

ADITIVOS FITOGÊNICOS NA NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS: APLICAÇÕES, EFEITOS E MECANISMOS DE AÇÃO

Autores:

Caroline Brito da Silva – Doutoranda Zootecnia - UFV

Pedro Vieira Monteiro – Mestrando Zootecnia – UFV

Maria Navarro Valério – Graduanda Zootecnia – UFV

Julia Lopes Gomes – Graduanda Zootecnia – UFV

Júlia Mapa Viana - Graduanda Zootecnia – UFV

Gabriel do Nascimento Coelho – Graduando Zootecnia UFV

Alysson Saraiva – Departamento de Zootecnia – UFV

Maio/2026

**Ficha catalográfica elaborada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa**

A235 Aditivos fitogênicos na nutrição de aves e suínos [recurso eletrônico] :
2026 aplicações, efeitos e mecanismos de ação / Pedro Vieira Monteiro...
 [et al.] -- Viçosa, MG: Os Autores, 2026.
 1 cartilha eletrônica (31 p.) : il. color.

Referências bibliográficas: p. 21-31.

DOI <http://dx.doi.org/10.26626/9786556683393.2026B0001>

ISBN 978-65-5668-339-3

1. Suínos – Alimentação e rações. 2. Frango de corte – Alimentação e rações. 3. Rações – Aditivos. 4. Essências e óleos essenciais. I. Monteiro, Pedro Vieira, 2001-. II. Silva, Caroline Brito da, 1996-. III. Valério, Maria Navarro, 2001-. IV. Gomes, Julia Lopes, 2000-. V. Viana, Júlia Mapa, 2001-. VI. Coelho, Gabriel do Nascimento, 2003-. VII. Saraiva, Alysson, 1975-.

CDD 22. ed. 636.408557

Bibliotecária responsável: Bruna Silva CRB6/2552

1. INTRODUÇÃO

Entre os anos de 1999 e 2018 o volume de produção mundial de carne de frango e suína aumentou em 101% e 38,9%, respectivamente (USDA, 2018). Este crescimento aliado ao uso de melhoradores de desempenho, como exemplo a utilização dos antibióticos, atuando como promotores de crescimento, contribuem amplamente para a rápida expansão desta produção (Suresh et al., 2017).

Contudo, o uso contínuo e excessivo de antibióticos está ligado ao desenvolvimento e transmissão de bactérias patogênicas resistentes na cadeia alimentar (WHO, 2015), e se tornou uma preocupação pública no final de 1990 (Suresh et al., 2017). Nesse sentido, diversos países já proibiram sua utilização. No Brasil, através da portaria 171/2018, foi banido a utilização dos antibióticos tiosina, lincomicina, virginiamicina, bacitracina e tiamulina (BRASIL 2018), e a Instrução Normativa nº 1, de 13 de janeiro de 2020 do MAPA (BRASIL, 2020) proibiu em todo território nacional, a importação, fabricação, comercialização e uso de aditivos melhoradores de desempenho que contenham os antimicrobianos tilosina, lincomicina e tiamulina. De forma similar, houve limitações ao uso de antibióticos nos Estados Unidos, Coréia, Vietnã, China, Austrália e em países da América Latina (Giannenas et al., 2020).

Devido a estas proibições novas pesquisas de aditivos substitutos dos antimicrobianos melhoradores de desempenho estão sendo realizadas. Uma das possibilidades é a inclusão de compostos de óleos essenciais e/ ou extratos vegetais nas rações animais (Franz et al., 2010; Durmic e Blach, 2012; Stevanovic et al., 2018). De acordo com SARTORI et al. (2009), pode-se classificar a utilização de extratos vegetais e óleos essenciais na alimentação animal como aditivos fitogênicos.

Os aditivos fitogênicos são produtos utilizados nas rações animais para promoverem melhorias do desempenho animal, sem efeito medicamentoso, quer seja pelo princípio ativo ou dose utilizada (Fascina, 2011). As substâncias bioativas produzidas nas plantas possuem propriedades antibacterianas, antioxidantes, anti-inflamatórios, regulam a ingestão de alimentos melhorando o sabor e regulando o funcionamento do sistema digestivo, além disso, podem afetar a qualidade e produção de ovos, entre outros fatores (Durmic e Blach, 2012, Paskudska et al, 2018).

Considerando o dinamismo das interações que envolvem o desempenho dos animais relacionado com a utilização dos aditivos fitogênicos, este trabalho tem como objetivo proporcionar uma visão abrangente e discutir dados publicados sobre as aplicações e os possíveis mecanismos de ação dos fitogênicos na nutrição de animais não-ruminantes.

2. ADITIVOS FITOGÊNICOS

A produção animal ocupa um lugar de destaque no mundo todo e, para se obter resultados satisfatórios, é necessária a utilização de alimentos seguros aos animais, para gerar produtos de boa qualidade e seguros à saúde humana. Em um sistema de produção, a interação entre a saúde dos animais e a nutrição dos mesmos é indispensável, e a preocupação com fatores externos como manejo e ambiente também influenciam no desempenho produtivo (Heck, 2009). Neste contexto, os aditivos são usados na nutrição visando o bem-estar e o máximo desempenho. Para que possam ser utilizados com segurança, esses aditivos não devem ser prejudiciais aos animais e ao homem, não devem deixar resíduos nos produtos de consumo e nem contaminar o meio ambiente.

As plantas medicinais e suas propriedades têm sido observadas desde a antiguidade (Costa et al., 2009). A utilização de extratos herbais é considerada como uma abordagem complementar ou alternativa à medicina convencional (Cravotto et al., 2010) e, embora tenha permanecido pouco explorada por muito tempo, tem recebido maior atenção de pesquisadores, por atuarem como potencializadores de desempenho e na manutenção da saúde animal (Hashemi & Davoodi, 2011; Windisch et al., 2008). O Brasil possui a flora mais rica do planeta, mas submete poucas destas plantas à estudos farmacológicos e químicos.

O principal objetivo da utilização destes aditivos é potencializar o desempenho dos animais, sobretudo em um cenário de questionamento do uso dos antibióticos promotores de crescimento. Na literatura, já foram relatados estudos de que o aditivo fitogênico nas rações melhora o desempenho, a taxa de conversão alimentar, a segurança e a qualidade da carne em animais de produção (Stanacev et al., 2011; Dhama et al., 2015). Também já são descritos excelentes antioxidantes derivados de tomilho, alecrim, orégano, manjerona, folha de oliveira, sálvia, entre outros (Govaris et al., 2010; Rahal et al., 2014). Outras especiarias comuns e frutas também são descritas, como ameixa, alho, gengibre, cúrcuma, canela, cravo, entre outros (Khan et al., 2012). Os fitogênicos também são de interesse dos consumidores, por serem considerados alternativas naturais aos compostos sintéticos. Por conta disso, as pesquisas com aditivos fitogênicos aumentaram consideravelmente nos últimos anos. Porém, os resultados disponíveis ainda são inconsistentes e heterogêneos. Esta variação é encontrada em estudos realizados *in vitro* (Hernández et al., 2004), mas são maximizadas nos estudos de campo. A heterogeneidade de resultados pode ser parcialmente atribuída a variabilidade de compostos testados, bem como às demais características experimentais dos estudos de origem.

A principal diferença entre os extratos de plantas (EVs) e os óleos essenciais (OEs) é o método de extração utilizado (Langhout, 2005). Os OEs são líquidos oleosos provenientes de

diferentes partes das plantas, obtidos por fermentação ou destilação por arraste com vapor d'água, por atividade enzimática seguida de destilação a vapor d'água ou por extração com dióxido de carbono líquido sob baixa temperatura e alta pressão (Burt, 2004; Langhout, 2005). Os EVs são preparados por percolação, maceração ou outro método validado, utilizando como solvente água ou etanol que posteriormente podem ser eliminados ou não (Brasil, 2004).

Os princípios ativos dos extratos de plantas e óleos essenciais são absorvidos no intestino e logo são metabolizados pelos enterócitos (Kohlert et al., 2000). Antes de serem excretados por meio da urina e respiração, passam por uma biotransformação no fígado, diminuindo seu acúmulo nos tecidos, diferentemente dos antimicrobianos melhoradores de desempenho (Bhat & Chandrasekhara, 1996). Para fazer a utilização destes princípios ativos na nutrição animal, fatores, como a idade, e a finalidade de produção devem ser levados em consideração (Langhout, 2005).

O efeito benéfico dos fitogênicos está associado aos princípios ativos e compostos químicos presentes em diversas partes das plantas medicinais (Royer et al., 2013). Porém, devido a fatores intrínsecos e extrínsecos, podem ocorrer alterações bioquímicas e fisiológicas na produção de compostos, capazes de influenciar a eficácia do tratamento ou gerar efeitos adversos. Com isso, surgiram várias questões relativas ao controle de qualidade antes da administração aos animais (Chang, 2000, Parveen et al., 2015).

Existem diversas espécies vegetais e possibilidades de preparações a serem utilizadas na produção dos fitogênicos. É importante a correta identificação taxonômica, e da composição química a ser utilizada. A identificação baseada em DNA é o método mais seguro para autenticação de extratos ou material bruto, evitando possíveis erros de identificação e adulterações (Hebert et al., 2003; Novak et al., 2007).

Os princípios ativos podem variar amplamente, dependendo da parte da planta utilizada (folhas, flores, raízes, frutos e casca). Assim, a qualidade do produto pode variar entre as épocas de colheita (Franz et al., 2020). O óleo de orégano por exemplo, se extraído no início da primavera, ou no final do outono, pode conter mais p-cimeno ao invés de carvacrol, e ter menor rendimento de extração (Kokkini et al., 1997). As substâncias ativas devem ser padronizadas e identificadas nas preparações dos fitogênicos, demonstrando capacidade de reproduzir lotes com maior consistência e homogeneidade.

2.1. Princípios ativos

Os fitogênicos, por serem componentes do metabolismo secundário das plantas, estão presentes em uma fração muito reduzida, é raro que seu conteúdo exceda 1% (Paskudska et al., 2018). Com base em suas origens biossintéticas, os metabólitos podem ser divididos em grupos

principais: compostos fenólicos, grupo que ainda pode ser dividido em outros dois, os compostos fenólicos solúveis como o ácido gálico e os rosmarínicos, e insolúveis como o carvacrol, timol, taninos e ligninas. Terpenos e terpenóides constituem outro grupo, como exemplo temos o linalol e mentol. Ainda temos os flavonoides, quinonas, diterpenos fenólicos, álcoois e cetonas (Christaki et al., 2020).

Cada planta medicinal contém substâncias biológicas específicas, que produzem determinados efeitos em função de diferentes mecanismos no organismo (Tabela. 1).

