

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**EFEITO DA NUTRIÇÃO MATERNA SOBRE O  
DESENVOLVIMENTO DA PROGENIE DE CODORNAS  
DE POSTURA**

**Lucas Soares da Silva**

**SÃO CRISTÓVÃO - SE  
2025**

# **EFEITO DA NUTRIÇÃO MATERNA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA PROGENIE DE CODORNAS DE POSTURA**

**Lucas Soares da Silva**  
**Zootecnista**

Dissertação apresentada ao Colegiado do  
Programa de Pós-Graduação Integrado em  
Zootecnia, como requisito parcial para a  
obtenção do Título de Mestre em Zootecnia.

**Orientador (a):** Prof. Dr. Vitttor Tuzzi  
Zancanela.

**Coorientador (a):** Dra. Angélica de  
Souza Khatlab

**SÃO CRISTÓVÃO - SE**  
**2025**

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

S586e Silva, Lucas Soares da.  
Efeito da nutrição materna sobre o desenvolvimento da  
progênie de codornas de postura / Lucas Soares da Silva;  
orientador Vittor Tuzzi Zancanela. - São Cristóvão, SE, 2025.  
68 f.: il.

Dissertação (mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal  
de Sergipe, 2025.

1. Zootecnia. 2. Codornas. 3. Rações - Aditivos. 4. Suplementos  
dietéticos. 5. Essências e óleos essenciais. I. Zancanela, Vittor Tuzzi,  
orient. II. Título.

CDU 636.6

# **EFEITO DA NUTRIÇÃO MATERNA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA PROGENIE DE CODORNAS DE POSTURA**

Comissão Examinadora da Defesa de Dissertação de  
**Lucas Soares da Silva**

Aprovada em 25 de abril de 2025

---

Prof. Dr. Vittor Tuzzi Zancanela (UFS)  
Orientador

---

Dr<sup>a</sup>. Angélica de Souza Khatlab (UEM)  
Coorientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Daiane de Oliveira Grieser (UNIFESSPA)  
Examinadora Externa

---

Dr<sup>a</sup>. Thais Pacheco Santana (UFS)  
Examinadora externa

**SÃO CRISTOVÃO - SE  
2025**



## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta realização à minha filha Luísa Soares Nascimento, que me inspira diariamente, a minha esposa Isabelly Santos Nascimento por todo apoio e companheirismo, aos meus avós Marilene Dantas da Silva e Adelson da Silva que me criaram com muito carinho, aos meus sogros Izabel dos Santos Nascimento e José Wellington dos Santos e a toda minha família que sempre acreditam em minhas buscas e me incentivam a ir em frente.

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à Deus, por guiar meus passos, por me fortalecer e sustentar nos momentos difíceis, por sua proteção, por colocar pessoas maravilhosas em meu caminho e por me abençoar tanto apesar de todas as minhas falhas.

A minha especial esposa, Isabelly Santos Nascimento, que foi minha principal incentivadora e apoiadora durante minha jornada acadêmica e também da vida desde que nos conhecemos. Agradeço imensamente pelo seu amor, pela compreensão, pelo companheirismo, carinho e pela fé depositada em mim. Nossa cumplicidade é incomparável, saiba que você foi essencial para cada conquista alcançada e posso dizer que se cheguei até aqui foi porque Deus à colocou na minha vida para que pudéssemos andar de mãos dadas, obrigado por tudo.

A minha amada filha, Luísa Soares Nascimento, é difícil encontrar palavras para descrever o amor que sinto por você e sua importância em minha vida. Meu presente de Deus, é por você que busco vencer independentemente dos obstáculos à minha frente, obrigado por ser o sol que me ilumina.

A meus queridos avós, Adelson da Silva e Marilene Dantas da Silva, os quais desempenharam na minha vida não apenas o papel de avós, mas também de pais, pessoas as quais me inspiram diariamente, obrigado por todo o amor, vocês são meus espelhos, sou muito grato por tê-los em minha vida.

Aos meus pais, Alexsandro Dantas da Silva e Maria Benedita Soares da Silva, tenho orgulho de vocês, obrigado por tudo.

Aos meus sogros, José Welington dos Santos e Izabel dos Santos Nascimento, que sempre estão presentes na minha vida independentemente do momento, são sogros maravilhosos.

Aos meus irmãos Maria Ketily Soares da Silva e Adelson da Silva Neto pessoas que amo muito e que sempre ficam imensamente felizes a cada passo que alcanço.

À toda minha família, que sempre ficam felizes por minhas conquistas e incentivam para que eu consiga alcançá-las.

A meu orientador, Prof. Dr. Vittor Tuzzi Zancanela, ser humano ímpar, de um coração enorme e cheio de bondade, não tenho palavras para agradecer o que fez por mim, muitos foram os ensinamentos profissionais e pessoais, obrigado pela disponibilidade, acessibilidade e oportunidades, pela paciência, pela moldagem que sempre buscou realizar, sou infinitamente grato por tudo.

Ao Prof. Dr. Gregório Murilo de Oliveira Júnior, obrigado pelo comprometimento em ajudar, pelos ensinamentos, pelos elogios, puxões de orelha e pelas experiências.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Del Vesco, coordenadora do Programa de Pós-Graduação Integrado em Zootecnia da Universidade Federal de Sergipe (PPIZ), por toda ajuda prestada para que eu pudesse chegar aos resultados desejados.

A Dr<sup>a</sup>. Angélica de Souza Khatlab, pela disponibilidade, compreensão e ajuda para execução e conclusão do meu trabalho.

Ao quadro de profissionais que atuam pelo PPIZ, em especial ao secretário Luiz Carlos Soares Prado, pessoa compreensível e de muita atenção.

Finalizo agradecendo ao PPIZ da Universidade Federal de Sergipe e da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, pela oportunidade de realizar o mestrado, o qual não era apenas um objetivo, mas também um sonho a ser alcançado.

**QUE DEUS ILUMINE O CAMINHO DE VOCÊS!**

## EPÍGRAFE

“O caminho de Deus é perfeito, a palavra do senhor é confiável, ele é escudo para todos os que nele se refugiam.”

Salmos 18:30.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>14</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>16</b>
2.1. Efeito da nutrição da matriz sobre a progênie .....	16
2.2. Aditivos promotores de crescimento e aditivos alternativos .....	19
2.2.1. Ácidos orgânicos .....	20
2.2.2. Óleos essenciais .....	22
2.2.3. Cúrcuma .....	24
2.2.4. Taninos .....	25
2.2.5. Vitamina E e Zinco .....	26
2.3. <i>Blend</i> .....	27
2.3.1. Microencapsulação .....	30
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>32</b>
<b>SUPLEMENTAÇÃO COM <i>BLEND</i> COMPOSTO POR ÁCIDOS ORGÂNICOS, ÓLEOS ESSENCIAIS, CURCUMINA, TANINOS, VITAMINA E E ZINCO NA ALIMENTAÇÃO DE MATRIZES DE CODORNAS JAPONESAS E SEUS EFEITOS NA PROGÊNIE.....</b>	<b>42</b>
<b>Introdução.....</b>	<b>43</b>
<b>Materiais e métodos .....</b>	<b>44</b>
<i>Período de criação das codornas de 1 a 41 dias (cria e recria) .....</i>	<i>44</i>
<i>Período de criação de 42 a 126 dias (postura) .....</i>	<i>44</i>
<i>Desempenho produtivo e reprodutivo das matrizes .....</i>	<i>45</i>
<i>Desenvolvimento do embrião e da progênie .....</i>	<i>46</i>
<i>Análises estatísticas .....</i>	<i>47</i>
<b>Resultados .....</b>	<b>47</b>
<b>Discussão .....</b>	<b>47</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>50</b>
<b>Referências.....</b>	<b>51</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Liberação dos compostos dos <i>blends</i> microencapsulado no trato gastrointestinal.. .....	29
<b>Figura 2.</b> Material encapsulado. ....	31
<b>Figura 3.</b> Método de secagem spray drying.. .....	31

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Dietas experimentais fornecidas as codornas japonesas .....	56
<b>Tabela 2.</b> Efeito da dieta sobre o desempenho das matrizes de codornas japonesas em fase de postura .....	58
<b>Tabela 3.</b> Efeito da nutrição materna sobre o desempenho do embrião aos 15 dias de incubação .....	59
<b>Tabela 4.</b> Efeito da nutrição materna sobre o desempenho da progênie na fase de cria (15 dias de idade).....	60

## EFEITO DA NUTRIÇÃO MATERNA SOBRE O DESENVOLVIMENTO DA PROGÊNIE DE CODORNAS DE POSTURA

**RESUMO:** A suplementação de *blend* com aditivos fitogênicos na alimentação de matrizes de codornas de postura pode melhorar o desempenho reprodutivo e a qualidade dos ovos, além de influenciar positivamente a saúde e o desenvolvimento da progênie. Diante disto, nosso objetivo foi avaliar o efeito da adição do *blend* de óleos essenciais, ácidos orgânicos, curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulado, na ração materna sobre parâmetros produtivos e reprodutivos das matrizes de codornas japonesas, bem como os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento embrionário e da progênie com 15 dias de idade. Aos 84 dias de idade, 100 fêmeas com peso médio de 153,30 g e taxa de postura de aproximadamente 85% foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos dietéticos, dieta referência (n = 50 aves) e dieta referência com *blend* (n = 50). A inclusão de *blend* na dieta materna aumentou a massa de ovo ( $p < 0,05$ ). Houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para a taxa de eclosão total e de eclodibilidade, com os melhores resultados observados nas matrizes que consumiram a dieta com o *blend*. Não foi observado efeito significativo da dieta sobre a taxa de postura, o peso médio do ovo, a perda de umidade do ovo e o número de folículos pré-ovulatórios ( $p > 0,05$ ). Os embriões provenientes das matrizes que receberam a dieta com *blend* foram mais pesados aos 15 dias de incubação ( $p < 0,05$ ). Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso do saco vitelínico e o comprimento do embrião ( $p > 0,05$ ). A dieta materna não influenciou o peso ao nascimento e aos 15 dias da progênie ( $p > 0,05$ ). Os filhos das matrizes que consumiram a dieta com *blend* apresentaram maior comprimento intestinal aos 15 dias de idade ( $p < 0,05$ ). A adição do *blend* composto por óleos essenciais de canela, eugenol, timol e orégano, ácidos orgânicos (ácido cítrico, ácido fumárico, ácido sórbico e ácido málico), curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulado, otimizou o desempenho das matrizes, além de ter mostrado efeito positivo sobre o desenvolvimento embrionário e do intestino de pintinhos de codornas com 15 dias de idade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Aditivos fitogênicos, *blend*, eclosão, embrião



