



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FRANCISCO CAYO PEREIRA GOMES

**EXTRATO ETANÓLICO DA FOLHA DA AZEITONA ROXA (SYZYGIUM CUMINI
L.) NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE REPRODUTORAS E
CODORNAS DE CORTE**

FORTALEZA

2025

FRANCISCO CAYO PEREIRA GOMES

EXTRATO ETANÓLICO DA FOLHA DA AZEITONA ROXA (SYZYGIUM CUMINI L.)
NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE REPRODUTORAS E CODORNAS
DE CORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Linha de Pesquisa: Produção de Não Ruminantes.

Orientador: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.

Coorientador: Prof. Dr. Rafael Carlos Nepomuceno.

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

G614e Gomes, Francisco Cayo Pereira Gomes.
Extrato etanólico da folha da azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.) na alimentação de codornas de corte reprodutoras e codornas de corte / Francisco Cayo Pereira Gomes Gomes. – 2025.
102 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas.

Coorientação: Prof. Dr. Rafael Carlos Nepomuceno.

1. Aditivo fitogênico. 2. Antioxidante. 3. Compostos fenólicos. 4. Estresse oxidativo. I. Título.
CDD 636.08

FRANCISCO CAYO PEREIRA GOMES

EXTRATO ETANÓLICO DA FOLHA DA AZEITONA ROXA (SYZYGIUM CUMINI L.)
NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE REPRODUTORAS E CODORNAS
DE CORTE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Zootecnia. Linha de Pesquisa: Produção de Não Ruminantes.

Aprovado em: 25/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ednardo Rodrigues Freitas (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Rafael Carlos Nepomuceno
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Thalles Ribeiro Gomes
Universidade da Integração Internacional Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

A Deus, por cada porta que se fecha e por cada
nova que abre.

Meus pais, irmãs e amigos.

AGRADECIMENTOS

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

Agradeço primeiramente a Deus por todas as bênçãos e conquistas durante a minha vida.

A minha família por todo o apoio e incentivo de sempre, sem vocês não seria possível concluir mais essa etapa.

Aos amigos que fiz durante esse período de mestrado, muito obrigado pelas parcerias e ajuda.

Aos funcionários do setor de avicultura por todo o auxílio e gentileza durante esse período.

Aos meus orientadores que me ensinaram muito mais do que as bases da linha de pesquisa, me fizeram refletir e a buscar uma versão melhor e mais competente de mim, prometo que continuarei.

Agradeço ainda a Universidade Federal do Ceará e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, por todo subsídio.

RESUMO

Na presente pesquisa, foram realizados dois experimentos com objetivo de avaliar os efeitos da inclusão do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L na alimentação de codornas. No primeiro experimento, foram utilizadas 336 codornas reprodutoras de corte, da espécie *Coturnix coturnix*, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado composto por 7 tratamentos e 6 repetições de oito aves, sendo a unidade experimental constituída de 6 fêmeas e 2 machos. No segundo experimento, foram utilizadas 350 codornas de corte da espécie *Coturnix coturnix*, machos e fêmeas, de 7 a 42 dias de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com 7 tratamentos e 5 repetições de 10 aves. Em ambos os experimentos, os tratamentos consistiram nas seguintes dietas: controle negativo (sem inclusão de aditivo antioxidante), controle positivo (com inclusão dietética de 200 mg/kg de BHT), e as demais com a inclusão do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L. na concentração de 200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg de ração. No experimento com reprodutoras, foram avaliados o desempenho produtivo, qualidade de ovos, estabilidade lipídica (TBARS) do fígado e segmentos dos órgãos reprodutores, potencial antioxidante (fenólicos totais, DPPH e ABTS) dos ovos, estabilidade lipídica (TBARS) da gema, parâmetros de incubação e desempenho da progênie. No experimento com aves destinadas ao corte, foram avaliados o desempenho, características de carcaça, potencial antioxidante (fenólicos totais, DPPH e ABTS) da carne e estabilidade oxidativa (TBARS) dos tecidos hepáticos e da carne. Nos resultados das codornas reprodutoras, não foram observados efeitos significativos sobre os parâmetros de desempenho das reprodutoras, qualidade dos ovos, incubação e desempenho da progênie. No entanto, para o status da oxidação lipídica nos tecidos, observou-se que os valores de TBARS no fígado foram menores para as aves dos tratamentos com doses a partir de 600mg/kg do extrato, sendo que no ovário esse aspecto foi constatado apenas no tratamento com 1000 mg/kg do extrato, enquanto no útero o valor reduziu progressivamente a partir do nível de 400mg/kg do extrato. Nos ovos, a concentração de compostos fenólicos e percentagem de radicais DPPH aumentaram significativamente a partir do tratamento de controle positivo e à medida que a inclusão do extrato foi acrescida, enquanto a porcentagem de radicais ABTS foi significativamente maior a partir da inclusão de 200 mg/kg do extrato. Os valores de TBARS na gema de ovos frescos foram menores nos tratamentos que continha BHT ou extrato em relação ao controle negativo. Nos 28 dias de armazenamento, os tratamentos com doses a partir de 400 mg/kg promoveram redução progressiva na oxidação lipídica da gema. Nos resultados das codornas destinadas ao corte não foram observadas diferenças significativas para as variáveis de desempenho e

características de carcaça. Na carne, a concentração de fenólicos totais foi significativamente maior com os níveis 800 e 1000 mg/kg de extrato, enquanto a inibição do radical DPPH foi maior nas aves tratadas com dieta contendo BHT e todos os níveis de extrato em relação à dieta de controle negativo, sendo que o percentual de captura de radical ABTS foi maior com extrato na concentração de 1.000 mg/kg. Por fim, os valores de TBARS do fígado, da carne in natura e armazenada foram maiores no grupo controle em relação aos grupos com antioxidantes, não havendo diferença entre BHT e extrato. A conclusão obtida foi que o extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L. em até 1000 mg/kg na ração de codornas europeias reprodutoras não comprometeu o desempenho produtivo, a qualidades de ovos, os parâmetros de incubação e o desempenho inicial da progênie, sendo que doses a partir de 200 mg/kg promoveram aumento do potencial antioxidante em ovos férteis, além de reduzir a oxidação lipídica nos tecidos hepáticos, segmentos do trato reprodutor e gemas de ovos frescos ou armazenados por 28 dias. Nas codornas destinadas ao corte, a inclusão do extrato em até 1000 mg/kg não comprometeu o desempenho produtivo e as características de carcaça, sendo que níveis a partir de 200 mg/kg viabilizaram aumento no potencial antioxidante da carne in natura e armazenada e na estabilidade lipídica do fígado.

Palavras-chave: aditivo fitogênico; antioxidantes; compostos fenólicos; estresse oxidativo.

ABSTRACT

In this study, two experiments were conducted to evaluate the effects of including the ethanolic extract of *Syzygium cumini* L. leaves in quail diets. The first experiment involved 336 breeding meat quails of the species *Coturnix coturnix*, distributed in a completely randomized design with seven treatments and six replicates of eight birds each. The experimental unit consisted of six females and two males. The second experiment involved 350 male and female meat quails of the species *Coturnix coturnix*, aged 7 to 42 days, distributed in a completely randomized design with seven treatments and five replicates of ten birds each. In both experiments, the treatments consisted of diets: negative control (without inclusion of antioxidant additive), positive control (with dietary inclusion of 200 mg/kg of BHT), and the others with the inclusion of the ethanolic extract of the leaf of *Syzygium cumini* L. at concentrations of 200, 400, 600, 800 and 1000 mg/kg of feed. In the experiment with breeders, the following were evaluated: productive performance, egg quality, lipid stability (TBARS) of the liver and segments of the reproductive organs, antioxidant potential (total phenolics, DPPH and ABTS) of the eggs, lipid stability (TBARS) of the yolk, incubation parameters and progeny performance. In the experiment with birds intended for meat, the performance, carcass characteristics, antioxidant potential (total phenolics, DPPH and ABTS) of the meat and oxidative stability (TBARS) of the liver tissues and meat were evaluated. In the results from the breeding quails, no significant effects were observed on the performance parameters of the breeders, egg quality, incubation, or offspring performance. On the other hand, regarding the status of lipid oxidation in the tissues, it was observed that TBARS values in the liver were lower in birds in treatments with doses starting at 600 mg/kg of the extract, in the ovary only in the treatment with 1000 mg/kg of the extract, while in the uterus, the value decreased progressively from the level of 400 mg/kg of the extract. In the eggs, the concentration of phenolic compounds and the percentage of DPPH radicals increased significantly from the positive control treatment and with increasing extract inclusion, while the percentage of ABTS radicals was significantly higher from the inclusion of 200 mg/kg of the extract. TBARS values in the yolk of fresh eggs were lower in treatments containing BHT or extract compared to the negative control; After 28 days of storage, treatments with doses starting at 400 mg/kg promoted a progressive reduction in yolk lipid oxidation. No significant differences were observed in the results for quails destined for slaughter for performance or carcass characteristics. In meat, total phenolic concentrations were significantly higher with the 800 and 1000 mg/kg extract levels, while DPPH radical inhibition was greater in birds treated with a diet containing BHT and all extract levels compared to the

negative control diet, and the percentage of ABTS radical capture was higher with the 1000 mg/kg extract. Finally, TBARS values in liver and fresh and stored meat were higher in the control group compared to the antioxidant groups, with no difference between BHT and extract. It was concluded that the ethanolic extract of *Syzygium cumini* L. leaves at doses up to 1000 mg/kg in the diet of European breeding quails did not compromise productive performance, egg quality, incubation parameters, or initial progeny performance. Doses starting at 200 mg/kg increased the antioxidant potential of fertile eggs and reduced lipid oxidation in liver tissue, reproductive tract segments, and yolks of fresh or stored eggs for 28 days. For quails intended for meat, the inclusion of the extract at doses up to 1000 mg/kg did not compromise productive performance or carcass characteristics, while levels starting at 200 mg/kg increased the antioxidant potential of meat and the lipid stability of the liver and fresh and stored meat.

Keywords: antioxidants; oxidative stress; phenolic compounds; phytogetic additive.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Capacidade antioxidante, atividade antioxidante total e compostos fenólicos do extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	40
Tabela 2 -	Composição polifenólica do extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	40
Tabela 3 -	Composição e níveis nutricionais calculados da ração controle negativo para codornas reprodutoras e da ração de crescimento para progênie de 1 a 7 dias de idade.....	42
Tabela 4 -	Desempenho de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	49
Tabela 5 -	Qualidade de ovos de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	50
Tabela 6 -	Estabilidade oxidativa (TBARS) do fígado e segmentos dos órgãos reprodutores de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	53
Tabela 7 -	Potencial antioxidante em ovos frescos e estabilidade lipídica das gemas de ovos frescos e armazenados de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	56
Tabela 8 -	Parâmetros de incubação de ovos de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	57
Tabela 9 -	Desempenho da progênie de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	60
Tabela 10 -	Capacidade antioxidante, atividade antioxidante total e compostos fenólicos do extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	68
Tabela 11 -	Composição polifenólica do extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	68
Tabela 12 -	Composição e níveis nutricionais calculados da ração para codornas de corte de 7 a 42 dias de idade.....	70
Tabela 13 -	Desempenho de codornas de corte de 7 a 42 dias de idade alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	74

Tabela 14 -	Características de carcaça de codornas de corte alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	75
Tabela 15 -	Fenólicos totais, capacidade antioxidante (DPPH) e atividade antioxidante (ABTS) da carne de codornas de corte alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	77
Tabela 16 -	Estabilidade lipídica do fígado e da carne <i>in natura</i> e armazenada de codornas de corte alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da <i>Syzygium cumini</i>	80

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
2.1	Coturnicultura no Brasil.....	16
2.2	Coturnicultura de corte.....	17
2.3	Formação de espécies reativas de oxigênio.....	19
2.4	Estresse oxidativo em aves.....	20
2.5	Oxidação lipídica em ovos e carne de aves.....	22
2.6	Sistema de defesa antioxidante em aves.....	23
2.6.1	<i>Sistemas enzimáticos.....</i>	<i>23</i>
2.6.2	<i>Sistemas não enzimáticos.....</i>	<i>25</i>
2.7	Antioxidantes exógenos utilizados na produção avícola.....	26
2.7.1	<i>Antioxidantes sintéticos.....</i>	<i>27</i>
2.7.2	<i>Antioxidantes naturais.....</i>	<i>28</i>
2.7.2.1	<i>Compostos fenólicos.....</i>	<i>29</i>
2.8	Syzygium cumini L.....	30
2.8.1	<i>Atividade antioxidante das folhas de Syzygium cumini L.....</i>	<i>32</i>
3	EXTRATO ETANÓLICO DA FOLHA DA AZEITONA ROXA (SYZYGIUM CUMINI) NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS REPRODUTORAS DE CORTE.....	34
3.1	Introdução.....	37
3.2	Material e métodos.....	39
3.2.1	<i>Preparo do extrato etanólico das folhas de Syzygium cumini.....</i>	<i>39</i>
3.2.2	<i>Determinação do potencial antioxidante do extrato etanólico das folhas de Syzygium cumini.....</i>	<i>39</i>
3.2.3	<i>Delineamento, dietas experimentais e manejo das aves.....</i>	<i>41</i>
3.2.4	<i>Avaliação do desempenho produtivo.....</i>	<i>42</i>
3.2.5	<i>Avaliação da qualidade dos ovos.....</i>	<i>43</i>
3.2.6	<i>Avaliação da estabilidade lipídica do fígado e segmentos dos órgãos reprodutores.....</i>	<i>44</i>
3.2.7	<i>Avaliação do potencial antioxidante dos ovos.....</i>	<i>44</i>
3.2.8	<i>Avaliação da estabilidade lipídica.....</i>	<i>46</i>

3.2.9	<i>Avaliação dos parâmetros de incubação</i>	47
3.2.10	<i>Avaliação do desempenho da progênie</i>	47
3.2.11	<i>Análises estatísticas</i>	48
3.3	Resultados e discussão	49
3.3.1	<i>Desempenho produtivo das aves</i>	49
3.3.2	<i>Qualidade dos ovos</i>	50
3.3.3	<i>Estabilidade lipídica do fígado e segmentos dos órgãos reprodutores</i>	53
3.3.4	<i>Potencial antioxidante dos ovos e estabilidade lipídica da gema</i>	55
3.3.5	<i>Parâmetros de incubação</i>	57
3.3.6	<i>Desempenho da progênie</i>	59
3.4	Conclusão	62
4	EXTRATO ETANÓLICO DA FOLHA DA AZEITONA ROXA (SYZYGIUM CUMINI) NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE REPRODUTORAS	63
4.1	Introdução	65
4.2	Material e métodos	67
4.2.1	<i>Preparo do extrato etanólico das folhas de Syzygium cumini L</i>	67
4.2.2	<i>Determinação do potencial antioxidante do extrato etanólico das folhas de Syzygium cumini</i>	67
4.2.3	<i>Delineamento, dietas experimentais e manejo das aves</i>	69
4.2.4	<i>Avaliação do desempenho produtivo</i>	70
4.2.5	<i>Avaliação das características de carcaça</i>	71
4.2.6	<i>Avaliação do potencial antioxidante da carne</i>	71
4.2.7	<i>Avaliação da estabilidade lipídica do fígado e da carne</i>	72
4.2.8	<i>Análises estatísticas</i>	73
4.3	Resultados e discussão	74
4.3.1	<i>Desempenho produtivo das aves</i>	74
4.3.2	<i>Características de carcaça</i>	75
4.3.3	<i>Potencial antioxidante da carne</i>	77
4.3.4	<i>Estabilidade lipídica do fígado e da carne</i>	79
4.4	Conclusão	82
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	84

1 INTRODUÇÃO GERAL

A criação de codornas europeias divide-se em dois ramos produtivos distintos, sendo que o primeiro corresponde à categoria das reprodutoras, provenientes de programas de melhoramento genético responsáveis pela produção de ovos férteis destinados à incubação (Stivanin, 2023). O segundo ramo é representado pelas codornas de corte, aves com rápido ganho de peso e eficiência alimentar, visando à produção de carne (Bonafé, 2008).

Em ambas as categorias se adota o sistema de criação intensiva, no qual as aves são submetidas a uma variedade de fatores ambientais, nutricionais, sanitários, fisiológicos e relacionados ao manejo (Surai; Finisin, 2016), que podem de forma isolada ou conjunta atuar como agentes estressores, geralmente resultando no aumento das taxas metabólicas e intensificando a produção de espécies reativas de oxigênio (Surai et al., 2019). Altas concentrações de espécies reativas de oxigênio podem causar danos às macromoléculas biológicas, levando a disfunções celulares e distúrbios metabólicos (Trevisan et al., 2001), predispondo o estresse oxidativo. Essa condição leva à redução da eficiência reprodutiva e do desempenho de crescimento das aves.

Nas fêmeas, o estresse oxidativo danifica as células da granulosa, o que ocasiona a redução da esteroidogênese (Deluao et al., 2022), aumentando a atresia folicular (Yang et al., 2017), o que compromete a ovulação e a fertilidade (Appeltant et al., 2015). Nos ovos férteis, potencializa a peroxidação lipídica na gema (Wang et al., 2021), diminui a qualidade do ovo incubável e eleva as taxas de mortalidade embrionária (Zhang et al., 2025).

Em machos, tal condição favorece a peroxidação lipídica das membranas espermáticas, reduzindo a motilidade e a integridade dos espermatozoides (Surai; Kochish; Finisin, 2017), além de induzir a fragmentação do DNA espermático, o que diminui as taxas de fertilização (Rui et al., 2017). O quadro afeta diretamente a espermatogênese, provocando apoptose das células germinativas e danos às células de Sertoli e de Leydig, o que reduz a produção de espermatozoides e os níveis de testosterona (Darbani et al., 2018; Kaltsas, 2023). Além disso, prejudica a capacitação espermática e a reação acrossômica, essenciais para a fusão com o oócito (Aitken et al., 2022).

Nas aves de corte, o estresse oxidativo reduz o ganho de peso, pois as células intestinais e hepáticas sofrem danos (Hosseindoust; Kang; kim, 2022). A condição afeta a qualidade da carne através da peroxidação lipídica e degradação proteica que levam à alterações organolépticas (Nawaz; Zhang, 2021; Chen et al., 2022).

A suplementação com antioxidantes em dietas para aves de produção é uma das principais estratégias nutricionais que visam mitigar os efeitos nocivos do estresse oxidativo. Os antioxidantes sintéticos mais utilizados em rações, como o butilato de hidroxianisol (BHA) e o butilato de hidroxitolueno (BHT), têm sido associados a efeitos tóxicos (Ahn et al., 2002) e potencial carcinogênico (Cheung; Cheung, 2003). Nessa perspectiva, compostos antioxidantes de origem vegetal ricos em polifenóis estão sendo amplamente pesquisados devido ao seu potencial antioxidante e múltiplos benefícios na produção avícola (Lipinski et al., 2017; Abdel-Moneim et al., 2020).

A azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.), também conhecida como jamelão, jambolão ou murta, é uma espécie arbórea da família Myrtaceae e de origem asiática. No Brasil, está amplamente distribuída, sendo cultivada em praticamente todas as regiões devido à sua adaptabilidade climática (Chagas et al., 2015). A planta apresenta uma variedade de compostos fenólicos, incluindo flavonoides (quercetina, isoquercetina, kaempferol, miricetina e antocianidinas) e não flavonoides (ácido elágico, ácido gálico, ácido ferúlico), distribuídos em todas as suas partes vegetativas (Ayyanar; Subash-Babu, 2012). Essa diversidade fitoquímica confere à espécie um notável potencial bioativo, com estudos *in vitro* demonstrando significativa atividade antioxidante em suas folhas.

Margaret et al. (2015) e Eshwarappa et al. (2014) observaram que o teor de compostos fenólicos nos extratos foliares está associado a um aumento linear na atividade antioxidante. Ruan et al. (2008), verificaram relação linear significativa entre a capacidade de eliminação das substâncias reativas de oxigênio e o conteúdo de compostos fenólicos dos extratos das folhas.

Em animais, Freitas et al. (2017), ao avaliarem a inclusão das folhas de *Syzygium cumini* (0, 5 e 10 g/kg de ração) na dieta de galinhas poedeiras, observaram que o nível de 10 g/kg melhorou a estabilidade lipídica e a coloração da gema sem comprometer o desempenho produtivo ou a qualidade dos ovos. Sousa (2023) avaliou a adição do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* (200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg de ração) na dieta de galinhas poedeiras e observou que a inclusão em até 1000 mg/kg não apresentou efeitos adversos sobre o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos. No entanto, aumentou os parâmetros antioxidantes e reduziu a oxidação lipídica dos ovos frescos e armazenados. Nesse sentido, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o uso do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L. na dieta de codornas de corte reprodutoras e codornas de corte.

REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Coturnicultura no Brasil

A criação de codornas no Brasil teve início de forma pouco expressiva em 1959, quando o imigrante italiano Oscar Molena introduziu as primeiras aves domesticadas no país (Almeida et al., 2013). Inicialmente, a coturnicultura foi considerada uma atividade alternativa para pequenos produtores, servindo como fonte de alimento ou complemento de renda por meio da venda de ovos e aves abatidas (Murakami; Garcia, 2007).

Já entre as décadas de 1960 e 1970, observou-se um crescimento expressivo no consumo de carne e ovos de codorna impulsionado principalmente pela popularização dos ovos, cuja fama como alimento afrodisíaco foi reforçada pela música “Eu quero ovo de codorna pra comer”, composta por Severino Ramos em 1964 e gravada por Luiz Gonzaga em 1971 (Pastore; Oliveira; Muniz, 2012).

Contudo, apenas em 1989, a comercialização da carne de codorna começou a ser incentivada com a instalação do primeiro criatório especializado em corte e matrizes da linhagem europeia *Coturnix coturnix coturnix* foram utilizadas por uma grande empresa na região sul do Brasil. Essa iniciativa trouxe um grande impulso para a produção de codornas no país, consolidando a atividade como um segmento alternativo da avicultura industrial (Pasquetti, 2011).

Desde então, a atividade passou a adquirir grande importância na economia agropecuária brasileira. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2023 o número total de codornas no Brasil foi de 15.301.651, independentemente da finalidade produtiva. Os cinco maiores estados produtores são Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Espírito Santo e Pernambuco, concentrando juntos mais de 60% do plantel nacional de codornas (IBGE, 2023).

Destacam-se, ainda, três principais regiões com o maior número de aves alojadas: Sudeste, Sul e Nordeste com 48,52%, 23,14% e 21,37%, respectivamente, do total de codornas no país (IBGE, 2023). Em termos de produção, a região Sudeste permanece como a mais produtiva, registrando lucros superiores a 215 milhões de reais com a atividade. Em sequência, aparecem o Nordeste, com mais de 113 milhões, e o Sul, com 80 milhões de reais. Dentre os estados nordestinos, Pernambuco e Ceará são os principais produtores, ocupando a quinta e a sétima posição no ranking nacional, com respectivos plantéis de 1.839.256 e 640.521 aves dessa espécie (IBGE, 2023).

É importante destacar que os dados referentes ao número de codornas alojadas não fazem distinção entre os plantéis destinados à produção de ovos ou de carne. No entanto, considera-se que a quantidade expressiva dessas aves é voltada à postura. Ainda assim, a criação de codornas para corte tem se mostrado um segmento promissor dentro da coturnicultura, sendo impulsionado pelo desenvolvimento e pela inserção no mercado de linhagens, com aptidão específica para a produção de carne, havendo potencialização também com o crescimento da demanda por fontes alternativas de proteína animal.

2.2 Coturnicultura de corte

A codorna pertence à ordem dos Galináceos, família dos Fasianídeos, subfamília dos Perdicinae e ao gênero *Coturnix*. Dentro dessa classificação, existem cerca de 130 espécies, distribuídas em diferentes famílias e gêneros. A mais conhecida e difundida é a *Coturnix coturnix*, popularmente chamada de codorna europeia, italiana, gigante ou selvagem, que serve de base para muitas criações comerciais.

Justamente por sua relevância, essas aves têm ganhado destaque no Brasil, especialmente na produção de carne, onde o setor apresenta alto potencial de expansão. No entanto, os produtores ainda enfrentam desafios significativos que impactam diretamente a eficiência e a comercialização. Entre os principais obstáculos, destacam-se a dificuldade de acesso à tecnologias para modernizar os sistemas produtivos e a limitação na escala de produção, fatores que podem restringir o crescimento sustentável da cadeia produtiva (Grieser et al., 2024).

Apesar dessas dificuldades, a produção de carne de codorna tem apresentado crescimento nos últimos anos, impulsionada por uma demanda crescente por essa fonte de proteína, considerada exótica e valorizada por sua palatabilidade e qualidade nutricional (Santos et al., 2005). No passado, esse segmento enfrentava limitações devido à escassez de material genético apropriado e à ausência de dados confiáveis sobre o desempenho zootécnico e exigências nutricionais (Pinheiro et al., 2015).

Além disso, grande parte dos animais destinados ao abate era composta por fêmeas da espécie *Coturnix japonica*, comumente utilizadas para a produção de ovos que eram descartadas ao final do ciclo produtivo, o que resultava em carcaças de baixa qualidade (Pastore; Oliveira; Muniz, 2012). Com o avanço da coturnicultura de corte, a qualidade da carne de codorna passou a receber maior atenção, assim como já ocorre em outras cadeias produtivas voltadas para o abate de animais. Características qualitativas como pH, maciez, capacidade de

retenção de água, cor e atributos sensoriais tornaram-se critérios relevantes na avaliação e no direcionamento da produção (Rodrigues et al., 2008).

Para atender à essa nova demanda do mercado, intensificou-se à busca por material genético com aptidão específica para corte, o que resultou na obtenção de carcaças com melhor padrão de qualidade (Abreu et al., 2014). Nesse sentido, muitos produtores vêm optando pela criação da codorna europeia (*Coturnix coturnix coturnix*), que apresenta maior rendimento e peso de carcaça, podendo atingir entre 200 e 300 g de peso vivo, sendo uma opção mais adequada para a produção de carne (Grieser et al., 2015).

As codornas europeias, quando comparadas a outros grupos genéticos, demonstram superioridade em diversos parâmetros zootécnicos (Cunha, 2009), com destaque para o rápido crescimento, elevada eficiência na conversão alimentar, expressivo ganho de peso e precocidade no atingimento do peso de abate (Almeida et al., 2002; Barreto et al., 2006). Criadas em sistema de confinamento sobre cama e alimentadas com ração concentrada formulada conforme as exigências nutricionais de cada fase de desenvolvimento, essas aves ainda permitem alta densidade de alojamento e facilidade no manejo (Cordeiro, 2018).

Diante dessas características, ampliaram-se também outras oportunidades dentro da coturnicultura. Além da produção tradicional de ovos e carne para consumo, é possível produzir ovos férteis para incubação e obtenção de pintinhos, por meio da criação de reprodutoras. Esse segmento tem ampliado consideravelmente o número de fornecedores de codornas de um dia no mercado.

Contudo, a produção de reprodutoras de qualidade exige investimentos substanciais em infraestrutura e manejo diferenciado. Embora mais rentável que a venda de ovos para consumo, esse segmento demanda práticas rigorosas de manejo sanitário e nutricional, além de controle genético preciso, para garantir a qualidade dos pintos produzidos, fator determinante para o sucesso da cadeia produtiva como um todo.

Devido ao aumento da demanda e a reconhecida eficiência produtiva da espécie, a coturnicultura tem apresentado expansão significativa, sobretudo em sistemas intensivos de produção. Esses sistemas são caracterizados por altas densidades de criação, manejos rigorosos e ambientes controlados, os quais, embora otimizem a produtividade, podem também impor desafios fisiológicos e sanitários às aves, favorecendo o quadro de estresse oxidativo.

2.3 Formação de espécies reativas de oxigênio

As espécies reativas de oxigênio são geradas principalmente durante os processos bioquímicos celulares, especialmente durante a respiração mitocondrial. O oxigênio é completamente reduzido a água ao receber quatro elétrons no final da cadeia transportadora de elétrons, processo que ocorre na membrana interna mitocondrial (Silva; Gonçalves, 2010). No entanto, uma pequena fração do oxigênio pode ser parcialmente reduzida, originando intermediários reativos, como o radical superóxido ($O_2^{\bullet-}$), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o radical hidroxila ($\bullet OH$) (Pinho; Silva, 2013).

O radical superóxido é produzido nas mitocôndrias, microsossomos e peroxissomos de praticamente todas as células aeróbicas, sendo gerado em maior quantidade durante a ativação de células fagocíticas do sistema imunológico (Ribeiro et al., 2005). Formado a partir da redução univalente do oxigênio molecular, possui uma vida média de apenas alguns milissegundos, sendo uma molécula instável que dificilmente atravessa membranas biológicas (Comhair; Erzurum et al., 2002). Apesar disso, apresenta meia-vida mais longa que a do radical hidroxila, o que lhe permite interagir com outras moléculas por mais tempo. Sua maior toxicidade está associada à capacidade de gerar outras espécies ainda mais reativas e citotóxicas.

