

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA**

Caroline Gomes Azevedo

Zootecnista

**EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS E GLICERÍDEOS DE
ÁCIDO BUTÍRICO SOBRE O DESEMPENHO E AS
CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA CARNE DE
FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS À DESAFIO DE
COCCIDIOSE**

Dracena

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA (UNESP)
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLÓGICAS
CAMPUS DE DRACENA

Caroline Gomes Azevedo

Zootecnista

**EFEITO DE ÓLEOS ESSENCIAIS E GLICERÍDEOS DE
ÁCIDO BUTÍRICO SOBRE O DESEMPENHO E AS
CARACTERÍSTICAS QUALITATIVAS DA CARNE DE
FRANGOS DE CORTE SUBMETIDOS À DESAFIO DE
COCCIDIOSE**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Tecnológicas – Unesp,
Câmpus de Dracena como parte das exigências
para obtenção do título de Mestre em Ciência e
Tecnologia Animal.

Orientadora: Profa. Assoc. Valquíria Cação Cruz-Polycarpo

Dracena

2024

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvida pela Seção Técnica de Biblioteca e Documentação
Campus de Dracena

A994e

Azevedo, Caroline Gomes

Efeito de óleos essenciais e glicerídeos de ácido butírico sobre o desempenho e as características qualitativas da carne de frangos de corte submetidos à desafio de coccidiose / Caroline Gomes Azevedo. -- Dracena: [s.n.], 2024.

73 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Dracena. Área do conhecimento: Produção Animal, 2024.

Orientadora: Valquíria Cação Cruz-Polycarpo

1. Ácidos orgânicos. 2. Ecologia microbiana. 3. Essências e óleos essenciais. 4. Extratos vegetais. 5. Peroxidação de lipídeos. I. Título.

Bibliotecário Fábio S. Rosas
CRB 8/6665

IMPACTO ESPERADO NA SOCIEDADE

A pesquisa destaca a necessidade de restringir a utilização de antimicrobianos, buscando fontes que sejam naturais e que melhorem a saúde dos animais, mantendo a capacidade dos frangos em converter sua alimentação em melhor produção de carne, ou seja, uma excelente conversão alimentar e visar melhorias nas características qualitativas da carne. O uso a longo prazo de antibióticos na suplementação das dietas das aves tem preocupado, devido ao surgimento e disseminação de bactérias resistentes a antibióticos, fazendo com que haja uma restrição desse aditivo. Diversas alternativas naturais aos antibióticos melhoradores de desempenho têm se mostrado eficazes, auxiliando a melhorar a produção e a saúde gastrointestinal das aves, como: probióticos, prebióticos, simbióticos, ácidos orgânicos, enzimas, imunoestimulantes e fitogênicos.

EXPECTED IMPACT ON SOCIETY

The research highlights the need to restrict the use of antimicrobials, seeking sources that are natural and that improve the health of animals, maintaining the chickens' ability to convert their feed into better meat production, that is, an excellent feed conversion and aiming for improvements on the qualitative characteristics of the meat. The long-term use of antibiotics in supplementing poultry diets has caused concern due to the emergence and spread of antibiotic-resistant bacteria, leading to restrictions on this additive. Several natural alternatives to performance-enhancing antibiotics have proven effective, helping to improve the production and gastrointestinal health of birds, such as: probiotics, prebiotics, synbiotics, organic acids, enzymes, immunostimulants and phytogenics.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito de óleos essenciais e glicerídeos de ácido butírico sobre o desempenho e as características qualitativas da carne de frangos de corte submetidos à desafio de coccidiose

AUTORA: CAROLINE GOMES AZEVEDO

ORIENTADORA: VALQUIRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Ciências, pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 VALQUIRIA CAÇAO CRUZ POLYCARPO
Data: 12/07/2024 19:20:08 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Assoc. VALQUIRIA CAÇÃO CRUZ-POLYCARPO (Participação Virtual)
Departamento de Produção Animal - DPA / Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas de Dracena - FCAT
- UNESP - Câmpus de Dracena

Documento assinado digitalmente
 RODRIGO GAROFALLO GARCIA
Data: 11/07/2024 15:24:20 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. RODRIGO GARÓFALLO GARCIA (Participação Virtual)
Faculdade de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD - Dourados/MS

Documento assinado digitalmente
 MARIA FERNANDA DE CASTRO BURBARELLI
Data: 12/07/2024 18:39:40 -0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. MARIA FERNANDA DE CASTRO BURBARELLI (Participação Virtual)
Faculdade de Ciências Agrárias / Universidade Federal da Grande Dourados - UFGD - Dourados/MS

Dracena, 10 de julho de 2024.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Caroline Gomes Azevedo, nascida em 23 de fevereiro de 1999, na cidade de Junqueirópolis/SP. Iniciou a graduação no ano de 2017. Em maio de 2019 ingressou no grupo PET (Programa de Educação Tutorial) como não bolsista, e a partir de setembro de 2019 se tornou bolsista, permanecendo no grupo até fevereiro de 2020. Em 2019 também realizou o Programa de Treinamento Técnico na área de Avicultura, sob a supervisão da Profa. Associada Valquíria Cação Cruz-Polycarpo, assim permanecendo no grupo para auxílio de outros experimentos que foram realizados até o final da graduação. Durante o período, sob orientação da Profa. Associada Valquíria Cação Cruz-Polycarpo, ocorreu o desenvolvimento de sua iniciação científica, registrada como PIBIC com bolsa. Em janeiro de 2022 iniciou seu estágio na Agrocères PIC, permanecendo até no mês de maio do mesmo ano. Finalizou o curso de Zootecnia em agosto de 2022. Logo após, deu início na Pós-Graduação na categoria de mestrado acadêmico em Ciência e Tecnologia Animal – UNESP / Interunidades, campus de Dracena e Ilha Solteira.

DEDICATÓRIA

À minha mãe Nilza P. Gomes Azevedo, meu pai Altair P. Azevedo e meu irmão Maurício G. Azevedo, que me acompanharam e me possibilitaram mais essa conquista, foram e são fundamentais para a minha vida pessoal e profissional.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me permitir estar passando por essa etapa, que é só o começo de uma jornada, colocando muitas pessoas especiais em meu caminho, me fortalecendo, ensinando, guiando e ajudando a ser cada dia uma pessoa melhor.

A minha imensa gratidão a toda minha família, em especial a minha mãe Nilza Pereira Gomes Azevedo, que é minha grande companheira, amiga e que esteve presente até nas minhas atividades acadêmicas, e ao meu pai Altair Pereira de Azevedo, por serem o motivo de minhas inspirações, e por ajudar a me tornar a pessoa que sou hoje. Sempre estiveram presentes, apoiando, dando forças para que eu continuasse essa etapa, dando suporte e incentivo. E também ao meu irmão Maurício Gomes Azevedo e a minha cunhada Fernanda Beatriz Santos, que são grandes companheiros e incentivadores na minha vida.

Um agradecimento especial à minha orientadora Profa. Dra. Valquíria Cação Cruz-Polycarpo, por todas as oportunidades que me deu, por todos os conhecimentos passados, e sempre com muito carinho, paciência e compreensão. Sou muito grata e orgulhosa por ser orientada tanto na graduação como agora no mestrado, por ser uma professora excelente tanto profissionalmente, como pessoal.

Agradeço também a Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Câmpus de Dracena, que foi a peça chave para os meus estudos e experimentos, com toda sua infraestrutura, como o galpão experimental de frangos onde foi realizado o atual experimento.

Agradeço à todas as pessoas do administrativo, técnicos e todo corpo docente da instituição, que acolhem tão bem os alunos.

Obrigada aos membros da banca que aceitaram o convite para participar desse momento tão importante, professores excelentes que disponibilizaram tempo para estarem presentes.

Ao LANSA (Laboratório de Nutrição e Saúde de aves) e NUCLEM (Núcleo de Estudos em Monogástricos), e todos os membros, que contribuíram através do companheirismo e aprendizado de cada um. Em especial, à Bárbara Fernanda da Silva Barbosa, Luana Albuquerque da Silva, Isabele Lanza Meidas, Layra Araújo Ferreira e o Igor Henrique Pepi Cotrim, que me ajudaram em todos os momentos que

precisei sem medirem esforços, e através da amizade que criamos deixaram as atividades do setor serem mais leves, com as nossas conversas e risadas.

À professora Cristiana Andrighetto e integrantes do seu laboratório, por disponibilizarem equipamentos, tempo e muita dedicação para me ajudarem nas análises. Sou muito grata por todo auxílio e aprendizado que adquiri.

Às minhas amigas de graduação: Beatriz de Jesus Rodrigues, Heloize Cardozo Fernandes, Jéssica Taynara Silva Praxedes e Lidiane de Souza Miranda. Criamos uma conexão desde o início da graduação e que vai permanecer para a vida! Elas sempre me apoiaram em momentos bons e ruins, nosso famoso grupo das Luluzinhas, que agora mesmo distantes nada mudou, continuaremos sempre conectadas.

Às minhas amigas da pós-graduação, Flávia Rodrigues Martinez, Julia Pachoreli Ferro Duarte, Laura Chuba Machado Rolniche, Kátia Lirian Rocha Souza e Lucila de Sousa Vilela, que tornaram os dias mais agradáveis durante as aulas e eventos, pois quando estamos juntas é só risada.

À FAPESP pelo apoio financeiro nº 2022/11701 – 9, para a realização do experimento.

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

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos
dia após dia.” (ROBERT COLLIER).

RESUMO

O uso inadequado de antibióticos como melhorador de desempenho contribui para a aparição de microrganismos resistentes, tornando-se um problema de saúde pública no mundo e levando à necessidade de novos aditivos que possam contribuir na superação de problemas entéricos, mantendo o desempenho das aves. Diante disso, conduziu-se o presente estudo para avaliar o efeito de óleos essenciais e do ácido butírico, combinados ou não, sobre o desempenho zootécnico, escore de lesão intestinal, contagem de oocistos e características qualitativas da carne de frangos de corte desafiados com vacina de coccidiose. Foram utilizados 900 pintos de corte machos *Cobb*[®], distribuídos em DIC, com cinco tratamentos: CN- Ração basal (RB), sem inclusão de aditivos; AT- RB com inclusão de avilamicina; OE- RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol (*blend*); AB- RB com inclusão de glicerídeos de ácido butírico; OE+AB- RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol + glicerídeos de ácido butírico, e cinco repetições. Aos 14 dias de idade, as aves foram submetidas ao desafio entérico, recebendo vacina anticoccidiana comercial contendo *Eimeria* spp. na dose de 20 vezes a recomendada pelo fabricante. Os resultados apontam que não foram observadas diferenças estatísticas entre tratamentos na viabilidade criatória, além do fator de produção ao final do estudo. Independente da fase, mesmo com menor consumo, frangos suplementados com aditivos ganharam mais peso (GPM), o que refletiu em melhores taxas de conversão alimentar (CA). Aves que não receberam qualquer aditivo, apresentaram os piores valores de GPM e CA, diferindo estatisticamente dos aditivos, inferindo que estes foram capazes de anular o efeito do desafio imposto. Na avaliação do escore de lesão intestinal não houve interação entre dietas e períodos analisados, nem efeito de dieta. Notou-se apenas diferença entre períodos sobre o escore causados por *E. acervulina*, *E. máxima* e *E. necatrix*, observando maiores picos de lesões aos 21 dias de idade. Houve interação entre dietas e períodos de coletas na contagem de oocistos por grama de fezes. Observa-se que quatro dias após a vacinação, a carga de oocistos aumentou nas excretas de todas as aves, permanecendo elevada até os 6 dias pós-vacinação. As características qualitativas da carne aos 21 dias de idade: força de cisalhamento, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção, cor, pH e oxidação lipídica, variaram entre dietas apenas quanto a oxidação lipídica, em que o fornecimento da avilamicina e dos aditivos proporcionou menores teores de rancidez da carne. Já, aos 35 dias, nenhuma diferença estatística foi observada para essas variáveis qualitativas. Conclui-se que o *blend* de óleos essenciais e os glicerídeos de ácido butírico, combinados ou não, podem ser utilizados como alternativa à avilamicina, promovendo melhor desempenho, aumento da capacidade antioxidante e redução do número de oocistos nas excretas.

Palavras-chave: Ácidos orgânicos. Ecologia microbiana. Essências e óleos essenciais. Extratos vegetais. Peroxidação de lipídeos.

ABSTRACT

The inappropriate use of antibiotics as a performance enhancer contributes to the emergence of resistant microorganisms, becoming a public health problem worldwide and leading to the need for new additives that can contribute to overcoming enteric problems, maintaining bird performance. Therefore, the present study was conducted to evaluate the effect of essential oils and butyric acid, combined or not, on the zootechnical performance, intestinal injury score, oocyst count and qualitative characteristics of the meat of broiler chickens challenged with the vaccine. of coccidiosis. 900 male *Cobb*® broiler chicks were used, distributed in DIC, with five treatments: CN - Basal feed (RB), without inclusion of additives; AT- RB with inclusion of avilamycin; OE-RB with inclusion of cinnamaldehyde, carvacrol and thymol (*blend*); AB- RB with inclusion of butyric acid glycerides; OE+AB- RB with inclusion of cinnamaldehyde, carvacrol and thymol + butyric acid glycerides, and five repetitions. At 14 days of age, the birds were subjected to enteric challenge, receiving a commercial anticoccidial vaccine containing *Eimeria* spp. at a dose of 20 times that recommended by the manufacturer. The results indicate that no statistical differences were observed between treatments in breeding viability, in addition to the production factor at the end of the study. Regardless of the phase, even with lower consumption, chickens supplemented with additives gained more weight (GPM), which reflected in better feed conversion rates (FCR). Birds that did not receive any additive had the worst GPM and CA values, statistically differing from the additives, inferring that they were able to nullify the effect of the imposed challenge. When evaluating the intestinal injury score, there was no interaction between diets and periods analyzed, nor was there any effect of diet. There was only a difference between periods on the score caused by *E. acervulina*, *E. maxima* and *E. necatrix*, observing greater peaks of lesions at 21 days of age. There was an interaction between diets and collection periods in the count of oocysts per gram of feces. It was observed that four days after vaccination, the oocyst load increased in the excreta of all birds, remaining high until 6 days post-vaccination. The qualitative characteristics of the meat at 21 days of age: shear force, water retention capacity, cooking weight loss, color, pH and lipid oxidation, varied between diets only in terms of lipid oxidation, in which the supply of avilamycin and of the additives provided lower levels of rancidity in the meat. However, at 35 days, no statistical difference was observed for these qualitative variables. It is concluded that the *blend* of essential oils and butyric acid glycerides, combined or not, can be used as an alternative to avilamycin, promoting better performance, increasing antioxidant capacity and reducing the number of oocysts in excreta.

Keywords: Organic acids. Microbial ecology. Essences and essential oils. Plant extracts. Lipid peroxidation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Local de infecção para cada espécie de <i>Eimeria</i>	41
Figura 2 - Escores de lesão intestinal provocados por <i>Eimeria acervulina</i>	42
Figura 3 - Escores de lesão intestinal provocados por <i>Eimeria máxima</i>	42
Figura 4 - Escores de lesão intestinal provocados por <i>Eimeria tenella</i>	42
Figura 5 - Escores de lesão intestinal provocados por <i>Eimeria necatrix</i>	43
Figura 6 - Processo de preparação, pesagem, diluição e separação de sólidos e líquidos, sendo: A (Amostras separadas), B (Dois gramas da amostra pesada), C (28 mL de solução saturada de NaCl), D (Separação de sólidos e líquidos após a homogeneização e diluição).....	44
Figura 7 - A (Alíquota inserida na câmara de <i>MacMaster</i>), B (Microscópio óptico com objetiva de 10x), C (Oocistos do gênero <i>Eimeria</i> spp.).....	45
Figura 8 - Determinação do pH da carne com o uso do eletrodo de inserção (Hanna, HI 99163).....	46
Figura 9 - Etapas para determinação da capacidade de retenção de água.....	47
Figura 10 - Etapas para colocação das amostras em banho-maria a 85°C.....	47
Figura 11 - Amostras após 30 minutos no banho-maria, resfriamento e pesagem.....	48
Figura 12 - Amostras cortadas em sentido paralelo das fibras para mensurar a força de cisalhamento.....	48
Figura 13 - Procedimento para análise de determinação da força de cisalhamento...	49
Figura 14 - Leituras de reflectância de luz para determinação da cor da carne com o Colorímetro Konica Minolta (CR-400).....	50
Figura 15 - Etapas para a avaliação de oxidação lipídica, pela metodologia de TBARS.....	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais	39
Tabela 2 - Descrição dos períodos de coletas das excretas.	44
Tabela 3 - Desempenho semanal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com óleos essenciais e/ou glicerídeos de ácido butírico em alternativa à avilamicina.....	53
Tabela 4 - Escores de lesão no intestino de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com óleos essenciais e/ou glicerídeos de ácido butírico em alternativa à avilamicina aos 3, 5, 7, 9, 11 e 14 dias após vacina anticoccidiana (dAV) contendo diferentes espécies de <i>Eimeria</i> spp.....	55
Tabela 5 - Contagem de oocistos por grama de fezes antes da vacinação e aos 4, 5, 6, 7 e 14 dias após vacina anticoccidiana comercial (dAV) contendo diferentes espécies de <i>Eimeria</i> spp.....	56
Tabela 6 - Desdobramento da interação das diferentes dietas e períodos de coleta sobre a contagem de oocistos por grama de fezes.....	57
Tabela 7 - Características qualitativas da carne do peito de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com óleos essenciais e/ou glicerídeos de ácido butírico em alternativa à avilamicina.	59

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	16
1.1 Introdução	17
1.2 Objetivo Geral	18
1.2.1 Objetivos Específicos	18
1.3 Revisão de Literatura	18
1.3.1 Antimicrobianos	18
1.3.2 Óleos essenciais	20
1.3.3 Ácido butírico	22
1.3.4 Qualidade de carne	23
1.3.5 Coccidiose aviária	24
1.4 Referências	26
CAPÍTULO 2 - Efeito de óleos essenciais e glicerídeos de ácido butírico sobre o desempenho e as características qualitativas da carne de frangos de corte submetidos à desafio de coccidiose	34
2.1 Introdução	35
2.2 Material e Métodos	36
2.2.1 Declaração de ética	36
2.2.2 Instalação, animais e dieta experimental	36
2.2.3. Delineamento e tratamentos experimentais	39
2.2.4 Desafio sanitário	40
2.2.5 Características avaliadas	40
2.2.5.1 Desempenho	40
2.2.5.2 Escore de lesão do epitélio intestinal	41
2.2.5.3 Contagem de oocistos por grama (OPG)	43
2.2.5.4 Características qualitativas da carne	45

2.2.6 Análise Estatística	51
2.3 Resultados	51
2.3.1 Desempenho	51
2.3.2 Escore de lesão do epitélio intestinal	54
2.3.3 Contagem de oocistos por grama (OPG)	56
2.3.4 Características qualitativas da carne	57
2.4 Discussão	60
2.5 Conclusão	66
2.6 Referências	67

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1.1 Introdução

A popularidade da carne de frango tem aumentado em todo o mundo nos últimos anos. No ano de 2023, o consumo per capita de carne de frango foi de 45,1 kg por habitante e a produção brasileira foi de 14,833 milhões de toneladas de carne, exportando 5,139 milhões de toneladas. Assim, o Brasil está entre os maiores países produtores e exportadores de carne de frango do mundo, ocupando o 2º lugar mundial em produção e líder na exportação (ABPA, 2024).