As plantas podem ser utilizadas na forma sólida (seca, triturada ou moída) ou como extratos (bruto, concentrado ou seco). Os fitogênicos ainda podem ser classificados como óleos essenciais (substâncias lipofílicas voláteis) ou extratos/tinturas (aquosas ou lipofílicas) (Figura 1) (Franz et al., 2020). Para extração dos componentes, no caso do uso de solventes, dependendo de suas características químicas, poderão ser extraídas apenas certos metabólitos, que vão influenciar a composição do produto, mesmo que ele seja de uma mesma planta (Frankič et al., 2009, Hashemi e Davoodi, 2011).

Os óleos essenciais representam o principal grupo de aditivos fitogênicos, sendo uma mistura complexa de compostos voláteis, principalmente os terpenóides. Porém, um dos empecilhos para seu uso é a alta reatividade, sendo substâncias sensíveis ao oxigênio, luz, umidade e calor (Chouhan et al., 2017). Com isso, novas tecnologias, como o uso do encapsulamento surgiram com o intuito de proteger os compostos voláteis com relação a estabilidade, bioatividade e evitar o processo de degradação e oxidação durante o processamento e armazenamento das rações (Stevanovic et al., 2018).

Tabela 1. Principais componentes de plantas mais comumente usadas na produção animal e suas propriedades medicinais

Nome popular	Gênero e/ou espécie	Princípio ativo (principal)	Propriedade medicinal
Canela	<i>Cinnamomum spp</i>	Cinaladeído; Eugenol; Linalol	Antibacteriano; estimulante da digestão; antioxidante
Orégano	<i>Origanum spp</i>	Carvacrol; timol; carvone; γ terpeno; p - Cimene	Antibacteriano; antifúngica
Cravo	<i>Syzygium spp</i>	Eugenol	Antibacteriano; antifúngica
Tomilho	<i>Thymus spp</i>	Timol; carvacrol; p-cimene; geraniol	Antibacteriano; antioxidante; antifúngica
Pimenta vermelha/preta	<i>Capsicum spp</i>	Capsaicina; piperina	Anti-inflamatório; antidiarréico; estimulante da digestão
Açafrão da Índia	<i>Curcuma zedoaria longa</i>	Curcumina	Antioxidante; anti-inflamatório; redução de colesterol; aumento da secreção biliar; indutor de apoptose de células defeituosas
Alecrim	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Cineol; rosmarinol; rosmaricina, timol	Estimulante da digestão; antibacteriano; antioxidante
Alho	<i>Allium sativum</i>	Alicina	Anti-séptico; estimulante da digestão, antibacteriano
Boldo do Chile	<i>Peumus boldus</i>	Boldina; eucaliptol; ascaridol; pneumosídeo; boldosídeo	Antioxidante; estimulante de secreção enzimática; estimulante secreção biliar
Cominho	<i>Cuminum cyminum</i>	Cuminaldeído; y-terpine	Estimulante da digestão, antibacteriano
Feno Grego	<i>Trigonella foenum-graecum</i>	Trigonelina; ácido malônico; carpaína; trigogenina	Antioxidante; estimulante de apetite
Sálvia	<i>Salvia spp.</i>	Cineol; pineno; salviol	Estimulante da digestão, antibacteriano; antifúngica; antioxidante
Uva (semente)	<i>Vitis vinifera</i>	Antocianinas; flavanas; catequina; epicatequina; procianidinas; resveratrol	Antioxidante; antibacteriano; antiviral; anti-inflamatória
Noz moscada	<i>Myristica fragrans</i>	Sabinina	Estimulante da digestão e antidiarréico
Coentro	<i>Coriandrum sativum</i>	Linalol	Estimulante da digestão
Gengibre	<i>Zingiber officinale</i>	Cingerol	Estimulante gástrico
Louro	<i>Laurus nobilis</i>	Cineol	Estimulante da digestão, anti-séptico

Fonte: Adaptado de Burt (2004); Ceylan & Fung (2004), Butolo (2005) e Guidotti (2019).

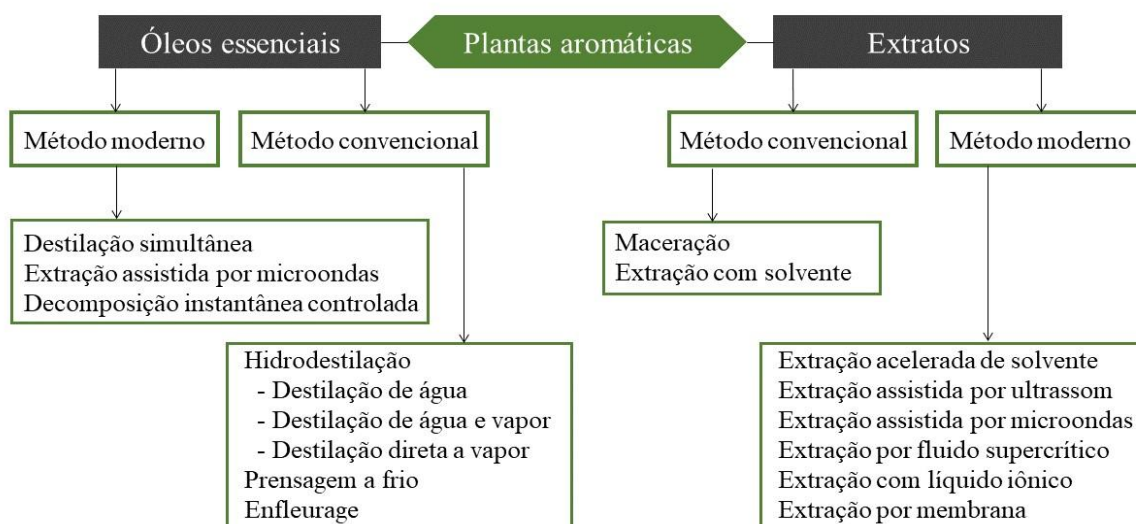


Figura 1. As principais técnicas de extração de óleos essenciais e extratos vegetais. Traduzido de Socaci et al. (2020).

Os produtos fitogênicos, do ponto de vista químico, são misturas complexas constituídas por diversos componentes, o que dificulta muitas vezes a explicação de seus efeitos e mecanismos (Brenes e Roura, 2010). São descritas abaixo as principais propriedades e mecanismos de ação documentados dos fitogênicos, que justificam seu uso como aditivos na dieta de aves, suínos e peixes.

2.2. Influência na palatabilidade e função intestinal

Os aditivos fitogênicos são frequentemente utilizados nas dietas animais com o intuito de melhorar a palatabilidade e principalmente a performance produtiva. No entanto, estudos testando a palatabilidade das dietas com a adição de fitogênicos ainda são muito limitados.

O que comumente tem se pesquisado é o consumo de ração e o ganho de peso, através dos ensaios de desempenho. Alguns trabalhos têm relatado uma redução na palatabilidade da dieta através da inclusão de óleos essenciais (Schöne et al., 2006), nos quais a explicação para a piora no consumo se relacionaria com o alto nível de inclusão dos óleos essenciais nas dietas. Estes podem apresentar odores fortes ou até mesmo um sabor acentuado quando em concentrações elevadas nas rações. Por outro lado, há registros de melhora no consumo de ração (Costa; Tse; Miyada, 2007), uma vez que os fitogênicos, em doses menores, influenciam o *flavour* e a palatabilidade, sendo um atrativo para o maior consumo dos animais. O efeito inicial da adição de fitogênicos na alimentação de suínos é a estimulação do apetite. O aroma destes aditivos pode estimular os nervos olfatórios e as papilas gustativas, interferindo positivamente no consumo de ração.

Os aditivos fitogênicos apresentam também grandes benefícios no trato digestivo, como por exemplo, efeitos laxativos e na prevenção de flatulências, estimulação de secreções digestivas, bile e mucos e aumento na atividade enzimática (Platel; Srinivasan, 2004).

Muitos aditivos possuem componentes ativos que aumentam a secreção das glândulas salivares e dos sucos gástricos e pancreáticos (Mellor, 2000). A capsaicina, componente ativo do *Capsicum annum* (pimenta vermelha), tem-se mostrado eficiente em estimular a salivação (produção de amilase) (Platel; Srinivasan, 1996; Wang; Bourne, 1998) e aumentar a secreção de enzimas pancreáticas e intestinais em animais não-ruminantes (Brugalli, 2003). Outro princípio ativo, o cinamaldeído, principal componente do *Cinnamomum spp* (canela) apresentou ação estimulante sobre as enzimas pancreáticas (Wang; Bourne, 1998) e aumentou o tempo de retenção do alimento no estômago por ter reduzido a motilidade gástrica em suínos (Manzanilla et al., 2004). Como consequência, o aumento na atividade das enzimas, que participam do processo de digestão, promove melhora na digestibilidade e disponibilidade dos nutrientes (Brugalli, 2003).

Com o aumento das secreções gástricas, ocorre queda no pH do estômago, havendo maior atividade da pepsina. A maior produção de suco pancreático leva à maior atuação de enzimas contribuindo para maior digestão. O mecanismo mais estudado na tentativa de explicar a melhora da digestibilidade é o efeito na produção de enzimas e secreções intestinais. Porém, este não é o único mecanismo que pode estar envolvido. A modulação da microbiota e a manutenção da integridade do epitélio intestinal podem ser importantes efeitos dos extratos vegetais, como acontece com outros promotores de crescimento (Utiyama, 2004).

Durante o processo de digestão, radicais de oxigênio (radicais superóxidos) podem ser produzidos através de reações de oxidação, processo conhecido como autoxidação. Tais radicais de oxigênio reativos podem atacar a superfície da mucosa intestinal, prejudicando a absorção de nutrientes. O cinamaldeído otimiza a atividade antioxidante das enzimas superóxido dismutase, glutathione S-transferase e catalase (Dhuley, 1999 apud Brugalli, 2003). Este complexo enzimático é responsável por converter os radicais superóxidos em água e oxigênio molecular, mantendo assim a saúde intestinal, o que possibilita maior capacidade de absorção pelas microvilosidades (COSTA, 2005).

Os aditivos fitogênicos podem, também, estimular a secreção de muco, tanto no estômago quanto no intestino. Este efeito impede a adesão de patógenos e contribui para a estabilização de uma microbiota favorável, protegendo as vilosidades intestinais e, conseqüentemente, melhorando a digestão e a absorção dos nutrientes (Jamroz et al., 2005, 2006).

A suplementação de óleo essencial de orégano mexicano (*Lippia berlandieri*), em níveis de 200 e 400 mg/kg na dieta de frangos de corte, melhorou a ingestão de ração e água (Cázares-

Gallegos et al., 2019). Enquanto isso, Amad et al. (2011) demonstraram que a suplementação de óleo essencial contendo tomilho e anis estrelado na dieta não influenciou na ingestão de ração. Por outro lado, Symeon et al. (2010) demonstraram que o óleo essencial de orégano reduziu o consumo de frangos de corte, assim como outros trabalhos que ao suplementar carvacrol ou timol na dieta resultaram na menor ingestão de ração (Arsi et al., 2014, Kelly et al., 2017).