Em meio aquoso, o radical superóxido é instável e pode sofrer dismutação espontânea ou catalisada pela enzima superóxido dismutase, resultando na formação de peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular (Ferreira; Matsubara, 1997; Silva; Gonçalves, 2010). O peróxido de hidrogênio é gerado em maiores quantidades nos peroxissomos, pela ação de enzimas envolvidas no catabolismo de aminoácidos e na oxidação de ácidos graxos (Ribeiro et al., 2005).

Embora não seja um radical livre verdadeiro, pois não possui elétron desemparelhado, o peróxido de hidrogênio é uma das espécies reativas de oxigênio mais reativas. Participa da reação de Fenton, na qual interage com metais de transição, gerando o radical hidroxila. Diferentemente dos outros radicais livres, possui meia-vida mais longa e é capaz de atravessar membranas celulares. Essa propriedade permite atuação em compartimentos celulares distantes de seu local de origem, podendo reagir com metais de transição e hemoproteínas. Além disso, pode induzir alterações genéticas ao romper a estrutura da cadeia de DNA, provocando danos cromossômicos (Barbosa et al., 2010).

No que concerne ao radical hidroxila, ele é considerado o mais lesivo às estruturas celulares. Uma vez formado, o organismo animal não dispõe de mecanismos eficazes para

neutralizá-lo. Devido à sua meia-vida extremamente curta, causa danos imediatos e localizados nas proximidades do local onde é gerado. O metabólito pode ser formado por clivagem homolítica da ligação O–O da molécula de peróxido de hidrogênio, pela reação de peróxidos com íons ferrosos ou, ainda, pela interação entre peróxidos e o radical superóxido (Silva; Gonçalves, 2010).

Esse radical tem a capacidade de oxidar praticamente qualquer tipo de molécula biológica, causando lesões de forma direta e indireta. As lesões diretas ocorrem sobre biomoléculas e estruturas celulares, reagindo intensamente com aminoácidos, ácidos nucleicos, carboidratos e lipídeos (Lipinski, 2011). Além disso, pode estar diretamente envolvido no início do processo de peroxidação lipídica e provocar alterações na permeabilidade vascular, levando à lesão de capilares. A presença de ferro é essencial para essas reações oxidativas, especialmente no contexto da reação de Fenton (Valko et al., 2007).

As lesões indiretas estão associadas à desregulação da homeostase do cálcio intracelular, resultando no aumento da concentração de cálcio no citosol. Esse aumento pode ativar enzimas, como a xantina oxidase, que contribuem para a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (Rodrigues, 1998; Vasconcelos et al., 2007). A geração de espécies reativas de oxigênio é um processo contínuo e fisiológico, por serem espécies químicas altamente reativas. Em baixas concentrações desempenham funções biológicas relevantes, como atividades microbicidas, vias de sinalização e biogênese celular (Ribeiro et al., 2005). Entretanto, a produção excessiva pode levar ao estresse oxidativo, ocasionando injúrias celulares por meio de reações de óxido-redução com moléculas orgânicas, como fosfolipídios, proteínas e DNA. Essas injúrias podem acarretar perda da função celular e, conseqüentemente, disfunções importantes nos sistemas orgânicos (Campos; Leme, 2017).

2.4 Estresse oxidativo em aves

O organismo produz constantemente espécies reativas de oxigênio, como parte dos processos metabólicos normais. No entanto, quando tais espécies são geradas em quantidades superiores à capacidade das células de neutralizá-las por meio de mecanismos antioxidantes, instala-se o estresse oxidativo (Halliwell; Whiteman, 2004; Voljic et al., 2011). O estresse oxidativo pode ser definido como um desequilíbrio fisiológico entre antioxidantes e pró-oxidantes, com predomínio destes últimos (Oke et al., 2024).

Esse processo leva à oxidação de biomoléculas, com conseqüente perda de suas funções biológicas e desequilíbrio homeostático, manifestando-se como dano oxidativo

potencial às células e tecidos (Barbosa et al., 2010). Por esse motivo, o estresse oxidativo representa um desafio relevante para a indústria avícola atual, comprometendo negativamente o desempenho produtivo dos animais.

Durante o ciclo produtivo, as aves são naturalmente expostas a diversos fatores estressantes, que podem ser intrínsecos relacionados à idade, estado fisiológico e sistema imunológico ou extrínsecos associados ao ambiente de criação e manejo. Ambos os tipos de estressores podem estimular a produção excessiva e contínua de espécies reativas de oxigênio, ultrapassando os níveis fisiológicos do metabolismo celular (Rehman et al., 2018). Esse excesso pode causar lesões estruturais nas células, aumentar a peroxidação lipídica, comprometer o desempenho produtivo e prejudicar a resposta imune dos animais (Young et al., 2003).

Embora todos os componentes celulares sejam suscetíveis à ação das espécies reativas de oxigênio, a membrana plasmática é especialmente vulnerável, principalmente em decorrência da peroxidação lipídica. Esse processo compromete a estrutura e a permeabilidade da membrana, resultando na perda da seletividade para a entrada de nutrientes e a saída de substâncias tóxicas, além de afetar componentes da matriz extracelular (Halliwell; Gutteridge; Cross, 1992).

A peroxidação lipídica, embora faça parte do metabolismo celular por atuar na renovação das membranas, torna-se prejudicial em situações de estresse oxidativo (Petry et al., 2010). Nessas condições, ocorre a formação excessiva de compostos tóxicos, como hidroperóxidos lipídicos e aldeídos, incluindo o malondialdeído, o 4-hidroxinonal e os isoprostanos, que podem culminar na morte celular (Barbosa et al., 2010; Cotinguiba et al., 2013).

Esse processo é caracterizado como uma reação em cadeia, composta pelas etapas de iniciação, propagação e terminação. A iniciação ocorre com a retirada de um átomo de hidrogênio de um ácido graxo poli-insaturado presente na membrana celular, promovida por um radical hidroxila, originando um radical lipídico ($L\bullet$). Na etapa da propagação, o radical lipídico reage rapidamente com o oxigênio molecular (O_2), formando o radical peroxila ($LOO\bullet$) que, por sua vez, extrai um novo hidrogênio de outro ácido graxo poli-insaturado, reiniciando o ciclo reacional (Ferreira; Matsubara, 1997).

A etapa de terminação ocorre com a interrupção dessas reações em cadeia, geralmente devido ao esgotamento dos ácidos graxos insaturados disponíveis. Isso leva à formação de produtos secundários estáveis, por meio da cisão e do rearranjo dos peróxidos. Nessa fase, são gerados compostos como álcoois, aldeídos, cetonas, alcanos e malonaldeído

(Mancio et al., 2011), que são considerados importantes marcadores bioquímicos do estresse oxidativo.

2.5 Oxidação lipídica em ovos e carne de aves

Produtos avícolas, como carne e ovos, são particularmente propensos à oxidação lipídica devido à alta concentração de ácidos graxos poli-insaturados em suas composições (Amaral; Silva; Lannes, 2018; Faitore et al., 2016). Esse processo envolve a degradação desses ácidos graxos, resultando na formação de produtos secundários relativamente estáveis (Estevez, 2015).

O ovo é altamente perecível e possui vida útil bastante limitada. Sua qualidade interna deteriora-se rapidamente após a postura e durante o armazenamento (Silva et al., 2015). Esse fenômeno é inevitável e ocorre de forma contínua ao longo do tempo, podendo ser agravado por diversos fatores, mas especialmente pelo tempo e pela temperatura de armazenamento (Alleoni; Antunes, 2001).

A gema do ovo contém uma elevada quantidade de lipídeos, predominantemente ácidos graxos insaturados e poli-insaturados. Essa composição favorece diversas reações enzimáticas, sendo a oxidação lipídica a principal responsável pela perda de valor nutricional da gema, comprometendo a conservação e, conseqüentemente, reduzindo o período de armazenamento (Giampietro et al., 2008).

Em tecidos biológicos, a peroxidação de ácidos graxos poli-insaturados tem início logo após o abate, quando o fluxo sanguíneo é interrompido e os processos metabólicos celulares são bloqueados (Lima et al., 2013). Nesse momento, os ácidos graxos insaturados reagem com o oxigênio molecular, originando peróxidos e desencadeando cadeias de radicais livres. Como consequência, as células musculares ficam sobrecarregadas por pró-oxidantes, lipídios peroxidados e espécies reativas de oxigênio, o que leva a uma série de reações secundárias associadas à degradação lipídica e à formação de produtos da oxidação (Min; Ahn, 2005).

Essas alterações bioquímicas, que ocorrem durante a conversão do músculo em carne, criam um ambiente propício à oxidação da fração fosfolipídica das membranas celulares. Esse processo é catalisado por proteínas heme, enzimas e íons metálicos livres, já que os mecanismos antioxidantes endógenos deixam de atuar de forma eficaz (Min; Ahn, 2005; Martino; Grotta; Ponzielli, 2014). A oxidação de ácidos graxos poli-insaturados, tanto em ovos quanto em carne, gera como principal produto secundário, o malondialdeído (MDA), um

dialdeído de três carbonos formado após a cisão de ácidos graxos poli-insaturados peroxidados (Amaral; Silva; Lannes, 2018).

A avaliação da oxidação lipídica pode ser realizada por meio da determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA), conhecida como método de TBARs. Esse método baseia-se na reação entre uma molécula de MDA e o TBA sob aquecimento, formando um complexo cuja intensidade é proporcional ao grau de oxidação. A leitura é realizada com o uso de um leitor de microplacas, expressando-se os resultados como absorvância equivalente de MDA, em g/kg ou µg/g de amostra (Nair; Turner, 1984; Luna et al., 2010).

2.6 Sistema de defesa antioxidante em aves

A exposição do organismo às espécies reativas de oxigênio, provenientes de diversas fontes, levou as aves a desenvolverem uma série de mecanismos de defesa para eliminá-las de forma eficiente, reduzindo a taxa de reação dessas substâncias com as biomoléculas celulares. Esses mecanismos representam uma resposta evolutiva à inevitabilidade da presença de radicais de oxigênio em condições de vida aeróbia.

As defesas antioxidantes podem ser enzimáticas ou não enzimáticas, sendo organizadas em três níveis: prevenção, eliminação e reparo (Ferreira; Abreu, 2007; Aluwong et al., 2013). Dentre esses níveis de adaptação, destacam-se os mecanismos de eliminação das espécies reativas de oxigênio, que ocorrem por meio da atividade de enzimas antioxidantes e da atuação de agentes antioxidantes não enzimáticos. Tais mecanismos têm como papel central a proteção dos alvos biológicos contra os potenciais danos oxidativos (Ribeiro et al., 2005), atuando de forma integrada para mitigar os efeitos prejudiciais dessas espécies reativas.

A eficácia desse sistema de defesa antioxidante é fundamental para a capacidade das aves de resistirem às condições que induzem o estresse oxidativo (Surai et al., 2019). Qualquer disfunção nesses mecanismos pode comprometer o equilíbrio entre produção e eliminação das espécies reativas de oxigênio, resultando em estresse oxidativo e danos potenciais às células (Mishra; Jha, 2019).

2.6.1 Sistemas enzimáticos

As defesas antioxidantes enzimáticas são numerosas e encontram-se distribuídas por todo o organismo, tanto no meio intracelular quanto no extracelular. Essas defesas constituem a primeira linha de ação contra o acúmulo de espécies reativas de oxigênio no

organismo. Sendo compostas por diversas enzimas, com destaque para a superóxido dismutase (SOD), a catalase (CAT), a glutaciona peroxidase (GSHPx) e a glutaciona redutase (GPHR) (Ferreira; Abreu, 2007).

Os sistemas enzimáticos antioxidantes atuam de três formas. A primeira envolve a enzima superóxido dismutase catalisando a degradação do radical superóxido, convertendo-o em oxigênio molecular e peróxido de hidrogênio. A decomposição espontânea do radical superóxido ocorre naturalmente, porém é lenta e ineficiente, pois trata-se de uma reação de segunda ordem que depende da colisão entre duas moléculas, exigindo uma maior concentração do ânion (Karpinska; Foyer, 2024).

Na presença da enzima superóxido dismutase, a dismutação do radical superóxido é drasticamente favorecida, uma vez que a enzima alterna entre estados oxidados e reduzidos de seu metal cofator. Tal aspecto transforma a reação em uma de primeira ordem, eliminando a necessidade de colisões entre moléculas de superóxido e permitindo sua eliminação mesmo em baixas concentrações (Fridovich, 1995).

No organismo, existem três formas principais de superóxido dismutase: a CuZn-SOD, dependente de Cu^{2+} e Zn^{2+} como cofatores redox, localizada no citoplasma e núcleo celular, cuja atividade não é afetada pelo estresse oxidativo; a Mn-SOD, que utiliza Mn^{2+} como centro redox, está presente na matriz mitocondrial e tem sua atividade aumentada em resposta ao estresse oxidativo; e a EC-SOD, que também requer Cu^{2+} e Zn^{2+} como cofatores, é sintetizada no interior das células e secretada para o meio extracelular (Barreiro et al., 2006).

O segundo sistema de defesa é mais simples e é constituído pela enzima catalase, responsável por degradar o peróxido de hidrogênio em água e oxigênio. Para manter sua atividade catalítica, a enzima requer Fe^{3+} como cofator e é dependente de NADPH. Essa enzima está presente em altas concentrações nos peroxissomos e, em menor quantidade, no citosol (Imai; Nakagawa, 2003).

A ação da catalase é complementar à do sistema de glutacionas, sendo mais eficiente em altas concentrações de peróxido de hidrogênio. Em contrapartida, em baixas concentrações, a glutaciona peroxidase é mais eficaz, pois apresenta maior afinidade pelo H_2O_2 , devido ao seu menor valor de K_m , o que permite atingir a velocidade máxima da reação em concentrações mais baixas do substrato (Powers et al., 2009).

A glutaciona reduzida desempenha um papel central na defesa celular contra o estresse oxidativo. É um tripeptídeo presente em altas concentrações no meio intracelular, sendo encontrado em praticamente todos os organismos aeróbicos. Sua capacidade redutora é conferida pelo grupamento sulfidríla (-SH) da cisteína. A enzima atua como transportadora e

reservatório desse aminoácido, participando da detoxificação de agentes químicos e da eliminação de produtos da lipoperoxidação. Além disso, é essencial para a síntese de DNA, proteínas e algumas prostaglandinas (Huber et al., 2008).

O ciclo redutor da glutathione representa o principal mecanismo de remoção de hidroperóxidos, lipoperóxidos e, assim como a catalase, do peróxido de hidrogênio. Após a exposição à agentes oxidantes, a glutathione reduzida é convertida em sua forma oxidada pela ação da glutathione peroxidase, enzima que contém selênio em seu sítio ativo. A regeneração da glutathione reduzida é realizada pela enzima glutathione reductase, com o uso de NADPH como doador de elétrons, sendo essa etapa essencial para a manutenção da integridade do sistema de proteção celular (Huber et al., 2008).

2.6.2 Sistemas não enzimáticos

Os antioxidantes não enzimáticos desempenham um papel importante na proteção das macromoléculas contra danos oxidativos, especialmente no plasma, onde a atividade das enzimas antioxidantes é limitada. Diversas moléculas de baixo peso molecular apresentam potencial antioxidante, entre as quais se destacam as vitaminas A, C e E, minerais como selênio, zinco, cobre e manganês, além de compostos fenólicos (Lobo et al., 2010).

O sistema antioxidante não enzimático atua de duas maneiras: neutralizando os agentes oxidantes antes que causem danos ou contribuindo para o reparo das lesões já estabelecidas. Com exceção da vitamina E, que atua como componente estrutural antioxidante das membranas, a maioria desses agentes está localizada no meio intracelular (Nordberg; Arnér, 2001; Andrade et al., 2010).

A vitamina E apresenta em sua composição principalmente quatro formas de tocoferóis e, em menor proporção, quatro tocotrienóis, sendo o α -tocoferol a forma biologicamente mais ativa. Trata-se de uma vitamina lipossolúvel, normalmente armazenada nas membranas celulares, entre os fosfolipídios, onde exerce sua função antioxidante. Atua em conjunto com a vitamina C e a enzima glutathione dependente de selênio na inibição da peroxidação lipídica.

Esses compostos funcionam como doadores de hidrogênio para os radicais peroxila, interrompendo a reação em cadeia que caracteriza esse processo oxidativo. Cada molécula de tocoferol pode neutralizar até dois radicais peroxila, gerando no respectivo processo uma inativação irreversível. Para evitar essa desativação, o tocoferol depende de mecanismos

regenerativos sinérgicos, envolvendo o ascorbato nas membranas celulares e a ubiquinona na membrana mitocondrial (Oliveira et al., 2000).

A vitamina C, ou ácido ascórbico, é um antioxidante hidrossolúvel localizado nos compartimentos aquosos dos tecidos orgânicos. Ela desempenha funções metabólicas essenciais no organismo, atuando como agente redutor, especialmente na redução de metais de transição, como Fe^{3+} e Cu^{2+} , presentes nos sítios ativos de enzimas ou em formas livres. Devido à sua elevada capacidade redutora, o ácido ascórbico pode ser oxidado por várias espécies reativas de oxigênio, e sua suplementação tem mostrado efeitos positivos na atenuação do estresse fisiológico, sobretudo em contextos de crescimento acelerado e de desafios ambientais na produção avícola (Halliwell et al., 1996).

A vitamina A também atua como um antioxidante eficaz, com capacidade de retardar a peroxidação lipídica. Contudo, sua atividade é influenciada pela pressão parcial de oxigênio, sendo mais eficiente em baixas concentrações de oxigênio. Já níveis elevados de oxigênio favorecem a degradação dos carotenoides, precursores da vitamina A (Foote; Chang; Denny, 1970).

Os oligoelementos também representam uma linha essencial do sistema antioxidante do organismo. O selênio, micronutriente fundamental presente em quantidades variáveis na maioria dos alimentos da dieta animal, compõe a estrutura de diversas selenoproteínas, muitas delas atuando como enzimas antioxidantes, destacando-se a glutathione peroxidase como a principal responsável pela neutralização dos efeitos das espécies reativas de oxigênio (Silva; Gonçalves, 2010).

Zinco, cobre e manganês são oligoelementos fundamentais que participam de diversas rotas metabólicas. No contexto da defesa antioxidante, destacam-se por sua atuação como cofatores enzimáticos nos centros redox da enzima superóxido dismutase, presente tanto no citosol quanto nas mitocôndrias (Barbosa et al., 2010).

2.7 Antioxidantes exógenos utilizados na produção avícola

Na atualidade, há uma ampla variedade de compostos, naturais e sintéticos, com propriedades antioxidantes utilizados na alimentação animal. A utilização segura desses compostos exige o cumprimento de requisitos específicos, entre os quais se destaca a ausência de riscos à saúde animal e humana (Nawar, 1996).

Antioxidantes exógenos devem cumprir critérios como: eficácia durante o período de armazenamento, ausência de interferência no odor e sabor dos alimentos, compatibilidade

com o substrato, estabilidade frente ao aquecimento e facilidade de incorporação ao alimento (Melo; Guerra, 2002).

Essas substâncias são classificadas conforme seu mecanismo de ação como aditivos antioxidantes que reagem com espécies reativas de oxigênio, originando produtos inativos ou, segundo sua aplicação alimentar, como qualquer composto capaz de retardar os efeitos prejudiciais da oxidação no organismo e nos alimentos. Podem ser produzidas sinteticamente pela indústria ou estar naturalmente presentes em diferentes partes de plantas (Garcia et al., 2012).

2.7.1 Antioxidantes sintéticos

Os antioxidantes sintéticos são amplamente utilizados como aditivos alimentares com o objetivo de prevenir ou retardar a oxidação lipídica, um dos principais responsáveis pela degradação de alimentos, especialmente os ricos em lipídios. Dentre os compostos mais empregados pela indústria alimentícia brasileira destacam-se o butil-hidroxi-anisol (BHA), butil-hidroxitolueno (BHT), galato de propila (PG) e a terc-butil-hidroquinona (TBHQ) (Takemoto et al., 2009).

A aplicação desses antioxidantes na alimentação humana e animal teve início no final da década de 1940, com o uso do BHA, originalmente desenvolvido para proteger derivados de petróleo, mas que se mostrou eficaz na estabilização de alimentos com alto teores de lipídeos. Em 1954, o BHT passou a ser amplamente utilizado nos Estados Unidos, em conjunto com o BHA e o propil galato. Posteriormente, em 1972, iniciou-se a comercialização do TBHQ, consolidando-o como um antioxidante de elevada eficiência para aplicação alimentar (Maziero et al., 2001; Nieva-Echevarría et al., 2015).

Do ponto de vista químico, esses antioxidantes são compostos fenólicos polihidroxilados, contendo diversas substituições no anel aromático (Sahidi; Zhong, 2010). São classificados como antioxidantes primários, por atuarem diretamente na etapa de iniciação da oxidação lipídica, neutralizando espécies reativas de oxigênio por meio da doação de hidrogênio ou elétrons, resultando em produtos estáveis (Nimse; Pal, 2015)

A eficácia desses compostos está relacionada a fatores como energia de ativação, constantes cinéticas, potencial redox, estabilidade química e solubilidade no meio (Coneglian al., 2011). Apesar dos benefícios tecnológicos proporcionados pelos antioxidantes sintéticos, estudos toxicológicos têm demonstrado que sua ingestão pode acarretar efeitos adversos à saúde de animais e humanos (Li et al., 2014; Sadowska-Bartosz; Bartsoz, 2014).

Entre os efeitos observados estão o aumento do peso hepático, redução nos níveis de hemoglobina, hiperplasia de células basais e potencial carcinogênico, cuja manifestação depende da dose e do tempo de exposição (Ramalho; Jorge, 2006). Diante dos riscos associados ao uso contínuo desses aditivos, a busca por alternativas naturais tem ganhado relevância nas pesquisas científicas e na indústria. Antioxidantes naturais, extraídos de ervas, frutas e especiarias, configuram-se como alternativas promissoras devido ao potencial de promover efeitos benéficos à saúde, decorrentes da presença de compostos bioativos com propriedades funcionais ao organismo (Huber et al., 2012).

2.7.2 Antioxidantes naturais

A comprovação dos efeitos adversos associados à exposição a doses elevadas de antioxidantes sintéticos, como BHA, BHT e TBHQ, motivou, a partir do final da década de 1980 (Ito et al., 1986), um crescente interesse por fontes naturais de antioxidantes. Tais compostos passaram a ser considerados alternativas viáveis, capazes de atuar isoladamente ou de forma sinérgica com outros aditivos, com o objetivo de prevenir a deterioração oxidativa de alimentos e, principalmente, reduzir o uso de antioxidantes sintéticos (Pokorny, 1991; Durán; Padilla, 1993).

Antioxidantes naturais são definidos como compostos bioativos extraídos de diferentes partes de plantas, incluindo folhas, cascas, raízes, sementes e frutos. Até o momento, já foram identificados mais de 5.000 compostos bioativos de origem vegetal. No entanto, uma proporção significativa desses compostos ainda permanece desconhecida (Pandey; Rizvi, 2009). A caracterização e o estudo desses componentes são fundamentais para a compreensão de seu papel na promoção da saúde animal e humana (Ferreira; Abreu, 2007).

Do ponto de vista químico, os antioxidantes naturais são majoritariamente compostos aromáticos que contêm pelo menos um grupo hidroxila. Sua ação antioxidante pode ocorrer por diferentes mecanismos, incluindo a inibição de espécies reativas de oxigênio, quelação de metais pró-oxidantes, sequestro de oxigênio singlete e desativação de radicais livres (Melo; Guerra, 2002).

Os principais grupos de compostos bioativos presentes nos antioxidantes naturais incluem carotenoides: α -caroteno, β -caroteno, β -criptoxantina, luteína, zeaxantina, cataxantina e licopeno. Compostos fenólicos, subdivididos em flavonoides: flavonóis, flavonas, flavanóis, flavanonas, antocianidinas, isoflavonoides, estibenos, cumarinas e taninos, além dos não flavonoides, como os ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinâmicos).

Compostos nitrogenados como alcaloides e derivados da clorofila, aminoácidos e aminas e compostos organossulfurados, como isotiocianatos, indóis e compostos de enxofre alílicos.

Dentre esses grupos, os compostos fenólicos são os mais estudados, em virtude de sua ampla distribuição em plantas e da elevada capacidade antioxidante que demonstram em diferentes sistemas biológicos (Ferreira; Abreu, 2007).

2.7.2.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos constituem uma ampla classe de metabólitos secundários presentes em plantas, abrangendo desde estruturas químicas simples até polímeros complexos. A principal característica estrutural desses compostos é a presença de pelo menos um grupo hidroxila diretamente ligado a um anel aromático. Em tecidos vegetais, podem ser encontrados tanto em sua forma livre quanto conjugados a glicosídeos ou proteínas (Soares, 2002).

Sua atividade antioxidante é amplamente reconhecida e ocorre por diferentes mecanismos, como a capacidade de sequestrar espécies reativas de oxigênio e quelar metais de transição, inibindo tanto a fase de iniciação quanto a de propagação das reações oxidativas. A eficácia antioxidante dos compostos fenólicos está intimamente relacionada à sua estrutura química, especialmente à presença e posição de grupos hidroxila capazes de doar elétrons, promovendo a estabilização dos radicais livres por ressonância no anel aromático. Os produtos intermediários formados a partir dessa interação apresentam relativa estabilidade devido à deslocalização eletrônica promovida pela ressonância (Shahidi et al., 1992; Soares, 2002).

Os compostos fenólicos são geralmente classificados com base em seu esqueleto carbônico, sendo os ácidos fenólicos e os flavonoides as classes mais representativas. Os ácidos fenólicos, também denominados compostos não flavonoides, são estruturalmente compostos por um anel benzênico, um grupo carboxílico e um ou mais grupos hidroxila e/ou metila. Essa classe é subdividida em três grupos principais: ácidos benzóicos mais simples, com sete átomos de carbono; ácidos cinâmicos, com nove átomos de carbono; e cumarinas, derivadas do ácido cinâmico por ciclização da cadeia lateral do ácido α -cumárico (Soares, 2002).

Os flavonoides compreendem mais de 10.000 compostos já identificados na natureza, configurando-se como a classe mais diversa de metabólitos secundários no reino vegetal. Possuem uma estrutura básica de 15 átomos de carbono (C15), organizada em três anéis: dois aromáticos (A e B) ligados por um anel heterocíclico oxigenado (anel C). São classificados em subclasses como flavonas, flavonóis, flavanonas, isoflavonas, antocianinas e isoflavonoides (Carocho; Ferreira, 2013).

A diversidade estrutural dos flavonoides resulta de modificações no esqueleto básico, incluindo hidroxilação, metilação, acilação e glicosilação. Essas variações influenciam diretamente a sua atividade antioxidante, que está associada às propriedades redox dos grupos hidroxifenólicos e às relações estruturais entre as diferentes partes da molécula (Lopes et al., 2010; Martínez-Flórez et al., 2002).

Além de atuarem como sequestradores de EROS e quelantes de metais de transição, os flavonoides também apresentam a capacidade de inibir diversas enzimas pró-oxidantes, como lipoxigenase, ciclooxigenase, mieloperoxidase e xantina oxidase. Paralelamente, podem estimular enzimas antioxidantes endógenas, como catalase e superóxido dismutase, contribuindo para o equilíbrio redox celular.

Extratos vegetais ricos em compostos fenólicos demonstram elevada atividade antioxidante. Entre os exemplos mais estudados destacam-se os extratos de alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.) (Afonso et al., 2010), sálvia (*Salvia officinalis* L.) (Estevez et al., 2007), chá verde (*Camellia sinensis*) (Perumalla; Navam, 2011) e orégano (*Origanum vulgare*) (Botsoglou et al., 2002).

No contexto da produção animal, a incorporação desses extratos na alimentação tem mostrado efeitos positivos. Devido ao alto teor de ácidos graxos insaturados e poli-insaturados, produtos avícolas, como carne e ovos são particularmente suscetíveis à oxidação lipídica, o que limita sua estabilidade e conservação (Pita et al., 2004).

Embora haja um crescente número de pesquisas sobre os efeitos benéficos dos compostos fenólicos, ainda existe um descompasso entre a ampla diversidade da flora nativa do Brasil e o número de estudos realizados sobre suas propriedades bioativas. Dentre as espécies promissoras, destaca-se a azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.), cujos extratos têm demonstrado elevado potencial antioxidante em diferentes ensaios laboratoriais (Chagas et al., 2015).

2.8 Syzygium cumini L

A azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.), pertencente à família Myrtaceae, uma espécie arbórea de ampla distribuição geográfica, popularmente conhecida por diversos nomes regionais, como jabolão, jamelão, cereja roxa, jalão, ameixa roxa e azeitona-preta. A família Myrtaceae compreende aproximadamente 4.620 espécies distribuídas em 129 gêneros, sendo caracterizada por sua diversidade morfológica e fitoquímica (Sousa Sabino et al., 2018).

