



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**IDENTIFICAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL DE
CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM DIETAS
CONTENDO CANELA (*CINNAMOMUM VERUM*) EM PÓ
E ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE*) DESIDRATADO**

Autora: Lídia Caroline Ferreira Cruz
Orientadora: Dra. Cibele Silva Minafra

Rio Verde - GO
fevereiro - 2022

**IDENTIFICAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL DE
CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM DIETAS
CONTENDO CANELA (*CINNAMOMUM VERUM*) EM PÓ
E ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE*) DESIDRATADO**

Autora: Lídia Caroline Ferreira Cruz
Orientadora: Dr.^a. Cibele Silva Minafra

Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - *campus* Rio Verde - Área de concentração Zootecnia.

Rio Verde - GO
fevereiro – 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Fi Ferreira Cruz, Lídia Caroline
Identificação da microbiota intestinal de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo canela (Cinnamomum verum) em pó e orégano (Origanum vulgare) desidratado / Lídia Caroline Ferreira Cruz; orientadora Cibele Silva Minafra; co-orientadora Adriano Carvalho Costa. -- Rio Verde, 2022.
61 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Aditivos fitogênicos. 2. Carvacrol. 3. Cinamaldeído. 4. Comunidade bacteriana. 5. Coturnicultura. I. Silva Minafra, Cibele, orient. II. Carvalho Costa, Adriano, co-orient. III. Título.

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Lídia Caroline Ferreira Cruz

Matrícula:

2020102310240040

Título do trabalho:

Identificação da microbiota intestinal de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo canela (*Cinnamomum verum*) em pó e orégano (*Origanum vulgare*) desidratado

RESTRICÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

• Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;

• Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

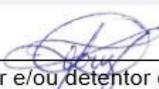
• Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

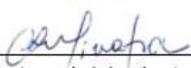
26 / 04 / 2022

Local

Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Cliente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

Identificação da microbiota intestinal de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo canela (*Cinnamomum verum*) em pó e orégano (*Origanum vulgare*) desidratado

Autora: Lídia Caroline Ferreira Cruz
Orientadora: Cibele Silva Minafra

TITULAÇÃO: Mestre em Zootecnia – Área de Concentração em Zootecnia/Recursos Pesqueiros.

APROVADA em 15 de fevereiro de 2022.

Dra. Ana Paula Cardoso Gomide
Avaliadora interna
IF Goiano/RV

Dra. Christiane Silva Souza
Avaliadora externa
UFRRJ

Dra. Maria Fernanda de Castro
Burbarelli
Avaliadora externa
UFGD

Dra. Denise Russi Rodrigues
Avaliadora externa
MAPA

Dra. Cibele Silva Minafra
Presidente da banca
IF Goiano/RV

Documento assinado eletronicamente por:

- Maria Fernanda de Castro Burbarelli, Maria Fernanda de Castro Burbarelli - Professor Avaliador de Banca - Fundacao Universidade Federal da Grande Dourados - Ufgd (07775847000197), em 25/02/2022 12:06:21.
- Denise Russi Rodrigues, Denise Russi Rodrigues - Professor Avaliador de Banca - Secretaria de Comercio e Relacoes Internacionais (00396895007219), em 22/02/2022 10:53:23.
- Ana Paula Cardoso Gomide, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 19/02/2022 10:59:24.
- Christiane Silva Souza, Christiane Silva Souza - Professor Avaliador de Banca - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Ufrj (29427465000105), em 19/02/2022 09:53:35.
- Cibele Silva Minafra, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 18/02/2022 18:25:41.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 18/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 359590

Código de Autenticação: 6edbe7da6d



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida, por me guiar aos melhores caminhos e por abençoar-me a todo momento. Agradeço a Nossa Senhora do Rosário que sempre intercedeu ao seu Filho por minha vida e minha família.

Agradeço a minha mamãe Bárbara e ao meu papai Domingos, por todos os ensinamentos, exemplos, testemunhos de fé e vida, pelas palavras de admiração e motivação que me fizeram ser a pessoa que hoje eu sou. Sou grata a Deus por ter colocado pessoas tão íntegras, carinhosas e de muita fé em minha vida. Eu amo vocês.

Agradeço aos meus queridos irmãos, Lais Laylla e João Pedro por toda admiração. Vocês tornam-me forte, eu amo vocês.

Aos meus avós, João José e Genésia, que tanto se orgulham de mim e nunca deixaram de prestigiar cada momento da minha vida desde meu nascimento, vocês fazem parte de cada conquista.

Aos meus avós paternos, Deusdezino de Sousa Ferreira (*in memorian*) e Maria Gonçalves dos Santos (*in memorian*), vocês são as estrelas mais fortes que brilham no céu, tenho em meu coração as histórias inconfundíveis de suas trajetórias, Amo vocês.

Ao meu tio avô Lindolfo e tia avó Elza, na ausência física de amor e afeto dos meus avós paternos, vocês estiveram presentes e cuidaram da minha família, agradeço a Deus pela vida e saúde concedida a vocês.

Aos meus tios (as) e primos (as) da família Ferreira, que sempre me apoiaram durante minha caminhada e em minhas escolhas, pessoas que sempre me ensinam a todo momento o real sentido da palavra amor de uma família.

Aos meus tios (as) e primos (as) da família Cruz, por serem tão presentes e por ajudarem na minha formação desde criança, cada um de vocês tem participação na minha jornada, além de tios e tias vocês tiveram papéis de pai e mãe em minha vida.

Aos meus filhos do coração, Daniel (afilhado) e Davi, vocês dois me ensinaram o amor que uma mãe tem por um filho, amor incondicional. Fizeram parte do meu crescimento como ser humano com muito amor. Olhando vocês, vejo amor que transborda, amor que aquece o coração. Obrigada Danielle e Danilo pelas jóias que puseram em minha vida.

Ao meu namorado, Fábio Estevão, que me apoiou desde o início da caminhada ao Mestrado, sempre me ajudou a aprimorar os trabalhos científicos com sua inteligência

incomparável. Obrigada por viver meus sonhos; agradeço sua paciência, carinho, cuidado e amor, você é especial em minha vida, eu te amo.

A minha orientadora, Prof^a. Dra. Cibele Silva Minafra pela oportunidade de conhece-la e inspirar-me na docência, seu acolhimento e atenção foram singulares, percebeu em mim algo que desconhecia e incentivou-me a buscar ser melhor a cada dia. Que Deu abençoe sua linda família, que Ele lhe conceda saúde e muitos anos na ciência, para que possa direcionar outras pessoas com seu carinho, atenção e cuidado.

Aos meus co-orientadores Prof^a. Dr^a. Fabiana Ramos dos Santos e Prof^o. Dr^o. Adriano Carvalho Costa que muito me ensinaram durante minha trajetória em busca ao título de Mestra, a paciência e a dedicação para com os alunos são indiscutíveis.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Thiago Costa, Samantha Alexandrino e Lucas Ferreira por me ensinarem tanto.

As amigas do Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal, Stéfane Sampaio, Kelly Borges e Giovanna Sales pelo companheirismo e amizade; vocês, minhas amigas, foram fundamentais em minha vida durante o período de realização do Mestrado, me deram força e reafirmaram em mim o verdadeiro significado da amizade. Levarei de vocês lembranças únicas, que sempre farei questão de lembrar e passar a diante, são pessoas de um coração imenso e bondoso, merecem um lugar especial no coração de cada um que tem o privilégio que as conhecer.

A CAPES pela bolsa concedida.

*“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.
Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”.*

Madre Teresa de Calcuta

BIOGRAFIA DA AUTORA

Lídia Caroline Ferreira Cruz, filha de Bárbara Aparecida da Cruz Ferreira e Domingos de Sousa Ferreira, nasceu no dia 06 de março de 1997 em Brasília/DF. Com os pais professores, sempre gostou de estudar e dedicar-se a aprender além do que era lhe passado em sala de aula. Desde os quatro anos de idade começou seus estudos e com a ajuda do “papai e mamãe”, como os chamam carinhosamente até hoje, aprendeu a ler antes de assistir a primeira aula da sua vida. Na cidade de Flores de Goiás foi criada e recebeu educação do seu lar e das escolas até o ano de 2012. No ano seguinte mudou-se para Goiânia e finalizou os estudos no Colégio Estadual Cora Coralina na cidade de Goiânia/GO aos 16 anos de idade. Em 2014 ingressou no Centro Universitário de Desenvolvimento do Centro Oeste (UNIDESC), onde cursou o primeiro semestre do curso de Medicina Veterinária. No segundo semestre de 2014 transferiu para o Centro Universitário do Planalto Central Aparecido dos Santos (UNICEPLAC), onde finalizou o curso no segundo semestre de 2018. Dedicou-se a clínica médica, cirurgia e reprodução de grandes animais durante os cinco anos da graduação, áreas estas que estimulavam seus estudos. Em 2019, trabalhou como Médica Veterinária extensionista da Prefeitura Municipal de Flores de Goiás. Além dos atendimentos a campo pelo órgão público, atendia clínica médica de pequenos animais a domicílio, onde firmou a certeza do porque da escolha do curso apaixonante que é a Medicina Veterinária. No fim do ano de 2019 participou do processo seletivo do Mestrado em Zootecnia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano-Campus Rio Verde/GO, no qual conseguiu êxito em sua aprovação. Em 2020, mudou-se para cidade de Rio Verde para dedicar-se novamente aos estudos, na semana que daria início as aulas do Mestrado o país se via em restrição por conta de uma pandemia que chegara de forma tão repentina e devastadora. Foi um ano de muitos desafios pela situação em saúde que vivera no momento, bem como pelo mundo que adentrara nos estudos, passou a dedicar-se a avicultura, área que até então desconhecia. Sua dedicação e incentivo das pessoas que sempre fizeram parte do seu dia a dia e do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia fizeram-na apaixonar-se pela linha de pesquisa. No mês de julho do mesmo recebeu o convite para assumir a Secretaria Municipal de Desenvolvimento Rural (Agricultura) de Flores de Goiás. Atuou como Secretária Municipal até o fim do mandato do governo de 2020. Em 2021 retornou a Rio Verde para finalizar o Mestrado e submeteu sua dissertação intitulada: “Identificação da microbiota intestinal de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo canela (*Cinnamomum verum*) em pó e orégano (*Origanum vulgare*) desidratado”.

ÍNDICE GERAL

	Pág.
Resumo.....	15
Abstract.....	16
CAPÍTULO I - CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	17
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	17
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1. Estrutura e função do trato gastrointestinal.....	18
2.2. Aditivos Fitogênicos.....	22
2.2.1. Canela (<i>Cinnamomum verum</i>)	23
2.2.2. Orégano (<i>Origanum vulgare</i>)	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
CAPÍTULO II - IDENTIFICAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO CANELA (<i>CINNAMOMUM VERUM</i>) EM PÓ E ORÉGANO (<i>ORIGANUM VULGARE</i>) DESIDRATADO de acordo com as normas dos Anais da Academia Brasileira de Ciências.....	32
RESUMO.....	32
ABSTRACT.....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
Design experimental.....	34
Codornas Japoneas.....	34
Dieta.....	35
Análise da população microbiana.....	37
Análise estatística.....	38
RESULTADOS.....	38
Identificação dos Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) da canela em pó.....	39
Identificação dos Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) do orégano desidratado.....	40
Identificação da microbiota do intestino delgado de codornas japonesas.....	41
DISCUSSÃO.....	49
CONCLUSÃO.....	56
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

ÍNDICE DE TABELAS

	Pág.
CAPÍTULO I	
Tabela 1 Função do trato gastrointestinal.....	21
CAPÍTULO II	
Tabela I Composição centesimal e níveis nutricionais calculados nas dietas a base de milho e farelo de soja com a inclusão de 0,5% e 1% de canela em pó e 0,5% e 1% de orégano desidratado.....	35
Tabela II Composição bromatológica da canela em pó e do orégano desidratado (%)	36
Tabela III Identificação dos picos cromatográficos e o teor percentual correspondente a cada Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) extraído da canela em pó.....	39
Tabela IV Identificação dos picos cromatográficos e o teor percentual correspondente a cada Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) extraído do orégano desidratado.....	40
Tabela V Perfil das ordens bacterianas do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com ração contendo diferentes concentrações de canela em pó e orégano desidratado.....	42

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
CAPÍTULO I	
Figura 1	Trato gastrointestinal da ave..... 18
Figura 2	Fotomicrografia de microscópio eletrônico de varredura. A: superfície luminal da moela. B: corte transversal do proventrículo (glândula proventricular com cavidade central) 19
Figura 3	Ilustração esquemática transversal do trato digestivo. A: esôfago (sem glândula submucosa). B: esôfago (com glândula submucosa). C: intestino delgado (com e sem glândulas submucosa e com nódulos linfáticos agregados). D: intestino grosso. E: túnica mucosa (epitélio). F: lâmina própria. G: lâmina muscular. H: submucosa. I: túnica muscular (camada circular). J: camada longitudinal. K: túnica serosa. L: túnica adventícia..... 20
Figura 4	Canela (<i>Cinnamomum verum</i>) e estrutura química dos principais princípios ativos..... 23
Figura 5	Orégano (<i>Origanum vulgare</i>) e estrutura química dos principais princípios ativos..... 25
CAPÍTULO II	
Figura 1	Perfil filogenético no conteúdo intestinal de codornas japonesas alimentadas com ração contendo diferentes concentrações de canela em pó e orégano desidratado..... 42
Figura 2	Microbiota de codornas japonesas a nível de classe, representada pelo gráfico de Análise de Componentes Principais (APC)..... 43
Figura 3	Perfil das famílias bacterianas do conteúdo intestinal de codornas japonesas alimentadas com ração contendo diferentes concentrações de canela em pó e orégano desidratado..... 45
Figura 4	Microbiota de codornas japonesas a nível de gênero, representada pelo gráfico de Análise de Componentes Principais (ACP)..... 46
Figura 5	Perfil das espécies bacterianas da microbiota de codornas japonesas, representada pelo gráfico de Análise de Componentes Principais (ACP)..... 47
Figura 6	Perfil da microbiota do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com ração contendo canela em pó e orégano desidratado, representado pelo gráfico heatmap..... 48

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

Símbolo / Sigla	Significado	Unidade
AA	Aminoácidos	
ACP	Análises de Componentes Principais	
ADP	Adenosina Difosfato	
AG	Ácidos graxos	
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta	
AGV	Ácidos graxos voláteis	
Akt	Proteína quinase B	
ATP	Adenosina Trifosfato	
α	Alfa	
β	Beta	
CEUA	Comitê de Ética na Utilização de Animais	
cm	centímetros	cm
cm ²	centímetros quadrados	cm ²
°C	Graus celsius	
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado	
DNA	Ácido desoxirribonucleico	
FDA	Food and Drug Administration	
g	gramas	g
GC-MS	Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de Massas	
G+C	Guanina + Citosina	
g/t	gramas por tonelada	g/t
HCl	Ácido clorídrico	
HDL	High Density Lipoproteins	
IgA	Imunoglobulina A	
IL1	Interleucina 1	
IL6	Interleucina 6	
kg	quilograma	kg
LDL	Low Density Lipoproteins	
LPS	Lipopolissacarídeos	
MAPK	Proteína Quinase Ativada por Mitogênio	
μ g	microgramas	μ g
mg	miligramas	mg
ml	mililitro	ml
mRNA	Ácido Ribonucleico mensageiro	
nm	Nanômetro	nm
NF-kB	Fator Nuclear kappa	
Nrf2	Fator Nuclear 2 relacionado ao Eritroide 2	
O ₂	Oxigênio	
PCA	Principal Component Analysis	

pH	Potencial Hidrogeniônico
PI3K	Fosfatidilinositol 3-quinase
p53	Proteína de tumor
RNA	Ácido Ribonucleico
rRNA	Ácido Ribonucleico ribossômico
TGI	Trato gastrointestinal
TNF	Fator de Necrose Tumoral
VLDL	Very low-density lipoprotein
VOC	Compostos Orgânicos Voláteis
γ	Gama
%	porcentagem

RESUMO

CRUZ, Lídia Caroline Ferreira. Identificação da microbiota intestinal de codornas japonesas alimentadas com dietas contendo canela (*Cinnamomum verum*) em pó e orégano (*Origanum vulgare*) desidratado. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, Goiás, Brasil, 2022. 61p.

As plantas medicinais possuem ações antimicrobianas contra agentes patogênicos, propriedades anti-inflamatórias, antivirais e antioxidantes que auxiliam na saúde intestinal das aves de produção. O orégano (*Origanum vulgare*) contém o timol e o carvacrol, princípios ativos que podem melhorar a imunidade humoral e potencializar a proteção da mucosa intestinal. A canela (*Cinnamomum verum*) possui o cinamaldeído como o principal composto químico, que mostra efeitos inibitórios contra agentes patogênicos intestinais. Objetivou-se avaliar os efeitos do uso da canela em pó e do orégano desidratado nas rações sobre o microbioma intestinal de codornas japonesas. Foram utilizadas 210 codornas fêmeas da espécie *Coturnix coturnix japonica* em um delineamento experimental inteiramente casualizado, formado por seis tratamentos, cinco repetições, com sete aves por repetição. As dietas foram divididas em: dieta basal (sem aditivo); dieta+0,25g de bacitracina de zinco/t de ração; ração+0,5% de canela em pó; ração+1% de canela em pó; ração+0,5% de orégano desidratado e 1% de orégano desidratado. O período experimental durou 84 dias (três ciclos de 28 dias cada). Os três compostos com maior porcentagem na canela em pó avaliada foram: cinamaldeído, α -copaeno e benzaldeído; no orégano desidratado foram: 4-Thujanol, β -cimeno e γ -terpineno. Na análise da microbiota foram identificados seis filos: *Firmicutes* (maior abundância), *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Tenericutes* e *Fusobacteria*. Dentre os microrganismos identificados, a espécie *Lactobacillus salivarius* foi maior identificada, principalmente com a presença do orégano desidratado (0,5%), promovendo a saúde e mantendo a integridade do epitélio intestinal, além de auxiliar na digestão e no sistema imunológico das aves. A canela em pó com o nível de 0,5% inibiu patógenos como a *Escherichia coli* e *Campylobacter jejuni*. A caracterização da microbiota intestinal de codornas japonesas saudáveis submetidas a dietas contendo aditivos fitogênicos pode ajudar a compreender as alterações da microbiota relacionadas aos estados fisiológicos e patológicos do trato digestivo inferior.

