67%
Óleo de peixe	0.12	0.1	1.57	0.1	26.33	1.63	17.07	47.53	3.76	1.56	0.13	0.1	17.03%
Óleo de peixe + TAN	0.1	0.1	1.5	0.1	24.48	1.74	17.88	48.44	4.23	1.19	0.13	0.11	17.26%

¹ácido decanoico; ²Ácido laurico; ³Ácido mirístico; ⁴Ácido miristoleico; ⁵Ácido palmítico; ⁶Ácido palmitoleico; ⁷Ácido esteárico; ⁸Ácido oleico (ômega-9); ⁹Ácido linoleico (ômega-6); ¹⁰Ácido α -linolênico (ômega-3); ¹¹Ácido araquidônico; ¹²Ácido eicosenoico.

Tabela 3. Porcentagem de ácidos graxos encontrados nos óleos experimentais

Ácidos graxos	Óleo de peixe	Sebo Bovino	Gordura de aves	Óleo de soja
C10:0 (Ácido Caprílico)	0.12	0.51	0.1	-
C12:0 (Ácido Láurico)	0.41	3.11	0.16	-
C14:0 (Ácido Mirístico)	3.52	6.59	1.49	0.11
C14:1 (Ácido Miristoleico)	0.51	0.1	0.1	0.11
C15:0 (Ácido Pentadecanoico)	0.12	0.1	-	-
C16:0 (Ácido Palmítico)	23.13	25.79	23.05	11.06
C16:1 (Ácido Palmitoleico)	6.73	1.87	5.69	0.11
C17:0 (Ácido Margarico)	1.11	-	-	-
C18:0 (Ácido Esteárico)	9.18	19.19	7.22	4.19
C18:1w9 (Ácido Oleico)	27.14	36.12	40.49	25.41
C18:2w6 (Ácido Linoleico)	7.92	4.91	19.85	50.53
C18:3w3 (Ácido Alfa-linolênico)	5.32	0.88	1.21	8.19
C18:1 w7 (Ácido Vacênico)	6.47	0.51	0.53	0.19
C20:0 (Ácido Araquídico)	0.31	0.1	0.11	0.1
C20:1 (Ácido Gadoleico)	1.11	-	-	-
C20:2 (Ácido Eicosadienoico)	0.41	-	-	-
C20:3w6 (Ácido Dihomo- γ -linolênico)	0.31	-	-	-
C20:3w3 (Ácido Eicosatrienoico)	0.25	-	-	-
C20:4 (Ácido Araquidônico)	2.22	-	-	-
C20:5 w3 (Ácido Eicosapentaenoico)	0.61	-	-	-
C22:0 (Ácido Behenico)	0.54	-	-	-

C22:1 (Ácido Erúico)	0.67	-	-	-
C22:6 (Ácido Docosaenoico)	1.89	-	-	-

As aves foram alojadas em gaiolas de arame galvanizado, com as dimensões de 50 x 50 x 16,5 cm (comprimento x largura x altura), contendo duas divisórias de 25 x 50 cm totalizando 1250 cm². A densidade animal por unidade experimental foi de 156 cm²/ave.

2.1. Qualidade dos ovos de armazenamento

Para isso foram coletados 4 ovos íntegros de 5 repetições por tratamento na última semana do 2 período experimental totalizando 640 ovos, 160 ovos por período.

Para analisar os períodos de armazenamento de 7, 14, 21 e 28 dias. Os ovos foram armazenados em temperatura de 15°C em incubadora BOD. Todos os ovos coletados foram devidamente identificados e pesados em balança de precisão de 0,001g. Após a pesagem, os ovos foram encaminhados para as análises de qualidade.

Gravidade específica

A gravidade específica foi obtida pela imersão dos ovos em solução salina com diferentes densidades, variando de 1,065 a 1,100, em intervalos de 0,005 seguindo a metodologia citada por Castelló et al. (1989). Para cada densidade, foram utilizados baldes de 5 litros, contendo água destilada sendo adicionado sal (NaCl) até atingir a densidade desejada, determinada pelo densímetro da marca Incotem®. Os ovos, previamente identificados, são imersos na solução salina, gradualmente, ou seja, da menor para a maior densidade, até flutuarem, sendo considerada sua gravidade específica.

Coloração da gema

A determinação da colorimetria foi realizada através de um colorímetro Minolta CR-400b, devidamente calibrado com padrões pré-estabelecidos por Bible e Singha

(1993). Para isso, os ovos foram quebrados em uma superfície plana e de coloração branca, evitando interferência do meio. A leitura com o calorímetro foi realizada em três pontos aleatórios na superfície da gema, mantendo sua integralidade. Os resultados observados no equipamento (L^* , a^* e b^*), por meio de refletância, indicam caracterização da coloração da gema com a^* variando do vermelho ($+a^*$) ao verde ($-a^*$), b^* variando do amarelo ($+b^*$) ao azul ($-b^*$) e a luminosidade (L^*) variando do branco ($L = 100$) ao preto ($L = 0$) (Harder et al., 2007).

Altura e diâmetro da gema e altura albúmen

Para as mensurações das alturas e diâmetros foi utilizado um paquímetro com o auxílio de um tripé, sendo medida a altura da gema na região central e a altura do albúmen a 4 mm da gema. Análise essa foi realizada apenas por um indivíduo para ter uma maior acurácia dos dados.

Peso e percentagem da gema, albúmen e casca

A gema foi separada do albúmen para ser pesada individualmente em balança digital. Através de diferença do peso do ovo, descontado o peso da gema e da casca foi obtido o peso do albúmen. As cascas foram lavadas para a retirada de resíduos de albúmen e gema, e secas em estufa 65°C por 72 horas. A porcentagem de casca, gema e albúmen, foram obtidas através da divisão destes componentes pelo peso do ovo e o resultado multiplicado por 100.

Unidade de Haugh

Unidade de Haugh (UH), variável largamente utilizada na determinação da qualidade de ovos, possui relação direta com o peso do ovo (w , g) e a altura do albúmen (h , mm), sendo determinada pela equação 4.

$$UH = 100 \log (h + 7,57 - 1,7w^{0,37})$$

A UH determina que quanto maior o valor encontrado, melhor será a qualidade dos ovos, classificados, de acordo com USDA (2000), em ovos tipo AA (100 até 72), A (71 até 60), B (59 até 30) e C (29 até 0).

Espessura de casca

Após as cascas passarem pelo processo de lavagem e secagem, foi mensurada a espessura de casca, onde com o auxílio de um micrômetro de precisão de 0,001mm da marca Digimess. Realizou-se 3 leituras em pontos diferentes na região centro-transversal da casca, para determinação da média.

Índice de gema

Através do cálculo da relação entre a altura e o diâmetro da gema foi obtido o índice de gema: $YI = YH/YD$, onde:

YI: índice de gema; YH: altura de gema e YD: diâmetro de gema.

2.2. Abate das codornas e coleta de órgãos

Ao final do terceiro período experimental, uma ave de cada unidade experimental foi selecionada e identificada de acordo com o tratamento e a repetição a que pertenciam. As aves foram mantidas em jejum por 12 horas e, em seguida, pesadas para a obtenção do peso vivo (g). Foi realizada a punção intracardíaca para a coleta de material destinado às avaliações bioquímicas. Posteriormente, as aves foram eutanasiadas por deslocamento cervical, sangradas, escaldadas e depenadas manualmente.