Com o aumento da produtividade houve a necessidade do uso de antibióticos para proteger o organismo animal de patógenos, e consequentemente, melhorar o desempenho zootécnico. Entretanto, países como a União Europeia, Estados Unidos, China e Canadá restringiram ou proibiram gradualmente a utilização de antibióticos como melhoradores de desempenho para aves, em função da possível resistência cruzada de patógenos entre humanos e animais (Manafi *et al.*, 2017; Salim *et al.*, 2018). Desse modo, doenças causadas por patógenos intestinais se ampliaram com a restrição, causando assim o declínio geral do desempenho da produção na indústria avícola (Kaldhusdal; Benestad; Lovland, 2016).

Para encontrar substitutos ao antimicrobiano, diferentes aditivos naturais foram avaliados com o objetivo de melhorar a saúde intestinal. Entre as alternativas, os ácidos orgânicos e os óleos essenciais têm sido amplamente utilizados para frangos de corte em diversos países (Zhai *et al.*, 2018).

Estudos demonstraram que a adição associada de ácidos orgânicos e óleos essenciais é eficaz na inibição de bactérias patogênicas, mostrando melhores efeitos no crescimento, microambiente e saúde intestinal, adquirindo o controle de infecções subclínicas causadas por patógenos entéricos e infecções por coccídios (Vande Maele *et al.*, 2016; Liu *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2019; Gómez-García *et al.*, 2020; Pham *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2021; Pham *et al.*, 2022; 2023; Hu *et al.*, 2023; Huang *et al.*, 2024), neutralizando os efeitos negativos causados por desafios a que os animais são expostos (Stefanello *et al.*, 2020).

O efeito sinérgico, obtido algumas vezes com o uso de ácidos orgânicos e óleos essenciais, pode ser devido ao fato de os fitogênicos romperem a integridade da membrana celular da bactéria, o que facilita a entrada dos ácidos, causando efeito antibacteriano e bactericida (Ait-Ouazzou *et al.*, 2011). A junção de ambos os aditivos na dieta também pode representar uma estratégia dietética válida para melhorar o

desempenho, a integridade intestinal e a qualidade geral da carne de aves (Bosetti *et al.*, 2020; Stamilla *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2024; Madkour *et al.*, 2024; Selim *et al.*, 2024), podendo ser utilizados como alternativas dada a restrição aos antibióticos na produção comercial de frangos de corte.

1.2 Objetivo Geral

Avaliar o efeito isolado e combinado de um *blend* de óleos essenciais (cinamaldeído, carvacrol, timol) e glicerídeos de ácido butírico sobre o desempenho zootécnico, escore de lesão intestinal, contagem de oocistos e características qualitativas da carne de frangos de corte desafiados com vacina de coccidiose.

1.2.1 Objetivos Específicos

Avaliar a combinação de óleos essenciais (cinamaldeído, carvacrol, timol) e ácido butírico sobre:

- o ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade criatória nos períodos acumulados de 1 a 7, 1 a 14, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 35 e 1 a 42 dias, além do fator de produção aos 42 dias de idade de frangos de corte;
- o escore de lesão do epitélio intestinal aos 3, 5, 7, 9, 11 e 14 dias após a vacinação (17, 19, 21, 23, 25 e 28 dias de idade);
- a contagem de oocistos realizada antes da vacinação e aos 4, 5, 6, 7 e 14 dias após a vacinação de coccidiose;
- o pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento, força de cisalhamento, cor e quantificação da oxidação lipídica na carne do peito aos 21 e 35 dias de idade de frangos de corte.

1.3 Revisão de Literatura

1.3.1 Antimicrobianos

Na produção avícola, o programa de alimentação é importante para garantir que as exigências nutricionais proporcionem melhor desempenho e saúde para as aves, com custos reduzidos (Mak *et al.*, 2022). Muitas doenças infecciosas, virais,

parasitárias, bacterianas e fúngicas preocupam a produção avícola (Abdelhamid *et al.*, 2019; Salem *et al.*, 2019; Morsy *et al.*, 2020; Yousry *et al.*, 2020; Attia; Salem, 2022).

Porém, não são todas as bactérias que acarretam doenças no trato gastrointestinal (TGI), havendo uma microbiota em que as bactérias participam para manter a saúde do animal (Gerritsen *et al.*, 2011). A presença da microbiota intestinal é uma peça fundamental no mecanismo de ação dos antimicrobianos, por serem responsáveis pelo desenvolvimento de bactérias benéficas que geram maiores quantidades de energia da dieta consumida pelo animal e controlam o desenvolvimento de bactérias patogênicas, reduzindo assim a competição por nutrientes (Gaskins; Collier; Anderson, 2002; Dibner; Richards, 2005; Rubin; Tamaoki, 2005).

O TGI desempenha papel crucial na saúde de frangos de corte, pois proporciona a primeira linha de defesa contra patógenos, ao mesmo tempo que permite a absorção de nutrientes (Pan; Yu, 2013). O TGI é uma estrutura anatômica essencial para a atividade dos antimicrobianos, que são suplementados na dieta das aves, em concentrações não terapêuticas (Brown *et al.*, 2016).

O uso de antibióticos na indústria avícola revolucionou os ganhos terapêuticos e econômicos ao melhorar o rendimento da carne, a saúde das aves e a produção com baixo custo (Mak *et al.*, 2022). Os antibióticos geralmente são classificados em três grupos: terapêuticos (usados para tratamento de infecções bacterianas), profiláticos (usados para evitar doenças) e melhoradores de desempenho (usados para aumentar a taxa de crescimento) (Di Corcia; Nazzari, 2002; Apata, 2009).

Os antibióticos utilizados para prevenção de doenças e como melhorador de desempenho em aves incluem glicolipídios (bambermicina), polipeptídeos (bacitracina), ionóforos (salinomina), estreptogramina (virginiamicina) e ortosomicina (avilamicina) (Mak *et al.*, 2022). Antibióticos típicos, como avilamicina e bacitracina metileno dissalicilato, são utilizados na prevenção de enterite necrótica em aves. A coccidiose também é uma importante doença intestinal ocasionada por *Eimeria* spp., parasitas, que invadem e se replicam no intestino, podendo estar associadas à promoção da enterite necrótica (Al-Sheikhly; Al-Saieg, 1980; Williams, 2005; Soutter *et al.*, 2020). Cada classe de antibiótico tem um mecanismo de ação, razão pela qual as espécies microbianas desenvolvem mecanismos de defesa específicos para cada grupo de antimicrobianos (Burch, 2012).

A avilamicina é um antibiótico da família da ortosomicina conhecido por inibir o crescimento de bactérias gram-positivas e tem sido amplamente utilizado como melhorador de desempenho por resultar em melhores respostas de produção em comparação a outros antibióticos em aves (Laxminarayan *et al.*, 2015).

No entanto, o uso a longo prazo de antibióticos na suplementação das dietas das aves tem preocupado, devido ao surgimento e disseminação de bactérias resistentes a antibióticos, fazendo com que haja uma restrição desse aditivo. Decorrente disso, doenças intestinais causadas por patógenos intestinais, como *Escherichia coli* patogênica, *Clostridium perfringens*, *Salmonella*, *Campylobacter* spp., *Enterococcus*, entre outros, não desapareceram com a restrição ou proibição dos antimicrobianos, tendo a necessidade de buscar alternativas (Huang *et al.*, 2024).

Segundo El-Hack *et al.* (2022), alternativas naturais, como probióticos, prebióticos, simbióticos, ácidos orgânicos, enzimas, imunoestimulantes e fitogênicos, incluindo ervas, botânicos, óleos essenciais e oleorresinas, são os aditivos mais comuns utilizados em indústria avícola, após a proibição dos antibióticos.

Eles podem ser facilmente misturados com outros ingredientes, não têm resíduos de tecido, melhoram o consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, imunidade, digestão, e aumentam a disponibilidade de nutrientes. Efeitos antimicrobianos alternativos, não afetam as características da carcaça, diminuem o uso de antimicrobianos, atuam como antioxidantes, antiinflamatórios, competem por fatores de estresse e fornecem produtos orgânicos saudáveis para o consumo humano (El-Hack *et al.*, 2022).

1.3.2 Óleos essenciais

Óleos essenciais são extraídos de plantas, com vasta gama de efeitos farmacológicos, podendo ser utilizados como medicamentos para diversas enfermidades, porém, seus efeitos dependem da composição química e da sua concentração (Marchese *et al.*, 2017).

Entre os principais óleos essenciais incluem-se o cinamaldeído, timol e carvacrol. Cinamaldeído é um óleo essencial extraído das folhas, raízes, cascas e flores da planta da canela, com funções antimicrobianas e antioxidantes (Muhoza *et al.*, 2021). O carvacrol e o timol são componentes derivados de plantas medicinais, como espécies de tomilho e orégano, possuindo ação antibacteriana, antioxidante,

antiviral, antiinflamatória, moduladora da resposta imunológica e reguladora da microbiota intestinal (Gholami-Ahangaran *et al.*, 2022).

O cinamaldeído tem atividade antimicrobiana por causa da sua lipofilicidade de terpenóides e fenilpropanóides que atravessam a membrana, atingindo o interior das células e ocasionando uma danificação no sistema enzimático bacteriano (Fernandes *et al.*, 2015). A inclusão deste componente em dietas de frangos de corte pode ser um substituto para dietas que contém utilização de antibiótico melhoradores de desempenho, sem que tenha perda no desempenho zootécnico, no rendimento de carcaça e dos seus cortes, além do mais, apresenta melhora na saúde intestinal e qualidade da carne das aves (Bosetti *et al.*, 2020).

Segundo Dias *et al.* (2015) e Seidavi, Zaker-Esteghamati e Salem (2018) é possível a inclusão de óleos essenciais na dieta de frangos de corte por tratar-se de um aditivo zootécnico equilibrador da microbiota intestinal para aves, ressaltando-se a necessidade da verificação cuidadosa nos valores e formas de inclusão para não haver prejuízos no desempenho zootécnico.

Ao suplementaram pintos de corte com óleo essencial de gengibre (1%), Karangiya *et al.* (2016) observaram melhores ganho de peso e conversão alimentar, o que pode ser explicado pela melhor capacidade absorptiva intestinal dessas aves.

Kalia *et al.* (2018) usaram diversas dosagens de extrato de óleo essencial em sistemas de produção de frangos de corte e obtiveram menores taxas de mortalidade por ascite e coccidiose.

Estudos realizados com extratos de cinamaldeído, carvacrol e óleo resina de capsicum na dosagem de 150mg/kg na dieta de frangos de corte mostraram ótimos resultados nas propriedades qualitativas da carne como: maciez, tenacidade, paladar e firmeza, assim como na diminuição de malonaldeído e aumento de ácidos graxos poliinsaturados (İpçak; Alçiçek, 2018).

Segundo Pham *et al.* (2022), a inclusão de óleos essenciais na ração resultou em efeito benéfico para o crescimento e saúde intestinal de aves infectadas com enterite necrótica. O fornecimento de um *blend* de ácidos orgânicos (cítrico e sórbico) e botânicos (vanilina e timol) na dieta de frangos levou a uma redução da mortalidade e melhor escore de lesão intestinal associados com enterite necrótica (Swaggerty *et al.*, 2022). A suplementação, via água de bebida, de ácidos orgânicos (cítrico e málico) e aditivos fitogênicos (*Cinnamomum verum* e *Origanum vulgare*) associados melhorou o desempenho dos frangos de corte (Zeeshan *et al.*, 2022).

1.3.3 Ácido butírico

O ácido butírico é classificado como ácido orgânico de cadeia curta e sua adição na dieta oferece uma fonte de energia prontamente disponível para a mucosa intestinal das células epiteliais cecais e do cólon, ocorrendo um aumento na taxa de proliferação celular e absorção de nutrientes da ração. Além disso, pode promover melhora nas populações bacterianas benéficas e redução na colonização de bactérias nocivas ao trato digestório (Van *et al.*, 2004; Chamba *et al.*, 2014; Ahsan *et al.*, 2016).

Basicamente, o ácido butírico pode ser transformado em três tecnologias que facilitam seu uso via ração. Os sais de ácidos (butirato de cálcio ou sódio) são a ligação de íons de metais no lugar do hidrogênio. Isso faz com que a molécula perca a capacidade de acidificação, reduz o odor e deixa o produto mais estável. Estes mesmos sais do ácido butírico podem ser encapsulados por gordura, o que reduz ainda mais o cheiro e traz uma capacidade de melhor distribuição do ácido butírico no intestino, uma vez que este pode ser altamente absorvido no estômago e no duodeno. E a terceira forma e mais recente aplicação é a esterificação do ácido butírico com glicerol, também chamado de glicerídeos de ácido butírico. Esta última tecnologia garante maior redução com os problemas devido ao seu cheiro pungente e maior distribuição do ácido butírico por todo intestino das aves podendo promover melhores resultados que as outras tecnologias (Moquet *et al.*, 2018). As diferenças de cadeia e de entrega do ácido butírico, entre as tecnologias, tem permitido doses menores e consequentemente, custos mais reduzidos.

O ácido butírico é aproveitado como fonte de energia para os enterócitos, células absorptivas que estão presentes no intestino, podendo promover uma redução aos efeitos das perdas ocasionadas por estresse ou doenças que acometem os animais (Santos *et al.*, 2012; Imran *et al.*, 2018; Balta *et al.*, 2021). A literatura correlaciona o fornecimento de ácido butírico e seu sal em dietas de frangos de corte a um melhor funcionamento fisiológico, saúde do intestino e ao equilíbrio do microbioma intestinal (Qaisrani *et al.*, 2015; Bortoluzzi *et al.*, 2017; Wu *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2018).

Levy *et al.* (2015) analisaram o efeito do ácido butírico no desempenho de frangos de corte e observaram que aves alimentadas com butirato de sódio encapsulado (BSE) obtiveram maior ganho de peso e melhor conversão alimentar quando comparadas às aves controle, em que na dieta não havia inclusão de qualquer aditivo. Dolan *et al.* (2016) também ressaltaram melhora na conversão alimentar com

a utilização de butirato de sódio encapsulado. De acordo com Zhao *et al.* (2022) a inclusão de butirato de sódio na ração promoveu bons resultados no desempenho de frangos, provavelmente como resultado da regulação da microbiota intestinal, mostrando ter grande potencial como substituto para antibióticos em rações na indústria de frangos de corte.

1.3.4 Qualidade de carne

A avicultura de corte tem apontado grandes avanços na área de nutrição, sanidade e manejo proporcionando às aves condições para apresentar seu potencial genético para a conversão de alimento em carne. Contudo, a preocupação com a qualidade do produto vem aumentando, visto que o consumidor está cada vez mais exigente. Fatores que afetam a qualidade do produto final são inumeráveis e podem estar contidos nas diversas fases de criação ou até mesmo durante o abate e processamento (Mendes; Komiyama, 2011).

Para a indústria da carne, o termo “qualidade” é utilizado para descrever as características gerais da carne, assim como suas propriedades químicas, físicas, microbianas, sensoriais, bioquímicas tecnológicas, nutricionais e culinárias (Mir *et al.*, 2017).

A qualidade da carne pode ser comprometida tanto com o animal vivo, durante ou até mesmo após o abate. Fatores como idade, nutrição, sexo, manejo, temperatura ambiente, tempo de jejum, métodos de apanha das aves na granja e transporte, afetam de maneira direta a qualidade da carne de aves (Alves; Albuquerque; Batista, 2016). A qualidade está diretamente relacionada a fatores como capacidade de retenção de água (CRA), cor, perda de peso por cozimento (PPC), maciez, pH, dentre outras (Olivo, 2006; Sanfelice *et al.*, 2010).

De acordo com a literatura, logo após o abate, a carne continua em processo bioquímico, em que o glicogênio é transformado em ácido lático por meio da ação de várias enzimas. Com isso, o pH da carne do frango tem uma queda devido à formação ácida, sendo que a carne do peito deve apresentar pH final entre 5,7 e 5,9. Após 24 horas, se o pH estiver acima de 6,2, que dizer que a carne de frango se encontra com grande retenção de água, o que resulta na cor escura, caracterizando a carne DFD (*dark, firm, dry* - escura, dura e seca). Caso o pH se encontre inferior a 5,8 em menos de 4 horas, caracteriza-se como uma carne PSE (*pale, soft, exudative* - pálida, mole

e exsudativa), com características de baixa retenção de água, aspecto pálido e mole (Venturini *et al.*, 2007).

A cor da carne, entre os parâmetros sensoriais, é o de maior importância visto que estimulará no consumidor o desejo em consumir ou rejeitar o produto, além de fornecer uma indicação, embora nem sempre exata, sobre o grau de conservação do alimento (Alves; Albuquerque; Batista, 2016; Ramos; Gomide, 2017). O componente que determina a cor da carne é a mioglobina, pois quanto maior a musculatura e a atividade muscular do animal, maior será o teor de mioglobina, resultando em uma carne mais escura. Outros fatores que influenciam na cor da carne são: idade, sexo, alimentação e sistema de criação do animal (Venturini *et al.*, 2007).

A perda de peso por cozimento é outra variável de suma importância, pois está ligada ao desempenho da amostra durante a cocção, à aparência que antecede o cozimento e à palatabilidade. Esta análise normalmente é realizada com o músculo peitoral da ave (*Pectoralis major*), corte localizado no peito da ave (Oliveira *et al.*, 2014). É um parâmetro que avalia a qualidade da carne, associada ao seu rendimento, após passar por processo de aquecimento, *i.e.*, são as perdas que ocorrem durante o processo do preparo da carne para consumo (Albuquerque; Batista; Araújo Filho, 2014).

Para avaliação da capacidade de retenção de água normalmente é utilizado o mesmo músculo, *Pectoralis major*. Fatores extrínsecos como as condições de criação das aves, temperatura, estresse calórico e densidade de criação podem afetar a capacidade de retenção de água (Mendes; Komiyama, 2011).

Abudabos *et al.* (2014) relataram que a suplementação de ácidos orgânicos na alimentação melhorou as características de qualidade, tais como pH, cor e perda de peso por cozimento do peito de frangos de corte. De acordo com Orlowski *et al.* (2018), o uso de óleos essenciais na produção de frangos de corte também melhorou a qualidade da carne em nível sensorial. Óleos essenciais podem ser usados na melhora de parâmetros qualitativos da carne de frangos, trazendo efeitos benéficos sobre a oxidação lipídica, ratificando seu potencial antioxidante (Dilawar *et al.*, 2022).

1.3.5 Coccidiose aviária

A coccidiose aviária causada pelo protozoário do gênero *Eimeria*, é uma das doenças que mais acomete a produção avícola em todo o mundo, provocando

grandes prejuízos na produção. O uso de medicamentos no tratamento dos animais de produção é justificado devido, muitas vezes, estarem expostos a fatores que possam causar infecções e patologias graves em situações de muito estresse (Ramos *et al.*, 2011).

A infecção causa danos na mucosa intestinal, acarretando na diminuição das vilosidades e criptas, prejudica a absorção e digestão de nutrientes (Bailey, 2010), facilita a proliferação de outros agentes patogênicos, como *Clostridium perfringens* e *Salmonella typhimurium* (Madlala; Okpeku; Adeleke, 2021). Os sinais clínicos mais observados são desidratação, penas arrepiadas, despigmentação da pele, anemia, entre outros, variando conforme a espécie de *Eimeria* (Allen; Fetterer, 2002). Esses sinais tendem a ocorrer em animais jovens, mas eventualmente também acomete os adultos (Fatoba; Adeleke, 2018).