Palavras-chave: Aditivos fitogênicos. Carvacrol. Cinamaldeído. Comunidade bacteriana. Coturnicultura.

ABSTRACT

CRUZ, Lídia Caroline Ferreira. Identification of the intestinal microbiota of Japanese quails fed diets containing cinnamon (*Cinnamomum verum*) powder and dehydrated oregano (*Origanum vulgare*). Dissertation (Masters in Animal Science), Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde, Goiás, Brazil, 2022. 61p.

Medicinal plants have antimicrobial actions against pathogens, anti-inflammatory, antiviral and antioxidant properties that help in the intestinal health of poultry. Oregano (*Origanum vulgare*) contains thymol and carvacrol, active principles that can improve humoral immunity and enhance the protection of the intestinal mucosa. Cinnamon (*Cinnamomum verum*) has cinnamaldehyde as the main chemical compound, which shows inhibitory effects against intestinal pathogens. The objective was to evaluate the effects of using cinnamon powder and dried oregano in diets on the intestinal microbiome of Japanese quails. A total of 210 female quails of the species *Coturnix coturnix japonica* were used in a completely randomized design, consisting of six treatments, five replications, with seven birds per replication. The diets were divided into: basal diet (no additive); diet+0.25g zinc bacitracin/t of feed; ration+0.5% cinnamon powder; ration+1% cinnamon powder; ration + 0.5% dehydrated oregano and 1% dehydrated oregano. The experimental period lasted 84 days (three cycles of 28 days each). The three compounds with the highest percentage in cinnamon powder evaluated were: cinnamaldehyde, α -copaene and benzaldehyde; in dehydrated oregano were: 4-Thujanol, β -cymene and γ -terpinene. In the microbiota analysis, six phyla were identified: *Firmicutes* (higher abundance), *Bacteroidetes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Tenericutes* and *Fusobacteria*. Among the microorganisms identified, the *Lactobacillus salivarius* species was the most identified, mainly with the presence of dehydrated oregano (0.5%), promoting health and maintaining the integrity of the intestinal epithelium, in addition to aiding in the digestion and immune system of birds. Cinnamon powder at the level of 0.5% inhibited pathogens such as *Escherichia coli* and *Campylobacter jejuni*. The characterization of the intestinal microbiota of healthy Japanese quail fed diets containing phytochemical additives may help to understand the microbiota changes related to the physiological and pathological states of the lower digestive tract.

Keywords: Phytochemical additives. Carvacrol. Cinnamaldehyde. Bacterial community. coturniculture.

CAPÍTULO I – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. INTRODUÇÃO GERAL

A codorna japonesa (*Coturnix coturnix japonica*) é uma ave pequena, rústica e com curto intervalo de produção, considerada uma opção interessante para fazer frente à crescente demanda de proteína animal (Cullere et al., 2018). Nos últimos anos, houve um maior interesse em estudos cinéticos sobre a coturnicultura, devido a importância econômica, por sua alta taxa de postura, ovos de qualidade elevada, maturidade sexual precoce e rápido crescimento (Silva et al., 2018).

Na nutrição animal, os antibióticos equilibradores de microbiota vêm sendo utilizados por uso prolongado, questionamentos sobre tal uso desencadeou várias pesquisas com possíveis alternativas. Todavia, a utilização de aditivos equilibradores de microbiota alternativos como os aditivos fitogênicos tornam-se indispensáveis, por serem naturais, não causarem resistência bacteriana e promoverem mútuos benefícios à saúde animal (Ribeiro et al., 2021).

A canela (*Cinnamomum verum*) possui atividade antibacteriana (ação do cinamaldeído), antioxidante (ação do pineno) e antifúngica, sua casca procianidinas e catequinas também possuem atividades antioxidantes (Bastos et al., 2017). O timol presente no orégano (*Origanum vulgare*) apresenta bioatividades intrínsecas, como: antioxidante, antifúngica e antibiótica. Essas ações impactam de forma benéfica no metabolismo, desempenho produtivo, saúde e bem-estar na produção de codornas (Fernandez et al., 2017).

Ao longo da vida, o trato digestivo da ave passa por processos de maturação e estabilização do microbioma intestinal, porém, esse microbioma é facilmente modificado devido à dieta fornecida ao animal. O microbioma fornece um ambiente propício para a multiplicação de diversos microrganismos, além de auxiliar na digestão ou fermentação dos alimentos. Esses atuam sinergicamente com o sistema imunológico a fim de limitar a multiplicação de bactérias patogênicas (Guamán et al., 2017); (Alexandrino et al., 2020). A microbiota também está envolvida com a manutenção da motilidade intestinal e na absorção dos nutrientes provindos da dieta animal (Kogut, 2018); (Feitosa et al., 2020).

A comunidade microbiana exerce papel fundamental na manutenção da saúde intestinal devido sua influência na modulação do sistema imune, digestão de nutrientes e regulação da função intestinal (Khan et al., 2020). Os aditivos naturais influenciam a

multiplicação de microrganismos harmônicos na luz intestinal, além de promover a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e contribuir para saúde intestinal. As principais causas de disbiose em aves são as lesões intestinais, aumento da profundidade das criptas e redução da altura dos vilos, por consequência, diminuição na absorção de nutrientes e o favorecimento da colonização de patógenos. A microbiota benéfica hidrolisa polissacarídeos produzindo AGCC, sendo estes absorvidos e contribuintes no metabolismo, fornecendo energia para as aves (Christofoli et al., 2020).

Objetivou-se revisar os dados científicos disponíveis na literatura sobre a estrutura e as funções do trato gastrointestinal e os benefícios nutricionais dos aditivos fitogênicos, com destaque ao orégano e a canela.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Estrutura e função do trato gastrointestinal

O trato gastrointestinal das aves constitui-se pela orofaringe, esôfago, papo, proventrículo, moela, intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo), intestino grosso (cecos) e cloaca, tais estruturas anatômicas podem ser observadas na Figura 1. Os seguintes órgãos têm participação fundamental na digestão dos alimentos: o fígado, as glândulas salivares e o pâncreas. O trato gastrointestinal, como um todo, transfere para corrente sanguínea os nutrientes advindos da sua dieta e durante todo o processo digestivo as partículas grandes são degradadas em partículas menores (Rutz et al., 2015).

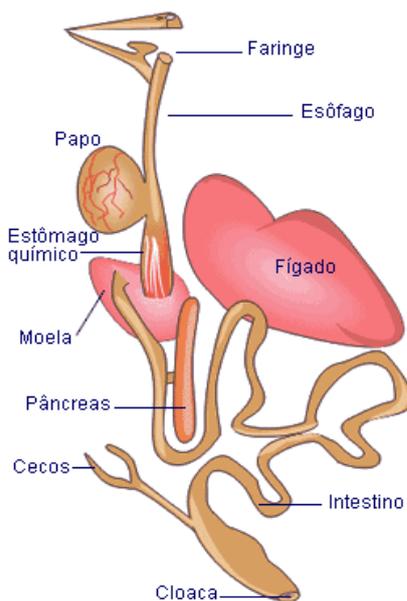


Figura 1. Trato gastrointestinal da ave.
Fonte: Adaptação de Clavijo e Flórez (2018).

Na boca, o tecido epitelial da mucosa do palato é composto por um epitélio escamoso estratificado e possui diversas papilas, que são compostas por queratina. As papilas também se encontram presentes na língua e auxiliam na deglutição dos alimentos. A língua da codorna japonesa possui cerca de 1 (um) centímetro de comprimento e morfologia triangular, sendo sustentada pelo osso entoglosso. A mucosa oral é composta de tecido conjuntivo, fibras de colágeno com inúmeras glândulas salivares (glândulas de Von Ebner) sustentadas pela cartilagem e pelo osso entoglosso (Wilkinson et al., 2018).

A ave possui glândulas produtoras de saliva localizadas na porção superior da boca, como as glândulas salivares, mandibulares e linguais. A saliva possui aspecto mucóide e é produzida por estímulos do sistema parassimpático. A anatomia da língua auxilia no impulso do alimento para o esôfago (7,5 cm de comprimento), que é dividido em duas porções: cervical e torácica; sua mucosa é composta por três camadas (epitélio escamoso estratificado, lâmina própria e lâmina muscular), figura 2. A lâmina própria consiste em grande parte de um tecido de fibras de colágeno com fibras elásticas. Na porção cervical do esôfago localiza-se o papo, possui glândulas produtoras de muco que auxiliam no umedecimento do alimento e acontece a fermentação por meio das bactérias produtoras de ácido láctico (Dyce et al., 2010); (Eurell e Frappier 2012).

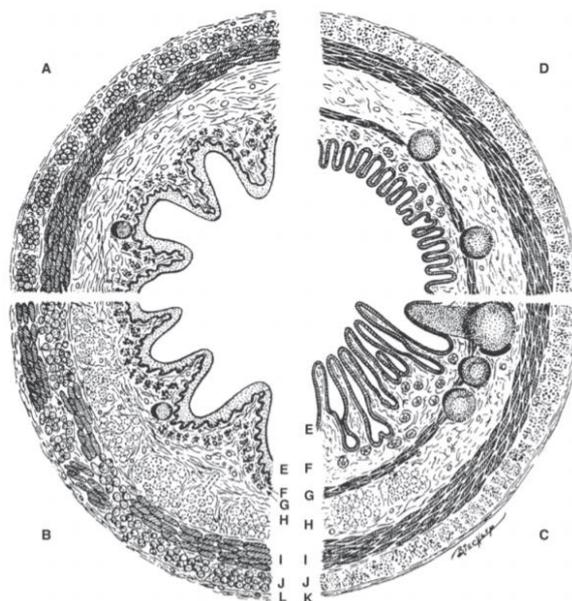


Figura 2. Ilustração esquemática transversal do trato digestivo. A: esôfago (sem glândula submucosa). B: esôfago (com glândula submucosa). C: intestino delgado (com e sem glândulas submucosa e com nódulos linfáticos agregados). D: intestino grosso. E: túnica mucosa (epitélio). F: lâmina própria. G: lâmina muscular. H: submucosa. I: túnica

muscular (camada circular). J: camada longitudinal. K: túnica serosa. L: túnica adventícia.

Fonte: Eurell e Frappier (2012).

O estômago das aves é composto por dois compartimentos, o proventrículo (glandular) com ação química e a moela (muscular) com ação mecânica, figura 3. O esôfago possui a túnica adventícia ao invés da serosa. O proventrículo apresenta uma parede delgada, as papilas do seu lúmen contêm células oxintopépticas que secretam ácido clorídrico (HCl), pepsina e muco. O HCl tem ação sobre o pepsinogênio, transformando-o em pepsina. O proventrículo produz um peptídeo liberador de gastrina, hormônio que estimula a produção de HCl e pepsina, contração do papo e secreção de enzimas pancreáticas. Todo o alimento, juntamente com as enzimas, direciona-se à moela, onde ocorre toda a ação enzimática. As funções do trato intestinal foram descritas na Tabela 1 (Moran, 2018); (Alexandrino et al., 2020).

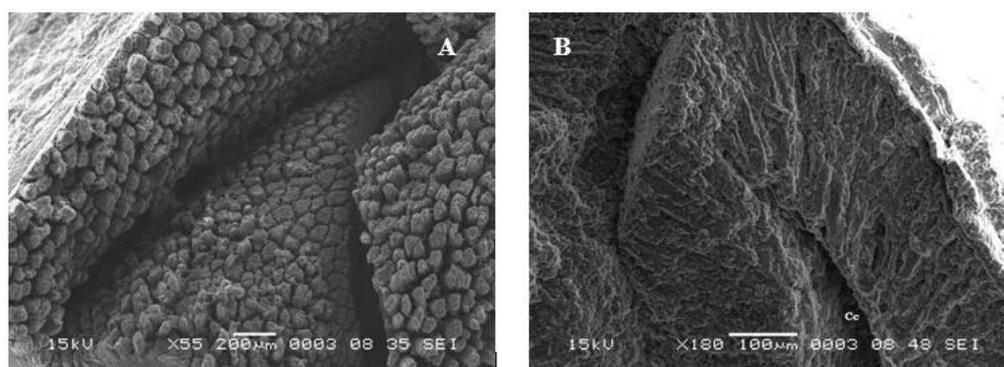


Figura 3. Fotomicrografia de microscópio eletrônico de varredura. A: superfície luminal da moela. B: corte transversal do proventrículo (glândula proventricular com cavidade central).

Fonte: Wilkinson et al. (2018)

A moela tritura todo o alimento por meio de ação mecânica com o auxílio de dois pares de músculos que circundam o órgão. O mesmo possui uma membrana interna secretada pelas glândulas da mucosa (membrana colínea). A membrana colínea tem a função de proteção contra a ação do HCl, pepsina e contra a fricção gerada pelo processo de trituração do alimento e sempre que há um desgaste da membrana colínea ela é renovada. O piloro da ave possui glândulas da mucosa que secretam muco que auxiliam na lubrificação para a passagem do alimento para o duodeno, porção do intestino delgado (Arent, 2010).

Tabela 1. Função do trato gastrointestinal.

Órgão	pH	Função e Ação
Papo	4,0	Produção de muco, ação fermentativa por bactérias produtoras de ácido lático e primeira barreira imunológica do trato gastrointestinal
Proventrículo	3,5	Secreção de ácido clorídrico, pepsina e muco.
Moela	3,5	Ação enzimática.
Intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo)	6,0 a 7,0	· Ocorre secreções hepáticas da bile e do pâncreas. · Digestão de carboidratos, absorção de gordura, proteínas e amido.
Ceco	7,0	Ação fermentativa das bactérias cecais e produção de ácidos graxos voláteis.

Fonte: Adaptado de Dyce et al. (2010); Alexandrino et al. (2020).

O intestino delgado das codornas mede aproximadamente 50 a 52 cm de comprimento e é constituído pelos tecidos submucosa, muscular e serosa. Possui três porções: duodeno, jejuno e íleo; que têm papel crucial na digestão e absorção de nutrientes. O duodeno possui ductos que se fundem em sua porção distal e transportam secreções hepáticas da bile, ducto hepato-entérico comum e o ducto entérico cístico. A bile emulsifica a gordura facilitando a ação das enzimas lipídicas (lipases) na digestão, a enzima amilase apresenta um papel importante na digestão de carboidratos. A absorção de gordura, proteínas e amido acontece no jejuno (Bavaresco et al., 2020); (Zaefarian et al., 2019).

O pâncreas auxilia na sintetização e secreção de substâncias exócrinas, como a amilase, as proteases, a tripsina e as lipases, secretadas pelo ducto pancreático, localizado na porção distal da alça ascendente do duodeno (Rutz et al., 2015). As células intestinais do duodeno são responsáveis pela digestão e absorção dos nutrientes, as células calciformes são responsáveis pela produção de muco e as enteroendócrinas produzem hormônios (Sousa et al., 2015). Durante a passagem do bolo alimentar pelo intestino delgado há a absorção de carboidratos, vitaminas e aminoácidos (AA), contudo, não somente fornece um ambiente propício para o crescimento de microrganismos, como faz a regulação do desenvolvimento e maturação do sistema imunológico (Kogut, 2018).

O ceco são duas bolsas cegas localizadas caudalmente ao íleo, possuindo linfonodos em todo o revestimento de sua mucosa, e uma porção do trato gastrointestinal que contém tecidos linfáticos, principalmente na porção basal, formando as tonsilas cecais. As tonsilas cecais regulam a proliferação da microbiota do ceco e impede a proliferação de microrganismos patogênicos. No ceco ocorre absorção de água, digestão

e absorção de colesterol, degradação microbiana de compostos nitrogenados e de alguns carboidratos e a síntese microbiana de vitaminas. Os ácidos acético, butírico e propiônico produzidos nessa porção do sistema digestório auxiliam na digestão dos alimentos (Wilkinson et al., 2018); (AbuAli et al., 2019); (Kogut, 2018).

No ceco, o ácido úrico e os carboidratos são fermentados pela microbiota que produz ácidos graxos voláteis (AGV), que quando transferidos para corrente sanguínea se transformam em uma fonte de energia para a ave. O bolo alimentar vai para o ceco por meio das junções ileocecais, em seguida o ceco o impulsiona para cloaca, parte anatômica para os sistemas digestivo, urinário e reprodutivo (Svihus et al., 2013).