## EFFECT OF MATERNAL NUTRITION ON THE DEVELOPMENT OF LAYING QUAIL PROGENY

**ABSTRACT:** Supplementation of a blend with phytogetic additives in the diet of laying quail breeders can improve reproductive performance and egg quality, in addition to positively influencing the health and development of the progeny. Therefore, our objective was to evaluate the effect of adding a *blend* of essential oils, organic acids, curcumin, tannins, vitamin E and microencapsulated zinc to the maternal diet on the productive and reproductive parameters of Japanese quail breeders, as well as the effects of maternal nutrition on embryonic development and progeny at 15 days of age. At 84 days of age, 100 females with an average weight of 153.30 g and a laying rate of approximately 85% were distributed in a completely randomized design with two dietary treatments, reference diet (n = 50 birds) and reference diet with *blend* (n = 50 birds). The inclusion of blend in the maternal diet increased egg mass ( $p<0.05$ ). There was also a significant difference ( $p<0.05$ ) for the total hatching rate and fertile eggs, with the best results observed in the breeders that consumed the diet with the blend. No significant effect of the diet was observed on the laying rate, average egg weight, egg moisture loss and the number of preovulatory follicles ( $p>0.05$ ). The embryos from the breeders that received the diet with blend were heavier at 15 days of incubation ( $p<0.05$ ). There was no effect ( $p>0.05$ ) of treatments on yolk sac weight and embryo length. Maternal diet did not influence birth weight or 15-day-old weight of the offspring ( $p>0.05$ ). The length of the intestine at 15 days was greater in the quails of the breeders that received a blend diet ( $p<0.05$ ). The addition of the blend composed of essential oils of cinnamon, eugenol, thymol and oregano, organic acids (citric acid, fumaric acid, sorbic acid and malic acid), curcumin, tannins, vitamin E and microencapsulated zinc, optimized the performance of the breeders, in addition to having shown a positive effect on the embryonic and intestinal development of 15-day-old quail chicks.

**KEYWORDS:** Phytogetic additives; *blend*, embryonic development; hatchin

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A coturnicultura de postura tem expandido e conquistado destaque nos últimos anos. Esses resultados foram alcançados devido aos estudos em diferentes segmentos como, nutrição e genética, que estão associados ao emprego de tecnologias que são utilizadas em granjas comerciais. Além disso, a coturnicultura apresenta um potencial de crescimento significativo em território brasileiro (Rostagno et al., 2017; Nagayoshi et al., 2020; Grieser et al., 2024).

De acordo com Emamverdi et al. (2019), a dieta é o principal fator a influenciar para que matrizes desempenhem seu máximo potencial produtivo e que consigam também influenciar positivamente a sua progênie. É indispensável que a dieta atenda as exigências das aves, assim irá se obter o maior potencial do animal, dessa forma a nutrição torna-se crucial para o sucesso da criação (Santana et al., 2023).

A dieta materna está ligada ao desenvolvimento da progênie durante toda sua vida, influenciando-a desde o nascimento (Li et al., 2021). Os alimentos ingeridos pelas matrizes, assim como o ambiente ao qual estas são expostas ou mesmo doenças que podem acometer as aves, afetam não somente o próprio indivíduo, mas também é capaz de afetar a progênie destes animais. O estado nutricional de matrizes de codornas apresenta efeitos sobre a capacidade de crescimento da prole e seu posterior desenvolvimento (Clarke e Vieux, 2015; Lotfi et al., 2018; Santana et al., 2023).

A matriz é capaz de fornecer para seus descendentes, características no fenótipo que podem favorecer, ou não suas progênies (González-Recio et al., 2015). Os organismos se adaptam através de informações fornecidas por seus parentes anteriores, preparando-os para as mesmas condições impostas aos seus antecessores (Colinas et al., 2023). Os efeitos transgeracionais são aqueles passados para a prole por meio de exposições e experiências parentais (Li et al., 2024).

Os aditivos fitogênicos podem influenciar positivamente no desempenho, na saúde do intestino, são capazes de aumentar a secreção do pâncreas, melhorarem a morfologia do intestino e agir como bactericida, com ação semelhante aos antibióticos (Liu et al., 2017; Abd El-Hack et al., 2023).

A suplementação de compostos naturais tem efeito benéfico sobre aves de produção, aumentam a altura das vilosidades do intestino delgado e grosso, melhoram a conversão alimentar, a digestibilidade de nutrientes, elimina bactérias indesejáveis do intestino e diminuem a incidência de infecções subclínicas (Khan e Iqbai, 2016).

As pesquisas recentes têm buscado cada vez mais explorar a nutrição animal em combinação com outros fatores atrelados ao desempenho do animal, como por exemplo, o efeito transgeracional que a nutrição da mãe pode desempenhar sobre suas progênies. Os estudos de Kalvandi et al. (2022), Santana et al. (2023) e Pontes et al. (2024) demonstraram que a dieta materna exerce influência sobre seus descendentes.

Nesse contexto, nosso objetivo foi avaliar o efeito da adição do *blend* de óleos essenciais, ácidos orgânico, curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulado, na ração materna sobre parâmetros produtivos e reprodutivos das matrizes de codornas japonesas, bem como os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento embrionário e da progênie com 15 dias de idade.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Efeito da nutrição da matriz sobre a progênie**

O ambiente materno é capaz de influenciar o desenvolvimento da progênie e a dieta da mãe é um dos principais fatores ligados a esses efeitos parentais (Li et al., 2021; Widowski et al., 2022). As matrizes são capazes de influenciar no desenvolvimento embrionário e ainda na pós-eclosão, transmitindo características fenotípicas para a prole, e promovendo para os seus descendentes informações que os prepararão para condições que provavelmente também serão submetidos, melhorando, ou não o desempenho dos animais (Williams e Groothuis, 2015)

As codornas, tem um período de incubação de 17 dias (Ainsworth, 2010). No decorrer desse processo, a casca do ovo desempenha um papel importante, fornecendo cálcio e auxiliando no equilíbrio eletrolítico, além de possuir poros que permitem as trocas gasosas essenciais para o desenvolvimento do embrião. O albúmen oferece proteínas e, ao se liquefazer, fornece não apenas água, mas também eletrólitos ao embrião. A água ainda pode ser gerada pela oxidação de lipídeos presentes na gema (Tazawa e Whittow, 2000; Rufino et al., 2018).

Vale destacar que a gema é a principal fonte de nutrientes durante o período do desenvolvimento embrionário. O saco vitelínico secreta enzimas para digerir o conteúdo da gema e absorver os nutrientes que são transferidos para o sistema vascular e entregues aos órgãos embrionários (Wong e Uni, 2021). Perto do fim da embriogênese, ocorre uma mudança gradual da digestão e do metabolismo de um saco vitelínico em degradação para o intestino delgado em rápido desenvolvimento.

O desenvolvimento e a atividade intestinal aumentam pela ingestão de líquido amniótico e transferência do conteúdo da gema para o intestino no fim do desenvolvimento embrionário (Givisiez et al., 2020). As práticas de suplementar a dieta materna consistem em adicionar na dieta diferentes nutrientes e também aditivos fitogênicos que podem ser transferidos para o ovo e futuramente ao embrião, o que irá ajudar no seu desenvolvimento e posteriormente após a eclosão também influenciará no seu desempenho (Wong e Uni, 2021).

Nos estágios finais do desenvolvimento embrionário, quando ocorre a transição da respiração corioalantóica para a pulmonar, com o contato ao

oxigênio atmosférico sucede um aumento de cerca de 60% no metabolismo oxidativo (Panda e Cherian, 2014). Esse aumento pode gerar uma maior produção de espécies reativas de oxigênio, o que pode provocar danos nos tecidos embrionários e comprometendo a qualidade do pintinho (Hohtola, 2002). Por isso, para garantir a constância do sistema antioxidante dos ovos e dos embriões durante o desenvolvimento embrionário, é essencial para mitigar decorrências prejudiciais dos radicais livres e, a dieta materna tem grande interferência nesse processo.

Por exemplo, Pontes et al. (2024), quando utilizaram uma mistura de aditivos fitogênicos na alimentação de codornas japonesas, observaram que os ovos das aves que receberam a suplementação, apresentaram efeitos positivos sobre o balanço redox do albúmen, com baixas concentrações de substâncias oxidativas que podem atacar a gema e o disco germinativo. Já Amevor et al. (2022), ao suplementar galinhas poedeiras com quercetina e vitamina E observaram redução do malondialdeído e aumento dos níveis de parâmetros antioxidantes no fígado, coração e músculo peitoral do embrião, além de ter observado regulação positiva de genes relacionados ao sistema antioxidante no fígado do embrião.

A vitamina E, os ácidos orgânicos, os óleos essenciais, a cúrcuma e o zinco possuem uma alta atividade antioxidante e podem se acumular na gema do ovo conforme são suplementadas na alimentação das matrizes (Scheideler et al., 2010). Ao longo do desenvolvimento embrionário, essas substâncias são passadas para o embrião e acumulam-se em alguns tecidos como por exemplo, o fígado (Yigit et al., 2014). Porém, essa superprodução de radicais livres durante a eclosão reduz significativamente os níveis dos antioxidantes presentes nos tecidos no início da vida das aves, em até 10 vezes, evidenciando a alta demanda por antioxidantes nessa fase crítica (Surai, 2003).

Em trabalho onde avaliou-se o efeito da suplementação de timol na dieta de codornas japonesas em diferentes condições climáticas e a influência sobre suas progênes, Videla et al. (2020), relataram que os filhos das matrizes que receberam a suplementação com timol, apresentaram melhores respostas anti-inflamatórias e menores valores da relação heterófilo/linfócito, sugerindo que esses descendentes conseguem lidar melhor em situações de estresse no período de reprodução.