Os fatores que podem alterar a gravidade da infecção por *Eimeria* são: susceptibilidade do hospedeiro, quantidade de oocistos ingeridos e o grau de virulência das cepas. Um bom manejo pode minimizar a exposição aos oocistos infectantes. Assim, evitar que a cama tenha umidade é uma das maneiras de impedir a esporulação dos oocistos. São poucas as substâncias capazes de eliminar os oocistos, e as mesmas são tóxicas e de difícil manuseio como o brometo de metila e o gás de amônia (Kawazoe, 2009).

Santiani (2020) ao observar a ocorrência da coccidiose, sua intensidade e possível associação com a salmonelose, observaram que a *Eimeria acervulina*, *E. maxima* e *E. tenella* foram as mais encontradas. Com isso, o método tradicional de avaliação de lesões macroscópicas demonstrou estar desatualizado, com variação entre o escore de lesão macro e microscópico. A junção de diferentes técnicas para diagnósticos da coccidiose é muito importante, possibilitando identificar as diferentes fases do ciclo da *Eimeria* spp.

Desde a década de 50 as vacinas contra *Eimeria* estão disponíveis (Blake *et al.*, 2015), porém a indústria avícola vem priorizando cada vez mais produtos químicos sintéticos e anticoccidianos para o controle desse parasita (Peek e Landman, 2011), além da crescente demanda do consumidor por produtos livres de antibióticos.

1.4 Referências

ABDELHAMID, A. M.; MOUSTAFA, A. A.; SEKINAH, A. M.; ABBAS, N. A. T.; RASHED, H. E; HUSSEIN, S. Utility of molecular biology tools for identification and characterization of Egyptian *Riemerella anatipestifer* duck isolates. **International Journal of Veterinary Science**, [s.l.], v. 25, n. 3, p. 335-341, 2019.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024**. Disponível em: <http://abpa-br.org/relatorios>. Acesso em: 01 set. 2024.

ABUDABOS, A. M.; SULIMAN, G. M.; ALYEMNI, A. H.; AL-OWAIMER, A. N. Effect of different organic acids on breast quality characteristics of broilers challenged with *Salmonella enterica*. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, [s.l.], v. 12, n. 2, p. 193-197, 2014.

AHSAN, U.; CENGIZ, Ö.; RAZA, I.; KUTER, E.; CHACHER, M.F.A.; IQBAL Z.; UMAE, S.; ÇAKIR, S. Sodium butyrate in chicken nutrition: the dynamics of performance, gut microbiota, gut morphology, and immunity. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], v. 72, n. 2, p. 265-278, 2016.

AIT-OUAZZOU, A.; CHERRAT, L.; ESPINA, L.; LORÁN, S.; ROTA, C.; PAGÁN, R. The antimicrobial activity of hydrophobic essential oil constituents acting alone or in combined processes of food preservation. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, [s.l.], v. 12, n. 3, p. 320-329, 2011.

ALBUQUERQUE, L. F.; BATISTA, A. S. M.; ARAÚJO FILHO, J. T. Fatores que influenciam na qualidade da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Essentia**, [s.l.], v. 16, p. 43, 2014.

AL-SHEIKHLY, F.; AL-SAIEG, A. Role of Coccidia in the occurrence of necrotic enteritis of chickens. **Avian Diseases**, [s.l.], v. 24, n. 2, p. 324-33, 1980.

ALVES, M. G. M.; ALBUQUERQUE, L. F.; BATISTA, A. S. M. Qualidade da carne de frangos de corte. **Essentia - Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, [s.l.], v. 17, n. 2, p. 64-86, 2016.

APATA, D. F. Antibiotic resistance in poultry. **International Journal of Poultry Science**, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 404-408, 2009.

ATTIA, M. M.; SALEM, H. M. Morphological and molecular characterization of *Pseudolynchia canariensis* (Diptera: Hippoboscidae) infesting domestic pigeons. **International Journal of Tropical Insect Science**, [s.l.], v. 42, n. 1, p. 733-740, 2022.

BAILEY, R. A. **Intestinal microbiota and the pathogenesis of dysbacteriosis in broiler chickens**. Norfolk: The University of East Anglia., 2010. Disponível em: <https://ueaeprints.uea.ac.uk/id/eprint/33034>. Acesso em: 10 ago. 2024.

BALTA, I.; MARCU, A.; LINTON, M.; KELLY, C.; STEF, L.; PET, I.; WARD, P.; PIRCALABIORU, G. G.; CHIFIRIUC, C.; GUNDOGDU, O.; CALLAWAY, T.; CORCIONIVOSCHI, N. The in vitro and in vivo anti-virulent effect of organic acid

mixtures against *Eimeria tenella* and *Eimeria bovis*. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 1-11, 2021.

BLAKE, D. P.; CLARK, E. L.; MACDONALD, S. E.; THENMOZHI, V.; KUNDU, K.; GARG, R.; JATAU, I. D.; AYOADE, S.; KAWAHARA, F.; MOFTAH, A.; REID, A. J.; ADEBAMBO, A. O.; ZAPATA, R. A.; SRINIVASA RAO, A. S.; THANGARAJ, K.; BANERJEE PS, DHINAKAR-RAJ G, RAMAN M, TOMLEY FM. Population, genetic, and antigenic diversity of the apicomplexan *Eimeria tenella* and their relevance to vaccine development. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [s.l.], v. 112, n. 38, E5343-50, 2015.

BORTOLUZZI, C.; PEDROSO, A. A.; MALLO, J. J.; PUYALTO, M.; KIM, W. K.; APPLGATE, T. J. Sodium butyrate improved performance while modulating the cecal microbiota and regulating the expression of intestinal immune-related genes of broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 96, n. 11, p. 3981–3993, 2017.

BOSETTI, G. E.; GRIEBLER, L.; ANIECEVSKI, E.; FACCHI, C. S.; BAGGIO, C.; ROSSATTO, G.; LEITE, F.; VALENTINI, F. V.; SANTO, A. D.; ROSSATTO, G.; LEITE, F.; VALENTINI, F. D.; DO SANTO, A.; PAGNUSSATT, H.; PETROLI, T. G.; BOIAGO, M. M. Microencapsulated carvacrol and cinnamaldehyde replace growth-promoting antibiotics: Effect on performance and meat quality in broiler chickens. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, [s.l.], v. 92, n. 3, 2020.

BROWN, K.; ZAYTSOFF, S. J. M.; UWIERA, R. R. E.; INGLIS, G. D. Antimicrobial growth promoters modulate host responses in mice with a defined intestinal microbiota. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 6, p. 1-13, 2016.

BURCH, D. Antimicrobial resistance. **Veterinary and Public Health concerns in Europe**, [s.l.], 2012.

CHAMBA, F.; PUYALTO, M.; ORTIZ, A.; TORREALBA, H.; MALLO, J. J.; RIBOTY, R. Effect of partially protected sodium butyrate on performance, digestive organs, intestinal villi and *E. coli* development in broilers chickens. **International Journal of Poultry Science**, [s.l.], n. 13, v. 7, p. 390-396, 2014. K.

DI CORCIA, A.; NAZZARI, M. Liquid chromatographic-mass spectrometric methods for analyzing antibiotic and antibacterial agents in animal food products. **Journal of Chromatography A**, [s.l.], v. 974, n. 1, p. 53-89, 2002.

DIAS, G. E. A.; DE CARVALHO B. O.; GOMES, A. V. C.; MEDEIROS P. T. C.; SOUSA F. D. R.; DE SOUZA M. M. S.; LIMA C. A. R. Oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil in the diet of broilers as balancing the intestinal microbiota. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, [s.l.], n. 37. v.1, p. 108-114, 2015.

DIBNER, J. J.; RICHARDS, J. D. Antibiotic growth promoters in agriculture: history and mode of action, **Poultry Science**, [s.l.], v. 84, n. 4, p. 634-643, 2005.

DILAWAR, M. A.; MUN, H. S.; JEONG, M. G.; YANG, E. J.; PARK, H. S.; YANG, C. J. Effects of Using Plant Extracts and Liquid Mineral on Growth Performance, Organ Weight and Meat Quality of Broiler Chickens. **Pakistan Journal of Zoology**, [s.l.], v. 54, n. 4, p. 1699-1708, 2022.

DOLAN, L. C.; MORELAND, S.; MORLACCHINI, M.; SPAGNOLI, M.; FUSCONI, G. Performance, safety and tissue residue study for coated sodium butyrate added to broiler feed. **International Journal of Poultry Science**, [s.l.], v.15, n.5, p. 161, 2016. DOI 10.3923/ijps.2016.161.174.

EL-HACK, M. E. A.; EL-SAADONY, M. T.; SALEM, H. M.; EL-TAHAN, A. M.; SOLIMAN, M. M.; YOUSSEF, G. B. A.; TAHA, A. E.; SOLIMAN, S. M.; AHMED, A. E.; EL-KOTT, A. F.; AL SYAAD, K. M.; SWELUM, A. A. Alternatives to antibiotics for organic poultry production: types, modes of action and impacts on bird's health and production. **Poultry Science**, [s.l.], v. 101, n. 4, e101696, 2022.

FATOBA A. J.; ADELEKE M. A. Diagnosis and control of chicken coccidiosis: a recent update. **Journal of Parasitic Diseases**, [s.l.], v. 42, p. 483-493, 2018.

FERNANDES, R.; ARRUDA, A.; OLIVEIRA, V.; QUEIROZ, J.; MELO, A.; DIAS, F.; MARINHO, J.; SOUZA, R.; SOUZA, A.; SANTOS FILHO, C. Aditivos fitogênicos na alimentação de frangos de corte: óleos essenciais e especiarias. **Pubvet**, [s.l.], v. 9, n. 12, p. 526-535, 2015.

GASKINS, H. R.; COLLIER, C. T.; ANDERSON, D. B. Antibiotics as growth promotants: mode of action. **Animal Biotechnology**, [s.l.], v. 13, n. 1, p. 29-42, 2002.

GERRITSEN, J.; SMIDT, H.; RIJKERS, G. T.; VOS, W. M. Intestinal microbiota in human health and disease: the impact of probiotics. **Genes & Nutrition**, [s.l.], v. 6, n. 3, p. 209-240, 2011.

GHOLAMI-AHANGARAN, M.; AHMADI-DASTGERDI, A.; AZIZI, S.; BASIRATPOUR, A.; ZOKAEI, M.; DERAKHSHAN, M. Thymol and carvacrol supplementation in poultry health and performance. **Veterinary Medicine and Science**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 267-288, 2022. DOI 10.1002/vms3.663.

GÓMEZ-GARCÍA, M.; ARGÜELLO, H.; PUENTE, H.; MENCÍA-ARES, Ó.; GONZÁLEZ, S.; MIRANDA, R.; RUBIO, P.; CARVAJAL, A. In-depth *in vitro* evaluation of the activity and mechanisms of action of organic acids and essential oils against swine enteropathogenic bacteria. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 7, e572947, 2020.

HU, Z.; LIU, L.; GUO, F.; HUANG, J.; QIAO, J.; BI, R.; HUANG, J.; ZHANG, K.; GUO, Y.; WANG, Z. Dietary supplemental coated essential oils and organic acids mixture improves growth performance and gut health along with reduces *Salmonella* load of broiler chickens infected with *Salmonella* Enteritidis. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 14, p. 95, 2023.

HUANG, J.; GUO, F.; ABBAS, W.; HU, Z.; LIU, L.; QIAO, J.; BI, R.; XU, T.; ZHANG, K.; HUANG, J.; GUO, Y.; WANG, Z. Effects of microencapsulated essential oils and organic acids preparation on growth performance, slaughter characteristics, nutrient digestibility and intestinal microenvironment of broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 103, n. 5, p. 103655, 2024.

IMRAN, M.; AHMED, S.; DITTA, Y. A.; MEHMOOD, S.; RASOOL, Z.; ZIA, M. W. Effects of microencapsulated butyric acid supplementation on growth performance

and ileal digestibility of protein, gut health and immunity in broilers. **Indian Journal of Animal Research**, [s.l.], v. 52, n. 11, p. 1618-1622, 2018.

İPÇAK, H. H.; ALÇIÇEK, A. Addition of Capsicum oleoresin, Carvacrol, Cinnamaldehyde and their mixtures to the broiler diet II: effects on meat quality. **Journal of Animal Science and Technology**, [s.l.], v. 60, n. 9, p. 1-11, 2018.

KALDHUSDAL, M.; BENESTAD, S. L.; LOVLAND, A. Epidemiologic aspects of necrotic enteritis in broiler chickens: disease occurrence and production performance. **Avian Pathology**, [s.l.], v. 45, p. 271-274, 2016.

KALIA, S.; BHARTI, V. K.; GIRI, A.; KUMAR, B.; ARORA, A.; BALAJE, S. S. *Hippophae rhamnoides* as novel phytogetic feed additive for broiler chickens at high altitude cold desert. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 8, n. 5954, p. 1-12, 2018.

KARANGIYA, V. K.; SAVSANI, H. H.; PATIL, S. S.; GARG, D. D.; MURTHY, K. S.; RIBADIYA, N. K.; VEKARIYA, S. J. Effect of dietary supplementation of garlic, ginger and their combination on feed intake, growth performance and economics in commercial broilers. **Veterinary World**, [s.l.], v. 9, n. 3. p. 245–250, 2016.

KAWAZOE, U. Coccidiose. **Doenças das Aves**, [s.l.], v. 2, p. 837-855, 2009.

LAXMINARAYAN, R.; VAN BOECKEL, T.; TEILLANT, A. The economic costs of withdrawing antimicrobial growth promoters from the livestock sector. **OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers**, [s.l.], v. 78, 2015.

LEVY, A. W.; KESSLER, J. W.; FULLER, L.; WILLIAMS, S.; MATHIS, G. F.; LUMPKINS, B.; VALDEZ, F. Effect of feeding an encapsulated source of butyric acid (ButiPEARL) on the performance of male Cobb broilers reared to 42 d of age. **Poultry Science**, [s.l.], v. 94, n. 8, p. 1864-1870, 2015.

LIU, Y.; YANG, X.; XIN, H.; CHEN, S.; YANG, C.; DUAN, Y.; YANG, X. Effects of a protected inclusion of organic acids and essential oils as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, intestinal morphology and gut microflora in broilers. **Animal Science Journal**, [s.l.], v. 88, n. 9, p. 1414-1424, 2017.

MADKOUR, M.; ABOELENIN, M. M.; HABASHY, W. S.; MATTER, I. A.; SHOURRAP, M.; HEMIDA, M. A.; ELOLIMY, A. A.; ABOELAZAB, O. Effects of Oregano and/or Rosemary extracts on growth performance, digestive enzyme activities, cecal bacteria, tight junction proteins, and antioxidants-related genes in heat-stressed broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], p. 103996, 2024.

MADLALA, T.; OKPEKU, M.; ADELEKE, M. A. Understanding the interactions between *Eimeria* infection and gut microbiota, towards the control of chicken coccidiosis: a review. **Parasite**, [s.l.], v. 28, p. 48, 2021.

MAK, P. H. W.; REHMAN, M. A.; KIARIE, E. G.; TOPP, E.; DIARRA, M. S. Production systems and important antimicrobial resistant-pathogenic bacteria in poultry: a review. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 13, n. 148, 2022. DOI 10.1186/s40104-022-00786-0.

MANAFI, M.; KHALAJI, S.; HEDAYATI, M.; PIRANY, N. Efficacy of *Bacillus subtilis* and bacitracin methylene disalicylate on growth performance, digestibility, blood metabolites, immunity, and intestinal microbiota after intramuscular inoculation with *Escherichia coli* in broilers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 96, n. 5, p. 1174-1183, 2017.

MARCHESE, A.; BARBIERI, R.; COPPO, E.; ORHAN, I. E.; DAGLIA, M.; NABAVI, S. F.; IZADI, M.; ABDOLLAHI, M.; NABAVI, S. M.; AJAMI, M. Antimicrobial activity of eugenol and essential oils containing eugenol: a mechanistic viewpoint. **Critical Reviews in Microbiology**, [s.l.], n. 43, p. 668-689, 2017.

MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 40, p. 352-357, 2011.

MIR, N. A.; RAFIQ, A.; KUMAR, F.; SINGH, V.; SHUKLA, V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. **Journal of Food Science and Technology**, [s.l.], v. 54, n. 10, p. 2997-3009, 2017. DOI 10.1007/s13197-017-2789-z.

MOQUET, P. C. A.; SALAMI, S. A.; ONRUST, L.; HENDRIKS, W. H.; KWAKKEL, R. P. Butyrate presence in distinct gastrointestinal tract segments modifies differentially digestive processes and amino acid bioavailability in young broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 97, n. 1, p. 167-176, 2018.

MORSY, E. A.; SALEM, H. M.; KHATTAB, M. S.; HAMZA, D. A.; ABUOWARDA, M. M. Encephalitozoon cuniculi infection in farmed rabbits in Egypt. **Acta Veterinaria Scandinavica**, [s.l.], v. 62, n. 1, p. 11, 2020.

MUHOZA, B.; QI, B.; HARINDINTWALI, J. D.; KOKO, M. Y. F.; ZHANG, S.; LI, Y. Encapsulation of cinnamaldehyde: an insight on delivery systems and food applications. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.l.], v. 63, n. 15, p. 2521–2543, 2021. DOI 10.1080/10408398.2021.1977236.

OLIVEIRA, K. V.; CAVICHIOLI, C.; ANDREAZZI, M. A.; SIMONELLI, S. M. Sistema dark house de produção de frangos de corte: uma revisão. In: MOSTRA INTERNA DE TRABALHOS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2014, Maringá. **Anais [...]**. Maringá: Centro Universitário de Maringá, 2014.

OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma, SC: Ed. do Autor, 2006. p. 680.

ORLOWSKI, S.; FLEES, J.; GREENE, E. S.; ASHLEY, D.; LEE, S. O.; YANG, F. L.; OWEN, C. M.; KIDD, M.; ANTHONY, N.; DRIDI, S. Effects of phytogenic additives on meat quality traits in broiler chickens. **Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 96, n. 9, p. 3757-3767, 2018.

PAN, D.; YU, Z. Intestinal microbiome of poultry and its interaction with host and diet. **Gut Microbes**, [s.l.], v. 5, n. 1, p. 108-119, 2013. DOI 10.4161/gmic.26945.

PEEK, H. W.; LANDMAN, W. J. Coccidiosis in poultry: anticoccidial products, vaccines and other prevention strategies. **Veterinary Quarterly**, [s.l.], v. 31, n. 3, p.143-61, 2011.

PHAM, V. H.; ABBAS, W.; HUANG, J.; GUO, F.; ZHANG, K.; KONG, L.; ZHEN, W.; GUO, Y.; WANG, Z. Dietary coated essential oil and organic acid mixture supplementation improves health of broilers infected with avian pathogenic *Escherichia coli*. **Animal Nutrition**, [s.l.], v. 12, p. 245-262, 2023.

PHAM, V. H.; ABBAS, W.; HUANG, J.; HE, Q.; ZHEN, W.; GUO, Y.; WANG, Z. Effect of blending encapsulated essential oils and organic acids as an antibiotic growth promoter alternative on growth performance and intestinal health in broilers with necrotic enteritis. **Poultry Science**, [s.l.], v. 101, n. 1, p. 101563, 2022.

PHAM, V. H.; KAN, L.; HUANG, J.; GENG, Y.; ZHEN, W.; GUO, Y.; ABBAS, W.; WANG, Z. Dietary encapsulated essential oils and organic acids mixture improves gut health in broiler chickens challenged with necrotic enteritis. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 11, p. 18, 2020.

QAISRANI, S. N.; VAN KRIMPEN, M. M.; KWAKKEL, R. P.; VERSTEGEN, M. W. A.; HENDRIKS, W. H. Diet structure, butyric acid, and fermentable carbohydrates influence growth performance, gut morphology, and cecal fermentation characteristics in broilers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 94, n. 9, p. 2152–2164, 2015.