Segundo Pan e Yu (2013) a microbiota intestinal das aves precisa de adaptações funcionais devido a taxa da passagem do alimento ser relativamente baixa quando comparado a mamíferos e por possuírem um segmento intestinal menor. Dentre todo o trato gastrointestinal, o ceco é o que possui a menor taxa de passagem alimentar, o que favorece algumas bactérias a usufruírem de nutrientes, porém, Alexandrino et al. (2020) relataram que o bolo alimentar permanece por mais tempo no ceco. Tal fato contribui para a fermentação das bactérias, conseqüentemente há produção de AGCC, fornecimento de energia para os enterócitos, além de produzirem vitaminas e fazer a absorção de hexoses e alguns AA.

2.2. Aditivos fitogênicos

Os aditivos naturais podem ser classificados em ervas (produto da floração), plantas (partes inteiras, raiz, folhas, cascas), óleos essenciais (extratos hidrodestilado de compostos voláteis de plantas) e óleo-resinas (extratos baseados em solventes não aquosos ou extração direta). Os compostos fitoquímicos dos aditivos fitogênicos possuem um potencial ação antioxidante e controle da inflamação no trato intestinal, além da citoproteção do epitélio intestinal (Griela et al., 2021). A ação antimicrobiana dos compostos das plantas pode ser influenciada ao seu caráter lipofílico, fazendo com que penetrem na célula bacteriana e assim desintegrando sua membrana celular. Tais compostos possuem a capacidade de estimular a secreção de muco intestinal, impedindo a aderência de patógenos intestinais (Pasquali e Pimenta, 2014); (Batiha et al., 2020).

Os aditivos fitogênicos estimulam a secreção de enzimas digestivas, aumentam a motilidade intestinal, possuem atividades antiviral, anti-helmínticas e coccidiostáticas, além de estimular o sistema imunológico e possuir atividade anti-inflamatória e anti-

oxidativa (Gheisar e Kim 2018). Além disso, os aditivos podem estimular a produção de enzimas digestivas, como lipase, amilase ou carboidrases, tendo assim um efeito benéfico na utilização de nutrientes. Contudo, aumentam o número de células calciformes nas vilosidades (Jamroz et al., 2006).

2.2.1. Canela (*Cinnamomum verum*)

A canela (*Cinnamomum verum*) é uma planta arbórea de origem asiática, pertencente à família *Lauraceae* (Figura 4), possui vitaminas e minerais antioxidantes em sua composição química (Barceloux, 2009). A canela em pó tem alto potencial contra a coccidiose em frangos de corte por diminuir a produção de oócitos da *Eimeria tenella* e, reduzir a carga de coccidiose do intestino (Qaid et al., 2021); (Qaid et al., 2022).

Os principais compostos químicos isolados e identificados na casca da canela são os aldeídos (cinamaldeído) (Figura 4), alcoóis (álcool cinamílico), fenóis (pirogalol), ácido (hidroxibenzoico) e flavonoides (dímero de procianidina tipo A). Alguns outros compostos são identificados na canela, como os ácidos (cinâminco, felúrico, cafeico, gálico, protocatecuico e oleico), fenóis (eugenol) (Figura 4) e monoterpenos (*p*-cimeno, limoneno, α -terpineno, α -pineno e β -pineno). Os compostos fenólicos são responsáveis pela maioria das propriedades antimicrobianas, antioxidantes e antifúngicas (Nabavi et al., 2015).

O cinamaldeído, suprime a produção de lipopolissacarídeo do fator de necrose tumoral (TNF), intercelucina 6 (IL6) e interleucina 1 (IL1). Pode apresentar efeitos supressores na produção de inúmeros tipos de citocinas pró-inflamatórias, o que explica a diminuição da gravidade de coccidiose com a inclusão do composto na dieta das aves. Além de modular a resposta imune inata das células do tecido da tonsila cecal (Chao et al., 2008).

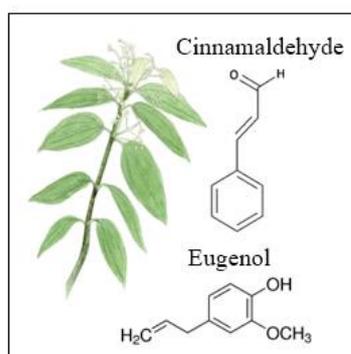


Figura 4. Canela (*Cinnamomum verum*) e estrutura química dos principais princípios ativos.

Fonte: (Chao et al., 2008); (Grandi, 2014).

O mecanismo de ação da resposta anti-inflamatória do cinamaldeído no organismo sob a inflamação é devido a inibição significativa da expressão de factor nuclear kappa B (NF-kB) e regulação positiva do p53 (proteína de tumor), que são marcadores pró-inflamatórios. As principais vias de ação farmacológica da canela são o fator nuclear 2-relacionado ao eritroide2 (Nrf2), fosfatidilinositol 3-quinase (PI3K) ou proteína quinase B (Akt) e proteína quinase ativada por mitogênio (MAPK). Essas vias de sinalização estão envolvidas em mais de um efeito farmacológico e, devido ao envolvimento dessas vias de sinalização em mais de um distúrbio, a canela pode interferir e assim prevenir a ocorrência de outros distúrbios. Sendo o cinamaldeído o principal fitoconstituente responsável por quase todas as atividades farmacológicas exercidas pelo *Cinnamomum verum* (Singh et al., 2021).

Ranasinghe et al. (2013) e Ranasinghe et al. (2017) descreveram que os extratos da canela possuem efeitos inibitórios a *Listeria monocytogenes* e *Escherichia coli*, de forma que estimula o metabolismo da glicose e a síntese de glicogênio. A *Cinnamomum verum* estimula a liberação e potencializa a insulina, diminui a LDL e aumenta a HDL, além de eliminar os radicais livres e reduzir a secreção HCl quando usado em tratamento contra gastrite.

A canela é considerada termogênica, ou seja, possui efeito térmico fazendo com que a temperatura do organismo aumente e, por consequência acelere o metabolismo eliminando a gordura. Os compostos fitoquímicos estimulam a secreção de enzimas digestivas e de mucina no trato intestinal, em ambientes sob estresse por calor aumentam a produção de ovos codornas japonesas e mantem a integridade intestinal, adicionalmente, melhora a eficiência alimentar e a energia metabolizável da dieta e aumenta o peso do ovário em poedeiras (Cruz et al., 2021).

2.2.2. Orégano (*Origanum vulgare*)

O orégano (Figura 5) pertence à família *Lamiaceae*, é uma planta medicinal aromática e nativa da Europa, que possui fontes de vitamina C. Na composição química do orégano contém o carvacrol, timol, *p*-cimeno e γ -terpineno (Figura 5) que são terpenoides e demonstraram ter efeitos antifúngicos, antiparasitárias, antioxidantes e antimicrobianas. Os compostos antioxidantes são importantes devido sua capacidade de proteger as células contra o dano oxidativo, tal ação é realizada devido a presença de grupo hidroxila nos compostos fenólicos, que por sua vez inibem a peroxidase lipídica,

protegendo o DNA (Arcila-Lozano et al., 2004); (Agliassa e Maffei 2018); (Castronovo et al., 2020); (Sharifi-Rad et al., 2020).

O *Origanum vulgare* possui ácidos fenólicos (ácidos gentísico, clorogênico, *p*-cumarínico e rosmarínico) e flavonóides (hiperosídeo, isoquercitrina, rutina, quercitrina, quercetina e luteolina). Fonte rica de compostos fenólicos e possui potencial antioxidante devido ao teor polifenólico, ~~podendo~~ explicar sua atividade hepatoprotetora por meio da redução dos níveis de transaminase plasmática. Sua ação antioxidante também a qualifica como alimento funcional potencial com efeitos benéficos para a manutenção e promoção da saúde, bem como a redução dos riscos de processos patológicos. Além de possuir atividade antimicrobiana contra *Salmonella enteritidis* e *Escherichia coli* (Oniga et al., 2018). Apesar da sua riqueza medicinal, a seca severa em seu cultivo pode diminuir a qualidade de seus compostos (Emrahi et al., 2021).

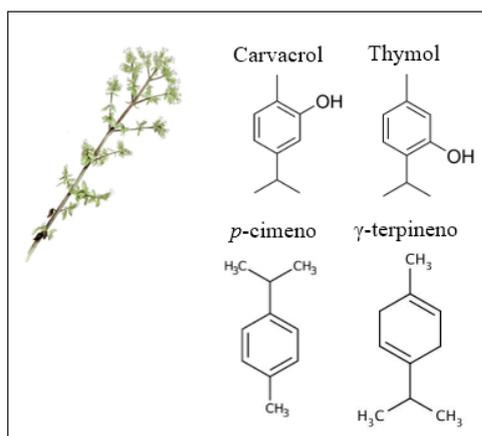


Figura 5. Orégano (*Origanum vulgare*) e estrutura química dos principais princípios ativos.

Fonte: (Arcila-Lozano et al., 2004); (Grandi, 2014).

O timol aumenta os ácidos graxos poli-insaturados e reduz os ácidos graxos saturados em sua totalidade, os ácidos graxos poliinsaturados pode melhorar o desenvolvimento embrionário (Fernandez et al., 2017); (Fernandez et al., 2019). O orégano contém frações fenólicas, como 3,4-dihidroxifenil, 4-(β-D-glucopiranosiloxi) álcool benzílico (gastrodina) e 3-(3,4-di-hidroxifenil) ácido lático (danshensu). Seus compostos como o ácido cafeoilquínico, flavanos e flavona c-glicosídeos possuem atividade antiviral potente (Zhang et al., 2014).

O timol e o carvacrol reduz significativamente as lesões intestinais e a mortalidade quando há infecção por *Clostridium perfringens*, regulando respostas inflamatórias da ave frente ao desafio por enterite necrótica e melhorando a função da barreira intestinal

(Yin et al., 2017). A ação antibacteriana dos princípios ativos consiste na degradação da parede celular, dano à membrana citoplasmática, danos às proteínas da membrana, vazamento do conteúdo celular, coagulação do citoplasma e depleção da força motriz do próton (Jin et al., 2022).

Os compostos dos aditivos fitogênicos podem estimular a produção de muco intestinal, o que pode contribuir ainda mais para o alívio da pressão do patógeno por meio da inibição da aderência à mucosa (Gheisar e Kim 2018). A suplementação com extrato aquoso de orégano pode melhorar a produção de glicoconjugados, capazes de potencializar a proteção da mucosa intestinal, influenciar uma ação maior de antioxidante e assim, reduzir o uso de antibióticos prevenindo resistência bacteriana. O timol e o carvacrol são os compostos mais ativos com função antimicrobiana, esses compostos podem aumentar a atividade das enzimas digestivas e a capacidade de absorção (Mercati et al., 2020).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AbuAli, AM; Mokhtar, DM; Ali, RA; Wassif, ET e Abdalla, KEH 2019. Morphological Characteristics of the Developing Cecum of Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*). Microscopy and Microanalysis 25: 1017-1031. <https://doi.org/10.1017/S1431927619000655>

Agliassa, C e Maffei, ME 2018. *Origanum vulgare* Terpenoids Induce Oxidative Stress and Reduce the Feeding Activity of *Spodoptera littoralis*. International Journal Molecular Science 19(9): 2805. <https://doi.org/10.3390/ijms19092805>

Alexandrino, SLSA; Costa, TF; Silva, NGD; Abreu, JM; Silva, NF; Sampaio, SA; Christofoli, M; Cruz, LCF; Moura, GF; Faria, PP e Minafra, CS 2020. Microbiota intestinal e os fatores que influenciam na avicultura. Research, Society and Development 9: e87963098. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3098>

Arcila-Lozano, CC; Loarca-Piña, G; Lecona-Uribe, S e Mejía, EG 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54(1): 100-111. Disponível em: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000100015&lng=es&tlng=es>. Acesso em: 22 mai 2021

Arent, L.R 2010. Anatomia e Fisiologia das Aves. p. 414-454. In: Anatomia e Fisiologia Clínica para Medicina Veterinária. 2ed. Ed. Colville, T e Bassert, JM, ed. Elsevier Saunders, Rio de Janeiro.

Barceloux, DG 2009. Cinnamon (*Cinnamomum* Species). Disease-a-Month 55: 327-335. <https://doi.org/10.1016/j.disamonth.2009.03.003>.

Bastos, MS; Vesco, APD; Santana, TP; Santos, TS; Oliveira Junior, GM; Fernandes, RPM; Barbosa, LT e Gasparino, E 2017. The role of cinnamon as a modulator of the expression of genes related to antioxidant activity and lipid metabolism of laying quails. PLoS One 21: e0189619. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189619>

Batiha, GES; Beshbishy, AM; Guswanto, A; Nugraha, A; Munkhjargal, T; Abdel-Daim, M; Mosqueda, J e Igarashi, I 2020. Phytochemical Characterization and Chemotherapeutic Potential of *Cinnamomum verum* Extracts on the Multiplication of Protozoan Parasites In Vitro and In Vivo. Molecules 25: 996. <https://doi.org/10.3390/molecules25040996>

Bavaresco, C; Krabbe, E; Gopinger, E; Sandi, AJ; Martinez, FN; Wernik, B e Roll, VFB 2020. Hybrid Phytase and Carbohydrases in Corn and Soybean Meal-Based Diets for Broiler Chickens: Performance and Production Cost. Brazilian Journal of Poultry Science 22(1): 001-008. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2019-1178>

Castronovo, LM; Calonico, C; Ascrizzi, R; Duca, SD; Delfino, V; Chioccioli, S; Vassallo, A; Strozza, I; Leo, M; Biffi, S; Bacci, G; Bogani, P; Maggini, V; Mengoni, A; Pistelli, L; Nostro, AL; Firenzuoli, F e Fani, R 2020. The Cultivable Bacterial Microbiota Associated to the Medicinal Plant *Origanum vulgare* L.: From Antibiotic Resistance to Growth-Inhibitory Properties. Frontiers Microbiology 11: 862. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.00862>

Chao, LK; Hua, KF; Hsu, HY; Cheng, SS; Lin, IF; Chen, CJ; Chen, ST e Chang, ST 2008. Cinnamaldehyde inhibits pro-inflammatory cytokines secretion from monocytes/macrophages through suppression of intracellular signaling. Food Chemical Toxicology 46: 220-231. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.07.016>

Christofoli, M; Souza, CS; Costa, TF; Alexandrino, SLSA; Faria, PP; Minafra-Rezende, CS; Santos, FR; Minafra, CS e Pereira, OS 2020. Microbiota intestinal benéfica e prejudicial na avicultura: Revisão. Research, Society and Development 9(7): e43973667. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3667>

Clavijo, VM e Flórez, JV 2018. The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review. Poultry Science 97: 1006-1021. <http://dx.doi.org/10.3382 / ps / pex359>

Cruz, LCF; Sampaio, SA; Silva, NGD; Silva, JMS; Maia Júnior, HLL; Santos, FR e Minafra CS 2021. Termogênicos utilizados na nutrição de aves. Agron Food Academy. <https://doi.org/10.53934/9786599539633-69>

Cullere M; Tasonero G; Giaccone V; Acuti G; Marangon A; Dalle Zotte A 2018. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. Animal 12(3): 640-647. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001860>

Dyce, KM; Sack, WO e Wensing, CJG. 2010. Tratado de Anatomia Veterinária. 4a ed. Ed. Elsevier Saunders, Rio de Janeiro, RJ.

Emrahi, R; Morshedloo, RM; Ahmadi, H; Javanmard, A e Maggi, F 2021. Intraspecific divergence in phytochemical characteristics and drought tolerance of two carvacrol-rich *Origanum vulgare* subspecies: subsp. *hirtum* and subsp. *gracile*. *Industrial Crops and Products* 168: 113557. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113557>

Eurell, JA e Frappier, BL 2012. Histologia Veterinária de Dellmann. p.170-211. In: Sistema digestivo. 6ª ed. Frappier, BL, ed. Manole, Barueri, SP.

Feitosa, TJO; Silva, CE; Souza, RG; Lima, CDS; Gurgel, AC; Oliveira, LLG; Nóbrega, JGS; Carvalho Jr, JEM; Melo, FO; Santos, WBM; Feitosa, TO; Costa, TF; Brandão, PA e Minafra, CS 2020. Microbiota intestinal das aves de produção: revisão bibliográfica. *Research, Society and Development* 9: e42952779. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.2779>

Fernandez, M; Kembro, JM; Ballesteros, ML; Caliva, JM; Marin, RH e Labaque, MC 2019. Dynamics of thymol dietary supplementation in quail (*Coturnix japonica*): Linking bioavailability, effects on egg yolk total fatty acids and performance traits. *Plos One* 9: e0216623. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0216623>

Fernandez, ME; Palacio, MA e Labaque, MC 2017. Thymol detection and quantitation by solid-phase microextraction in faeces and egg yolk of Japanese quail. *J Chromatogr B Analytical Technologies Biomedical Life Science* 15: 39-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.12.042>

Gheisar, MM e Kim, IH 2018. Phytochemicals in poultry and swine nutrition – a review. *Ital Journal Animal Science* 17: 92-99. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1350120>

Grandi, TSM. 2014. Tratado das plantas medicinais mineiras, nativas e cultivadas. 1ª ed. Belo Horizonte.