Originária do subcontinente indiano, a planta é amplamente cultivada em países da Ásia, como Malásia, Tailândia e Filipinas, além de ter sido introduzida em regiões tropicais e subtropicais da África e América do Sul, incluindo diversas áreas do território brasileiro, onde se adaptou com facilidade (Baliga et al., 2011; Ayyanar; Subash-Babu, 2012). É comumente empregada na arborização de cidades, a espécie pode atingir até 15 metros de altura e apresentar copa com cerca de 4 metros de diâmetro. Suas folhas são perenes, de coloração verde escura, lisas, brilhantes e com formato oblongo. As flores são pequenas, numerosas e de coloração branca ou esverdeada. Os frutos são comestíveis e de sabor adstringente, do tipo drupa, elípticos, com uma única semente, adquirindo coloração roxa quando maduros (Sousa Sabino et al., 2018).

As folhas, frutos, sementes e cascas são utilizados na medicina tradicional para o tratamento de condições como diabetes, resfriados, tosse, úlceras, além de apresentarem propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas (Pepato et al., 2001). Esses efeitos terapêuticos são atribuídos à rica composição fitoquímica da espécie, que inclui uma ampla variedade de compostos fenólicos, flavonoides e alcaloides com reconhecida bioatividade.

As folhas apresentam elevado teor de compostos fenólicos, como quercetina, miricetina, miricitina, ácido gálico, ácido elágico, ácido clorogênico, metilgalato, kaempferol, taninos e triterpenoides, além de glicosídeos acilados (Ayyanar; Subash-Babu, 2012; Swami et al., 2012). Os frutos, por sua vez, são fontes de antocianinas, rafinose, glicose, frutose, além de ácidos orgânicos como o gálico, cítrico e málico. Apresentam também proteínas, minerais (Ca, P, Mg, Fe, Na, K, Cu, Cl) e vitaminas A, C e do complexo B (Ayyanar; Subash-Babu, 2012).

As sementes contêm alcaloides, incluindo jambosina e o glicosídeo jambolina, além de flavonoides diversos, o que lhes confere alta capacidade antioxidante. Também são notáveis pelas concentrações de proteínas e cálcio. Estudos comparativos demonstraram que os extratos obtidos das folhas da planta apresentam maior teor de compostos fenólicos e superior atividade antioxidante em relação aos extratos dos frutos em diferentes estágios de maturação (Veber et al., 2015).

De forma semelhante, Kaneria e Chanda (2013) observaram atividade antioxidante e antimicrobiana significativa nos extratos foliares, reforçando o potencial bioativo dessa parte da planta. Dessa maneira, as folhas destacam-se como uma promissora fonte de antioxidantes naturais, com aplicabilidade potencial nas áreas de alimentos funcionais, fitoterapia e farmacognosia.

2.8.1 Atividade antioxidante das folhas de *Syzygium cumini* L

As folhas da azeitona roxa têm sido amplamente estudadas devido à sua significativa atividade biológica, incluindo propriedades anti-inflamatórias, antimicrobianas e, especialmente, antioxidantes. Diversos estudos identificaram a presença de compostos bioativos com ação farmacológica contra microrganismos como *Salmonella typhimurium* e *Pseudomonas aeruginosa* (Loguercio et al., 2005), além de confirmarem seu elevado potencial antioxidante (Kaneria; Chanda, 2013).

A atividade antioxidante observada nas folhas da planta é atribuída à diversidade de compostos fenólicos, os quais atuam diretamente na neutralização das espécies reativas de oxigênio. Essa capacidade está relacionada à estrutura química dos compostos fenólicos, que possibilita a doação de elétrons e estabilização por ressonância, sendo fundamentais nos mecanismos de defesa contra o estresse oxidativo (Hasanuzzaman et al., 2016).

Estudos fitoquímicos indicam que os extratos das folhas preparados com diferentes solventes orgânicos possuem ampla variedade de metabólitos secundários (Hasanuzzaman et al, 2016). Utilizando solventes como n-hexano, acetona, clorofórmio e metanol, identificaram alcaloides, flavonoides, glicosídeos, fenóis, resinas, saponinas, taninos e esteroides. De modo semelhante, Ramos e Bandiola (2017) observaram que os extratos etanólico e metanólico concentravam a maior diversidade fitoquímica, incluindo proteínas, triterpenoides, óleos e lipídios.

Balyan et al. (2019) isolaram dez compostos fenólicos nas folhas de *S. cumini*, incluindo seis ácidos fenólicos (tânico, gálico, elágico, cafeico, ferúlico e p-cumárico) e quatro flavonoides (catequina, epicatequina, quercetina e miricetina-3-O-ramnosídeo). Kharat et al. (2020) quantificaram os principais compostos fenólicos em diferentes extratos, verificando maiores concentrações de quercetina no extrato etanólico ($0,19394 \pm 0,05 \mu\text{g/mL}$), rutina no extrato aquoso ($0,04731 \pm 0,05 \mu\text{g/mL}$), ácido elágico no extrato de acetato de etila ($0,02492 \pm 0,03 \mu\text{g/mL}$) e kaempferol ($0,02521 \pm 0,05 \mu\text{g/mL}$).

Além disso, Kaneria et al. (2009) determinaram teores de compostos fenólicos totais de 180 mg/g e 94 mg/g nos extratos metanólico e aquoso, respectivamente, utilizando o método de Folin-Ciocalteu com ácido gálico como padrão. Jacques e Zambiasi (2011) destacaram a alta taxa de degradação do ácido gálico como consequência de sua estrutura altamente hidroxilada, a qual favorece reações de oxirredução.

A eficácia antioxidante das folhas tem sido demonstrada por meio de diversos estudos in vitro e in vivo. Ruan et al. (2008) observaram correlação positiva entre o conteúdo

de compostos fenólicos e a capacidade de eliminação de radicais livres, destacando a presença de ácido ferúlico e catequina, sendo esta última reconhecida por sua elevada reatividade com radicais livres (Morel et al., 1993). A atividade antioxidante *in vitro* também foi reportada por diversos autores, como (Jagetia; Baliga, 2004; Kshirsagar; Upadhyay, 2009; Nahar et al., 2009; Reddy; Jose, 2013; Eshwarappa et al., 2014; Margaret et al., 2015; Kumar; Kalakoti, 2015).

Em estudos *in vivo*, Bona et al. (2010) verificaram que o extrato etanólico das folhas reduziu significativamente os níveis de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico em plaquetas de pacientes diabéticos. A ação foi atribuída à presença de ácido gálico, ácido clorogênico e rutina, compostos com reconhecida atividade antioxidante.

No âmbito da produção animal, embora ainda escassos, alguns estudos vêm explorando o uso da planta. De acordo com Freitas et al. (2017), a inclusão de folhas secas de *Syzygium cumini* nas dietas de galinhas poedeiras (0, 5 e 10 g/kg) melhora a estabilidade lipídica e a coloração da gema, sem comprometer o desempenho produtivo ou a qualidade dos ovos.

Ilham et al. (2023) utilizaram o extrato aquoso das folhas (0, 0,25, 0,5 e 1,0 g/L) na água de frangos de corte, observando que até 1,0 g/L não comprometeu o desempenho ou as características de carcaça. Sousa (2023) avaliou o extrato etanólico das folhas na dieta de galinhas poedeiras (200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg), verificando que até 1000 mg/kg houve melhora na atividade antioxidante e na estabilidade lipídica da gema de ovos frescos e armazenados, sem prejuízos ao desempenho ou a qualidade de ovos. A alta concentração de compostos fenólicos, incluindo flavonoides e não flavonoides, reforça o potencial uso dos extratos foliares de *Syzygium cumini* como antioxidantes naturais de interesse para nutrição animal (Veber et al., 2015).

3 EXTRATO ETANÓLICO DA FOLHA DA AZEITONA ROXA (SYZYGIUM CUMINI L.) NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE REPRODUTORAS

RESUMO

A presente pesquisa apresentou como objetivo avaliar a inclusão do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. na alimentação de codornas de corte reprodutoras. Foram utilizadas 336 codornas da espécie *Coturnix coturnix*, com 22 semanas de idade distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado composto por 7 tratamentos e 6 repetições de oito aves, sendo a unidade experimental constituída de 6 fêmeas e 2 machos. Os tratamentos consistiram em dietas: controle negativo (sem inclusão de aditivo antioxidante), controle positivo (com inclusão de BHT na concentração de 200 mg/kg de ração), e as demais com a inclusão do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. na concentração de 200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg de ração. Foram avaliados o desempenho produtivo, qualidade de ovos, estabilidade lipídica no fígado (TBARS) e segmentos dos órgãos reprodutores, potencial antioxidante dos ovos (fenólicos totais, DPPH e ABTS), estabilidade lipídica da gema (TBARS), parâmetros de incubação e desempenho da progênie. Não houve efeito significativo sobre o desempenho produtivo, qualidade de ovos, parâmetros de incubação e desempenho da progênie. No fígado, os menores valores de TBARS ocorreram nas doses a partir de 600mg/kg do extrato. No ovário, o menor teor de TBARS foi observado com 1000 mg/kg do extrato. No magno, BHT e os diferentes níveis do extrato não apresentaram diferença estatística entre si. No útero, os níveis a partir de 400 mg/kg reduziram progressivamente a concentração de TBARS. A concentração de fenólicos totais e a capacidade antioxidante (DPPH) aumentaram significativamente a partir do tratamento controle positivo e conforme houve aumento da inclusão progressiva do extrato. Na atividade antioxidante (ABTS), não houve diferença significativa entre os níveis de inclusão do extrato. Os valores de TBARS da gema de ovos frescos foram maiores no controle negativo, não havendo diferença entre os demais tratamentos que continha BHT ou extrato. Aos 28 dias de armazenamento, os tratamentos a partir de 400 mg/kg promoveram redução progressiva no teor de TBARS da gema. Concluiu-se que o extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* na ração de codornas de corte reprodutoras até 1000 mg/kg não apresentou efeito adverso sobre o desempenho produtivo, qualidade de ovos, parâmetros de incubação e desempenho da progênie. Doses a partir de 200 mg/kg do extrato aumentam o potencial antioxidante dos ovos e reduzem a oxidação lipídica do fígado, segmentos dos órgãos reprodutores e das gemas de ovos frescos e armazenados por 28 dias.

Palavras-chave: antioxidante natural; compostos fenólicos; estabilidade lipídica da gema, ovos férteis.

ETHANOLIC EXTRACT OF PURPLE OLIVE LEAF (*SYZYGIUM CUMINI* L.) IN THE FEEDING OF BREEDING QUAILS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the inclusion of the ethanolic extract of *Syzygium cumini* L. leaves in the diet of breeding meat quails. A total of 336 22-week-old *Coturnix coturnix* quails were distributed in a completely randomized design consisting of 7 treatments and 6 replicates of eight birds, with the experimental unit consisting of 6 females and 2 males. The treatments consisted of diets: negative control (without inclusion of antioxidant additive), positive control (with inclusion of BHT at a concentration of 200 mg/kg of feed), and the others with the inclusion of the ethanolic extract of *Syzygium cumini* L. leaves at concentrations of 200, 400, 600, 800 and 1000 mg/kg of feed. Production performance, egg quality, oxidative stability (TBARS) in liver tissues and reproductive organs, antioxidant potential (total phenolics, DPPH, and ABTS) of eggs, oxidative stability (TBARS) in yolk, incubation parameters, and progeny performance were evaluated. There was no significant effect on production performance, egg quality, incubation parameters, or progeny performance. In the liver, the lowest TBARS values occurred at doses starting at 600 mg/kg of extract. In the ovary, the lowest TBARS content was observed at 1000 mg/kg of extract. In the magnum, BHT and the different levels of the extract showed no statistical difference. In the uterus, levels starting at 400 mg/kg progressively reduced TBARS concentration. Total phenolic concentration and antioxidant capacity (DPPH) increased significantly from the positive control treatment and with increasing progressive addition of the extract. Regarding antioxidant activity (ABTS), there was no significant difference between the extract inclusion levels. TBARS values in the yolk of fresh eggs were higher in the negative control, with no difference between the other treatments containing BHT or extract. After 28 days of storage, treatments starting at 400 mg/kg promoted a progressive reduction in yolk TBARS content. It was concluded that the ethanolic extract of *Syzygium cumini* leaves in the diet of broiler breeders up to 1000 mg/kg does not have an adverse effect on production performance, egg quality, incubation parameters, or offspring performance. Doses starting at 200 mg/kg of the extract increase the antioxidant potential of fertile eggs and reduce lipid oxidation in liver tissue, reproductive organs, and in the yolks of fertile eggs both fresh and stored for 28 days.

Keywords: natural antioxidant; phenolic compounds; yolk lipid stability, fertile eggs.

3.1 Introdução

A criação de codornas reprodutoras cresceu significativamente impulsionada pela expansão dos plantéis comerciais e pela disponibilidade de aves com alto potencial genético no mercado. Tais avanços proporcionaram ganhos expressivos em produtividade, padronização e controle zootécnico, elevando tanto o desempenho reprodutivo quanto a qualidade dos ovos férteis.

Contudo, aves em sistemas comerciais de produção estão sujeitas a fatores ambientais, fisiológicos, sanitários, nutricionais e de manejo (Surai; Fisinin, 2016), os quais podem induzir distúrbios na fisiologia celular e favorecer o aumento da produção de espécies reativas de oxigênio (Mishra; Jha, 2019). O excesso desses radicais livres no organismo comprometem as defesas antioxidantes e a homeostase celular (Bernabucci et al., 2002), o que culmina no estresse oxidativo.

O estresse oxidativo é reconhecido como um dos principais agentes de disfunções reprodutivas em aves (Sies, 2019). Nas fêmeas, a condição danifica as células da granulosa e interrompe a produção de progesterona, causando atresia dos folículos ovarianos (Surai et al., 2019; Deluao et al., 2022). Nos ovos férteis, potencializa a peroxidação lipídica da gema comprometendo a integridade da membrana vitelínica e danificando o DNA embrionário (Wang et al., 2021). Como consequência, há aumento de malformações embrionárias, queda na eclodibilidade e pintos com menor viabilidade pós-eclosão (Pamplona; Costantini, 2011; Zhang et al., 2018).

Em machos, o estresse oxidativo compromete a motilidade, a integridade da membrana e o DNA dos espermatozoides (Khan, 2011; Aitken et al., 2014). Essas alterações reduzem as taxas de fertilidade e podem prejudicar a transferência adequada de informação genética para a prole (Takalani et al., 2023).

Para mitigar os efeitos do estresse oxidativo, aditivos antioxidantes têm sido incluídos na dieta de aves reprodutoras. Dentre esses, destacam-se os antioxidantes naturais derivados de plantas ricas em compostos fenólicos, apresentando elevado potencial antioxidante. Esses compostos acumulam-se na gema, nos tecidos embrionários e protegem o embrião contra danos oxidativos (Oliveira et al., 2018).

Nesse contexto, a azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.) espécie arbórea da família Myrtaceae, destaca-se devido à sua variada composição fitoquímica (Ayyanar; Subash-Babu, 2012). A planta apresenta elevado potencial antioxidante em todas as suas partes devido à

presença de compostos fenólicos, com relevância para as folhas, que apresentam as maiores concentrações (Loguércio et al., 2005).

Estudos *in vitro* demonstraram que o teor de diferentes compostos fenólicos nos extratos foliares está associado ao aumento na atividade antioxidante (Eshwarappa et al., 2014; Margaret et al., 2015), bem como na capacidade de sequestrar radicais livres (Ruan et al., 2008). Essas propriedades têm incentivado pesquisas sobre o uso dos extratos foliares de *Syzygium cumini* como aditivo antioxidante na nutrição animal.

Freitas et al. (2017), ao avaliarem a inclusão das folhas desidratadas (0, 5 e 10 g/kg) na dieta de galinhas poedeiras, observaram que o nível de 10 g/kg melhorou a estabilidade lipídica e a coloração da gema, sem prejuízos ao desempenho produtivo. De forma semelhante, Silva (2023) verificou que a inclusão do extrato etanólico das folhas (200 a 1000 mg/kg de ração) aumentou o potencial antioxidante e reduziu a oxidação lipídica dos ovos frescos e armazenados, sem efeitos adversos sobre o desempenho das aves.

Os extratos foliares de *Syzygium cumini* têm se mostrado uma alternativa promissora como aditivo antioxidante natural na nutrição avícola. Assim, este estudo objetivou avaliar os efeitos da inclusão do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* na alimentação de codornas reprodutoras de corte, analisando o desempenho produtivo, qualidade de ovos, estabilidade lipídica do fígado e segmentos dos órgãos reprodutores, potencial antioxidante no ovo, estabilidade lipídica da gema, parâmetros de incubação e desempenho da progênie.

3.2 Material e métodos

Os protocolos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP) da Universidade Federal do Ceará (UFC), sob o Protocolo nº 2004202301. Os experimentos foram realizados no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFC, no município de Fortaleza/CE. De acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal, localizado em São Paulo, Brasil. Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

3.2.1 Preparo do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L

A preparação do extrato etanólico das folhas de azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.) foi realizada no Laboratório de Extração de Produtos Naturais do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC, utilizando o método de extração a frio com etanol como solvente orgânico.

Inicialmente, as folhas foram coletadas e secas em lona plástica sob sol direto por 72 horas. Após a secagem, o material foi triturado e submerso em etanol na proporção de 1:2 (folhas secas:etanol) em frascos de vidro âmbar, permanecendo em repouso por sete dias à temperatura ambiente. Posteriormente, a solução foi filtrada em TNT (tecido não tecido) e concentrado em evaporador rotativo (Evaporador Rotativo TE-210®, Tecnal, Piracicaba, Brasil) a temperatura de 50°C, com rotação de 60 rpm e pressão reduzida para recuperação do solvente. O solvente recuperado foi reutilizado em um novo ciclo de extração nas mesmas condições. O extrato etanólico obtido foi armazenado em frasco de vidro devidamente identificado para uso posterior.

3.2.2 Determinação do potencial antioxidante do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L.

Foram retiradas alíquotas do extrato para avaliação da capacidade antioxidante, atividade antioxidante total, determinação de compostos fenólicos totais (Tabela 1) e composição polifenólica (Tabela 2), onde o butilato de hidroxitolueno (BHT) foi utilizado como padrão. A capacidade antioxidante do extrato foi avaliada pela capacidade de sequestro do

radical DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazil), de acordo com o procedimento descrito por Brand-Williams et al. (1995) e Rufino et al. (2007), sendo os resultados expressos em $\mu\text{g/mL}$, referente à metade da concentração inibitória máxima (IC50).

A atividade antioxidante total foi determinada por meio do ensaio com o radical livre ABTS+ (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) e o resultado expresso em μM de capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) por grama de extrato (Miller *et al.*, 1993). A análise dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método Folin-Ciocalteu, expresso em miligramas de equivalente de ácido gálico (EqAG) por grama de extrato (Folin; Ciocalteu, 1927; Mueller-Harvey, 2001).

Tabela 1 - Capacidade antioxidante, atividade antioxidante total e compostos fenólicos do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini L*

	BHT ³ (Antioxidante sintético)	EEFSC ⁴
DPPH ¹ IC50 ($\mu\text{g/mL}$)	20,05	21,00
ABTS ² (μM TEAC/g)	350,83	295,51
Fenólicos totais (mg EqAG/g)	-	99,40

¹ Radical 2,2 difenil-1-picril-hidrazil; ² Radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); ³ Butilado hidroxitolueno; ⁴ Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini L*.

A quantificação da composição polifenólica foi feita por Cromatografia Líquida de Alta Frequência, conduzida em um HPLC Agilent 1100, acoplado a um detector quadrupolo seletivo de massa (HP 1101; Agilent Technologies, Waldbronn, Alemanha). A separação cromatográfica de extratos metanólicos foi conduzida usando uma coluna de fase reversa C18 Gemini (5 μm) (250 x 4,6 mm I.D.) Phenomenex (Aschaffenburg, Alemanha) de acordo com o método descrito por Maia et al. (2018). Os resultados foram expressos em mg/g de extrato.

Tabela 2 - Composição polifenólica do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini L*

Compostos fenólicos	mg/g
Isorhamnetina-3-O-rutinoside	6,21
Quercetina-3-O-galactoside	5,22
Ácido elágico	4,09

3.2.3 Delineamento, dietas experimentais e manejo das aves

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC, em um galpão convencional para codornas de postura, equipado com gaiolas de arame galvanizado medindo 35 × 25 × 20 cm (comprimento × largura × altura), dispostas em sistema piramidal, sendo as gaiolas equipadas com comedouro linear tipo calha, bebedouro tipo *nipple* e bandeja coletora de ovos.

Foram utilizadas 336 codornas reprodutoras da espécie *Coturnix coturnix* (252 fêmeas e 84 machos), com 22 semanas de idade. A seleção das aves foi realizada com base no peso corporal e na produção de ovos, a fim de uniformizar as unidades experimentais, conforme as recomendações de Sakomura e Rostagno (2007).

As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado composto por sete tratamentos e seis repetições, com oito aves por unidade experimental (seis fêmeas e dois machos). A parcela experimental foi constituída por duas gaiolas e, em cada uma delas, foram alojados três fêmeas e um macho, com uma densidade de 218 cm²/ave. Os tratamentos consistiram em dietas: controle negativo (sem inclusão de aditivo antioxidante), controle positivo (com inclusão de BHT na concentração de 200 mg/kg de ração), e as demais com a inclusão do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L., na concentração de 200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg de ração.

Para obtenção das dietas experimentais, a dieta controle negativo (Tabela 3) foi formulada sem aditivos, com a inclusão de 1000 mg/kg de ingrediente inerte, sendo consideradas as recomendações nutricionais propostas por Silva e Costa (2009) e os valores nutricionais e energéticos dos ingredientes propostos por Rostagno et al. (2024). A dieta foi corrigida pelos teores de matéria seca (método 934.01) e nitrogênio (método 976.05) determinados em laboratório, conforme descrito pela AOAC International (2005).

As demais dietas foram obtidas pela substituição do ingrediente inerte pelo BHT ou extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L. nas proporções definidas para cada tratamento, de forma a garantir que as dietas fossem isonutrientes e isoenergéticas. As dietas foram preparadas por meio dos processos de moagem, pesagem e mistura, sendo obtidas na forma farelada. O extrato, por apresentar-se na forma de gel, foi inicialmente diluído em óleo de soja e, posteriormente, misturado às rações.

O período experimental teve duração de 147 dias, dividido em 7 ciclos de 21 dias cada. Durante o período experimental, a ração e a água foram oferecidas à vontade. O programa de luz adotado foi de 16 horas diárias, sendo 12 horas de luz natural e 4 horas de luz artificial.

Tabela 3 - Composição e níveis nutricionais calculados da ração controle negativo para codornas reprodutoras e da ração de crescimento para progênie de 1 a 7 dias de idade

Ingredientes (%)	Postura	Crescimento
Milho	49,65	54,94
Soja Farelo (45%)	37,31	40,84
Óleo de soja	2,48	1,26
Calcário calcítico	8,41	1,19
Fosfato bicálcico	1,13	0,94
Sal comum	0,53	0,36
DL-metionina (99%)	0,10	0,28
L-Lisina (54,6%)	0,05	0,00
Suplemento vitamínico ¹	0,19	0,15
Suplemento mineral ²	0,05	0,05
Inerte ³	0,10	0,00
Total	100,00	100,00
Composição calculada		
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.800	2.950
Proteína bruta (%)	21,00	23,00
Metionina + Cistina digestível (%)	0,70	0,89
Metionina digestível (%)	0,41	0,58
Lisina digestível (%)	1,10	1,14
Treonina digestível (%)	0,81	0,78
Triptofano digestível (%)	0,24	0,27
Gordura (%)	4,89	3,99
Cálcio (%)	3,00	0,75
Fósforo disponível (%)	0,30	0,29
Sódio (%)	0,23	0,16

¹ Composição por Kg do produto: Vit. A – 9.000.000,00 UI; Vit. D3 – 2.500.000,00 UI; Vit. E – 20.000,00 mg; Vit. K3 – 2.500,00 mg; Vit. B1 – 2.000,00 mg; Vit. B2 – 6.000,00 mg; Vit. B12 – 15,00 mg; Niacina – 35.000,00 mg; Ácido pantotênico – 12.000,00 mg; Vit. B6 – 8.000,00 mg; Ácido fólico – 1.500,00 mg; Selênio – 250,00 mg; Biotina – 100,00 mg; ² Composição por Kg do produto: Ferro – 100.000,00 mg; Cobre – 20,00 g; Manganês – 130.000,00 mg; Zinco – 130.000,10 mg; Iodo – 2.000,00 mg. ³ Areia lavada.

3.2.4 Avaliação do desempenho produtivo

Para avaliar o desempenho das codornas reprodutoras foram mensurados o consumo de ração (grama/ave/dia) - calculada pela diferença da quantidade de ração fornecida no início da fase descontados as sobras obtidas ao final da fase; percentagem de postura (%/ave/dia) - obtida através do registro diário da produção de ovos por gaiola, sendo ao final de cada período e calculadas as percentagens de postura por repetição; massa de ovo (grama/ave/dia) - obtida pela multiplicação do número de ovos produzidos e do peso médio do ovo de cada repetição no período; conversão alimentar (grama de ração/grama de ovo) -

calculada a partir da relação dos dados de consumo de ração pela massa de ovo produzida para cada repetição por período. As variáveis foram corrigidas em função da mortalidade, de acordo com as recomendações de Sakomura e Rostagno (2016).

3.2.5 Avaliação da qualidade dos ovos

A avaliação da qualidade dos ovos foi realizada por meio da densidade específica, unidades Haugh, proporções de albúmen, gema e casca, cor da gema e espessura da casca. Para determinação desses parâmetros, uma vez em cada período experimental, todos os ovos de cada parcela foram coletados, identificados e levados para o Laboratório de Avaliação da Qualidade de Ovos, localizado no Setor de Avicultura da UFC, onde os ovos foram pesados individualmente em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01 g (Marte Científica™ Model AD1000, máx. 1010g), para determinação do peso médio dos ovos. Terminada a pesagem foram selecionados três ovos por parcela e submetidos sequencialmente às demais determinações, conforme as etapas descritas a seguir.

Inicialmente a densidade específica (g/cm^3) dos ovos foi determinada conforme procedimentos descritos por Freitas et al. (2004). Na sequência a avaliação da qualidade do albúmen foi realizada com a determinação da unidade Haugh (Haugh, 1937), onde os ovos foram quebrados sobre uma superfície plana de vidro e com a utilização de um micrômetro de profundidade (Baxlo Haugh®, Barcelona, Espanha) foi medida a altura (mm) do albúmen denso, que juntamente com o peso do ovo foram aplicados na equação: $UH = 100 \times \log (H - 1,7 \times P^{0,37} + 7,6)$, onde: UH = unidades Haugh; H = altura do albúmen em mm e P = peso do ovo em g (Card; Neishem, 1968).

Logo após, a gema foi separada do albúmen e pesada em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01g (Marte Científica™ Model AD1000, máx. 1010g), sendo a sua proporção obtida pela divisão do peso da gema pelo peso do ovo multiplicado por 100. A gema foi avaliada quanto à cor, através da comparação através do aplicativo Digital YolkFan™ (DSM Company Heerlen, Limburg, Holanda).

As cascas dos ovos após a quebra foram lavadas e postas para secar por 72 horas a temperatura ambiente, sendo pesadas em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01g (Marte Científica™ Model AD1000, máx. 1010g). A proporção de casca foi obtida pela divisão do peso da casca pelo peso do ovo multiplicado por 100. A proporção de albúmen foi obtida por diferença, em que: $\text{albúmen (\%)} = 100 - (\text{proporção de gema} + \text{proporção casca})$.

Para determinar a espessura da casca foram realizadas medidas em três regiões nos polos maior, menor e região equatorial da casca, com o uso de micrômetro digital (Mitutoyo Company, Kawasaki, Japão), com divisões de 0,01mm e feito uma média dos valores obtidos.

3.2.6 Avaliação da estabilidade lipídica do fígado e órgãos reprodutores

No final do sétimo período foram selecionadas uma ave de cada unidade experimental, com base no peso corporal médio da parcela, submetidas a jejum de 6 horas e na sequência eutanasiadas por eletronarcorese seguida de sangria. Por meio de incisão abdominal os órgãos foram expostos, sendo o fígado, ovário, magno e útero coletados e imediatamente congelados em nitrogênio líquido e, em seguida, armazenados a -8°C até o momento das análises de oxidação lipídica.

As amostras dos órgãos foram avaliadas através do método de extração ácido aquosa (Cherian et al., 2002). Para isso, em um tubo Falcon de 15ml foram pesados aproximadamente 2g dos órgãos devidamente homogeneizados e adicionados 6,75 ml de ácido perclórico (3,86%) e 18,75 μl de BHT (4,5%), sendo o conteúdo homogeneizado em agitador vórtex por 1 minuto. Na sequência, os tubos foram centrifugados a 8500 rpm por 10 minutos.