RAMOS E.; GOMIDE L. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2017. Cap. 3, p. 53-88.

RAMOS, L. S. N.; LOPES, J. B.; SILVA, S. M. M. S.; SILVA, F. E. S.; RIBEIRO, M. N. Desempenho e histomorfometria intestinal de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade recebendo melhoradores de crescimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 40, n. 8, p. 1738-1744, 2011.

RUBIN, B. K.; TAMAOKI, J. **Antibiotics inflammation and its resolution: an overview**. [S.l.]: Birkhäuser Verlag, 2005. p. 27-47.

SALEM, H. M.; MORSY, E. A.; HASSANEN, E. I.; SHEHATA, A. A. Outbreaks of myxomatosis in Egyptian domestic rabbit farms. **Universidad Politecnica de Valencia**, [s.l.], v. 27, n. 2, p. 85-91, 2019.

SALIM, H. M.; HUQUE, K. S.; KAMARUDDIN, K. M.; BEG, M. Global restriction of using antibiotic growth promoters and alternative strategies in poultry production. **Science Progress**, [s.l.], v. 101, p. 52-75, 2018.

SANFELICE, C.; MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M.; CAÑIZARES, M. C. Evaluation and characteristics of breast quality of broiler breeder hen in the productive cycle. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, n. 30, p. 166-170, 2010.

SANTIANI, F. **Caracterização anatomopatológica e parasitológica da coccidiose em frangos de corte e sua possível associação com infecções bacterianas secundárias**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2020.

SANTOS, I. I.; CORÇÃO, G.; KESSLER, A. M.; LARANJEIRA, V. S.; LIMA, M. S. Microbiota ileal de frangos de corte submetidos a diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 41, n. 3, p. 643-647, 2012.

SEIDAVI, A.; ZAKER-ESTEGHAMATI, H.; SALEM, A. Z. M. A review on practical applications of Citrus sinensis by-products and waste in poultry feeding. **Agroforestry Systems**, [s.l.], v. 94, n. 4, p. 1581-1589, 2018. DOI 10.1007/s10457-018-0319-2.

SELIM, S.; ABDEL-MEGEID, N. S.; ALHOTAN, R. A.; EBRAHIM, A.; HUSSEIN, E. Nutraceuticals vs. antibiotic growth promoters: differential impacts on performance, meat quality, blood lipids, cecal microbiota, and organ histomorphology of broiler chicken. **Poultry Science**, [s.l.], v. 103, n. 9, p. 103971, 2024.

SOUTTER, F.; WERLING, D.; TOMLEY, F. M.; BLAKE, D. P. Poultry coccidiosis: design and interpretation of vaccine studies. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 7, p. 1-12, 2020. DOI 10.3389/fvets.2020.00101.

STAMILLA, A.; RUSSO, N.; MESSINA, A.; SPADARO, C.; NATALELLO, A.; CAGGIA, C.; RANDAZZO, C. L.; LANZA, M. Effects of Microencapsulated Blend of Organic Acids and Essential Oils as a Feed Additive on Quality of Chicken Breast Meat. **Animals**, [s.l.], v. 10, n. 4, p. 640, 2020.

STEFANELLO, C.; ROSA, D. P.; DALMORO, Y. K.; SEGATTO, A. L.; VIEIRA, M. S.; MORAES, M. L.; SANTIN, E. Protected Blend of Organic Acids and Essential Oils Improves Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Intestinal Health of Broiler Chickens Undergoing an Intestinal Challenge. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 6, p. 1-10, 2020.

SWAGGERTY, C. L.; BYRD II, J. A.; ARSENAULT, R. J.; PERRY, F.; JOHNSON, C. N.; GENOVESE, K. J.; GRILLI, E. A blend of microencapsulated organic acids and botanicals reduces necrotic enteritis via specific signaling pathways in broilers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 101, p. 101753, 2022.

VAN I. F.; FIEVEZ, V.; BUCK, J.; PASMANS, F.; MARTEL, A.; HAESBROUCK, F.; DUCATELLE, R. Microencapsulated short-chain fatty acids in feed modify colonization and invasion early after infection with salmonella enteritidis in young chickens. **Poultry Science**, v. 83, n. 1, p. 69-74, 2004. DOI 10.1093/ps/83.1.69.

VANDE MAELE, L.; HEYNDRICKX, M.; MAES, D.; DE PAUW, N.; MAHU, M.; VERLINDEN, M.; HAESBROUCK, F.; MARTEL, A.; PASMANS, F.; BOYEN, F. *In vitro* susceptibility of *Brachyspira hyodysenteriae* to organic acids and essential oil components. **Journal of Veterinary Medical Science**, [s.l.], v. 78, n. 2, p. 325-328, 2016.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características da carne de frango**. Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

WILLIAMS, R. B. Intercurrent coccidiosis and necrotic enteritis of chickens: rational, integrated disease management by maintenance of gut integrity. **Avian Pathology**, [s.l.], v. 34, n. 3, p. 159-180, 2005.

WU, W.; XIAO, Z.; AN, W.; DONG, Y.; ZHANG, B. Dietary sodium butyrate improves intestinal development and function by modulating the microbial Community in broilers. **Plos One**, [s.l.], v. 13, n. 5, e0197762, 2018.

YANG, X.; YIN, F.; YANG, Y.; LEPP, D.; YU, H.; RUAN, Z.; YANG, C.; YIN, Y.; HOU, Y.; LEESON, S.; GONG, J. Dietary butyrate glycerides modulate intestinal microbiota composition and sérum metabolites in broilers. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 1–12, 2018.

YOUSRY, C.; ZIKRY, P. M.; SALEM, H. M.; BASALIOUS, E. B.; EL-GAZAYERLY, O. N. Integrated nanovesicular/self-nanoemulsifying system (INV/SNES) for enhanced dual ocular drug delivery: statistical optimization, in vitro and in vivo evaluation. **Drug Delivery and Translational Research**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 801-814, 2020.

ZEESHAN, M.; ZANEB, H.; MASOOD, S.; ASHRAF, S.; KHAN, I.; REHMAN, H. F. U.; HAYAT, K. Morphological modulation of broiler organs in response to an organic acid-phytogen composite in healthy broilers. **Agriculture**, [s.l.], v. 12, n. 6, 791, 2022.

ZHAI, H.; LIU, H.; WANG, S.; WU, J.; KLUENTER, A. Potential of essential oils for poultry and pigs. **Animal Nutrition**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 179-186, 2018.

ZHANG, S.; SHEN, Y. R.; WU, S.; XIAO, Y.Q.; HE, Q.; SHI, S. R. The dietary combination of essential oils and organic acids reduces *Salmonella enteritidis* in challenged chicks. **Poultry Science**, [s.l.], v. 98, n. 12, p. 6349-6355, 2019.

ZHAO, H.; BAI, H.; DENG, F.; ZHONG, R.; LIU, L.; CHEN, L.; ZHANG, H. Chemically protected sodium butyrate improves growth performance and early development and function of small intestine in broilers as one effective substitute for antibiotics. **Antibiotics**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 132, 2022.

CAPÍTULO 2 - Efeito de óleos essenciais e glicerídeos de ácido butírico sobre o desempenho e as características qualitativas da carne de frangos de corte submetidos à desafio de coccidiose

Foi redigido de acordo com as normas editoriais do periódico “British Poultry Science” (ISSN: 1466-1799 / Online, Fator de impacto: 1.6), exceto pelo idioma.

2.1 Introdução

A avicultura tem sido uma atividade de grande destaque no agronegócio brasileiro. A carne de frango é a mais consumida no Brasil e em diversos países principalmente devido ao sabor, ao seu alto valor proteico, ao menor custo comparado às outras carnes e à ausência de restrições religiosas ou culturais (Heitor; Rabelo; Marchini, 2021).

Doses subterapêuticas de antibióticos vêm sendo utilizadas como melhoradores de desempenho na dieta de frangos com possibilidade de desenvolver resistência antimicrobiana nas aves (Robinson *et al.*, 2019). A avilamicina, um antibiótico oligossacarídeo com forte efeito antibacteriano para bactérias patogênicas intestinais gram-positivas, tem sido amplamente utilizada na nutrição de frangos de corte, como aditivo alimentar (Guang-hai *et al.*, 2021). O uso inadequado desse antimicrobiano pode contribuir para a aparição de microrganismos resistentes tornando-se um problema de saúde pública no mundo, levando à necessidade de pesquisas de novos produtos que possam contribuir na superação de problemas entéricos, mantendo o desempenho zootécnico do animal.

Diversas alternativas naturais aos antibióticos melhoradores de desempenho têm se mostrado eficazes, auxiliando a melhorar a produção e a saúde gastrointestinal das aves (Sethiya, 2016). O fornecimento de óleos essenciais tem se mostrado uma opção benéfica ao ambiente intestinal, ocasionando redução de microrganismos patogênicos, que prejudicam o desempenho animal. Além disso, proporciona melhor capacidade digestiva e a estabilização da população bacteriana no intestino (Costa *et al.*, 2020; Alagawany *et al.*, 2022; Rafeeq *et al.*, 2023). Outra alternativa de substituição são os ácidos orgânicos, com propriedade de reduzir o pH da mucosa intestinal, criando um ambiente desfavorável para o crescimento de microrganismos nocivos à saúde (Santos *et al.*, 2012; Imran *et al.*, 2018; Balta *et al.*, 2021).

O trato gastrointestinal de aves se expõe com frequência a desafios de agentes infecciosos, como bactérias (*Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Clostridium perfringens* e *Campylobacter*), protozoários (espécies de *Eimeria*), e vermes (*Ascaridia galli*), além do estresse decorrente de um manejo inadequado (dietas, água, temperatura e bem-estar) (Quinteiro-Filho *et al.*, 2010; Adedokun; Olojede, 2019). Assim, a junção do ácido butírico e de óleos essenciais é de grande interesse pois podem resultar em efeito sinérgico ou aditivo na saúde intestinal e no desempenho

animal (Liu *et al.*, 2017; Yang *et al.*, 2018; Yang *et al.*, 2019; Djunaidi *et al.*, 2020; Pham *et al.*, 2020; Stamilla *et al.*, 2020; Iqbal *et al.*, 2021; Tzora *et al.*, 2021; Vinolya *et al.*, 2021).

Associado a esses efeitos positivos, é observado cada vez mais por parte dos consumidores, maiores exigências quanto às características físicas da carne, aparência, textura e palatabilidade, buscando uma carne de qualidade. De acordo com Galli *et al.* (2020) frangos suplementados com aditivos compostos por carvacrol, timol e cinamaldeído, apresentaram melhor qualidade de carne, com teores elevados de ácidos graxos polinsaturados, redução na peroxidação lipídica, e aumento da vida de prateleira da carne.

Diante do relatado, encontrar alternativas para os quimioterápicos tornou-se de fundamental importância para a manutenção da produtividade no setor avícola. Nesta perspectiva e, sabendo-se que o consumidor é atraído por uma carne de qualidade, essa pesquisa buscará avaliar o efeito isolado e combinado de um *blend* de óleos essenciais (cinamaldeído, carvacrol, timol) e glicerídeos de ácido butírico sobre o desempenho zootécnico, escore de lesão intestinal, contagem de oocistos e características qualitativas da carne de frangos de corte desafiados com vacina de coccidiose.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Declaração de ética

Todos os procedimentos realizados foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA, da instituição da Faculdade de Ciências Agrárias e Tecnológicas (FCAT) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, câmpus de Dracena, registrada com o protocolo nº 02/2023 - CEUA.

2.2.2 Instalação, animais e dieta experimental

O estudo foi conduzido no Setor de Avicultura da FCAT da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, UNESP, câmpus de Dracena, entre os meses de abril e maio de 2023.

Inicialmente, praticou-se o manejo pré-inicial de acordo com as orientações técnicas do manual da linhagem Cobb® (Cobb Vantress, 2019), realizando-se a limpeza e desinfecção do galpão, equipamentos e cortinas (Coldebella, 2004). No

processo de limpeza úmida foi utilizada água sob pressão e detergente. Após o enxague e secagem completos do galpão realizou-se a desinfecção utilizando-se formol a 37%.

Cada boxe foi equipado com bebedouro pendular automático e, nos primeiros dias, comedouro infantil do tipo tubular, seguidamente substituídos por comedouros adultos do mesmo tipo. Diariamente realizou-se a limpeza dos bebedouros e a regulagem dos equipamentos de acordo com o desenvolvimento corporal dos animais.

Em relação a ambiência, o aquecimento inicial dos pintos foi assegurado pelo emprego de lâmpadas infravermelhas de 250 *watts*, sendo uma por boxe, as quais foram retiradas no sétimo dia de vida das aves. Realizou-se de forma manual o controle da temperatura e da ventilação, manejando-se as cortinas laterais do galpão e, ainda, por meio de ventiladores.

Foram alojados 900 pintos de corte, machos, com um dia de idade, *Cobb*[®], vacinados previamente contra Gumboro, Marek e Bouda aviária e criados por 42 dias.

Adotou-se o programa de arrazoamento de quatro fases: pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 33 dias) e final (34 a 42 dias). A formulação das rações utilizadas em todos os tratamentos do experimento baseou-se nos níveis isoenergéticos e isoaminoacídicos padronizados por Rostagno *et al.* (2017) (Tabela 1), sendo esta composta à base de milho e farelo de soja e fornecida *ad libitum* assim como a água.

Os tratamentos foram obtidos pela inclusão dos aditivos em substituição ao inerte (caulim). As dietas sem aditivo foram constituídas por 0,0600% de inerte nas fases pré-inicial e inicial, 0,035% na fase de crescimento e 0,0325% na fase final; Dietas com inclusão de antibiótico possuíam 0,0050% de avilamicina + 0,0550% de inerte nas fases pré-inicial e inicial, 0,0050% de avilamicina + 0,0300% de inerte na fase de crescimento e 0,0050% de avilamicina + 0,0275% de inerte na fase final. Dietas com inclusão de OE (óleos essenciais) continham 0,0100% de OE + 0,0500% de inerte nas fases pré-inicial e inicial, 0,0100% de OE + 0,0250% de inerte na fase de crescimento e 0,0075% de OE + 0,0250% de inerte na fase final. As com inclusão de AB (ácido butírico) foram constituídas por 0,0500% de AB + 0,0100% de inerte nas fases pré-inicial e inicial, 0,0250% de AB + 0,0100% de inerte na fase de crescimento e 0,0250% de AB + 0,0075% de inerte na fase final. E por fim, dietas com inclusão de OE + AB possuíam 0,0100% de OE + 0,0500% de AB nas fases pré-inicial e inicial,

0,0100% de OE + 0,0250% de AB na fase de crescimento e 0,0075% de OE + 0,0250% de AB na fase final.

Ambos os suplementos, vitamínico e mineral, utilizados na ração não continham em sua composição melhoradores de desempenho em nenhuma das fases de arrazoamento, sendo adicionados à ração de acordo com as recomendações do fabricante.

Tabela 1 - Composição centesimal e valores calculados das dietas experimentais.

Ingredientes, %	Dietas ¹			
	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho	47,18	49,37	57,07	63,66
Farelo de Soja	43,53	41,10	33,85	28,42
Óleo de Soja	5,021	5,628	5,555	4,920
Cloreto de Colina 60	0,072	0,064	0,058	0,043
Sal	0,533	0,516	0,493	0,466
Fosfato Bicálcico	2,346	2,037	1,775	1,228
Calcário Calcítico	0,622	0,597	0,513	0,586
L- Lisina	0,110	0,120	0,174	0,198
DL- Metionina	0,328	0,312	0,276	0,238
L- Treonina	0,044	0,041	0,046	0,039
L- Valina	-	-	0,015	0,018
Suplemento Mineral ²	0,050	0,050	0,050	0,050
Suplemento Vitamínico ³	0,100	0,100	0,100	0,100
Inerte (Caulim)	0,060	0,060	0,035	0,033
Total	100,0	100,0	100,0	100,0
Valores Calculados				
EMA, kcal/kg	2.975	3.050	3.150	3.200
PB, %	24,27	23,31	20,58	18,57
Metionina ⁴ , %	0,644	0,617	0,552	0,493
Metionina + Cistina ⁴ , %	0,967	0,929	0,832	0,750
Lisina ⁴ , %	1,307	1,256	1,124	1,014
Treonina ⁴ , %	0,863	0,829	0,742	0,669
Valina ⁴ , %	1,013	0,971	0,865	0,781
Cálcio ⁴ , %	0,971	0,878	0,758	0,634
Fósforo ⁴ , %	0,463	0,419	0,374	0,296
Sódio, %	0,225	0,218	0,208	0,197
Cloro, %	0,382	0,373	0,362	0,349
Potássio, %	0,948	0,910	0,802	0,724
Colina, mg/kg	375	330	300	225
Ácido Linoleico, %	3,930	4,269	4,313	4,057

¹Pré-inicial, 1-7 dias de idade; Inicial, 8-21 dias de idade; Crescimento, 22-33 dias de idade; Final, 34-42 dias de idade.

²Suplemento mineral para frangos de corte (níveis de garantia por kg de dieta): Ferro, 0,035 g; Cobre, 0,009 g; Manganês, 0,070 g; Zinco, 0,065 g; Iodo, 1,000 mg.

³Suplemento vitamínico para frangos de corte (níveis de garantia por kg de dieta): Vitamina A, 9.000,00 UI; Vitamina D3, 2.500,00 UI; Vitamina E, 25,00 UI; Vitamina K3, 1,70 mg; Nicotinamida, 1,1826 mg; Vitamina B1, 2,00 mg; Vitamina B2, 6,00 mg; Vitamina B6, 3,00 mg; Vitamina B12, 15,00 mcg; Niacina, 0,038 g; Vitamina B5, 0,013 g; Ácido Fólico, 1,00 mg; Biotina, 0,08 mg; Selênio, 0,28 mg.

⁴Valores digestíveis.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.2.3. Delineamento e tratamentos experimentais

As aves foram alojadas em aviário experimental com 30 boxes de 2,5m², sendo distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco

tratamentos e cinco repetições, contendo 30 aves por repetição. Os tratamentos experimentais foram:

CN - Ração basal (RB) (dieta à base de milho e soja), sem inclusão de aditivos;

AT- RB com inclusão de avilamicina;

OE - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol;

AB- RB com inclusão de glicerídeos de ácido butírico;

OE+AB - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol + glicerídeos de ácido butírico.

Os óleos essenciais e ácido butírico empregados no estudo foram produtos comerciais em pó doados por empresa responsável pela fabricação dos mesmos. Os óleos essenciais continham em sua composição 12% de cinamaldeído, 2,5% de carvacrol e 2,5% de timol, com inclusão de 100 g/t (1 a 35 dias) e 75 g/t (36 a 42 dias). O ácido butírico era composto por mono, di e triglicerídeos de ácido butírico (60%) em sílica, com inclusão de 500 g/t de ração nas fases pré-inicial e inicial e 250 g/t de ração nas fases de crescimento e final. O antibiótico utilizado foi a avilamicina 20% (50 g/t, com 10 g de atividade de avilamicina). Todas as doses de aditivos utilizadas seguiram-se a recomendação do fabricante.

2.2.4 Desafio sanitário

Com a finalidade de aumentar o desafio sanitário e testar a eficácia dos tratamentos utilizados, aos 14 dias de idade, as aves foram submetidas ao desafio entérico, recebendo vacina anticoccidiana comercial (vacina viva atenuada Bio-Coccivet R – Biovet®). Na forma de oocistos esporulados e vivos, a vacina continha as espécies: *Eimeria acervulina*, *E. máxima*, *E. praecox*, *E. tenella* e *E. mitis*, sendo inoculada diretamente no ingluvío de cada ave na dose de 20 vezes a recomendada pelo fabricante (Oliveira, 2021; Rotter, 2021).