Após a eutanásia, as carcaças foram pesadas novamente após a remoção da cabeça, pescoço e pés, utilizando uma balança semi-analítica. Em seguida, foram removidas e pesadas as vísceras, incluindo coração, intestinos, fígado, moela, pró-ventrículo e trato reprodutivo. Para a aferição do peso da moela, foi retirado o alimento presente no órgão, mantendo a membrana coelíaca. O pró-ventrículo, duodeno, jejuno, íleo, ceco e cólon

foram submetidos a uma leve compressão para eliminar o conteúdo interno, sendo então pesada a estrutura limpa. Após a pesagem, os órgãos foram coletados e preservados para avaliação histológica.

2.3. Avaliação histológica

Para o estudo histológico foram coletados segmentos de 2,0 cm do duodeno, do jejunum e do íleo, porções de fígado e coração. Essas porções foram fixadas em solução tamponada de formaldeído a 10% e coradas pelo método de hematoxilina – eosina (Caputo, Gitirana e manso, 2010).

As amostras foram posteriormente clivadas e processadas para inclusão em parafina, procedendo-se cortes histológicos de 5 µm de espessura, os quais foram corados com hematoxilina-eosina e avaliados por microscopia óptica. Após as peças passaram pelo procedimento de diafanização e o emblocamento em parafina. Os blocos de parafina foram cortados em micrótomo rotativo com espessura de 5 micrômetros em 10 cortes transversais e semi-seriados.

As imagens foram obtidas em aumento de cinco vezes, com o auxílio do microscópio óptico Leica DM 4000B acoplado a um microcomputador. As imagens foram analisadas com o auxílio do *software ImageJ*, no qual foi verificado altura de vilo, largura de vilo, profundidade cripta, diâmetro cripta e espessura da camada muscular do vilo, cripta e qualquer possível alteração patológica nos tecidos estudados.

2.4. Perfil bioquímico

Para avaliação do perfil bioquímico do sangue, as amostras foram coletadas por meio de punção intracardíaca de cada ave abatida, em seguida as amostras foram imediatamente centrifugadas para a separação do soro, e então, congeladas a -20° até o momento das análises bioquímicas. Os testes bioquímicos foram processados em

espectrometria (BioPlus 2000) de acordo com o indicado pelo fabricante dos kits comerciais (GoldAnalisa®). Para as análises do lipidograma (colesterol e triglicérides) foram utilizadas amostras de sangue sem anticoagulante, mantidas em frascos plásticos tipo *ependorf* por 1h à temperatura ambiente e centrifugadas a 3500 rpm e 4°C por 15 minutos para separação do soro.

As dosagens foram obtidas por meio da utilização de kits comerciais, sendo as amostras preparadas e analisadas conforme especificações do fabricante. Realizando-se três leituras em espectrofotômetro (Beckman Coulter, DU-800) aves/tratamento, utilizando comprimento de onda de 500nm.

2.5. Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo e qualidade de ovos foram avaliados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk e homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. Foi realizada uma análise de variância utilizando o PROC MIXED do SAS (2014), avaliando-se como efeitos fixo a fonte lipídica, o uso do tanino hidrolisado e suas interações e como efeito aleatório o período experimental. Quando as interações foram significativas realizou-se o teste de Tukey para comparação das médias. Quando apenas observados os efeitos principais realizou-se o teste de Tukey para comparação das médias entre as fontes lipídicas e o teste F para a comparação das médias do efeito do tanino hidrolisado.

Os dados de armazenamento de ovos foram avaliados como medidas repetidas no tempo. Os dias de armazenamento foram considerados para avaliação dos dados como medidas repetidas no tempo e suas interações com os tratamentos. O efeito de ovo, aninhado dentro de cada tratamento, incluído como fator aleatório em todos os modelos (comando RANDOM). Quando o modelo foi significativo as estimativas das diferentes

inclusões dos taninos hidrolisados do tempo ou suas interações, foram submetidas a análise de regressão polinomial. Os modelos para determinação do comportamento das variáveis tiveram como base a significância de cada parâmetro da equação, o valor do coeficiente de determinação e a consonância do nível estimado. Para todas as análises foi considerado o nível de 5% de significância.

3. Resultados

Avaliou-se o efeito do armazenamento de ovos de codornas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes lipídicas e tanino hidrolisado, em cinco períodos (0, 7, 14, 21, 28 dias).

Tabela 4. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem adição de taninos na dieta em diferentes períodos de armazenamento.

Fontes de Variação	Variáveis				
	Peso do ovo (g)	Peso gema (g)	Peso Albumen	Peso Casca (g)	Gravidade específica
Gordura de Aves	10.44ab	3.705ab	5.847	0.890ab	1.0653
Óleo de peixe	10.44ab	3.768a	5.792	0.880b	1.0654
Sebo bovino	10.61a	3.777a	5.915	0.918a	1.0655
Óleo de soja	10.27b	3.627b	5.774	0.875b	1.0657
TAN ¹ +	10.41	3.745	5.783	0.885	1.0654
TAN -	10.47	3.693	5.881	0.896	1.0656
0	11.008	3.585	6.523	0.899	1.0674
7	10.642	3.634	6.111	0.896	1.0650
14	10.406	3.737	5.795	0.873	1.0650
21	10.132	3.786	5.456	0.888	1.0650
28	10.027	3.854	5.276	0.896	1.0650
Interações					
Probabilidades					
Fonte	0.0136	0.0050	0.2898	0.0018	0.5328
TAN	0.4256	0.1139	0.0844	0.1897	0.3590
Fonte*TAN	0.3916	0.1915	0.8426	0.1061	0.6455
Armazenamento	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2803	<0.0001
Fon*Arm	0.1663	0.5277	0.4051	0.1080	0.3739
TAN*Arm	0.3392	0.3689	0.4259	0.5779	0.5882
Arm*TAN*Fon	0.6790	0.6279	0.5502	0.8838	0.7309
EPM ²	0.043	0.017	0.043	0.001	0.0001
Regressões polinomiais					
Variável	P-Valor	Efeito	Equações	r ²	
Peso Ovo (g)	<0.0001	Lin	y=-0.03596x+10.95142	0.3287	
Peso Gema (g)	<0.0001	Lin	y=0.00983x+3.58241	0.1479	
Peso Albumen (g)	<0.0001	Lin	y=-0.04552x+6.47385	0.5651	
Gravidade Específica	<0.0001	Quad	y=0.00000729x ² -0.00027696x+1.06725	0.4336	

¹Adição de 0,25 g/kg de taninos; ²Erro padrão da média;

Para a variável de peso do ovo, peso da gema, peso do albúmen e gravidade específica houve efeito isolado de armazenamento. Para peso de ovos houve efeito linear negativo, ou seja, a medida que aumentou o tempo de armazenamento, diminuiu o peso do ovo (Tabela 4). Para a variável de peso do albúmen, houve efeito linear negativo, ou seja, a medida que aumentou o tempo de armazenamento, diminuiu o peso do albúmen. Para o peso da gema, houve efeito linear positivo, à medida que aumentou o tempo de

armazenamento, aumentou o peso da gema. Para a variável de gravidade específica apresentou efeito quadrático positivo, ou seja, a medida que aumentou o tempo de armazenamento a gravidade específica tende a diminuir ate estabilizar.