Uma possível explicação para o consumo reduzido de ração é que os óleos essenciais podem possuir um odor irritante e um sabor pungente, o que diminui a palatabilidade dos alimentos (Jin et al., 2020). Outros trabalhos ainda indicam que a ingestão reduzida de ração ocorre temporariamente, já que tanto aves quanto os suínos precisam se acostumar com características organolépticas específicas (Van Der Aar et al., 2016). Como demonstrado por Çabuk et al. (2006), onde o consumo de frangos de corte de matrizes jovens, apenas até os 21 dias, foi reduzido significativamente como resultado da inclusão da mistura de óleo essencial, composto por seis diferentes óleos derivados de ervas, incluindo o orégano (*Origanum sp.*), folhas de louro (*Laurus nobilis L.*), folhas de sálvia (*Salvia triloba L.*), folhas de murta (*Myrtus communis*), sementes de funcho (*Foeniculum vulgare*), casca de citros (*Citrus sp.*).

Os animais podem apresentar desempenho superior quando alimentados com fitogênicos, independentemente de aumentarem o consumo de ração. Um mecanismo que pode explicar esse fenômeno é a estimulação das secreções de enzimas digestivas. Sendo assim, os aditivos a base de plantas podem melhorar a digestão e conseqüentemente a absorção de nutrientes (Jin et al., 2020).

Basmacioglu Malayoglu et al. (2010) ao suplementarem óleo essencial de orégano em dois níveis (250 ou 500 mg/kg), com ou sem enzima, na dieta de frangos de corte encontraram aumento significativo na atividade da quimotripsina no sistema digestivo e melhora na digestibilidade da proteína bruta. Alguns condimentos alimentares, como a curcumina, capsaicina, piperina, gengibre, feno-grego, cominho ainda demonstraram aumentar a atividade de enzimas digestivas pancreáticas, lipase e amilase em ratos (Platel e Srinivasan. 2000). O uso de uma mistura de óleos essenciais em frangos de corte em crescimento resultou no aumento significativo da atividade das enzimas digestivas, tripsina e α -amilase pancreática e maltase intestinal (Jang et al., 2007).

Devido à variedade de compostos ativos nas plantas, diferentes fitogênicos afetam o processo de digestão de maneiras diversas. Além de estimular a secreção de enzimas, os compostos ainda podem levar ao aumento da produção de ácidos biliares e modificar a taxa de esvaziamento gástrico.

Os ácidos biliares são moléculas endócrinas que, além de facilitar a absorção de nutrientes solúveis em gordura, regulam numerosos processos metabólicos (Molinaro et al., 2018). Foi

demonstrado por trabalhos em animais que a curcumina, capsaicina, gengibre, feno-grego, cebola, hortelã, cominho e erva-doce estimulam a produção de ácido biliar pelo fígado e sua secreção na bile (Srinivasan, 2005).

Em leitões desmamados, a mistura de extratos vegetais, composto por orégano, canela e pimenta mexicana, resultou em modificação do ecossistema gastrointestinal e da taxa de esvaziamento estomacal (Manzanilla et al., 2004). A adição de curcumina, capsaicina, piperina, gengibre, cominho, funcho, coentro, menta, alho e cebola na dieta de ratos produziram uma redução significativa do tempo de trânsito intestinal dos alimentos (Platel e Srinivasan. 2001).

2.3. Promotores de crescimento

Diversos trabalhos comprovam que o uso de fitogênicos na dieta atenuam os efeitos negativos da remoção de antibióticos. Mesmo com uma investigação detalhada na literatura, é difícil encontrar efeitos negativos de óleos essenciais e extratos no desempenho de aves e suínos (Jin et al., 2020). Porém, o efeito nas características de desempenho pode variar com diferentes composições, concentrações e níveis de dosagem dos aditivos fitogênicos, bem como o planejamento experimental, condições ambientais, formulação das dietas e fase de desenvolvimento dos animais (Jin et al., 2020).

Mohammadi Gheisar et al. (2015) relataram que a alimentação de frangos de corte com dieta contendo uma mistura de óleos essenciais microencapsuladas levou a uma melhoria linear do ganho de peso e conversão alimentar com o aumento das concentrações da mistura avaliada na dieta. Os resultados do trabalho de Yakhkeshi et al. (2011) indicaram que alimentar as aves com dietas com alternativas ao uso de antibiótico (extratos de ervas, probióticos e ácidos orgânicos) atenuou os efeitos negativos da remoção de antibióticos da dieta de frangos de corte. O uso de extratos de ervas resultou na redução de bactérias patogênicas no trato digestivo, melhora da saúde intestinal e melhor desempenho das aves. Na literatura disponível, inclusões médias de óleo essencial de orégano em até 600 mg/kg em dietas para frangos de corte aumentaram o ganho de peso corporal (Alagawany et al., 2018).

No caso do uso de fitogênicos para melhoria do desempenho de suínos, Wei et al. (2020) compilaram o resultado de 15 estudos que documentaram os benefícios de óleos essenciais. Em média, houve melhora no desempenho em de 10% e 3% para ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente.

Czech et al. (2009) justificou os valores encontrados para ganho de peso e conversão alimentar em suínos, alimentados com extrato de ervas, bulbos de alho, raízes e perfilhos de

alcaçuz e tomilho, como resultado de um bom perfil metabólico sanguíneo. Jang et al. (2004) sugeriram que o melhor crescimento de frangos de corte suplementados com óleo essencial em combinação com ácido lático foi devido ao aumento acentuado na secreção de enzimas digestivas do pâncreas e mucosa intestinal.

Trabalhos desenvolvidos com suínos também demonstram o efeito benéfico dos fitogênicos para o melhor desempenho. A inclusão de 1g/kg do extrato em pó de *Houttuynia cordata* e *Taraxacum officinale*, na dieta de suínos em terminação, levou ao melhor desempenho de crescimento dos animais (Yan et al., 2011).

De forma semelhante, Yan et al. (2010) realizaram um experimento alimentando suínos com dieta suplementada com 0,01% de óleo essencial formado por um blend com extrato de tomilho, alecrim e orégano. Relataram que o ganho médio diário e a taxa de conversão alimentar, digestibilidade de nitrogênio e energia melhoraram significativamente durante o período de crescimento.

Li et al. (2012) compararam o desempenho de suínos alimentados com as dietas suplementadas com óleo essencial, composto por 18% de timol e cinamaldeído, como alternativo ao tratamento com antibiótico. Relataram que durante todo o período experimental os índices de ganho de peso, conversão alimentar, digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta, foram melhores nos animais suplementados com óleo essencial em comparação ao tratamento controle. Eles sugeriram que o melhor desempenho dos suínos era o resultado da melhoria da morfologia intestinal e, conseqüentemente, da digestibilidade dos nutrientes.

2.4. Atividade antimicrobiana

A atividade antimicrobiana (bactericida ou bacteriostática) dos fitogênicos contra organismos patogênicos de origem alimentar, como protozoários e fungos, foi amplamente investigada. (O'Bryan et al., 2015, Zhang et al., 2016, Wei et al., 2020). Chouhan et al. (2017) citam os terpenos e terpenóides como os principais grupos com atividade antimicrobiana. Timol, carvacrol, linalol, acetato de linalil, citronelal, piperitona, mentol e geraniol são exemplos de terpenóides. A maioria dos trabalhos mostrou que substâncias fenólicas como timol, carvacrol, fenilpropano, limoneno, geraniol e citronela são os compostos ativos que têm função antimicrobiana (Gheisar e Kim, 2018).

A ação antimicrobiana dos compostos bioativos pode ocorrer através de três mecanismos. O alvo dos compostos e plantas, carvacrol, cinamaldéido, cymene, eugenol, farnesol, nerolidol, plaunotol, vanilina, orégano, alecrim, canela, malaleuca, são a parede celular ou membrana da

bactéria. Os três últimos ainda agem na respiração, prejudicando a capacidade das células bacterianas de realizar reações de redução da oxidação. O dente de alho, gerânio, lavanda, orégano, rosa e alecrim atuam através de um terceiro mecanismo, denominado “Quorum sensing” (O'Bryan et al., 2015).

Destes mecanismos, o mais conhecido está ligado a hidrofobicidade dos compostos, que interrompe a permeabilidade das membranas celulares e a homeostase celular levando à perda de componentes celulares e ao influxo de outras substâncias na célula até a morte (Wei et al., 2020). Porém, as bactérias gram-negativas são menos susceptíveis aos efeitos dos óleos essenciais, do que as bactérias gram-positivas, visto que possuem uma membrana externa contendo lipopolissacarídeos, criando uma barreira contra os compostos hidrofóbicos. Neste caso, os óleos essenciais podem acessar lentamente o periplasma das bactérias gram-negativas através das proteínas porinas da membrana externa (O'Bryan et al., 2015).

Yang et al. (2015) sugeriram que a ação dos fitogênicos nas células microbianas variam de acordo com a localização de seus grupos hidroxila ou alquila funcionais. O grupo hidroxila dos terpenóides fenólicos e a presença de elétrons deslocalizados são elementos importantes, determinando o nível de sua atividade em diferentes bactérias. Por conta das propriedades de liberar lipopolissacarídeos, e desintegrar a membrana externa das bactérias, tanto timol e carvacrol têm mostrado propriedades antimicrobianas superior em relação a outros compostos fitogênicos.

Os fitogênicos interferem na permeabilidade da parede celular e na capacidade da célula bacteriana de regular a transferência de potássio através da membrana, levando a um extravasamento do conteúdo celular, e conseqüentemente, a perda de viabilidade (O'Bryan et al., 2015). O vazamento geralmente ocorre por conta da degradação da parede celular, membrana citoplasmática e destruição das proteínas de membrana, e na redução da força motriz de prótons (Yang et al., 2015). Além disso, o carvacrol e o timol, com sua estrutura lipofílica, podem facilmente entrar nas membranas bacterianas entre as cadeias de ácidos graxos e levar as membranas a se expandirem e se tornarem mais fluidas (Omojino et al., 2018).

Existe uma ampla lista de referências na literatura científica que fornece clara evidência da atividade antibacteriana, antifúngica e antiviral in vitro de diversos aditivos fitogênicos.

O óleo essencial de *Malaleuca alternifolia* apresentou atividade antimicrobiana através do rompimento da barreira da permeabilidade das estruturas da membrana celular e a conseqüente perda do controle quimiosmótico (Cox et al., 2001). Outros estudos também indicam que variados fitogênicos e seus componentes são capazes de causar o aumento da permeabilidade, pela alteração na integridade estrutural ou depleção de constituintes metabolitos em uma variedade de

bactérias patogênicas (Helander et al., 1998; Carson et al., 2002; Nguetack et al., 2004; Oussalah et al., 2006; Xu et al., 2008; Souza et al., 2013).