Griela, E; Paraskeuas, V e Mountzouris, KC 2021. Effects of Diet and Phytochemical Inclusion on the Antioxidant Capacity of the Broiler Chicken Gut. *Animals* 11(3): 739. <https://doi.org/10.3390/ani11030739>

Guamán, RA; Morocho, MC; Yunga, VH; Herrera, RH e Sanchez, GE 2017. Cambios en la microbiota intestinal de las aves y sus implicaciones prácticas. *ResearchGate* 6: 98-108. Disponível em: <<https://www.research.net/publication/323152630>>. Acesso em: 20 dez. 2020.

Jamroz, D; Wertelecki, T; Houszka, M e Kamel, C 2006. Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *Journal Animal Physiology Animal Nutrition (Berl)* 90: 255-68. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2005.00603.x>

Jin, X; Huang, G; Luo, Z; Hu, Y e Liu, D 2022. Oregano (*Origanum vulgare* L.) Essential Oil Feed Supplement Protected Broilers Chickens against *Clostridium perfringens* Induced Necrotic Enteritis. *Agriculture* 12(1): 18. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010018>

Khan S; Moore RJ; Stanley D e Chousalkar KK 2020. The gut microbiota of laying hens and its manipulation with prebiotics and probiotics to enhance gut health and food safety. *Applied and Environmental Microbiology* 86(13): 1-18. <https://doi.org/10.1128/AEM.00600-20>

Kogut, MH 2018. O efeito da modulação do microbioma na saúde intestinal de aves domésticas. *Ciência e Tecnologia de Ração Animal* 250: 32-40. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.10.008>

Mercati F, Dall'Aglio C, Acuti G, Faeti V, Tardella FM, Pirino C, Felice E, Scocco P 2020. Oregano Feed Supplementation Affects Glycoconjugates Production in Swine Gut. *Animals (Basel)* 10(1):149. <http://dx.doi.org/10.3390/ani10010149>.

Moran, E 2018. Anatomofisiologia do intestino digestivo de aves e suínos e a influência dos alimentos. *Rev. Avinews. Out.* Disponível em: <https://lpncongress.com/wp-content/uploads/2018/10/inter-relacao-entre-nutricao-e-imunologia-de-aves-e-suinos-edwin-moran.pdf>. Acesso: 20 dez. 2020.

Nabavi, SF; Lorenzo, AD; Izadi, M; Sobarzo-Sánchez, E; Daglia M e Nabavi SM 2015. Antibacterial Effects of Cinnamon: From Farm to Food, Cosmetic and Pharmaceutical Industries. *Nutrients* 7: 7729-7748. <https://doi.org/10.3390/nu7095359>.

Oniga, I; Puşcaş, C; Silaghi-Dumitrescu, R; Olah, Neli-Kinga; Sevastre, B; Marica, R; Marcus, I; Sevastre-Berghian, AC; Benedec, D; Pop, CE e Hanganu, D 2018. *Origanum vulgare* ssp. *vulgare*: Chemical Composition and Biological Studies. *Molecules* 23(8): 2077. <https://doi.org/10.3390/molecules23082077>

Pan, D e Yu, Z 2013. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. *Gut Microbes* 5. <https://doi.org/10.4161/gmic.26945>

Pasquali, GAM e Pimenta, GEM 2014. Aditivos fitogênicos: uma alternativa ao uso de antibióticos promotores de crescimento na alimentação de aves. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2014a/AGRARIAS/aditivos%20fitogenicos.pdf>> . Acesso em 08 jan. 2021.

Qaid, MM; Al-Mufarrej, SI; Azzam, MM e Al-Garadi, MA 2021. Anticoccidial effectivity of a traditional medicinal plant, *Cinnamomum verum*, in broiler chickens infected with *Eimeria tenella*. *Poultry Science* 100: 100902. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.11.071>

Qaid, MM; Al-Mufarrej, SI; Azzam, MM; Al-Garadi, MA; Alqhtani, AH; Al-Abdullatif, AA; Hussein, EO e Suliman, GM 2022. Dietary Cinnamon Bark Affects Growth Performance, Carcass Characteristics, and Breast Meat Quality in Broiler Infected with *Eimeria tenella* Oocysts. *Animals* 12(2): 166. <https://doi.org/10.3390/ani12020166>

Ranasinghe, P; Pigera, S; Premakumara, GS; Galappaththy, P; Constantine, GR e Katulanda, P 2013. Medicinal properties of 'true' cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*): a systematic review. *Complementary and Alternative Medicine* 13: 275. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-13-275>

Ranasinghe, P; Jayawardena, R; Pigera, S; Wathurapatha, WS; Weeratunga, HD; Premakumara, GAS; Katulanda, P; Constantine, GR e Galappaththy, P 2017. Evaluation of pharmacodynamic properties and safety of *Cinnamomum zeylanicum* (*Ceylon cinnamon*) in healthy adults: a phase I clinical trial. *Complement Altern Med* 17: 550. <https://doi.org/10.1186/s12906-017-2067-7>.

Ribeiro AG; Rabello CBV; Santos MJB; Nascimento, JCS; Silva DA; Oliveira HSH; Macambira GM; Santos ACF; Maciel MS; Carvalho CBM; Mota MAA; Pessoa DV; Silva GD; Siqueira MA; Souza DMMP; Marinho, JBM; Silva LAL; Miranda VMCM 2021. Resident microbiota habitats and gut balancing additives for poultry production: review. *Research, Society and Development* 10(10): e242101018800. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i10.18800>

Rutz, F; Roll, VFB; Xavier, ED; Ancicut, MA e Lopes, DCN 2015. Fisiologia da digestão e da absorção em aves. *Avicultura*. Disponível em: <<https://pt.engormix.com/avicultura/artigos/fisiologia-digestao-absorcao-aves-t38668.htm>>. Acesso em: 07 jan. 2021.

Sharifi-Rad, M; Yılmaz, YB; Antika, G; Salehi, B; Tumer, TB; Venil, CK; Das, G; Patra, JK; Karazhan, N; Akram, M; Iqbal, M; Imran, M; Sen, S; Acharya, K; Dey, A e Sharifi-Rad, J 2020. Phytochemical constituents, biological activities, and health-promoting effects of the genus *Origanum*. *Phytother Research*. <https://doi.org/10.1002/ptr.6785>

Silva, AF; Sgavioli, S; Domingues, CHF e Garcia, RG 2018. Coturnicultura como alternativa para aumento de renda do pequeno produtor. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec*. 70: 913-920. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10065>

Singh, N; Rao, AS; Nandal, A; Kumar, S; Yadav, SS; Ganaie, AS e Narasimhan, B 2021. Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition. *Food Chemical* 338: 127773. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127773>

Sousa, DC; Oliveira, NLA; Dourado, LRB e Ferreira, GJBC 2015. Sistema digestório das aves e o glicerol na dieta de frangos de corte: Revisão. *PUBVET* 9(8): 369-380. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/6456/97db97635163251369c2f370efd99d1ad233.pdf>>. Acesso em 22 de fevereiro de 2022.

Svihus, B; Choct, M e Classen, HL 2013. Função e papéis nutricionais do ceco aviário: uma revisão. *Jornal da Ciência das Aves Domésticas* 69: 249-264. <https://doi.org/10.1017/S0043933913000287>

Wilkinson, N; Dinev, I; Aspden, WJ; Hughes, RJ; Christiansen, I; Chapman, J; Gangadoo, S; Moore, RJ e Stanley, D 2018. Ultrastructure of the gastro intestinal tract of healthy Japanese quail (*Coturnix japonica*) using light and scanning electron microscopy. *Animal Nutrition* 4: 378-387. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.06.006>

Yin, D; Du, E; Yuan, J; Gao, J; Wang, Y; Aggrey, SE e Guo, Y 2017. Supplemental thymol and carvacrol increases ileum *Lactobacillus* population and reduces effect of

necrotic enteritis caused by *Clostridium perfringens* in chickens. *Science Reports* 7(1):7334. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07420-4>

Zaefarian, F; Abdollahi, MR; Cowieson, A e Ravindran, V 2019. Fígado aviário: o órgão esquecido. *Animals* 9: 63. <https://doi.org/10.3390/ani9020063>

Zhang, XL; Guo, YS; Wang, CH; Li, GQ; Xu, JJ; Chung, HY; Ye, WC; Li, YL e Wang, GC 2014. Phenolic compounds from *Origanum vulgare* and their antioxidant and antiviral activities. *Food Chemical* 152: 300-6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.153>

CAPÍTULO II - IDENTIFICAÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL DE CODORNAS JAPONESAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO CANELA (*CINNAMOMUM VERUM*) EM PÓ E ORÉGANO (*ORIGANUM VULGARE*) DESIDRATADO de acordo com as normas dos Anais da Academia Brasileira de Ciências

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos do uso da canela em pó e do orégano desidratado sobre a microbiota intestinal de 210 codornas japonesas fêmeas da espécie *Coturnix coturnix japonica*. As dietas foram compostas por: ração basal; ração basal com 0,25g de bacitracina de zinco/tonelada de ração; ração basal com 0,5% de canela em pó; ração basal com 1% de canela em pó; ração basal com 0,5% de orégano desidratado e ração basal com 1% de orégano desidratado. O período experimental durou 84 dias, distribuídos em três ciclos de 28 dias. Foi realizada a análise de cromatografia gasosa e espectrometria de massas dos aditivos fitogênicos, identificando o cinamaldeído, α -copaeno e benzaldeído como os três principais na canela em pó; o 4-thujanol, β -cimeno e γ -terpineno no orégano desidratado. A identificação das bactérias no conteúdo intestinal foi realizada através das regiões V3/V4 do gene 16S rRNA. Foram identificados seis filos: *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Tenericutes*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* e *Fusobacteria*. A canela em pó (0,5%) influenciou a abundância de *Streptococcus thermophilus*, *Corynebacterium afermentans*, dentre outras e reduziu bactérias patobionticas oportunistas, como *Campylobacter jejuni* e *Escherichia coli*. Nos níveis de 0,5% e 1% de orégano desidratado houve identificação das espécies de *Lactobacillus salivarius*.

Palavras-chave: Aditivos fitogênicos. Cinamaldeído. Coturnicultura. Microbiota. Saúde intestinal. γ -Terpineno.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of the use of cinnamon powder and dehydrated oregano on the intestinal microbiota of 210 female Japanese quails of the species *Coturnix coturnix japonica*. The diets were composed of: basal feed; basal feed with 0.25g zinc bacitracin/ton of feed; basal feed with 0.5% cinnamon powder; basal feed with 1% cinnamon powder; basal feed with 0.5% dehydrated oregano and basal feed with 1% dehydrated oregano. The experimental period lasted 84 days, distributed in three 28-day cycles. A gas chromatography and mass spectrometry analysis of the phytogetic additives was performed, identifying cinnamaldehyde, α -copaene and benzaldehyde as the three main ones in cinnamon powder; 4-thujanol, β -cymene and γ -terpinene in dehydrated oregano. The identification of bacteria in the intestinal contents was performed through the V3/V4 regions of the 16S rRNA gene. Six phylum were identified: *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Tenericutes*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* and *Fusobacteria*. A (0.5%) in an abundance of *Streptococcus thermophilus*, *Corynebacterium afermentans* to bacteria, among other shin splints and opportunistic bacteria, such as *Campylobacter jejuni* and pathobiotic *Escherichia coli*. At the levels of 0.5% and 1% of dehydrated oregano, species of *Lactobacillus salivarius* were identification.

Key-words: cinnamaldehyde, coturniculture, gut health, microbiota, phytogetic additives, γ -terpinene.

INTRODUÇÃO

A microbiota intestinal das aves está envolvida em uma variedade de funções metabólicas e imunológicas, contudo, podem gerar distúrbios gastrointestinais. Os avanços no sequenciamento de alto rendimento expandiram nossa compreensão sobre a composição da microbiota intestinal, função e interação com o sistema imunológico. Quando há uma disbiose, os microrganismos benéficos são comumente reduzidos, enquanto patógenos progridem no intestino desenvolvendo enterites. Estratégias para modular o microbioma intestinal através de fitoquímicos nas dietas mostram-se promissores (Yang et al., 2022). Na nutrição animal, os aditivos fitogênicos possuem um papel intrínseco em otimizar o crescimento, desenvolver a microbiota intestinal, além de possibilitar a redução do gasto energético e nutricional (Hashemi e Davoodi, 2011); (Feitosa et al., 2020).

O orégano (*Origanum vulgare*) aumenta os vilos intestinais, seus princípios ativos: o carvacrol e o timol; possuem capacidade de diminuir a população de *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* em codornas japonesas e frangos de corte (Manafi et al., 2016); (Jin et al., 2022). O *Origanum vulgare* possui potencial antioxidante devido ao teor polifenólicos (Agliassa e Maffei 2018).

A canela (*Cinnamomum verum*) é uma das plantas medicinais mais antigas e amplamente utilizadas em todo o mundo (El-Hack et al., 2020). Os compostos fitoquímicos da canela possuem alto potencial contra a coccidiose por diminuir a produção de oócitos da *Eimeria tenella* (Qaid et al., 2022). O cinamaldeído, constituinte presente na canela possui propriedades antimicrobianas e antioxidantes (De La Torre et al., 2017), o ácido cinâmico elimina os radicais livres, também possui ação anti-inflamatória (Dorri et al., 2018); (Singh et al., 2021).

O carvacrol e o cinamaldeído possuem efeitos benéficos na imunidade do hospedeiro, através da modulação imunológica (inflamação reduzida) de células intestinais (Pirgozliev et al., 2019). Tendo em vista a primordialidade de compreender a diversidade dos microrganismos frente aos aditivos fitogênicos *in natura*, objetivou-se identificar a microbiota intestinal de codornas japonesas alimentadas com dietas suplementadas de canela em pó e orégano desidratado em diferentes níveis.

MATERIAL E MÉTODOS

Design experimental

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde-GO, no Setor de Avicultura e nos Laboratórios de Nutrição Animal e Bioquímica e Metabolismo Animal. O projeto foi registrado e passou por aprovação na diretoria de pesquisa e pós-graduação do Instituto Federal Goiano junto ao Comitê de Ética na Utilização de Animais (CEUA), sob número 5732160419. Para instalação do lote foram obedecidas as normas usuais de pré-produção tanto para o galpão quanto para as baterias. Foi seguido um cronograma de período de limpeza e desinfecção das instalações (gaiolas, piso, área externa, equipamentos) com duração de sete dias, sendo dois para limpeza e desinfetante com pulverização a base de amônia quaternária e glutaraldeído e cinco dias para vazio sanitário.

Codornas japonesas

Foram utilizadas 210 codornas fêmeas da espécie *Coturnix coturnix japonica* com idade de aproximadamente 60 dias de vida com uniformização através de peso corporal, distribuídas em gaiolas de arame galvanizado com 117cm²/ave (33 cm (comprimento) × 25 cm (largura) × 20 cm (altura)). Na sala de experimentação, as codornas receberam luz

L-lisina	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480	0,480
Sal comum	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
L-treonina	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Inerte	2,000	1,975	1,500	1,000	1,500	1,000
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Canela em pó	0,000	0,000	0,500	1,000	0,000	0,000
Orégano desidratado	0,000	0,000	0,000	0,000	0,500	1,000
Bacitracina de zinco	0,000	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000
Total (Kg)	100,00	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição calculada						
Energia metabolizável (kcal/Kg)	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800	2,800
Proteína bruta (%)	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000
Fibra bruta (%)	4,380	4,380	4,380	4,380	4,380	4,380
Lisina total (%)	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230
Metionina total (%)	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640	0,640
Treonina total (%)	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770	0,770
Triptofano total (%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
Cálcio (%)	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240	3,240
Fósforo disponível (%)	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330	0,330
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170

Premix mineral de postura, %/kg da ração¹: proteína bruta: 2,4347%; extrato etéreo: 0,1781%; fibra bruta: 0,1495%; cálcio: 9,5243%; fósforo total: 6,5935%; fósforo disponível: 11,3059%; sódio 5,9693%; arginina: 0,0262%; lisina: 0,0178%; metionina: 2,8835%; metionina + cistina: 2,8971%; cistina: 0,0136%; triptofano: 0,0052%; glicina: 0,0234%; histidina: 0,0189%; isoleucina: 0,0200%; leucina: 0,0778%; fenilalanina: 0,0305%; tirosina: 0,0212%; treonina: 0,1696%; valina: 0,0277%; alanina: 0,0470%; fósforo liberável: 0,0101%; fósforo fitase: 4,7250%; eficiência: 468,7500; serina: 0,0306%; fósforo dig aves: 0,0082%; fósforo fítico: 0,0126%; prolina: 0,0833%; ac glutâmico: 0,1198%; naae % -0,8258; glicina+serina: 0,0540%; potássio: 2,8675%; cloro: 5,0067%; m mineral % 71,6626; fenilal+tirosina: 0,0517%; energia met. matrizes: 445 kcal/kg; energia met. aves: 445 kcal/kg; ácido linoleico: 0,0840%; cobre: 666,6666 ppm; ferro: 1.666,2500 ppm; manganês: 3.830,6670 ppm; zinco: 3.333,7500 ppm; iodo: 66,7333 ppm; selênio: 13,2917 ppm; Ca-P 0,842%; arg. dig. 0,0234%; lis dig 0,0145%; met. dig. 2,8824%; m+c dig: 2,8945%; cis dig.: 0,0116%; trp dig: 0,0047%; tre. dig.: 0,1660%; val. dig.: 0,0243%; ile. dig.: 0,0180%. Premix Vitamínico Postura²: Vit. A: 406,0000 UI/g; Vit. D3 171,0680 UI/g; Vit. E: 2.247,5000 ppm; Vit. K: 94,2238 ppm; Vit B1 (tiamina): 106,5866 ppm; Vit B2 (riboflavina): 417,6000 ppm; Vit. B6 (piridoxina): 181,2036 ppm; Vit B12 (cianocobala) 1,5370 ppm; Ácido fólico: 133,3420 ppm; Ácido nicotínico: 1.348,5000 ppm; Ac. Pantotênico: 681,5001 ppm; biotina: 9,7150 ppm; colina: 13.277,8500 ppm; antioxidante: 3.507,2500 ppm; tilosina: 1.837,0000 ppm; 1.918,8490 eq.ácido-base meq/kg; umidade: 1,9907%.