Boulton et al. (2021) avaliaram o efeito da dieta parental com metila para codornas de postura sobre as progênes, os autores perceberam que várias características de crescimento, reprodução, comportamento e hormônio esteroide circulante foram afetadas positivamente nas aves que a dieta era composta com metila.

A matriz pode transmitir características para suas progênes influenciando no seu fenótipo, morfologia, comportamento e habilidade cognitivas (Charrier et al., 2022). A alimentação das matrizes além de influenciar na sua vida produtiva e reprodutiva, também pode induzir efeitos positivos, ou negativos em suas proles, interferindo diretamente em seu desempenho (Lesuisse et al., 2018). Muitos são os fatores que podem interferir na produtividade de uma matriz, dentre eles estão, a nutrição, o ambiente e a genética, que consequentemente se reflete na qualidade dos ovos e de suas proles (Rosa e Santos, 2014).

A transferência de nutrientes deve acontecer ativamente da ave para o ovo onde a qualidade da alimentação da matriz apresenta papel essencial com influência direta na qualidade dos nutrientes. Assim, se houver mudanças na dieta das matrizes, especialmente durante a fase em que as aves estão em produção, pode impactar o desenvolvimento da geração subsequente (Grindstaff et al., 2003). A nutrição da matriz desempenha um papel crucial no desenvolvimento da progênie, por meio do efeito materno, que se refere ao fator que a mãe pode transferir características fenotípicas para seus filhos (Adkins-Regan et al., 2013). Em aves, essas características são transmitidas diretamente pelo ovo, já que o desenvolvimento do embrião ocorre externamente ao corpo da matriz (Okuliarova et al., 2014).

Segundo Rocha et al. (2010), a dieta das matrizes é capaz de resultar em ganhos no desempenho de suas progênes, devido aos nutrientes transferidos para o ovo. A nutrição adequada de uma matriz tem como objetivo otimizar seu potencial genético, visando aumento na produção de ovos, além de buscar melhorar a qualidade nutricional dos mesmos, para aumentar a taxa de eclosão e melhorar a qualidade das codornas (Bryden et al., 2021). Garantindo produtos de melhor qualidade para o consumo humano.

O principal indicador para um desenvolvimento embrionário saudável é a taxa de eclodibilidade (Narushin et al., 2016). Assim, é fundamental que qualquer manipulação da dieta materna não comprometa a capacidade de sobrevivência

do embrião até a eclosão. Outro indicador crucial é o peso corporal na eclosão, que tem sido altamente correlacionado com a robustez do pintinho no início da vida (Molenaar et al., 2008). Um dos pontos fundamentais na dieta materna é melhorar a vida da progênie ao longo da produção, um dos pontos observados é a saúde intestinal do embrião de um dia que reflete na vida adulta.

Na produção de frangos existe uma dependência de tratamentos antimicrobianos, porém a diminuição da utilização desses tratamentos vai depender da robustez do frango de um dia (Kornasio et al., 2011; Noy e Uni, 2010). Assim, fica evidente a importância da estratégia de melhorar a nutrição materna afim de impactar positivamente o sistema de produção.

## **2.2. Aditivos promotores de crescimento e aditivos alternativos**

A Instrução Normativa nº 44, de 15 de dezembro de 2015, define os aditivos como substância, micro-organismo ou produto formulados, adicionados intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, que tem ou não valor nutritivo e, que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos de origem animal, que melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais.

Os promotores de crescimento são antibióticos utilizados em doses subterapêuticas na alimentação animal, com o intuito de melhorar o desempenho, a eficiência alimentar e melhorar a integridade intestinal (Mehdi et al., 2018; Kumar et al., 2018). Os aditivos são produtos extraídos de vegetais e podem conter diversas substâncias, como ervas, especiarias e óleos essenciais, muitas dessas substâncias apresentam efeitos semelhantes aos promotores de crescimento sintéticos, além de serem menos tóxicos e livres de resíduos (Babinszky et al., 2021) e por isso os aditivos tem se tornado uma alternativa eficaz aos antibióticos.

Os antibióticos foram utilizados por muitos anos e seu uso contínuo e inadequado na produção animal e farmacêutica, acabou provocando seleção de microrganismos patogênicos provocando resistência aos antibióticos. Muitas evidências estão relacionadas a resistência microbiana provocada por antibióticos, por isso, diversos países têm adotado medidas contra o uso de antibióticos utilizados como promotores de crescimento. Com a restrição desses

produtos, ou, banimento total na alimentação animal, se abriu espaço para novas pesquisas por produtos que mantenham a produção, com efeitos similares aos antimicrobianos (Costa et al., 2011; Kumar et al., 2018; Zhai et al., 2018; Oliveira et al., 2020).

Os aditivos fitogênicos incluindo óleos essenciais e ácidos orgânicos têm se mostrado uma boa opção para substituir os antibióticos, já que os mesmos apresentam efeito semelhantes aos antibióticos e são considerados mais seguros (Upadhaya et al., 2018; Abd EL-Hack et al., 2022).

### **2.2.1. Ácidos orgânicos**

Os ácidos orgânicos são um grupo de compostos químicos, que contém um ou mais grupo de carboxila. Esses ácidos podem ser classificados em saturados e insaturados (Ricke, 2003; Costa e Menezes, 2015). Na Instrução Normativa Nº 13 de 30/11/2004, do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), os acidificantes estão incluídos como equilibradores da flora microbiana do trato digestório, podendo ser classificados em ácidos orgânicos ou inorgânicos, utilizados para reduzir o pH do trato digestivo, facilitar a digestão e reduzir a proliferação de microrganismos considerados maléficos no estômago e no intestino.

Os ácidos orgânicos são ácidos carboxílicos orgânicos com estrutura geral de  $R-COOH$ . Como são ácidos de cadeia curta ( $C1-C7$ ) apresentam efeito antimicrobiano. Eles são simples mono-boxílicos, como os ácidos fórmico, propiônico e acético, ou mesmo ácidos carboxílicos como o grupo hidroxila, como os ácidos láctico, málico e cítrico ou carboxílico de cadeia curta, ácidos contendo ligações duplas, como por exemplo os ácidos fumárico e sórbico (Shahidi et al., 2014). É possível encontrar diversos tipos de ácidos orgânicos com propriedades físicas e químicas variáveis, onde os mesmos são usados de muitas formas, dentre elas, como aditivos alimentares (Huyghebaert et al., 2011).

Os ácidos orgânicos na nutrição animal, tem demonstrado efeitos positivos sobre o organismo animal, por exemplo, eles podem auxiliar no melhor desenvolvimento ovariano e são capazes de promover uma melhor saúde intestinal, o que consequentemente pode melhorar a qualidade dos ovos e das codornas (Amevor et al., 2022; Sampaio et al., 2022).



Khan et al. (2016), constataram que as aves que receberam 2 ml/l via água de uma mistura de ácidos orgânicos, apresentaram melhor ganho de peso, eficiência alimentar, rendimento de carcaça e peso do fígado. Já quando utilizaram 1,5 ml/l observaram redução da mortalidade.

Um trabalho realizado por Sandi et al. (2022), o qual avaliaram ácido orgânico e probiótico derivados da silagem de capim na alimentação de poedeiras, observaram que a qualidade do ovo melhorou com a utilização do ácido orgânico, com ganhos no peso da casca, proteína do ovo e coloração. Segundo Sales et al. (2021), os ácidos orgânicos possuem ainda efeitos antioxidante e anti-inflamatório que melhoram a saúde intestinal, a função hepática, além de melhorar o metabolismo e a qualidade produtiva e reprodutiva das aves.

Kumar et al. (2022) suplementaram a ração de frangos de corte com diferentes misturas de ácidos orgânicos, e os autores observaram que ocorreu uma redução do impacto da enterite necrótica no intestino por meio da melhoria da função da barreira e microbiota intestinal, além da produção de ácidos graxos de cadeia curta volátil.

Abd El-Hack et al. (2023), e Al-Gheffari et al. (2024), relataram que a utilização de ácidos orgânicos resultou em melhora nas características nutricionais da dieta de codornas, melhoria das enzimas digestivas, digestibilidade dos nutrientes, imunidade, índices antioxidantes, minimização das bactérias patogênicas intestinais e melhorou a saúde intestinal das aves tratadas.

Fouladi et al. (2018), demonstraram que codornas japonesas de 35 a 84 dias de idade que receberam dietas contendo ácidos orgânicos apresentaram melhorarias no peso e na massa de ovo. A pesquisa feita por Nguyen et al. (2018), com frangos de corte alimentados com dietas contendo uma mistura de ácidos orgânicos e ácidos graxos de cadeia média, demonstrou que a suplementação desses ácidos resultou em desempenho, peso relativo dos órgãos com uma tendência de redução linear no peso da bursa de Fabricius, digestibilidade da matéria seca, contagem de *Lactobacillus* e reduziu a contagem de *Escherichia coli* se comparados ao tratamento controle.

Fikry et al. (2021), ao avaliarem a inclusão de ácido cítrico em dietas para codornas japonesas em fase de crescimento, observaram melhoras no

crescimento, nas características da carcaça, na digestibilidade dos nutrientes, na resposta imune, na saúde e redução no conteúdo cecal de quantidades significativas de bactérias patogênicas como a *E. coli* e *Salmonella*. Segundo Hezaveh et al. (2020), o ácido cítrico pode ser um suplemento adequado para melhorar a taxa de crescimento, a digestibilidade proteica, a energia metabolizável e ainda promover melhorias na morfologia intestinal em codornas e outras espécies animais.

### **2.2.2. Óleos essenciais**

Os óleos essenciais são substâncias naturais com propriedades aromáticas diversificadas e composição química complexa, encontradas em várias plantas e obtidas por métodos específicos conforme a espécie vegetal (Simões e Spitzer, 1999). Entre os principais óleos essenciais destacam-se o cinamaldeído, proveniente da canela, também o timol, que é retirado do tomilho, e o carvacrol, extraído através do orégano. Esses compostos possuem propriedades bactericidas, anti-inflamatórias e antioxidantes, tornando-se importantes aliados na promoção da saúde animal e no controle de microrganismos patogênicos (Darmawan et al., 2024).