Houve efeito isolado da fonte, no qual o sebo apresentou maior peso do ovo comparado ao óleo de soja, porem a gordura de aves e o óleo de peixe não diferiram de ambos. Para a variável de peso da gema, o sebo bovino e o óleo de peixe apresentaram maior peso quando comparado ao óleo de soja. O mesmo efeito foi observado para a variável de peso da casca, onde o sebo bovino apresentou maior peso da casca comparado com o óleo de soja que não diferiu das demais fontes analisadas.

Para as variáveis porcentagem de gema e índice de gema, houve efeito isolado de armazenanto com efeito linear positivo, ou seja, a medida que aumentou o tempo de armazenamento a porcentagem de gema e o índice de gema aumentaram (Tabela 5). Para a variável de porcentagem de albúmen, houve efeito linear negativo para tempo de armazenamento. Houve efeito isolado de tempo para a variável de porcentagem de casca com efeito quadrativo positivo para tempo de armazenamento.

Houve efeito isolado do tanino utilizado para as variavés de porcentagem de gema e porcentagem de albúmen. Para a variável de porcentagem de gema, os tratamentos que tiveram o tanino hidrolisado nas dietas obtiveram maiores porcentagem de gema. Para a variável de porcentagem de albúmen, os tratamentos sem a utilização do tanino apresentaram maior porcentagem de albúmen.

Tabela 5. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino hidrolisado na dieta em diferentes períodos de armazenamento.

Fontes de Variação	Variáveis				
	% Gema	% Albúmen	% Casca	Unidade Haugh	Índice de Gema
Gordura de Aves	36.632	55.889	8.864	78.767	0.363b
Óleo de peixe	36.175	55.293	8.610	78.761	0.366b
Sebo bovino	35.945	55.695	8.711	79.397	0.369b
Oleo de soja	35.398	56.075	8.498	82.683	0.386a
TAN ¹ +	36.195a	55.075b	8.584	79.915	0.370
TAN -	35.38b	56.060a	8.668	79.889	0.372
0	32.718	59.248	8.535	84.009	0.472
7	34.225	57.421	8.452	81.962	0.419
14	35.845	55.671	8.416	78.675	0.372
21	37.566	53.820	8.755	77.305	0.309
28	38.584	52.528	8.971	77.559	0.284
Interações					
Probabilidades					
Fonte	0.2219	0.3054	0.1823	<0.0001	<0.0001
TAN	0.0043	0.0353	0.2602	0.9374	0.5796
Fonte*TAN	0.9042	0.4370	0.9442	0.5604	0.3696
Armazenamento	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fon*Arm	0.8762	0.8339	0.5752	<0.0001	0.1380
TAN*Arm	0.6027	0.6286	0.3805	0.1885	0.7272
Arm*TAN*Fon	0.2892	0.4232	0.5016	0.5646	0.6840
EPM ²	0.204	0.225	0.038	0.287	0.005
Regressões polinomiais					
Variável	P-Valor	Efeito	Equações	r ²	
% Gema	<0.0001	lin	y=0.21584x+32.76277	0.5395	
% Albúmen	<0.0001	Lin	y=-0.24438x+59.16607	0.568	
% Casca	0.0017	Quad	y=0.00142x ² -0.02307x+8.53165	0.1192	
Índice de Gema	<0.0001	Lin	y=0.46954-0.00698x	0.8852	

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ¹ Adição de 0,25 g/kg de taninos; ² Erro padrão da média;

Tabela 6. Variáveis de qualidade de ovos de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem tanino na dieta em diferentes períodos de armazenamento.

Fontes de Variação	Variáveis						
	Altura Gema	Altura Albúmen	Diâmetro gema	Espessura casca	L	a	b
Gordura de Aves	8.318	2.672	23.577	0.186	56.933	-2.549	41.198
Óleo de peixe	8.391	2.624	23.460	0.185	57.062	-2.702	39.65
Sebo bovino	8.543	2.794	23.721	0.190	56.651	-2.508	40.041
Óleo de soja	8.69	3.179	22.792	0.190	56.598	-2.697	39.714
TAN +	8.489	2.827	23.517	0.188	56.834	-2.683	39.851
TAN -	8.482	2.808	23.258	0.188	56.788	-2.544	39.951
0	9.872	3.520	21.777	0.158	55.593	-2.925	36.848
7	9.341	3.133	22.394	0.207	57.427	-2.711	36.826
14	8.614	2.620	23.258	0.191	57.845	-2.667	39.951
21	7.539	2.385	24.617	0.190	57.031	-2.419	43.294
28	7.106	2.430	24.892	0.192	56.159	-2.348	42.584
Interações							
Probabilidades							
Fonte	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1016	0.3340	0.2288	0.3944
TAN	0.8994	0.6772	0.0651	0.6676	0.8254	0.0932	0.7083
Fonte*TAN	0.0382	0.3709	0.8746	0.5461	0.2596	0.4874	0.8373
Armazenamento	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Fon*Arm	0.0227	<0.0001	0.0028	<0.0001	0.4250	0.0726	0.7468
TAN*Arm	0.3606	0.1496	0.3137	0.8709	0.8542	0.2606	0.5143
Arm*TAN*Fon	0.3795	0.3867	0.0594	0.4749	0.7554	0.8930	0.2679
EPM	0.078	0.042	0.114	0.001	0.116	0.042	0.228
Desdobramentos							
	TAN	Gordura aves	óleo Peixe	Sebo bovino	óleo de soja		
Altura gema	TAN+	8.201Ab	8521Aab	8.532Aab	8.704Aa		
	TAN-	8.434Aab	8.262Ab	8.554Aab	8.677Aa		
Regressões polinomiais							
Variável	P-Valor	Efeito	Equações		r²		
Altura Gema (G.Ave)	<0.0001	Lin	y=9.80582-0.10652x		0.8261		
Altura Gema (O.Peixe)	<0.0001	Lin	y=10.04002-0.11847x		0.8477		
Altura Gema (Sebo B.)	<0.0001	Lin	y=9.89913-0.09763x		0.8626		
Altura Gema (O.Soja)	<0.0001	Lin	y=9.91169-0.08743x		0.8456		
Altura Albumen (G.Ave)	<0.0001	Quad	y=3.61405+0.00141x²-0.0971x		0.7515		
Altura Albumen (O.Peixe)	<0.0001	Quad	y=3.43289+0.00169x²-0.09336x		0.7467		
Altura Albumen (Sebo B.)	<0.0001	Lin	y=3.56916-0.05537x		0.7671		
Altura Albumen (O.Soja)	<0.0001	Quad	y=3.58679+0.00321x²-0.09678x		0.3919		
Diâmetro Gema (G.Ave)	<0.0001	Lin	y=21.70224+0.13476x		0.7488		
Diâmetro Gema (O.Peixe)	<0.0001	Lin	y=21.83011+0.11723x		0.6233		
Diâmetro Gema (Sebo B.)	<0.0001	Lin	y=21.66274+0.14750x		0.7407		
Diâmetro Gema (O.Soja)	0.0002	Lin	y=21.65645+0.08060x		0.2353		

Espeçsura Casca (G.Ave)	<0.0001	Quad	$y=0.16368-0.00017339x^2+0.00522x$	0.4275
Espeçsura Casca (O.Peixe)	<0.0001	Quad	$y=0.16474-0.00015655x^2+0.00477x$	0.4637
Espeçsura Casca (Sebo B.)	<0.0001	Quad	$y=0.16288-0.00012086x^2+0.00449x$	0.4866
Espeçsura Casca (O.Soja)	<0.0001	Lin	$y=0.17110+0.00133x$	0.3745
L	<0.0001	Quad	$y=55.86383-0.00977x^2+0.28539x$	0.2419
a	<0.0001	Lin	$y=-2.90454+0.02030x$	0.1078
b	<0.0001	Lin	$y=36.40503+0.25342x$	0.5982

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ¹ Adição de 0,25 g/kg de taninos; ² Erro padrão da média;

Para as variáveis de altura da gema, altura do albúmen, diâmetro da gema e espessura da casca houve efeito de interação entre a fonte e o tempo de armazenamento (tabela 6). Houve efeito de interação entre a fonte e o tanino utilizado, independente da utilização ou não do aditivo, quando comparadas as fontes lipídicas, o óleo de soja proporcionou maior valor. Desdobrando-se as interações para a altura da gema, dos ovos das aves alimentadas com as diferentes fontes lipídicas, apresentaram efeito linear positivo para o tempo de armazenamento para todas as fontes.