Tabela II. Composição bromatológica dos aditivos fitogênicos estudados.

(%)	Canela em pó	Orégano desidratado
Umidade	8,46	10,39
Extrato Etéreo	1,20	1,99
Proteína	4,17	10,91
Cinzas	2,01	7,98

Os aditivos fitogênicos *in natura* foram enviados ao Laboratório de Métodos de Extração e Separação (LAMES) da Universidade Federal de Goiás no Instituto de

Química para análise de cromatografia gasosa. Foram três tubos falcon (50ml) com canela em pó e três tubos falcon (50ml) com orégano desidratado. Realizou-se a determinação qualitativa e semiquantitativa do perfil de compostos orgânicos voláteis (VOC) extraídos via *headspace*, sem preparo de amostra, em seguida, analisados por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (GC-MS). O equipamento utilizado para análise foi o Cromatógrafo a gás Agilent 7890B acoplado a espectrômetro de massas 7000D.

Análise da população microbiana

No início do período experimental, as aves possuíam aproximadamente 60 dias de idade, e então, receberam as rações experimentais por 84 dias. A análise de microbiota, foi conduzida no final do 3º ciclo de produção, uma ave por repetição foi eutanasiada por deslocamento cervical, cada tratamento foi realizado um pool de todas repetições do conteúdo do intestino delgado. O material coletado foi adicionado em tubos de eppendorf estéril devidamente identificados. Em seguida, o conteúdo contido nos tubos foi congelado a uma temperatura de -80°C com posterior liofilização.

A identificação dos microrganismos foi realizada no laboratório Neopropecta, onde baseou-se no sequenciamento de DNA em larga escala de uma região genômica que codifica o RNA ribossomal (rRNA) das bactérias. As amostras foram coletadas com swab de algodão umedecido com solução fisiológica estéril. Não excedendo o prazo de 48h após a coleta, as amostras de swab foram submetidas à lise celular e posterior extração de DNA utilizando a técnica de beads magnéticas, com um protocolo proprietário (Neopropecta Microbiome Technologies, Brasil) (Christof, 2017).

A identificação das bactérias foi realizada utilizando-se o sequenciamento de alto desempenho com primers específicos das regiões V3/V4 do gene 16S rRNA. O sequenciamento foi realizado no equipamento MiSeq (Illumina Inc., USA), utilizando o Kit V2 de 300 ciclos, extremidade única sem normalização das bibliotecas. As sequencias

de DNA dos microrganismos foram analisadas através de um pipeline proprietário (Neoprosecta Microbiome Technologies, Brasil), onde foram utilizadas somente sequências com o mínimo de 99% de identidade correspondente com o banco de dados (Christof, 2018).

Para a identificação das espécies de microrganismos presentes nas amostras, as sequências de DNA obtidas foram comparadas com um banco de dados JSpecies Web Server (Richter et al., 2015), outras sequências de DNA já caracterizadas para as espécies de interesse. Posteriormente às análises de bioinformática, os resultados foram apresentados com uma análise descritiva na plataforma Neobiome (Christof, 2018).

Análise estatística

Os índices de Shannos e Simpson foram utilizados para descrever a diversidade alfa da comunidade bacteriana. Para diversidade beta e estimar a similaridade da estrutura da comunidade microbiana frente as diferentes dietas foram realizadas Análises de Componentes Principais (ACP) ou Principal Component Analysis (PCA) e Heatmap no programa R (versão 4.1.1, <https://www.r-project.org>) com base no perfil das unidades taxonômicas operacionais.

RESULTADOS

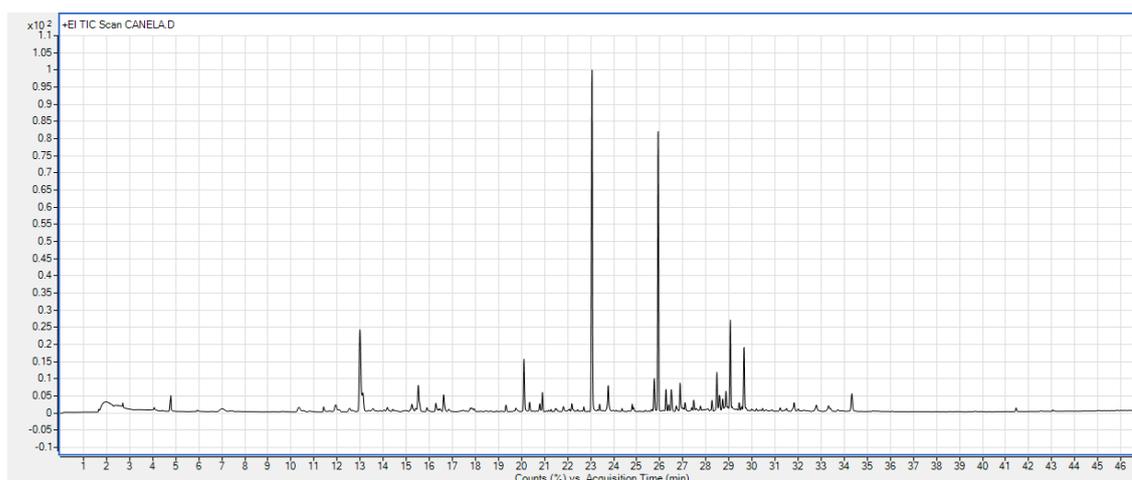
A média da temperatura e umidade relativa do ar durante os três ciclos de 28 dias foram de 24,26 °C (máxima) e 21,2 °C (mínima) e 43,93% (máxima) e 39,06% (mínima), respectivamente, em ambiente termoneutro com ausência de estresse térmico por calor ou frio. A média de peso das aves nos três ciclos de produção de todos os tratamentos e repetições foi de 1,306kg e o consumo médio diário de ração foi de 3,143kg.

Identificação dos Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) da canela em pó

A composição completa da amostra de canela em pó analisada é demonstrada na Tabela III. O cinamaldeído (29,11%), o hidrocarboneto α -copaeno (21,08%), benzaldeído (11,13%), α -muuroleno (3,13%) e calameneno (5,14%) dominaram a composição, pois foram detectados em teor (%) representando mais de 70% do total. Os demais compostos identificados correspondem a 27,41%, representado pelo 2-Borneol, eucaliptol, γ -Muuroleno, ciclosativeno, carvacrol, dentre outros.

Tabela III. Identificação dos picos cromatográficos e o teor percentual correspondente a cada Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) extraído da canela em pó.

Identificação	Número Cas	Teor (%)
Ácido acético	64-19-7	1,45
Benzaldeído	100-52-7	11,13
Eucaliptol	470-82-6	3,30
Acetofenona	98-86-2	1,85
(-)-Camphor	464-48-2	0,53
2-Borneol	507-70-0	4,38
Terpinen-4-ol	20126-76-5	0,72
α -Terpineol	98-55-5	0,63
Dodecano	112-40-3	1,39
Cinamaldeído	104-55-2	29,11
Carvacrol	499-75-2	2,44
Ciclosativeno	22469-52-9	2,54
Alfa Copaeno	3856-25-5	21,08
α -Bergamoteno	18252-46-5	1,94
γ -Muuroleno	30021-74-0	3,19
α -Muuroleno	10208-80-7	6,13
Calameneno	72937-55-4	5,14
Nonadecano	629-92-5	1,07
Cadaleneno	483-78-3	1,98



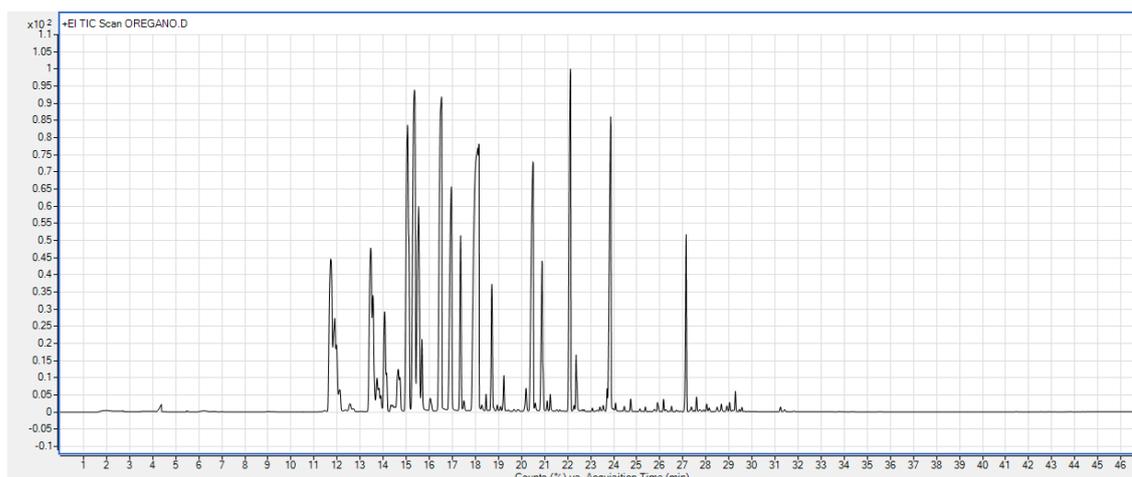
Identificação dos Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) do orégano desidratado

A composição completa da amostra do orégano desidratado analisada é demonstrada na Tabela IV. O 4-Thujanol (15,69%), o β -cimeno (9,61%), γ -terpineno (9,45%), terpinoleno (9,05%), 2-Tujeno (7,53%), sabineno (6,69%), terpinen-4-ol (6,48%), 2-metoxi-1-metil-4-propan-2-ilbenzeno (6,47%) e carvacrol (5,9%) dominaram a composição, pois foram detectados em teor (%) representando mais de 75% do total. Os demais compostos identificados correspondem a 23,13%, representado pelo hidrato cis-sabineno, pseudolimoneno, α -Terpineol, β -Mirceno, cariofileno, dentre outros.

Tabela IV. Identificação dos picos cromatográficos e o teor percentual correspondente a cada Compostos Orgânicos Voláteis (VOC) extraído do orégano desidratado.

Identificação	Número Cas	Teor (%)
2-Thujeno	-	7,53
Sabineno	3387-41-5	6,69
β -Mirceno	123-35-3	2,53
α -Felandreno	99-83-2	1,30
Terpinoleno	586-62-9	9,05
β -Cimeno	535-77-3	9,61
Pseudolimoneno	499-97-8	5,22
trans- β -Ocimeno	3779-61-1	0,89
γ -Terpineno	99-85-4	9,45
hidrato cis-sabineno	15537-55-0	5,64
4-Thujanol	546-79-2	15,69
γ -Terpineol	586-81-2	1,79

Terpinen-4-ol	20126-76-5	6,48
α -Terpineol	98-55-5	2,62
2-metoxi-1-metil-4-propan-2-ilbenzeno	6379-73-3	6,47
Acetato de linalina	115-95-7	0,71
Carvacrol	499-75-2	5,90
Cariofileno	87-44-5	2,24
β -Bisaboleno	495-61-4	0,19



Identificação da microbiota do intestino delgado de codornas japonesas

A microbiota presente no conteúdo intestinal das aves já foi caracterizada por diversos métodos, desde a análise baseada em cultura até métodos de sequenciamento do gene 16S rRNA. O sequenciamento comumente utiliza genes do RNA ribossomal 16S (rRNA), uma vez que são conservados em todos os microrganismos do reino Bacteria (Xiao et al., 2017). O reino Bacteria engloba microrganismos armônicos e oportunistas ao hospedeiro, presente no conteúdo do lúmen intestinal, onde vivem de maneira comensal. Durante a caracterização das bactérias pelo gene 16S rRNA, foram identificadas 119.660 taxonomias pertencentes a seis filos microbianos presente no lúmen do intestino delgado de codornas japonesas.

Para diversidade alfa, os índices de Shannon e Simpson são utilizados para identificar riqueza, abundância e diversidade (Tabela V). Para o índice de Shannon, a dieta contendo 0,25g de bacitracina de zinco/tonelada de ração proporcionou maior

riqueza e abundância da microbiota identificada. Interpretando os resultados, valores que aproximam ou são maiores que três determinam alta biodiversidade de espécies. Para o índice de Simpson, a canela em pó (1%) favoreceu uma maior diversidade de espécies, valores que aproximam a zero possuem uma maior diversidade.

Tabela V. Diversidade alfa pelos índices de Shannon e Simpson.

Dietas	Simpson	Shannon
Ração basal	0,345	1,418
0,25g bacitracina de zinco/t ração	0,233	2,073
Canela em pó (0,5%)	0,657	0,857
Canela em pó (1%)	0,229	1,691
Orégano desidratado (0,5%)	0,578	0,907
Orégano desidratado (1%)	0,326	1,564

Os filos mais abundantes incluíram *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Tenericutes* e *Actinobacteria*. Os demais filos, *Bacteroidetes* e *Fusobacteria*, representaram menor abundância. O filo *Firmicutes* foi responsável por 74,84% das sequências taxonômicas totais, amplamente dominante nas diferentes dietas, exceto com ração basal, onde o filo *Tenericutes* foi mais abundante (Figura 1).

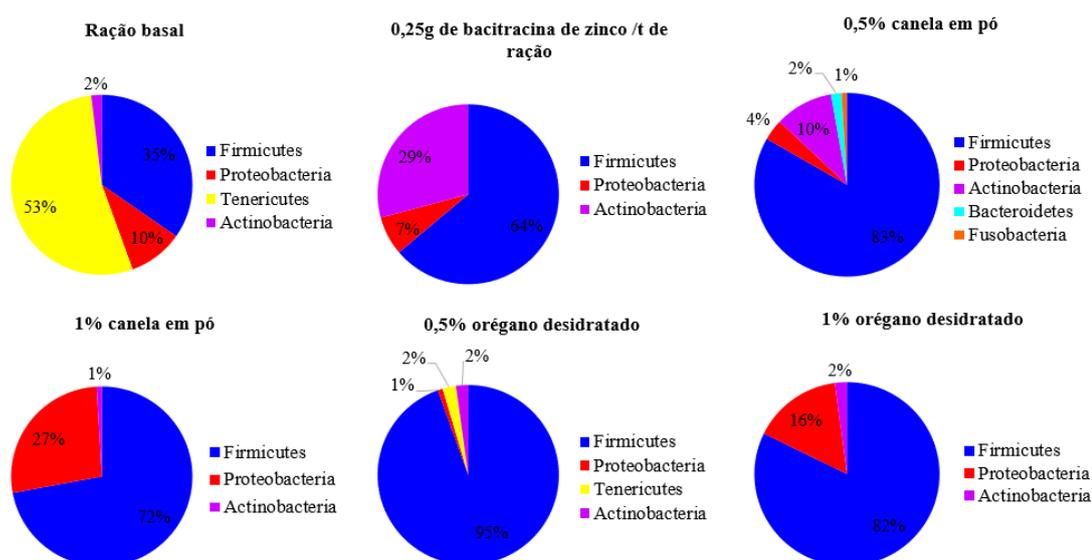


Figura 1. Perfil filogenético no conteúdo intestinal de codornas japonesas alimentadas com ração contendo diferentes concentrações de canela em pó e orégano desidratado.

De acordo com a análise de microbiota pelo gene 16S rRNA, foram identificadas as seguintes classes: *Bacilli* (74,57%), *Epsilonproteobacteria* (12,59%), *Mollicutes* (9,51%), *Actinobacteria* (2,26%) e outros (1,06%). Para avaliar a similaridade das estruturas da comunidade bacteriana no intestino delgado de codornas japonesas, foi realizada uma análise de componentes principais (Figura 2), podendo ser observado a dinâmica envolvida entre as dietas e as classes.

Dietas com diferentes níveis de aditivos fitogênicos beneficiaram a abundância da classe *Bacilli*. A maior abundância desta classe foi com 0,5% de orégano desidratado, o mesmo nível reduziu *Epsilonproteobacteria*. A canela em pó (0,5%) reduziu *Mollicutes*, *Actinobacteria* e outras classes. A canela em pó (1%) aumentou a abundância de *Epsilonproteobacteria*, reduziu *Actinobacteria* e outras classes.