Na filtração do sobrenadante, utilizou-se papel de filtro (Whatman n° 1), sendo que 1 ml do filtrado foi colocado em tubo Eppendorf de 2,0 ml (Eppendorf®). Na sequência, foram adicionados 1 ml de solução aquosa de TBA (20 mM). Os tubos foram aquecidos em aquecedor (Eppendorf ThermoMixer, Eppendorf®, Hamburg, Germany) por 30 minutos a 95°C . Em seguida, para reduzir a temperatura, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi realizada em ELISA a 531 nm. A concentração de TBARS foi calculada através de uma curva padrão de malonaldeído (MDA) e os resultados expressos em g de MDA/ kg de amostra.

3.2.7 Avaliação do potencial antioxidante dos ovos

No sétimo período experimental, foram realizadas as análises referentes ao potencial antioxidante dos ovos, por meio da determinação dos compostos fenólicos totais e pela captura de radicais DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazil) e ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)6-ácido sulfônico).

Foram selecionados 3 ovos de cada parcela, com casca íntegra, devidamente identificados e acondicionados em bandejas de papelão, sendo armazenados em temperatura média de $(18 \pm 2,55^{\circ}\text{C})$ e umidade relativa de $(79,75 \pm 9,11\%)$ até o momento das análises.

Para realizar as análises antioxidantes, os ovos selecionados foram quebrados, homogeneizados e levados à estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas, de acordo com Smet et al. (2006) e algumas adaptações.

Inicialmente, em 1 g de ovo desidratado foram adicionados 3 ml de água destilada e acrescentados posteriormente 10 ml de metanol. Após isso, realizou-se a homogeneização por 1 hora em agitador vórtex. Transcorrida 1 hora, as amostras foram centrifugadas por 5 minutos a 5000 rpm, sequencialmente o conteúdo foi filtrado em papel filtro contendo sulfato de sódio.

A extração de fenólicos totais foi feita segundo Johnson et al. (2008), e a quantificação de acordo com Genovese et al. (2008), com algumas adaptações. Em um tubo de Eppendorf de 2,0 ml (Eppendorf®), adicionou-se 0,125 ml do extrato do ovo, sequencialmente foram misturados 0,125 ml de solução Folin-Ciocalteu (10%) e 1 ml de água destilada, a amostra foi agitada. Após 3 minutos, adicionou-se 0,125 ml de carbonato de sódio e o conteúdo foi incubado a 37 °C por 30 minutos no Termomixer (Eppendorf ThermoMixer® C, Eppendorf, Hamburg, Germany). Após 30 minutos, a leitura foi realizada em ELISA a 734 nm. A quantificação foi realizada com base na curva padrão gerada com ácido gálico e os resultados expressos em equivalentes de ácido gálico mgEAG/100g de amostra seca.

A capacidade antioxidante foi determinada utilizando o método de sequestro do radical livre DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazil), baseado na sua captura por antioxidantes e produzindo um decréscimo da absorvância. O método de DPPH foi realizado de acordo com Arabshahi-Delouee e Urooj (2007), ocorrendo adaptações. No ensaio, 0,5 ml do extrato metanólico do ovo foi misturado a 1,5 ml da solução de DPPH (6×10^{-5} Mol/L), sendo mantido por 30 minutos à temperatura ambiente na ausência de luz. A leitura foi realizada em ELISA a 734 nm. A inibição (descoloração) do DPPH foi calculada como a percentagem relativa de absorvância da amostra no momento da leitura e comparada com o branco (somente radical DPPH), usando a seguinte equação: $DPPH (\%) = [(absorvância\ controle - absorvância\ amostra) / absorvância\ controle] \times 100$.

A atividade antioxidante foi determinada por meio do ensaio ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)6-ácido sulfônico) realizado de acordo com Chen et al. (2011), havendo adaptações. Inicialmente, foi preparado o Radical ABTS⁺, o qual foi produzido por meio da reação de ABTS 7 mmol/L com um volume igual de Persulfato de potássio 2,45 mmol/L. O sistema foi mantido em repouso à temperatura de 25°C, durante 16 horas e na ausência de luz. Uma vez formado o radical ABTS⁺, a solução foi diluída com etanol e realizada a leitura da absorvância até se obter um valor de $0,70 \pm 0,05$ nm a um comprimento de onda de 734 nm.

A partir do extrato obtido dos ovos, em um tubo de Eppendorf de 1,5 ml (Eppendorf®), adicionou-se 10 µl do extrato. Na sequência, acrescentou-se 1 ml da solução diluída de ABTS+ e homogeneizou-se no agitador vórtex por 10 segundos. Posteriormente, as amostras foram incubadas no escuro por 6 minutos à temperatura ambiente. Após esse período, a leitura foi realizada em ELISA a 734 nm.

A inibição (descoloração) do radical ABTS foi calculada como a porcentagem relativa de absorvância da amostra no momento da leitura e comparada com o branco (somente radical ABTS+), usando a seguinte equação: $ABTS (\%) = [(absorvância\ controle - absorvância\ amostra) / absorvância\ controle] \times 100$.

3.2.8 Avaliação da estabilidade lipídica da gema

No sétimo período experimental, foram realizadas as análises referentes à estabilidade lipídica da gema de ovos frescos e armazenados por 28 dias, por meio da determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). Foram selecionados 3 ovos de cada parcela, para cada tempo de armazenamento (0 e 28 dias) com casca íntegra, devidamente identificados e acondicionados em bandejas de papelão, sendo armazenados em temperatura média de $(18 \pm 2,55^\circ\text{C})$ e umidade relativa de $(79,75 \pm 9,11\%)$ até o momento das análises. A estabilidade lipídica foi realizada na gema através do método de extração ácido aquosa (Cherian et al., 2002).

Inicialmente, as gemas de cada parcela foram homogeneizadas e pesadas, aproximadamente 2g de gema *in natura* (sem película) em um tubo Falcon de 15 mL. Em seguida, foram adicionados 6,75 mL de ácido perclórico (3,86%) e 18,75 µL de BHT (4,5%) sendo o conteúdo homogeneizado em agitador vórtex por 30 segundos. Posteriormente, os tubos foram centrifugados a 8500 rpm por 10 minutos a 4°C. O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro (Whatman nº 1). Na sequência, 1 mL do filtrado foi colocado em um tubo Eppendorf e adicionou-se 1 mL de solução aquosa de TBA (20mM). Os tubos foram aquecidos em aquecedor (Eppendorf ThermoMixer) por 30 minutos a 95°C sem agitação. Após isso, para reduzir a temperatura, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi realizada em ELISA a 531 nm. A concentração de TBARS foi calculada por meio de uma curva padrão de malonaldeído (MDA), e os resultados foram expressos em g de MDA/kg de amostra.

3.2.9 Avaliação dos parâmetros de incubação

Para avaliar os parâmetros de incubação, no final do 3º e 6º período experimental, foram coletados todos os ovos durante 10 dias e encaminhados para o incubatório, sendo submetidos à seleção para incubação, realizando ovoscopia com descarte dos ovos trincados, sujos, quebrados e de formato irregular (arredondados e alongados). Os ovos selecionados foram devidamente identificados e armazenados em sala com temperatura ambiente controlada de 18°C e umidade de 80%.

No dia seguinte ao último dia de coleta, todos os ovos armazenados foram colocados para aclimação à temperatura ambiente por 8 horas, pesados em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01 g (Marte Científica™ Model AD1000, máx. 1010g), e acondicionados em bandejas previamente identificadas de acordo com os tratamentos e levados para incubadora com temperatura de 38°C e umidade de 60% onde permaneceram por 15 dias. Após este período, os ovos foram colocados em redes de polietileno e transferidos para o nascedouro com temperatura de 36,8°C e umidade de 65% onde ficaram até o 17º dia de incubação.

Os dados das incubações foram somados, obteve-se média aritmética. A avaliação do peso médio dos ovos incubáveis (g/ovo) obtido pela média aritmética considerou o registro do peso total dos ovos da parcela, a quantidade de ovos incubados, peso médio da codorna ao nascer (g/ave), registrado após a eclosão, por média aritmética da pesagem em balança semi-analítica, com sensibilidade de 0,01g. Também foram considerados os índices de eclosão (%), eclodibilidade (%), fertilidade, sendo calculados pelas seguintes fórmulas: Eclosão (%) = (número de codornas nascidas / número de ovos incubados) x 100; Eclodibilidade (%) = (número de codornas nascidas / número de ovos férteis) x 100; Fertilidade (%) = (número de ovos férteis / número de ovos incubados) x 100.

3.2.10 Avaliação do desempenho da progênie

Foram realizados dois ensaios de desempenho da progênie referente às incubações do 3º e 6º período experimental. Após a eclosão e pesagem as codornas foram alojadas, conforme os tratamentos, em boxes com dimensões (0,60 m x 0,60 m), piso coberto por maravalha e equipados com bebedouro tipo copo pressão, comedouro tubular e uma lâmpada incandescente de 100 watts para aquecimento até o 10º dia de idade.

As aves e as rações foram pesadas no 1º e 7º dia de idade, no qual os dados de desempenho foram somados, obteve-se média aritmética, possibilitando a avaliação das seguintes variáveis: consumo de ração (g/ave), calculada pela diferença da quantidade de ração fornecida no início, descontadas as sobras obtidas ao final de cada fase; ganho de peso (g/ave) obtido pela diferença do peso ao nascer e dos pesos ao final de cada fase; a conversão alimentar (g de ração/g de ave) foi calculada a partir da relação dos dados de consumo de ração e do peso das codornas. As variáveis foram corrigidas pela mortalidade.

Nesse período todas as aves foram alimentadas com apenas uma ração de crescimento (Tabela 3) formulada considerando os valores nutricionais e energéticos dos ingredientes propostos por Rostagno et al. (2024), corrigida pelos teores de matéria seca (método 934.01) e nitrogênio (método 976.05) determinados em laboratório, conforme descrito pela AOAC International (2005) e as recomendações nutricionais propostas por Silva e Costa (2009). As dietas foram preparadas pelos processos de moagem, pesagem e mistura, sendo as dietas obtidas na forma farelada.

3.2.11 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software “*Statistical Analysis System*” (Statistical SAS, 2000). Os dados foram submetidos à análise de variância segundo um modelo inteiramente casualizado. Para determinar o melhor nível de inclusão do extrato nas rações, os dados dos tratamentos com os níveis do extrato (200 a 1000 mg/kg de ração) foram submetidos à análise de regressão linear e quadrática. Também foi realizada a comparação de médias entre todos os tratamentos pelo teste SNK (5%).

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Desempenho produtivo das aves

Os resultados obtidos não foram significativos no que concerne aos tratamentos para o consumo de ração, produção de ovos, peso do ovo, massa de ovo e conversão alimentar (Tabela 4). Também não foi observado efeito de regressão linear e quadrática para os níveis do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. sobre nenhuma das variáveis.

Tabela 4 - Desempenho de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini*.

Tratamentos	Consumo de ração (g/ave/dia)	Produção (%/ave/dia)	Peso do ovo (g)	Massa de ovo (g/ave/dia)	Conversão alimentar (g/g)
Sem antioxidante	30,10	85,26	13,34	11,39	2,69
200mg BHT ¹ /kg	30,71	87,64	13,17	11,57	2,72
200mg EEFSC ² /kg	30,94	83,37	13,37	10,99	2,86
400mg EEFSC/kg	30,69	91,34	13,19	12,07	2,56
600mg EEFSC/kg	30,75	88,12	13,41	11,82	2,64
800mg EEFSC/kg	30,99	91,47	13,25	12,12	2,57
1000mg EEFSC/kg	30,96	86,63	13,47	11,69	2,68
EPM ³	0,171	0,054	1,114	0,163	0,040
Efeitos estatísticos	<i>p</i> -valor				
ANOVA ⁴	0,8595	0,4214	0,7419	0,5610	0,4806
Regressão	<i>p</i> -valor				
Linear	0,2350	0,2382	0,6554	0,1770	0,3043
Quadrática	0,5644	0,1973	0,4605	0,3840	0,4535

¹ Butilato de hidroxitolueno; ² Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.; ³ Erro padrão da média;

⁴ Análise de variância.

Em aves destinadas à produção de ovos o consumo de ração e o aproveitamento eficiente dos nutrientes estão diretamente relacionados ao desempenho produtivo. Dessa maneira, fatores que comprometam esses aspectos podem impactar negativamente o desempenho produtivo das aves, uma vez que a produção de ovos é diretamente influenciada pelo atendimento das exigências de energia, sendo que o peso do ovo pode ser impactado pelo suprimento adequado de aminoácidos (Leeson; Summers, 1997).

Nessa perspectiva, fatores que influenciam negativamente no consumo ou aproveitamento dos nutrientes podem induzir a problemas de desempenho, pois a produção de ovos depende do atendimento das exigências de energia, sendo que as exigências em proteínas e aminoácidos influenciam o peso do ovo (Leeson; Summers, 1997).

No entanto, considerando que todas as rações foram formuladas para serem isoenergéticas e isonutrientes, e que não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos quanto ao consumo de ração, pode-se inferir que a inclusão do extrato em níveis de até 1000 mg/kg, não comprometeu a digestibilidade dos nutrientes nem a utilização da energia presente nas dietas. Esse aspecto garantiu um suprimento adequado de energia, proteínas e aminoácidos, o que explica a ausência de variação na porcentagem de postura, no peso e na massa dos ovos, bem como na conversão alimentar entre os tratamentos.

A utilização de extratos fitogênicos em concentrações elevadas pode afetar a ingestão de alimento, alterando as características organolépticas das rações, tornando-as menos atrativas e palatáveis, o que poderia reduzir o consumo pelas aves (Roth-Maier et al., 2005; Vieira et al., 2011). Esse efeito, entretanto, não foi observado neste estudo, já que não houve variação significativa no consumo de ração entre os tratamentos, indicando que a adição do extrato não afetou negativamente a palatabilidade das dietas nem a resposta produtiva das codornas.

Estudos investigaram a inclusão de folhas e extratos foliares de *Syzygium cumini* L. na alimentação de aves de produção (Freitas et al., 2017; Ilham et al., 2023; Silva, 2023), e seus resultados indicam que não houve comprometimento dos parâmetros de desempenho zootécnico das aves.

3.3.2 Qualidade de ovos

As diferenças estatísticas obtidas não foram significativas entre os tratamentos para densidade específica, unidade Haugh, percentuais de gema, albúmen e casca, cor da gema e espessura da casca (Tabela 5). No entanto, observou-se efeito linear decrescente para a densidade específica ($y = 1,074 - 0,020x$; $R^2 = 0,75$), não sendo detectado efeitos de regressão linear ou quadrática dos níveis do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. sobre os demais parâmetros avaliados.

Tabela 5 - Qualidade de ovos de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	Densidade específica (g/cm ³)	Unidade Haugh	Gema (%)	Albúmen (%)	Casca (%)	Espessura de casca (mm)	Cor da gema
Sem antioxidante	1,075	89,94	30,38	61,21	8,41	0,22	4,61
200mg BHT ¹ /kg	1,072	90,20	30,87	60,65	8,49	0,22	4,42

200mg EEFSC ² /kg	1,073	89,63	29,99	61,72	8,29	0,22	4,60
400mg EEFSC/kg	1,073	90,15	30,72	61,11	8,18	0,22	4,48
600mg EEFSC/kg	1,074	90,09	30,45	61,16	8,40	0,22	4,40
800mg EEFSC/kg	1,073	89,64	30,72	60,85	8,44	0,22	4,30
1000mg EEFSC/kg	1,072	89,15	30,83	60,86	8,31	0,23	4,36
EPM ³	0,0003	0,186	0,119	0,127	0,041	0,058	0,001
Efeitos estatísticos	<i>p-valor</i>						
ANOVA ⁴	0,1442	0,7610	0,4467	0,3972	0,4583	0,4496	0,7672
Regressão	<i>p-valor</i>						
Linear	0,0229	0,3749	0,1070	0,1338	0,9726	0,1006	0,1355
Quadrática	0,8295	0,3511	0,8581	0,7435	0,6360	0,5721	0,6067

¹ Butilato de hidroxitolueno; ² Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.; ³ Erro padrão da média; ⁴ Análise de variância.

Para garantir a produção de ovos de qualidade, é fundamental o fornecimento de dietas balanceadas que atendam às exigências nutricionais e energéticas das codornas. A energia é essencial para produção e síntese dos componentes do ovo e sua deficiência pode provocar redução no tamanho geral do ovo, afetando proporcionalmente o volume da gema, albúmen e casca (Wu et al., 2007; Pérez-Bonilla et al., 2012). A deficiência de proteína e aminoácidos pode reduzir a produção de ovoalbumina, diminuindo a proporção de albúmen e o valor de unidades Haugh (Novak et al, 2006). A deficiência de minerais como cálcio, fósforo, manganês e zinco podem afetar diretamente a deposição de carbonato de cálcio, resultando em cascas mais finas, frágeis e com menor porcentagem e densidade específica (Pelícia et al., 2009; An et al., 2016; Vellasco et al., 2016; Elnesr et al., 2024 Li et al., 2025);

Nesse contexto, os resultados indicam que a inclusão do extrato etanólico de *Syzygium cumini* L., nos níveis testados, não comprometeu a biodisponibilidade de nutrientes e energia necessários para a produção de ovos de qualidade. Tal aspecto se deve ao fato de que todas as aves receberam rações isoenergéticas e isonutrientes, e não foram observadas alterações nos parâmetros de desempenho que indicassem um possível efeito compensatório decorrente de impactos negativos do aditivo avaliado.

Embora a análise de variância não tenha detectado diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos para densidade específica, espessura e porcentagem de casca, a análise de regressão revelou um efeito linear decrescente significativo exclusivamente para a densidade específica dos ovos. Essa divergência entre os métodos estatísticos pode ser explicada pela natureza distinta das análises: a análise de variância compara médias entre grupos independentes e não considera qualquer ordenamento numérico entre os tratamentos, sendo que a análise de regressão identifica tendências sistemáticas quando os tratamentos

apresentam caráter quantitativo, como na presente pesquisa, que avaliou níveis crescentes de aditivos.

Além disso, deve-se considerar que a densidade específica é uma variável altamente sensível, caracterizada por baixa amplitude de variação, o que pode explicar sua maior suscetibilidade à detecção de efeitos estatísticos. Na presente pesquisa, a variação máxima observada foi de apenas 0,003 g/cm³, com erro padrão da média de 0,0003 g/cm³, o que indica alta precisão e pequena variabilidade experimental.

É importante destacar que a densidade específica é uma medida indireta, porém amplamente utilizada, da qualidade da casca, por refletir o grau de mineralização da casca em relação ao volume total do ovo (Hamilton, 1982). Apesar da tendência de queda observada com o aumento dos níveis do extrato de *Syzygium cumini* L., os demais parâmetros diretamente relacionados à estrutura da casca, como porcentagem e espessura, não apresentaram o mesmo padrão de resposta, sugerindo que a redução da densidade específica pode não ter representado um comprometimento estrutural efetivo da casca.

Os valores de densidade específica obtidos neste trabalho estão em consonância com os reportados por Móri et al. (2005) e Costa et al. (2008), os quais observaram que valores entre 1,070 e 1,075g/cm³ ainda são considerados indicativos de boa qualidade de casca em ovos de codornas europeias.

A ausência de efeitos significativos de extratos fitogênicos sobre os parâmetros de qualidade dos ovos também tem sido observada por outros pesquisadores que avaliaram o uso de extratos de *Syzygium cumini* L. e de outras plantas da família Myrtaceae. Freitas et al. (2017) e Silva (2023), ao avaliarem a inclusão de até 10 g/kg de folhas desidratadas de *S. cumini* L., testando a inclusão de até 1.000 mg/kg de extrato etanólico das folhas de *S. cumini* L. em ração de galinhas poedeiras, não observaram diferenças significativas nas variáveis de qualidade dos ovos. Boonthium et al. (2010) também não constataram efeitos significativos sobre a qualidade dos ovos de galinhas alimentadas com ração contendo a inclusão de 10 a 30 mg/kg de extrato das folhas de goiaba (*Psidium guajava* L.). Por outro lado, Gultepe et al. (2020) observaram diferença significativa apenas na coloração da gema em ovos de aves suplementadas com 10 mL de extrato de *Myrtus communis* L. por litro de água.

3.3.3 Estabilidade lipídica do fígado e órgãos reprodutores

Conforme os resultados apresentados na (Tabela 6) houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos para a concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) no fígado e órgãos do trato reprodutor (ovário, magno e útero). A análise de regressão constatou efeito linear decrescente para os valores de TBARS no fígado ($y = 11,636 - 13,458x$; $R^2 = 0,91$), ovário ($y = 5,118 - 8,34x$; $R^2 = 0,89$), magno ($y = 3,780 - 6,492x$; $R^2 = 0,94$) e útero ($y = 5,842 - 8,083x$; $R^2 = 0,97$), demonstrando tendência de melhora progressiva da estabilidade oxidativa nesses órgãos com o aumento dos níveis do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L.

No fígado, os menores valores de TBARS foram observados nos tratamentos com 600, 800 e 1000 mg/kg extrato, enquanto os tratamentos com BHT, 200 e 400 mg/kg do extrato apresentaram valores intermediários. No ovário, a menor concentração de TBARS foi observada com a inclusão de 1000 mg/kg do extrato, enquanto os demais níveis apresentaram valores intermediários, semelhantes ao tratamento com BHT.

No magno, os menores valores de TBARS ocorreram nos grupos que receberam ração contendo 200 mg/kg de BHT e 200 a 1.000 mg/kg do extrato, sem diferença estatística entre esses tratamentos. No útero, a menor concentração de TBARS foi observada na dose de 1.000 mg/kg do extrato, seguido pelas doses 400, 600 e 800 mg/kg, que não diferiram entre si, e na sequência os tratamentos com 200 mg/kg de BHT ou 200 mg/kg do extrato apresentaram valores superiores.

Tabela 6 - Estabilidade lipídica (TBARS) do fígado e segmentos dos órgãos reprodutores de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	TBARS ¹ (mg malonaldeído/kg)			
	Fígado	Ovário	Magno	Útero
Sem antioxidante	12,25 A	5,97 A	4,53 A	6,35 A
200mg BHT ² /kg	11,32 AB	4,81 B	3,49 B	5,73 B
200mg EEFSC ³ /kg	11,46 AB	4,92 B	3,71 B	5,73 B
400mg EEFSC/kg	11,13 AB	4,78 B	3,48 B	5,50 BC
600mg EEFSC/kg	10,62 B	4,68 B	3,32 B	5,32 CD
800mg EEFSC/kg	10,51 B	4,51 BC	3,28 B	5,17 CD
1000mg EEFSC/kg	10,42 B	4,21 C	3,16 B	5,08 D
EPM ⁴	0,147	0,091	0,090	0,073
Efeitos estatísticos	<i>p</i> -valor			
ANOVA ⁵	0,0035	<,0001	<,0001	<,0001
Regressão	<i>p</i> -valor			

Linear	0,0111	0,0003	<,0001	<,0001
Quadrática	0,4751	0,4252	0,1472	0,2169

¹ Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; ² Butilato de hidroxitolueno; ³ Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L; ⁴ Erro padrão da média; ⁵ Análise de variância; ^{A, B} Na coluna, médias seguidas de letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística pelo teste SNK (P<0,05).

A concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) é amplamente utilizada como marcador da peroxidação lipídica em tecidos biológicos e em estudos que avaliam os efeitos de aditivos antioxidantes na mitigação do estresse oxidativo em animais. Em aves de postura, o fígado exerce um papel central no metabolismo, na desintoxicação e na síntese de componentes vitelogênicos da gema (Alvarenga et al., 2011). Essas funções favorecem a geração de radicais livres, tornando o tecido hepático mais suscetível ao estresse oxidativo (Surai, 2016).

Os órgãos do sistema reprodutor das aves, como ovário, magno e útero, apresentam elevada atividade metabólica durante o período de postura. O ovário é responsável pelo crescimento e desenvolvimento dos folículos, os quais acumulam lipídios e proteínas da gema, processos que demandam alta atividade mitocondrial e hormonal (Johnson et al., 2015). O magno e o útero participam da secreção de componentes do albúmen e da formação da casca, respectivamente (Sah; Mishra, 2018). A intensa atividade bioquímica torna esses tecidos particularmente vulneráveis ao desequilíbrio redox e à formação de espécies reativas de oxigênio.

O efeito observado na redução do nível de TBARS nos órgãos avaliados com a inclusão dietética do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* está diretamente relacionado à sua composição polifenólica, que inclui compostos como quercetina-3-O-galactosídeo, isorhamnetina-3-O-rutinosídeo e ácido elágico (Tabela 2).

Os metabólitos de quercetina demonstram atividade antioxidante eficaz na supressão da peroxidação lipídica em sistemas biológicos. Os grupos hidroxila fenólicos desses compostos atuam como doadores de hidrogênio, neutralizando radicais peroxila e alquila, o que interrompe a propagação da cadeia oxidativa (Mohos et al., 2019). Além disso, o grupo catecol presente na estrutura da quercetina é capaz de quelar íons metálicos redox-ativos, inibindo a reação de Fenton e, conseqüentemente, a geração de radicais que iniciam a peroxidação lipídica (Zahra et al., 2024). Quanto ao ácido elágico, este induz a ativação de enzimas antioxidantes endógenas, como a superóxido dismutase, a catalase e a glutathione peroxidase, por meio de mecanismos que modulam a defesa antioxidante celular (Xu et al., 2021).

Os resultados obtidos na presente pesquisa diferem dos relatados por Silva (2023), que não observou efeitos significativos ao utilizar até 1000 mg/kg do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* sobre a oxidação lipídica no fígado e órgãos do trato reprodutor de galinhas poedeiras. De acordo com El-Hack et al. (2022), variações no metabolismo de compostos fenólicos administrados via dieta podem ocorrer em função de suas características químicas, da interação com nutrientes e da espécie avícola, fatores que influenciam tanto seus efeitos fisiológicos quanto os níveis de transferência desses compostos para os órgãos. Dessa forma, a eficácia da capacidade antioxidante dos compostos fenólicos depende tanto da forma absorvida quanto dos metabólitos ativos gerados (Williamson et al., 2018).

Portanto, a redução da oxidação lipídica nos tecidos hepáticos e do trato reprodutor de codornas pode estar diretamente relacionada à maior biodisponibilidade dos compostos fenólicos do extrato no organismo das aves, o que influencia positivamente a resposta antioxidante.

3.3.4 Potencial antioxidante dos ovos e estabilidade lipídica da gema

De acordo com os resultados das análises do potencial antioxidante mensurados no ovo (Tabela 7), constatou-se efeito significativo na concentração de fenólicos totais, capacidade antioxidante (DPPH) e atividade antioxidante (ABTS). A análise de regressão demonstrou efeito linear crescente para a concentração de fenólicos totais ($y = 89,540 + 228,558x$; $R^2 = 0,72$), para a inibição do radical DPPH ($y = 30,059 + 39,532x$; $R^2 = 0,78$) e para a captura do radical ABTS ($y = 5,392 + 9,209x$; $R^2 = 0,68$), confirmando que o aumento da inclusão do extrato de *Syzygium cumini* L. na dieta está associado à melhorias no potencial antioxidante dos ovos.

A concentração de compostos fenólicos e a percentagem de inibição do radical DPPH aumentaram significativamente a partir do tratamento controle positivo e à medida que a inclusão do extrato foi sendo acrescida, constatou-se maiores efeitos no tratamento com 1000 mg/kg extrato. Comparativamente, no grupo de aves tratado com ração contendo BHT, a percentagem de captura do radical ABTS foi menor do que nas codornas alimentadas com extrato, não havendo diferença significativa entre os níveis de inclusão.

Tabela 7 - Potencial antioxidante nos ovos e estabilidade lipídica das gemas de ovos frescos e armazenados de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	Fenólicos totais (mg EAG ⁴ /100g de amostra)	DPPH ¹ (%)	ABTS ² (%)	TBARS ³ (mg malonaldeído/kg)	
				0 dias	28 dias
Sem antioxidante	72,72 A	27,84 A	3,13 A	1,05 A	1,08 A
200mg BHT ⁵ /kg	82,78 B	29,97 B	4,79 B	0,90 B	0,98 B
200mg EEFSC ⁶ /kg	94,22 CB	30,90 BC	5,46 C	0,91 B	0,98 B
400mg EEFSC/kg	98,90 DC	31,65 DC	5,84 C	0,90 B	0,95 BC
600mg EEFSC/kg	103,19 ED	32,36 DC	6,07 C	0,89 B	0,91 CD
800mg EEFSC/kg	106,88 EF	33,15 DB	6,13 C	0,88 B	0,90 CD
1000mg EEFSC/kg	113,08 F	34,10 E	6,23 C	0,86 B	0,88 D
EPM ⁷	2,178	0,340	0,167	0,010	0,012
Efeitos estatísticos	<i>p-valor</i>				
ANOVA ⁸	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001	<,0001
Regressão	<i>p-valor</i>				
Linear	<,0001	<,0001	<,0015	0,0175	<,0001
Quadrática	0,6665	0,7746	0,2435	0,5596	0,4365

¹ Radical 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl radical; ² Radical 2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); ³ Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; ⁴ Equivalente de ácido gálico; ⁵ Butilato de hidroxitolueno; ⁶ Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L; ⁷ Erro padrão da média; ⁸ Análise de variância. ^{A, B} Na coluna, médias seguidas de letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística pelo teste SNK (P<0,05).