A determinação da ação antimicrobiana dos fitogênicos com a liberação de componentes celulares, também tem sido demonstrado pela análise de perda de fluorescência (O'Bryan et al., 2015). Zhou et al. (2020) trataram células de *Enterococcus faecalis* com óleo essencial de *Perilla frutescens* em diferentes dosagens. A integridade da membrana celular foi detectada por microscopia confocal de varredura a laser que identificaram células vivas e mortas coradas com sondas fluorescentes. Os resultados mostraram que o tratamento danificou a integridade e diminuiu o potencial da membrana celular, e aumentou a perda intracelular de trifosfato de adenosina (ATP).

O carvacrol é um dos constituintes de óleos essenciais mais amplamente estudado, juntamente com seu isômero timol (Chouhan et al., 2017). Mais recentemente, Lee et al. (2017) avaliaram a habilidade de 79 óleos essenciais de inibir a formação de biofilme da *Escherichia coli* uropatogênica, principal agente causador das infecções urinárias em humanos, e associadas à morte de fêmeas suínas. Os óleos essenciais de orégano e de tomilho vermelho, bem como seus componentes ativos, carvacrol e timol, apresentaram resultados significativos, com ações antibiofilme e antivirulência.

A redução de bactérias patogênicas na microflora intestinal de aves e suínos devido a atividade antimicrobiana dos fitogênicos é um mecanismo importante para beneficiar o crescimento dos animais (Jin et al., 2020). Como demonstrado in vitro, diversos compostos atuam contra bactérias patogênicas como *E. Coli* e *Salmonella typhimurium*, que possuem o potencial para gerar infecções entéricas (Jin et al., 2020).

Alali et al. (2013) avaliaram uma mistura de carvacrol, timol, eucaliptol e limão fornecida através de água para frangos de cortes, desafiados através da dieta com *Salmonella Heidelberg*. A adição de 0,05% da mistura em água potável reduziu significativamente a colonização das culturas positivas para *Salmonella Heidelberg*, além de diminuir a conversão alimentar e aumentar o ganho de peso das aves em comparação com os tratamentos controles. Cerisuelo et al. (2014) forneceram uma mistura de óleo essencial composta por cinamaldeído e timol para frangos de corte, e uma combinação dessa mistura com butirato de sódio. Eles demonstraram que a mistura reduziu a contagem bacteriana de *Salmonella* em amostra fecal do ceco, especialmente quando combinado com ácido butírico, em comparação com o tratamento controle.

Além dos resultados positivos no desempenho dos frangos de corte, Mohammadi Gheisar et al. (2015), observaram que a adição de mistura de óleos essenciais microencapsuladas resultou em aumento na contagem de *Lactobacillus* fecal, o que é benéfico para a saúde intestinal. De

forma semelhante, no trabalho de Park e Kim, (2018) a densidade de *Lactobacillus* ileal aumentou e *Escherichia coli* diminuiu em frangos de corte pela adição de mistura de óleos essenciais na dieta. Já a mistura de óleo essencial associada ou não ao carvão vegetal natural aumentou a contagem de bactérias lácticas no íleo e no ceco de frangos de corte em comparação com *E. coli* e *Salmonella* (Ruben et al., 2017).

Outra implicação da ação antimicrobiana dos fitogênicos suplementados na dieta é que eles podem reduzir a carga microbiana e evitar a deterioração precoce das carcaças. A suplementação de 0,1% de óleo essencial na dieta de frangos de corte de 0 a 42 dias resultou na redução das bactérias mesofílicas aeróbicas investigadas (*Enterobacteriaceae*, *Coliformes* e *Estafilococos*) na pele do pescoço das carcaças (Aksit et al., 2006).

A suplementação dietética com a mistura carvacrol-timol (100mg/kg) por 14 dias em leitões desmamados influenciou a flora intestinal, houve aumento da população do gênero *Lactobacillus*, e redução das populações de *Enterococcus* e *E. coli* no jejuno (Wei et al., 2017).

Em leitões desmamados, a mistura de extratos vegetais, composto por orégano, canela e pimenta mexicana, diminuiu a massa microbiana total do íleo e aumentou a razão lactobacilos:enterobactérias, o perfil de AGV no ceco e no cólon foi modificado, aumentando a proporção de acetato e diminuindo a proporção de butirato e valerato (Manzanilla et al., 2004).

Suínos com peso inicial de 72 kg, tratados com óleo essencial de orégano a 25mg/kg por 4 semanas, tiveram a população de *Escherichia coli* reduzida no jejuno, íleo e cólon em relação ao tratamento controle (Zou et al., 2016c). A menor contagem de *Escherichia coli* na digesta ileal também foi atingida através da suplementação com óleo essencial de orégano (250 mg/kg) em suínos de crescimento e terminação (Cheng et al., 2018). O uso de óleo essencial encapsulados (50, 100 ou 150 g/ton) também resultou em redução da ocorrência de diarreia e da contagem de *E. coli* nas fezes de leitões desmamados (Li et al., 2012b).

2.5. Ação antioxidante

A atividade antioxidante dos fitogênicos em dietas de aves e suínos é outra propriedade biológica de grande interesse (Jin et al., 2020). As ervas da família *Labiatae*, principalmente alecrim, orégano e sálvia, têm sido extensivamente estudadas por sua atividade antioxidante (Brenes e Roura, 2010). A função antioxidante dos fitogênicos pode afetar positivamente a estabilidade da alimentação animal, promover a saúde e desempenho e aumentar a qualidade e o tempo de armazenamento dos produtos de origem animal (Gheisar e Kim, 2018).

A capacidade de doar hidrogênio ou elétrons aos radicais livres e de deslocar o elétron não emparelhado na estrutura aromática são os principais mecanismos antioxidantes dos óleos essenciais (Giannenas et al., 2013). Outros trabalhos sugerem que os fitogênicos podem afetar benéficamente algumas enzimas antioxidantes, como a glutathione peroxidase e a superóxido dismutase, afetando o metabolismo lipídico em animais (Franz et al., 2010).

Farag et al. (1989) investigaram a função antioxidante de óleos essenciais de especiarias (alcaravia, cravo, cominho, alecrim, sálvia e tomilho) e relataram alta atividade antioxidante dos compostos timol e eugenol. O óleo essencial de orégano é um extrato aromático de plantas que contém principalmente carvacrol e timol. A alta atividade antioxidante do timol é devido à presença de grupos OH fenólicos, que atuam como doadores de hidrogênio para os radicais peróxidos formados durante o primeiro passo na oxidação lipídica, retardando a formação de peróxido de hidrogênio (Brenes e Roura, 2010). Estudos recentes demonstraram que o óleo essencial de orégano reduz o estresse oxidativo e aumenta a expressão de enzimas antioxidantes no intestino dos animais.

Serradella et al. (2020), avaliaram o estresse e a resposta imune de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), suplementados com aditivos fitogênicos. Foi observado que a utilização do aditivo proporcionou uma melhor capacidade de resposta à inflamação, pois a suplementação de fitogênicos induziu uma regulação negativa da expressão dos genes associados ao estresse, como CASP-3 e IL-1.

A oxidação lipídica é uma das principais causas da deterioração da carne e está relacionada com o teor de ferro heme e dos ácidos graxos poliinsaturados na carne (Jin et al., 2020). As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) são um produto secundário da oxidação lipídica e, portanto, a redução do TBARS pode indicar indiretamente um aumento da capacidade antioxidante (Cheng et al., 2017).

Mohammadi Gheisar et al. (2015) suplementaram a dieta de patos com mistura fitogênica contendo *Quillaja anis* e tomilho, e relataram que o valor de TBARS, como índice de oxidação lipídica da carne foi significativamente reduzido no dia 14 pós-abate pela mistura fitogênica. Cherian et al. (2013) ao adicionarem dois níveis (2 e 4%) de folhas secas de *Artemisia annua* (ART) na dieta de frangos de corte encontraram valores para o conteúdo de malondialdeído medido como TBARS significativamente menores nos músculos do peito e coxa. A redução no TBARS pode ser atribuída às propriedades antioxidantes inerentes à planta, como compostos polifenólicos ou vitamina E. Corroborando com essa informação, a suplementação de óleo essencial de tomilho reduziu a concentração de malondialdeído na mucosa duodenal de frangos de corte (Placha et al., 2014)

Cheng et al. (2017) relacionaram os resultados encontrados com a suplementação de óleo essencial de orégano em dieta para suínos em crescimento e terminação. Com a adição de óleo essencial, houve maior proporção de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA n-3) no músculo *Longissimus thoracis*, atividades altas de glutathione peroxidase, catalase e capacidade antioxidante total, e menor concentração de TBARS e perda de gotejamento durante o armazenamento refrigerado a 4 °C. Concluíram então que, o aumento das enzimas antioxidantes pode estimular a deposição de PUFA n - 3 no músculo, protegendo o lipídio do dano oxidativo, e prolongando a vida útil da carne.

O óleo essencial de orégano costuma conter 30,7 % de timol e 9,36% de carvacrol, podendo variar. O que confere a capacidade antioxidante destes compostos é um grupo hidroxila em sua estrutura química aromática. Os fenóis são absorvidos e depositados nas membranas celulares do músculo, com isso, timol e carvacrol podem ser detectados em amostras de carne, e principalmente, tecidos que contêm mais ácidos graxos, como fígado, cérebro, gordura, rim (Ramos et al., 2017).

Zou et al. (2017) investigaram os efeitos da suplementação, por 28 dias, de óleo essencial de orégano (25 mg/kg) e vitamina E (200 mg/kg) na qualidade da carne, resposta ao estresse e morfologia intestinal em suínos em terminação após o estresse no transporte. Os resultados demonstraram que a suplementação com óleo essencial de orégano na dieta foi superior à suplementação com vitamina E, em relação a qualidade de carne, com menores valores de perda de gotejamento em 24h, melhor resposta ao estresse, com níveis séricos diminuídos de creatina quinase e cortisol, e menor expressão de mRNA da proteína de choque térmico 27 e 70 no músculo, além da melhoria da morfologia intestinal. Corroborando com estas informações, outros trabalhos demonstraram que óleo essencial pode ser uma alternativa potencial para mitigar os efeitos por estresse ao transporte e aumentar a capacidade antioxidante de suínos terminados (Zhang et al., 2015, Zou et al., 2016).

2.6. Efeito no epitélio intestinal

O intestino tem diversas funções, além de ser responsável pela absorção de nutrientes, eletrólitos e água, funciona como uma barreira seletiva contra patógenos, desempenhando um papel importante no sistema imunológico (Omonijo et al., 2018).