Dentre os vegetais que se destacam está o orégano (*Origanum vulgare*) sendo considerado uma planta aromática cujas folhas e inflorescências contêm até 1% de óleo essencial em sua composição química. Seus principais constituintes são o carvacrol e o timol. Ambos têm sido assunto de interesse de diversas pesquisas por conta de sua influência sobre o metabolismo das aves, destacando-se suas propriedades antibacterianas, anticoccidianas, antifúngicas, antioxidantes, anti-inflamatórias e moduladoras do sistema imunológico (Pasquali et al., 2014).

Segundo Bastos et al. (2009), a ação antioxidante do carvacrol e do timol explica-se pelo potencial de oxidação e redução de algumas moléculas oxidantes. Destaca-se também a capacidade de competir por sítios ativos e receptores em várias estruturas das células, ainda podem modular a expressão de genes que participam da codificação de proteínas envolvidas nos mecanismos intracelulares de defesa contra processos que causam oxidação degenerativa que afetam estruturas celulares, como as membranas e DNA.

Para Souza et al. (2016), o mecanismo de ação responsável pela atividade bactericida dos óleos essenciais está diretamente relacionado à interação com a membrana celular bacteriana. Os óleos essenciais trazem em seus compostos propriedades hidrofóbicas, onde facilitam sua difusão através da bicamada fosfolipídica. Resultando em perturbações na membrana citoplasmática, perdas nas proteínas da membrana, modificações no transporte ativo, além de diminuir os níveis de ATP no interior da célula bacteriana.

Alexandrino (2021), ao estudar a inclusão de óleos essenciais de canela (*Cinnamomum verum*) e orégano (*Origanum vulgare*) na dieta de codornas japonesas, constataram que a adição de 0,05 kg/t nas rações mostrou-se viável ao uso de antibióticos. O autor observou melhorias na microbiota do intestino, promovendo o crescimento do gênero *Lactobacillus spp.*, com destaque para a espécie *Lactobacillus salivarius* a qual apresentou maior número. Esse resultado levou a uma ação promotora de crescimento, favorecendo o aumento de filos, gêneros e bactérias de espécies, que melhorou a absorção dos nutrientes.

Ao adicionar na dieta de matrizes de frango de corte uma mistura dos óleos essenciais de orégano (*Origanum sp.*), óleo de folha de louro (*Laurus nobilis*), óleo de folha de sálvia (*Salvia triloba*), óleo de folha de murta (*Myrtus communis*), óleo de semente de erva-doce (*Foeniculum vulgare*) e óleo de casca de frutas cítricas (Bozkurt et al., 2009), observaram um aumento na taxa de fertilidade, de eclodibilidade, na taxa de postura e o aumento do peso dos pintinhos.

Olgun e Yildiz (2014), ao utilizarem um aditivo alimentar fitogênico com mistura de óleos essenciais de tomilho, cominho preto, erva-doce, anis e alecrim, na dieta de matrizes de codornas, observaram que o acréscimo de óleo essencial não teve efeito significativo para os parâmetros de desempenho, ovos danificados, no peso da casca do ovo, fertilidade, eclodibilidade de ovos férteis e na eclodibilidade de ovos incubados. Por outro lado, a suplementação de 50 mg/kg de uma mistura de óleos essenciais melhorou a resistência do ovo quanto a quebras e também a espessura da casca, e níveis mais elevados como 400 ou 600 mg/kg diminuíram a excreção de cinzas, cálcio, fósforo, magnésio, manganês, zinco e cádmio devido à melhora na digestibilidade e absorção desses nutrientes.

### 2.2.3. Cúrcuma

No Brasil, a cúrcuma, popularmente conhecida como "açafrão-da-terra," é uma planta de cultivo relativamente simples que vem ganhando destaque pelo seu potencial de substituir corantes sintéticos, como a tartrazina, amplamente utilizada para conferir coloração amarela. Os rizomas maduros da cúrcuma contêm amido, óleo essencial e pigmentos naturais, entre os quais se destaca a curcumina, responsável por sua tonalidade amarelo-alaranjada (Maia et al., 2004). A cúrcuma possui substâncias antioxidantes, anti-inflamatórias, antivirais, anticoccidianas e antimicrobianas, que melhoram a função do corpo em geral (Hegde et al., 2012; Samsudin e Panigoro, 2013, Ghorbani et al., 2014, Alagawany et al., 2015).

A curcumina, o principal composto bioativo da cúrcuma, atua reduzindo o estresse oxidativo nos tecidos reprodutivos, o que pode melhorar a viabilidade dos gametas e a formação dos ovos (Surai et al., 2018). Ao suplementar a dieta de matrizes de frango de corte com cúrcuma, foi observada uma melhora na qualidade interna dos ovos, como a espessura da casca e a resistência à quebra. Esses efeitos auxiliam nas trocas gasosas e para o embrião conseguir bicar a casca e nascer com eficiência (El-Hakim et al., 2009).

Os efeitos da cúrcuma também são evidentes na eclodibilidade e na qualidade dos pintinhos. A suplementação com cúrcuma é associada a uma redução nos índices de mortalidade embrionária, devido à sua capacidade de melhorar a transferência de nutrientes e antioxidantes do ovo para o embrião em desenvolvimento (Alagawany et al., 2018). Os pintinhos provenientes das matrizes suplementadas com cúrcuma apresentaram um maior peso ao nascimento e melhor imunidade (Alagawany et al., 2018).

O trabalho realizado por Ashayerizadeh et al. (2023), avaliaram os efeitos da pimenta-do-reino e da cúrcuma em pó no desempenho de crescimento, na saúde intestinal, na qualidade da carne e no perfil de ácidos graxos de codornas japonesas. Os autores observaram que codornas que receberam a dieta com cúrcuma, apresentaram durante a fase de recria melhora na conversão alimentar e apresentaram melhora no equilíbrio da microbiota intestinal.

Ao avaliar o efeito da curcumina na alimentação de codornas japonesas sobre o armazenamento de ovos, Guimarães et al. (2021) notaram que a

curcumina melhorou a qualidade do albúmen dos ovos e o pH de ovos armazenados até 14 dias.

#### **2.2.4. Taninos**

Os taninos, são substâncias químicas derivadas dos ácidos fenólicos, que são formados por vários taninos, geralmente gálicos. Eles são classificados como compostos fenólicos, estão presentes em diferentes partes de muitas espécies de plantas. São moléculas grandes que possuem capacidade de se ligar com facilidade a proteínas, celulose, minerais e amidos (Godoy, 2023). Esses compostos estão presentes principalmente nas folhas, nos frutos e nas sementes das plantas e vargens, partes a qual é realizada a extração para diversas aplicações (Tong et al., 2021).

Os taninos podem ser hidrolisáveis ou condensados, dependendo de seu diagrama de carbono (Ramah et al., 2020). Os taninos hidrolisáveis apresentam em sua composição principalmente ácido gálico, comumente na forma de ésteres múltiplos com D-glicose, já os taninos classificados como condensados, sendo os mais abundantes, têm sua origem em monômeros de flavonoides (Redondo et al., 2014).

Esse composto já foi considerado um fator anti-nutricional na área animal para monogástricos. No entanto, esses efeitos prejudiciais eram observados principalmente em pesquisas que utilizaram dosagens altas de taninos condensados purificados, ou vegetais que continham alto teor de tanino, a exemplo do sorgo, o que resultou em uma diminuição na produção animal (Hassan et al., 2003). Atualmente, é conhecido que são diversos os fatores que devem ser levados em consideração para ter resultados benéficos ou, maléficos, como a origem da planta, a dosagem utilizada e a espécie animal, a adição de quantidades certas de tanino pode, inclusive, proporcionar benefícios na saúde e na nutrição de não-ruminantes (Redondo et al., 2014).

Ao avaliar os efeitos dos taninos naturais na dieta de galinhas poedeiras sobre os parâmetros de produção e as alterações nas propriedades físicas dos ovos durante o tempo e a temperatura de armazenamento, Cornescu et al. (2022), ao incluírem 0,5% de farinha de castanha e 0,5% de casca de carvalho, perceberam que as aves que receberam a dieta com adição de taninos apresentaram parâmetros físicos dos ovos superiores, como a unidade *Haugh*,

coloração da gema e a espessura da casca do ovo, quando armazenadas sobre refrigeração.

Cardoso (2024), ao utilizar taninos condensados e hidrolisados para poedeiras em concentrações de 0,5 kg/ton e 1,0 kg/ton, observou que a inclusão de taninos não teve efeito sobre o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, mas aumentou a atividade antioxidante no fígado e na gema, já o tanino condensado apresentou os melhores coeficientes de digestibilidade de proteína bruta e energia metabolizável.

#### **2.2.5. Vitamina E e Zinco**

A vitamina E é definida como um grupo de compostos lipossolúveis relacionados, caracterizados por uma estrutura de anel cromanol. Esses compostos são divididos em tocoferóis e tocotrienóis, que se diferenciam pela presença ou ausência de duplas ligações na cadeia lateral. Na natureza, a vitamina E é sintetizada exclusivamente por plantas e, por isso, é encontrada principalmente em produtos de origem vegetal, com destaque para os óleos vegetais (Combs e McClung, 2017).

No organismo, a vitamina E pode ser armazenada em diversos tecidos e órgãos, como o tecido adiposo, fígado, vesícula biliar, rins, cérebro e músculos. O fígado é o órgão que se destaca como o principal local de acúmulo dessa vitamina, devido à sua função central no metabolismo da vitamina E (Hansen et al., 2015). A vitamina E está envolvida em diversas funções biológicas, incluindo a sinalização celular e a regulação gênica de vias relacionadas ao metabolismo de lipídios, respostas imunes e inflamatórias, proteção de células neuronais e manutenção da homeostase vascular (Galli et al., 2017). Contudo, sua função mais importante e amplamente reconhecida é a de antioxidante. É o único composto antioxidante que, após ser absorvido, é armazenado nos tecidos animais (Rutz, 2002). Dessa forma, a vitamina E neutraliza radicais peróxilas de ácidos graxos, protegendo as membranas celulares e as lipoproteínas contra danos oxidativos (Azzi, 2017).