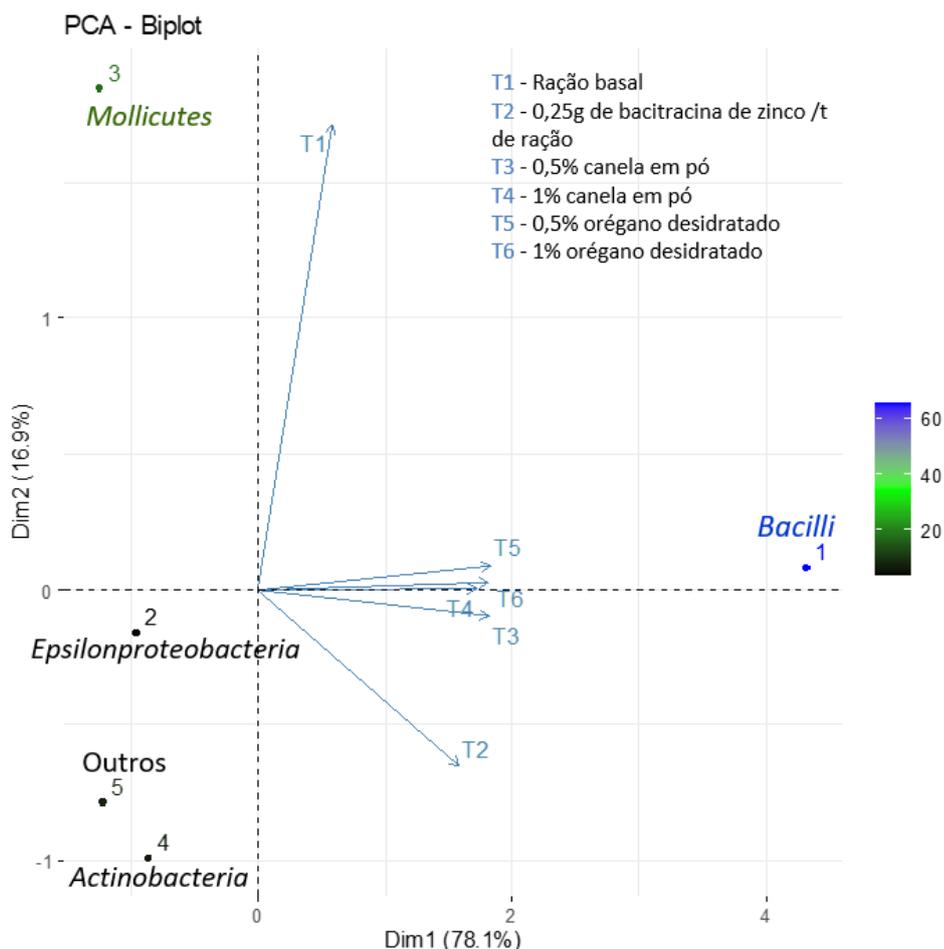


Figura 2. Microbiota de codornas japonesas a nível de classe, representada pelo gráfico de Análise de Componentes Principais (APC).

As ordens mais abundantes de acordo com o total da taxonomia foram: *Lactobacillales* (71,71%), *Campylobacterales* (12,59%), *Mycoplasmatales* (9,51%), *Bacillales* (2,86%) e outros (3,33%). A canela em pó (0,5%) reduziu as bactérias *Campylobacterales*, *Mycoplasmatales* e *Bacillales* dentro da inclusão de aditivos fitogênicos. 1% de canela em pó aumentou *Campylobacterales* e diminuiu *Actinomycetales* e outras ordens de bactérias. A ordem *Lactobacillales* foi maior em todas as dietas, entretanto, demonstrou maior abundância com 0,5% de canela em pó e 0,5% de orégano desidratado (Tabela VI).

Tabela VI. Perfil das ordens bacterianas do conteúdo intestinal do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com ração contendo diferentes concentrações de canela em pó e orégano desidratado.

Ordem	Ração basal (%)	Ração+0,25g bacitracina de zinco/tonelada de ração (%)	Níveis de inclusão de canela (C) em pó e orégano (O) desidratado na ração			
			0,5% C (%)	1% C (%)	0,5% O (%)	1% O (%)
<i>Lactobacillales</i>	34,53	42,38	80,56	66,51	94,24	77,59
<i>Campylobacterales</i>	8,69	0,00	0,00	26,55	0,20	14,95
<i>Mycoplasmatales</i>	53,68	0,00	0,00	0,03	2,40	0,54
<i>Bacillales</i>	0,08	12,61	2,78	5,53	0,09	4,05
<i>Bifidobacteriales</i>	0,00	28,00	0,00	0,02	0,08	0,08
<i>Enterobacteriales</i>	0,70	2,10	2,78	0,13	0,15	0,08
<i>Clostridiales</i>	0,00	5,83	0,00	0,01	0,21	0,16
<i>Caulobacterales</i>	0,15	2,77	0,00	0,01	0,10	0,02
<i>Actinomycetales</i>	1,86	1,19	10,19	0,89	2,10	2,01
Outros	0,32	5,11	3,70	0,33	0,44	0,51

As famílias mais abundantes de acordo com o total da taxonomia foram: *Lactobacillaceae* (70,94%), *Campylobacteraceae* (12,57%), *Mycoplasmataceae* (9,51%), *Planococcaceae* (1,74%), *Micrococcaceae* (1,61%) e outros (3,62%). 1 % de orégano reduziu a população de *Lactobacillaceae* quando comparado com 0,5%. O nível de 0,5% de orégano desidratado reduziu *Micrococcaceae* e a concentração de 0,5% de canela em pó beneficiou a abundância de outras famílias, possuindo efeito reduzido sobre as famílias mais abundantes (Figura 3).

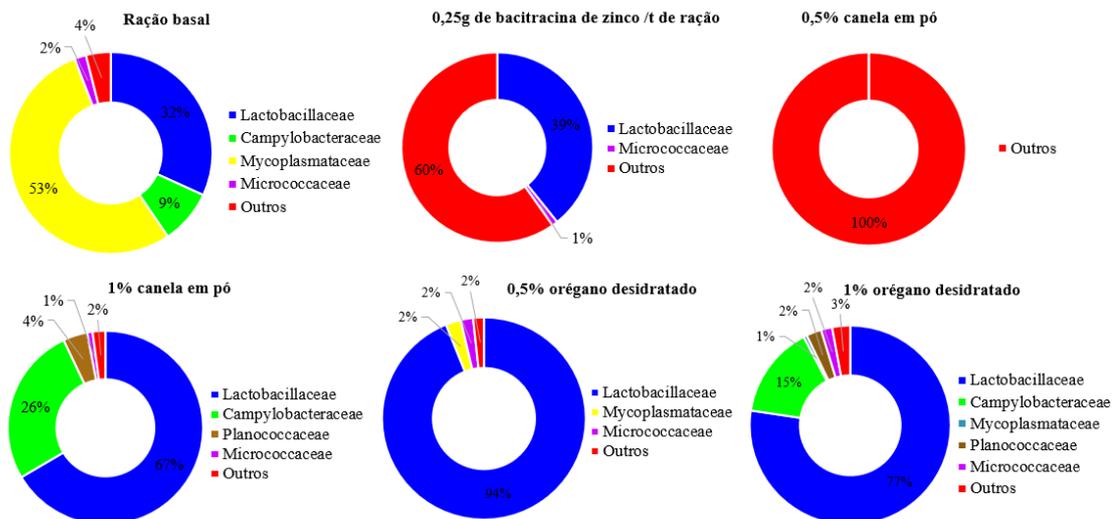


Figura 3. Perfil das famílias bacterianas do conteúdo intestinal de codornas japonesas alimentadas com ração contendo diferentes concentrações de canela em pó e orégano desidratado.

Os gêneros identificados de acordo com o total da sua taxonomia foram: *Lactobacillus* (70,94%), *Campylobacter* (12,57%), *Mycoplasma* (9,51%), *Rummeliibacillus* (1,76%), *Rothia* (1,18%) e outros (4,04%). Para avaliar a similaridade e diferença das estruturas da comunidade bacteriana presente na digesta de codornas japonesas, foi realizada uma análise de componentes principais (Figura 4), observando a dinâmica envolvida entre as dietas e os gêneros. As dietas com o orégano desidratado como aditivo fitogênico no nível de 1% de canela em pó, 0,5% e 1% de orégano desidratado influenciaram os *Lactobacillus*, o nível de inclusão da canela em pó em 0,5% influenciou outros gêneros identificados em menor quantidade taxonômica.

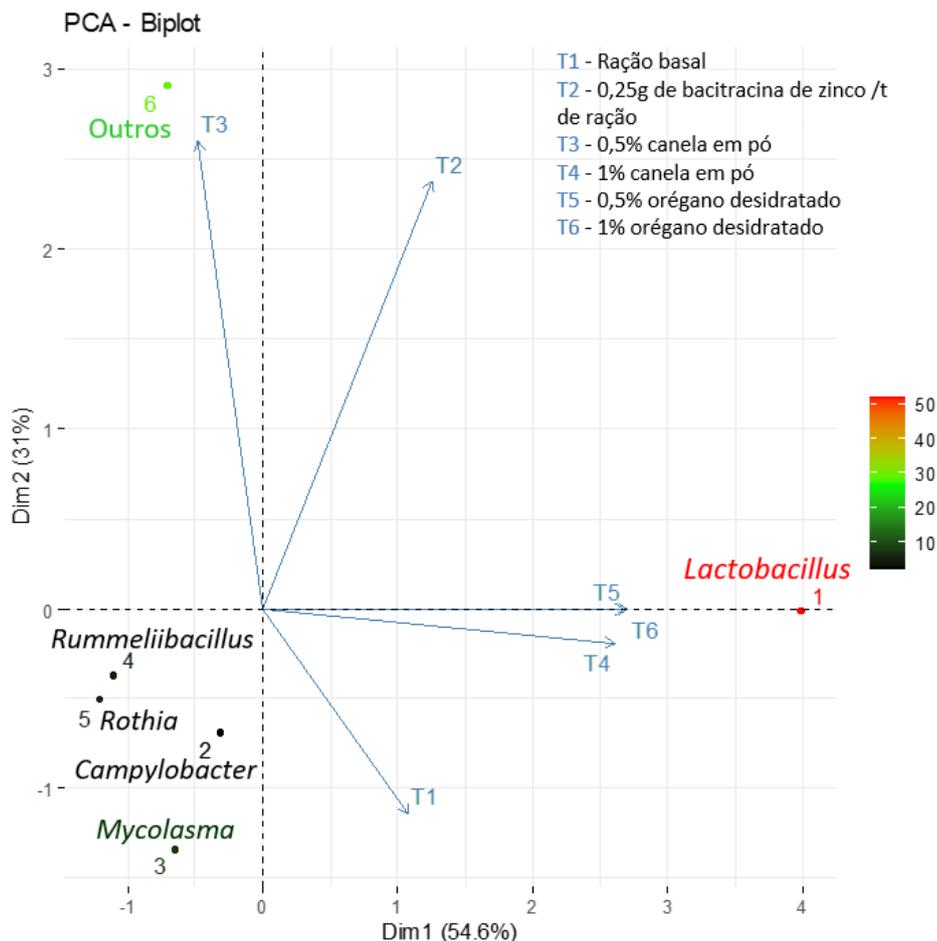


Figura 4. Microbiota de codornas japonesas a nível de gênero, representada pelo gráfico de Análise de Componentes Principais (ACP).

Foram identificadas sete espécies de mais abundância na microbiota intestinal de codornas japonesas: *Lactobacillus salivarius* (41,49%), *Lactobacillus helveticus* (19,68%), *Lactobacillus aviarius* (9,21%) e *Rummeliibacillus stabekisii* (1,76%), espécies caracterizadas como bactérias benéficas. *Mycoplasma sualvi* (9,51%), *Campylobacter jejuni* (12,57%) e *Rothia nasimurium* (1,15%), sendo as duas últimas classificadas como patobiontes. Outras espécies foram identificadas, entretanto, em menor abundância. A espécie *Escherichia coli* obteve menos de 1% do total da taxonomia, sendo inibida por 0,5% de canela em pó e 1% de orégano desidratado.

Para avaliar a similaridade e diferença das estruturas da comunidade bacteriana da digesta do intestino delgado de codornas japonesas, foi realizada uma análise de

componentes principais (Figura 5), para analisar a dinâmica envolvida entre as dietas e as espécies. A espécie de *Lactobacillus salivarius* teve maior influência sob o orégano desidratado nas concentrações de 0,5% e 1%, a canela em pó (0,5%) influenciou a abundância de outras espécies que tiveram menos de 1% da taxonomia identificada. A ração basal beneficiou o crescimento de *Lactobacillus aviarius*, *Campylobacter jejuni* e *Mycoplasma sualvi*. A canela em pó na concentração de 1% elevou o crescimento das bactérias da espécie *Lactobacillus helveticus*.

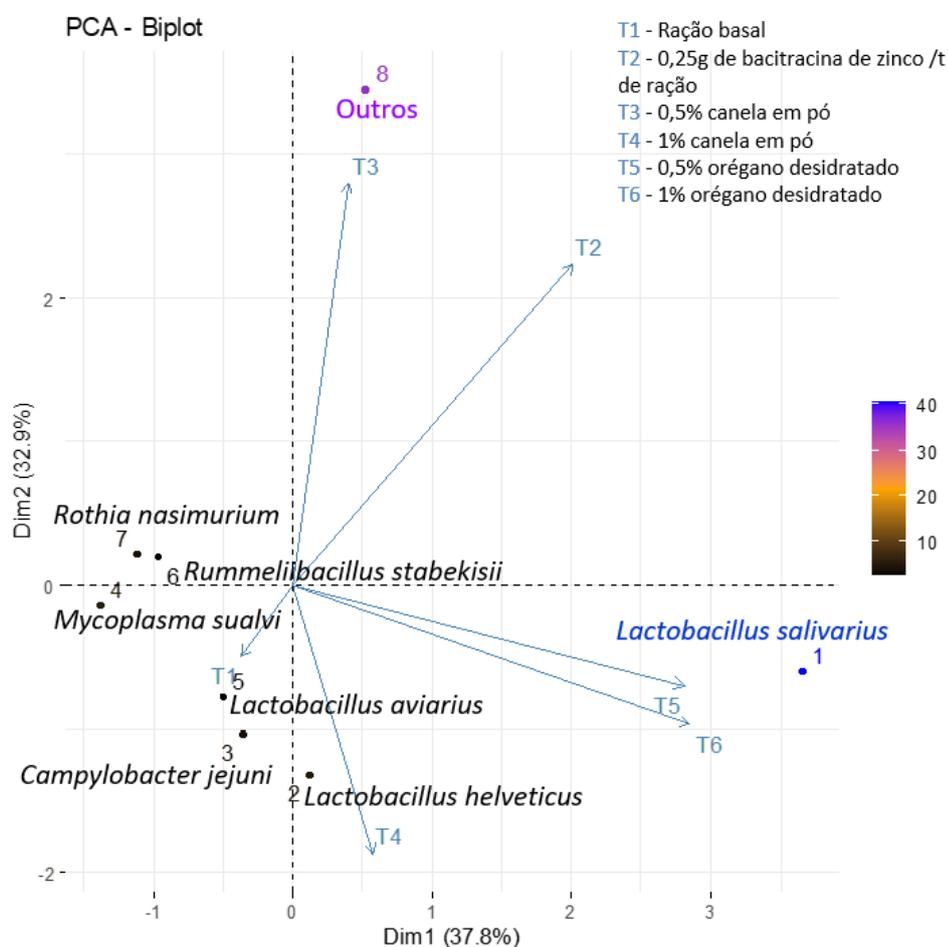


Figura 5. Perfil das espécies bacterianas da microbiota de codornas japonesas, representada pelo gráfico de Análise de Componentes Principais (ACP).

Baseado no agrupamento hierárquico do gráfico heatmap (Figura 6), as bactérias com relação as dietas fornecidas, aponta a similaridade das dietas contendo 0,5% e 1% de orégano desidratado e a dieta com a adição de 0,25g de bacitracina de zinco/tonelada

de ração e 0,5% de canela em pó. A ração sem aditivos e a que contém 1% de canela em pó são distintas das demais dietas. A espécie *Lactobacillus salivarius* foi maior identificada com as dietas de 0,5% e 1% de orégano desidratado. As populações de *Lactobacillus helveticus*, *Campylobacter jejuni* e *Lactobacillus aviarius* foram semelhantes com 1% de canela em pó, a identificação da bactéria *Campylobacter jejuni* foi menor com 0,25g de bacitracina de zinco/tonelada de ração, 0,5% de canela em pó e 0,5% de orégano desidratado. Em relação a abundância, *Rummeliibacillus stabekisii* e *Rothia nasimurium* possuem similaridade com 0,5% de canela em pó. Outras espécies de bactérias obtiveram maior identificação com a dieta de 0,5% de canela em pó e 0,25g de bacitracina de zinco/tonelada de ração.