O uso de plantas, ervas aromáticas, seus extratos e óleos essenciais em aves e suínos também tem demonstrado seu efeito na morfologia e funcionalidade intestinal. Além do aumento da produção de enzimas e na capacidade absorptiva, os fitogênicos podem agir na morfologia da parede, proporcionando aumento na altura das vilosidades, um importante indicador da

capacidade digestiva e absorptiva. Outros trabalhos ainda relacionaram ao estímulo da produção de muco, contribuindo ainda mais para redução da pressão de patógenos pela inibição da adesão ao epitélio (Jin et al., 2020).

Jamroz et al. (2006) demonstraram que a adição de extrato vegetal (100 mg/kg) contendo carvacrol, cinamaldeído e oleorresina de capsicum na dieta de galinhas, resultou no aumento da liberação de grandes quantidades de muco e na criação de uma espessa camada de muco no estômago glandular e na parede do jejuno. Kelly et al. (2017) através da suplementação de carvacrol em quatro concentrações (0, 120, 200 e 300 mg/kg) na dieta de frangos de corte, encontraram resultados associados ao aumento da produção de muco e maior expressão de RNAm de mucina, no intestino grosso e delgado. Sugerindo propriedades protetoras, pela redução da adesão de patógenos no epitélio.

A suplementação dietética de frangos de corte com o aditivo alimentar à base de plantas composto pelo extrato de diversas plantas, modificou positivamente parâmetros morfológicos do íleo, incluindo a altura das vilosidades, relação vilo:cripta e número de células caliciformes (Giannenas et al., 2018).

Zou et al. (2016), ao suplementarem a dieta de suínos com óleo essencial de orégano a 25 mg/kg, por 4 semanas, encontraram resultados significativos na redução do nível de endotoxina no soro, aumento da altura das vilosidades e da expressão de occludina e zonula occludens-1 (ZO-1) no jejuno. Estes resultados demonstraram que a integridade da barreira intestinal foi melhorada pelo tratamento com óleo essencial de orégano.

2.7. Efeito anti-inflamatório

A inflamação é uma resposta protetora normal, induzida por lesão ou infecção tecidual. Diversos fitogênicos tem sido usualmente utilizados como agentes anti-inflamatórios, incluindo óleos essenciais de camomila, orégano, eucalipto, alecrim, lavanda etc. (Gheisar e Kim, 2018).

A quercetina é um flavonoide encontrado em vários alimentos, como vegetais, chá, frutas, maçãs e cebolas e é conhecida por exercer efeitos positivos na produção e na saúde das aves. Este flavonoide melhora o sistema imunológico, estimulando a produção de linfócitos, macrófagos e anticorpos, melhorando a atividade natural das células assassinas, o peso dos órgãos linfóides, além de ativar o perfil de citocinas e afetar as células dendríticas (Saeed et al., 2017).

Ocaña-Fuentes et al. (2010) trataram macrófagos THP-1 ativados por lipoproteína oxidada de baixa densidade com óleo essencial de orégano. Os resultados mostraram uma diminuição na síntese de citocinas pró-inflamatórias TNF- α , IL-1 β e IL-6, bem como um aumento na produção

de citocinas anti-inflamatórias, como a IL-10, sugerindo um efeito anti-inflamatório. In vivo, a suplementação dietética com a mistura carvacrol-timol (100mg/kg) por 14 dias em leitões desmamados também causou redução dos níveis de mRNA do TNF- α (Wei et al., 2017).

A suplementação de óleo de tomilho no trabalho de Placha et al. (2014), além de demonstrar o efeito antioxidante em frangos de corte, também apresentou resultados positivos na fisiologia, com aumento da concentração de imunoglobulina A (IgA) na mucosa duodenal, e na atividade fagocítica estimulada no sangue.

Além dos resultados positivos de desempenho e digestibilidade encontrados por Li et al. (2012) ao suplementarem a dieta de suínos com óleo essencial, outras observações foram feitas. Houve melhoria da proliferação linfocitária, a concentração de IL-6 foi menor e o nível de TNF- α foi maior no plasma, a capacidade antioxidante plasmática aumentou, a contagem de *E. coli* no ceco, cólon e reto foram reduzidos.

2.8. Efeito na qualidade dos ovos

O objetivo das empresas é garantir a produção ideal das galinhas poedeiras, atingindo maior persistência de postura e número de ovos comerciais, bem como a melhor qualidade de casca e tamanho dos ovos.

No trabalho de Nadia et al. (2008) foram utilizados 12 tratamentos, sendo dois níveis (0,5 e 1,0%) de quatro tipos de ervas (orégano, tomilho, alecrim, cúrcuma longa), em comparação com dois níveis de vitamina E (100 e 200 mg/Kg), além de duas dietas, uma usando pré-mistura com vitamina E (controle) e outra sem vitamina E (controle negativo), em galinhas poedeiras. A adição de 1% de tomilho, alecrim, orégano ou 0,5% de cúrcuma levou ao aumento da produção de ovos, da massa de ovos e melhora da conversão alimentar. Além disso, 1% de cúrcuma aumentou numericamente os valores do peso da casca, índice de forma dos ovos e melhorou a porcentagem de peso da gema e cor da gema em 10,87% e 15,52%. Tomilho, alecrim ou cúrcuma a 1% reduziram o lipídio total da gema. A adição de 1% de tomilho, bem como 0,5 ou 1,0% de cúrcuma aumentaram significativamente as porcentagens de eclodibilidade.

A adição de óleo essencial de canela na dieta de galinhas poedeiras criadas sob estresse por frio, levou ao aumento da produção de ovos, massa de ovos e peso dos ovos (Torki et al., 2014). Ghasemi et al. (2010) avaliaram os efeitos da adição de três níveis (0, 1 e 2 g/kg) da mistura moída de ervas medicinais, incluindo alho (*Allium sativum*) e tomilho (*Thymus vulgaris*), na dieta das galinhas poedeiras, por seis semanas. A inclusão alimentar de alho e tomilho em 0,1% teve efeitos benéficos com redução do consumo e melhoria do peso dos ovos, sem efeito na produção

de ovos. A adição de 0,2% aumentou a cor da gema dos ovos, bem como a contagem de linfócitos no sangue das poedeiras.

Outro estudo demonstrou que as folhas de hortelã-pimenta (*Mentha piperita L.*) de 5 a 20 g/kg podem ser usadas como aditivo na dieta de galinhas poedeiras nas fases de postura tardia. Com o incremento das dosagens houve aumento linear e significativo do peso, produção e massa dos ovos, ingestão de ração e melhora da conversão alimentar. A porcentagem e a espessura da casca de ovo, bem como a unidade Haugh de galinhas alimentadas com dietas suplementadas com folhas de hortelã-pimenta também foram maiores. Além disso, o colesterol sérico diminuiu e as proteínas totais séricas aumentaram (Abdel-Wareth e Lohakare, 2014). A suplementação com óleo de sálvia (200 mg/kg) e mistura de óleos essenciais (36 mg/kg), na dieta de galinhas poedeiras também aumentou significativamente a altura do albúmen e a unidade de Haugh dos ovos (Bölükbaşı et al., 2008, Ozek et al., 2011).

Ao avaliar os efeitos de uma mistura de óleos essenciais (24mg/kg) ou de um mananoligossacarídeo (1g/kg) como alternativas ao antibiótico avilamicina (10mg/kg) para galinhas poedeiras em condições quentes de verão, Çabuk et al. (2006) observaram que a inclusão da mistura de óleos essenciais melhorou significativamente a produção de ovos, a conversão alimentar e reduziu a proporção de ovos quebrados das galinhas poedeiras por um período de 20 semanas.

Aydin et al. (2008) utilizaram três níveis de sementes de cominho preto (1, 2 ou 3%) na dieta de galinhas poedeiras de 27 semanas de idade. As fêmeas alimentadas com dieta suplementada com 3% de cominho preto apresentaram maior produção de ovos e maior força da casca. Dietas suplementadas com 2 ou 3% de cominho preto aumentaram o peso dos ovos, espessura da casca dos ovos e diminuíram significativamente o colesterol dos ovos por grama de gema em relação aos outros dois tratamentos. Já o peso da gema dos ovos foi maior para as dietas com 1, 2, e 3% de cominho preto em relação ao do grupo controle.

O efeito antioxidante dos fitogênicos, citado anteriormente, também pode afetar positivamente a qualidade dos ovos. As alterações indesejáveis no ovo, como consequência da oxidação são o odor desagradável, mudanças na cor e sabor. Uma hipótese para a melhora do status antioxidante em ovos usando fitogênicos é um efeito poupador de vitamina E no intestino (Harrington et al., 2020).

A suplementação dietética de pó da flor *Echinacea purpurea* (2,5, 5, 7,5 e 10 g/kg) diminuiu o colesterol da gema, e as concentrações de malonaldeído (Jahanian et al., 2015). O trabalho de Batista et al. (2017) também encontrou níveis reduzidos de malonaldeído no ovo após a suplementação de óleo de alecrim (100 ou 200 mg/kg) na dieta. O mesmo resultado foi obtido

através da suplementação de extrato de folhas de eucalipto a 0,8 g/kg na dieta de matrizes de postura (Chen et al., 2017).

3. CONCLUSÃO

Uma grande variedade de plantas contém compostos que possuem a capacidade de atuar em múltiplas funções no organismo de aves, suínos e peixes, incluindo, efeitos no desempenho, sistema digestivo, capacidade antioxidante e modulação das populações microbianas no trato gastrointestinal. No entanto, devido à grande variedade de produtos fitogênicos disponíveis, a planta a ser utilizada, e a dosagem eficaz recomendada varia. Embora os trabalhos disponíveis até o momento mostrem que a adição de fitogênicos na dieta de aves e suínos parecem justificar seu uso para beneficiar a fisiologia e promover o melhor desempenho dos animais, ainda falta um conhecimento detalhado da maioria dos componentes ativos e de seus mecanismos de ação. De forma geral, os fitogênicos são uma alternativa promissora aos antibióticos como melhoradores de desempenho.