A estabilidade lipídica na gema (Tabela 7) dos ovos frescos provenientes de codornas alimentadas com ração sem aditivo antioxidante apresentaram os maiores níveis de TBARS, não havendo diferença entre os demais tratamentos que continha BHT ou extrato. No entanto, aos 28 dias de armazenamento, os tratamentos com BHT e 200 mg/kg do extrato não diferiram nos valores de TBARS, enquanto níveis a partir de 400 mg/kg reduziram progressivamente a oxidação lipídica, com o menor valor de TBARS observado em 1000 mg/kg, confirmando seu efeito protetor proporcional à dose.

A análise de regressão para os valores de TBARS nas gemas indicou comportamento linear decrescente tanto em ovos frescos ($y = 0,920 - 0,542x$; $R^2 = 0,80$) quanto em ovos armazenados por 28 dias ($y = 0,995 - 1,169x$; $R^2 = 0,96$), demonstrando que o aumento do nível de inclusão do extrato está associado à melhora da estabilidade oxidativa das gemas.

O potencial antioxidante observado nos ovos, evidenciado pelos ensaios de neutralização dos radicais DPPH e ABTS, está diretamente relacionado ao aumento na concentração de compostos fenólicos provenientes do extrato na dieta das aves. Esse efeito foi confirmado pela redução significativa nos níveis de TBARS nas gemas, tanto em ovos frescos

quanto armazenados, demonstrando a eficácia do aditivo fitogênico na neutralização de radicais livres.

Os resultados da análise de identificação e quantificação dos compostos fenólicos do extrato neste estudo, revelou concentrações expressivas de isorhamnetina-3-O-rutinosídeo, quercetina-3-O-galactosídeo e ácido elágico, todos com comprovada atividade antioxidante conforme diversos estudos (Lakhanpal; Rai, 2007; Murakami et al., 2008; Ríos et al., 2018; Sharifi-Rad et al., 2022; Nwozo et al., 2023; Sawicki et al., 2024).

Como destacado por Shang et al. (2020), os compostos fenólicos presentes na alimentação podem ser incorporados aos ovos tanto por transporte direto quanto após metabolização no organismo das aves. Portanto, o controle do estresse oxidativo em ovos férteis por meio da suplementação dietética com extratos vegetais ricos em compostos fenólicos representa uma estratégia eficaz para garantir condições ideais de desenvolvimento embrionário. Este mecanismo de proteção é particularmente relevante, uma vez que elevados níveis de radicais livres podem causar danos oxidativos a lipídios, proteínas e DNA, comprometendo a integridade das membranas celulares e reduzindo as taxas de eclosão (Pamplona; Costantini, 2011; Zhang et al., 2018; Wang et al., 2018).

3.3.5 Parâmetros de incubação

De acordo com os resultados apresentados na (Tabela 8), não houve diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos quanto ao peso do ovo, peso do pinto, percentuais de eclosão, eclodibilidade e fertilidade. Além disso, não foram observados efeitos lineares ou quadráticos dos níveis do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. sobre nenhum dos parâmetros avaliados.

Tabela 8 - Parâmetros de incubação de ovos de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	Peso do ovo (g)	Peso do pinto (g)	Eclosão (%)	Eclodibilidade (%)	Fertilidade (%)
Sem antioxidante	13,33	9,42	78,12	86,84	89,36
200mg BHT ¹ /kg	13,20	9,28	69,11	77,58	88,78
200mg EEFSC ² /kg	13,34	9,42	76,82	88,09	87,53
400mg EEFSC/kg	13,25	9,40	72,52	85,93	84,39
600mg EEFSC/kg	13,37	9,45	77,19	82,45	93,10
800mg EEFSC/kg	13,20	9,35	71,61	83,54	84,57
1000mg EEFSC/kg	13,46	9,57	75,22	82,81	89,71
EPM ³	0,058	0,050	2,185	1,561	1,481

Efeitos estatísticos	<i>p</i> -valor				
ANOVA ⁴	0,9132	0,8838	0,9395	0,7030	0,7397
Regressão	<i>p</i> -valor				
Linear	0,8743	0,3987	0,4004	0,1469	0,8892
Quadrática	0,5969	0,3913	0,9376	0,8423	0,8572

¹ Butilato de hidroxitolueno; ² Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L; ³ Erro padrão da média; ⁴ Análise de variância.

O peso do ovo incubado e do pintinho ao nascer estão diretamente relacionados. Em virtude disso, ovos maiores geralmente contêm mais nutrientes, o que permite um maior crescimento embrionário. Como resultado, o pintinho eclodido tende a ser mais pesado e, em alguns casos, mais vigoroso ao nascer. Um pintinho de boa qualidade deve apresentar peso correspondente a 62% a 76% do peso do ovo incubado (Schmidt et al., 2002). De acordo com os resultados obtidos neste estudo, o peso médio dos pintinhos ao nascimento correspondeu a 70,75% do peso dos ovos incubados, estando, portanto, em conformidade com os valores reportados na literatura.

Considerando que a eclodibilidade é determinada pela relação entre o número de pintinhos nascidos e a quantidade de ovos férteis incubados, variações nesse índice podem estar associadas à mortalidade embrionária ao longo do processo de incubação. A taxa de mortalidade pode ser influenciada por fatores relacionados tanto às condições do processo de incubação quanto às características das matrizes que originaram os ovos, sendo o estado nutricional o fator que influencia diretamente a composição do ovo.

Nessa perspectiva, uma vez que as condições de incubação foram padronizadas para todos os tratamentos, a ausência de diferenças significativas indica que a adição do extrato na dieta das codornas reprodutoras não interferiu negativamente no desenvolvimento embrionário, sendo indiferente na mortalidade embrionária nos estágios de incubação.

Compostos bioativos de antioxidantes fitogênicos podem se acumular na gema do ovo, atuando como uma barreira protetora contra danos celulares nos tecidos embrionários durante o desenvolvimento até a eclosão (Surai, 2016; Karadas et al., 2005). Além disso, a inclusão de antioxidantes na dieta de aves reprodutoras pode favorecer a estabilidade lipídica das gemas durante o armazenamento dos ovos, além de atenuar os danos provocados pela peroxidação lipídica nos tecidos embrionários, os quais podem resultar em malformações, redução da eclodibilidade e comprometimento da qualidade dos pintinhos (Kara et al., 2016; Zhang et al., 2018).

No entanto, os resultados na presente pesquisa contrastaram com as observações supracitadas, uma vez que a redução da peroxidação lipídica das gemas, induzida pela

suplementação com o extrato etanólico, não se traduziu em diferenças significativas nos parâmetros de incubação avaliados. Embora o extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* apresentasse compostos bioativos com atividade antioxidante comprovada (Lakhanpal; Rai, 2007; Murakami et al., 2008; Ríos et al., 2018; Sharifi-Rad et al., 2022; Nwozo et al., 2023; Sawicki et al., 2024), aventou-se que a concentração utilizada, a biodisponibilidade dos compostos ou o tempo de exposição das aves ao aditivo, mostraram-se insuficientes para conferir proteção efetiva e mensurável aos tecidos embrionários.

Além disso, o processo de incubação envolve múltiplos fatores fisiológicos e ambientais, sendo que a redução da peroxidação lipídica na gema pode não ter sido um fator determinante para melhorar os indicadores de incubação, como eclodibilidade, viabilidade embrionária ou qualidade dos pintinhos. Também não se pode descartar a possibilidade de que o embrião tenha mecanismos antioxidantes endógenos suficientes para lidar com os níveis de estresse oxidativo durante o desenvolvimento, tornando o efeito adicional do extrato pouco evidente nas variáveis analisadas.

As taxas de eclodibilidade e fertilidade obtidas na presente pesquisa estão em consonância com os valores reportados por Araújo et al. (2015), que observaram 63,97% de eclodibilidade e 84% de fertilidade em codornas da espécie *Coturnix japonica*. Segundo os autores, o armazenamento dos ovos por mais de uma semana pode reduzir a eclodibilidade devido a alterações químicas associadas ao tempo e às condições de conservação. Dessa forma, é possível inferir que os efeitos dos compostos antioxidantes do extrato na proteção das gemas possam ser mais expressivos em situações de armazenamento prolongado, nas quais o embrião depende fortemente da quantidade e da qualidade dos antioxidantes transferidos para o ovo.

3.3.6 Desempenho da progênie

Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e peso aos 7 dias (Tabela 9). Como também não foram detectados efeitos lineares e quadráticos dos níveis do extrato sobre as demais variáveis de desempenho da progênie.

Tabela 9 - Desempenho da progênie de codornas de corte reprodutoras alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	Consumo de ração (g/ave)	Ganho de peso (g/ave)	Conversão alimentar (g/g)	Peso aos 7 dias de idade (g)
Sem antioxidante	36,68	22,90	1,63	32,33
200mg BHT ¹ /kg	37,50	23,46	1,61	32,83
200mg EEFSC ² /kg	37,97	22,12	1,72	31,55
400mg EEFSC/kg	35,99	22,47	1,62	31,87
600mg EEFSC/kg	37,87	22,21	1,71	31,69
800mg EEFSC/kg	39,33	22,91	1,75	32,26
1000mg EEFSC/kg	37,15	22,06	1,69	31,55
EPM ³	0,5356	0,2369	0,0290	0,2438
Efeitos estatísticos	<i>p-valor</i>			
ANOVA ⁴	0,787	0,690	0,817	0,793
Regressão	<i>p-valor</i>			
Linear	0,9484	0,1487	0,4263	0,1854
Quadrática	0,4929	0,5845	0,3992	0,6273

¹ Butilato de hidroxitolueno; ² Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L; ³ Erro padrão da média; ⁴ Análise de variância.

Considerando que as progênies dos diferentes tratamentos foram submetidas às mesmas condições de alimentação, alojamento e manejo no período de 1 a 7 dias de idade, a ausência de diferenças significativas no desempenho podem estar relacionadas aos resultados observados quanto ao desempenho das matrizes, à qualidade dos ovos e aos parâmetros de incubação, os quais também não apresentaram variações significativas entre os tratamentos com o extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini*.

A nutrição da matriz pode impactar significativamente o desempenho da progênie, influenciando os sistemas digestivo, reprodutivo, oxidativo e imunológico das aves (Santana et al., 2023). Isso ocorre porque o desenvolvimento embrionário e pós-natal dos pintinhos depende dos nutrientes provenientes da dieta materna, os quais são depositados no ovo durante sua formação (Emamverdi et al., 2019). Assim, aditivos incluídos na alimentação das matrizes podem ser transferidos para a progênie, promovendo melhorias no desempenho inicial.

Nesse sentido, o uso de antioxidantes na alimentação de aves reprodutoras tem sido investigado com o objetivo de reduzir os efeitos do estresse oxidativo durante a incubação, contribuindo assim para melhores parâmetros de incubação e desempenho dos pintinhos na fase inicial. Entretanto, os resultados disponíveis na literatura têm sido inconsistentes. Mesmo em situações em que se observou melhora na estabilidade lipídica da gema e aumento da eclodibilidade, os efeitos sobre o desempenho dos pintinhos nem sempre foram significativos (Koedijk et al., 2018). Os resultados da presente pesquisa corroboram com esses achados, uma

vez que, embora tenham sido observados efeitos positivos do extrato sobre a estabilidade oxidativa das gemas, esses não se refletiram em melhorias no desempenho dos pintinhos até os 7 dias de idade.

3.4 Conclusão

A inclusão do extrato em até 1000 mg/kg não apresenta efeitos adversos sobre desempenho produtivo, qualidade de ovos, parâmetros de incubação e desempenho da progênie. Doses a partir de 200 mg/kg do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* aumentam o potencial antioxidante dos ovos férteis e reduzem a oxidação lipídica no fígado, órgãos do trato reprodutor e nas gemas de ovos férteis in natura e armazenados por 28 dias.

4 EXTRATO ETANÓLICO DA FOLHA DA AZEITONA ROXA (*SYZYGIUM CUMINI* L.) NA ALIMENTAÇÃO DE CODORNAS DE CORTE

RESUMO

A presente pesquisa avaliou a inclusão do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. na alimentação de codornas de corte. Foram utilizadas 350 codornas da espécie *Coturnix coturnix*, machos e fêmeas, criadas dos 7 aos 42 dias de idade, distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com sete tratamentos e cinco repetições de 10 aves. Os tratamentos consistiram em dietas: controle negativo (sem inclusão de aditivo antioxidante), controle positivo (com inclusão de BHT na concentração de 200 mg/kg de ração), e dietas com 200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg de extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. Foram avaliados o desempenho produtivo, características de carcaça, potencial antioxidante (fenólicos totais, DPPH e ABTS) da carne e estabilidade lipídica (TBARS) do fígado e carne. Não foram constatadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis de desempenho e características de carcaça. O teor de fenóis totais na carne foram maiores nas doses de 800 e 1000 mg/kg do extrato. A atividade antioxidante (DPPH) foi menor no controle negativo, sem variação entre os demais tratamentos. Na capacidade antioxidante (ABTS), o maior efeito foi observado com 1000 mg/kg do extrato. Os valores de TBARS do fígado e da carne *in natura* e armazenada foram maiores no grupo controle negativo em relação aos grupos com antioxidantes, sem diferença entre BHT e extrato. A utilização do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. em até 1000 mg/kg na alimentação de codornas de corte não compromete o desempenho produtivo e as características de carcaça. Os níveis a partir de 200 mg/kg do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. melhoraram o potencial antioxidante da carne e a estabilidade lipídica do fígado e da carne *in natura* e armazenada por 60 dias.

Palavras-chave: antioxidante natural; compostos fenólicos; estabilidade oxidativa; qualidade da carne.

ETHANOLIC EXTRACT OF PURPLE OLIVE LEAF (SYZYGIUM CUMINI L.) IN THE FEEDING OF MEAT QUAILS

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the inclusion of ethanolic extract from *Syzygium cumini* L. leaves in the diet of meat quails. A total of 350 male and female *Coturnix coturnix* quails, raised from 7 to 42 days of age, were distributed in a completely randomized design with seven treatments and five replicates of 10 birds. The treatments consisted of diets: negative control (without inclusion of antioxidant additive), positive control (with inclusion of BHT at a concentration of 200 mg/kg of feed), and diets with 200, 400, 600, 800 and 1000 mg/kg of ethanolic extract from *Syzygium cumini* L. Leaves were evaluated. The productive performance, carcass characteristics, antioxidant potential (total phenolics, DPPH and ABTS) of meat and oxidative stability (TBARS) of liver tissues and meat were evaluated. There were no significant differences between treatments for performance variables and carcass characteristics. Total phenol content in meat was higher at doses of 800 and 1000mg/kg. Antioxidant activity (DPPH) was lower in the control, with no variation among the other treatments. Antioxidant capacity (ABTS) had the greatest effect with 1000mg/kg of the extract. TBARS values in liver and fresh and stored meat were higher in the control group compared to the antioxidant groups, with no difference between BHT and the extract. The use of *Syzygium cumini* L. leaf ethanol extract at up to 1000mg/kg in the diet of meat quails does not compromise the productive performance or carcass characteristics of the birds. Levels from 200mg/kg of *Syzygium cumini* L. leaf ethanol extract improve the antioxidant potential of meat and the lipid stability of liver tissue and fresh and stored meat for 60 days.

Keywords: natural antioxidants; phenolic compounds; oxidative stability; meat quality.

4.1 Introdução

Codornas da espécie *Coturnix coturnix* têm se destacado por suas características zootécnicas favoráveis à produção de carne. Essas aves apresentam crescimento mais acelerado e maior peso corporal em comparação com outras espécies de codornas, o que contribui para um melhor rendimento de carcaça (Móri et al., 2005). Além disso, o melhoramento genético voltado ao alto desempenho conferiu maior eficiência alimentar e rusticidade às aves, consolidando-as como as mais indicadas para sistemas comerciais (Cavalcante et al., 2022).

Como consequência, observa-se uma crescente adoção de sistemas de criação mais intensivos para a espécie. No entanto, em condições intensivas de produção, as aves estão sujeitas a uma complexa interação de fatores ambientais, nutricionais, fisiológicos, sanitários e relacionados a manejo (Surai; Fisinin, 2016). Esses fatores podem causar distúrbios na fisiologia celular e favorecer a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio, sobrecarregando os mecanismos de defesa antioxidante endógenos e resultando no estresse oxidativo (Miao et al., 2020).

O estresse oxidativo é caracterizado pelo acúmulo de radicais livres altamente reativos e tóxicos, capazes de modificar macromoléculas biológicas e comprometer estruturas celulares e funções metabólicas (Halliwell; Whiteman, 2004) o que leva a prejuízos ao desempenho das aves e à qualidade dos produtos. Nos índices produtivos de aves de corte, o estresse oxidativo reduz o ganho de peso devido ao comprometimento das vilosidades intestinais e inflamação hepática (Hosseindoust; Kang; Kim, 2022). A condição também eleva as taxas de mortalidade, pois induz imunossupressão reduzindo as respostas imunológicas a infecções e doenças (Lin et al., 2006; Zhang et al., 2012). Além disso, compromete a qualidade da carne, favorecendo a peroxidação lipídica e degradação proteica, o que altera as características organolépticas da carne (Nawaz; Zhang et al., 2021; Chen et al., 2022).

Para mitigar os efeitos do estresse oxidativo e preservar o desempenho produtivo das aves, a inclusão de aditivos antioxidantes nas dietas tem se consolidado como prática comum na nutrição animal. Entre os aditivos empregados com essa finalidade, destacam-se os sintéticos, como o butil-hidroxitolueno (BHT) e o butil-hidroxi-anisol (BHA), amplamente utilizados devido ao baixo custo e à eficácia na estabilização oxidativa de rações (Barbosa et al., 2023). Entretanto, estudos recentes alertam para riscos do uso contínuo, incluindo toxicidade cumulativa e possível ação como promotores de carcinogênese em humanos (Zhang et al., 2023).

Nessa perspectiva, cresce o interesse pela utilização de antioxidantes naturais como alternativas mais seguras e sustentáveis. Em sua maioria são compostos fenólicos presentes nas plantas, que vêm sendo estudados por suas propriedades antioxidantes. Dentre as espécies vegetais, com reconhecido potencial antioxidante, destaca-se a azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.), planta nativa do continente asiático e difundida por vários países tropicais (Chagas et al., 2015).

Em razão de sua rica composição fitoquímica, a espécie apresenta elevado potencial antioxidante em todas as suas partes vegetativas (Ayyanar; Subash-Babu, 2012). Particularmente nas folhas, essa característica está associada às altas concentrações de polifenóis (Loguércio et al., 2005). Esses compostos, por sua vez, são determinantes para a atividade antioxidante e inibição de radicais livres, como demonstrado em testes *in vitro* (Ruan et al., 2008; Kaneria; Chanda, 2013; Reddy; Jose, 2013).

Na nutrição animal, alguns estudos têm avaliado os efeitos das folhas ou dos extratos foliares de *Syzygium cumini* L. como aditivo fitogênico. Freitas et al. (2017), ao incluírem folhas secas e trituradas de *Syzygium cumini* (0, 5 e 10 g/kg) na dieta de galinhas poedeiras, constataram que o nível de 10 g/kg melhorou a estabilidade lipídica e a coloração da gema, sem comprometer o desempenho produtivo. Ilham et al. (2023) utilizaram extrato aquoso das folhas (0, 0,25, 0,5 e 1,0 g/L) na água de frangos de corte, observando que até 1,0 g/L não comprometeu o desempenho ou as características de carcaça. Silva (2023) verificou que a inclusão de extrato etanólico das folhas (200 a 1000 mg/kg de ração) aumentou o potencial antioxidante e reduziu a oxidação lipídica dos ovos *in natura* e armazenados, sem efeitos adversos sobre o desempenho das aves.

Diante do exposto, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar a inclusão do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L. na ração de codornas de corte sobre o desempenho produtivo, características de carcaça, potencial antioxidante da carne e estabilidade oxidativa do fígado e carne.

4.2 Material e métodos

Os protocolos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP) da Universidade Federal do Ceará (UFC), sob o Protocolo, nº 2004202301. Os experimentos foram realizados no setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da UFC, no município de Fortaleza/CE. De acordo com os Princípios Éticos da Experimentação Animal adotados pelo Colégio Brasileiro de Experimentação Animal, localizado em São Paulo, Brasil. Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

4.2.1 Preparo do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L

A preparação do extrato etanólico das folhas de azeitona roxa (*Syzygium cumini* L.) foi realizada no Laboratório de Extração de Produtos Naturais do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da UFC, utilizando o método de extração a frio com etanol como solvente orgânico.

Inicialmente, as folhas foram coletadas e secas em lona plástica sob sol direto por 72 horas. Após a secagem, o material foi triturado e submerso em etanol na proporção de 1:2 (folhas secas:etanol) em frascos de vidro âmbar, permanecendo em repouso por sete dias à temperatura ambiente. Posteriormente, a solução foi filtrada em TNT (tecido não tecido) e concentrado em evaporador rotativo (Evaporador Rotativo TE-210®, Tecnal, Piracicaba, Brasil) a temperatura de 50°C, com rotação de 60 rpm e pressão reduzida para recuperação do solvente. O solvente recuperado foi reutilizado em um novo ciclo de extração nas mesmas condições. O extrato etanólico obtido foi armazenado em frasco de vidro devidamente identificado para uso posterior.

4.2.2 Determinação do potencial antioxidante do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L.

Foram retiradas alíquotas do extrato para avaliação da capacidade antioxidante, atividade antioxidante total, determinação de compostos fenólicos totais (Tabela 10) e composição polifenólica (Tabela 11), onde o butilato de hidroxitolueno (BHT) foi utilizado como padrão. A capacidade antioxidante do extrato foi avaliada pela capacidade de sequestro

do radical DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazil), de acordo com o procedimento descrito por Brand-Williams et al. (1995) e Rufino et al. (2007), sendo os resultados expressos em $\mu\text{g/mL}$, referente à metade da concentração inibitória máxima (IC50).

A atividade antioxidante total foi determinada por meio do ensaio com o radical livre ABTS+ (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)) e o resultado expresso em μM de capacidade antioxidante equivalente ao trolox (TEAC) por grama de extrato (Miller *et al.*, 1993). A análise dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo método Folin-Ciocalteu, expresso em miligramas de equivalente de ácido gálico (EqAG) por grama de extrato (Folin; Ciocalteu, 1927; Mueller-Harvey, 2001).

Tabela 10 - Capacidade antioxidante, atividade antioxidante total e compostos fenólicos do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L

	BHT ³ (Antioxidante sintético)	EEFSC ⁴
DPPH ¹ IC50 ($\mu\text{g/mL}$)	20,05	21,00
ABTS ² (μM TEAC/g)	350,83	295,51
Fenólicos totais (mg EqAG/g)	-	99,40

¹ Radical 2,2 difenil-1-picril-hidrazil; ² Radical 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico); ³ Butilado hidroxitolueno; ⁴ Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

A quantificação da composição polifenólica foi feita por Cromatografia Líquida de Alta Frequência, conduzida em um HPLC Agilent 1100, acoplado a um detector quadrupolo seletivo de massa (HP 1101; Agilent Technologies, Waldbronn, Alemanha). A separação cromatográfica de extratos metanólicos foi conduzida usando uma coluna de fase reversa C18 Gemini (5 μm) (250 x 4,6 mm I.D.) Phenomenex (Aschaffenburg, Alemanha) de acordo com o método descrito por Maia et al. (2018). Os resultados foram expressos em mg/g de extrato.

Tabela 11 - Composição polifenólica do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L

Compostos fenólicos	mg/g
Isorhamnetina-3-O-rutinoside	6,21
Quercetina-3-O-galactoside	5,22
Ácido elágico	4,09

4.2.3 Delineamento, dietas experimentais e manejo das aves

Foram utilizadas 350 codornas da espécie *Coturnix coturnix*, machos e fêmeas, criadas dos 7 aos 42 dias de idade. As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado com sete tratamentos e cinco repetições de 10 aves. Os tratamentos consistiram em dietas: controle negativo (sem inclusão de aditivo antioxidante), controle positivo (com inclusão de BHT na concentração de 200 mg/kg de ração), e as demais com a inclusão do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L. na concentração de 200, 400, 600, 800 e 1000 mg/kg de ração.

Na primeira semana de vida, entre 1 e 7 dias, as codornas foram alojadas em um círculo de proteção, que incluía comedouros do tipo bandeja, bebedouros do tipo copo de pressão e campânulas, utilizadas como fonte de calor. Todas as aves tiveram acesso irrestrito a ração e água. Ao completarem 7 dias de idade, as aves foram selecionadas com base no peso médio corporal do lote ($44,58 \text{ g} \pm 0,012 \text{ g}$) e distribuídas nas parcelas conforme as orientações de Sakomura e Rostagno (2007). As codornas foram alojadas em um galpão convencional de alvenaria, com dimensões de 9,5 m de largura e 9 m de comprimento, e distribuídas em 35 boxes medindo 0,60 m x 0,60 m, contendo comedouros do tipo tubular e bebedouros do tipo copo de pressão.

Para obtenção das dietas experimentais a dieta controle negativo (Tabela 12) foi formulada sem aditivos e com a inclusão de 1000 mg/kg de ingrediente inerte, sendo consideradas as recomendações nutricionais propostas por Silva e Costa (2009) e os valores nutricionais e energéticos dos ingredientes propostos por Rostagno et al. (2024), corrigidos pelos teores de matéria seca (método 934.01) e nitrogênio (método 976.05) determinados em laboratório, conforme descrito pela AOAC International (2005).

As demais dietas foram obtidas pela substituição do ingrediente inerte pelo BHT ou extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L. nas proporções definidas para cada tratamento, de forma a garantir que as dietas fossem isonutrientes e isoenergéticas. As dietas foram preparadas por meio dos processos de moagem, pesagem e mistura, sendo obtidas na forma farelada. O extrato, na forma de gel, foi inicialmente diluído em óleo de soja e, posteriormente, misturado às rações.

Durante o período experimental, ração e água foram oferecidas à vontade e adotado um programa de luz de 23 horas por dia (natural e artificial). Para a iluminação, foram utilizadas lâmpadas fluorescentes de 40 watts, distribuídas a uma altura de 2,4 m do piso, de modo que todas as aves recebessem luz de maneira uniforme.

Tabela 12 - Composição e níveis nutricionais calculados da ração para codornas de corte de 7 a 42 dias de idade

Ingredientes	%
Milho	56,08
Soja farelo (45%)	39,73
Óleo de soja	1,09
Calcário calcítico	1,16
Fosfato bicálcico	1,01
Sal comum	0,34
DL-metionina (99%)	0,26
L-lisina (54,6%)	0,03
Suplemento vitamínico ¹	0,15
Suplemento mineral ²	0,05
Inerte ³	0,10
Total	100,00
Composição calculada	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.950
Proteína bruta (%)	23,00
Metionina + cistina digestível (%)	0,89
Metionina digestível (%)	0,58
Lisina digestível (%)	1,14
Treonina digestível (%)	0,78
Triptofano digestível (%)	0,27
Gordura (%)	3,72
Cálcio (%)	0,75
Fósforo disponível (%)	0,29
Sódio (%)	0,16

¹ Composição por kg do produto: Vit. A – 9.000.000,00 UI; Vit. D3 – 2.500.000,00 UI; Vit. E – 20.000,00 mg; Vit. K3 – 2.500,00 mg; Vit. B1 – 2.000,00 mg; Vit. B2 – 6.000,00 mg; Vit. B12 – 15,00 mg; Niacina – 35.000,00 mg; Ácido pantotênico – 12.000,00 mg; Vit. B6 – 8.000,00 mg; Ácido fólico – 1.500,00 mg; Biotina – 100,00 mg; Selênio – 250,00 mg;; ² Composição por kg do produto: Ferro – 100.000,00 mg; Cobre – 20,00 g; Manganês – 130.000,00 mg; Zinco – 130.000,10 mg; Iodo – 2.000,00 mg; ³ Areia lavada.

4.2.4 Avaliação do desempenho produtivo

Para avaliar o desempenho, as aves e as rações foram pesadas no início e no final do experimento (aos 7 e 42 dias de idade) para determinar o consumo de ração (g/ave), o ganho de peso (g/ave), o peso final das codornas (g) e a conversão alimentar (g/g). As variáveis foram corrigidas em função da mortalidade, de acordo com as recomendações de Sakomura e Rostagno (2016).