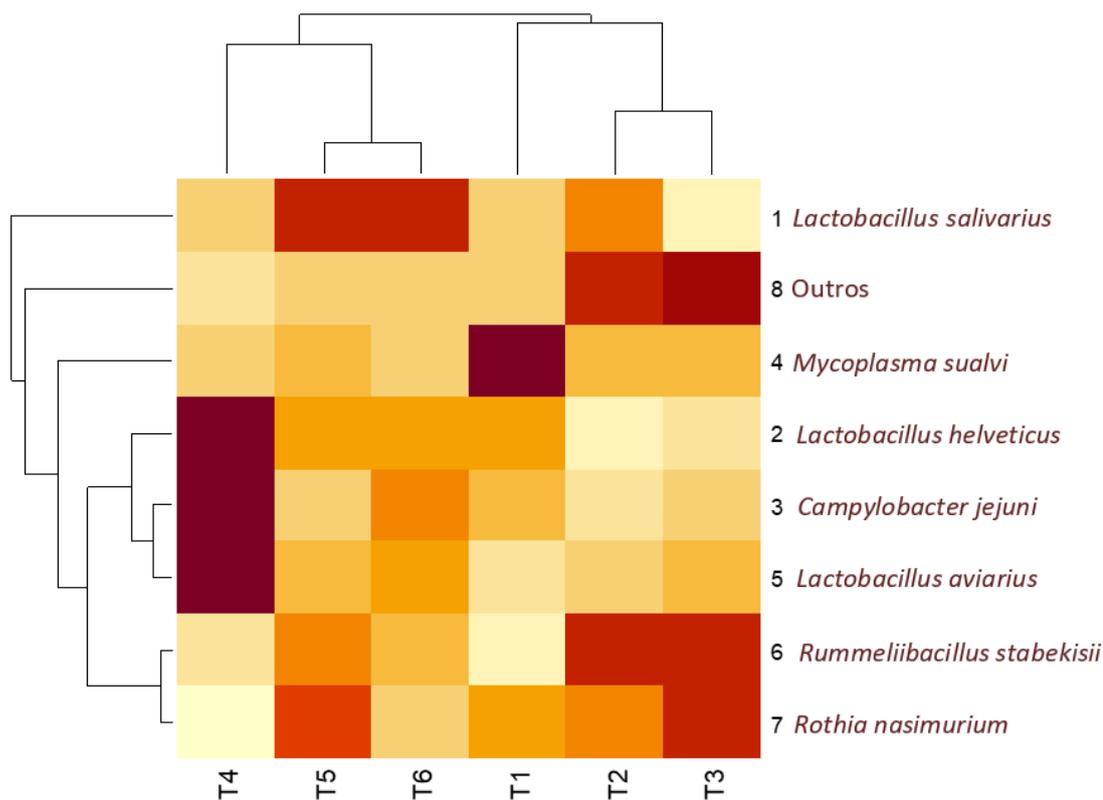


Figura 6. Perfil da microbiota do intestino delgado de codornas japonesas alimentadas com ração contendo canela em pó e orégano desidratado, representado pelo gráfico heatmap.

Legenda: T1 (ração basal); T2 (0,25g de bacitracina de zinco /t de ração); T3 (0,5% canela em pó); T4 (1% canela em pó); T5 (0,5% orégano desidratado) e T6 (1% orégano desidratado).

Obs.: O agrupamento hierárquico nas colunas é baseado na similaridade da composição microbiana entre os tratamentos, enquanto que nas linhas é baseado na abundância da população microbiana. As colorações escuras representam maior abundância e as claras menor abundância.

As espécies identificadas como outras, frente a dieta com 0,5% de canela em pó são: *Streptococcus thermophilus* (80,56%), *Corynebacterium afermentans* (7,41%), *Serratia liquefaciens* (2,78%), *Corynebacterium mucifaciens* (2,78%), *Porphyromonas cangingivalis* (1,85%), *Bacillus cereus* sp. group (0,93%), *Lysinibacillus sphaericus* (0,93%), *Bacillus pumilus* (0,93%), *Fusobacterium nucleatum* (0,93%) e *Pseudomonas fluorescens* (0,93%). A canela em pó não favoreceu a multiplicação das espécies mais identificadas com os demais aditivos.

DISCUSSÃO

O filo *Firmicutes* foi o mais abundante dentre os já identificados pela literatura, obtendo 70% das sequências totais identificadas no trato gastrointestinal das aves (Wei et al., 2013). Os filios identificados no presente estudo coincidem com o estudo realizado por Du et al. (2020) com codornas, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Proteobacteria* e *Actinobacteria*. Na microbiota intestinal da codorniz-da-virgínia podem ser identificados os filios *Firmicutes* (mais abundante), *Actinobacteria*, *Bacteroidetes* e *Proteobacteria* (Su et al., 2014). Outros filios também abundantes na microbiota intestinal de codornas japonesas são: *Firmicutes*, *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Verrucomicrobia*, *Tenericutes*, *Bacteroidetes*, *Acidobacteria* e *Gemmatimonadetes* (Wilkinson et al., 2016).

O filo *Firmicutes* em sua maioria, é composto por bactérias benéficas, como as bactérias do gênero *Lactobacillus* spp. que auxiliam na proliferação de outras bactérias benéficas, como as do gênero *Bifidobacterium* spp., além impedir a toxicidade fúngica e a difusão de bactérias patogênicas. O filo *Firmicutes* predomina na microbiota intestinal com mais de 60% da composição (Xiao et al., 2017). Contudo, o filo *Proteobacteria* pode

ser dominante tanto quanto o *Firmicutes*, devido aos desafios sanitários e nutricionais (Waite e Taylor 2015).

Os microrganismos que compõe a microbiota intestinal são imprescindíveis na saúde da ave, pois esse meio microbiológico determina maior parte dos nutrientes a serem absorvidos ao seu organismo. Os aditivos acrescidos na dieta das aves influenciaram a microbiota presente no intestino, o orégano em pó (1% e 2%) aumenta o filo *Firmicutes* (Bauer et al., 2019b), a concentração de 1% em avaliação *in vitro* influencia a abundância de *Firmicutes* (mais abundante), *Proteobacteria*, *Actinobacteria*, *Bacteroidetes*, *Tenericutes* e *Spirochaetes* da microbiota cecal de galos (Bauer et al., 2019a). Outro aditivo natural como a chicória (*Cichorium intybus*) em pó (16,7g/kg) diluída em solução aquosa na dieta de codornas aumentou *Firmicutes* e *Actinobacteria* e diminuiu a população de *Proteobacteria* (Bian et al., 2020).

Os aditivos fitogênicos *in natura* melhoram o ambiente no lúmen intestinal devido sua influência sob o crescimento de bactérias benéficas, como por exemplo, o pó do caule e folha de *Astragalus membranaceus* (3%) aumenta o filo *Firmicutes* e reduz bactérias do filo *Proteobacteria* em codornas japonesas (Guo et al., 2019). O pó do alcaçuz (*Glycyrrhiza glabra*) (750 e 1000mg/kg) beneficiou a população microbiana do filo *Firmicutes* e reduz o filo *Proteobacteria* (Reda et al., 2021). Os estudos com os aditivos naturais na dieta de codornas japonesas beneficiaram a composição da microbiota benéfica no lúmen intestinal, o que corrobora com os resultados obtidos no presente experimento.

Dentre os microrganismos identificados que compuseram a microbiota do intestino delgado das codornas japonesas do presente estudo, a ordem *Lactobacillales* foi responsável por mais de 70% da taxonomia total identificada. No presente estudo, o orégano desidratado (0,5%) foi o aditivo que mais beneficiou seu crescimento, o orégano

em pó (1%) também possui ação benéfica sob o crescimento de *Lactobacillales* na microbiota cecal *in vitro* de galos (Bauer et al., 2019a).

Classes como: *Clostridia*, *Bacteroidia*, *Epsilonproteobacteria*, *Negativicutes* e *Bacilli* foram identificadas na microbiota intestinal de galinhas por influência da *Bidens pilosa* (5%) em pó como aditivo fitogênico diluída em 2mL de água estéril. A *Bidens pilosa* reduziu bactérias patogênicas oportunistas, aumentou as vilosidades intestinais e diminuiu o comprimento da cripta do intestino lesionado (Chang et al., 2016).

A diversidade das bactérias pode ser facilmente modificada de acordo com a dieta que o animal recebe (Xiao et al., 2017). Houve pouco crescimento de *Bifidocateriaceae*, o carvacrol presente no orégano pode ser a causa da sua redução, devido ao composto químico possuir ação antibiótica (Bauer et al., 2019b). O orégano em pó (1%) aumenta *Lactobacillus* spp. e reduz em 60% a abundância de *Streptococcus* na avaliação *in vitro* (Bauer et al., 2019a). Os gêneros *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Megamonas*, *Bacillus*, *Faecalibacterium*, *Alistipes*, entre outros foram identificados na microbiota intestinal de codornas japonesas alimentadas com milho, grão e óleo de soja sem adição de aditivos naturais (Du et al., 2020).

O uso de chicória (*Cichorium intybus*) (16,7g/kg, 13,3g/kg e 6,6g/kg) nas dietas provocou um ambiente propício para multiplicação de *Bifidobacterium* no lúmen intestinal de codornas japonesas. A abundância de bifidobactérias no intestino da ave reflete em uma microbiota saudável, além de reduzir os patógenos por diminuição do pH intestinal e a translocação bacteriana, diminuindo o status inflamatório do intestino (Bian et al., 2020). A comunidade bacteriana presente no intestino das aves produz ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) (acetato, propionato, butirato, isobutirato e valerato) que possuem ação positiva sobre o organismo. A presença dos AGCC pode está correlacionada com os gêneros *Faecalibacterium*, *Alistipes*, *Bacteroides*,

Parabacteroides, *Blautia*, *Clostridium IV*, *Desulfovibrio*, *Anaerostipes* e *Clostridium XIVb* (Du et al., 2020).

O orégano em pó (1%) aumenta a produção de ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato, propionato, valerato e isobutirato), fornecendo energia às células intestinais e melhorando a atividade antimicrobiana contra patógenos da microbiota intestinal das aves (Bauer et al., 2019a). Os *Lactobacillus* spp. produzem ácidos graxos de cadeia curta, além do ácido acético, láctico e succínico (Mookiah et al., 2014). O desequilíbrio nutricional e a disbiose induz os patógenos a promover lesões nos enterócitos e rompimento das junções do epitélio intestinal. Os aditivos fitogênicos possuem ação contra os danos da mucosa intestinal ocasionado pelas lesões provocadas por patógenos oportunistas, devido ao potencial efeito antibiótico, antioxidante e anti-inflamatório, restaurando a morfologia intestinal (Bian et al., 2020).

O orégano em pó (5%) melhorou significativamente o desempenho de crescimento de frangos de corte, aumentou o peso corporal, o ganho médio diário e a conversão alimentar e o peso dos órgãos linfoides (Ampode e Mendoza 2022). O extrato aquoso de orégano expande a reatividade das células caliciformes e os glicoconjugados envolvidos nas ações indiretas de defesa e diminuem *Escherichia coli* (Scocco et al., 2017).

Os *Lactobacillus* spp. são bactérias benéficas que fazem parte da microbiota intestinal das codornas, também utilizadas como probiótico na dieta das aves para um melhor desempenho e modulação da microbiota intestinal. Bactérias oportunistas como as *Proteobacteria*, nas quais em situações propícias podem ser patogênicas, foram reduzidas com a suplementação de bacitracina de zinco, 0,5% de canela em pó e 0,5% de orégano desidratado. O orégano (0,2, 0,3 e 0,6µg/ml) possui ação contra a *Escherichia coli* devido a mutações missense nos genes responsáveis por mecanismos de

sobrevivência em condições desfavoráveis e resistência múltipla a antibióticos em avaliação *in vitro* (Al-Mnaser e Woodward 2020).

O orégano como aditivo fitogênico na dieta de codornas japonesas reduz a abundância de diversos patógenos e beneficia a multiplicação de bactérias consideradas benéficas (Bauer et al., 2019b). A população reduzida de *Lactobacillus* spp. expõe o epitélio intestinal a danos causados por bactérias patogênicas (Wilkinson et al., 2020). A espécie *Lactobacillus salivarius* reduz o patógeno *Campylobacter jejuni* da microbiota intestinal das aves (Saint-Cyr et al., 2017). Os *Lactobacillus salivarius* promovem a saúde por aprimorar o sistema imunológico, ameniza a inflamação pulmonar induzida pelo *Mycoplasma gallisepticum* e lesões secundárias pela *Escherichia coli* (Wang et al., 2021).

Os *Lactobacillus salivarius* reduzem o processo inflamatório intestinal (Sureshkumar et al., 2021) e aumentam a resposta imunológica após imunização contra doença de gumboro (Wang et al., 2020). As espécies *Lactobacillus reuteri* e *Lactobacillus salivarius* aumentam a fagocitose dos macrófagos (Quinteiro-Filho et al., 2015). As cepas *Lactobacillus reuteri*, *Lactobacillus salivarius* e *Lactobacillus acidophilus* determinam a resposta imune na forma de infiltrado leucocitário por linfócitos T no intestino de pintainhos (Noujaim et al., 2008).

O metabolismo das aves possui influência da cepa *Lactobacillus salivarius* por diminuir colesterol total, *Low Density Lipoprotein* (LDL) e triglicerídeos. Ainda há um decréscimo das enzimas bacterianas cecais prejudiciais (β -glucosidase e β -glucuronidase), aumento dos vilos intestinais e redução das profundidades das criptas pelos *Lactobacillus* spp. e *Bifidobacterium* spp. (Shokryazdan et al., 2017).

As propriedades funcionais dos compostos dos aditivos fitogênicos possuem relevância sobre o equilíbrio entre a microbiota e a saúde intestinal. A qualidade e os compostos químicos dos aditivos podem influenciar a microbiota e a resposta

imunológica. Os aditivos fitogênicos utilizados nas rações podem apresentar variações consideráveis em sua composição química, devido as influências das condições climáticas, local, estágio de colheita ou condições de armazenamento. Sendo assim, podem conter diferenças de eficácia entre os produtos fitogênicos da mesma planta, principalmente por qualidade em sua composição química (Applegate et al., 2010); (Kers et al., 2018).

Os compostos fitoquímicos geralmente encontrados nas espécies de *Cinnamomum* englobam o eugenol, b-cariofileno, cânfora, linalol, α -pineno, acetato de cinamila, α -felandreno, cinamaldeído (principal), limoneno, benzaldeído, carvacrol e β -cariofileno (Lima et al., 2005). O cinamaldeído estimula os linfócitos do baço, induz maior proliferação celular, inibi o crescimento de células tumorais e da *Eimeria tenella*, aumenta os níveis de transcritos de interleucinas (IL-1 β , IL-6 e IL-15) e interferon- γ em linfócitos intestinais (Lee et al., 2011). Ainda, protege a mucosa intestinal estimulando a secreção de enzimas antioxidantes, possui ações anti-inflamatórias e antimicrobianas, além de possui efeito coccidiostático contra *Eimeria máxima* e *Eimeria acervulina* (Galli et al., 2020); (Sivakami et al., 2020).

O α -copaeno presente na canela possui ação antioxidante (Türkez et al., 2014), o carvacrol encontrado tanto na canela quanto no orégano aumenta as vilosidades intestinais, preserva a morfologia do epitélio e mucosa intestinal, mantendo sua integridade (Bauer et al., 2019b). O 4-Thujanol possui ação antibiótica contra bactérias gram-positivas e gram-negativas (Schmidt et al., 2012), o terpinoleno tem ação antioxidante (Menezes et al., 2021), o *p*-cimeno e γ -terpineno são terpenoides e demonstraram ter efeitos antifúngicos, antiparasitárias, antioxidantes e antimicrobianas (Agliassa e Maffei, 2018).

O metabolismo microbiano no trato gastrointestinal permite que a ave consiga digerir com eficiência sua dieta com um tempo de trânsito alimentar mais curto quando comparado aos mamíferos. A disbiose da microbiota intestinal de codornas japonesas pode resultar em um aumento da suscetibilidade à colonização de patógenos (Du et al., 2020). Portanto, diferentes aditivos são utilizados para o controle e reparo do desequilíbrio microbiano intestinal, os antimicrobianos por exemplo, possuem tal ação e melhoram o desempenho. A bacitracina é um antibiótico peptídico bacteriostático produzida por várias cepas de *Bacillus licheniformis*, a bacitracina A é a mais ativa contra bactérias gram-positivas. Por conseguinte, inibem o crescimento bacteriano prevenindo a desfosforilação do pirofosfato (bactoprenol), essencial para a síntese da parede celular (Harwood et al., 2018).

A bacitracina de zinco afeta negativamente o crescimento de bactérias intestinais patogênicas, como *Escherichia coli* e *Clostridium perfringens* enquanto melhora a saúde intestinal, desempenho e crescimento em galinhas e frangos de corte (Casewell et al., 2003); (Thema et al., 2019). Estudos comprovam a sua ação contra o crescimento coliformes no íleo de frangos de corte, aumento da atividade de amilase e lipase e da população de *Lactobacillus salivarius*, diminuição da profundidade da cripta e aumento dos vilos intestinais (Engberg et al., 2000); (Crisol-Martínez et al., 2017); (Akbarian et al., 2019).

Os efeitos da nutrição de precisão no microbioma das aves para a melhoria do desempenho, prevenção de doenças infecciosas entéricas ou aumento das funções fisiológicas requer melhor entendimento devido a complexidades dos eixos dieta-microbioma-hospedeiro (Cruz et al., 2022); (Kogut, 2022). A modulação das comunidades microbianas *in ovo* e em pintainhos tendendo a colonização bacteriana

benéfica pode melhorar a saúde e a produtividade das aves, além de refinar a resposta imunológica (Rodrigues, 2022).

CONCLUSÃO

O intestino delgado das codornas japonesas possuiu uma alta diversidade e riqueza de espécie devido a análise única do trato digestivo. O uso do orégano desidratado (0,5%) nas rações proporcionou grupos bacterianos intestinais similares àqueles verificados com o uso de bacitracina de zinco. Desse modo, o referido aditivo fitogênico pode substituir ao antimicrobiano promotor de crescimento nas rações.