4. REFERÊNCIAS

- Abdel-Wareth, A. A. A., e Lohakare, J. D. Effect of dietary supplementation of peppermint on performance, egg quality, and serum metabolic profile of Hy-Line Brown hens during the late laying period. *Animal Feed Science and Technology*. 197, p.114120, 2014.
- Aksit, M., Göksoy, E., Kök, F., Özdemir, D., e Özdoğan1, M. The impacts of organic acid and essential oil supplementations to diets on the microbiological quality of chicken carcasses. *Arch.Geflügelk.* 70 (4). p.168–173, 2006.
- Alagawany, M., Abd El-Hack, M. E., Farag, M. R., Shaheen, H. M., Abdel-Latif, M. A., Noreldin, A. E., e Patra, A. K. The usefulness of oregano and its derivatives in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*. 74(3), p.463-474, 2018.
- Alali, W. Q., Hofacre, C. L., Mathis, G. F., e Falys, G. Effect of essential oil compound on shedding and colonization of *Salmonella enterica* serovar Heidelberg in broilers. *Poultry Science*. 92, p.836–841, 2013.
- Amad, A. A., Manner, K., Wendler, K. R., Neumann, K., e Zentek, J. Effects of a phytogenic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poultry Science*, 90(12), p.2811–2816, 2011.
- Arsi, K., Donoghue, A. M., Venkitanarayanan, K., Kollanoor-Johny, A., Fanatico, A. C., Blore, P. J., & Donoghue, D. J. The Efficacy of the Natural Plant Extracts, Thymol and Carvacrol against *Campylobacter* Colonization in Broiler Chickens. *Journal of Food Safety*, 34(4), p.321–325, 2014.
- Aydin, R., Karaman, M., Cicek, T., e Yardibi, H. Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Supplementation into the Diet of the Laying Hen Positively Influences Egg Yield Parameters, Shell Quality, and Decreases Egg Cholesterol. *Poultry Science*. 87, p.25902595, 2008.
- Basmacioğlu Malayoğlu, H., Baysal, Ş., Misirlioğlu, Z., Polat, M., Yilmaz, H., & Turan, N. Effects of oregano essential oil with or without feed enzymes on growth performance, digestive enzyme, nutrient digestibility, lipid metabolism and immune response of broilers fed on wheat–soybean meal diets. *British Poultry Science*, 51(1), p.67–80, 2010.
- Batista, N., Garcia, E., Oliveira, C., Arguelo, N., e Souza, K. Trace Mineral Sources and Rosemary Oil in the Diet of Brown Laying Hens: Egg Quality and Lipid Stability. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, 19(4), p.663–672, 2017.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Diário Oficial da União**. (2018). Portaria nº 171, de 13 de dezembro de 2018. Acesso em:http://www.in.gov.br/materia//asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/55878469/do1-2018-12-19-portaria-n-171-de-13-de-dezembro-de-2018-55878239
- Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2020. Instrução Normativa Nº 1, DE 13 DE JANEIRO DE 2020. Diário Oficial da União. Brasília, DF, Disponível em: http://sistemasweb.agricultura.gov.br/conjurnormas/index.php/INSTRU%C3%87%C3%83O_NORMATIVA_N%C2%BA_1,_DE_13_DE_JANEIRO_DE_2020. Acesso em: Jun, 2022.

Bölükbaş, Ş. C., Erhan, M. K., e Kaynar, Ö. The effect of feeding thyme, sage and rosemary oil on laying hen performance, cholesterol and some proteins ratio of egg yolk and Escherichia Coli count in feces. *Arch.Geflügelk.*, 72 (5), p.231–237, 2008.

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos.

Departamento de Assistência Farmacêutica. Política nacional de plantas medicinais e fitoterápicos / Ministério da Saúde, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos, Departamento de Assistência Farmacêutica. – Brasília: Ministério da Saúde. 60 p, 2006.

Brasil. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Formulário de Fitogênicos da Farmacopéia Brasileira / Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Brasília: Anvisa, p.126, 2011.

Çabuk, M., Bozkurt, M., Alçiçek, A., Akbağ, Y., & Küçükyılmaz, K. Effect of a herbal essential oil mixture on growth and internal organ weight of broilers from young and old breeder flocks. *South African Journal of Animal Science*, 36(2), 2006.

Carson, C. F., Mee, B. J., e Riley, T. V. Mechanism of Action of *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) Oil on *Staphylococcus aureus* Determined by Time-Kill, Lysis, Leakage, and Salt Tolerance Assays and Electron Microscopy. *Antimicrobial agents and chemotherapy*. v.46, n.6, p.1914-1920, 2002.

Cázares-Gallegos, R., Silva-Vázquez, R., Hernández-Martínez, C. A., GutiérrezSoto, J. G., Kawas-Garza, J. R., Hume, M. E., e Méndez-Zamora, G. M. Performance, carcass variables, and meat quality of broilers supplemented with dietary mexican oregano oil. *Brazilian Journal of Poultry Science*, v.21, n.1, 2019.

Cerisuelo, A., Marín, C., Sánchez-Vizcaíno, F., Gómez, E. A., de la Fuente, J. M., Durán, R., & Fernández, C. The impact of a specific blend of essential oil components and sodium butyrate in feed on growth performance and *Salmonella* counts in experimentally challenged broilers. *Poultry Science*, 93(3), p.599-606, 2014.

Chang, J. Medicinal herbs: Drugs or dietary supplements? *Biochemical Pharmacology*, 59(3), 211–219, 2000.

Chen, S.-L., Yu, H., Luo, H.-M., Wu, Q., Li, C.-F., e Steinmetz, A. Conservation and sustainable use of medicinal plants: problems, progress, and prospects. *Chinese Medicine*, 11:37, 2016.

Chen, Y., Chen, H., Li, W., Miao, J., Chen, N., Shao, X., e Cao, Y. Polyphenols in *Eucalyptus* leaves improved the egg and meat qualities and protected against ethanolinduced oxidative damage in laying hens. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 102(1), p.214–223, 2017.

Cheng, C., Liu, Z., Zhou, Y., Wei, H., Zhang, X., Xia, M., Deng, Z., Zou, Y., Jiang, S., e Peng, J. Effect of oregano essential oil supplementation to a reduced-protein, amino acid-supplemented diet on meat quality, fatty acid composition, and oxidative stability of *Longissimus thoracis* muscle in growing-finishing pigs. *Meat Science*, 133, p.103-109, 2017.

Cheng, C., Xia, M., Zhang, X., Wang, C., Jiang, S., e Peng, J. Supplementing Oregano Essential Oil in a Reduced-Protein Diet Improves Growth Performance and Nutrient Digestibility by Modulating Intestinal Bacteria, Intestinal Morphology, and Antioxidative Capacity of Growing-Finishing Pigs. *Animals*, 8(9), 159, 2018.

Cherian, G., Orr, A., Burke, I. C., Pan, W. Feeding *Artemisia annua* alters digesta pH and muscle lipid oxidation products in broiler chickens. *Poultry Science*. 92, p.1085– 1090, 2013.
Chouhan, S., Sharma, K., e Guleria, S. Antimicrobial Activity of Some Essential Oils - Present Status and Future Perspectives. *Medicines*. 4, 58, 2017.

Christaki, E., Giannenas, I., Bonos, E., e Florou-Paneri, P. Innovative uses of aromatic plants as natural supplements in nutrition. *Feed Additives*, p.19–34, 2020.

Cox, S. D., Mann, C. M., Markham, J. L., Bell, H. C., Gustafson, J. E., Warmington, J. R., e Wyllie, S. G. The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology*, 88(1), p.170– 175, 2001.

Czech, A., Kowalczyk, E., Grela, E. R. The effect of a herbal extract used in pig fattening on the animals' performance and blood components. *Annales. Universitat is mariae curie – skłodowska. Lublin – Polônia*. V.XXVII, 2009.

Durmic, Z., e Blache, D. Bioactive plants and plant products: Effects on animal function, health and welfare. *Animal Feed Science and Technology*, 176, p.150–162, 2012.

El Bagir N. M., Hama, A. Y., Hamed, R. M., El Rahim, A. G. A., e Beynen, A. C. Lipid composition of egg yolk and serum in laying hens fed diets containing black cumin (*Nigella sativa*). *International Journal of Poultry Science*. 5 (6), p.574-578, 2006.

Farag, R. S., Badei, A. Z. M. A., Hewedi, F. M., e El-Baroty, G. S. A. Antioxidant activity of some spice essential oils on linoleic acid oxidation in aqueous media. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(6), p.792–799, 1989.

Franz, C., Baser, K., e Windisch, W. Essential oils and aromatic plants in animal feeding - a European perspective. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25, p.327– 340, 2010.
Frankič, T., Voljč, M., Salobir, J., Rezar, V. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta argiculturae Slovenica*. 94/2, p.95-102, 2009.

Franz, C. M., Baser, K. H. C., & Hahn-Ramssl, I. Herbs and aromatic plants as feed additives. *Feed Additives*, 35–56, 2020.

Ghasemi, R., Zarei, M., e Torki, M. Adding Medicinal Herbs Including Garlic (*Allium sativum*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) to Diet of Laying Hens and Evaluating Productive Performance and Egg Quality Characteristics. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 5(2), p.151-154, 2010.

Gheisar, M. M., e Kim, I. H. Phytobiotics in poultry and swine nutrition – a review. *Italian Journal of Animal Science*, 17(1), p.92–99, 2018.

Giannenas I, Bonos E, Christaki E, Florou-Paneri, P. Essential Oils and their Applications in Animal Nutrition. *Medicinal e Aromatic Plants*. v.2, I.6. 140, 2013.

- Giannenas, I., Bonos, E., Filliouis, G., Stylianaki, I., Kumar, P., Lazari, D., Christaki, E., Florou-Paneri, P. Effect of a Polyherbal or an Arsenic-Containing Feed Additive on Growth Performance of Broiler Chickens, Intestinal Microbiota, Intestinal Morphology, and Lipid Oxidation of Breast and Thigh Meat. *The Journal of Applied Poultry Research*, p.0-12, 2018.
- Giannenas, I., Sidiropoulou, E., Bonos, E., Christaki, E., & Florou-Paneri, P. The history of herbs, medicinal and aromatic plants, and their extracts. *Feed Additives*, 1–18, 2020.
- Hashemi, S. R., e Davoodi, H. Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary Research Communications*, 35, p.169– 180, 2011.
- Harrington, D., Hall, H., Wilde, D., e Wakeman, W. Application of aromatic plants and their extracts in the diets of laying hens. *Feed Additives*, p.187–203, 2020.
- He, X. J., Hao, D. D., Liu, C. H., Zhang, X., Xu, D. D., Xu, X. N., Wang, J. F., e Wu, R. Effect of supplemental oregano essential oils in diets on production performance and relatively intestinal parameters of laying hens. *American Journal of Molecular Biology*, 7, p.73-85, 2017.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 270(1512), p.313–321, 2003.
- Helander, I. M., Alakomi, H.-L., Latva-Kala, K., Mattila-Sandholm, T., Pol, I., Smid, E. J., Gorris, L. G. M., e Von Wright, A. Characterization of the Action of Selected Essential Oil Components on Gram-Negative Bacteria. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(9), p.3590–3595, 1998.
- Jamroz, D., Orda, J., Kamel, C., Wiliczkiwicz, A., Wertelecki, T., e Skorupińska, J. The influence of phytogenic extracts on performance, nutrient digestibility, carcass characteristics, and gut microbial status in broiler chickens. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 12, p.583-596, 2003.
- Jamroz, D., Wertelecki, T., Houszka, M., e Kamel, C. Influence of diet type on the inclusion of plant origin active substances on morphological and histochemical characteristics of the stomach and jejunum walls in chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 90(5-6), p.255-268, 2006.
- Jamshidi-Kia, F., Lorigooini, Z., Amini-Khoei, H. Medicinal plants: Past history and future perspective. *Journal of Herbmед Pharmacology*. 7(1), p.1-7, 2018.
- Jahanian, E., Jahanian, R., Rahmani, H.-R., e Alikhani, M. Dietary supplementation of Echinacea purpurea powder improved performance, serum lipid profile, and yolk oxidative stability in laying hens. *Journal of Applied Animal Research*, 45(1), p.45–51, 2015.
- Jang, I. S., Ko, Y. K., Yang, H. Y., Ha, J. S., Kim, J. Y., Kim, J. Y., Kang, S. Y., Yoo, D. H., Nam, D. S., Kim, D. H., e Lee, C. Y. Influence of Essential Oil Components on Growth Performance and the Functional Activity of the Pancreas and Small Intestine in Broiler Chickens. *Asian-Australas Journal Animal Science*. 17(3), p.394-400, 2004.