4.2.5 Avaliação das características de carcaça

Para a avaliação das características de carcaça, aos 42 dias de idade, foram selecionadas duas aves de cada unidade experimental, de acordo com o peso médio da parcela, as quais foram submetidas a um jejum alimentar de 6 horas. Após esse período, as aves foram pesadas, eutanasiadas por meio de eletronarcole e, posteriormente, sangradas, escaldadas, depenadas e evisceradas. Após a retirada da cabeça, pescoço e pés, a carcaça foi pesada para determinar o rendimento com base no peso do animal em jejum. Em seguida, o peito inteiro, as sobrecoxas e coxas, o fígado e a gordura abdominal foram extraídos e pesados para os cálculos de rendimentos. Os rendimentos de peito, coxa e sobrecoxa, e gordura abdominal foram expressos em relação ao peso da carcaça quente, enquanto o peso relativo do fígado foi expresso em relação ao peso da ave.

4.2.6 Avaliação do potencial antioxidante da carne

Para as análises, as amostras foram obtidas a partir da moagem das coxas, sobrecoxas e dorso, resultando em uma amostra homogênea. Em seguida, foram pesadas 2,5g de amostra de carne em tubo Falcon de 15 ml, posteriormente adicionadas 7,5 ml de água destilada, e acrescentadas 4,5 ml de clorofórmio onde procedeu-se com a homogeneização por 1 hora em agitador vórtex. Decorrido esse tempo, as amostras foram centrifugadas a 1500 rpm por 2 minutos, e o conteúdo foi filtrado em papel filtro contendo sulfato de sódio.

A extração de fenólicos totais foi realizada segundo Johnson et al. (2008), e a quantificação de acordo com Genovese et al. (2008), com algumas adaptações. Em um tubo Eppendorf de 2,0 ml (Eppendorf®) adicionou-se 0,150 ml do extrato da carne, em seguida misturou 0,750 ml de solução Folin-ciocauteau (10%) e 1 ml de água destilada, a amostra foi agitada e após 3 minutos adicionou-se 0,60 ml de carbonato de sódio. Na sequência, o conteúdo foi incubado a 45 °C por 15 minutos no termomixer (Eppendorf ThermoMixer C®, Eppendorf, Hamburg, Germany). Decorridos 15 minutos, a leitura foi realizada em ELISA a 734 nm. A quantificação foi realizada com base na curva padrão gerada com ácido gálico e os resultados expressos em equivalentes de ácido gálico mgEAG/100g de amostra seca.

A capacidade antioxidante foi determinada utilizando o método de sequestro do radical livre DPPH (2,2 difenil-1-picril-hidrazil), baseado na sua captura por antioxidantes e produzindo um decréscimo da absorbância. O método de DPPH foi realizado de acordo com Arabshahi-Delouee e Urooj (2007), com adaptações. No ensaio, 0,10 ml do extrato da carne foi

misturado a 0,500 ml da solução de DPPH, posteriormente as amostras foram mantidas por 30 minutos a temperatura ambiente na ausência de luz, após isso a leitura foi realizada em ELISA a 734. Deve ser feita a leitura de um teste branco (400 µl de DPPH) em cada rodada da análise. A inibição (descoloração) do radical DPPH foi calculada como a percentagem relativa de absorvância da amostra no momento da leitura e comparada com um branco usando a seguinte equação: $DPPH (\%) = [(absorbância\ do\ controle - absorbância\ da\ amostra) / absorbância\ do\ controle] \times 100$.

A atividade antioxidante foi determinada por meio do ensaio ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)6-ácido sulfônico), realizada de acordo com Chen et al. (2011) com adaptações. Inicialmente preparou-se o Radical ABTS⁺ no qual foi produzido por meio da reação de ABTS 7 mmol/L com um volume igual de Persulfato de potássio 2,45 mmol/L. O sistema foi mantido em repouso, a temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}C$), durante 16 horas na ausência de luz. Uma vez formado o radical ABTS⁺, foi diluído com etanol e realizada a leitura da absorvância até se obter um valor de $0,70 \pm 0,05$ nm a um comprimento de onda de 734 nm.

Em um Eppendorf de 1,5 ml foram adicionados 0,01 ml do extrato da carne, em seguida adicionou-se mais 1 ml da solução diluída de ABTS⁺. As amostras foram incubadas a $30^{\circ}C$ por 6 minutos no ThermoMixer. A leitura foi realizada em ELISA a 734 nm. É necessária a leitura de um teste branco somente com ABTS em cada rodada da análise. A inibição (descoloração) do radical ABTS é calculada como a percentagem relativa de absorvância da amostra no momento da leitura e comparada com o branco usando a seguinte equação: $ABTS (\%) = [(absorbância\ controle - absorbância\ amostra) / absorbância\ controle] \times 100$.

4.2.7 Avaliação da estabilidade lipídica do fígado e da carne

A estabilidade lipídica foi avaliada em amostras de fígado *in natura* e carne *in natura* e armazenada. As amostras de fígado foram obtidas por maceração do órgão, enquanto as de carne foram processadas por moagem das coxas, sobrecoxas e dorso, resultando em uma amostra homogênea. Essa amostra foi dividida em duas subamostras: uma mantida sob refrigeração, assim como as amostras de fígado (análise *in natura*) e outra congelada a $-20^{\circ}C$ por 60 dias para análise posterior.

A estabilidade lipídica foi avaliada pela determinação da concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS). A curva de calibração e o preparo das amostras para a determinação da oxidação lipídica do fígado e da carne foram realizados pelo método de extração ácida aquosa, conforme descrito por Kang et al. (2001). Para isso, em um

tubo Falcon de 15 mL, foram pesados aproximadamente 2 g das amostras devidamente homogeneizadas, as quais foram adicionados 6,75 mL de ácido perclórico (3,86%) e 18,75 µL de BHT (4,5%), sendo o conteúdo homogeneizado em agitador vórtex por 1 minuto. Posteriormente, os tubos foram centrifugados a 8500 rpm por 10 minutos.

O sobrenadante foi filtrado em papel de filtro (Whatman nº 1) e, em seguida, 1 mL do filtrado foi colocado em um tubo Eppendorf de 2,0 mL (Eppendorf®), adicionando-se 1 mL de solução aquosa de TBA (20 mM). Os tubos foram aquecidos em um aquecedor (Eppendorf ThermoMixer® C, Eppendorf, Hamburgo, Alemanha) por 30 minutos a 95 °C. Após isso, para reduzir a temperatura, os tubos foram colocados em banho de gelo. A leitura foi realizada em ELISA a 531 nm. A concentração de TBARS foi calculada por meio de uma curva padrão de malonaldeído (MDA), e os resultados foram expressos em g de MDA/kg de amostra.

4.2.8 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas por meio do software “*Statistical Analysis System*” (Statistical SAS, 2000). Os dados foram submetidos à análise de variância segundo um modelo inteiramente casualizado. Para determinar o melhor nível de inclusão do extrato nas rações, os dados dos tratamentos com os níveis do extrato (200 a 1000 mg/kg de ração) foram submetidos à análise de regressão linear e quadrática. Também foi realizada a comparação de médias entre todos os tratamentos pelo teste SNK (5%).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Desempenho produtivo

No que concerne aos resultados obtidos, não houve diferença significativa entre os tratamentos para o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e peso final (Tabela 13). Também não foi observado efeito de regressão linear e quadrática para os níveis do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. sobre nenhuma das variáveis.

Tabela 13 - Desempenho de codornas de corte de 7 a 42 dias de idade alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	Consumo de ração (g/ave)	Ganho de peso (g/ave)	Conversão alimentar (g/g)	Peso aos 42 dias de idade (g)
Sem antioxidante	991,40	236,12	4,20	281,16
200mg BHT ¹ /kg	972,44	238,52	4,08	283,52
200mg EEFSC ² /kg	977,02	234,84	4,19	279,72
400mg EEFSC/kg	1006,38	243,52	4,14	288,36
600mg EEFSC/kg	965,08	235,76	4,09	280,44
800mg EEFSC/kg	997,70	233,39	4,29	278,21
1000mg EEFSC/kg	983,64	234,10	4,20	278,76
EPM ³	5,452	1,803	0,042	1,834
Efeitos estatísticos	<i>p</i> -valor			
ANOVA ⁴	0,4267	0,8171	0,8943	0,8213
Regressão	<i>p</i> -valor			
Linear	0,3570	0,7111	0,4110	0,6947
Quadrática	0,9497	0,5811	0,7325	0,5488

¹ Butilato de hidroxitolueno; ² Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.; ³ Erro padrão da média;

⁴ Análise de variância.

O atendimento às exigências nutricionais em aves está diretamente relacionado ao consumo de ração e à eficiência na digestão e absorção dos nutrientes, sendo o desempenho produtivo das aves alterado por fatores que comprometem a ingestão ou o aproveitamento dos nutrientes. De acordo com Leeson e Summers (2001), os principais fatores associados à variação no consumo de ração das aves destacam-se o nível de energia metabolizável e mudanças na ração que possam afetar a sua palatabilidade.

Considerando que as dietas experimentais foram formuladas para serem isoenergéticas e isonutrientes, e que não foram observadas diferenças significativas no consumo de ração entre os tratamentos, inferiu-se que a adição do extrato nos níveis avaliados não

interferiu no aproveitamento dos nutrientes da dieta, o que garantiu o atendimento das exigências nutricionais e desempenho semelhante entre os tratamentos.

Em relação a palatabilidade, pesquisas têm relatado que os compostos fenólicos presentes em extratos vegetais podem conferir adstringência e sabores intensos aos alimentos (Agbor-Egbe e Rickard, 1990; Kubota et al. 2001; Racanicci et al. 2004, Yldirim et al. 2017), afetando suas características organolépticas, o que pode reduzir sua ingestão pelas aves. No entanto, a ausência de diferenças significativas no consumo alimentar entre os tratamentos com o extrato etanólico sugere que a inclusão de até 1000 mg/kg não comprometeu a palatabilidade da ração.

Estudos recentes também avaliaram a inclusão de folhas e extratos foliares de *Syzygium cumini* L. na alimentação de aves de produção (Freitas et al. 2017; Ilham et al. 2023). Tais pesquisas indicaram que os extratos não geraram efeitos fisiológicos negativos nem impactaram os parâmetros de desempenho animal.

4.3.2 Características de carcaça

Não se observou diferença significativa entre os tratamentos para os rendimentos de carcaça, peito, coxa e sobrecoxa, porcentagem de gordura abdominal e peso relativo do fígado (Tabela 14). Assim como não foram observados efeitos de regressão linear ou quadrática dos níveis do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. sobre nenhuma das variáveis analisadas.

Tabela 14 - Características de carcaça de codornas de corte alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	Carcaça	Peito	Coxa+Sobrecoxa	Gordura	Fígado
Sem antioxidante	68,98	40,81	21,90	1,60	2,12
200mg BHT ¹ /kg	68,75	39,47	22,72	1,35	2,17
200mg EEFSC ² /kg	68,38	39,59	23,16	1,61	2,30
400mg EEFSC/kg	69,74	40,97	21,88	1,25	2,09
600mg EEFSC/kg	68,88	39,99	22,33	1,49	2,07
800mg EEFSC/kg	68,84	39,07	22,23	1,28	2,12
1000mg EEFSC/kg	71,84	39,15	22,35	1,53	2,00
EPM ³	0,418	0,263	0,214	0,069	0,049
Efeitos estatísticos	<i>p-valor</i>				
ANOVA ⁴	0,3545	0,3080	0,7337	0,7030	0,8162
Regressão	<i>p-valor</i>				
Linear	0,6779	0,4425	0,5084	0,5313	0,7914

Quadrática 0,1126 0,0762 0,9404 0,5147 0,2821

¹Butilato de hidroxitolueno; ² Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.; ³Erro padrão da média;

⁴Análise de variância.

Em estudos com extratos vegetais, têm sido observadas alterações morfológicas na estrutura corporal das aves, como rendimento de carcaça, cortes e órgãos especialmente quando o composto bioativo presente no extrato testado tem potencial para modificar a relação entre energia e proteína, ou entre energia e aminoácidos da ração. Tais alterações podem ocorrer por meio de mecanismos relacionados à modulação da microbiota intestinal, melhoria da digestibilidade dos nutrientes, influência sobre a atividade de enzimas digestivas, além de efeitos antioxidantes e anti-inflamatórios (Windisch et al., 2008; Hashemi; Davoodi, 2011).

No entanto, tais respostas são altamente dependentes da origem botânica do extrato, uma vez que o modo de ação dos princípios ativos é bastante diversificado. Além disso, fatores como a concentração de compostos fenólicos presentes, o método de extração utilizado e as condições experimentais, incluindo o tipo de ração e o sistema de alojamento das aves, também influenciam significativamente os resultados.

Pesquisas com diferentes extratos vegetais têm apresentado resultados contrastantes quanto aos efeitos sobre os parâmetros de carcaça. Chamorro et al. (2015) relataram melhora no rendimento de cortes nobres em codornas suplementadas com extrato de semente de uva, enquanto Matos et al. (2023) observaram alterações significativas na deposição de gordura abdominal com o uso de extrato etanólico da casca de manga. Por outro lado, Dourado et al. (2020) verificaram que a inclusão do extrato de erva-mate na dieta de codornas não afetou as características de carcaça, resultado semelhante ao reportado por Kismiati et al. (2023) ao utilizar extrato aquoso de *Vernonia amygdalina* na água de bebida das aves.

Os resultados da presente pesquisa coincidiram com os de Ilham et al. (2023), que também não observaram efeitos significativos sobre o rendimento de carcaça e cortes em frangos de corte suplementados com até 1,0 g/L do extrato aquoso das folhas de *Syzygium cumini* L. na água de bebida. Essa semelhança entre os estudos reforça a hipótese de que, apesar da reconhecida atividade antioxidante e anti-inflamatória dos compostos fenólicos presentes nas folhas de *Syzygium cumini*, sua ação pode não ser expressiva, nas doses utilizadas, para promover alterações relevantes nos parâmetros de carcaça de codornas de corte, especialmente quando não há desafios sanitários ou nutricionais que comprometam o desempenho das aves.

A ausência de variação significativa no peso relativo do fígado, órgão responsável pelos mecanismos de desintoxicação do organismo, sugere que os compostos fenólicos presentes no extrato não promoveram efeitos tóxicos ou antinutricionais. Mesmo na maior dose

testada (1000 mg/kg), não foram observadas alterações no tamanho do órgão, o que indica que o metabolismo das aves não foi sobrecarregado. Esses achados estão de acordo com estudos (Jelveh et al., 2018; Rao et al., 2019; Farias et al., 2021; Naimiti et al., 2022; Matos et al., 2023), os quais também não relataram influência de extratos fitogênicos contendo compostos fenólicos sobre o peso relativo do fígado em aves de corte.

Por fim, é possível que os compostos bioativos do extrato das folhas de *Syzygium cumini* L. atuem mais intensamente em sistemas oxidativos e imunológicos das codornas, como observado em parâmetros de atividade antioxidante e estabilidade, do que diretamente na deposição de tecido muscular ou gordura.

4.3.3 Potencial antioxidante da carne

A avaliação dos compostos fenólicos, capacidade antioxidante (DPPH) e atividade antioxidante (ABTS) foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 15). Também foi observado efeito linear crescente para o radical ABTS ($y = 21,6768 + 33,1400x$; $R^2 = 0,59$), não havendo efeitos de regressão para os níveis do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. sobre os demais parâmetros.

Tabela 15 - Fenólicos totais, capacidade antioxidante (DPPH) e atividade antioxidante (ABTS) da carne de codornas de corte alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	Fenólicos totais (mg EAG ³ /100g de amostra)	DPPH ¹ (%)	ABTS ² (%)
Sem antioxidante	0,94 A	37,65 A	18,10 A
200mg BHT ⁴ /kg	0,98 B	42,04 B	21,02 B
200mg EEFSC ⁵ /kg	0,98 B	43,73 B	22,43 CB
400mg EEFSC/kg	0,99 B	44,23 B	22,92 CBA
600mg EEFSC/kg	1,02 C	44,76 B	23,66 BA
800mg EEFSC/kg	1,05 D	45,53 B	24,22 BA
1000mg EEFSC/kg	1,06 D	46,39 B	25,10 D
EPM ⁶	0,007	0,671	0,422
Efeitos estatísticos		<i>p-valor</i>	
ANOVA ⁷	<0,0001	0,0036	<0,0001
Regressão		<i>p-valor</i>	
Linear	0,1561	0,2376	<0,0080
Quadrática	0,7689	0,9403	0,9386

¹ Radical 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl radical; ² Radical 2,2-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); ³ Equivalente ácido gálico; ⁴ Butilato de hidroxitolueno; ⁵ Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.; ⁶ Erro padrão da média; ⁷ Análise de variância. ^{A, B, C, D} Na coluna, médias seguidas de letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística pelo teste SNK (P<0,05).

A concentração de compostos fenólicos totais foi significativamente menor na carne das codornas alimentadas com ração sem antioxidante (controle negativo), aumentando gradativamente nos demais tratamentos, onde as aves alimentadas com ração contendo BHT ou 200 e 400 mg/kg extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L. tiveram concentrações significativamente semelhantes, porém inferior ao tratamento com 600 mg/kg, sendo as maiores concentrações obtidas na carne das codornas provenientes dos tratamentos com 800 e 1000 mg/kg que não diferiram entre si.

O ensaio de inibição do radical DPPH demonstrou menor capacidade antioxidante para o tratamento controle negativo (sem antioxidante) em relação aos demais tratamentos que foram estatisticamente idênticos. O fato desse método diferir apenas do tratamento controle para os demais, indicou que o limite de detecção ou saturação da capacidade antioxidante foi atingido na concentração de 200 mg/kg de extrato, e 200 mg/kg de BHT, de forma que maiores concentrações de compostos fenólicos presentes na carne não resultaram em aumento perceptível na neutralização do radical DPPH.

A atividade antioxidante mostrou menor percentual de captura de radical ABTS para o tratamento controle negativo, seguido pelo tratamento controle positivo (com BHT) e com 200 mg/kg de extrato, com valores intermediários para os tratamentos com a inclusão de 400 a 800 mg/kg, e maior valor obtido na carne das aves que receberam ração com o nível de 1000 mg/kg. O ensaio ABTS mostrou resposta crescente conforme houve aumento das doses de extrato ração, indicando que esse método foi mais sensível e eficaz para detectar variações graduais na atividade antioxidante da carne, devido ao fato do radical ABTS reagir com uma gama maior de antioxidantes, incluindo compostos fenólicos hidrossolúveis e lipossolúveis. O comportamento dos dados do ensaio de ABTS estão alinhados com os resultados obtidos para a concentração de compostos fenólicos totais na carne, cujo valor aumentou sensivelmente à medida que a inclusão de extrato foi acrescida nas rações.

Na presente pesquisa, o extrato das folhas de *Syzygium cumini* L. utilizado apresentou em sua composição compostos fenólicos como quercetina-3-O-galactosídeo, isorhamnetina-3-O-rutinosídeo e ácido elágico (Tabela 2), cujas propriedades incluem a capacidade de neutralizar espécies reativas de oxigênio e proteger as células contra o estresse oxidativo.

A quercetina e seus metabólitos destacam-se por sua elevada lipofilicidade, característica que favorece a incorporação às membranas celulares. A estrutura polar desses compostos permite o armazenamento em vesículas, reduzindo a assimilação direta pela membrana e prolongando sua permanência no organismo (Barreiros et al. 2006). Sua principal

propriedade antioxidante está relacionada à capacidade de doar elétrons, atribuída à presença de grupos hidroxila fenólicos. Esse mecanismo possibilita a neutralização de espécies reativas de oxigênio, como ânions superóxido, radicais peridroxil e radicais peroxila lipídicos, inibindo a iniciação da oxidação lipídica e sua propagação em cadeia (Lakhanpal; Rai, 2007; Murakami et al. 2008).

O ácido elágico, por sua vez, se destaca pela capacidade de regeneração contínua após a eliminação de radicais livres, como peroxil e superóxido. Essa característica permite que mesmo em baixas concentrações, o composto apresente efeitos protetores significativos, tornando-o um antioxidante altamente eficiente (Ríos et al. 2018). A transferência desses compostos da ração para os tecidos das aves pode contribuir com os sistemas de defesa antioxidante, mitigando os efeitos deletérios dos processos oxidativos que ocorrem naturalmente no organismo animal, além de favorecer maior estabilidade oxidativa nos tecidos.

Estudos indicam que a suplementação com extratos vegetais nas rações pode promover a transferência de compostos fenólicos para a carne, resultando no aumento das propriedades antioxidantes, na melhoria da qualidade da carne e na elevação da concentração total desses compostos (Zang; Guo, 2016; Muñoz-González et al. 2019; Omar et al. 2020; Li et al. 2020; Ibrahim et al. 2021). Nesse contexto, os resultados da presente pesquisa indicaram que a adição do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L. mostrou-se eficaz no aumento dos níveis de compostos fenólicos, potencializando a capacidade e a atividade antioxidante da carne de codornas de corte.

4.3.4 Estabilidade lipídica do fígado e carne

A estabilidade oxidativa no fígado e na carne *in natura* e armazenada (Tabela 16) determinada pela concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) mostrou que o valor de TBARS foi significativamente maior tanto no fígado quanto na carne *in natura* e armazenada das aves alimentadas com ração sem aditivo antioxidante, não havendo diferença entre os demais tratamentos.

Também se constatou efeito linear decrescente para o valor de TBARS no fígado ($y = - 4,730 + 4,561x$, $R^2 = 0,99$) e na carne *in natura* ($y = - 1,740 + 2,947x$, $R^2 = 0,97$) e armazenada ($y = -3,270 + 3,181x$, $R^2 = 0,90$), indicando melhora progressiva na estabilidade lipídica dos tecidos com o aumento da inclusão do extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tabela 16 - Estabilidade oxidativa (TBARS) do fígado e da carne *in natura* e armazenada de codornas de corte alimentadas com rações contendo extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.

Tratamentos	TBARS ¹ (mg de malonaldeído/kg)		
	Fígado	Carne	
		<i>in natura</i>	armazenada
Sem antioxidante	4,97 A	3,73 A	3,50 A
200mg BHT ² /kg	4,49 B	2,94 B	3,14 B
200mg EEFSC ³ /kg	4,46 B	2,92 B	3,11 B
400mg EEFSC/kg	4,37 B	2,88 B	3,09 B
600mg EEFSC/kg	4,30 B	2,83 B	2,95 B
800mg EEFSC/kg	4,16 B	2,80 B	2,90 B
1000mg EEFSC/kg	4,09 B	2,78 B	2,89 B
EPM ⁴	0,059	0,060	0,045
Efeitos estatísticos	<i>p-valor</i>		
ANOVA ⁵	0,0002	<,0001	0,0027
Regressão	<i>p-valor</i>		
Linear	0,006	0,0251	0,0117
Quadrática	0,9708	0,7183	0,7266

¹ Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico; ² Butilato de hidroxitolueno; ³ Extrato etanólico da folha da *Syzygium cumini* L.; ⁴ Erro padrão da média; ⁵ Análise de variância; ^{A, B} Na coluna, médias seguidas de letras maiúsculas distintas indicam diferença estatística pelo teste SNK (P<0,05).

A concentração de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico é amplamente utilizada como marcador da peroxidação lipídica em tecidos biológicos. O fígado, por ser o principal órgão responsável pelo metabolismo e desintoxicação, está entre os mais suscetíveis ao estresse oxidativo, uma vez que gera naturalmente espécies reativas de oxigênio (Surai, 2019). Já a carne de aves apresenta propensão à oxidação lipídica devido à presença de ácidos graxos poli-insaturados, altamente vulneráveis à ação oxidativa (Katemala et al., 2021). Embora o congelamento seja uma prática comum de conservação, apenas retarda o processo oxidativo, não sendo capaz de impedi-lo completamente, permitindo que reações de peroxidação ocorram de forma lenta ao longo do tempo (Leygonie et al., 2012).

Neste contexto, o uso de aditivos antioxidantes, tanto sintéticos quanto naturais, mostrou-se eficaz na mitigação da peroxidação lipídica. A inclusão do extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L. na dieta das codornas de corte demonstrou ser uma alternativa promissora, contribuindo para o aumento do potencial antioxidante da carne. Apesar dos altos coeficientes de determinação obtidos nas análises de regressão ($R^2 = 0,99$ para o fígado; $R^2 = 0,97$ carne *in natura*; e $R^2 = 0,90$ e carne armazenada), que indicaram uma forte relação dose-efeito com melhora progressiva na estabilidade lipídica. Os testes de médias revelaram que a menor dose do extrato (200 mg/kg de ração) foi tão eficaz quanto o tratamento com 200 mg/kg

de BHT e quanto às doses mais elevadas do extrato, sugerindo que essa concentração já é suficiente para promover efeito antioxidante significativo.

Estudos demonstraram a capacidade de extratos vegetais da família Myrtaceae de inibir a oxidação lipídica. Mohebodini et al. (2020) verificaram que a inclusão de até 1000 mg/kg de óleo essencial de *Eucalyptus globulus* na dieta de frangos de corte reduziu a concentração de malonaldeído sérico. Da mesma forma, Santos et al. (2020) observaram um efeito antioxidante sobre o soro sanguíneo e ovos de poedeiras suplementadas com até 200 mg/kg de extrato de *Psidium cattleianum* Sabine. Freitas et al. (2017) também relataram redução nos valores de TBARS na gema de ovos de poedeiras alimentadas com até 10 g/kg de folhas desidratadas de *Syzygium cumini* L.

Os compostos fenólicos do extrato das folhas de *Syzygium cumini* L. utilizado na presente pesquisa incluíram quercetina-3-O-galactosídeo, isorhamnetina-3-O-rutinosídeo e ácido elágico, reconhecidos por sua capacidade antioxidante. Conforme Abdulhadi et al. (2020), compostos fenólicos atuam como antioxidantes do tipo preventivo e de quebra de cadeia, eliminando radicais superóxido, alcóxila, peróxila e hidroxila. Além disso, podem originar metabólitos como ácidos fenólicos, que contribuem para inibição de processos oxidativos. Assim, pode-se inferir que os compostos presentes no extrato da folha de *Syzygium cumini* L. foram eficazes na redução da oxidação lipídica nos tecidos hepáticos e na carne *in natura* e armazenada de codornas.

4.4 Conclusão

A utilização do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. em até 1000 mg/kg na alimentação de codornas de corte não compromete o desempenho produtivo e as características de carcaça das aves. Os níveis a partir de 200 mg/kg do extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L. melhoraram o potencial antioxidante da carne e a estabilidade lipídica do tecido hepático e da carne *in natura* e armazenada por 60 dias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados da presente pesquisa, inferiu-se que o extrato etanólico das folhas de *Syzygium cumini* L. apresenta compostos bioativos relevantes, demonstrando potencial como aditivo antioxidante natural na alimentação de codornas reprodutoras e de corte. A inclusão a partir de 200 mg/kg pode melhorar o potencial antioxidante e a estabilidade oxidativa.

REFERÊNCIAS

- ABDEL-MONEIM, A. M. E.; SHEHATA, A. M.; ALZHRANI, S. O.; SHAFI, M. E.; MESALAM, N. M., TAHA, A. E.; ABD EL-HACK, M. E. The role of polyphenols in poultry nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s.l.], v. 104, p. 1851-1866, 2020.
- ABDULHADI, S. Y.; GERGEES, R. N.; HASAN, G. Q. Molecular Identification, antioxidant efficacy of phenolic compounds, and antimicrobial activity of beta-carotene isolated from fruiting bodies of *suillus* sp. **Karbala International Journal of Modern Science**, [s.l.], v. 6, 2020.
- ABREU, L. R. A.; BOARI, C. A.; PIRES, A. V.; PINHEIRO, S. R. F.; OLIVEIRA, R. G. Influência do sexo e idade de abate sobre rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 15, p. 131-140, 2014.
- AFONSO, M. S.; SANTANA, L. S.; MANCINI-FILHO, J. Interação entre antioxidantes naturais e espécies reativas do oxigênio nas doenças cardiovasculares: perspectivas para a contribuição do alecrim (*Rosmarinus officinalis* L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**, São Paulo, v. 35, p. 129-148, 2010.
- AGBOR-EGBE, T.; RICKARD, J. Identification of phenolic compounds in edible aroids. **Journal Science Food Agriculture**, [s.l.], v. 51, p. 215-221, 1990.
- AHN, J.; GRÜN, I.U.; FERNANDO, L.N. Antioxidant properties of natural plant extracts containing polyphenolic compounds in cooked ground beef. **Journal of Food Science**, [s.l.], v. 67, n. 4, p. 1364-1369, 2002.
- AITKEN, R. J.; SMITH, T. B.; JOBLING, M. S.; BAKER, M. A.; DE IULIIS, G. N. Oxidative stress and male reproductive health. **Asian Journal of Andrology**, [s.l.], v. 16, p. 31-38, 2014.
- AITKEN, R. J.; DREVET, J. R.; MOAZAMIAN, A.; GHARAGOZLOO, P. Male Infertility and Oxidative Stress: A Focus on the Underlying Mechanisms. **Antioxidants**, [s.l.], v. 11, 2022.
- ALLEONI, A. C. C.; ANTUNES, A. J. Unidade Haugh como medida da qualidade de ovos de galinha armazenados sob refrigeração. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, 2011.
- ALMEIDA, M. I. M.; OLIVEIRA, E. G.; RAMOS, P. R.; VEIGA, N. Growth performance of meat male quails (*Coturnix* sp.) of two lines under two nutritional environments. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 7, p. 103-108, 2002.
- ALMEIDA, T. J. O.; ARAUJO, V. V.; SILVA, A. V.; SILVA, R. F.; SANTOS, N. A. Evolução da produção de codornas para abate e postura no Brasil. In: XIII Jornada de ensino, pesquisa e extensão–JEPEX, 13., 2013, Recife. **Anais**. Recife: UFRPE, 2013.