Nasar et al. (2022), relataram efeitos positivos com uso de vitamina E e do micromineral zinco na produção de ovos, na qualidade e eclodibilidade de dos ovos de codornas japonesas. Suplementando vitamina E na dieta de codornas

japonesas, foi observado um aumento no comprimento dos segmentos intestinais e na altura e espessura das vilosidades (Nasar et al., 2023).

Em reprodutores de codornas japonesas, estudos indicaram que a suplementação de vitamina E para matrizes resultou em melhorias na taxa de eclodibilidade e na redução da mortalidade embrionária (Ipek e Dikmen, 2014; Abedi et al., 2017).

O zinco é um micromineral que está envolvido na atividade de mais de 200 enzimas, que estão associadas aos processos biológicos dos animais, apresentando funções catalíticas, estruturais e reguladoras, mesmo em baixas concentrações na maioria dos órgãos. O zinco é cofator de vários sistemas enzimáticos, sendo vital para o metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas (McDoweell, 1992).

O zinco desempenha funções essenciais no organismo, como a fixação do cálcio em forma de carbonato de cálcio nos ossos e na casca dos ovos, além de atuar na ativação de sistemas enzimáticos (Torres, 1969). Como componente de metaloenzimas, o zinco exerce um papel crucial na qualidade da casca dos ovos, estando diretamente envolvido na atividade da anidrase carbônica, enzima responsável pela transferência de íons bicarbonato do sangue para a glândula da casca (Mabe et al., 2003).

Wang et al. (2020), demonstraram que a suplementação de zinco pode melhorar a taxa de sobrevivência dos embriões e acelerar o desenvolvimento de órgãos vitais, além de promover a formação adequada da membrana celular e o metabolismo energético.

O zinco também desempenha um papel crucial na morfologia, fisiologia e funções metabólicas do sistema reprodutor masculino. Ele está envolvido não apenas na esteroidogênese, mas também influencia indiretamente a secreção do hormônio gonadotrófico pela hipófise, destacando sua importância para a reprodução (Huang et al., 2013). A deficiência severa de zinco em dietas de galinhas resulta em baixa taxa de eclodibilidade, aumento de embriões com desenvolvimento anormal e baixo desempenho (Zhu et al., 2017).

### **2.3. Blend**

Com as constantes proibições dos antibióticos como promotores de crescimento para aves, vêm-se buscando alternativas, dentre elas a utilização

de diversos aditivos naturais, como os fitoterápicos, que podem ser utilizados individualmente ou uma combinação entre eles, chamada de *blend*. Entre os *blends* destaca-se o arranjo de óleos essenciais, ácidos orgânicos, curcumina e taninos. Esses ingredientes ganharam valorização principalmente por seus efeitos benéficos da saúde intestinal, por conter diversas propriedades incluindo a antibacteriana e antioxidante (Abd El-Hack et al., 2022).

Os *blends* de aditivos fitogênicos têm mostrado eficácia na promoção da saúde intestinal, sendo essenciais para o desempenho produtivo das aves. Sua ação inclui o controle de patógenos intestinais, modulação do sistema imunológico e melhoria na digestibilidade dos nutrientes. Além disso, esses aditivos contribuem para a redução do estresse oxidativo nas aves, melhorando a qualidade de vida e os seus produtos (ovo e carne), além de promover nos animais uma maior resistência a doenças (Fouladi et al., 2018). A combinação de diferentes compostos fitogênicos potencializa seus efeitos, tornando os *blends* uma alternativa viável para ser adicionado na dieta das aves (Abd El-Hack et al., 2022).

Os *blends* de aditivos fitogênicos são formulados em diferentes formas físicas podendo estar em forma líquida, de pó e também microencapsulados. Na forma líquida, os aditivos são frequentemente administrados via água, sendo capaz de proporcionar fácil aplicação e rápida absorção pelos animais. Já na forma em pó, os *blends* são misturados diretamente às rações. A escolha da forma física depende de fatores como praticidade, estabilidade e eficácia no ambiente de uso (Mehta et al., 2022).

A outra forma é com a microencapsulação, sendo uma tecnologia com a função de proteger os compostos ativos contra desgaste causados pelo tempo de armazenamento, prevenindo a oxidação ou, volatilização e retardando a degradação no trato gastrointestinal (Abdelli et al., 2021). Esse processo envolve o encapsulamento dos compostos bioativos em uma matriz protetora, como polímeros ou lipídios, que libera gradualmente os ingredientes no intestino, potencializando seus efeitos. Além disso, a microencapsulação melhora a estabilidade térmica e a compatibilidade dos aditivos com outros ingredientes da dieta (Mehta et al., 2022).

A microencapsulação tem a função de liberar os componentes encapsulados em regiões desejadas do trato gastrointestinal, principalmente em



partes finais dos intestinos delgado e grosso, isso contribui para que ocorra um ganho considerável na eficiência do organismo do animal para aproveitar os nutrientes (Nascimento et al., 2019).

Os ácidos orgânicos, óleos essenciais, as vitaminas e os minerais microencapsulados são protegidos por camadas especiais, o que assegura que sua liberação aconteça controladamente, somente após a ação de sais biliares e enzimas, como a lipase, na parte medial do intestino. Isso ocorre quando não há interferência das enzimas pancreáticas e intestinais, que necessitam de um pH próximo ao neutro (Mehta et al., 2022).

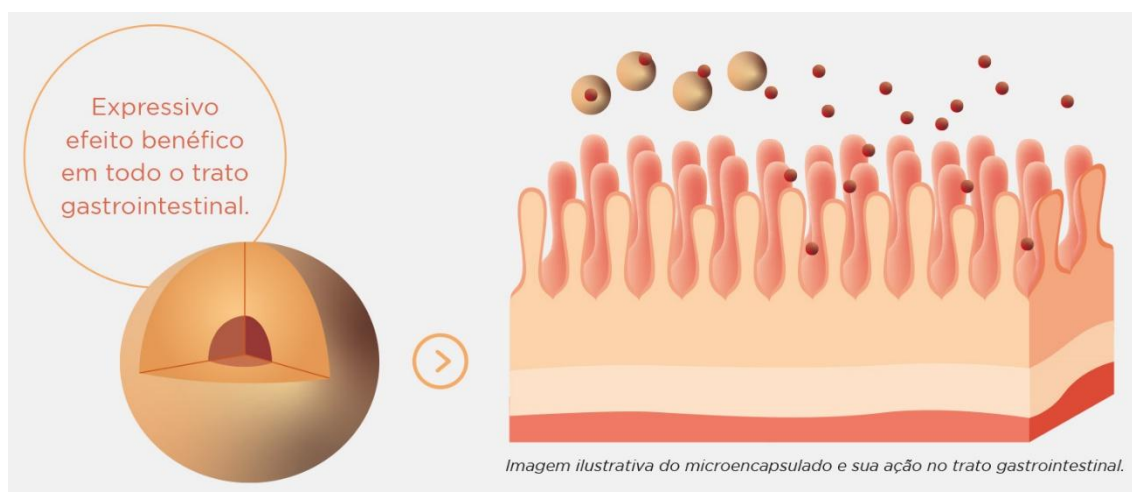


Figura 1. Liberação dos compostos dos *blends* microencapsulados no trato gastrointestinal. Fonte: BTA Aditivos.

De acordo com Abdelli et al. (2021), a tecnologia através de microencapsulamento permite que ocorra uma liberação mais vagarosa e controlada do ácido fumárico e do timol ao longo do trato gastrointestinal das aves. Os autores observaram ainda que o ácido fumárico microencapsulado sem o timol ou, com a junção de ambos promoveram resultados positivos sobre o desempenho animal, a morfologia intestinal e a população microbiana intestinal, especialmente nas aves que foram expostas a condições desafiadoras.

Wang et al. (2019), ao utilizarem óleos essenciais e ácidos orgânicos encapsulados para galinhas poedeiras em dosagens de 150, 300 e 450 mg/kg, observaram que houve ganho na taxa de postura e redução no consumo de ração. Para a qualidade de ovos, ocorreu um benefício com maior espessura da casca, a espessura da casca foi maior devido ao aumento do tamanho das

vilosidades intestinais que melhorou a absorção dos nutrientes, principalmente o cálcio (Wang et al., 2019).

### **2.3.1. Microencapsulação**

O processo de microencapsulamento pode ser feito de diferentes maneiras, dentre elas com gordura vegetal. Esse processo começa com a preparação da matriz lipídica, que serve como base para encapsular os compostos bioativos. A gordura vegetal é escolhida considerando a sua estabilidade e compatibilidade com os ingredientes ativos. O primeiro passo é aquecer a gordura vegetal a uma temperatura controlada até atingir o estado líquido, garantindo uma textura homogênea capaz de envolver os compostos de maneira uniforme. Essa etapa inicial é fundamental para proteger os ingredientes contra fatores externos, como oxidação, umidade e degradação térmica (Oliveira et al., 2020).

Após a preparação da matriz, o material presente nos ácidos orgânicos, nos óleos essenciais, no tanino e na curcumina, por exemplo, são incorporados à gordura líquida. A mistura é submetida a processos de homogeneização em busca de uma distribuição correta dos ingredientes. Após a homogeneização, ocorre o momento da formação das microcápsulas, que pode ser realizada por atomização ou emulsificação. Na atomização, a mistura é pulverizada em pequenas partículas em um ambiente refrigerado, solidificando a gordura ao redor dos compostos. Na emulsificação, a mistura é dispersa em uma solução aquosa com agentes emulsificantes e resfriada para solidificar as partículas lipídicas (Gharsallaoui et al., 2007).

Na etapa final, as microcápsulas, são resfriadas rapidamente para garantir a solidificação completa da matriz lipídica, formando uma barreira protetora ao redor dos compostos ativos. Após a solidificação, as partículas encapsuladas são separadas do meio de processamento e podem passar por um método de secagem, como a *spray drying*, assim removendo a umidade residual e aumentando a estabilidade do produto. Por fim, o produto encapsulado é submetido a teste de qualidade para avaliar a eficiência do encapsulamento, a estabilidade dos compostos e a uniformidade das partículas (Ribeiro et al., 2020).