Jang, I. S., Ko, Y. H., Kang, S. Y., e Lee, C. Y. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4), p.304–315, 2007.

Janz, J. A. M., Morel, P. C. H., Wilkinson, B. H. P., e Purchas, R. W. Preliminary investigation of the effects of low-level dietary inclusion of fragrant essential oils and oleoresins on pig performance and pork quality. *Meat Science*, 75(2), p.350–355, 2007.

Je, J.-Y., & Lee, D.-B. Nelumbo nucifera leaves protect hydrogen peroxide-induced hepatic damage via antioxidant enzymes and HO-1/Nrf2 activation. *Food & Function*. 6(6), p.1911-1918, 2015.

Jin, L.-Z., Dersjant-Li, Y., e Giannenas, I. Application of aromatic plants and their extracts in diets of broiler chickens. *Feed Additives*, 159–185, 2020.

Kelly, C., Gundogdu, O., Pircalabioru, G., Cean, A., Scates, P., Linton, M., Pinkerton, L., Magowan, E., Stef, L., Simiz, E., Pet, I., Stewart, S., Stabler, R., Wren, B., Dorrell, N., e Corcionivoschi, N. The In Vitro and In Vivo Effect of Carvacrol in Preventing Campylobacter Infection, Colonization and in Improving Productivity of Chicken Broilers. *Foodborne Pathogens and Disease*, 14(6), 341–349, 2017.

Kokkini, S., Karousou, R., Dardioti, A., Krigas, N., e Lanaras, T. Autumn essential oils of Greek oregano. *Phytochemistry*, 44(5), p.883–886, 1997.

Krause, E. L., e Ternes, W. Bioavailability of the antioxidative thyme compounds thymol and p-cymene-2,3-diol in eggs. *European Food Research and Technology*, 209(2), p.140–144, 1999.

Lee, J.-H., Kim, Y.-G., e Lee, J. Carvacrol-rich oregano oil and thymol-rich thyme red oil inhibit biofilm formation and the virulence of uropathogenic *Escherichia coli*. *Journal of Applied Microbiology*, 123(6), p.1420-1428, 2017.

Li, P., Piao, X., Ru, Y., Han, X., Xue, L., Zhang, H. Effects of Adding Essential Oil to the Diet of Weaned Pigs on Performance, Nutrient Utilization, Immune Response and Intestinal Health. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AJAS)*. 25(11): p.1617-1626, 2012.

Li, S. Y., Ru, Y. J., Liu, M., Xu, B., Péron, A., e Shi, X. G. The effect of essential oils on performance, immunity and gut microbial population in weaner pigs. *Livestock Science*, 145(1-3), p.119–123, 2012.

Liu, X.-P., Goldring, C. E. P., Copple, I. M., Wang, H.-Y., Wei, W., Kitteringham, N. R., & Park, B. K. Extract of *Ginkgo biloba* induces phase 2 genes through Keap1/Nrf2-ARE signaling pathway. *Life Sciences*. 80(17), p.1586-1591, 2007.

Manzanilla, E. G., Perez, J. F., Martin, M., Kamel, C., Baucells, F., e Gasa, J. Effect of plant extracts and formic acid on the intestinal equilibrium of early-weaned pigs. *Journal of Animal Science*, 82(11), p.3210–3218, 2004.

Martins, F. M., Filho, J. I. S., e Talamini, D. J. D. Conjuntura econômica da suinocultura brasileira. *Estudos da Embrapa. Anuário 2019 da Suinocultura Industrial*. n.06, p.22-27, 2018.

Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento/secretaria de defesa agropecuária (MAPA). Diário oficial da união. Instrução normativa nº 14, e.136, p.7, 2016.

Mohammadi Gheisar, M., Hosseindoust, A., e Kim, I. H. Evaluating the effect of microencapsulated blends of organic acids and essential oils in broiler chickens diet. *The Journal of Applied Poultry Research*, p.0-9, 2015.

Molinaro, A., Wahlström, A., e Marschall, H.-U. Role of Bile Acids in Metabolic Control. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 29(1), p.31–41, 2018.

Nadia, L. R., R. A. Hassan, E. M. Qota, e H. M. Fayek. “Effect of natural antioxidant on oxidative stability of eggs and productive and reproductive performance of laying hens. *International Journal of Poultry Science*. 7 (2), p.134–150, 2008

Nguefack, J., Budde, B. B., e Jakobsen, M. (2004). Five essential oils from aromatic plants of Cameroon: their antibacterial activity and ability to permeabilize the cytoplasmic membrane of *Listeria innocua* examined by flow cytometry. *Letters in Applied Microbiology*, 39(5), p.395-400, 2004.

Novak, J., Grausgruber-Gröger, S., e Lukas, B. DNA-based authentication of plant extracts. *Food Research International*, 40(3), p.388–392, 2007.

O’Bryan, C. A., Pendleton, S. J., Crandall, P. G., e Ricke, S. C. Potential of Plant Essential Oils and Their Components in Animal Agriculture – in vitro Studies on Antibacterial Mode of Action. *Frontiers in Veterinary Science*, 2, 2015.

Ocaña-Fuentes, A., Arranz-Gutiérrez, E., Señorans, F. J., e Reglero, G. Supercritical fluid extraction of oregano (*Origanum vulgare*) essentials oils: Antiinflammatory properties based on cytokine response on THP-1 macrophages. *Food and Chemical Toxicology*, 48(6), p.1568-1575, 2010.

Ody, P. *The Complete Medicinal Herbal: A Practical Guide to the Healing Properties of Herbs*. Skyhorse Publishing, Inc, New York, USA, 2017.

Omonijo, F. A., Ni, L., Gong, J., Wang, Q., Lahaye, L., e Yang, C. Essential oils as alternatives to antibiotics in swine production. *Animal Nutrition*, 4(2), p.126–136, 2018.

Oussalah, M., Caillet, S., e Lacroix, M. Mechanism of Action of Spanish Oregano, Chinese Cinnamon, and Savory Essential Oils against Cell Membranes and Walls of *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Protection*, v.69, n.5, p.1046–1055, 2006.

Özek, K., Wellmann, K.T., Ertekin, B., e Tarım, B. Effects of dietary herbal essential oil mixture and organic acid preparation on laying traits, gastrointestinal tract characteristics, blood parameters and immune response of laying hens in a hot summer season. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 20, p.575-586, 2011.

Pandey, A. K., Kumar, P., Saxena, M. J., e Maurya, P. Distribution of aromatic plants in the world and their properties. *Feed Additives*, 89–114, 2020.

Park, J. H., e Kim, I. H. Effects of a protease and essential oils on growth performance, blood cell profiles, nutrient retention, ileal microbiota, excreta gas emission, and breast meat quality in broiler chicks. *Poultry Science*, 97(8), p.2854–2860, 2018.

Paskudska, A., Kołodziejczyk, D., e Socha, S. The use of herbs in animal nutrition. *Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica*. 17(2), p.3–14, 2018.

Placha, I., Takacova, J., Ryzner, M., Cobanova, K., Laukova, A., Strompfova, V., Venglovska, K., Faix, S. Effect of thyme essential oil and selenium on intestine integrity and antioxidant status of broilers. *British Poultry Science*. 55(1), p.105-114, 2014.

Platel, K., e Srinivasan, K. Influence of dietary spices and their active principles on pancreatic digestive enzymes in albino rats. *Nahrung/Food*, 44(1), p.42–46, 2000.

Platel, K., e Srinivasan, K. Studies on the influence of dietary spices on food transit time in experimental rats. *Nutrition Research*, 21(9), p.1309–1314, 2001.

Ramos, F. A., Pro Martínez, A., Montes, E. S., Gaytán, C. N., Cázarez, A. S. H., Tovar, J. C., Sánchez, J. G., e Castillo, J. C. R. Oregano oil use in broiler diet increases accumulation of carvacrol and thymol in breast meat. *Acta Universitaria*, 27(1), p.34-39, 2017.

Roofchaeel, A., Irani, M., Ebrahimzadeh, M. A., e Akbari, M. R. Effect of dietary oregano (*Origanum vulgare* L.) essential oil on growth performance, cecal microflora and serum antioxidant activity of broiler chickens. *African Journal of Biotechnology*. v.10(32), p.6177-6183, 2011.

Rossi, R., Pastorelli, G., Cannata, S., Tavaniello, S., Maiorano, G., e Corino, C. Effect of long term dietary supplementation with plant extract on carcass characteristics meat quality and oxidative stability in pork. *Meat Science*, 95(3), p.542-548, 2013.

Royer, A. F. B., Garcia, R. G., Borille, R., Santana, M. R., Nunes, K. C. Fitoterapia aplicada a avicultura industrial. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.9, n.17, p.1466, 2013.

Ruben, N. T., Raphaël, K. J., Boris, N. T., Doriane, Y. M. D., Hervél, M. K., Serges, K., Alexis, T., e Amir, M. Performances of Broiler Chickens Fed on Diet Supplemented with Thyme and Oregano Essential Oils Stabilized in a Plant Charcoal Matrix. *Journal of World Poultry Research*. 7(2), p.79-87, 2017.

Rychen, G., Aquilina, G., Azimonti, G., Bampidis, V., Bastos, M. L., Bories, G., Chesson, A., Cocconcelli, P. S., Flachowsky, G., Gropp, J., Kolar, B., Kouba, M., Alonso, M. O., Puente, S. L., Mantovani, A., Mayo, B., Ramon, F., Saarela, M., Villa, R. E., Wallace, R. J., Wester, P., Anguita, M., Galobart, J., Innocenti, M. L. Guidance on the identity, characterisation and conditions of use of feed additives. *EFSA Journal*. 15(10), p.5023, 2017.