2.2.5 Características avaliadas

2.2.5.1 Desempenho

As variáveis analisadas foram: ganho de peso médio (GPM), calculado nos períodos acumulados de 1 a 7, 1 a 14, 1 a 21, 1 a 28, 1 a 35 e 1 a 42 dias, avaliado

pela diferença entre o peso corporal médio no período e o peso corporal médio no alojamento; consumo de ração médio (CRM), mensurado pela diferença entre a ração fornecida e a consumida, corrigido pelo número de aves mortas; conversão alimentar (CA), obtida pela razão entre o CRM e o GPM das aves, corrigido pelo peso das aves mortas. A viabilidade de cada unidade experimental foi obtida pela subtração: 100 - mortalidade. A mortalidade foi medida diariamente entre às 7h00 e 19h00, sendo que as aves mortas depois das 19h00 entraram na contagem da mortalidade do dia seguinte. O valor obtido foi calculado em porcentagem. O fator de produção foi avaliado ao final do experimento (42 dias de idade) utilizando a seguinte fórmula:

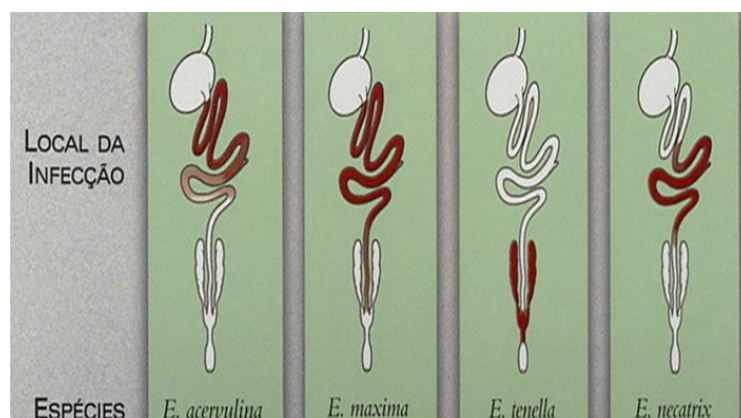
$$FP = (((VIAB \times GPMD) / CA) * 100)$$

Onde: FP = Fator de produção; VIAB = viabilidade (%); GPMD = ganho de peso médio diário (kg); CA = conversão alimentar.

2.2.5.2 Escore de lesão do epitélio intestinal

Aos 17, 19, 21, 23, 25 e 28 dias de idade, ou seja, aos 3, 5, 7, 9, 11 e 14 dias após a vacinação foi realizada a necropsia de 3 aves por tratamento, em cada período citado, para ser avaliado visualmente os escores de lesão intestinal. As lesões de coccidiose para cada espécie de *Eimeria* foram avaliadas segundo metodologia de Johnson e Reid (1970) (Figura 1), que estabelece para cada local ao longo do intestino: grau 0 - sem lesão; grau 1 - lesão leve; grau 2 - lesão moderada; grau 3 - lesão severa; grau 4 - lesão muito severa (Figura 2, 3, 4 e 5).

Figura 1 – Local de infecção para cada espécie de *Eimeria*.



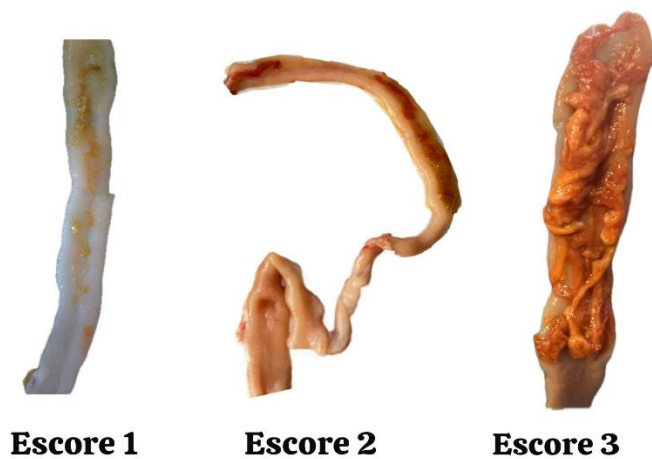
Fonte: Johnson e Reid, 1970.

Figura 2 – Escores de lesão intestinal provocados por *Eimeria acervulina*.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 3 – Escores de lesão intestinal provocados por *Eimeria máxima*.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 – Escores de lesão intestinal provocados por *Eimeria tenella*.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 – Escores de lesão intestinal provocados por *Eimeria necatrix*.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.2.5.3 Contagem de oocistos por grama (OPG)

Durante o período experimental, foram realizadas seis coletas em dias distintos, totalizando cento e cinquenta amostras (Tabela 2). Essas datas foram estrategicamente selecionadas para permitir a avaliação dos efeitos da inoculação ao longo do tempo. Todas as amostras foram coletadas durante o período em que a maioria dos excrementos geralmente é produzida, ou seja, pela manhã. Em cada boxe contendo 30 aves, foram coletadas amostras de três pontos diferentes, garantindo uma representação abrangente, e posteriormente, cada amostra foi acondicionada em sacos plásticos de 10 x 20 cm.

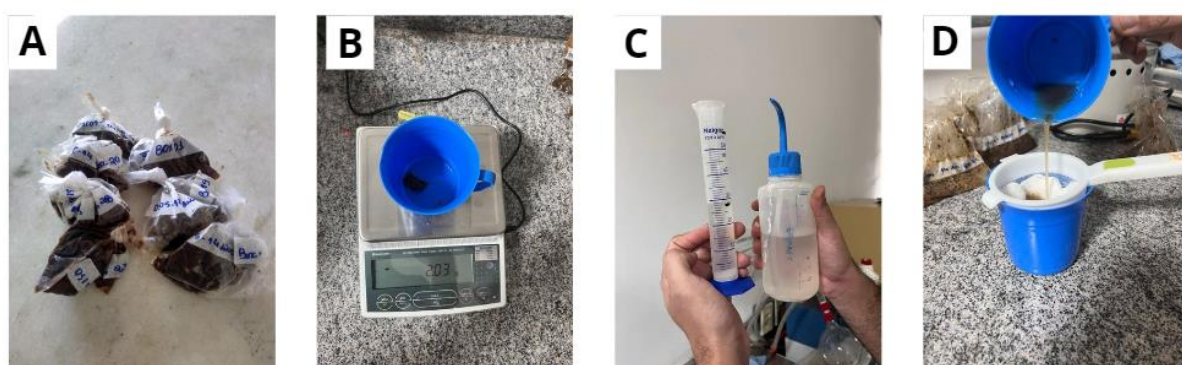
Tabela 2. Descrição dos períodos de coletas das excretas.

Coleta	Idade (dias)	Coleta de excretas para contagem de Oocistos	Quantidade de amostras
1 ^a	13 ^o	Antes da inoculação	25
2 ^a	18 ^o	4 ^o dia após a inoculação	25
3 ^a	19 ^o	5 ^o dia após a inoculação	25
4 ^a	20 ^o	6 ^o dia após a inoculação	25
5 ^a	21 ^o	7 ^o dia após a inoculação	25
6 ^a	28 ^o	14 ^o dia após a inoculação	25
Total			150

Fonte: Elaborado pela autora.

Para a efetuar as análises, as amostras foram homogeneizadas e dois gramas de cada foram pesadas e diluídas em 28 mL de solução saturada de NaCl (Gordon; Withlock, 1939). Após a agitação, ocorreu a separação dos sólidos e líquidos por meio de filtragem (Figura 6).

Figura 6. Processo de preparação, pesagem, diluição e separação de sólidos e líquidos, sendo: A (Amostras separadas), B (Dois gramas da amostra pesada), C (28 mL de solução saturada de NaCl), D (Separação de sólidos e líquidos após a homogeneização e diluição).

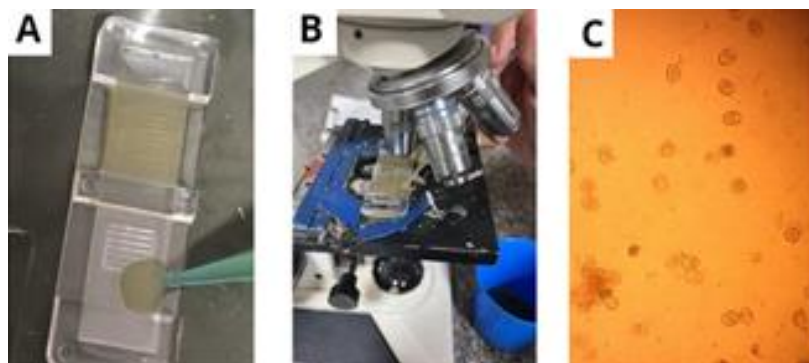


Fonte: Elaborado pela autora.

Uma alíquota foi inserida em uma câmara de *MacMaster*. A contagem dos oocistos foi então realizada usando-se um microscópio óptico com objetiva de 10x. De forma visual, cada oocisto identificado do gênero *Eimeria* spp. era contabilizado em

uma planilha. Os resultados foram expressos como número de oocistos por grama de fezes (OPG) (Hodgson, 1970) (Figura 7).

Figura 7. A (Alíquota inserida na câmara de *MacMaster*), B (Microscópio óptico com objetiva de 10x), C (Oocistos do gênero *Eimeria* spp.).



Fonte: Elaborado pela autora.

2.2.5.4 Características qualitativas da carne

Para avaliação das características qualitativas da carne, aos 21 e 35 dias de idade, os frangos foram submetidos a um jejum de seis horas, e posteriormente foram retiradas aleatoriamente duas aves por repetição. A escolha das idades citadas justifica-se, pois: 21 dias corresponde ao término da fase inicial de criação, já transcorreu metade do ciclo de criação e já é possível detectar a presença das espécies de *Eimeria*; 35 dias refere-se à idade em que ocorre a taxa máxima de crescimento animal, com reduções significativas de oocistos no intestino, sendo supostamente suficientes para que mudanças nas características qualitativas analisadas fossem detectadas.

As aves retiradas dos boxes foram então pesadas e, em seguida, eutanasiadas por deslocamento da articulação atlanto-occipital. Após, foram processadas segundo os procedimentos normais de abate: sangria, depenagem e evisceração. Os peitos foram coletados e acondicionados em geladeira por um período de 24 horas, para análise das seguintes variáveis: força de cisalhamento (FC), capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cocção (PPC), cor, pH e oxidação lipídica da carne através da quantificação dos malonaldeídos.

O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado por meio de potenciômetro digital de punção direta com termômetro acoplado (Modelo HI 99163; Marca Hanna

Instruments, Woonsocket, RI, EUA), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 (Merck, Darmstadt, Alemanha) (Béltran, *et al.* 1997) (Figura 8).

Figura 8 – Determinação do pH da carne com o uso do eletrodo de inserção (Hanna, HI 99163).



Fonte: Elaborado pela autora.

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada pelo método de Hamm (1961), com a utilização de 2 g de músculo desossado, que foram inseridos entre dois papéis filtro e placas de acrílico e submetidos a uma pressão de 10 kg durante 5 minutos (Figura 9). Seguidamente, as amostras foram pesadas novamente para determinar a CRA, demonstrada em porcentagem, de acordo com a fórmula: $(\text{peso final} / \text{peso inicial}) \times 100$.

Figura 9 – Etapas para determinação da capacidade de retenção de água.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para realização das perdas de peso por cozimento (PPC) as amostras foram devidamente identificadas e pesadas em balança semi-analítica. Foram inseridas em embalagens plásticas e cozidas em banho-maria a 85°C por 30 minutos (Figura 10). Após o banho-maria, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente até que a temperatura interna do músculo atingisse 25°C, sendo mensuradas com termômetro infravermelho. As amostras foram pesadas em balança semi-analítica (Figura 11), determinando-se os valores de PPC por meio da fórmula: $((\text{peso da amostra crua} - \text{peso da amostra cozida}) / \text{peso amostra crua}) \times 100$, segundo metodologia descrita por Honikel (1987).

Figura 10 – Etapas para colocação das amostras em banho-maria a 85°C.



Fonte: Elaborado pela autora.

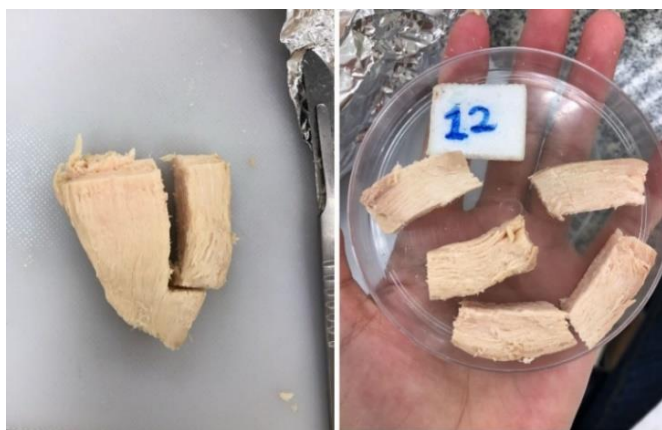
Figura 11 – Amostras após 30 minutos no banho-maria, resfriamento e pesagem.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a determinação da força de cisalhamento (FC) foram utilizadas as amostras usadas para determinação de PPC, após refrigeração a 4°C por 12 horas. Utilizou-se 5 sub-amostras com uma área de seção transversal igual a 1 x 1 cm (altura x largura) e comprimento de aproximadamente 3 cm, cortados paralelamente ao sentido das fibras da carne de cada amostra cozida (Figura 12).

Figura 12 – Amostras cortadas em sentido paralelo das fibras para mensurar a força de cisalhamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

De imediato, foram posicionadas de modo que as fibras ficaram orientadas perpendicularmente ao dispositivo de cisalhamento Warner-Bratzler acoplado ao

analisador de textura (TA-SBA CT3, Brookfield AMETEK, Middleboro MA, EUA) (Figura 13). O resultado foi expresso em Newton (N) (Lyon, *et al.* 1998).

Figura 13 – Procedimento para análise de determinação da força de cisalhamento.



Fonte: Elaborado pela autora.

A cor da carne foi determinada mediante leitura em três pontos distintos do músculo *Pectoralis major* na superfície ventral e no meio da seção cranial de cada amostra, por meio de espectrofotômetro portátil (CR-410-Konica Minolta, Câmera Co., Ltda Osaka, Japão) com iluminante D65, abertura de 8 mm de diâmetro e ângulo de observação de 10° (AMSA, 2012), previamente calibrado com padrão branco, conforme instruções do fabricante (Figura 14). Foi considerado o sistema CIELAB por meio de leituras de refletância da luz em três dimensões: L* (luminosidade), a* (vermelho) e b* (amarelo), segundo metodologia descrita por Honikel (1998).

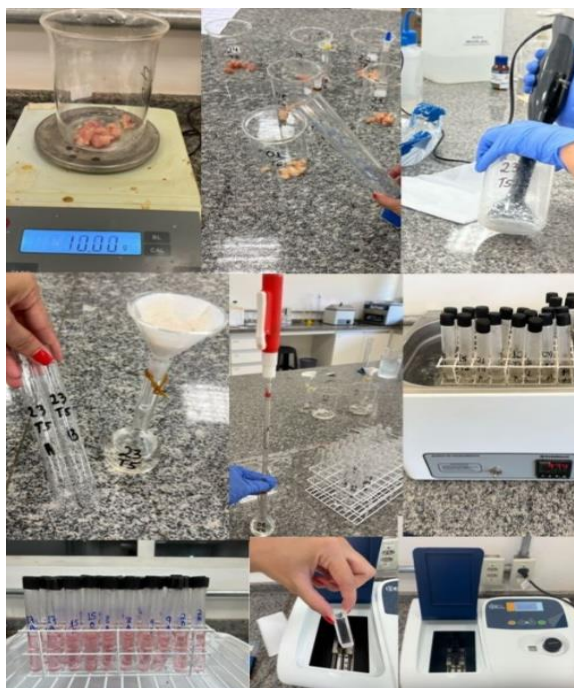
Figura 14 – Leituras de reflectância de luz para determinação da cor da carne com o Colorímetro Konica Minolta (CR-400).



Fonte: Elaborado pela autora.

Para avaliação da oxidação lipídica foi observada a oxidação equivalente em malonaldeído pela metodologia de TBARS (*Thiobarbituric acid reactive substances*) em cinco amostras de cada tratamento, os resultados foram expressos em μmol MDA/kg de carne, de acordo com Vyncke (1970). Foram pesadas 10 g de amostras da carne e homogeneizadas com 50 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 7,5% durante 2 minutos utilizando-se misturador Ultra-Turrax. Em seguida, esta mistura foi filtrada e uma alíquota de 5,0 mL foi misturada com 5,0 mL de solução de ácido tiobarbitúrico (TBA) (0,020 mol/L), sendo colocada em banho-maria (100°C) por 30 minutos. A absorbância das amostras foi medida a 532nm em espectrofotômetro (BEL photonics, modelo V-M5), em duplicata, e expressa em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne, utilizando-se como base uma curva padrão feita com 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP) (Figura 15).

Figura 15 – Etapas para a avaliação de oxidação lipídica, pela metodologia de TBARS.



Fonte: Elaborado pela autora.

2.2.6 Análise Estatística

As análises dos dados foram realizadas pelo SAS *OnDemand* (SAS Institute, 2021) com critério de 5% de probabilidade. Todas as pressuposições foram verificadas antes das análises de inferência. Os dados foram submetidos a análise de variância pelo procedimento MIXED, e quando houve efeito significativo dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As variáveis que apresentarem dados repetidos no tempo foram avaliadas com o comando REPEATED, ajustando a análise com a escolha da matriz que apresentou melhor estrutura de covariância.

2.3 Resultados

2.3.1 Desempenho

Os resultados apresentados mostram que houve diferença ($P < 0,05$) entre dietas para as variáveis de desempenho: ganho de peso médio (GPM), consumo de ração médio (CRM) e conversão alimentar (CA), com exceção da viabilidade criatória (VB) e fator de produção (FP) que não diferiram entre si ($P > 0,05$) (Tabela 3).

Observou-se diferença ($P < 0,05$) entre dietas para a variável: GPM nos períodos acumulados de 1-14, 1-21, 1-28 e 1-35 dias; para CRM no período de 1-7 e 1-14 dias; e CA nas fases de 1-14, 1-21; 1-28, 1-35 e 1-42 dias.

Tabela 3. Desempenho semanal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com óleos essenciais e/ou glicerídeos de ácido butírico em alternativa à avilamicina.