ALVARENGA, R. R.; ZANGERONIMO, M. G.; PEREIRA, L. J. RODRIGUES, P. B.; GOMIDE, E. M. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], v. 67, p. 431-440, 2011.

ALUWONG, T.; KAWU, M.; RAJI, M.; DZENDA, T.; GOVWANG, F.; SINKALU, V.; AYO, J. Effect of yeast probiotic on growth, antioxidant enzyme activities and malondialdehyde concentration of broiler chickens. **Antioxidants**, [s.l.], v. 2, p. 326-339, 2013.

AMARAL, A. B.; SILVA, M. V.; LANNES, S. C. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – a review. **Food Science Technology**, Campinas, v. 38, p. 1-15, 2018.

AN, S. H.; KIM, D.W.; AN, B. K. Effects of Dietary Calcium Levels on Productive Performance, Eggshell Quality and Overall Calcium Status in Aged Laying Hens. **Asian-Australian Journal Animal Science.**, [s.l.], v. 29, 2016.

ANDRADE, E. R.; MELO-STERZA, F. A.; SENEDA, M. M.; ALFIERI, A. A. Consequências da produção das espécies reativas de oxigênio na reprodução e principais mecanismos antioxidantes. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 34, p. 79-85, 2010.

APPELTANT, R.; SOMFAI, T.; NAKAI, M.; BODÓ, S.; MAES, D.; KIKUCHI, K.; VAN, S. A. Interactions between oocytes and cumulus cells during in vitro maturation of porcine cumulus-oocyte complexes in a chemically defined medium: effect of denuded oocytes on cumulus expansion and oocyte maturation. **Theriogenology**, [s.l.], v. 83, p. 567-576, 2015.

ARABSHAHI-DELOUEE, S.; UROOJ, A. Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morus indica* L.) leaves. **Food Chemistry**, [s.l.], v. 102, p. 1233-1240, 2007.

ARAÚJO, I. C. S.; MESQUITA, M. A.; ANDRADE, M. A.; CASTEJON, F. V.; CAFÉ, M. B.; ARNHOLD, E.; LEANDRO, N. S. M. Efeito do período e temperatura de armazenamento de ovos férteis sobre o rendimento de incubação e características de qualidade de codornas neonatas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, [s.l.], v. 67, p. 1693-1702, 2015.

AYYANAR, M.; SUBASH-BABU, P. Syzygium cumini (L.) Skeels: A review of its phytochemical constituents and traditional uses. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, [s.l.], v. 2, p. 240-246, 2012.

BALIGA, M. S.; BHAT, H. P.; BALIGA, B. R. V.; WILSON, R.; PALATY, P. L. Phytochemistry, traditional uses and pharmacology of *Eugenia jambolana* Lam. (black plum): a review. **Food Research International**, [s.l.], v. 44, p. 1776-1789, 2011.

BALYAN, U.; VERMA, S. P.; SARKAR, B. Phenolic compounds from *Syzygium cumini* (L.) Skeels leaves: Extraction and membrane purification. **Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants**, [s.l.], v. 12, 43-58, 2019.

BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. D. C. G.; DE PAULA, S. O.; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 23, p. 629-643, 2010.

BARBOSA, A. C. S.; MENDES, P. S.; MATTOS, G.; FUCHS, R. H. B.; MARQUES, L. L. M.; BENETI, S. C. Comparative analysis of the use of natural and synthetic antioxidants in chicken meat: an update review. **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 83, 2023.

BARREIROS, A. L.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre geração de espécies reativas e defesa do organismo. **Química nova**, [s.l.], v. 29, p. 113-123, 2006.

BARRETO, S. L. T.; ARAUJO, M. S.; UMIGI, R. T.; DONZELE, J. L.; ROCHA, T. C.; PINHEIRO, S. R. F. Exigência nutricional de lisina para codornas europeias machos de 21 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 35, p. 750-753, 2006.

BERNABUCCI, U.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; NARDONE, A. Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. **Journal of Dairy Science**, [s.l.], v. 85, p. 2173-2179, 2002.

BONA, K. S.; BELLÉ, L. P.; SARI, M. H.; THOMÉ, G.; SCHETINGER, M. R.; MORSCH, V. M.; BOLIGON A.; ATHAYDE M. L.; PIGATTO A.S.; MORETTO, M. B. Syzygium cumini extract decrease adenosine deaminase, 5' nucleotidase activities and oxidative damage in platelets of diabetic patients. **Cellular Physiology and Biochemistry**, [s.l.], v. 26, p. 729-738, 2010.

BONAFÉ, C.M. **Avaliação do crescimento de codornas de corte utilizando modelos de regressão aleatória**. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) - Universidade Federal de Viçosa, Visoça, 2008.

BOONTHIUM, W.; ISARIYODOM, S.; TONGYAI, S.; SINBUATHONG, N. Supplementation of crude extract from guava leaves (*Psidium guajava* Linn.) in laying hen diets on egg production performance and quality, cholesterol levels and oxidative stress. **In Proceedings of the 48th Kasetsart University Annual Conference, Kasetsart, Thailand, 3-5 March, 2010**. Subject: Animals, p. 41-52. Kasetsart University.

BOTSOGLOU, N. A.; FLOROU-PANERI, P.; CHRISTAKI, E.; FLETOURIS, D. J.; SPAIS, A. B. Effect of dietary oregano essential oil on the performance of chickens and on iron-induced lipid oxidation of breast, thigh and abdominal fat tissues. **British Poultry Science**, [s.l.], v. 43, p. 223-230, 2002.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food Science and Technology**, [s.l.], v. 28, p. 25-30, 1995.

CAMPOS, M. T. G.; LEME, F. D. O. P. Estresse oxidativo: fisiopatogenia e diagnóstico laboratorial. **Pubvet**, [s.l.], v. 12, p. 139, 2017.

CARD, L. E.; NEISHEM, M. C. **Producción Agrícola**. Editorial Acribia. Zaragoza, Espanha, 1968.

CAROCHO, M.; FERREIRA, I. C. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. **Food and Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 51, p. 15-25, 2013.

CAVALCANTE, C. L.; FILHO, J. J.; FONSECA, E. B.; SILVA, J. H. V. Meat quality in european quail supplemented with sources of polyunsaturated fatty acids. **Revis. Ciên. Agrônômica**, Fortaleza, v. 53, 2022.

CHAGAS, V. T.; FRANÇA, L. M.; MALIK, S.; PAES, A. M. D. A. *Syzygium cumini* (L.) skeels: a prominent source of bioactive molecules against cardiometabolic diseases. **Frontiers in Pharmacology**, [s.l.], v. 6, p. 259, 2015.

CHAMORRO, S.; VIVEROS, A.; REBOLE, A.; RICA, B. D.; ARIJA, I.; BRENES, A. Influence of dietary enzyme addition on polyphenol utilization and meat lipid oxidation of chicks fed grape pomace. **Food Research International**, [s.l.], v. 73, p. 197-203, 2015.

CHEN, Y.; HUANG, B.; HE, J.; HAN, L.; ZHAN, Y.; WANG, Y. In vitro and in vivo antioxidant effects of the ethanolic extract of *Swertia chirayita*. **Journal of Ethnopharmacology**, Limerick, v. 136, p. 309–315, 2011.

CHEN, Z.; XING, T.; LI, J.; ZHANG, L.; YUN, J.; GAO, F. Oxidative stress impairs the meat quality of broiler by damaging mitochondrial function, affecting calcium metabolism and leading to ferroptosis. **Animal Bioscience.**, [s.l.], v. 35, p. 1616-1627, 2022.

CHERIAN, G.; SELVARAJ, R. K.; GOEGER, M. P.; STITT, P. A. Muscle fatty acid composition and thiobarbituric acid-reactive substances of broilers fed different cultivars of sorghum. **Poultry Science**, [s.l.], v. 81, p. 1415-1420, 2002.

CHEUNG, L.M.; CHEUNG, P.C.; OOI, V.E.C. Antioxidant activity and total phenolics of edible mushroom extracts. **Food Chemistry**, [s.l.], v.81, p.249-255, 2003.

COMHAIR, S. A. A.; ERZURUM, S. C. Antioxidant responses to oxidant-mediated lung diseases. **American Journal of Physiology - Lung Cellular and Molecular Physiology**, [s.l.], v. 283, p. 246-255, 2002.

CONEGLIAN, S. M.; LIMA, B.; SILVA, L.; G.; LAZZARI, C. M.; SERRANO, R. D. C.; TONELLO, C. L. Utilização de antioxidantes nas rações. **Pubvet**, [s.l.], v. 5, 2011.

CORDEIRO, C. N. **Determinação da composição química e valores energia metabolizável da torta de girassol e seu uso na alimentação de codornas de corte**. 2018. 71 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

COSTA, C. H. R.; BARRETO, S. L. T.; FILHO, R. M. M.; ARAUJO, M. S. A.; LIMA, H. J. D. Avaliação do desempenho e da qualidade dos ovos de codornas de corte de dois grupos genéticos. **Revista Brasileira Zootecnia**, [s.l.], v. 37, p.1823-1828, 2008.

COTINGUIBA, G. G.; DO NASCIMENTO SILVA, J. R.; DE SÁ AZEVEDO, R. R.; ROCHA, T. J. M.; DOS SANTOS, A. F. Método de avaliação da defesa antioxidante: uma revisão de literatura. **Journal of Health Sciences**, [s.l.], v. 15, 2013.

CUNHA, F. S. A. **Avaliação da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e subprodutos na alimentação de codornas (*Coturnix Japonica*)**. 2009. 99 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2009.

- DARBANDI, M.; DARBANDI, S.; AGARWAL, A.; SENGUPTA, P.; URAIRAJANAYAGAM, D.; HENKEL, R. Reactive oxygen species and male reproductive hormones. **Reproduction Biology Endocrinology**, [s.l.], v. 16, 2018.
- DELUAO, J. C.; WINSTANLEY, Y.; ROBKER, R. L.; PACELLA-INCE, L.; GONZALEZ, M. B. Oxidative stress and reproductive function: Reactive oxygen species in the mammalian pre-implantation embryo. **Reproduction**, [s.l.], v. 164, p. 95-108, 2022.
- DOURADO, M. R.; SOARES, A. A.; MELO, G. R. D. Extract of yerba mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil., Aquifoliaceae) improves the weight gain of growing quails. **Ensaios e Ciência**, [s.l.], v. 24, p. 22-28, 2020.
- EL-HACK, M. E.; SALEM, H. M.; KHAFAGA, A. F.; SOLIMAN, S. M.; EL-SAADONY, M. T. Impacts of polyphenols on laying hens' productivity and egg quality: A review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. [s.l.], v. 1, 2022.
- ELNESR, S. S.; MAHMOUD, B. Y.; DA SILVA PIRES, P. G. Trace Minerals in Laying Hen Diets and Their Effects on Egg Quality. **Biology Trace Elements Research**, [s.l.], v. 202, p. 5664–5679, 2024.
- EMAMVERDI, M.; AHMAD, Z. S.; ZHANDI, M.; DARIUSH, M.; MAHDI, K. An improvement in productive and reproductive performance of aged broiler breeder hens by dietary supplementation of organic selenium. **Theriogenology**. [s.l.], v. 126, p. 279-285, 2019.
- ESHWARAPPA, R. S. B.; IYER, R. S.; SUBBARAMAIAH, S. R.; RICHARD, S. A.; DHANANJAYA, B. L. Antioxidant activity of *Syzygium cumini* leaf gall extracts. **BioImpacts: BI**, [s.l.], v. 4, p. 101, 2014.
- ESTEVEZ, M.; RAMÍREZ, R.; VENTANAS, S.; CAVA, R. Sage and rosemary essential oils versus BHT for the inhibition of lipid oxidative reactions in liver pâté. **LWT-Food Science and Technology**, [s.l.], v. 40, p. 58-65, 2007.
- ESTEVEZ, M. Oxidative damage to poultry: from farm to fork. **Poultry Science**, [s.l.], v. 94, p. 1368-1378, 2015.
- FAITARONE, A. B. G.; GARCIA, E. A.; ROÇA, R. O.; ANDRADE, E. N.; VERCESE, F.; PELÍCIA, K. Yolk color and lipid oxidation of the eggs of commercial white layers fed diets supplemented with vegetable oils. **Brazilian Journal Poultry Science**, [s.l.], v. 18, p. 9-16, 2016.
- FARIAS, N. N. P.; FREITAS, E. R.; NEPOMUCENO, R. C.; GOMES, H. M.; SOUZA, D. E.; WATANABE, P. H. Ethanolic extract of mango seed in broiler feed: Effect on productive performance, segments of the digestive tract and blood parameters. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 279, 2021.
- FERREIRA, A. L. A.; MATSUBARA, L. S. Radicais livres: conceitos, doenças relacionadas, sistema de defesa e estresse oxidativo. **Revista da associação médica brasileira**, São Paulo, v. 43, p. 61-68, 1997.

FERREIRA, I. C.; ABREU, R. Stress oxidativo, antioxidantes e fitoquímicos. **Bioanálise**, [s.l.], p. 32-39, 2007.

FOLIN, C.; CIOCALTEU, V. Tyrosine and tryptophan determination in protein. **The Journal of Biological Chemistry**, [s.l.], v. 73, p. 627-650, 1927.

FOOTE, C. S.; CHANG, Y.; DENNY, R.W. Chemistry of singlet oxygen. X. Carotenoid quenching parallels biological protection. **Journal American Chemical Society**, [s.l.], v.92, p.17, p. 5216-8, 1970.

FREITAS, E. R.; BORGES, A. S.; TREVISAN, M. T. S.; CUNHA, A. L.; BRAZ, N. M.; WATANABE, P. H.; NASCIMENTO, G. A. J. Extratos etanólicos da manga como antioxidantes na alimentação de poedeiras. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 714-721, 2013.

FREITAS, E. R.; FERNANDES, D. R.; SOUZA, D. H.; DANTAS, F. D.; SANTOS, R. C.; OLIVEIRA, G. B.; WATANABE, P. H. Effect of *Syzygium cumini* leaves on laying hens performance and egg quality. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 89, n. 3, p. 2479-2484, 2017.

FREITAS, E. R.; SAKOMURA, N. K.; GONZALEZ, M. M.; BARBOSA, N. A. A. Comparação de métodos de determinação da gravidade específica de ovos de poedeiras comerciais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, p. 509-512, 2004.

FRIDOVICH, I. Superoxide radical and superoxide dismutases. **Annual Revision Biochemical**, [s.l.], v. 64, p. 97-112, 1995.

GARCIA, C. E. R.; BOLOGNESI, V. J.; DIAS, J. D. F. G.; MIGUEL, O. G.; COSTA, C. K. Carotenoides bixina e norbixina extraídos do urucum (*Bixa orellana* L.) como antioxidantes em produtos cárneos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, p. 1510-1517, 2012.

GENOVESE, M. I.; SILVA, P. M.; SOUZA, K.; SCHMIDT, G.; LAJOLO, F. Bioactive compounds and antioxidant capacity of exotic fruits and commercial frozen pulps from Brazil. **Food Science and Technology International**, [s.l.], v. 14, p. 207-214, 2008.

GIAMPIETRO, A.; SCATOLINI, A. M.; BOIAGO, M. M.; CORÓ, D. M. O.; SOUZA, H. B. A.; SOUZA, P. A.; PIZZOLANTE, C. C. Estudo da metodologia de TBARS em ovos. **Revista do Avisite**, [s.l.], v. 13, p.18-19, 2008.

GRIESER, D. O.; MARCATO, S. M.; FURLAN, A. C.; TON, A. P. T.; BATISTA, E.; PERINE, T. P. Comparison of growth curve parameters of organs and body components in meat - (*Coturnix coturnix coturnix*) and laying-type (*Coturnix coturnix japonica*) quail show interactions between gender and genotype. **British Poultry Science**, Reino Unido, v. 56, p. 6-14, 2015.

GRIESER, D. O.; OLIVEIRA, G. G.; MARCATO, S. M.; ZANCANELA, V.; MELO, S. S. Coturnicultura brasileira: atividade promissora para produtores rurais. **Agropecuária Científica no Semiárido**. [s.l.], v. 20, 2024.

- GULTEPE, E. E.; IQBAL, A.; CETINGUL, I. S.; UYARLAR, C.; OZCINAR, U.; BAYRAM, I. Effect of *Myrtus communis* L. Plant Extract as a Drinking Water Supplement on Performance, Some Blood Parameters, Egg Quality and Immune Response of Older Laying Hens. **Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**. [s.l.], v. 26, 2020.
- HALLIWEL, B.; WHITEMAN, M. 2004. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what do the results mean? **British Journal of Pharmacology**. [s.l.], v. 142, p. 231-255, 2004.
- HALLIWELL, B. Antioxidants in human health and disease. **Annual Review Nutrition**, [s.l.], v.16, p. 33-50, 1996.
- HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J. M. C.; CROSS, C. E. Free radicals, antioxidants, and human diseases: where are we now? **Journal of Laboratory and Clinical Medicine**, [s.l.], v. 119, n. 6, p. 598-620, 1992.
- HALLIWELL, B; WHITEMAN, M. M. Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: how should you do it and what the results mean. **British Journal of Pharmacology**, [s.l.], v. 142, p. 231-255, 2004.
- HAMILTON, R. M. G. Methods and factors that affect the measurement of eggshell quality. **Poultry Science**, [s.l.], v. 61, p. 2022–2039, 1982.
- HASANUZZAMAN, M.; ISLAM, W.; ISLAM, M. B. Phytochemical screening of *Syzygium cumini* (L.) extracts in different solvents. **Journal of Bioscience**, [s.l.], v. 24, p. 11-18, 2016.
- HASHEMI, S. R.; DAVOODI, H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. **Veterinary Research Communications**, [s.l.], v. 35, p. 169-180, 2011.
- HAUGH, R. R. The Haugh unit for measuring egg quality. **In: United State Egg Poultry**. Mag, Chicago, v. 43, p. 552–555, 1937.
- HOSSEINDOUST, A.; KANG, H. K.; KIM, J. S. Quantifying heat stress; the roles on metabolic status and intestinal integrity in poultry, a review. **Domes. Anim. Endocrinology**, [s.l.], v. 81, 2022.
- HUANG, X.; AHN, D. U. Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health. **Food science and biotechnology**, [s.l.], v. 28, p. 1275-1285, 2019.
- HUBER, K.; DE QUEIROZ, J. H.; MOREIRA, A. V. B.; RIBEIRO, S. M. R. Caracterização química do resíduo agroindustrial da manga Ubá (*Mangifera indica* L.): uma perspectiva para a obtenção de antioxidantes naturais. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Curitiba, v. 6, 2012.
- HUBER, P. C.; ALMEIDA, W. P.; FÁTIMA, Â. D. Glutathione e enzimas relacionadas: papel biológico e importância em processos patológicos. **Química Nova**, [s.l.], v. 31, p. 1170-1179, 2008.

- IBRAHIM, D.; MOUSTAFA, A.; METWALLY, A. S.; NASSAN, M. A.; ABDALLAH, K.; ELDEMERY, F.; TUFARRELLY, V.; LAUDADIO, V. Potential application of Cornelian cherry extract on broiler chickens: growth, expression of antioxidant biomarker and glucose transport genes, and oxidative stability of frozen meat. **Animals**, [s.l.], v. 11, 2021.
- ILHAM, I.; WAHYUDI, I.; HIDAYAT, T.; ALLAILY, A.; WAJIZAH, S.; SAMADI, S. Effect of jamblang extract (*Syzygium cumini* L) on performance, carcass and giblet characteristics of broilers. **E3S Web of Conferences**, [s.l.], v. 373, 2023.
- IMAI, H.; NAKAGAWA, Y. Biological significance of phospholipid hydroperoxide glutathione peroxidase (PHGPx, GPx4) in mammalian cells. **Free Radical Biology Medicine**, [s.l.], v. 34, p.145-69, 2003.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção Agropecuária 2023**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 03 mai. 2025.
- ITO, N.; HIROSE, M.; FUKUSHIMA, S.; TSUDA, H.; SHIRAI, T.; TATEMATSU, M. Studies on antioxidants: their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. **Food Chemical Toxicology**, [s.l.], v. 24, p. 1071-1082, 1986.
- JACQUES, A. C.; ZAMBIAZI, R. C. Fitoquímicos em amora-preta (*Rubus* spp). **Semina: Ciências Agrárias**, Maringá, v. 32, p. 245-259, 2011.
- JAGETIA, G. C.; BALIGA, M. S. The evaluation of nitric oxide scavenging activity of certain Indian medicinal plants in vitro: a preliminary study. **Journal of Medicinal Food**, [s.l.], v. 7, p. 343-348, 2004.
- JELVEH, K.; RASOULI, B.; SEIDAVI, A.; DIARRA, S. S. Comparative effects of Chinese green tea (*Camellia sinensis*) extract and powder as feed supplements for broiler chickens. **Journal of Applied Animal Research**, [s.l.], v. 46, p. 1114-1117, 2018.
- JOHNSON, M. L.; DAHIYA, J. P.; OLKOWSKI, A. A.; CLASSEN, H. L. The effect of dietary sinapic acid (4-hydroxy-3, 5-dimethoxy-cinnamic acid) on gastrointestinal tract microbial fermentation, nutrient utilization, and egg quality in laying hens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 87, p. 958-963, 2008.
- JOHNSON, A. L. Ovarian follicle selection and granulosa cell differentiation. **Poultry Science**, [s.l.], v. 94, p. 781-785, 2015.
- KALTSAS, A. Oxidative Stress and Male Infertility: The Protective Role of Antioxidants. **Medicina**, [s.l.], v. 59, 2023.
- KANERIA, M.; BARAVALIA, Y.; VAGHASIYA, Y.; CHANDA, S. Determination of antibacterial and antioxidant potential of some medicinal plants from Saurashtra region, India. **Indian journal of pharmaceutical sciences**, [s.l.], v. 71, p. 406, 2009.
- KANERIA, M.; CHANDA, S. Evaluation of antioxidant and antimicrobial capacity of *Syzygium cumini* L. leaves extracted sequentially in different solvents. **Journal of Food Biochemistry**, [s.l.], v. 37, p. 168-176, 2013.

- KANG, K. R.; CHERIAN, G.; SIM, J. S. Dietary palm oil alters the lipid stability of polyunsaturated fatty acid-modified poultry products. **Poultry Science**, [s.l.], v. 80, p. 228-234, 2001.
- KARA, K.; GUÇLU, B. K.; SENTURK, M.; KONCA, Y. Influence of catechin (flavan-3-ol) addition to breeder quail (*Coturnix coturnix japonica*) diets on productivity, reproductive performance, egg quality and yolk oxidative stability. **Journal of Applied Animal Research**, [s.l.], v. 44, p. 436-441, 2016.
- KARPINSKA, B.; FOYER, C. H. Superoxide signalling and antioxidant processing in the nucleus plant. **Journal Exposition Botanical**, [s.l.], v. 12, p. 4599-4610, 2024.
- KARADAS, F.; SURAI, P. F.; SPARKS, N. H. C. Changes in broiler chick tissue concentrations of carotenoids and vitamin E with dietary supplements of lutein our canthaxanthin. **British Poultry Science**, [s.l.], v. 46, p. 500-507, 2005.
- KATEMALA, S.; MOLEE, A.; THUMANU, K.; YONGSAWATDIGUL, J. Meat quality and Raman spectroscopic characterization of Korat hybrid chicken obtained from various rearing periods. **Poultry Science**, [s.l.], v. 100, p. 1248-1261, 2021.
- KETTA, M.; TUMOVÁ, E. Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. **Czech Journal of Animal Science**. [s.l.], v. 61, p. 299–309, 2016.
- KHAN, R. U. Antioxidants and poultry semen quality. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], v. 67, p. 297-308, 2011.
- KHARAT, S. N.; ANSARI, N.; MENDHULKAR, V. D. HPTLC screening for Flavonoids content in leaf extracts of *Syzygium cumini* (Linn.) and its antimicrobial activity. **Research Journal of Pharmacy and Technology**, [s.l.], v. 13, p. 2720-2726, 2020.
- KISMIATI, S.; SARJANA, T. A.; MAHFUDZ, L. D.; PRAYITNO, D. S. African leaf (*Vernonia amygdalina*) extracts improve Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) carcass traits. **Veterinary World**, [s.l.], v. 16, p. 773-778, 2023.
- KOEDIJK, R. M.; VAN DE LINDI, I. B.; LAMOT, D. M.; HILBERT, M.; ENTING, H. Antioxidants in broiler breeder diets can affect offspring performance. **AFMA Matrix**, [s.l.], v. 25, p. 194-197, 2016.
- KSHIRSAGAR, R.; UPADHYAY, S. Free radical scavenging activity screening of medicinal plants from Tripura. **Natural Product Radiance**, [s.l.], v. 8, p. 177-122, 2009.
- KUBOTA, N.; YAKUSHIJI, H.; NISHIYAMA, N.; MIMURA, H.; SHIMURA, K. Phenolic content and L-phenylalanine ammonia-lyase activity in peach fruit. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, [s.l.], v. 70, p. 151-156, 2001.
- KUMAR, A.; KALAKOTI, M. Phytochemical and antioxidant screening of leaf extract of *Syzygium cumini*. **International Journal of Advanced Research**, [s.l.], v. 3, p. 371-378, 2015.

LAKHANPAL, P.; RAI, D. K. Quercetin: a versatile flavonoid. **Internet Journal of Medical Update**, [s.l.], v. 2, p. 22-37, 2007.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Commercial Poultry Nutrition**. second ed. Guelph, University Books, Canada, 1997.

LEESON, S.; SUMMERS, J. D.; CASTON, L. J. Response of layers to low nutrient density diets. **Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 10, p. 46-52, 2001.

LEYGONIE, C.; BRITZ, T. J.; HOFFMAN, L. C. Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. **Meat Science**, [s.l.], v. 91, p. 93-98, 2012.

LI, S.; LI, J.; SHEN, C.; ZHANG, X.; SUN, S.; CHO, M.; SUN, C.; SONG, Z. tert-Butylhydroquinone (tBHQ) protects hepatocytes against lipotoxicity via inducing autophagy independently of Nrf2 activation. **Biochim Biophys Acta**, [s.l.], v. 1841, p. 22-33, 2014.

LI, L.; DUAN, Y.; CHEN, M.; ZHOU, X.; ZHANG, X.; DONG, Y.; LAI, Y.; GUO, S.; ZHANG, Z.; DING, B. Organic zinc and manganese enhance eggshell ultrastructure by influencing its calcium deposition to improve eggshell quality in laying hens. **Journal Science Food Agriculture**, [s.l.], v. 105, p. 2890-2899, 2025.

LI, W. Z.; HE, Z.; CHEN, Y.; LI, Z.; MENG, T.; LI, Y.; CAO, Y. In vitro and in vivo antioxidant activity of eucalyptus leaf polyphenols extract and its effect on chicken meat quality and cecum microbiota. **Food Research International**, [s.l.], v. 136, 2020.

LIMA, D. M.; URBANO, S.; MITZI, G.; MORENO, G. M. Oxidação lipídica da carne ovina. **Acta Veterinaria Brasília**, [s.l.], v. 7, p. 14-28, 2013.

LIPINSKI, B. Hydroxyl radical and its scavengers in health and disease. **Oxidative Medical Cellular Longevity**. [s.l.], 2011.

LIPINSKI, K.; MAZUR, M.; ANTOSZKIEWICZ, Z.; PURWIN, C. Polyphenols in monogastric nutrition-A review. **Annals of Animal Science**, [s.l.], v. 17, p. 41, 2017.

LOBO, V.; PATIL, A.; PHATAK, A.; CHANDRA, N. Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. **Pharmacogn Review**, [s.l.], v. 4, p. 118-126, 2010.

LOGUERCIO, A. P.; BATTISTIN, A.; VARGAS, A. C. D.; HENZEL, A. Atividade antibacteriana do extrato hidro-alcoólico das folhas de jambolão (*Syzygium cumini* L.). **Ciência Rural**, v. 35, p. 371-376, 2005.

LOPES, R. M.; OLIVEIRA, T. D.; NAGEM, T. J.; PINTO, A. D. S. Flavonóides. **Biociência**, [s.l.], v. 3, p. 18-22, 2010.