Para a variável de altura de albúmen, a gordura de aves, óleo de soja e o óleo de peixe apresentaram efeito quadrático positivo para armazenamento, já a inclusão de sebo bovino apresentou efeito linear positivo. Para a variável de diâmetro da gema, apresentou interação linear positiva para o tempo de armazenamento, à medida que aumentou o tempo de armazenamento o diâmetro da gema tendeu a aumentar. Para a espessura da casca houve efeito quadrático positivo para o tempo de armazenamento para as fontes de gordura de aves, óleo de peixe e sebo bovino e efeito linear positivo para o óleo de soja. Quando analisada as variáveis de colorimetria das gemas, por meio de refletância as variáveis a^* , b^* e L^* apresentaram efeito isolado para tempo de armazenamento. A variável a^* apresentou efeito linear negativo, a variável b^* apresentou efeito linear positivo e a variável L^* apresentou efeito quadrático positivo para tempo de armazenamento.

Para as avaliações biométricas, houve diferença apenas para carcaça vazia com efeito isolado da utilização do tanino hidrolisado, onde o peso da carcaça vazia apresentou maior valor (117,93g) para a não utilização do tanino. As demais variáveis como oviduto, tamanho do oviduto e peso relativo dos órgãos não foram observadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 7). Bem como nenhuma das variáveis histológicas do intestino

apresentaram efeitos significativos (Tabela 8).

Tabela 7. Biometria de órgãos de codornas japonesas alimentadas com diferentes fontes lipídicas, com e sem inclusão de taninos.

Variável	TAN ¹	Fontes lipídicas				Média	EPM ²	Probabilidades		
		Gordura Aves	Óleo de peixe	Sebo bovino	Óleo de soja			Fonte	TAN	F*T
Intestino (cm)	Com	61.642	63.300	62.166	61.611	62.177				
	Sem	63.314	60.857	61.171	62.214	61.188	0.842	0.9908	0.8729	0.8547
	Média	62.478	62.078	61.669	61.907	62.033				
Duodeno (cm)	Com	11.071	11.671	11.066	10.871	11.170				
	Sem	11.357	10.642	10.714	10.571	10.821	0.23	0.8732	0.4735	0.8133
	Média	11.214	11.157	10.890	10.721	10.996				
Oviduto (cm)	Com	25.514	24.571	23.250	24.228	24.391				
	Sem	25.914	26.414	26.000	23.571	25.475	0.492	0.5590	0.2877	0.6470
	Média	25.714	25.429	24.625	23.900	24.917				
Peso vivo (g)	Com	177.000	181.000	176.170	183.290	179.360				
	Sem	181.860	180.140	171.860	183.860	179.430	1.613	0.2420	0.9841	0.8032
	Média	179.430	180.570	174.010	183.570	179.395				
Carcaça cheia (g)	Com	154.29	158.570	151.500	162.430	156.700				
	Sem	160.570	157.710	160.140	160.000	159.610	1.205	0.4596	0.2321	0.3053
	Média	157.430	158.140	155.820	161.210	158.150				
Carcaça vazia (g)	Com	112.430	114.570	109.600	117.140	113.44B				
	Sem	118.000	114.290	120.000	119.430	117.93A	1.079	0.5491	0.04	0.3521
	Média	115.210	114.430	114.800	118.290	115.680				
Fígado (%)	Com	2.470	2.520	2.525	2.441	2.489				
	Sem	2.414	2.747	3.068	2.490	2.680	0.06	0.1201	0.1009	0.2902
	Média	2.442	2.634	2.796	2.465	2.584				
Coração (%)	Com	0.760	0.752	0.736	0.704	0.738				
	Sem	0.662	0.798	0.712	0.682	0.714	0.013	0.1447	0.3563	0.2762
	Média	0.711	0.775	0.724	0.693	0.726				
Moela (%)	Com	2.300	2.215	2.318	2.338	2.293				
	Sem	2.198	2.276	2.226	2.060	2.190	0.037	0.9253	0.1853	0.4742
	Média	2.249	2.245	2.272	2.199	2.241				
Proventrículo (%)	Com	0.538	0.524	0.512	0.524	0.524				
	Sem	0.487	0.532	0.528	0.441	0.497	0.011	0.5208	0.2412	0.3641
	Média	0.512	0.528	0.520	0.483	0.511				
Duodeno (%)	Com	1.332	1.268	1.291	1.354	1.311				
	Sem	1.264	1.190	1.452	1.053	1.240	0.035	0.3489	0.3110	0.1625

	Média	1.298	1.229	1.372	1.203	1.276				
Jejuno+íleo(%)	Com	1.511	1.515	1.604	1.883	1.628				
	Sem	1.597	1.594	1.987	1.526	1.676	0.048	0.1981	0.6092	0.0545
	Média	1.554	1.554	1.796	1.704	1.652				
Cecos (%)	Com	1.504	1.607	1.515	1.589	1.554				
	Sem	1.593	1.653	1.444	1.384	1.519	0.031	0.3176	0.5819	0.3423
	Média	1.549	1.630	1.480	1.487	1.537				
Oviduto (%)	Com	3.480	4.087	3.638	3.414	3.655				
	Sem	3.954	3.740	4.215	3.453	3.841	0.077	0.0718	0.2047	0.1011
	Média	3.717	3.914	3.927	3.434	3.748				
Ovário (%)	Com	3.558	3.474	3.451	3.592	3.519				
	Sem	3.150	3.863	4.290	4.100	3.851	0.156	0.645	0.3048	0.5695
	Média	3.354	3.669	3.870	3.846	3.685				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ¹ Adição de 0,25 g/kg de taninos; ² Erro padrão da média;

Tabela 8. Medidas histológicas do segmento duodeno de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de taninos.