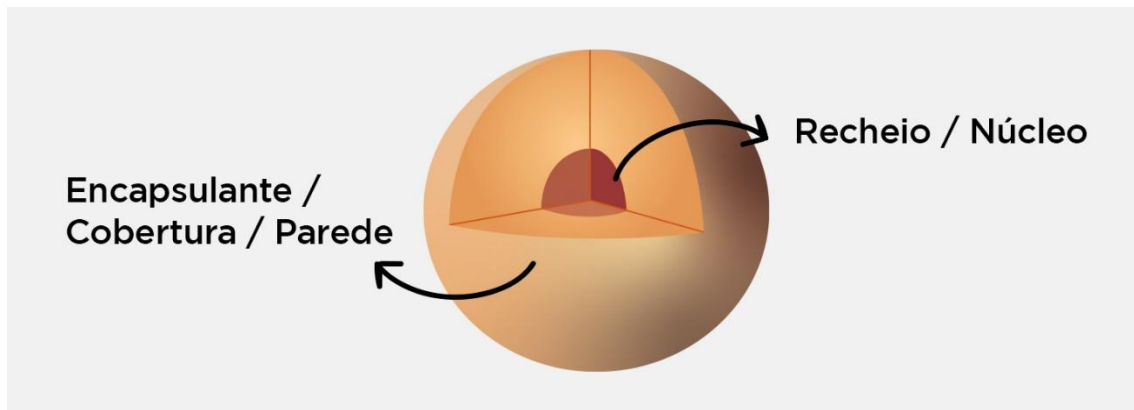


Figura 2. Material encapsulado. Fonte: BTA Aditivos

O método de secagem por spray drying é comumente utilizado quando se utiliza matriz lipídica, essa secagem por atomização é amplamente utilizada para desidratar alimentos que requerem mais cuidados por serem frágeis a temperaturas mais elevadas, como os produtos farmacêuticos e outras substâncias, devido à evaporação acelerada do solvente das gotículas (Mahdavi et al., 2014).

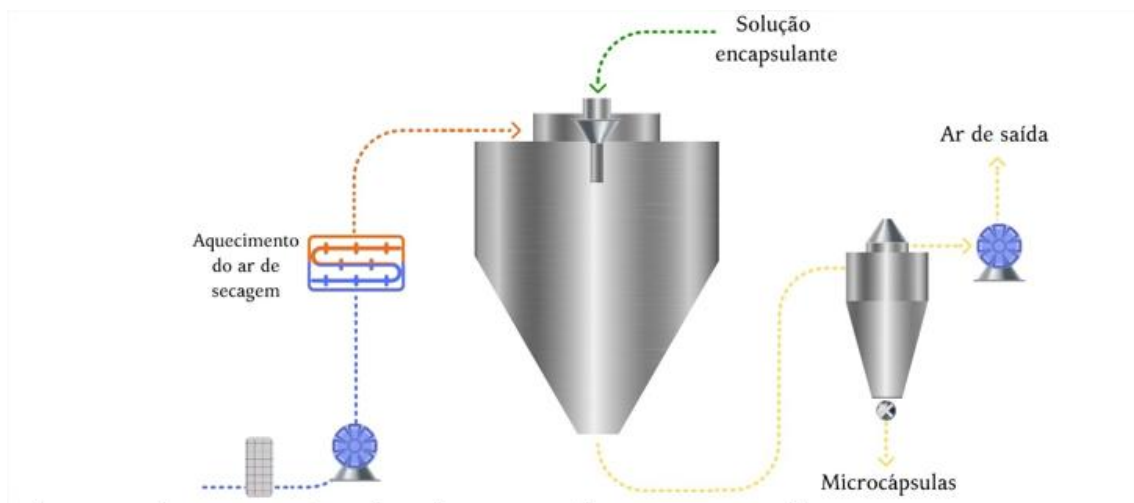


Figura 3. Método de secagem spray drying. Fonte: Costa et al., 2022.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD EL-HACK, M. E.; EL-SAADONY, M. T.; ELBESTAWY, A. R.; GADO, A. R.; NADER, M. M.; SAAD, A. M.; EL-TAHAN, A. M.; TAHA, A. E.; SALEM, H. M.; EL-TARABILY, K. A. Hot red pepper powder as a safe alternative to antibiotics in organic poultry feed: an updated review. **Poultry Science**, v. 101, n. 4, p. 101684, 2022.
- ABD EL-HACK, M. E.; KAMAL, M.; ALQHTANI, A. H.; ALREEMI, R. M.; ALAZRAGI, R. S.; KHOJAH, H.; SWELUM, A. A.; KHAFAGA, A. F.; SWIATKIEWIEZ, S. Detoxification impacts of Dietary probiotic and prebiotic supplements against aflatoxins: an up dated Knowledge – a review. **Animal Science**, v. 23, n. 4, p. 1049-1060, 2023.
- ABDELLI, N. D.; SOLÁ-ORIOL, E. J.; PÉREZ, F. Phytogetic feed additives in poultry: achievements, prospective and challenges. **Animals**, v. 11, p. 3471-3481, 2021.
- ABEDI, P.; VAKILI, S. T.; MAMOUEI, M.; AGHAEI, A. Effect of different levels of dietary vitamin E on reproductive and productive performances in Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*). **Veterinary Research Forum**, v.8, n. 4, p. 353-359, 2017.
- ADII, S.; BANDAY, T.; BHAT, G. A.; QURESHI, S. D.; WANI, S. A. Effect of dietary supplementation of organic acids on performance, intestinal histomorphology, and serum biochemistry of broiler chicken. **Veterinary Medicine International**, p. 479485, 2010.
- ADKINS-REGAN, E.; BANERJEE, S. B.; CORREA, S. M.; SCHWEITZER, C. Maternal effects in quail and zebra finches: behavior and hormones. **General and Comparative Endocrinology**, v. 190, p. 34-41, 2013.
- AINSWORTH, S. J.; STANLEY, R. L.; EVANS, D. J. Developmental stages of the Japanese quail. **Journal of Anatomy**, v.21, n. 6, p. 3-15, 2010.
- ALAGAWANY M. M.; FARAG M. R.; DHAMA K. Nutritional and biological effects of turmeric (*Curcuma longa*) supplementation on performance, serum biochemical parameters and oxidative status of broiler chicks exposed to endosulfan in the diets. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 1, p. 89-96, 2015.
- ALAGAWANY, M.; FARAG, M. R.; DHAMA, K.; PATRA, A. K. Curcumin and its different forms: A review on their beneficial effects on poultry. **World's Poultry Science Journal**, v. 74, n. 2, p. 265-276, 2018.
- ALAGAWANY, M.; ELNESR, S. S.; FARAG, M. R.; NAGGAR, K.; MADKOUR, M. Nutrigenomics and nutrigenetics in poultry nutrition: An updated review. **World's Poultry Science Journal**, v. 78, n. 2, p. 377-396, 2022.
- ALCÂNTARA, D. C.; BONAFÉ, C. M.; VERARDO, L. L.; MOTA, L. F. M.; RODRIGUES, R. F. M.; CANPIDELLI, T. S.; COSTA, L. S.; LEITE, N. R.; LITIERE, T. O.; SILVA, R. B.; PINHEIRO, S. R. F.; SOUSA, M. F. Evidence of nutrient by genotype interaction in meat quail strains through reaction norm models. **Livestock Science**, v. 1, p. 42-48, 2019.
- ALEXANDRINO, S. L. S. Comunidade bacteriana de codornas de postura alimentadas com rações contendo óleo essencial de canela (*Cinnamomum verum*) e orégano (*Origanum vulgare*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Curso de Zootecnia- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, 2021.
- AI-GHEFFARI, H. K.; REDA, F. M.; ALAGAWANY, M.; SALEH, O.; ALHAZMI, N.; SALEM, H. M.; IBRAHIM, E. H.; ALSHAHRANI, M. Y.; AL-QURASHI, M. M.; EL-SAADONY, M. T.; EL-TARABILY K. A.; SAAD, A. M.; MAHGOUB, S. The influence of dietary supplementation with fermented agro-industrial residue of faba bean on Japanese quail performance, immunity, gut microbiota, blood chemistry, and antioxidant status. **Poultry Science**, v. 103, p. 103880, 2024.

AMEVOR, F. K.; CUI, Z.; DU, X.; NING, Z.; DENG, X.; XU, D.; WU, Y.; CAO, X.; WEI, S.; SHU, G.; HAN, X.; TIAN, Y.; LI, D.; WANG, Y.; ZHANG, Y.; DU, X.; ZHU, Q.; ZHAO, X. Synergy between dietary quercetin and vitamin e supplementation in aged hen's diet improves hatching traits, embryo quality, and antioxidant capacity of chicks hatched from eggs subjected to prolonged storage. **Frontiers in Physiology**, v. 11, n. 13, p. 873551, 2022.

ANDI, M. A.; SHIVAZAD, M.; POURBAKHS, S. A.; AFSHAR, M.; ROKNI, H.; SHIRI, N. E.; MOHAMMADI, A.; SALAHI, Z. Effects of vitamin e in broiler breeder diet on hatchability, egg quality and breeder and day old chick immunity. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 789-794, 2006.

ATTIA, Y. A.; EL-HAMID, AEHEA.; ABEDALLA, A. A.; BERIKA, M. A.; AL-HARTHI, M. A.; KUCUK, O.; SAHIN, K.; ABOU-SHEHEMA, B. M. Laying performance, digestibility and plasma hormones in laying hens exposed to chronic heat stress as affected by betaine, vitamin C, and/or vitamin E supplementation. **Springer Plus**, v. 5, p. 1619, 2016.

ASHAYERIZADEH, O.; Dastar, B.; Shargh, M. S.; Soumeh, E. A.; JAZI, V. Effects of black pepper and turmeric powder on growth performance, gut health, meat quality, and fatty acid profile of Japanese quail. **Frontiers in physiology**, v. 14, 2023.

AZZI, A. Many tocopherols, one vitamin E. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 61, p. 92-103, 2017.

BABINSZKY, L.; OLIVEIR, J.; SANTOS, E. D. Phytogenic feed additives as an alternative to antibiotic growth promoters in Poultry Nutrition. **Advanced Studies in the 21st Century Animal Nutrition**, 2021.