Saeed, M., Naveed, M., Arain, M. A., Arif, M., Abd El-Hack, M. E., Alagawany, M., Sinay, F. A., Soomro, R. N., e Sun, C. Quercetin: Nutritional and beneficial effects in poultry. *World's Poultry Science Journal*, 73(02), p.355–364, 2017.

Seidavi, A. R., Laudadio, V., Khazaei, R., Puvača, N., Selvaggi, M., e Tufarelli, V. Feeding of black cumin (*Nigella sativa* L.) and its effects on poultry production and health. *World's Poultry Science Journal*, p.1–12, 2020.

- Silva-Vázquez, R., Duran-Meléndez, L. A., Hernández-Martínez, C. A., Gutiérrez-Soto, J. G., Hume, M. E., e Méndez-Zamora, G. Effects of two sources of Mexican oregano oil on performance, blood profile, carcass variables, and meat of broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47(0), 2018.
- Srinivasan, K. Spices as influencers of body metabolism: an overview of three decades of research. *Food Research International*, 38(1), 77–86, 2005.
- Socaci, S. A., Fărcaș, A. C., e Tofană, M. Functional ingredients derived from aromatic plants. *Feed Additives*, p.133–146, 2020.
- Solecki, R. S. Shanidar IV, a Neanderthal Flower Burial in Northern Iraq. *Science*, 190(4217), p.880–881, 1975.
- Souza, E. L., Azerêdo, G. A., Sousa, J. P., Figueiredo, R. C. B. Q., e Stamford, T. L. M. Cytotoxic Effects of *Origanum vulgare* L. and *Rosmarinus officinalis* L. Essential Oils Alone and Combined at Sublethal Amounts on *Pseudomonas fluorescens* in a Vegetable Broth. *Journal of Food Safety*, 33(2), p.163-171, 2013.
- Stanačev, V., Glamočić, D., Milošević, N., Puvača, N, Stanačev, V., e Plavša, N. Effect of garlic (*Allium sativum* L.) in fattening chicks nutrition. *African Journal of Agricultural Research*. v.6, n.4, p.943-948, 2011.
- Stevanović, Z., Bošnjak-Neumüller, J., Pajić-Lijaković, I., Raj, J., e Vasiljević, M. Essential Oils as Feed Additives - Future Perspectives. *Molecules*, 23, 1717, 2018.
- Suresh, G., Das, R. K., Kaur Brar, S., Rouissi, T., Avalos Ramirez, A., Chorfi, Y., e Godbout, S. Alternatives to antibiotics in poultry feed: molecular perspectives. *Critical Reviews in Microbiology*, 44, p.318–335, 2017.
- Symeon, G. K., Zintilas, C., Demiris, N., Bizelis, I. A., e Deligeorgis, S. G. Effects of Oregano Essential Oil Dietary Supplementation on the Feeding and Drinking Behaviour as Well as the Activity of Broilers. *International Journal of Poultry Science*, 9, p.401-405, 2010.
- Tan, C., Wei, H., Sun, H., Ao, J., Long, G., Jiang, S., e Peng, J. Effects of Dietary Supplementation of Oregano Essential Oil to Sows on Oxidative Stress Status, Lactation Feed Intake of Sows, and Piglet Performance. *BioMed Research International*. p.1–9, 2015.
- Torki, M., Akbari, M. e Kaviani, K. Single and combined effects of zinc and cinnamon essential oil in diet on productive performance, egg quality traits, and blood parameters of laying hens reared under cold stress condition. *Int J Biometeorol*. 59, 11691177, 2014.
- Upadhyaya, I., Upadhyay, A., Kollanoor-Johny, A., Mooyottu, S., Baskaran, S. A., Yin, H. B., Schreiber, D. T., Khan, M. I., Darre, M. J., Curtis, P. A., & Venkitanarayanan, K. In-feed supplementation of transcinnamaldehyde reduces eggborne transmission of *Salmonella* Enteritidis in layer chickens. *Applied and Environmental microbiology*. *Microbiol.* 81, p.2985-2994, 2015.

- Van der Aar, P. J., Molist, F., e van der Klis, J. D. The central role of intestinal health on the effect of feed additives on feed intake in swine and poultry. *Animal Feed Science and Technology*, 233, p.64–75, 2017.
- Vogt, H., Harnisch, S., Rauch, H.W., Heil, G., 1989. Dried natural spices in broiler rations. *Archiv Geflügelkunde*. 53, p.144 e 150, 1989.
- Wan Hasan, W. N., Kwak, M.-K., Makpol, S., Ngah, W. Z. W., e Yusof, Y. A. M. Piper betle induces phase I & II genes through Nrf2/ARE signaling pathway in mouse embryonic fibroblasts derived from wild type and Nrf2 knockout cells. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(1), 2014.
- Wei, H.-K., Xue, H.-X., Zhou, Z. X., e Peng, J. A carvacrol–thymol blend decreased intestinal oxidative stress and influenced selected microbes without changing the messenger RNA levels of tight junction proteins in jejunal mucosa of weaning piglets. *Animal*, 11(02), p.193-201, 2017.
- Wei, H.-K., Wang, J., Cheng, C., Jin, L.-Z., e Peng, J. Application of plant essential oils in pig diets. *Feed Additives*, p.227–237, 2020.
- Wen, Gu, Tao, Cheng, Wang, e Zhou. Effects of Ginger Extract on Laying Performance, Egg Quality, and Antioxidant Status of Laying Hens. *Animals*. 9(11), 857, 2019.
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., e Kroismayr, A. Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(suppl_14), E140–E148, 2008.
- WHO. Global action plan on antimicrobial resistance. World Health Organization, 2015.
- WHO. Legal Status of Traditional Medicine and Complementary/Alternative Medicine: A Worldwide Review. World Health Organization. 2001.
- WHO. National policy on traditional medicine and regulation of herbal medicines: Report of a WHO global survey. World Health Organization. Geneva, 2005.
- Xu, J., Zhou, F., Ji, B.-P., Pei, R.-S., e Xu, N. The antibacterial mechanism of carvacrol and thymol against *Escherichia coli*. *Letters in Applied Microbiology*, 47(3), p.174–179, 2008.
- Yakhkeshi, S., Rahimi, S., Naseri, K. G. The effects of comparison of herbal extracts, antibiotic, probiotic and organic acid on serum lipids, immune response, GIT microbial population, intestinal morphology and performance of broilers. *Journal of Medicinal Plants*. v.10, n.37, p80-95, 2011.
- Yan, L., Meng, Q. W., e Kim, I. H. The effects of dietary *Houttuynia cordata* and *Taraxacum officinale* extract powder on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and meat quality in finishing pigs. *Livestock Science*, 141(2-3), p.188– 193, 2011a.
- Yan, L., Meng, Q. W., e Kim, I. H. The effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas content in growing pigs. *Livestock Science*, 141(2-3), p.143–147, 2011b.

- Yan, L., Wang, J. P., Kim, H. J., Meng, Q. W., Ao, X., Hong, S. M., e Kim, I. H. (2010). Influence of essential oil supplementation and diets with different nutrient densities on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, meat quality and fecal noxious gas content in grower–finisher pigs. *Livestock Science*, 128(1-3), p.115–122, 2010.
- Yan, L., Meng, Q. W., e Kim, I. H. Effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, and fecal microbial shedding in weanling pigs. *Livestock Science*, 145(1-3), p.189-195, 2012.
- Yang, C., Chowdhury, M. A., Huo, Y., e Gong, J. Phytogetic Compounds as Alternatives to In-Feed Antibiotics: Potentials and Challenges in Application. *Pathogens*, 4(1), p.137-156, 2015.
- Yang, S.-K., Yusoff, K., Thomas, W., Akseer, R., Alhosani, M. S., Abushelaibi, A., ... Lai, K.-S. Lavender essential oil induces oxidative stress which modifies the bacterial membrane permeability of carbapenemase producing *Klebsiella pneumoniae*. *Scientific Reports*, 10:819, 2020.
- Zhang, T., Zhou, Y. F., Zou, Y., Hu, X. M., Zheng, L. F., Wei, H. K., Giannenas, I., Jin, L. Z., Peng, J., e Jiang, S. W. Effects of dietary oregano essential oil supplementation on the stress response, antioxidative capacity, and HSPs mRNA expression of transported pigs. *Livestock Science*, 180, p.143-149, 2015.
- Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Jiang, P., e Quek, S. Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Food Control*, 59, p.282-289, 2016.
- Zhang, J., Ye, K- P., Zhang, X., Pan, D-D., Sun, Y-Y., e Cao, J-X. Antibacterial Activity and Mechanism of Action of Black Pepper Essential Oil on Meat-Borne *Escherichia coli*. *Frontiers in Microbiology*. v.7, a.2094, 2017.
- Zhang, X., Guo, Y., Guo, L., Jiang, H., e Ji, Q. In Vitro Evaluation of Antioxidant and Antimicrobial Activities of *Melaleuca alternifolia* Essential Oil. *BioMed Research International*. p.1–8, 2018.
- Zhou, T. X., Zhang, Z. F., e Kim, I. H. Effects of Dietary *Coptis Chinensis* Herb Extract on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Blood Characteristics and Meat Quality in Growing-finishing Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(1), p.108–115, 2013.
- Zhou, Q., Hu, Z., Du, L., Liu, F., e Yuan, K. Inhibition of *Enterococcus faecalis* Growth and Cell Membrane Integrity by *Perilla frutescens* Essential Oil. *Foodborne Pathogens and Disease*, 2020.
- Zou, Y., Xiang, Q., Wang, J., Wei, H., e Peng, J. Effects of oregano essential oil or quercetin supplementation on body weight loss, carcass characteristics, meat quality and antioxidant status in finishing pigs under transport stress. *Livestock Science*, 192, p.33–38, 2016.
- Zou, Y., Wang, J., Peng, J., e Wei, H. Oregano Essential Oil Induces SOD1 and GSH Expression through Nrf2 Activation and Alleviates Hydrogen Peroxide-Induced Oxidative Damage in IPEC-J2 Cells. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. Hindawi Publishing Corporation, p.1-13, 2016b.

Zou, Y., Xiang, Q., Wang, J., Peng, J., e Wei, H. Oregano Essential Oil Improves Intestinal Morphology and Expression of Tight Junction Proteins Associated with Modulation of Selected Intestinal Bacteria and Immune Status in a Pig Model. *BioMed Research International*, p.1–11, 2016c.

Zou, Y., Hu, X. M., Zhang, T., Wei, H. K., Zhou, Y. F., Zhou, Z. X., e Peng, J. Effects of dietary oregano essential oil and vitamin E supplementation on meat quality, stress response and intestinal morphology in pigs following transport stress. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79(2), p.328–335, 2017.