Variável	TAN ¹	Fonte				Média	EPM ²	Probabilidades		
		Gordura Aves	Óleo de peixe	Sebo bovino	Óleo de soja			Fonte	TAN	F*T
Altura Vilo (duodeno)	Com	1506.2	1502.1	1324.1	1190.7	1380.8	55.733	0.6542	0.1612	0.0571
	Sem	1277.2	1330.0	1769.8	1703.0	1520.0				
	Média	1391.7	1416.1	1547.0	1446.8	1450.4				
Altura Vilo (jejuno)	Com	899.2	1016.3	1003.4	1032.7	987.9	41.178	0.2508	0.8600	0.4987
	Sem	728.7	885.5	1177.5	1095.3	971.7				
	Média	813.9	950.9	1090.4	1064.0	979.8				
Altura Vilo (íleo)	Com	886.0	732.0	847.1	801.9	816.7	21.212	0.7928	0.0544	0.3121
	Sem	710.6	787.1	721.3	654.1	718.3				
	Média	798.3	759.6	784.2	728.0	767.5				
Largura Vilo (duodeno)	Com	219.7	155.6	198.2	188.5	190.5	7.063	0.2680	0.6421	0.4451
	Sem	195.3	180.2	164.3	195.4	183.8				
	Média	207.5	167.9	181.3	192.0	187.2				
Largura Vilo (jejuno)	Com	158.7	146.1	151.0	158.5	153.6	4.687	0.6035	0.2834	0.6873
	Sem	151.9	154.4	184.4	169.7	165.1				
	Média	155.3	150.2	167.7	164.1	159.3				
Largura Vilo (íleo)	Com	148.8	152.5	162.6	152.0	154.0	11.92	0.6284	0.4994	0.8217
	Sem	151.1	141.9	214.4	179.3	171.7				
	Média	150.0	147.2	188.5	165.7	162.8				
Diâmetro Cripta (duodeno)	Com	78.0	73.8	79.4	78.9	77.5	1.673	0.8883	0.5323	0.9562
	Sem	79.8	79.2	79.0	81.6	79.9				
	Média	78.9	76.5	79.2	80.2	78.7				
Diâmetro Cripta (Jejuno)	Com	72.9	66.6	76.2	71.1	71.7	1.683	0.3611	0.8121	0.4081
	Sem	64.5	68.7	72.8	77.6	70.9				
	Média	68.7	67.7	74.5	74.4	71.3				
Diâmetro Cripta (Íleo)	Com	65.9	57.2	66.1	67.1	64.1	2.158	0.9846	0.8902	0.5241
	Sem	59.1	69.2	64.4	60.6	63.3				
	Média	62.5	63.2	65.2	63.8	63.7				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de

Tukey a 5% probabilidade. ¹ Adição de 0,25 g/kg de taninos; ² Erro padrão da média

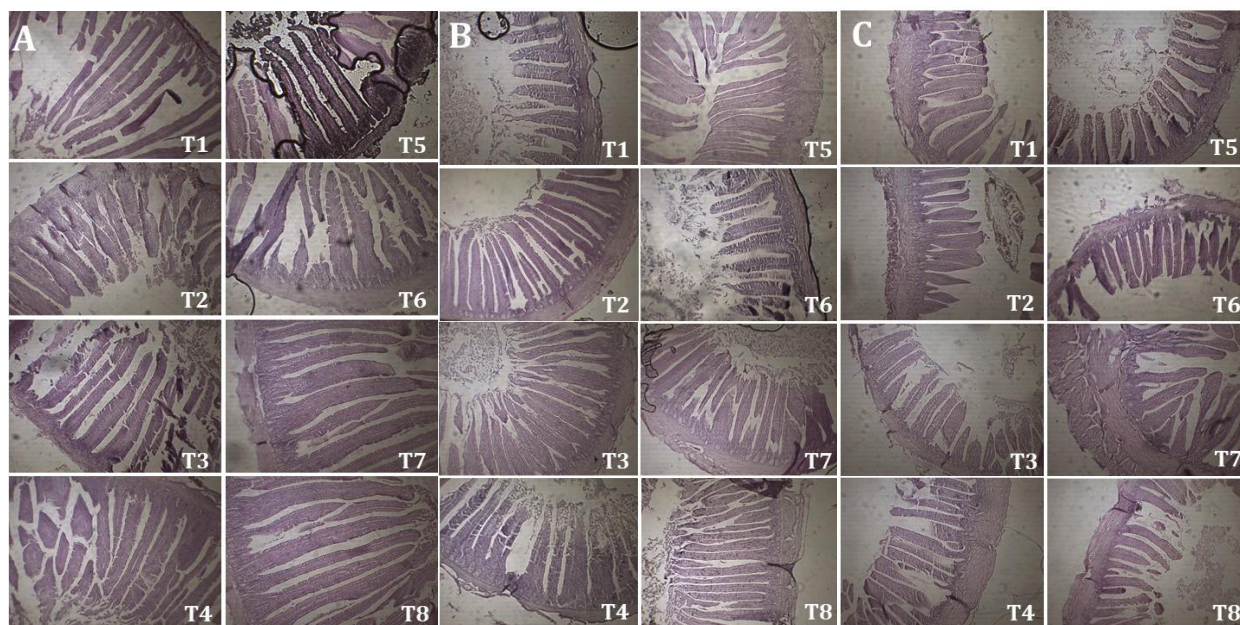


Figura 3. Histologia do intestino delgado de codornas japonesas (A) duodeno, (B) jejuno, (C) íleo, amplificação x10

A utilização de diferentes fontes lipídicas alternativas, com e sem inclusão de tanino hidrolisado apresentaram interação na variável AST. Já as demais variáveis como ácido úrico, albumina, ALT, colesterol, glicose, proteína sérica e triglicerídeos não apresentaram diferenças significativas (Tabela 9).

Em relação ao AST (aspartato aminotransferase) em dietas com taninos, quando comparada as fontes lipídicas, o sebo bovino proporcionou maiores valores. Já o óleo de soja proporcionou o menor valor. Nas dietas sem aditivo o óleo de soja apresentou maior valor, já o sebo bovino o menor valor. Quando comparada a inclusão do tanino hidrolisado em cada uma das fontes, foi observado diferenças estatísticas apenas para o sebo bovino e o óleo de soja.

Em relação ao AST em dietas com tanino hidrolisado, quando comparada as fontes lipídicas, o sebo bovino proporcionou maiores valores. Já o óleo de soja proporcionou o menor valor. Nas dietas sem o aditivo o óleo de soja apresentou maior valor, já o sebo bovino o menor valor. Quando comparada a inclusão do tanino hidrolisado em cada uma das fontes, foi observado diferenças estatísticas apenas para o sebo bovino e o óleo de soja.

Tabela 9. Perfil bioquímico do sangue de codornas alimentadas com diferentes fontes lipídicas com e sem inclusão de taninos na dieta.

Variável	TAN ¹	Fontes lipídicas				Média	EPM ²	Probabilidades		
		Gordura Aves	Óleo de peixe	Sebo bovino	Óleo de soja			Fonte	TAN	F*T
Ácido úrico	Com	1.557	2.314	2.471	2.457	2.200	0.144	0.9132	0.3216	0.174
	Sem	2.900	2.700	2.242	2.116	2.489				
	Média	2.228	2.507	2.357	2.286	2.345				
Albumina	Com	0.714	0.928	0.866	1.042	0.888	0.037	0.9240	0.7856	0.0833
	Sem	1.000	0.800	0.871	0.800	0.867				
	Média	0.857	0.864	0.869	0.921	0.878				
ALT	Com	2.714	3.428	3.857	4.666	3.666	0.332	0.5433	0.0504	0.3106
	Sem	5.285	5.857	3.571	5.166	4.970				
	Média	4.000	4.642	3.714	4.916	4.318				
AST	Com	121.14Ab	126.29Ab	184.86Aa	115.86Bb	137.040	6.681	0.5477	0.7531	0.0232
	Sem	126.29Ab	138.67Aab	113.43Bb	153.67Aa	133.010				
	Média	123.710	132.480	149.140	134.760	135.023				
Colesterol	Com	48	70.714	78.666	95.142	73.131	5.478	0.3418	0.6221	0.6674
	Sem	75.000	79.333	74.142	86.166	78.660				
	Média	61.500	75.023	76.404	90.654	75.596				
Glicose	Com	155.430	159.330	174.500	191.000	170.070	5.504	0.9265	0.8055	0.1706
	Sem	169.330	184.430	165.140	150.500	167.350				
	Média	162.380	171.880	169.820	170.750	168.708				
Proteína sérica	Com	1.357	1.583	1.550	1.666	1.539	0.072	0.9652	0.8885	0.2038
	Sem	1.916	1.842	1.700	1.733	1.798				
	Média	1.636	1.713	1.625	1.700	1.666				
Triglicerídeos	Com	259.430	283.500	369.670	308.830	305.350	7.698	0.4211	0.4716	0.1496
	Sem	377.170	368.860	456.330	522.670	431.250				
	Média	318.300	326.180	413.000	415.750	368.300				