Variáveis ¹	Dietas ²					EPM ³	P
	CN	AT	OE	AB	OE+AB		
--- 7 dias ---							
GPM, g	154,73	158,90	164,00	156,51	149,33	1,918	0,1177
CRM, g	150,90 ab	156,10 ab	161,60 a	153,36 ab	144,78 b	1,844	0,0403
CA, g/g	0,97	0,98	0,98	0,98	0,96	0,005	0,2292
VB, %	100,00	100,00	100,00	99,33	99,33	0,184	0,5606
--- 14 dias ---							
GPM, g	526,10 c	562,72 a	556,13 ab	536,37 bc	550,06 ab	3,284	0,0005
CRM, g	628,09 ab	640,43 a	638,20 a	621,81 ab	608,87 b	5,556	0,0200
CA, g/g	1,21 c	1,14 ab	1,15 b	1,16 b	1,10 a	0,008	<0,0001
VB, %	98,67	98,00	100,00	98,00	98,00	0,338	0,2184
--- 21 dias ---							
GPM, g	1048,27 b	1100,48 a	1087,59 a	1083,34 ab	1096,47 a	6,667	0,0054
CRM, g	1270,82	1294,31	1307,63	1286,14	1274,12	9,638	0,2860
CA, g/g	1,32 b	1,22 a	1,24 a	1,23 a	1,20 a	0,008	<0,0001
VB, %	98,67	98,00	99,33	97,34	98,00	0,347	0,5097
--- 28 dias ---							
GPM, g	1657,42 b	1815,07 a	1802,60 a	1773,39 ab	1788,04 ab	16,124	0,0235
CRM, g	2317,86	2401,94	2369,23	2330,68	2363,42	18,506	0,4948
CA, g/g	1,63 b	1,50 a	1,49 a	1,52 a	1,51 a	0,013	0,0064
VB, %	98,67	98,00	99,33	96,67	98,00	0,383	0,3390
--- 35 dias ---							
GPM, g	2312,85 b	2467,65 ab	2473,47 ab	2438,30 ab	2501,02 a	21,973	0,0357
CRM, g	3417,66	3502,00	3470,16	3388,52	3473,78	23,587	0,4723
CA, g/g	1,71 b	1,60 a	1,59 a	1,60 a	1,57 a	0,010	<0,0001
VB, %	98,67	98,00	99,33	96,00	97,34	0,381	0,0691
--- 42 dias ---							
GPM, g	2973,81	3231,06	3096,41	3096,47	3177,35	31,097	0,1238
CRM, g	4878,60	4891,32	4838,80	4807,82	4933,57	26,925	0,4542
CA, g/g	2,01 b	1,83 a	1,87 a	1,90 ab	1,88 a	0,015	0,0088
VB, %	98,67	98,00	99,33	95,84	97,78	0,412	0,1405
FP	378,76	412,25	390,96	369,98	384,94	5,517	0,2496

¹GPM, ganho de peso médio; CRM, consumo de ração médio; CA, conversão alimentar; VB, viabilidade; FP, fator de produção.

²CN - ração basal (RB) (dieta à base de milho e soja); AT - RB com inclusão de avilamicina; OE - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol; AB - RB com inclusão de glicerídeos de ácido butírico; OE + AB - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol + glicerídeos de ácido butírico. ³EPM, erro padrão da média. Fonte: Elaborado pela autora.

No período acumulado de 1-7 dias é possível observar diferença apenas no CRM, evidenciando que aves que receberam dietas com óleo essencial (OE) consumiram significativamente mais que aves alimentadas com a junção óleo essencial e ácido butírico (OE + AB).

Na fase de 1 a 14 dias observou-se que OE + AB proporcionou melhor CA ($P < 0,0001$) dos frangos, em decorrência do menor consumo das aves, porém com GPM elevado.

Após o desafio ocorrido aos 14 dias de idade, observou-se independente da fase, melhores índices de CA nas aves que receberam algum aditivo e piores valores nos frangos do CN. Assim, infere-se que os aditivos foram capazes de anular o efeito do desafio imposto e recuperar a saúde intestinal das aves, proporcionando ganhos de peso superiores. Ao mesmo tempo, a similaridade estatística ($P > 0,05$) na CA de frangos que receberam AT e os que receberam OE, AB ou a junção de ambos (OE + AB), mostra a importância dos aditivos alternativos, podendo ser uma opção de substituição aos antibióticos melhoradores de desempenho.

2.3.2 Escore de lesão do epitélio intestinal

Na avaliação do escore de lesão no intestino de frangos de corte não houve interação entre dietas e períodos analisados (Tabela 4). Também não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) no escore entre as dietas fornecidas. Porém, observou-se diferença entre períodos no escore intestinal dos frangos causados por *E. acervulina* ($P < 0,0001$), *E. máxima* ($P < 0,0001$) e *E. necatrix* ($P=0,0011$). Não houve efeito estatístico entre dietas ou entre períodos causado pela *E. tenella*.

Tabela 4. Escores de lesão no intestino de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com óleos essenciais e/ou glicerídeos de ácido butírico em alternativa à avilamicina aos 3, 5, 7, 9, 11 e 14 dias após vacina anticoccidiana (dAV) comercial contendo diferentes espécies de *Eimeria* spp.

Efeito		Escore de lesão			
		<i>E. acervulina</i>	<i>E. máxima</i>	<i>E. tenella</i>	<i>E. necatrix</i>
Dietas ¹	CN	0,714	0,476	0,286	0,333
	AT	0,762	0,762	0,191	0,429
	OE	1,000	0,429	0,048	0,286
	AB	1,333	0,476	0,143	0,381
	OE+AB	1,381	0,524	0,143	0,238
Períodos	3dAV (17 d idade)	0,333 a ³	0,111 a	0,056	0,056 a
	5dAV (19 d idade)	0,500 ab	0,167 ab	0,278	0,167 a
	7dAV (21 d idade)	1,222 bc	0,889 b	0,333	0,556 b
	9dAV (23 d idade)	1,167 bc	0,167 ab	0,056	0,167 a
	11dAV (25 d idade)	1,278 c	0,333 ab	0,056	0,278 ab
	14dAV (28 d idade)	1,278 c	0,111 a	0,111	0,056 a
	EPM ²	0,083	0,079	0,036	0,055
Fonte de variação		Probabilidade			
Dietas		0,0904	0,6040	0,5007	0,7533
Períodos		<0,0001	<0,0001	0,0603	0,0011
Dietas*Períodos		0,2183	0,0654	0,6126	0,4245

¹CN - Ração basal (RB) (dieta à base de milho e soja); AT - RB com inclusão de avilamicina; OE - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol; AB - RB com inclusão de glicerídeos de ácido butírico; OE + AB - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol + glicerídeos de ácido butírico.

²EPM, erro padrão da média.

³Letras distintas nas colunas indicam diferença pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Elaborado pela autora.

Três dias após o desafio (3dAV), as lesões intestinais começaram a aparecer em função do início da contaminação pelas três espécies de *Eimeria*. Quando os frangos atingiram 21 dias de idade (7dAV), observou-se o pico de lesões, devido à ação da *E. máxima* e *E. necatrix*. Porém, a maior infestação por *E. acervulina* ocorreu por volta aos 11dAV e 14dAV, embora sem diferença ($P > 0,05$) do escore encontrado aos 21 dias de idade (7dAV). Aos 9dAV (23 dias de idade), as lesões passaram a diminuir, tanto as ocasionadas pela *E. máxima* quanto pela *E. necatrix*, chegando aos 14dAV (28 dias de idade) com resultados semelhantes ($P > 0,05$) ao início das análises (3dAV).

2.3.3 Contagem de oocistos por grama (OPG)

Ao analisar-se a contagem de oocistos por grama de fezes (OPG) excretadas pelos frangos (Tabela 5), nota-se que houve interação entre dietas e os diferentes períodos de coleta ($P < 0,0001$).

Tabela 5 - Contagem de oocistos por grama de fezes antes da vacinação e aos 4, 5, 6, 7 e 14 dias após vacina anticoccidiana comercial (dAV) contendo diferentes espécies de *Eimeria* spp.

Efeito		OPG ²
Dietas ¹	CN	8,81 ³
	AT	8,08
	OE	8,51
	AB	8,39
	OE+AB	8,10
Períodos	0 dAV	8,65
	4 dAV	10,76
	5 dAV	10,96
	6 dAV	11,10
	7 dAV	4,15
	14 dAV	4,64
	EPM ⁴	0,303
Fonte de variação		Probabilidade
Dietas		<0,0001
Períodos		<0,0001
Dietas*Períodos		<0,0001

¹CN - ração basal (RB) (dieta à base de milho e soja); AT - RB com inclusão de avilamicina; OE - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol; AB - RB com inclusão de glicerídeos de ácido butírico; OE + AB - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol + glicerídeos de ácido butírico.

²OPG, oocistos por grama de fezes, os dados passaram por transformação logarítmica.

³ Os dados passaram por transformação logarítmica.

⁴EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao realizar-se o desdobramento da interação entre as dietas e os períodos de coleta (Tabela 6), notou-se que antes da vacinação (0dAV), embora baixa já haviam oocistos em todas as camas do aviário.

Tabela 6. Desdobramento da interação das diferentes dietas e períodos de coleta sobre a contagem de oocistos por grama de fezes.

Períodos	Dietas ¹				
	CN	AT	OE	AB	OE+AB
0 dAV	9,59 Bc	9,26 Bb	9,34 Bb	8,92 Ba	9,13 Bab
4 dAV	11,04 Ca	11,00 Ca	10,83 Ca	10,48 Ca	10,46 Ca
5 dAV	10,15 Ca	11,76 Ca	11,32 Ca	10,79 Ca	10,78 Ca
6 dAV	11,05 Cb	10,35 Ca	10,83 Ca	10,64 Ca	10,62 Ca
7 dAV	3,95 Aa	4,85 Aa	3,85 Aa	4,14 Aa	3,98 Aa
14 dAV	6,07 Ac	5,29 Ab	4,87 Ab	5,38 Ab	3,62 Aa

¹CN - ração basal (RB) (dieta à base de milho e soja); AT - RB com inclusão de avilamicina; OE - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol; AB - RB com inclusão de glicerídeos de ácido butírico; OE + AB - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol + glicerídeos de ácido butírico.

²Os dados passaram por transformação logarítmica.

³Letras distintas maiúsculas na coluna e minúsculas nas linhas, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Elaborado pela autora.

Quatro dias após vacinação (4dAV), a carga de oocistos aumentou significativamente em todas as camas analisadas, permanecendo quantidade semelhante de oocistos até os 6 dias pós-vacinação (6dAV). Após esse dia, a quantidade de oocistos começa a ser menos liberada pelos frangos, independente da dieta fornecida.

Ao avaliar-se o efeito dos períodos isoladamente sobre as dietas fornecidas, nota-se que aos 4, 5 e 7 dAV, não houve diferença entre as dietas fornecidas aos frangos quanto à contagem de oocistos nas excretas. Antes da vacinação (0 dAV), 6 e 14 dAV a maior presença de oocistos foi encontrada nas excretas das aves que não receberam qualquer aditivo (CN), o que mostra que os aditivos utilizados já estavam agindo na saúde intestinal dessas aves.

A junção de dois aditivos pode favorecer ou não o desempenho, a saúde intestinal e a resposta imunológica das aves. Na presente pesquisa, o efeito aditivo ou até mesmo sinérgico, não foi observado no ambiente intestinal das aves, fazendo com que as aves excretassem maior quantidade de oocistos.

2.3.4 Características qualitativas da carne

Ao analisar-se as características qualitativas da carne dos frangos aos 21 dias de idade, observou-se diferença ($P = 0,0183$) apenas na oxidação lipídica dos peitos coletados (Tabela 7). O fornecimento da avilamicina e dos aditivos alternativos revelou menores teores de rancidez, diferindo estatisticamente das aves que não receberam

qualquer aditivo (CN), que apresentaram peitos com maiores taxas de oxidação lipídica.

Aos 35 dias, os aditivos não proporcionaram diferença ($P > 0,05$) em qualquer uma das variáveis estudadas: pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC), luminosidade (L^*), teor de vermelho (a^*), teor de amarelo (b^*) e concentração de malonaldeído (MDA) por meio do teste do ácido tiobarbitúrico.

Tabela 7. Características qualitativas da carne do peito de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com óleos essenciais e/ou glicerídeos de ácido butírico em alternativa à avilamicina.

Variáveis ¹	Dietas ²					EPM ³	P
	CN	AT	OE	AB	OE+AB		
--- 21 dias ---							
pH	5,90	6,00	6,08	5,94	5,98	0,036	0,6213
CRA (%)	81,96	84,81	84,43	83,54	83,94	0,809	0,8550
PPC (%)	22,13	25,63	21,54	24,54	23,75	0,598	0,1668
FC (N)	18,65	18,82	16,77	17,37	15,49	1,017	0,8571
L*	51,86	52,54	50,81	53,36	51,89	0,362	0,2534
a*	3,76	3,27	3,76	3,61	3,65	0,174	0,9144
b*	7,84	6,37	6,98	7,49	6,84	0,265	0,4711
MDA	1,39 b	0,78 a	0,74 a	0,94 ab	0,66 a	0,080	0,0159
--- 35 dias ---							
pH	5,74	5,82	5,72	5,68	5,78	0,027	0,6810
CRA (%)	77,11	78,96	78,25	82,06	81,09	0,775	0,4213
PPC (%)	34,49	32,83	34,68	31,21	32,18	0,840	0,7846
FC (N)	20,08	19,25	26,17	25,14	18,03	1,405	0,3058
L*	57,38	57,25	55,85	55,62	55,30	0,532	0,7233
a*	3,59	3,42	3,39	3,79	3,65	0,146	0,9328
b*	7,30	7,84	7,60	6,59	6,52	0,229	0,4325
MDA	0,26	0,19	0,31	0,21	0,23	0,018	0,2516

¹CRA, capacidade de retenção de água; PPC, perdas de peso por cozimento; FC, força de cisalhamento; L*, luminosidade; a*, teor de vermelho; b*, teor de amarelo; MDA, quantificação de oxidação lipídica.

²CN - ração basal (RB) (dieta à base de milho e soja); AT - RB com inclusão de avilamicina; OE - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol; AB - RB com inclusão de glicerídeos de ácido butírico; OE + AB - RB com inclusão de cinamaldeído, carvacrol e timol + glicerídeos de ácido butírico.

³EPM, erro padrão da média.

Fonte: Elaborado pela autora.

2.4 Discussão

A produção no setor de frangos de corte tem alavancado a cada década (ABPA, 2024), e para que seja possível atender à crescente demanda no mercado de carne, projetos devem ser estabelecidos para aprimorar a capacidade dos frangos em converter sua alimentação em melhor produção de carne, ou seja, em excelente conversão alimentar, que é fundamental para a ampliação sustentável da produção avícola. Além de aumentar essa produção, as pesquisas também devem visar melhorias nas características qualitativas da carne, elevando assim a aceitação e percepção dos consumidores que buscam cada vez mais um produto final de qualidade.

Al-Shaibani, Al-Khadher e Alhibah (2020), Balta *et al.* (2021) e Beski (2023) relataram que o desafio coccidiano pode promover efeitos negativos na saúde e no desempenho das aves, tornando imprescindível o desenvolvimento de medicamentos que sejam eficazes contra a coccidiose. Diante disso, as indústrias avícolas estão sob progressiva pressão para restringir a utilização de anticoccidianos, buscando fontes que sejam naturais e que melhorem a saúde dos animais (Alqhtani *et al.*, 2023).

Assim, o uso de aditivos fitogênicos nas dietas de aves vem chamando atenção como possíveis melhoradores naturais de desempenho, sendo derivados de especiarias, ervas e vários extratos de plantas que podem ser inseridos na nutrição animal (Al-Mufarrej *et al.*, 2019; Alqhtani *et al.*, 2022; Anuranj *et al.*, 2022; Shehata *et al.*, 2022; Ajide *et al.*, 2023). Ácidos orgânicos também se encaixam como uma opção que os pesquisadores têm buscado em função de seu efeito antibacteriano contra diferentes microrganismos patogênicos, sendo seguros e permitidos pela União Europeia na nutrição de aves (Suntres *et al.*, 2015; Elnaggar *et al.*, 2017). Seu uso ajuda na diminuição do pH do trato gastrointestinal, o que resulta na melhoria do aproveitamento de nutrientes pelos frangos de corte (Kim *et al.*, 2015).

No presente estudo foi realizado um desafio entérico com o fornecimento de vacina anticoccidiana (em 20 vezes a dose recomendada pelo fabricante) no intuito de gerar um distúrbio na homeostase no trato gastrointestinal. Desta forma, foi possível avaliar o mecanismo de ação dos óleos essenciais e dos glicerídeos de ácido butírico em substituição à avilamicina sobre o desempenho zootécnico, escore de lesão intestinal, contagem de oocistos e características qualitativas da carne de frangos de corte.

De modo geral, o GPM dos frangos que receberam as dietas sem qualquer aditivo (CN) foi inferior quando comparado ao peso das aves que receberam suplementação.

O modelo de desafio aplicado indica que os protozoários (*Eimeria* spp.) podem ter causado inflamação intestinal, com consequente redução na digestão e absorção, além de enterites, refletindo no menor ganho de peso (Blake *et al.*, 2020, 2021). Porém, sugere-se que outros fatores além da *Eimeria* interferiram no menor GPM, uma vez que aos 14 dias de idade os frangos ainda não haviam sido desafiados, e mesmo assim observou-se GPM reduzidos nas aves do CN, podendo já indicar a eficácia dos aditivos.

De modo geral, os aditivos alternativos (OE, AB ou OE+AB) proporcionaram GPM semelhantes ao dos frangos que receberam antibiótico na dieta, indicando possibilidade de substituição do antimicrobiano. Muro *et al.* (2015) ao incluírem extrato de cúrcuma, citros e sementes de uva na dieta de frangos desafiados com *E. acervulina*, concluíram que os fitogênicos podem substituir os antibióticos melhoradores de desempenho, uma vez que o GPM se mostrou superior quando comparado ao de aves alimentadas com avilamicina.

Assim como no presente estudo, Stefanello *et al.* (2020) ao testarem a junção de óleos essenciais (timol, vanilina e eugenol) e ácidos orgânicos (fumárico, sórbico, málico e cítrico) na dieta de frangos desafiados com vacina anticoccidiana encontraram GPM semelhantes ao dos frangos que receberam o antibiótico enramicina no período de 1 a 21 dias. Da mesma forma, Galli *et al.* (2021) ao incluírem ácidos orgânicos microencapsulados (acético, butírico, fórmico, fosfórico, láctico e propiônico) na dieta de frangos encontraram aos 21 dias GPM semelhantes ao dos frangos que receberam os antibióticos lincomicina e salinomicina. Suplementação de ácido butírico na dieta de frangos de corte trouxe efeitos positivos sobre o desempenho zootécnico ao promover a maturação fisiológica precoce do intestino delgado estando associada à regulação da microbiota intestinal e seu equilíbrio microecológico (Zou *et al.*, 2019; Zhao *et al.*, 2022).

Em suma, sob condições de desafio, a inclusão de AT, OE, AB e a junção de OE+AB proporcionou maior GPM dos frangos do que a não inclusão. Corroborando com o atual estudo, Lee *et al.* (2020) relataram que frangos, sob as mesmas condições de desafio sanitário, e recebendo dietas contendo salinomicina ou óleos essenciais (timol e carvacrol) tiveram GPM superior ao de frangos que não receberam nenhum

tipo de antimicrobiano na dieta. Stefanello *et al.* (2020) ao testarem a associação de OE e AO e dietas à base de enramicina para frangos desafiados encontraram GPM superior ao dos frangos sem inclusão de aditivos na dieta.

Aos 42 dias não houve diferença no GPM dos frangos que receberam ou não aditivos na dieta. Da mesma forma, Qaid *et al.* (2023) ao testarem diferentes níveis (0, 1, 3 e 5 g/kg) de folha em pó de *Rumex nervosus* também não encontraram diferenças na adição ou não do óleo essencial, apesar do destaque na utilização do fitogênico independentemente do nível.

Aos 21, 28, 35 e 42 dias, a inclusão de aditivos alternativos (OE, AB ou OE+AB) proporcionou aos frangos CA semelhantes à de frangos que receberam antibiótico na dieta. Apenas aos 14 dias, a associação de OE e AB promoveu taxa de CA melhor que a de frangos que receberam OE e AB. Galli *et al.* (2020) ao analisarem a CA de frangos no período de 21, 35 e 44 dias de idade, também notaram semelhança entre frangos suplementados com AT (bacitracina e salinomicina) e OE (curcumina, carvacrol, timol e cinamaldeído). A utilização de ácidos orgânicos microencapsulados promoveu semelhança na CA de frangos aos 7, 21 e 42 dias ao receberem dietas com AT e AO (Galli *et al.*, 2021).