A canela em pó com o nível de 0,5% inibiu patógenos como a *Escherichia coli* e *Campylobacter jejuni*. A caracterização da microbiota intestinal de codornas japonesas saudáveis submetidas a dietas contendo aditivos fitogênicos pode ajudar a compreender as alterações da microbiota relacionadas aos estados fisiológicos e patológicos do trato digestivo inferior.

REFERÊNCIAS

Agliassa, C e Maffei, ME 2018. *Origanum vulgare* Terpenoids Induce Oxidative Stress and Reduce the Feeding Activity of *Spodoptera littoralis*. Int J Mol Sci 19(9): 2805. <https://doi.org/10.3390/ijms19092805>

Akbaryan, M; Mahdavi, A; Jebelli-Javan, A; Staji, H e Darabighane, B 2019. A comparison of the effects of resistant starch, fructooligosaccharide, and zinc bacitracin on cecal short-chain fatty acids, cecal microflora, intestinal morphology, and antibody titer against Newcastle disease virus in broilers. Comparative Clinical Pathology, 28(3), 661–667. <https://doi.org/10.1007/s00580-019-02936-9>

Al-Mnaser AA e Woodward MJ 2020. Sub-lethal Concentrations of Phytochemicals (Carvacrol and Oregano) Select for Reduced Susceptibility Mutants of *Escherichia coli* O23:H52. Pol J Microbiol 69(1):1-5. <https://doi.org/10.33073/pjm-2020-003>

Ampode, KMB e Mendoza, FC 2022. Oregano (*Origanum vulgare* Linn.) Powder as Phytobiotic Feed Additives Improves the Growth Performance, Lymphoid Organs, and Economic Traits in Broiler Chickens. Advances in animal and veterinary sciences 10(2): 434-441. <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.2.434.441>

Applegate, TJ; Klose, V; Steiner, T; Ganner, A e Schatzmayr, G 2010. Probiotics and phytonutrients for poultry: Myth or reality? *Journal of Applied Poultry Research* 19: 194-210. <https://doi.org/10.3382/japr.2010-00168>

Bauer BW, Gangadoo S, Bajagai YS, Van TTH, Moore RJ, Stanley D 2019a. Oregano powder reduces *Streptococcus* and increases SCFA concentration in a mixed bacterial culture assay. *PLoS One* 14(12):e0216853. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0216853>

Bauer, BW; Radovanovic, A; Willson, Nicky-Lee; Bajagai,YS; Van, TTH; Moore, RJ e Stanley, D 2019b. Oregano: A potential prophylactic treatment for the intestinal microbiota. *Heliyon* 5: e02625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02625>

Bian, M; Wang, J; Wang, Y; Nie, A; Zhu, C; Sun, Z; Zhou, Z e Zhang, B 2020. Chicory ameliorates hyperuricemia via modulating gut microbiota and alleviating LPS/TLR4 axis in quail. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 131: 110719. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.110719>

Casewell, M; Friis, C; Marco, E; McMullin, P e Phillips, I 2003. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy* 52(2): 159–161. <https://doi.org/10.1093/jac/dkg313>

Chang CLT, Chung Chih-Yao, Kuo Chih-Horng, Kuo Tien-Fen, Yang Chu-Wen, Yang Wen-Chin 2016. Beneficial Effect of *Bidens pilosa* on Body Weight Gain, Food Conversion Ratio, Gut Bacteria and Coccidiosis in Chickens. *PLoS ONE* 11 (1): e0146141. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146141>

Christoff, AP 2017. Bactérias DMD: estimando a relacionada de microrganismos. Neoprospecta Microbime Technologies. Disponível em: <<http://neoprospecta.com>>. Acesso em: 10 mai 2021.

Christoff, AP 2018. Bactérias DMD: Identificação de matérias por sequenciamento de DNA. Neoprospecta Microbime Technologies, SA. Disponível em: <www.neoprospecta.com>. Acesso em: 10 mai 2021.

Crisol-Martínez, E; Stanley, D; Geier, MS; Hughes, RJ e Moore, RJ 2017. Understanding the mechanisms of zinc bacitracin and avilamycin on animal production: linking gut microbiota and growth performance in chickens. *Applied Microbiology Biotechnology* 101(11): 4547-4559. <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8193-9>

Cruz, LCF; Costa, TF; Sampaio, SA; Silva, NGD; Abreu, JM; Borges, KF; Sales, GM; Alexandrino, SLA; Santos, FR e Minafra, CS 2022. Microbioma intestinal das aves e sua importância. *Research, Society and Development* 11(2): e22411225583. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25583>

De La Torre, JE; Gassara, F; Kouassi, AP; Brar, SK e Belkacemi, K 2017. Spice use in food: Properties and benefits. *Crit Rev Food Sci Nutr* 13: 1078-1088. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2013.858235>

Dorri, M; Hashemitabar, S e Hosseinzadeh, H 2018. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) as an antidote or a protective agent against natural or chemical toxicities: a review. *Drug Chem Toxicol* 41: 338-351. <https://doi.org/10.1080/01480545.2017.1417995>

Du, X; Xiang, Y; Lou, F; Tu, P; Zhang, X; Hu, X; Lyu, W e Xiao, Y 2020. Microbial Community and Short-Chain Fatty Acid Mapping in the Intestinal Tract of Quail. *Animals (Basel)*10(6): 1006. <https://doi.org/10.3390/ani10061006>

El-Hack, MEA; Alagawany, M; Abdel-Moneim, E; Mohammed, NG; Khafaga, AF; Bin-Jumah, M; Othman, SI; Allam, AA e Elnesr, SS 2020. Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) Oil as a Potential Alternative to Antibiotics in Poultry. *Antibiotics (Basel)* 9): 210. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9050210>

Engberg, RM; Hedemann, MS; Leser, TD e Jensen, BB 2000. Effect of zinc bacitracin and salinomycin on intestinal microflora and performance of broilers. *Poultry Science* 79(9): 1311-1319. <https://doi.org/10.1093/ps/79.9.1311>

Feitosa, TJO; Silva, CE; Souza, RG; Lima, CDS; Gurgel, AC; Oliveira, LLG; Nóbrega, JGS; Carvalho Jr, JEM; Melo, FO; Santos, WBM; Feitosa, TO; Costa, TF; Brandão, PA e Minafra, CS 2020. Microbiota intestinal das aves de produção: revisão bibliográfica. *Research, Society and Development* 9: e42952779. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i5.2779>

Galli, GM; Petrolli, TG; Aniecevski, E; Santos, AD; Leite, F; Griss, LG; Dazuk, V; Boiago, MM; Santos, HV; Simões, CADP; Wagner, R; Bissacotti, BF; Schentiger, MR e Silva, AS 2020. Phytogetic blend protective effects against microbes but affects health and production in broilers. *Microb Pathog* 152: 104590. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2020.104590>

Guo, L; Hua, J; Luan, Z; Xue, P; Zhou, S; Wang, X e Qin, N 2019. Effects of the stems and leaves of *Astragalus membranaceus* on growth performance, immunological parameters, antioxidant status, and intestinal bacteria of quail. *Anim Sci J* 90(6): 747-756. <https://doi.org/10.1111/asj.13213>

Harwood, CR; Mouillon, Jean-Marie; Pohl, S e Arnau J 2018. Secondary metabolite production and the safety of industrially important members of the *Bacillus subtilis* group. *FEMS Microbiology Reviews* 42(6): 721–738. <https://doi.org/10.1093/femsre/fuy028>

Hashemi, SR e Davoodi, H 2011. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Vet Res Commun* 35: 169-180. <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9458-2>

Jin, X; Huang, G; Luo, Z; Hu, Y e Liu, D 2022. Oregano (*Origanum vulgare* L.) Essential Oil Feed Supplement Protected Broilers Chickens against *Clostridium perfringens* Induced Necrotic Enteritis. *Agriculture* 12(1): 18. <https://doi.org/10.3390/agriculture12010018>

Kers JG, Velkers FC, Fischer EAJ, Hermes GDA, Stegeman JA, Smidt H 2018. Host and Environmental Factors Affecting the Intestinal Microbiota in Chickens. *Front Microbiol* 9:235. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00235>

Kogut, MH 2022. Role of diet-microbiota interactions in precision nutrition of the chicken: facts, gaps, and new concepts. *Poultry Science* 101(3): 101673. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101673>

Lee, SH; Lillehoj, HS; Jang, SI; Lee, KW; Seon, PM; Bravo, D; Lillehoj, EP 2011. Cinnamaldehyde enhances in vitro parameters of immunity and reduces in vivo infection against avian coccidiosis. *Br Journal Nutrition* 106(6):862-9. <http://10.1017/S0007114511001073>

Lima, MP; Zoghbi, MGB; Andrade, EHA; Silva, TMD e Fernandes, CS 2005. Constituintes voláteis das folhas e dos galhos de *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). *Química • Acta Amazonica* 35(3): 363-366. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000300009>

Manafi, M; Hedayati, M e Khalaji, S 2016. Effectiveness of Phytogetic Feed Additive as Alternative to Bacitracin Methylene Disalicylate on Hematological Parameters, Intestinal Histomorphology and Microbial Population and Production Performance of Japanese Quails. *Asian-Australas Journal Animal Science* 29: 1300-1308. <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.16.0108>

Menezes, IO; Scherf, JR; Martins, AOBPB; Ramos, AGB; Quintans, JSS; Coutinho, HDM; Ribeiro-Filho, J e Menezes IRA 2021. Biological properties of terpinolene evidenced by in silico, in vitro and in vivo studies: A systematic review. *Phytomedicine* 93: 153768. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153768>.

Mookiah S, Sieo CC, Ramasamy K, Abdullah N, Ho YW 2014. Effects of dietary prebiotics, probiotic and synbiotics on performance, caecal bacterial populations and caecal fermentation concentrations of broiler chickens. *Journal Science Food Agric* 94(2):341-8. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.6365>

Noujaim JC, Andreatti Filho RL, Lima ET, Okamoto AS, Amorim RL, Torres Neto R 2008. Detection of T Lymphocytes in Intestine of Broiler Chicks Treated with *Lactobacillus* spp. and Challenged with *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis. *Poltry Science* 87(5): 927-933. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00476>

Pirgozliev, V; Mansbridge, SC; Rose, SP; Lillehoj, HS e Bravo, D 2019. Immune modulation, growth performance, and nutrient retention in broiler chickens fed a blend of phytogetic feed additives. *Poultry Science* 98: 3443-3449. <https://doi.org/10.3382/ps/pey472>

Qaid, MM; Al-Mufarrej, SI; Azzam, MM; Al-Garadi, MA; Alqhtani, AH; Al-Abdullatif, AA; Hussein, EO e Suliman, GM 2022. Dietary Cinnamon Bark Affects Growth Performance, Carcass Characteristics, and Breast Meat Quality in Broiler Infected with *Eimeria tenella* Oocysts. *Animals* 12(2): 166. <https://doi.org/10.3390/ani12020166>

Quinteiro-Filho WM, Brisbin JT, Hodgins DC, Sharif S 2015. *Lactobacillus* and *Lactobacillus* cell-free culture supernatants modulate chicken macrophage activities. Research Vet Science 103:170-5. <https://10.1016/j.rvsc.2015.10.005>

Reda, FM; El-Saadony, MT; El-Rayes, TK; Farahat, M; Attia, G e Alagawany, M 2021. Dietary effect of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) on quail performance, carcass, blood metabolites and intestinal microbiota. Poultry Science 101266. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101266>

Richter, M; Rosselló-Móra, R; Glöckner, FO e Peplies, J 2015. JSpeciesWS: a web server for prokaryotic species circumscription based on pairwise genome comparison. Bioinformatics 32(6): 929-931. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btv681>

Rodrigues, DR 2022. Role of Early Life Intestinal Microbiota in Modulating Immunity in Broiler Chickens. In: Kogut M.H., Zhang G. (eds) Gut Microbiota, Immunity, and Health in Production Animals. The Microbiomes of Humans, Animals, Plants, and the Environment, vol 4. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90303-9_11

Rostagno, HS; Albino, LF; Hannas, MI; Donzele, JL; Sakomura, NK; Perazzo, FG; Saraiva, A; Abreu, MLT; Rodrigues, PB; Oliveira, RF; Barreto, SLT e Brito, CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4.ed. Viçosa: UFV, 2017.

Saint-Cyr MJ, Haddad N, Taminiau B, Poezevara T, Quesne S, Amelot M, Daube G, Chemaly M, Dousset X, Guyard-Nicodème M 2017. Use of the potential probiotic strain *Lactobacillus salivarius* SMXD51 to control *Campylobacter jejuni* in broilers. Int Journal Food Microbiol 247:9-17. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.07.003>

Sivakami, M; Devi, KR; Renuka, R e Thilagavathi, T 2020. Green synthesis of magnetic nanoparticles via *Cinnamomum verum* bark extract for biological application. Journal of Environmental Chemical Engineering 8: 104420. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104420>

Scocco P, Forte C, Franciosini MP, Mercati F, Casagrande-Proietti P, Dall'Aglio C, Acuti G, Tardella FM, Trabalza-Marinucci M 2017. Gut complex carbohydrates and intestinal microflora in broiler chickens fed with oregano (*Origanum vulgare* L.) aqueous extract and vitamin E. J Anim Physiol Anim Nutr (Berl) 101(4):676-684. <https://doi.org/10.1111/jpn.12588>

Schmidt, E; Wanner, J; Höferl, M; Jirovetz, L; Buchbauer, G; Gochev, V; Girova, T; Stoyanova, A e Geissler, M 2012. Chemical Composition, Olfactory Analysis and Antibacterial Activity of *Thymus vulgaris* Chemotypes Geraniol, 4-Thujanol/Terpinen-4-ol, Thymol and Linalool Cultivated in Southern France. Natural Product Communications 7(8): 1095-1098. <https://doi.org/10.1177/1934578X1200700833>

Shokryazdan P, Jahromi MF, Liang JB, Ramasamy K, Sieo CC, Ho YW 2017. Effects of a *Lactobacillus salivarius* mixture on performance, intestinal health and serum lipids of

broiler chickens. PLoS One 12(5):e0175959.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0175959>

Singh, N; Rao, AS; Nandal, A; Kumar, S; Yadav, SS; Ganaie, AS e Narasimhan, B 2021. Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J. Presl-a versatile spice used in food and nutrition. Food Chem 338: 127773.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127773>

Su, H; McKelvey, J; Rollins, D; Zhang, M; Brightsmith, DJ; Derr, J e Zhang, S 2014. Cultivable Bacterial Microbiota of Northern Bobwhite (*Colinus virginianus*): A New Reservoir of Antimicrobial Resistance? Plos One 9: e99826. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099826>

Sureshkumar S, Lee HC, Jung SK, Kim D, Oh KB, Yang H, Jo YJ, Lee HS, Lee S, Byun SJ 2021. Inclusion of *Lactobacillus salivarius* strain revealed a positive effect on improving growth performance, fecal microbiota and immunological responses in chicken. Arch Microbiol 203(2):847-853. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-02088-3>

Thema, K; Mlambo, V; Snyman, N e Mnisi, CM 2019. Evaluating Alternatives to Zinc-Bacitracin Antibiotic Growth Promoter in Broilers: Physiological and Meat Quality Responses. Animals 9(12): 1160. <https://doi.org/10.3390/ani9121160>

Türkez, H; Celik, K e Toğar, B 2014. Effects of copaene, a tricyclic sesquiterpene, on human lymphocytes cells in vitro. Cytotechnology 66(4):597-603.
<https://doi.org/10.1007/s10616-013-9611-1>.

Waite, DW e Taylor, M 2015. Exploring the avian gut microbiota: current trends and future directions. Frontiers in Microbiology 6: 673.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00673>

Wang, J; Ishfaq, M; Guo, Y; Chen, C; Li J 2020. Assessment of Probiotic Properties of *Lactobacillus salivarius* Isolated From Chickens as Feed Additives. Front Vet Science 7:415. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00415>

Wang J, Ishfaq M, Li J 2021. *Lactobacillus salivarius* ameliorated *Mycoplasma gallisepticum*-induced inflammatory injury and secondary *Escherichia coli* infection in chickens: Involvement of intestinal microbiota. Vet Immunol Immunopathol 233:110192. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2021.110192>

Wei S, Morrison M, Yu Z 2013. Bacterial census of poultry intestinal microbiome. Poultry Science 92(3):671-83. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02822>.

Wilkinson, N; Hughes, RJ; Aspden, WJ; Chapman, J; Moore, RJ e Stanley, D 2016. The gastrointestinal tract microbiota of the Japanese quail, *Coturnix japonica*. Appl Microbiol Biotechnol 100: 4201-4209. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-7280-z>

Wilkinson N, Hughes RJ, Bajagai YS, Aspden WJ, Van TTH, Moore RJ, Stanley D 2020. Reduced environmental bacterial load during early development and gut colonisation has

detrimental health consequences in Japanese quail. *Heliyon* 6(1): e03213. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03213>

Xiao, Y; Xiang, Y; Zhou, W; Chen, J; Li, K e Yang, H 2017. Microbial community mapping in intestinal tract of broiler chicken. *Poultry Science* 96: 1387-1393. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pew372>

Yang, Q; Stewart, SN e Zhang, G 2022. Gut Microbiome and Poultry Health. In: Kogut MH, Zhang G. (eds) *Microbiota intestinal, imunidade e saúde em animais de produção. Os Microbiomas de Humanos, Animais, Plantas e Meio Ambiente*, vol 4. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-90303-9_5