Letras maiúsculas e iguais na coluna e letras minúsculas e iguais na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% probabilidade. ¹ Adição de 0,25 g/kg de taninos; ² Erro padrão da média

4. Discussão

Após a postura do ovo, a água e os gases começam a difundir-se através dos poros da casca, provocando alterações internas que afetam a qualidade do ovo ao longo do tempo de armazenamento. A deterioração da qualidade é causada pela perda de água e dióxido de carbono através dos poros da casca, resultando na concentração de água na gema quando os ovos são armazenados por períodos prolongados. Esse fenômeno é fortemente influenciado pela temperatura de armazenamento (Pissinati et al., 2014). Em termos técnicos, observa-se uma

redução na porcentagem de albumen e no peso total do ovo, enquanto o peso da gema aumenta devido à transferência de água do albumen para a gema. Essas mudanças são diretamente dependentes das condições térmicas e da duração do armazenamento.

Neste estudo, todos os parâmetros de qualidade dos ovos, com exceção do peso da casca, foram influenciados pelo tempo de armazenamento. Com o prolongamento do período de armazenamento, observou-se uma redução no peso total dos ovos, na porcentagem de albumen e na unidade Haugh, enquanto o peso da gema e a porcentagem de gema aumentaram. Adamski et al. (2017) relataram que, durante o armazenamento, houve uma diminuição no peso do albumen e um aumento no volume da gema. Resultados semelhantes foram obtidos por Kralik et al. (2021), que observaram uma redução no peso dos ovos, um aumento na porcentagem da gema e uma diminuição na porcentagem de albumen com o aumento do tempo de armazenamento.

Observou-se um efeito isolado da fonte lipídica, com aumento no peso dos ovos e na gema quando se utilizou sebo bovino e óleo de peixe. Resultados similares foram reportados por Bragg et al. (1973), que indicaram que a inclusão de 2% de sebo bovino nas rações de poedeiras resultou em aumento do peso das gemas em comparação com o uso de óleo de soja. Esse fenômeno foi atribuído à maior ingestão energética, que melhorou a conversão alimentar e o peso dos ovos.

A altura do albumen e a unidade Haugh foram influenciadas pela fonte lipídica utilizada, com o óleo de soja mostrando um efeito isolado positivo sobre esses parâmetros. O ácido linoleico, presente no óleo de soja, promove a produção de triacilgliceróis e lipoproteínas no fígado das aves, que são secretadas e transportadas para os ovários, auxiliando no desenvolvimento dos folículos

ovarianos (Wang et al., 2019). Whitehead et al. (1993) relataram que a síntese de triglicerídeos e lipoproteínas de baixa densidade no fígado, junto com a produção de albumina no oviduto, é regulada pelo estradiol, e a inclusão de ácidos graxos, especialmente o ácido linoleico, pode influenciar o aumento do peso do ovo e a altura do albumen. A unidade Haugh, que reflete diretamente o peso do ovo e a altura do albumen, também é afetada por esses fatores.

Conforme o período de armazenamento aumenta, a gravidade específica dos ovos tende a diminuir, conforme demonstrado por Santos et al. (2009). Essa redução é atribuída à perda de água por evaporação, o que resulta no aumento gradual da câmara de ar interna do ovo. Esses resultados estão de acordo com o estudo, que observou uma diminuição na gravidade específica com o aumento do tempo de armazenamento.

A unidade Haugh é uma medida crucial da qualidade do ovo, relacionada à qualidade do albumen e usada para estimar a qualidade geral dos ovos (Haugh, 1937). No presente estudo, o óleo de soja apresentou a maior unidade Haugh entre as diferentes fontes lipídicas testadas. Com o aumento do tempo de armazenamento, observou-se uma diminuição na unidade Haugh. No entanto, todos os ovos mantiveram qualidade excelente, conforme Oliveira (1992), que considera ovos com 72 unidades Haugh como de excelente qualidade segundo o padrão americano de classificação. O menor valor de unidade Haugh encontrado foi de 77 unidades para os grupos armazenados por 21 e 28 dias. Resultados semelhantes foram observados por Barbosa et al. (2004), que relataram uma redução linear nas unidades Haugh com o aumento do tempo de armazenamento.

Taninos, quando administrados adequadamente na dieta das aves, podem oferecer efeitos benéficos, incluindo ação antioxidante e melhorias na qualidade dos

ovos. Estudos demonstram que taninos podem atuar como antioxidantes naturais, protegendo as aves contra estresse oxidativo e melhorando a saúde geral, o que pode impactar positivamente a qualidade dos ovos. Freitas et al. (2013) confirmaram que o uso de antioxidantes sintéticos ou extratos etanólicos de manga não afeta o desempenho das matrizes, mas melhora a qualidade do albumen e a estabilidade lipídica dos ovos. Adicionalmente, Viveros et al. (2011) indicaram que taninos podem modular a microbiota intestinal, promovendo uma flora intestinal mais saudável, o que pode resultar em melhor absorção de nutrientes e, consequentemente, em ovos de melhor qualidade.

A formação do ovo em aves depende fortemente da disponibilidade de nutrientes na dieta. No presente estudo, observou-se uma diferença significativa na porcentagem de gema e albumen com a inclusão de taninos. Esses efeitos podem estar relacionados à capacidade dos taninos de melhorar a absorção e a utilização de nutrientes essenciais durante a formação do ovo.

Os taninos têm a capacidade de se complexar com proteínas e outras macromoléculas, o que pode ser benéfico ou prejudicial, dependendo da quantidade consumida e da espécie animal. Os complexos formados entre taninos e proteínas são geralmente instáveis, com ligações químicas que são continuamente quebradas e refeitas. Essas ligações incluem: 1) ligações de hidrogênio (reversíveis e dependentes do pH) entre o radical hidroxila do grupo fenol e o oxigênio do grupo amida das proteínas; 2) ligações hidrofóbicas (reversíveis e dependentes do pH) entre o anel aromático e a região hidrofóbica da proteína; 3) ligações iônicas (reversíveis) entre o íon fenolato e o sítio catiônico da proteína (exclusivas para taninos hidrolisáveis); e 4) ligações covalentes (irreversíveis), resultantes da oxidação de polifenóis que geram quinonas que reagem e se condensam com grupos

nucleofílicos das proteínas (Frutos et al., 2004). Esses mecanismos podem explicar a menor porcentagem de albumen observada com a utilização de taninos.