Assim como no presente estudo, Lee *et al.* (2020) ao suplementarem frangos com timol e carvacrol na dieta encontraram melhor CA se comparado às aves que não receberam qualquer aditivo, e àquelas que receberam antibiótico.

Corroborando com os achados do presente estudo, frangos de corte ao receberem na dieta óleos essenciais de manjerição, cominho, louro, orégano, limão, sálvia e tomilho apresentaram melhor desempenho, atribuído aos seus efeitos antioxidantes, antibacterianos e anticoccidianos (Khattak *et al.*, 2014; Ahmadi; Shahri, 2020; Gemechu; Woldekidan; Teka, 2021; Qaid *et al.*, 2021). Além dos fitogênicos, os ácidos orgânicos também demonstraram atividades benéficas no desempenho de frangos (Emami *et al.*, 2017; Galli *et al.*, 2021), como verificado na atual pesquisa.

Em situações de desafio microbiológico, como a do presente estudo, a adição de ácidos orgânicos (Calaça *et al.*, 2019) e óleos essenciais (Giannenas *et al.*, 2004; Barbour *et al.*, 2015), na ração pode ser recomendada, uma vez que podem reduzir o crescimento de *Eimeria* em frangos e consequentemente, atuar na proteção contra lesões intestinais, porém no presente estudo não foi observado efeito dos aditivos no controle da carga microbiana excretada pelos frangos, e consequentemente, na redução das lesões intestinais.

Segundo Hussain *et al.* (2021) existem sete espécies do gênero *Eimeria* que frequentemente infectam as aves ocasionando Coccidiose, como: *E. acervulina*, *E. tenella*, *E. mitis*, *E. praecox*, *E. máxima*, *E. necatrix* e *E. brunetti*. Cada uma dessas espécie possuem períodos de pré-patência diferentes, *i.e.*, período entre a infecção inicial e os sinais de seu estágio detectável, podendo esse período ser de aproximadamente quatro dias para *E. acervulina* e *E. necatrix*, e cinco dias para *E. máxima* e *E. tenella* (Kawazoe, 2009).

As lesões intestinais de frangos analisadas aos 3, 5, 7, 9, 11 e 14 dias após o desafio com vacina anticoccidiana mostraram que após 7 dias da inoculação o escore atingiu valores mais altos, demonstrando a alta taxa de infestação por oocistos de *E. acervulina*, *E. máxima* e *E. necatrix*, provocando danos resultantes do desafio imposto. Após 14 dias da vacinação, a propagação de *E. acervulina* permaneceu elevada, com relevante redução dos oocistos de *E. máxima* e *E. necatrix*., porém sem destaque a qualquer um dos aditivos testados.

Diferentemente dos achados no presente estudo, Bona *et al.* (2012) ao utilizarem avilamicina e óleos essenciais de orégano, alecrim, canela e extrato de pimenta na ração observaram que as lesões intestinais causadas por *Eimeria máxima* e *E. tenella* reduziram-se aos 14 dias pós-inoculação.

Aos 4 dAV, independente da dieta fornecida para os frangos, maior incidência de oocistos foi detectada, o que pode ser explicado pelo chamado período pré-patência, sendo este de aproximadamente 4 a 5 dias, dependendo da espécie de *Eimeria*. E a partir do 7º dia após desafio, começa a haver menor liberação de oocistos pelos frangos.

O pico da fase infecciosa é marcado por alta prevalência de oocistos, extensos danos intestinais e sinais clínicos de coccidiose, incluindo diarreia, redução da ingestão de alimentos e comprometimento do desempenho (El-Shall *et al.*, 2022). No entanto, poucas pesquisas foram conduzidas na fase de recuperação do intestino do animal (9º ao 14º pós-infecção) por *Eimeria*, que segue o pico da fase infecciosa e envolve o sistema imunológico do hospedeiro, controlando o crescimento do parasita e reparando o tecido intestinal danificado. Corroborando com os achados no presente estudo, El-Shall *et al.* (2022) e Osho *et al.* (2023), observaram que durante a fase pós-pico, a quantidade de oocistos excretados diminuiu e os sinais clínicos de coccidiose reduziram substancialmente.

Em suma, na avaliação do escore de lesão intestinal notou-se que o intestino dos frangos que receberam ou não aditivos na dieta estava demasiadamente lesionado 7 dias após vacinação (infecção), com restabelecimento da integridade intestinal 14 dias após o desafio. Por outro lado, a carga microbiana de *Eimeria* spp. encontrada nas excretas das aves, já mostrou-se reduzida a partir do 7º dia pós-infecção, evidenciando ainda o efeito dos aditivos na redução do número de oocistos, o que pode ter contribuído na melhora da saúde intestinal dessas aves.

A excelência no desempenho animal, característica importante buscada por produtores de frangos, não é um atributo visto diretamente pelos consumidores os quais buscam a qualidade da carne por meio das variáveis cor, frescor, maciez, tempo de prateleira, entre outras.

Os compostos polifenólicos presentes em extratos de plantas possuem a capacidade de agirem como antioxidantes, eliminando os radicais livres e protegendo os lipídios das reações oxidativas (Ahmed *et al.*, 2015). A capacidade antioxidante de diferentes extratos vegetais, como, timol, carvacrol, orégano e romã agem na redução da deterioração oxidativa da gordura na carne de frangos, reduzindo assim a produção de malonaldeído (MDA) (Luna *et al.*, 2010; Ahmed *et al.*, 2015; Forte *et al.*, 2018).

A avaliação das características qualitativas da carne aos 21 e 35 dias não exibiu diferença entre as dietas adotadas, com exceção da concentração de malonaldeído ao término da 1ª fase de criação. Esses resultados podem estar associados ao fato dessa variável ter sido mensurada em período próximo à realização do desafio sanitário, apresentando seu sistema imune fragilizado em decorrência das lesões intestinais existentes, culminando em um maior estresse das aves.

A maior taxa de oxidação lipídica ocorreu no peito de frangos que não receberam qualquer aditivo na ração (CN). O uso de AT, OE, AB e a junção do OE com o AB permitiu obter menor oxidação lipídica na carne dos peitos. Isso demonstra uma capacidade semelhante dos aditivos alternativos sobre os antibióticos.

Corroborando com nossos achados, Dilawar *et al.* (2022) ao mensurarem o valor TBARS (espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico) observaram menores níveis na carne de peito de frangos suplementados com dietas contendo extratos vegetais (menta e gerânio) do que naqueles que receberam apenas dieta à base de milho e farelo de soja. No atual estudo, o uso de OE também resultou em menores taxas de oxidação lipídica, sendo associados ou não ao AB, diferindo apenas de aves suplementadas com dieta basal.

De acordo com Galli *et al.* (2020), a junção de curcumina e fitogênico comercial microencapsulado (timol, cinamaldeído e carvacrol), pode promover melhorias no valor TBARS, sendo semelhante à oxidação lipídica da carne de frangos suplementados com bacitracina de zinco, corroborando com os achados do presente estudo. Segundo Xue *et al.* (2019), o timol tem a capacidade de adiar a oxidação lipídica em até 10 dias de armazenamento da carne sendo uma excelente opção de uso.

No presente estudo é notável a redução de TBARS no peito de frangos que receberam OE na dieta, assim como encontraram Rodriguez-Garcia *et al.* (2016) e He *et al.* (2023), que justificaram essa ocorrência devido ao fato do carvacrol e timol possuírem um mecanismo de sequestro dos radicais livres, aumentando atividade enzimática como um efeito protetor contra a oxidação lipídica, resultando em melhores características qualitativas da carne, com aumento da capacidade antioxidante.

Como se pode observar, a suplementação dietética de AB reduziu o conteúdo de MDA no músculo do peito, como visto por Lan *et al.* (2020), que ao utilizarem butirato de sódio na dieta de frangos, obtiveram aumento da capacidade antioxidante e diminuição do conteúdo de MDA, refletindo em maior qualidade e tempo de armazenamento da carne.

Segundo Bihan-Duval *et al.* (2008), o pH ideal da carne de peito de frango deve variar de 5,7 a 5,9, como os encontrados na presente pesquisa. Dilawar *et al.* (2022) também não encontraram diferenças entre o fornecimento ou não de antimicrobianos (AT, OE, AB e OE+AB) na dieta de frangos.

A capacidade de retenção de água (CRA) está diretamente ligada à perda de peso por cozimento (PPC), pois esse fator influencia na suculência, maciez e aparência dos produtos cárneos. A perda de água do tecido muscular é inevitável, mas deve ser minimizada, pois perder muita umidade resulta em alto índice de perda de peso durante o cozimento, acarretando numa carne dura e seca (Troy; Kerry, 2010; Hughes *et al.*, 2014).

Na análise da CRA do atual estudo, apesar de apresentar-se um pouco elevada aos 21 dias, a PPC alcançou valores dentro do padrão esperado. Segundo Kaminishikawahara, Mendonça e Grespan (2016) filés normais apresentam CRA de 70,49%, e PPC, entre 18 e 29%. Porém, ao analisar-se a CRA e a PPC aos 35 dias, os valores encontraram-se acima dos citados.

Outra variável estudada foi a força de cisalhamento, indicador da maciez da carne, sendo mensurada por meio da força necessária para que uma lâmina rompa as fibras musculares de um fragmento (Funari Junior *et al.*, 2011). Assim, notou-se que o uso de aditivos (AT, OE, AB ou OE+AB) na dieta resultou em carnes mais macias corroborando com os achados de Hong *et al.* (2012) que observaram que a adição de óleo essencial de orégano, anis e cascas de frutas cítricas em dietas de frangos proporcionou efeito positivo sobre a força de cisalhamento da carne.

Os carotenóides presentes nos ingredientes realçam a cor da carne, características observadas diretamente pela maioria dos consumidores. Reis *et al.* (2018) ao suplementarem na dieta de frangos carvacrol, timol e cinamaldeído, e Mulakal *et al.* (2018) utilizando curcumina, observaram maior intensidade de amarelo (b^*) na carne de peito, diferentemente dos achados na atual pesquisa em que a coloração não mostrou alteração em função do antimicrobiano utilizado.

Dessa forma, os resultados alcançados no presente estudo mostram que a utilização de aditivos alternativos (OE e AB), isolados ou associados, mostrou-se vantajosa por resultar em melhores GP e CA de frangos em condições de desafio sanitário, menor concentração de ácidos graxos passíveis de rancificação na carne e ainda, redução na carga microbiana intestinal quando comparados aos frangos sem inclusão de qualquer aditivo (CN).

Outro benefício do uso de OE e/ou AB é que podem ser opções viáveis de substituição aos antimicrobianos como a avilamicina. No entanto, mais estudos são necessários para entender todos os efeitos da suplementação do cinamaldeído, carvacrol e timol, além do ácido butírico esterificado, no escore de lesão intestinal e contagem de oocistos nas excretas em frangos de corte submetidos à desafio com coccidiose.

2.5 Conclusão

A suplementação de dietas com óleos essenciais (cinamaldeído, carvacrol, timol) e/ou ácido butírico em alternativa à avilamicina é eficiente em promover melhor desempenho, aumento da capacidade antioxidante e redução do número de oocistos nas excretas, porém sem efeito sobre as lesões intestinais provocadas por *Eimeria* spp. em frangos de corte desafiados.

2.6 Referências

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2024**. Disponível em: <http://abpa-br.org/relatorios>. Acesso em: 01 set. 2024.

ADEDOKUN, S. A.; OLOJEDE, O. C. Optimizing Gastrointestinal Integrity in Poultry: The Role of Nutrients and Feed Additives. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 5, p. 348, 2019. DOI 10.3389/fvets.2018.00348.

AHMADI, E.; SHAHRI, M. M. The antioxidant and anticoagulant effects of coumarin and quercetin from cinnamon methanolic extract, and the assessment of cinnamon powder effect on plasma parameters in diabetes, and the disinfectant activity in diabetic patients. **Herbal Medicines Journal**, [s.l.], v. 4, p. 103-110, 2020.

AHMED, S. T.; KIM, G.; ISLAM, M. M.; MUN, H. S.; BOSTAMI, A. B. M. R.; YANG, C. J. Effects of dietary chlorine dioxide on growth performance, intestinal and excreta microbiology, and odorous gas emissions from broiler excreta. **Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 24, n. 4, p. 502-510, 2015.

AJIDE, S.; OPOWOYE, I.; MAKINDE, J.; BELLO, Z.; BOT, M.; AHMADU, A.; ADENIRAN, M. *In: Workable Alternatives to Conventional Inputs. Poultry Farming: new Perspectives and Applications*, p. 1-16, 2023.

ALAGAWANY, M.; ASHOUR, E. A.; EL-FAKHRANY, H. H. H.; ISMAIL, T. A.; NASR, M. Early nutrition programming with *Astragalus membranaceus* polysaccharide: Its effect on growth, carcasses, immunity, antioxidants, lipid profile and liver and kidney functions in broiler chickens. **Animal Biotechnology**, [s.l.], v. 33, n. 2, p. 362-368, 2022.

AL-MUFARREJ, S. I.; FAZEA, E. H.; AL-BAADANI, H. H.; QAID, M. M. Effects of clove powder supplementation on performance, blood biochemistry, and immune responses in broiler chickens. **South African Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 49, n. 5, p. 835-844, 2019.

ALQHTANI, A. H.; QAID, M. M.; AL-GARADI, M. A.; AL-ABDULLATIF, A. A.; ALHARTHI, A. S.; AL-MUFARREJ, S. I. Efficacy of *Rumex nervosus* leaves or *Cinnamomum verum* bark as natural growth promoters on the growth performance, immune responsiveness, and serum biochemical profile of broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 21, n. 1, p. 792-801, 2022.

ALQHTANI, A. H.; QAID, M. M.; AL-MUFARREJ, S. I.; AL-GARADI, M. A.; POKOO-AIKINS, A. Efficacy and Optimal Feeding Level of *Rumex Nervosus* Leaves on Blood Biochemistry, Carcass Characteristics, Productivity Indices, and Anticoccidial Indicators of Broiler Chickens Infected or Not Infected with *Eimeria Tenella*. **Brazilian Journal of Poultry Science**, [s.l.], v. 25, n. 3, p. 1-12, 2023.

AL-SHAIBANI, I.; AL-KHADHER, A.; ALHIBAH, A. Anticoccidial Activity of *Allium sativum* and *Punica granatum* against experimentally induced *Eimeria tenella* infection in broiler chickens. **Asian Journal of Research in Animal and Veterinary Sciences**, v. 3, n. 2, p. 9-20, 2020.

AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. Meat color measurement guidelines. **Champaign**, [s.l.], p. 124, 2012.

ANURANJ, P. R.; HARISANKARAN, P. S.; ADITHYA KRISHNA, S.; PARVATHY, S.; PRAKASH, G.; VISHNU SAVANTH, V.; PRAN, M.; CHOPRA, H.; EMRAN, T. B.; DEY, A.; DHAMA, K.; CHANDRAN, D. Essential oils as valuable feed additive: a narrative review of the state of knowledge about their beneficial health applications and enhancement of production performances in poultry. **Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences**, [s.l.], v. 10, n. 6, p. 1290-1317, 2022.

BALTA, I.; MARCU, A.; LINTON, M.; KELLY, C.; STEF, L.; PET, I.; WARD, P.; PIRCALABIORU, G. G.; CHIFIRIUC, C.; GUNDOGDU, O.; CALLAWAY, T.; CORCIONIVOSCHI, N. The *in vitro* and *in vivo* anti-virulent effect of organic acid mixtures against *Eimeria tenella* and *Eimeria bovis*. **Scientific Reports**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 1-11, 2021.

BARBOUR, E.; BRAGG, R.; KARROUF, G.; IYER, A.; AZHAR, E.; HARAKEH, S.; KUMOSANI, T. Control of eight predominant *Eimeria* spp. involved in economic coccidiosis of broiler chicken by a chemically characterized essential oil. **Journal of Applied Microbiology**, [s.l.], v. 118, n. 3, p. 583-591, 2015.

BÉLTRAN, J. A.; JAIME, I.; SANTOLARIA, P.; SAÑUDO, C.; ALBERTÍ, P.; RONCALÉS, P. Effect of stress-induced high post-mortem pH on protease activity and tenderness of beef. **Meat Science**, [s.l.], v.45, n. 2, p.201-207, 1997.

BESKI, S. S. M. Anti-coccidial effects of dietary chamomile against experimentally induced coccidiosis in broiler chicken. **Czech Journal of Animal Science**, [s.l.], v. 68, n. 1, p. 30-43, 2023.

BIHAN-DUVAL, E. L.; DEBUT, M.; BERRI, C. M.; SELLIER, N.; SANTÉ-LHOUTELLIER, V.; JÉGO, Y.; BEAUMONT, C. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. **BMC Genetics**, [s.l.], v. 9, p. 53, 2008.

BLAKE, D. P.; MARUGAN-HERNANDEZ, V.; TOMLEY, F. M. Spotlight on avian pathology: *eimeria* and the disease coccidiosis. **Avian Pathology**, [s.l.], v. 20, p. 1-5, 2021.

BLAKE, D.; KNOX, J.; DEHAECK, B.; HUNTINGTON, B.; RATHINAM, T.; RAVIPATI, V.; AYOADE, S.; GILBERT, W.; ADEBAMBO, A. O.; JATAU, I. D.; RAMAN, M.; PARKER, D.; RUSHTON, J.; TOMLEY, F. M. Re-calculating the cost of coccidiosis in chickens. **Veterinary Research**, [s.l.], v. 51, n. 115, p. 115, 2020.

BONA, T. D. M. M.; PICKLER, L.; MIGLINO, L. B.; KURITZA, L. N.; VASCONCELOS, S. P.; SANTIN, E. Óleo essencial de orégano, alecrim, canela e extrato de pimenta no controle de *Salmonella*, *Eimeria* e *Clostridium* em frangos de corte. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, [s.l.], v. 32, n. 5, p. 411-418, 2012.

CALAÇA, G. M.; CAFÉ, M. B.; ANDRADE, M. A.; STRINGHINI, J. H.; ARAÚJO, I. C. S.; LEANDRO, N. S. M. Frangos Desafiados Experimentalmente com *Salmonella Enterica* Sorovar Enteritidis e *Eimeria Tenella* e Tratados com Ácidos Orgânicos. **Ciência Animal Brasileira**, [s.l.], v. 20, e-43084, 2019.

COBB-VANTRESS. **Manual de manejo de frango de corte**. [S.l.: s.n.], 2019.

COLDEBELLA, A. **Importância da higienização na produção avícola**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2004. (Embrapa Suínos e Aves; Comunicado Técnico, 363).

COSTA, T. F.; GOUVEIA, A. B. V. S.; NUNES, F. C.; SAMPAIO, S. A.; SILVA, N. G. D.; ABREU, J. M.; JÚNIOR, E. M. A.; COSTA, K. O.; FEITOSA, T. J. O.; PAULO, L. M.; SOUZA, C. S.; MINAFRA-REZENDE, C. S.; SANTOS, F. R.; MINAFRA, C. S. Phytogenic additives: essential oils for broilers – review. **Research, Society and Development**, [s.l.], v. 9, n. 3, e14932325, 2020.