BASTOS, D. H.; ROGERO, M. M.; ARÊAS, J. A. G. Mecanismos de ação de compostos bioativos dos alimentos no contexto de processos inflamatórios relacionados à obesidade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 53, n. 5, p. 646-656, 2009.

BOZKURT, M.; ALÇIÇEK, A.; CABUK, M.; KÜÇÜKYILMAZ, K.; CATLI, A. U. Effect of an herbal essential oil mixture on growth, laying traits, and egg hatching characteristics of broiler breeders. **Poultry Science**, v. 88, p. 2368-2374, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, novembro de 2004. **Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados à alimentação animal**. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/IN13atualizada.pdf>. Acesso em: 11 de novembro de 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 44, de dezembro de 2015**. Regulamento técnico sobre aditivos para produtos destinados a alimentação animal, apresentando os procedimentos a serem adotados na avaliação, registro e comercialização e o uso de aditivos na alimentação animal, a fim de garantir um nível adequado de proteção da saúde humana, dos animais e do meio ambiente. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/ptbr/assuntos/insumosagropecuarios/insumospecuarios/alimentacaoanimal/aditivos>.

BRYDEN, W. L.; LI, X.; RUHNKE, I.; ZHANG, D.; SHINI, S. Nutrition, feeding and laying hen welfare. **Animal Production Science**, v. 61, n. 10, p. 893-914, 2021.

BTA Aditivos. Processos de obtenção de microencapsulados e sua aplicação na nutrição animal. Disponível em: [https://www.btaaditivos.com.br/pt-br/blog/processos-de-obtencao-de-microencapsulados-e-sua-aplicacao-na-nutricao-animal/111/?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.btaaditivos.com.br/pt-br/blog/processos-de-obtencao-de-microencapsulados-e-sua-aplicacao-na-nutricao-animal/111/?utm_source=chatgpt.com). Acessado em: 20 dez 2024.

CARDOSO, V. S. **Taninos hidrolisado de castanha portuguesa (*Castanha sativa*) e condensado de quebracho (*Schinopsis lorentzii*) na alimentação de poedeiras**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Curso de Zootecnia – Universidade Estadual de Maringá, 2024.

COLINAS, N. M. J.; CARMONA, M. S.; GARCIA-ROGER, E. M. Transgenerational effect on sexual reproduction in rotifer populations in relation to the environmental predictability of their habitats. **Freshwater biology**, v. 68, p. 1041-1054, 2023.

COMBS, G. F.; MCCLUNG, J. P. The Vitamins: Fundamental Aspects in Nutrition and Health. 5th Edition. **Academic Press**, 2017.

CORNESCU, G. M.; VLAICU, A. P.; UNTEA, A. E.; PANAITE, T. D.; OANCEA, A.; SARACILA M. The effects of diets incorporating natural source of tannins on laying hens' production performances and physical parameters of eggs. **Archiva Zootechnica**, n. 25, v. 2, p. 75-85, 2022.

COSTA, N. A.; PAIVA, M. J. A.; AMARAL, E. P.; SILVEIRA, L. R.; PEREIRA, G. C.; PAULA, D. A.; VIEIRA, E. N. R. Microencapsulação de probióticos e vitaminas por Spray Dryer: desafios e inovações. **Agron Food Academy**, v. 1, p. 93-104, 2022.

COSTA, P. M.; OLIVEIRA, M.; RAMOS, B.; BERNARDO, F. The impact of antimicrobial use in broiler chickens on growth performance and the occurrence of antimicrobial resistant *Escherichia coli*. **Livestock Science**, v. 136, p. 262- 269, 2011.

COSTA, S. M. O.; MENEZES, J. E. S. A. Química Orgânica 1. **2ª edição, Fortaleza – Ceará**, 2015.

CLARKE, H. J.; VIEUX, K. F. Epigenetic inheritance through the female germ-line: The known, the unknown, and the possible. **Seminars in Cell & Developmental Biology**, v. 43, p. 106-116, 2015.

DARMAWAN, A.; HERMAN, W.; DIRGANTARA, M. P. Effect of asam kandis *Garcinia cowa* Roxb extract in drinking water on egg quality of Japanese quail *Coturnix coturnix japonica*. **Aceh Journal of Animal Science**, v. 6, n. 1, p. 19-22, 2024.

EL- HAKIM, A. S.; CHERIAN, G.; ALI, M. N. E Use of turmeric (*Curcuma longa*) as a bioactive feed additive in broiler diets. **World's Poultry Science Journal**, v. 65, n. 1, p. 97-107, 2009.

EMAMVERDI, M.; SHAHNEH, A. Z.; ZHANDI M.; ZAGHARI, M.; TEHRANI, D. M.; MOTLAGH, M. K. An improvement in productive and reproductive performance of aged broiler breeder hens by dietary supplementation of organic selenium. **Theriogenology**, p. 279-285, 2019.

FIKRY, A. M.; ATTIA, A. I.; ISMAIL, I. E.; ALAGAWANY, M.; REDA, F. M. Dietary citric acid enhances growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbiota, antioxidant status, and immunity of Japanese quails. **Poultry Science**, v. 100, p. 101326, 2021.

FOULADI, P.; EBRAHIMNEZHAD, Y.; AZAD, I.; SHAHRYAR, H.A.; MAHERI, N. Effects of organic acids supplement on performance, egg traits, blood Serum biochemical parameters and gut microflora in female japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*). **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 20, n. 1, p. 133-144, 2018.

GALLI, G. M.; DA SILVA, A. S.; BIAZUS, A. H.; REIS, J. H.; BOIAGO, M. M.; TOPAZIO, J. P.; STEFANI, L. M. Feed addition of curcumin to laying hens showed anticoccidial effect, and improved egg quality and animal health. **Research in Veterinary Science**, v. 118, p. 101-106, 2017.

GAO, J.; LV, Z. P.; LI, C. W.; YUE, Y. S.; ZHAO, X.; WANG, F. L.; GUO, Y. M. Maternal zinc supplementation enhanced skeletal muscle development through increasing protein synthesis and inhibiting protein degradation of their offspring. **Biological Trace Element Research**, v. 162, n. 3, p. 309-316, 2014.

GHARSALLAOUI, A.; ROUDOUT, G.; CHAMBIN, O.; VOILLEY, A.; SAUREL, R. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. **Food Research International, Barking**, v. 40, n. 9, p. 1107-1121, 2007.

GHORBANI Z.; HEKMATDOOST A.; MIRMIRAN P. Anti-hyperglycemic and insulin sensitizer effects of turmeric and its principle constituent curcumin. **International Journal of Endocrinology and Metabolism**, v. 12, n. 4, 2014.

GIVISIEZ, P. E. N.; MOREIRA FILHO, A. L. B.; OLIVEIRA, H. B.; FERKET, P. R.; OLIVEIRA, C. J. B.; MALHEIROS, R. D. Chicken embryo development: metabolic and morphological basis for *in ovo* feeding technology. **Poultry Science**, v. 99, p. 6774-6782, 2020.

GODOY, G. L. **Suplementação de tanino de *Acacia Mearnsii* rações para frangos de corte**. 2023. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Curso de Zootecnia -Universidade Federal De Santa Maria, Santa Maria, 2023.

GONZÁLEZ-RECIO, O.; TORO, M. A.; BACH, A. Past, presente, and future of epigenetics Applied to livestock breeding. **Journal frontiers in genetics**, v. 6, 2015.

GRIESER, D. O.; OLIVEIRA, G. G.; MARCATO, S. M.; ZANCANELA, V. T.; MELO, S. S.; QUEVEDO, P. S. Coturnicultura brasileira: atividade promissora para produtores rurais. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 20, n. 2, p. 35-39, 2024.

GRINDSTAFF, J. L.; BRODIE III, E. D.; KETTERSON, E. D. Immune function across generations: integrating mechanism and evolutionary process in maternal antibody transmission. Proceedings of the Royal Society of London. **Series B: Biological Sciences**, v. 270, n. 1531, p. 2309-2319, 2003.

GUIMARÃES, R. R.; OLIVEIRA, M. A.; OLIVEIRA, H. C.; DORÓ, S. C. O. L.; MACHADO, L. A.; OLIVEIRA, M. C. Turmeric powder in the diet of Japanese quails improves the quality of stored eggs. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim**, v. 22, p. 01-18, 2021.

HANSEN, H.; WANG, T.; DOLDE, D.; XIN, H. Tocopherol and annatto tocotrienols distribution in laying-hen body. **Poultry Science**, v. 94, n.10, p. 2421-2433, 2015.

HASSAN, I. A. G.; ELZUBEIR, E. A.; EL TINAY, A. H. Growth and apparent absorption of minerals in broiler chicks fed diets with low or high tannin contents. **Tropical Animal Health and Production**, v. 35, n. 2, p. 189-196, 2003.

HEGDE, M. N.; SHETTY, S.; MAHALAXMI, Y.; PATIL, A. B. An in vitro evaluation of antimicrobial activity of aqueous *Curcuma longa* extract against endodontic pathogens. **International Journal of Research Phytochemical and Pharmacological**, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2012.

HEZAVEH, M. S. S.; GHASEMI, H. A.; HAJKHODADADI, I.; MORADI, M. H. Single and combined effects of phytase and citric acid on growth performance, nutrient digestibility, bone characteristics, intestinal morphology, and blood components in meat-type quails fed low-phosphorous diets. **Animal Feed Science and Technology**, 2020.

HOHTOLA, E. Facultative and obligatory thermogenesis in young birds: a cautionary note. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v. 131, p. 733-739, 2002.

HUANG, Y. L.; LU, L.; LI, S. F.; LUO, X. G.; LIU, B. Relative bioavailabilities of organic zinc sources with diferente chelation strengths for broilers fed a conventional com-soybean meal diet. **Journal Animal Science**, v. 87, n. 6, p. 2038-2046, 2009.

HUANG, Y. L.; LU, L.; XIE, J. J.; LI, S. F.; LI, X. L.; LIU, S. B.; ZHANG, L. Y.; XI, L.; LUO. Relative bioavailabilities of organic zinc sources with different chelation strengths for broilers fed diets with low or high phytate content. **Animal Feed Science Technology**, v. 79, n. 1-4, p.144-148, 2013.