Foi observada uma interação significativa entre os tratamentos para a variável AST. Observou-se que a adição de óleo de soja sem tanino resultou em maior concentração dessa enzima. Os parâmetros bioquímicos são indicativos da saúde das aves, com as aspartato aminotransferases (AST) sendo amplamente utilizadas para determinar possíveis lesões hepáticas (Schmidt et al., 2017). O estresse pode aumentar os níveis plasmáticos de ALT e AST, sendo que níveis elevados dessas enzimas são indicativos de dano hepático devido ao estresse oxidativo (Al-Gubory et al., 2010). Estudos anteriores mostraram que extratos de romã ricos em ácido elágico diminuem significativamente os aumentos nos níveis de ALT e AST em condições de dano hepático (Zou et al., 2014; Yassein et al., 2015). Neste estudo, não foram observadas diferenças significativas nos níveis de ALT; no entanto, o uso do aditivo antioxidante à base de taninos hidrolisáveis resultou em uma diminuição dos níveis analisados.

Aqui está a reescrita do último parágrafo para que se relacione melhor com o primeiro:

Ahmed et al. (2015) relataram que a inclusão de sebo na dieta de animais pode elevar progressivamente os níveis de triglicerídeos e colesterol, aumentando o risco de lesões hepáticas e, consequentemente, os níveis de AST. No presente estudo, observou-se um aumento na enzima AST associado ao uso de óleo de soja, sugerindo que este incremento possa estar relacionado ao aumento de colesterol, HDL e LDL. Essa elevação sobrecarrega o metabolismo lipídico, potencializando lesões hepáticas e a produção de AST para metabolizar esses compostos (Monfaredi et al., 2011).

Valentim (2023) não identificou alterações significativas nos níveis enzimáticos de ALT e AST, bem como nos níveis de colesterol e triglicerídeos, ao utilizar diferentes dietas contendo óleos de soja, girassol, milho, algodão e canola. Esses resultados sugerem que a inclusão de óleos vegetais não exerce efeitos adversos diretos sobre a saúde das codornas japonesas, mantendo os níveis de AST dentro dos parâmetros normais. Em aves, a atividade normal da AST é considerada inferior a 275 U/L, com elevações moderadas observadas em torno de 350 U/L. Valores acima de 800 U/L, especialmente quando acompanhados por biliverdinúria ou biliverdinemia, são indicativos de dano hepatocelular grave (Thrall et al., 2012).

A literatura sobre os parâmetros bioquímicos em dietas para codornas e sua relação com o uso de antioxidantes e óleos é ainda limitada, sendo necessária uma investigação mais aprofundada sobre os parâmetros de ALT e AST. Polifenóis contribuem para a redução da síntese de colesterol em monogástricos, afetando o metabolismo lipídico no fígado, e a fração do ácido gálico presente no extrato de tanino de castanha pode desempenhar um papel inibitório na biossíntese e absorção de colesterol (Kobayashi et al., 2014). Minieri et al. (2016) relataram uma redução no teor de colesterol em ovos. Neste estudo, observou-se uma redução no teor de colesterol nos tratamentos com gordura de aves e óleo de peixe contendo tanino hidrolisável, embora essa redução não tenha sido significativa.

5. Conclusões

A análise dos efeitos das diferentes fontes lipídicas e do tanino nas dietas de codornas japonesas revelou informações importantes sobre a qualidade dos ovos e a saúde das aves. O armazenamento prolongado influenciou a qualidade dos ovos, levou a uma diminuição na gravidade específica e na unidade Haugh, com uma

menor porcentagem de albumen e maior peso da gema. O uso de taninos na dieta mostrou potencial para melhorar a qualidade dos ovos e modular a absorção de nutrientes, embora os efeitos sobre os parâmetros bioquímicos, como os níveis de AST e colesterol, não tenham sido totalmente conclusivos. Esses achados destacam a importância da escolha adequada dos ingredientes da dieta e a necessidade de mais estudos para entender plenamente o impacto dos taninos e das fontes lipídicas na saúde e na produção de ovos em codornas.

Referências bibliográficas

Adamski, M., Kuzniacka, J., Czarnecki, R., Kucharska-Gaca, J., & Kowalska, E. (2017). Variation in egg quality traits depending on storage conditions. *Pol. J. Natl. Sci*, 32, 39-47.

Ahmed, S., Khatun, M., Islam, M. M., Islam Khan, M. K., Mahmud, S. M., Al Noman, M. A., & Islam, M. Z. (2015). Effect of beef tallow on growth performance, carcass characteristics, meat composition, and lipid profile of growing lambs. *Journal of Advanced Veterinary & Animal Research*, 2(3).

Al-Gubory, K. H., Fowler, P. A., & Garrel, C. (2010). The roles of cellular reactive oxygen species, oxidative stress and antioxidants in pregnancy outcomes. *The international journal of biochemistry & cell biology*, 42(10), 1634-1650.

Barbosa, N. A. A., Freitas, E. R., Sakomura, N. K., & Wada, M. T. (2004). Efeito da temperatura e do tempo de armazenamento na qualidade interna de ovos de poedeiras comerciais. *Brazilian Journal Poultry Science*, 60(Supl 6), 60-65.

Bible, B. B., & Singha, S. (1993). Canopy position influences CIELAB coordinates of peach color.

Battestin, V., Matsuda, L. K., & Macedo, G. A. (2008). Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, 15(1), 63-72.

Botsoglou, E., Govaris, A., Fletouris, D., & Botsoglou, N. (2012). Lipid oxidation of stored eggs enriched with very long chain n-3 fatty acids, as affected by dietary olive leaves (*Olea europea* L.) or α -tocopheryl acetate supplementation. *Food chemistry*, 134(2), 1059-1068.

Bragg, D. B., Sim, J. S., & Hodgson, G. C. (1973). Influence of dietary energy source on performance and fatty liver syndrome in White Leghorn laying hens. *Poultry science*, 52(2), 736-740.

Caputo, L. F. G., Gitirana, L. D. B., & Manso, P. D. A. (2010). Técnicas histológicas. *Molinaro EM, Caputo LFG, Amendoeira MRR. Conceitos e métodos para formação de profissionais em laboratórios de saúde. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio*, 89-188.

Carvalho, E. D. (2011). *Estudos da interacção entre proteínas e taninos: Influência da presença de Polissacarídeos [online]. 2007. 193 f* (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Química) -Departamento de Química, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, Porto. Disponível em: http://www.fc.up.pt/fcup/contactos/teses/t_020380030.pdf. Acesso em: 10 ago).

Chambi, F., Chirinos, R., Pedreschi, R., Betalleluz-Pallardel, I., Debaste, F., & Campos, D. (2013). Antioxidant potential of hydrolyzed polyphenolic extracts from tara (*Caesalpinia spinosa*) pods. *Industrial Crops and Products*, 47, 168-175.

Freitas, E. R., Borges, Â. D. S., Trevisan, M. T. S., Cunha, A. L. D., Braz, N. D. M., Watanabe, P. H., & Nascimento, G. A. J. D. (2013). Extratos etanólicos de manga como antioxidantes na alimentação de poedeiras. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 714-721.

Frutos, P., Raso, M., Hervás, G., Mantecón, Á. R., Pérez, V., & Giráldez, F. J. (2004). Is there any detrimental effect when a chestnut hydrolysable tannin extract is included in the diet of finishing lambs?. *Animal Research*, 53(2), 127-136.