DILAWAR, M. A.; MUN, H. S.; JEONG, M. G.; YANG, E. J.; PARK, H. S.; YANG, C. J. Effects of Using Plant Extracts and Liquid Mineral on Growth Performance, Organ Weight and Meat Quality of Broiler Chickens. **Pakistan Journal of Zoology**, [s.l.], v. 54, n. 4, p. 1699-1708, 2022.

DJUNAIDI, I. H; NATSIR, M. H; NUNINGTYAS, Y. F; YUSRIFAR, M. The effectiveness of biacid (organic acid and essential oil) as substitute for antibiotics on ileal characteristics of broilers. *In: IOP Conference Series: earth and Environmental Science*, [s.l.], v. 478, 2020.

ELNAGGAR, A. S.; EL-MAATY, H. M. A. Impact of using organic acids on growth performance, blood biochemical and hematological traits and immune response of ducks (*Cairina moschata*). **Egyptian Poultry Science Journal**, [s.l.], v. 37, n. 3, p. 907-925, 2017.

EL-SHALL, N. A.; EL-HACK, M. E. A.; ALBAQAMI, N. M.; KHAFAGA, A. F.; TAHA, A. E.; SWELUM, A. A.; EL-SAADONY, M. T.; SALEM, H. M.; EL-TAHAN, A. M.; ABUQAMAR, S. F.; EL-TARABILY, K. A.; ELBESTAWY, A. R. Phytochemical control of poultry coccidiosis: a review. **Poultry Science**, [s.l.], v. 101, n. 1, p. 1015422022. DOI 10.1016/j.psj.2021.101542.

EMAMI, N. K.; DANESHMAND, A.; NAEINI, S. Z.; GRAYSTONE, E. N.; BROOM, L. J. Effects of commercial organic acid blends on male broilers challenged with *E. coli* K88: performance, microbiology, intestinal morphology, and immune response. **Poultry Science**, [s.l.], v. 96, p. 3254-3263, 2017.

FORTE, C.; BRANCIARI, R.; PACETTI, D.; MIRAGLIA, D.; RANUCCI, D.; ACUTI, G.; BALZANO, M.; FREGA, N. G.; TRABALZA-MARINUCCI, M. Dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) aqueous extract improves oxidative stability and consumer acceptance of meat enriched with CLA and n-3 PUFA in broilers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 97, n. 5, p. 1774-1785, 2018.

FUNARI JUNIOR, P.; ISHIZUKA, A. N. D.; DO CARMO, L. G.; RODRIGUES, A. O. Análise da textura de peitos de frangos alimentados com ração contendo ácidos orgânicos ou antibiótico. **Biotemas**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 191-193, 2011. DOI 10.5007/2175-7925.2012v25n1p191.

GALLI, G. M.; ANIECEVSKI, E.; PETROLI, T. G.; DA ROSA, G.; BOIAGO, M. M.; SIMÕES, C. A. D. P.; WAGNER, R.; COPETTI, P. M.; MORSCH, V. M.; ARAUJO, D. N.; MARCON, H.; PAGNUSSATT, H.; SANTOS, H. V.; MENDES, R. E.; LOREGIAN,

K. E.; DA SILVA, A. S. Growth performance and meat quality of broilers fed with microencapsulated organic acids. **Animal Feed Science and Technology**, [s.l.], v. 271, p. 114706, 2021.

GALLI, G. M.; GERBET, R. R.; GRISS, L. G.; FORTUOSO, B. F.; PETROLI, T. G.; BOIAGO, M. M.; SOUZA, C. F.; BALDISSERA, M. D.; MESADRI, J.; WAGNER, R.; DA ROSA, G.; MENDES, R. E.; GRIS, A.; DA SILVA, A. S. Combination of herbal components (curcumin, carvacrol, thymol, cinnamaldehyde) in broiler chicken feed: impacts on response parameters, performance, fatty acid profiles, meat quality and control of coccidia and bacteria. **Microbial Pathogenesis**, [s.l.], v. 139, p. 103916, 2020.

GEMECHU, W.; WOLDEKIDAN, S.; TEKA, F. Ethnomedicinal uses, phytochemistry and pharmacological activities of *Rumex nervosus*. **Journal of Analytical & Pharmaceutical Research**, [s.l.], v. 10, p. 65-69, 2021.

GIANNENAS, I.; FLOROU-PANERI, P.; PAPAZHARIADOU, M.; BOTSOGLOU, N.; CHRISTAKI, E.; SPAIS, A. Effect of diet supplementation with ground oregano on performance of broiler chickens challenged with *Eimeria tenella*. **Archiv Fur Gefluegelkunde Impact Factor**, [s.l.], v. 68, p. 247-252, 2004.

GORDON, H. M.; WHITLOCK, H. V. A new technique for counting nematode eggs in sheep faeces. **Journal of the Council for Scientific and Industrial Research**, [s.l.], v. 12, n. 1, p. 50-52, 1939.

GUANG-HAI, Y.; HAI-FEN, P.; AO-YU, W. Research Progress of Avilamycin Biosynthesis. **China Biotechnology**, [s.l.], v. 41, n. 1, p. 94-102, 2021.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, [s.l.], v. 10, n. 1961, p. 355-463, 1961.

HE, P.; LEI, Y.; ZHANG, K.; ZHANG, R.; BAI, Y.; LI, Z.; JIA, L.; SHI, J.; CHENG, Q.; MA, Y.; ZHANG, X.; LIU, L.; LEI, Z. Dietary oregano essential oil supplementation alters meat quality, oxidative stability, and fatty acid profiles of beef cattle. **Meat Science**, [s.l.], v. 205, p. 109317, 2023.

HEITOR, T.F.; RABELO, R. N.; MARCHINI, C. F. P. Miopatias emergentes white striping, wooden breast e spaghetti meat em frangos de corte causam impactos na indústria de carnes: uma revisão de literatura. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos**, [s.l.], v. 5, p. 226-257, 2021. DOI 10.37885/211106789.

HODGSON, J. N. Coccidiosis: oocyst-counting technique for coccidiostat evaluation. **Experimental Parasitology**, [s.l.], v. 28, p. 99-102, 1970.

HONG, J. -C.; STEINER, T.; AUFY, A.; LIEN, T.- F. Effects of Supplemental Essential Oil on Growth Performance, Lipid Metabolites and Immunity, Intestinal Characteristics, Microbiota and Carcass Traits in Broilers. **Livestock Science**, [s.l.], v. 144, n. 3, p. 253-262, 2012.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, [s.l.], v. 49, p. 447-457, 1998.

HONIKEL, K.O. The water binding of meat. **Fleischwirtsch**, [s.l.], v. 67, p. 1098-1102, 1987.

HUGHES, J. M.; OISETH, S. K.; PURSLOW, P. P.; WARNER, R. D. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, [s.l.], v. 98, n. 3, p. 520-532, 2014.

HUSSAIN, K.; ABBAS, R. Z.; ABBAS, A.; REHMAN, M. A.; RAZA, M. A.; REHMAN, T.; HUSSAIN, R.; MAHMOOD, M. S. V.; IMRAN, M.; ZAMAN, M. A. V.; SINDHU, Z. D.; KHAN, M. K.; ALI, S. Anticoccidial and Biochemical Effects of Artemisia Brevifolia Extract in Broiler Chickens. **Brazilian Journal of Poultry Science**, [s.l.], v. 23, n. 4, p. 1-6, 2021.

IMRAN, M.; AHMED, S.; DITTA, Y. A.; MEHMOOD, S.; RASOOL, Z.; ZIA, M. W. Effects of microencapsulated butyric acid supplementation on growth performance and ileal digestibility of protein, gut health and immunity in broilers. **Indian Journal of Animal Research**, [s.l.], v. 52, n. 11, p. 1618-1622, 2018.

IQBAL, H.; RAHMAN, A.; KHANUM, S.; ARSHAD, M.; BADAR, I. H.; ASIF, A. R.; HAYAT, Z.; IQBAL, M. A. Effect of essential oil and organic acid on performance, gut health, bacterial count, and serological parameters in broiler. **Brazilian Journal of Poultry Science**, [s.l.], v. 23, n. 3, p. 1-10, 2021.

JOHNSON, J.; REID, W. M. Anticoccidial drugs: lesion scoring techniques in battery and floor-pen experiments with chickens. **Experimental Parasitology**, [s.l.], v. 28, p. 30-36, 1970.

KAMINISHIKAWAHARA, C. M; MENDONÇA, F. J; GRESPAN, M. Pale, **Firm and Non-exudative (PFN)**: an evidence of an emerging major broiler breast meat color group. *In*: 18 th International Conference on Agricultural Science and Food Engineering, Tokyo, Japan, 2016.

KAWAZOE, U. Coccidiose. **Doenças das Aves**, [s.l.], v. 2, p. 837-855, 2009.

KHATTAK, F.; RONCHI, A.; CASTELLI, P.; SPARKS, K. Effects of natural blend of essential oil on growth performance, blood biochemistry, cecal morphology, and carcass quality of broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 93, n. 1, p. 132-137, 2014.

KIM, J. W.; KIM, J. H.; KIL, D. Y. Dietary organic acids for broiler chickens: a review. **Colombian Journal of Animal Science and Veterinary Medicine**, [s.l.], v. 28, n. 2, 2015.

LAN, R.; ZHAO, Z.; LI, S.; AN, L. Sodium butyrate as an effective feed additive to improve performance, liver function, and meat quality in broilers under hot climatic conditions. **Poultry Science**, [s.l.], v. 99, n. 11, p. 5491-5500, 2020.

LEE, J. W.; KIM, D. H.; KIM, Y. B.; JEONG, S. B.; OH, S. T.; CHO, S. Y.; LEE, K. W. Dietary Encapsulated Essential Oils Improve Production Performance of Coccidiosis-Vaccine-Challenged Broiler Chickens. **Animals**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 481, 2020.

LIU, Y.; YANG, X.; XIN, H.; CHEN, S.; YANG, C.; DUAN, Y.; YANG, X. Effects of a protected inclusion of organic acids and essential oils as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, intestinal morphology and gut microflora in broilers. **Animal Science Journal**, [s.l.], v. 88, n. 9, p. 1414-1424, 2017.

LUNA, A.; LÁBAQUE, M. C.; ZYGADLO, J. A.; MARIN, R. H. Effects of thymol and carvacrol feed supplementation on lipid oxidation in broiler meat. **Poultry Science**, [s.l.], v. 89, n. 2, p. 366-370, 2010.

LYON, C.E.; LYON, B.G.; DICKENS, J.A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 7, p. 53-60, 1998.

MULAKAL, J. N.; JOSEPH, A.; MALIAKEL, B.; IM, K. Dietary addition of a standardized extract of turmeric (TurmaFEED™) improves growth performance and carcass quality of broilers. **Journal of Animal Science and Technology**, [s.l.], v. 60, p. 1-9, 2018.

MURO, E. M.; PELÍCIA, V. C.; VERCESE, F.; DE SOUZA, I. M. G. P.; PIMENTA, G. E. M.; OLIVEIRA, R. S. DE S. G.; SARTORI, J. R. Aditivos fitogênicos e glutamina mais ácido glutâmico na dieta de frangos desafiados com coccidiose. **Agrarian Journal**, [s.l.], v. 8, n. 29, p. 304-311, 2015.

OLIVEIRA, B. C. **Associação de vacina contra coccidiose e aditivo nutricional em frangos de corte desafiados experimentalmente**. 2021. 96f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2021.

OSHO, S.; BOLEK, K.; SADDORIS-CLEMONS, K.; HUMPHREY, B.; GARCIA, M. Impact of a direct-fed microbial supplementation on intestinal permeability and immune response in broiler chickens during a coccidia challenge. **Frontiers in Microbiology**, [s.l.], v. 14, p. 1283393, 2023. DOI 10.3389/fmicb.2023.1283393.

PHAM, V. H.; KAN, L.; HUANG, J.; GENG, Y.; ZHEN, W.; GUO, Y.; WANG, Z. Dietary encapsulated essential oils and organic acids mixture improves gut health in broiler chickens challenged with necrotic enteritis. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, [s.l.], v. 11, n. 1, p. 1-18, 2020.

QAID, M. M.; AL-MUFARREJ, S. I.; AL-GARADI, M. A.; AL-HAIDARY, A. A. Effects of *Rumex nervosus* leaf powder supplementation on carcasses compositions, small intestine dimensions, breasts color quality, economic feasibility in broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 102, n. 10, p. 1-10, 2023.

QAID, M. M.; AL-MUFARREJ, S. I.; AZZAM, M. M.; AL-GARADI, M. A.; ALBAADANI, H. H.; ALHIDARY, I. A.; ALJUMAAH, R. S. Anti-coccidial effect of *Rumex nervosus* leaf powder on broiler chickens infected with *Eimeria tenella* oocyst. **Animals**, [s.l.], v. 11, p. 167, 2021.

QUINTEIRO-FILHO, W. M.; RIBEIRO, A.; FERRAZ-DE-PAULA, PINHEIRO, V.; M. L.; SAKAI, M.; SÁ, L. R.; FERREIRA, A. J. P.; PALERMO-NETO, J. Heat stress impairs performance parameters, induces intestinal injury, and decreases macrophage activity in broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 89, n. 9, p. 1905-1914. DOI 10.3382/ps.2010-00812, 2010.

RAFEEQ, M.; BILAL, R. M.; BATOOL, F.; YAMEEN, K.; FARAG, M. R.; MADKOUR, M.; ELNESR, S. S.; EL-SHALL, N. A.; DHAMA, K.; ALAGAWANY, M. Application of herbs and their derivatives in broiler chickens: a review. **World's Poultry Science Journal**, [s.l.], v. 79, n. 3, p. 1-23, 2023.

REIS, J. H.; GEBERT, R. R.; BARRETA, M.; BALDISSERA, M. D.; SANTOS, I. D.; WAGNER, R.; CAMPIGOTTO, G.; JAGUEZESKI, A. M.; GRIS, A.; LIMA, J. L. F. Effects of phytogenic feed additive based on thymol, carvacrol and cinnamic aldehyde on body weight, blood parameters and environmental bacteria in broilers chickens. **Microbial Pathogenesis**, [s.l.], v. 125, p. 168-176, 2018.

ROBINSON, K.; BECKER, S.; XIAO, Y.; LYU, W.; YANG, Q.; ZHU, H.; YANG, H.; ZHAO, J.; ZHANG, G. Differential impact of subtherapeutic antibiotics and ionophores on intestinal microbiota of broilers. **Microorganisms**, [s.l.], v. 7, n. 9, p. 282, 2019.

RODRIGUEZ-GARCIA, I.; SILVA-ESPINOZA, B. A.; ORTEGA-RAMIREZ, L. A.; LEYVA, J. M.; SIDDIQUI, M. W.; CRUZ-VALENZUELA, M.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A.; AYALA-ZAVALA, J. F. Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, [s.l.], v. 56, n. 10, p. 1717-1727, 2016.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.D.; LOPES, D.C.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: Composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia, UFV, p. 488, 2017.

ROTTER, A. G. **Efeito de simbiótico sobre o desempenho e saúde intestinal de frangos de corte desafiados experimentalmente**. 2021. 75f. Dissertação (Mestrado em Produção Animal), Universidade Federal do Paraná, Palotina, 2021.

SANTOS, I. I.; CORÇÃO, G.; KESSLER, A. M.; LARANJEIRA, V. S.; LIMA, M. S. Microbiota ileal de frangos de corte submetidos a diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 41, n. 3, p. 643-647, 2012.

SAS INSTITUTE INC. **SAS/STAT® 9.4 User's Guide**. Cary: SAS Institute Inc., 2021.

SETHIYA, N. K. Review on natural growth promoters available for improving gut health of poultry: an alternative to antibiotic growth promoters. **Asian Journal of Poultry Science**, [s.l.], v. 10, p. 1-29, 2016.

SHEHATA, A. A.; YALÇIN, S.; LATORRE, J. D.; BASIOUNI, S.; ATTIA, Y. A.; EL-WAHAB, A. A.; VISSCHER, C.; EL-SEEDI, H. R.; HUBER, C.; HAFEZ, H. M.; EISENREICH, W.; TELLEZ-ISAIA, G. Probiotics, prebiotics, and phytogenic substances for optimizing gut health in poultry. **Microorganisms**, [s.l.], v. 10, n. 2, p. 395, 2022.

STAMILLA, A.; MESSINA, A.; SALLEMI, S.; CONDORELLI, L.; ANTOCI, F.; PULEIO, R.; LANZA, M. Effects of microencapsulated blends of organics acids (OA) and essential oils (EO) as a feed additive for broiler chicken. a focus on growth performance, gut morphology and microbiology. **Animals**, [s.l.], v. 10, n. 3, 442, 2020.

STEFANELLO, C.; ROSA, D. P.; DALMORO, Y. K.; SEGATTO, A. L.; VIEIRA, M. S.; MORAES, M. L.; SANTIN, E. Protected Blend of Organic Acids and Essential Oils Improves Growth Performance, Nutrient Digestibility, and Intestinal Health of Broiler Chickens Undergoing an Intestinal Challenge. **Frontiers in Veterinary Science**, [s.l.], v. 6, p. 1-10, 2020.

SUNTRES, Z. E.; COCCIMIGLIO, J.; ALIPOUR, M. The Bioactivity and Toxicological Actions of Carvacrol. **Critical Reviews In Food Science And Nutrition**, [s.l.], v. 55, n. 3, p. 304-318, 2015.

TROY, D. J.; KERRY, J. P. Consumer perception and the role of science in the meat industry. **Meat Science**, [s.l.], v. 86, n. 1, p. 214-226, 2010.

TZORA, A.; BONOS, E.; GIANNENAS, I.; KARAMOUTSIOS, A.; FOTOU, K.; SIDIROPOULOU, E.; SKOUFOS, I. Effects of dietary essential oils in combination with butyrate on growth performance, intestinal microflora, blood parameters and meat composition of broiler chickens. **European Poultry Science**, [s.l.], v. 85, p. 1-24, 2021.

VINOLYA, R. E.; BALAKRISHNAN, U.; YASIR, B.; CHANDRASEKAR, S. Effect of dietary supplementation of acidifiers and essential oils on growth performance and intestinal health of broiler. **Journal of Applied Poultry Research**, [s.l.], v. 30, p. 1-12, 2021.

VYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel**, [s.l.], v. 72, n. 12, p. 1084-1087, 1970.

XUE, S.; HU, J.; CHENG, H.; BRAD KIM, Y.H. Effects of probiotic supplementation and postmortem storage condition on the oxidative stability of *Pectoralis major* of laying hens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 98, n. 12, p. 7158-7169, 2019.

YANG, X.; LIU, Y.; YAN, F.; YANG, C.; YANG, X. Effects of encapsulated organic acids and essential oils on intestinal barrier, microbial count, and bacterial metabolites in broiler chickens. **Poultry Science**, [s.l.], v. 98, n. 7, p. 2858-2865, 2019.

YANG, X.; XIN, H.; YANG, C.; YANG, X. Impact of essential oils and organic acids on the growth performance, digestive functions and immunity of broiler chickens. **Animal Nutrition**, [s.l.], v. 4, n. 44, p. 388-393, 2018.

ZHAO, H.; BAI, H.; DENG, F.; ZHONG, R.; LIU, L.; CHEN, L.; ZHANG, H. Chemically protected sodium butyrate improves growth performance and early development and function of small intestine in broilers as one effective substitute for antibiotics. **Antibiotics**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 132, 2022.

ZOU, X.; JI, J.; QU, H.; WANG, J.; SHU, D. M.; WANG, Y.; LIU, T. F.; LI, Y.; LUO, C. L. Effects of sodium butyrate on intestinal health and gut microbiota composition during intestinal inflammation progression in broilers. **Poultry Science**, [s.l.], v. 98, n. 10, p. 4449-4456, 2019.