LUNA, A.; LABAQUE, M. C.; ZYGADLO, J. A.; MARIN, R. H. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. **Poultry Science**, [s.l.], v. 89, p. 366-370, 2010.

- MAIA, I. R. O.; TREVISAN, M. T. S.; SILVA, M. G.; KLIKA, K. D.; BRITO, E.; SILVA, L. M. A. E.; OWEN, R. W. Characterization and quantitation of polyphenolic compounds in *Senna splendida* from the Northeast of Brazil. **Natural Product Communications**, [s.l.], v. 13, 2018.
- MANACH, C.; WILLIAMSON, G.; MORAND, C.; SCALBERT, A.; RÉMÉSY, C. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97 bioavailability studies. **Ambiental Journal Clinical Nutrition**, [s.l.], v. 81, p. 230-242, 2005.
- MANCIO, M.; AUED-PIMENTEL, S.; MANCINI-FILHO, J. Estabilidade dos ácidos graxos poliinsaturados presentes em fórmulas infantis comerciais. **Brazil Journal of Food Technology**. São Paulo, v. 14, p. 145-53, 2011.
- MARGARET, E.; SHAILAJA, A. M.; RAO, V. V. Evaluation of antioxidant activity in different parts of *Syzygium cumini* (Linn.). **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, [s.l.], v. 4, p. 372-379, 2015.
- MARTÍNEZ-FLÓREZ, S.; GONZÁLEZ-GALLEGO, J.; CULEBRAS, J. M.; TUÑÓN, M. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. **Nutrición hospitalaria**, [s.l.], v.17, p. 271-278, 2002.
- MARTINO, G.; GROTTA, L.; PONZIELLI, V. Influence of dehydrated medicago sativa on quality characteristics of marchigiana beef. **Animal Review**, [s.l.], v. 1, p. 37-44, 2014.
- MATOS, D. M.; GOMES, T. R.; NEPOMUCENO, R. C.; WATANABE, P. H.; FREITAS, E. R. Effects of mango peel ethanolic extract as antioxidant in quail diets on performance, carcass traits, and meat lipid stability. **Tropical Animal Health and Production**, [s.l.], 2023.
- MATOS, J. E. X.; SILVA, F. J. A.; VIEIRA, P. B. Solventes para extração do líquido da MAZIERO G. C.; BAUNWART, C.; TOLEDO, M. C. F. Estimates of the theoretical maximum daily intake of phenolic antioxidants BHA, BHT and TBHQ. **Brazilian Food Additives & Contaminants**, [s.l.], v. 18, p. 365-373, 2001.
- MELO, E. D. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 36, p. 1-11, 2002.
- MIAO, Q. X.; SI, Y.; XIE, L.; CHEN, Z. L. Effects of acute heat stress at different ambient temperature on hepatic redox status in broilers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 99, p. 4113-4122, 2020.
- MILLER, N. J.; RICE-EVANS, C.; DAVIES, M. J.; GOPINATHAN, V.; MILNER, A. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. **Clinical Science**, [s.l.], v. 84, p. 407-412, 1993.
- MIN, B.; AHN, D. U. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products -A review. **Food Science Biotechnology**. [s.l.], v. 14, p. 152-163, 2005.
- MISHRA, B. D.; JHA, R. J. Oxidative stress in the poultry gut: Potential challenges and interventions. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 6, 2019.

- MOHEBODINI, H.; JAZY, Y. Z.; ASHAYERIZADEH, Y. M.; TOGHYANI, X.; TELLEZ-ISAIAS. Productive parameters, cecal microflora, nutrient digestibility, antioxidant status, and thigh muscle fatty acid profile in broiler chickens fed with *Eucalyptus globulus* essential oil. **Poultry Science**, [s.l.], v. 100, 2020.
- MOHOŠ, V.; PÁNOVICS, A.; FLISZÁR-NYÚL, E.; SCHILLI, G.; HETÉNYI, C.; MLADĚNKA, P.; NEEDS, P.W.; KROON, P.A.; PETHŐ, G.; POÓR, M. Inhibitory effects of quercetin and its human and microbial metabolites on xanthine oxidase enzyme. **International Journal Molecular Science**, [s.l.], v. 20, 2019.
- MOREIRA, A.V. B.; MANCINI-FILHO, J. Influência dos compostos fenólicos de especiarias sobre a lipoperoxidação e o perfil lipídico de tecidos de ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, p. 411-424, 2004.
- MOREL, I.; LESCOAT, G.; COGREL, P.; SERGENT, O.; PASDELOUP, N.; BRISSOT, P.; CILLARD, P.; CILLARD, J. Antioxidant and iron-chelating activities of the flavonoids catechin, quercetin and diosmetin on iron-loaded rat hepatocyte cultures. **Biochemical pharmacology**, [s.l.], v. 45, p. 13-19, 1993.
- MORI, C.; GARCIA, E. A.; PAVAN, A. C.; PICCININ, A.; SCHERER, A. M. R. Desempenho e Qualidade dos Ovos de Codornas de Quatro Grupos Genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 34, p.864-869, 2005.
- MUELLER-HARVEY, I. Analysis of hydrolysable tannins - a review. **Animal Feed Science Technology**, [s.l.], v. 91, p.3-20, 2001.
- MUÑOZ-GONZÁLEZ, I.; CHAMORRO, S.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; LÓPEZ-ANDRÉS, P.; ÁLVAREZ-ACERO, I.; RUIZ-CAPILLAS, C. Phenolics metabolites in plasma and thigh meat of chickens supplemented with grape byproducts. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s.l.], v. 67, p. 4463-4471, 2019.
- MURAKAMI, A. E.; GARCIA, E. R. Pontos Críticos na Criação de codornas. **IV Curso de atualização em avicultura para postura comercial**. Jaboticabal: FCAV/Unesp Jaboticabal, p. 41-53, 2007.
- MURAKAMI, A.; ASHIDA, H.; TERAQ, J. Multitargeted cancer prevention by quercetin. **Cancer Letters**, [s.l.], v. 269, p. 315-325, 2008.
- NAHAR, L.; RIPA, F. A.; ROKONUZZAMAN, A. B. M.; AL-BARI, M. A. A. Investigation on antioxidant activities of six indigenous plants of Bangladesh. **Journal of Applied Sciences Research**, [s.l.], v. 5, p. 2285-2288, 2009.
- NAIMITI, S.; DOGAN, S. C.; ASGHAR, M. U.; WILK, M.; KORCZYNSKI, M. The effect of quinoa seed (*Chenopodium quinoa* Willd.) extract on the performance, carcass characteristics, and meat quality in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). **Animals**, [s.l.], v. 12, 2022.
- NAIR, V.; TURNER, G. A. The thiobarbituric acid test for lipid peroxidation: structure of the adduct with malondialdehyde. **Lipids**, [s.l.], v.19, p. 804-805, 1984.

- NAWAR, W. W. Lipids. In: FENNEMA, O.R. **Food Chemistry**, 3rd ed. New York: Marcel Dekker, p. 225-319, 1996.
- NAWAZ, A. H.; ZHANG, L. Oxidative stress in broiler chicken and its consequences on meat quality. *Interna. Journal Science Research Archives*, [s.l.], v. 1, p. 45-54, 2021
- NIEVA-ECHEVARRÍA, B.; MANZANOS, M. J.; GOICOECHEA, E.; GUILLÉN, M. D. 2, 6-Di-tert-butyl- hydroxytoluene and its metabolites in foods. *Comprehensive Reviews. Food Science and Food Safety*, [s.l.], v. 14, p. 67-80, 2015.
- NIMSE, S. B.; PAL, D. Free radicals, natural antioxidants, and their reaction mechanisms. **RSC Advanced**, [s.l.], v. 15, p. 27986-28006, 2015.
- NORDBERG, J.; ARNÉR, E. S. Reactive oxygen species, antioxidants, and the mammalian thioredoxin system. **Free radical biology and medicine**, [s.l.], v. 31, p. 1287-1312, 2001.
- NOVAK, C.; YAKOUT, H. M.; SCHEIDELER, S. E. The Effect of Dietary Protein Level and Total Sulfur Amino Acid:Lysine Ratio on Egg Production Parameters and Egg Yield in Hy-Line W-98 Hens1. **Poultry Science**, [s.l.], v. 85, 2006.
- NWOZO, O. S.; EFFIONG, E. M.; AJA, P. M.; AWUCHI, C. G. (2023). Antioxidants, phytochemical, and therapeutic properties of medicinal plants: a review. **International Journal of Food Properties**, [s.l.], v. 26, p. 359–388, 2023.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC INTERNATIONAL. 18th ed. Gaithersburg, MD: **AOAC International**, 2005.
- OKE, O. E.; AKOSILE, O. A.; ONI, A. I.; OPOWOYW, I. O.; ISHOLA, C. A.; ADEBIYI, J. O.; ODEYEMI, A. J.; ADJEI-MENSAH, B. Oxidative stress in poultry production. **Poultry Science**, [s.l.], v. 103, 2024.
- OLIVEIRA, F. G; ROSSI, C. L; DE OLIVEIRA, M. G; SAAD, M. J; VELLOSO, L.A. Effect of vitamin E supplementation on antibody levels against malondialdehyde modified LDL in hyperlipidemic hamsters. **Cardiovascular Research**, [s.l.], v. 47, p. 567-73, 2000.
- OLIVEIRA, G. R. D.; LIMA, C. B. D.; RIBEIRO, L. M. C. S; CAFÉ, M. B., MOREIRA, J. D. S., OLIVEIRA, E. M. D., RACANICCI, A. M. C. Adição de óleo de copaíba (*copaifera langsdorffii*) e sucupira (*pterodon emarginatus*) na alimentação de poedeiras: qualidade física de ovos armazenados em diferentes temperaturas. **Ciência Animal Brasileira**, [s.l.], v. 19, 2018.
- OMAR, A. E.; AL-KHALAIFAH, H. S.; MOHAMED, W. A. M.; GHARIB, H. S. A.; OSMAN, W. A. M. Effects of phenolic-rich onion (*Allium cepa* L.) extract on the growth performance, behavior, intestinal histology, amino acid digestibility, antioxidant activity, and the immune status of broiler chickens. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 7, 2020.
- PAMPLONA, R.; COSTANTINI, D. Molecular and structural antioxidant defenses against oxidative stress in animals. **Journal Physiology Regular Integral Composition Physiology**, [s.l.], v. 301, p. 843-863, 2011.

- PANDEY, K. B.; RIZVI, S. I. Plant polyphenols as dietary antioxidants in human health and disease. **Oxid Med Cell Longev**, [s.l.], v. 2, p. 270-278, 2009.
- PASQUETTI, T. J. **Avaliação nutricional da glicerina bruta ou semipurificada, oriundas de gordura animal e óleo vegetal, para codornas de corte**. 2011. 110 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá 2011.
- PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P.; MUNIZ, J. C. L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Revista eletrônica nutritime**, Viçosa, v. 9, p. 2041-2049, 2012.
- PELÍCIA, K.; GARCIA, E. A.; FAITARONE, A. B. G.; SILVA, A. P.; BERTO, D. A.; MOLINO, A. B.; VERCESE, F. Calcium and Available Phosphorus levels for laying hens in second production cycle. **Brazilian Journal of Poultry Science**, [s.l.], v. 11, p. 39-49, 2009.
- PEPATO, M. T.; FOLGADO, V. B. B.; KETTELHUT, I. C.; BRUNETTI, I. L. Lack of antidiabetic effect of a *Eugenia jambolana* leaf decoction on rat streptozotocin diabetes. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 34, p. 389-395, 2001.
- PÉREZ-BONILLA, A.; NOVOA, S.; GARCÍA, J.; MOHITI-ASLI, M.; FRIKHA, M.; MATEOS, G. G. Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. **Poultry Science**, [s.l.], v. 91, p. 3156–3166, 2012.
- PERUMALLA, A.V. S.; NAVAM. S. H. Green tea and grape seed extracts — Potential applications in food safety and quality. **Food Research International**, [s.l.], v. 44, p. 827–839, 2011.
- PETRY, E. R.; ALVARENGA, M. L.; CRUZAT, V. F.; TIRAPEGUI, J. Exercício físico e estresse oxidativo: mecanismos e efeitos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, [s.l.], v. 18, p. 90-99, 2010.
- PINHEIRO, S. R. F.; DUMONT, M. A.; PIRES, A. V.; BOARI, C. A. Rendimento de carcaça e qualidade da carne de codornas de corte alimentadas com rações de diferentes níveis de proteína e suplementadas com aminoácidos essenciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 292–297, 2015.
- PINHO, W. L.; SILVA, A. P. R. Efeitos do exercício físico sobre a formação de espécies reativas de oxigênio e os compostos antioxidantes da dieta. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**, São Paulo, v. 7, p. 77-87, 2013.
- PITA, M. C. G.; PIBER NETO, E.; NAKAOKA, L. M.; MENDONÇA JUNIOR, C. X. D. Efeito da adição de ácidos graxos insaturados e de vitamina E à dieta de galinhas e seu reflexo na composição lipídica e incorporação de alfa-tocoferol na gema do ovo. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v. 41, p. 25-31, 2004.
- POWERS, S. K.; DUARTE, J.; KAVAZIS, A. N.; TALBERT, E. E. Reactive oxygen species are signalling molecules for skeletal muscle adaptation. **Exp Physiology**, [s.l.], v. 95, p. 1-9, 2009.

RACANICCI, A. M. C.; DANIELSEN, B.; MENTEN, J. F. M.; REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SKIBSTED, L. H. Antioxidant effect of dittany (*Origanum dictamnus*) in pre-cooked chicken meat balls during chill-storage in comparison to rosemary (*Rosmarinus officinalis*). **European Food Research and Technology**, [s.l.], v. 218, p. 521-524, 2004.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química nova**, [s.l.], p. 755-760, 2006.

RAMOS, I. L.; BANDIOLA, T. M. B. Phytochemical Screening of *Syzygium Cumini* (Myrtaceae) Leaf Extracts Using Different Solvents of Extraction. **Der Pharmacia Lettre**, [s.l.], v. 9, p. 74-78, 2017.

RAO, S. V.; RAJU, M. V. L. N.; PRAKASHA, B.; RAJKUMAR; REDDY, E. P. K. Effect of supplementing moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal and pomegranate (*Punica granatum*) peel meal on performance, carcass attributes, immune and antioxidant responses in broiler chickens. **Animal Production Science**, [s.l.], v. 59, p. 288-294, 2019.

REDDY, L. J.; JOSE, B. E. E. N. A. Evaluation of antibacterial and DPPH radical scavenging activities of the leaf extracts and leaf essential oil of *Syzygium cumini* Linn. from South India. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, [s.l.], v. 5, p. 1-5, 2013.

REHMAN, Z. U.; MENG, C.; SUN, Y.; SAFDAR, A.; PASHA, R. H.; MUNIR, M.; DING, C. Oxidative stress in poultry: lessons from the viral infections. **Oxid Med Cell Longev**, [s.l.], 2018.

RIBEIRO S. M.; QUEIROZ J. H.; PELÚZO M. C. G.; COSTA N. M. B.; MATTA S. L. P.; QUEIROZ M. E. L. R. The formation and the effects of the reactive oxygen species in biological media. **Bioscience Journal**, [s.l.], v. 12. p. 133-149, 2005.

RÍOS, J. L.; GINER, R. M.; MARÍN, M.; RECIO, M. C. A pharmacological update of ellagic acid. **Planta Medica**, [s.l.], v. 84, p. 1068-1093, 2018.

RODRIGUES, F. P. M. Importância dos radicais livres de oxigênio no período neonatal. **Journal Pediatrics**, [s.l.], v. 74, p. 91-98, 1998.

RODRIGUES, K. F.; RODRIGUES, P. B.; BRESSAN, M. C.; NAGATA, A. K.; SILVA, J. H. V. Qualidade da carne de peito de frangos de corte recebendo rações com diferentes relações lisina digestível: proteína bruta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 37, p. 1023-1028, 2008.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; BRITO, C. O. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 5. ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, p. 531, 2024.

ROTH-MAIER, D. A.; BOHMER, N.; MAASS, K.; DAMME, B. R. PAULICKS. Efficiency of *Echinacea purpurea* on performance of broilers and layers. **Archives Geflugelkd**, [s.l.], v. 69, p. 123–127, 2005.

- RUAN, Z. P.; ZHANG, L. L.; LIN, Y. M. Evaluation of the antioxidant activity of *Syzygium cumini* leaves. **Molecules**, [s.l.], v. 13, p. 2545-2556, 2008.
- RUI, B. R.; ANGRIMANI, D. S.; LOSANO, J. D. A. MARCILIO, N. C. Validation of simple and cost-effective stains to assess acrosomal status, DNA damage and mitochondrial activity in rooster spermatozoa. **Animal Reproduction Science**, [s.l.], v. 187, p. 133-140, 2017.
- RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; DE MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Embrapa Agroindústria Tropical-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2007.
- SADOWSKA-BARTOSZ, I.; BARTOSZ, G. Effect of antioxidants supplementation on aging and longevity. **Biomedica Research International**, [s.l.], 2014.
- SAH, N.; MISHRA, B. Regulation of egg formation in the oviduct of laying hen. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], v. 74, 2018.
- SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. Lipid oxidation and improving the oxidative stability. **Chemical Society Review**, [s.l.], v. 39, p. 4067-4079, 2010.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 262 p., 2016.
- SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 283 p., 2007.
- SANTANA, T. P.; BASTOS, M. S.; CONCEIÇÃO, J. S.; VIEIRA, J. S.; KHATLAB, A. S. Suplementação de metionina na dieta das matrizes e da progênie de codornas japonesas. **Zootecnia: tópicos atuais em pesquisa**. Ed. Científica Digital, v. 3, p. 188-189, 2023.
- SANTOS, A. F.; SILVA, A. S.; GALLI, G. M.; PAGLIA, E. B.; DACOREGGIO, M. V.; KEMPKA, A. P.; PAIANO, D. Addition of yellow strawberry guava leaf extract in the diet of laying hens had antimicrobial and antioxidant effect capable of improving egg quality. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, [s.l.], v. 29, 2020.
- SANTOS, G.G.; CORREA, G. S. S.; SILVA, M. A. Avaliação de carcaça de codornas GSS1 para corte alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de metionina + cistina. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA Anais... Goiânia: Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Nutrição de Não ruminantes. NNR-1076. 2005.
- SAWICKI, T.; JABŁOŃSKA, M.; DANIELEWICZ, A.; PRZYBYŁOWICZ, K. E. Phenolic Compounds Profile and Antioxidant Capacity of Plant Based Protein Supplements. **Molecules**. [s.l.], v. 29, 2024.
- SCHIMIDT, G. S.; FIGUEIREDO, E. A. P.; AVILA, V. S. Incubação: estocagem de ovos férteis. Brasília, DF: **Embrapa**, 2002. p.1-5. (Comunicado Técnico, 303).

SHAHIDI, F.; JANITHA, P.K.; WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.l.], v.32, p.67-103, 1992.

SHANG, H., ZHANG, H., GUO, Y., WU, H., ZHANG, N. Effects of inulin supplementation in laying hens diet on the antioxidant capacity of refrigerated stored eggs. **International Journal of Biological Macromolecules**, [s.l.], v. 153, p. 1047-1057, 2020.

SHARIFI-RAD, J.; QUISPE, C.; CASTILLO, C. M. S.; CAROCA, R.; LAZO-VÉLEZ M. A.; ANTONYAK, H.; POLISHCHUK, A.; LYSIUK, R.; OLIINYK, P. Ellagic acid: a review on its natural sources, chemical stability, and therapeutic potential. **Oxid Med Cell Longev.**, [s.l.], 2022.

SIES, H. Hydrogen peroxide as a central redox signaling molecule in physiological oxidative stress: Oxidative eustress. **Redox Biology**, [s.l.], v. 11, p. 613-619, 2017.

SIES, H. Oxidative stress: eustress and distress in redox homeostasis. In: Stress: physiology, biochemistry, and pathology. **Academic Press.**, [s.l.], p.153-163, 2019.

SILVA, A. A. D.; GONÇALVES, R. C. Espécies reativas do oxigênio e as doenças respiratórias em grandes animais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 994-1002, 2010.

SILVA, J. H. V.; COSTA, F. G. P. **Tabela para codornas japonesas e europeias**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, p. 110, 2009.

SILVA, R. C.; NASCIMENTO, J. W. B.; OLIVEIRA, D. L.; FURTADO, D. A. Termohigrometria no transporte e na qualidade de ovos destinados ao consumo humano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, p. 668-673, 2015.

SILVA, V. S. **Extrato etanólico da folha de *Syzygium cumini* L na alimentação de poedeiras leves**. 2023. 77 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

SMET, K.; RAES, K.; SMET, S. Novel approaches in measuring the antioxidative potencial of animal feeds: the FRAP and DPPH methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 86, p. 2412-2416, 2006.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de nutrição**, [s.l.], v. 15, p. 71-81, 2002.

SOUSA SABINO, L. B.; DE BRITO, E. S.; DA SILVA JÚNIOR, I. J. Jambolan *Syzygium jambolanum*. In **Exotic Fruits.**, [s.l.], Academic Press, p. 251-256, 2018.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS user's guide: statistics**. Version 8. 2. ed. Cary: SAS Institute, 2000. (CD-ROM).

SURAI, P. F.; FISININ, V. I.; KARADAS, F. Antioxidant systems in chick embryo development. Part 1. Vitamin E, carotenoids and selenium. **Animal Nutrition**, [s.l.], v. 2, p. 1-11, 2016.

STIVANIN, T. E. **Estudo genético-quantitativo de características associadas à produção de ovos em duas linhagens de codornas de postura (*Coturnix coturnix japonica*)**. 2023. 89 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento Animal) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2023.

SURAI, P. F. Antioxidant systems in poultry biology: superoxide dismutase. **Journal of Animal Research and Nutrition**, [s.l.], v. 1, 2016.

SURAI, P. F.; KOCHISH, I. I.; FISININ, V. I. Antioxidant systems in poultry biology: Nutritional modulation of vitagenes. **European Poultry Science**, [s.l.], v. 81, 2017.

SURAI, P. F.; KOCHISH, I. I.; FISININ, V. I.; KIDD, M. T. Antioxidant defence systems and oxidative stress in poultry biology: An update. **Antioxidants**, [s.l.], v. 8, p. 235, 2019.

SWAMI, S. B.; THAKOR, N. S. J.; PATIL, M. M.; HALDANKAR, P. M. Jamun (*Syzygium cumini* (L.)): A Review of its food and medicinal uses. **Food and Nutrition Sciences**, [s.l.], v. 3, p. 1100-1117, 2012.

TAKALANI, N. B.; MONAGENG, E. M.; MOHLALA, K.; MONSEES T. K.; HENKEL, R.; OPUWARI, C. S. Role of oxidative stress in male infertility. **Reprod Fertil**, [s.l.], v. 7, 2023.

TAKEMOTO, E.; FILHO, J. T.; GODOY, H. T. Validação de metodologia para a determinação simultânea dos antioxidantes sintéticos em óleos vegetais, margarinas e gorduras hidrogenadas por clae/uv. **Química Nova**, [s.l.], v. 32, p. 1189-1194, 2009.

TREVISAN, M.; BROWNE, R.; RAM, M.; MUTI, P.; FREUDENHEIM, J.; CAROSELLA, A. M.; ARMSTRONG, D. Correlates of markers of oxidative status in the general population. **American journal of epidemiology**. [s.l.], v. 154, p. 348-356, 2001.

VALCO, M.; LEIBFRITZ, D.; MONCOL, J.; CRONIN, M. T.; MAZUR, M.; TELSER J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. **International Journal Biochemical Cellular Biology**, [s.l.], v. 39, p. 44-84, 2007.

VASCONCELOS, S. M. L.; GOULART, M. O. F.; MOURA, J. B. D. F.; MANFREDINI, V.; BENFATO, M. D. S.; KUBOTA, L. T. Espécies reativas de oxigênio e de nitrogênio, antioxidantes e marcadores de dano oxidativo em sangue humano: principais métodos analíticos para sua determinação. **Química nova**, [s.l.], v. 30, p. 1323-1338, 2007.

VEBER, J.; PETRINI, L. A.; ANDRADE, L. B.; SIVIERO, J. Determinação dos compostos fenólicos e da capacidade antioxidante de extratos aquosos e etanólicos de Jambolão (*Syzygium cumini*L.). **Revista Brasileira de plantas medicinais**, [s.l.], v. 17, p. 267-273, 2015.

VELLASCO, C. R.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; ROSTAGNO, H. S. Níveis de cálcio e relação cálcio: fósforo em rações para poedeiras leves de 24 a 40 semanas de idade. **Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.17, p. 206-216, 2016.

VIEIRA, L. M.; CARDOSO, H. J.; AMARAL, G. H. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de polpas de frutos tropicais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.l.], v. 33, 2011.

VOLJC, M.; FRANKI, T.; LEVART, M.; NEMEC, M.; SALOBIR, J. Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of α -tocopherol isomers in broiler nutrition by measuring oxidative stress in vivo and the oxidative stability of meat. **Poultry Science**, [s.l.], v. 90, p. 1478-1488, 2011.

WANG, Y.; ZHAO, H.; LIU, J.; SHAO, Y.; LI, J.; LUO, L.; XING, M. Copper and arsenic-induced oxidative stress and immune imbalance are associated with activation of heat shock proteins in chicken intestines. **Int. Immunopharmacol.**, [s.l.], v. 60, p. 64-75, 2018.

WILLIAMSOM, G.; DIONISI, C.; CLIFFORD, M. N. The role of polyphenols in modern nutrition. **Nutrition Bulletin**, [s.l.], v. 43, p. 226-235, 2018.

WINDISCH, W.; SCHEDULE, K.; PLITZNER, C.; KROISMAYR, A. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 86, 2008.

WANG, J.; JIA, R.; GONG, H.; CELI, P.; ZHUO, Y.; DING, X. The Effect of Oxidative Stress on the Chicken Ovary: Involvement of Microbiota and Melatonin Interventions. **Antioxidants**, [s.l.], v. 10, 2021.

WU, G.; GUNAWARDANA, P.; BRYANT, M. M.; VOITLE, R. A.; ROLAND, D. A. Effects of Dietary Energy on Performance and Egg Composition of Bovans White and Dekalb White Hens during Phase I. **Poultry Science**, [s.l.], v. 86, p. 869–876, 2007.

XU, Q.; LI, S.; TANG, W.; YAN, J.; WEI, X.; ZHOU, M.; DIAO, H. The effect of ellagic acid on hepatic lipid metabolism and antioxidant activity in mice. **Frontiers Physiology**, [s.l.], v. 12, 2021.

YILDIRIM, A. B.; MUHAMMED, A. T.; MEHMET, G.; FATIH, Y.; AHMET, Y. The effect of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract supplemented into broiler diets, on performance and blood parameters. **GSC Biological and Pharmaceutical Sciences**, [s.l.], v. 2, 2018.

YANG, H.; XIE, Y.; YANG, D.; REN D. Oxidative stress-induced apoptosis in granulosa cells involves JNK, p53 and Puma. **Oncotarget**, [s.l.], v. 8, p. 25310-25322, 2017.

YOUNG, J. F.; J. STAGSTED, S. K.; JENSEN, A.; KARLSSON, P.; HENCKEL. Ascorbic acid, α -tocopherol, and oregano supplements reduce stress-induced deterioration of chicken meat quality. **Poultry Science**, [s.l.], v. 82, p. 1343-1351, 2003.

ZAHRA, M.; ABRAHAMSE, H.; GEORGE, B. P. Flavonoids: antioxidant powerhouses and their role in nanomedicine. **Antioxidants (Basel)**, [s.l.], v. 13, 2024.

ZHANG, F.; HAN, Y.; LI, F. Egg exosome miR-145-5p decreases mitochondrial ROS to protect chicken embryo hepatocytes against apoptosis through targeting *MAPK10*. **J Animal Science Biotechnology**, [s.l.], v. 16, 2025

ZHANG, H.; GUO, J. W. X. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. **Food Science and Human Wellness**, [s.l.], v. 5, p. 39-48, 2016.

ZHANG, X. J.; DIAO, M.; ZHANG, Y. A review of the occurrence, metabolites and health risks of butylated hydroxyanisole (BHA). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s.l.], v. 103, p. 6150-6166, 2023.

ZHANG, X. Y., LI, L. L., MIAO, L. P., ZHANG, N. N., ZOU, X. T. Effects of in ovo feeding of cationic amino acids on hatchability, hatch weights, and organ developments in domestic pigeon squabs (*Columba livia*). **Poultry Science**, [s.l.], v. 97, p. 110-117, 2018.

ZHANG, Z. W.; WANG, Q. H.; ZHANG, J. L.; LI, S.; WANG, X. L. Effects of oxidative stress on immunosuppression induced by selenium deficiency in chickens. **Biology Trace Elements Research**, [s.l.], v. 149, p. 352-361, 2012.