Harder, M. N. C., Caniatti-Brazaca, S. G., & Arthur, V. (2007). Avaliação quantitativa por colorímetro digital da cor do ovo de galinhas poedeiras alimentadas com

urucum (*Bixa orellana*). *Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias*, 102(563-564), 339-342.

Haugh, R. R. (1937). The Haugh unit for measuring egg quality.

Kobayashi, M., & Ikeda, I. (2014). Modulation of intestinal cholesterol absorption by dietary tea polyphenols. In *Polyphenols in Human Health and Disease* (pp. 625-638). Academic Press.

Kralik, G., Kralik, Z., Grčević, M., Galović, O., Hanžek, D., & Biazik, E. (2021). Fatty acid profile of eggs produced by laying hens fed diets containing different shares of fish oil. *Poultry science*, 100(10), 101379.

Lau, D. W., King, A. J., & Waterhouse, A. L. (2003). An assay to estimate tannins added to postmortem turkey meat. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(23), 6640-6644.

Liu, H., Hu, J., Mahfuz, S., & Piao, X. (2020). Effects of hydrolysable tannins as zinc oxide substitutes on antioxidant status, immune function, intestinal morphology, and digestive enzyme activities in weaned piglets. *Animals*, 10(5), 757.

Minieri, S., Buccioni, A., Serra, A., Galigani, I., Pezzati, A., Rapaccini, S., & Antongiovanni, M. (2016). Nutritional characteristics and quality of eggs from laying hens fed on a diet supplemented with chestnut tannin extract (*Castanea sativa* Miller). *British poultry science*, 57(6), 824-832.

Monfaredi, A., Rezaei, M., & Sayyazadeh, H. (2011). Effect of supplemental fat in low energy diets on some blood parameters and carcass characteristics of broiler chicks. *South African Journal of Animal Science*, 41(1).

Oliveira, B. L. (1992). Pontos críticos do manejo de poedeiras. In *CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS* (Vol. 5, No. 1992, pp. 137-144).

Pissinati, A., Oba, A., Yamashita, F., Silva, C. D., Pinheiro, J. W., & Roman, J. M. M. (2014). Internal quality of eggs subjected to different types of coating and stored for 35 days at 25° C.

Rostagno, H. S. et al. Composição de alimentos e exigências nutricionais. *Tabelas brasileiras para aves e suínos*, 2, 2017.

Santos, M. D. S. V. D., Espíndola, G. B., Lôbo, R. N. B., Freitas, E. R., Guerra, J. L. L., & Santos, A. B. E. (2009). Efeito da temperatura e estocagem em ovos. *Food Science and Technology*, 29, 513-517.

Schmidt, E., Locatelli-Dittrich, R., Santin, E., & Paulillo, A. C. (2007). Patologia clínica em aves de produção-Uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola-Revisão.

Świątkiewicz, S., Arczewska-Włosek, A., Szczurek, W., Calik, J., Bederska-Łojewska, D., Orczewska-Dudek, S., ... & Józefiak, D. (2020). Algal oil as source of polyunsaturated fatty acids in laying hens nutrition: Effect on egg performance, egg quality indices and fatty acid composition of egg yolk lipids. *Annals of Animal Science*, 20(3), 961-973.

Thrall, M. A., Weiser, G., Allison, R. W., & Campbell, T. W. (Eds.). (2012). *Veterinary hematology and clinical chemistry*. John Wiley & Sons.

Valentim, J. K. Avaliações de fontes lipídicas para codornas japonesas e europeias. Tese (Doutor em Zootecnia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul, Dourados. 170 p., 2023.

Viveros, A., Chamorro, S., Pizarro, M., Arija, I., Centeno, C., & Brenes, A. (2011). Effects of dietary polyphenol-rich grape products on intestinal microflora and gut morphology in broiler chicks. *Poultry science*, 90(3), 566-578.

Wang, S. H., Wang, W. W., Zhang, H. J., Wang, J., Chen, Y., Wu, S. G., & Qi, G. H. (2019). Conjugated linoleic acid regulates lipid metabolism through the expression of selected hepatic genes in laying hens. *Poultry Science*, 98(10), 4632-4639.

Whitehead, C. C., Bowman, A. S., & Griffin, H. D. (1993). Regulation of plasma oestrogen by dietary fats in the laying hen: relationships with egg weight. *British Poultry Science*, 34(5), 999-1010.

Yassein, D. M., Abdallah, E. A., Ismail, I. I., & Faddle, A. A. (2015). Effect of dietary supplementation of pomegranate peel powder and butylated hydroxy toluene on

some productive, physiological and immunological parameters of japanese quail. *Egyptian journal of animal production*, 52, 105-113.

Zou, X., Yan, C., Shi, Y., Cao, K., Xu, J., Wang, X., ... & Feng, Z. (2014). Mitochondrial dysfunction in obesity-associated nonalcoholic fatty liver disease: the protective effects of pomegranate with its active component punicalagin. *Antioxidants & redox signaling*, 21(11), 1557-1570.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nutrição de codornas tem ganhado crescente atenção, especialmente quanto ao papel dos taninos e das fontes lipídicas na qualidade e saúde das aves. Os taninos, compostos fenólicos presentes em várias plantas, destacam-se por seu potencial antioxidante, antimicrobiano e anti-inflamatório. Na dieta das codornas, esses compostos podem impactar a digestibilidade, a absorção de nutrientes e a modulação da microbiota intestinal. Entender essas interações com outros nutrientes é essencial para otimizar a dieta e o desempenho das aves.

A inclusão de taninos pode apresentar desafios. Seus efeitos antioxidantes podem promover a saúde das aves e melhorar a qualidade dos ovos, mas a dosagem e o tipo de tanino precisam ser ajustados para maximizar esses benefícios sem afetar a digestibilidade.

Quanto aos lipídios, a fonte e inclusão na dieta influenciam diretamente a qualidade dos ovos. Diferentes fontes lipídicas impactam a composição de gorduras na dieta, o que afeta as características nutricionais e físicas dos ovos, além de apoiar o crescimento saudável das aves.

As interações entre taninos e lipídios na dieta das codornas representam um campo de pesquisa promissor. Explorar essas interações pode revelar novas formas de aprimorar a saúde e o desempenho das aves. Este estudo contribui ao aprofundar o conhecimento sobre esses compostos e seus efeitos combinados na nutrição das codornas, oferecendo uma base sólida para otimizar dietas e, assim, promover a saúde das aves e a qualidade do produto.

Sugestões para pesquisas futuras:

1. **Efeitos dos taninos nos tecidos:** Avaliar a atividade antioxidante dos taninos nos tecidos das aves pode fornecer insights sobre o estresse

oxidativo e a saúde celular.

2. **Análises da ração em diferentes estágios do experimento:** Isso pode mostrar como taninos e lipídios interagem com outros componentes e se refletem na saúde e produção das aves.
3. **Estudos de dose-resposta de taninos:** Avaliar diferentes concentrações pode identificar o nível ótimo que maximize os benefícios antioxidantes e antimicrobianos, sem comprometer a digestão.
4. **Impacto dos taninos na microbiota intestinal:** Analisar como os taninos afetam a composição da microbiota intestinal pode revelar como influenciam a digestão e saúde gastrointestinal das codornas.