HUDSON, B. P.; LIEN, R. J.; HESS, J. B.; BILGILI, S. F. Effects of zinc source and dietary level on the performance and carcass quality of broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, n. 2, p. 274-280, 2004.

HUYGHEBAERT, G.; DUCATELLE, R.; VAN IMMERSEEL, F. An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. **Veterinary Journal**, v. 187, n. 2, p. 182-188, 2011.

IPEK, A.; DIKMEN, B. Y. The effects of vitamin E and vitamin C on sexual maturity body weight and hatching characteristics of Japanese quails (*Coturnix coturnix japonica*) reared under heat stress. **Animal Science Papers and Reports**, v. 32, n. 3, p.261-68, 2014.

ITOKAWA, H.; SHI, Q.; AKIYAMA, T.; MORRIS-NATSCHKE, S. L.; LEE, K. Recent advances in the investigation of curcuminoids. **Chin Med**, v. 3, p. 11, 2008.

KHAN, R. U.; CHAND, N.; ALI, A. Effect of organic acids on the performance of japanese quails. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 48, n. 6, p. 1799-1803, 2016.

KHAN, S. H.; IQBAL, J. Recent advances in the role of organic acids in poultry nutrition. **Journal of applied animal research**, v. 44, n. 1, 359-369, 2016.

KORNASIO, R.; HALEVY, O.; KEDAF, O.; UNI, Z. R. Effect of in ovo feeding and its interaction with timing of first feed on glycogen reserves, muscle growth, and body weight. **Poultry Science**, v. 90, p. 1467-1477, 2011.

KUMAR, A.; GILL, J. P. S.; BEDI, J. S. Multiresidue determination of pesticides in market honey from northern India using quechers approach and assessment of potential risks to consumers. **Current science**, v. 115, n. 2, p. 283-291, 2018.

KUMAR, A.; PATYAL, A.; PANDA, A. K. Sub-therapeutic use of antibiotics in animal feed and their potential impact on environmental and human health: a comprehensive review. **Journal of Animal Feed Science and Technology**, v. 6, p. 15-25, 2018.

KUMAR, A.; TOGHYANI, M.; KHERAVII, S. K.; PINEDA, L.; HAN, Y.; SWICK, R. A.; WU, S. Organic acid blends improve intestinal integrity, modulate short-chain fatty acids profiles and alter microbiota of broilers under necrotic enteritis challenge. **Animal Nutrition**, v. 8, p. 82-90, 2022.

LI, X.; SUN, R.; LIU, Q.; GONG, Y.; OU, Y.; QI, Q.; XIE, Y.; WANG, X.; HU, C.; JIANG, S.; ZHAO, G.; WEI, L. Effects of dietary supplementation with dandelion tannins or soybean isoflavones on growth performance, antioxidant function, intestinal morphology, and microbiota composition in Wenchang chickens. **Frontiers in Veterinary Science**, n. 9, p. 1073659, 2021.

LI, W.; ZHANG, D.; ZOU, Q.; BOSE, A. P. H.; JORDAN, A.; MCCALLUM, E. S.; BAO, J.; DUAN, M. Behavioural and transgenerational effects of artificial light at night (ALAN) of varying spectral compositions in zebrafish (*Danio rerio*). **Science of the Total Environment**, v. 954, p. 76336, 2024.

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**, v. 88, n. 10, p. 1511-1518, 2017.

LONG, S.; XU, Y.; PAN, L.; WANG, Q.; WANG, C.; WU, J.; WU, Y.; HAN, Y.; YUN, C. H.; PIAO, X. Mixed organic acids as antibiotic substitutes improve performance, serum immunity, intestinal morphology and microbiota for weaned piglets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 23-32, 2018.

LOTFI, E.; KARIM, N.; KAVAN, B. P.; SHARIFI, M. R. Influence of diferente dietary levels of energy and protein on. Reproductive and post hatch growth performance in japanese quails. **Iranian Journal of Applied Animal Science**, v. 8, p. 137-145, 2018.

MABE, M. S.; COURNOYER, E. R.; PONDÉ, M. R.; PAQUEREAU, M. P. Supplementation of a corn-soybean meal diet with manganese, copper, and zinc from organic or inorganic sources improves eggshell quality in aged laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 82, p. 1903-1913, 2003.



MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. **Funep**, p.149-165, 2002.

MAHER, S.; SWEENEY, T.; KIERNAN, D. P.; RYAN, M. T.; GATH, V.; VIGORS, S.; CONNOLLY, K. R.; O'DOHERTY, J. V. Organic acid preservation of cereal grains improves grain quality, growth performance, and intestinal health of post-weaned pigs. **Animal feed Science and technology**, v. 36, 2024.

MAIA, S. R.; FERREIRA, A. C.; ABREU, L. R. Uso do açafrão (*Curcuma longa* L.) na redução da *Escherichia coli* (ATCC 25922) e *Enterobacter aerogenes* (ATCC 13048) em ricota. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 28, n. 2, p. 358-365, 2004.

MAHDAVI, S. A.; GHORBANI, M.; ASSADPOOR E. Spray-Drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review. **Drying Technology**, v. 32, p. 509-518, 2014.

McDOWELL, L. R. Minerals in animal and human nutrition. **San Diego: Academic**, p.992-524, 1992.

MEHDI, Y.; LÉTOURNEAU-MONTMINY, M. P.; GAUCHER, M. L.; CHORFI, Y.; SURESH, G.; ROUISSI, T.; BRAR, S. K.; CÔTÉ, C.; RAMIREZ, A. A.; GODBOUT, S. Use of antibiotics in broiler production: global impacts and alternatives. **Animal Nutrition**, v. 4, p. 170-178, 2018.

MEHTA, N.; KUMAR, P.; VERMA, A. K.; UMARAW, P.; KUMAR, Y.; MALAV, O. P.; SAZILI, A. Q.; DOMÍNGUEZ, R.; LORENZO, J. M. Microencapsulation as a noble technique for the application of bioactive compounds in the food industry: a comprehensive review. **Applied Sciences**, v. 12, n. 3, p.1-34, 2022.

MOLENAAR, R.; REIJRINK, I. A. M.; MEIJERHOF, R.; VAN DEN, H. Brand relationship between hatchling length and weight on later productive performance in broilers. **World's Poultry Science Journal**, v. 64, p. 599-604, 2008.

NAGAYOSHI, B. O.; VELLANO, I. H. B.; MORAES, A. C. I.; GROSS, L. S.; PADOVANI, C. R.; SALLUM NETO, F.; TIRABASSI, A. H.; ZUANAZE, M. A. F.; OIDE, M. M.; OKAMOTO, A. S.; ANDREATTI FILHO, R. L. Effect of doses and administration routes of 9R vaccine on protection of Japanese quails against experimental infection with *Salmonella Gallinarum*. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 72, n. 2, p. 499-504, 2020.

NARUSHIN, V.G.; BOGATYR, V.P.; ROMANOB, M.N. Relationship between hatchability and non-destructive physical measurements of chicken eggs. **Journal of Agricultural Science**, n. 154, p. 359-365, 2016.

NASCIMENTO, L. D.; CASCAES, M. M.; COSTA, K. S.; ANDRADE, E. H. A.; ANDRADE, E. L.; COSTA, C. M. L.; FARIA, L. J. G. Microencapsulamento de óleos essenciais: conceitos e aplicações. **In book: A produção do conhecimento na Engenharia Química**, p. 22-35, 2019.

NGUYEN, D. H.; LEE, K. Y.; MOHAMMADIGHEISAR, M.; KIM, I. H. Evaluation of the blend of organic acids and medium-chain fatty acids in matrix coating as antibiotic growth promoter alternative on growth performance, nutrient digestibility, blood profiles, excreta microflora, and carcass quality in broilers. **Poultry Science**, v. 97, p. 4351-4358, 2018.

NIKNAFS, S.; Roura, E. Nutrient sensing, taste and feed intake in avian species. **Nutrition Research Reviews**, v. 31, p. 256-266, 2018.

NOY, Y.; UNI, Z. Early nutritional strategies J. **World's Poultry Science**, v. 66, p. 639-646, 2010.

NOWACKA-WOSZUK, M. Nutrigenomics in livestock - recent advances. **Journal of Applied Genetics**, p. 93-103, 2020.

OKULIAROVA, M.; KANKOVA, Z.; BERTIN, A.; LETERRIER, C.; MOSTL, E.; ZEMAN, M. Maternally derived egg hormones, antibodies and antimicrobial proteins: common and different pathways of maternal effects in Japanese quail. **PLoS One**, v. 9, n. 11, p. 112817, 2014.

OLGUN, O.; YILDIZ, A. O. Effect of dietary supplementation of essential oils mixture on performance, eggshell quality, hatchability, and mineral excretion in quail breeders. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, p. 13434-13439, 2014.

OLIVEIRA, N. A.; GONÇALVES, B. L.; LEE, G. S.; OLIVEIRA, C. A. F.; CORASSIN, C. H. Use of antibiotics in animal production and its impact on human health. **Journal of food chemistry e nanotechnology**, v. 6, n. 1, p. 40-47, 2020.

OLIVEIRA, W. Q.; WURLITZER, N. J.; ARAÚJO, A. W. DE O.; COMUNIAN, T. A.; BASTOS, M. DO S. R.; OLIVEIRA, A. L.; MAGALHÃES, H. C. R.; RIBEIRO, H. L.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Complex coacervates of cashew gum and gelatin as carriers of green coffee oil: The effect of microcapsule application on the rheological and sensorial quality of a fruit juice. **Food Research International**, v.131, p.109047, 2020.

PANDA, A.K.; CHERIAN G. Role of vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. **Journal Poultry Science**, v. 51, p. 109-117, 2014.

PANDEY, A. K.; KUMAR, P.; SAXENA, M. J. Feed additives in animal health. **Nutraceuticals in Veterinary Medicine**, p. 345-362, 2019.

PASQUALI, G.; PIMENTA, G. Aditivos fitogênicos: uma alternativa ao uso de antibióticos promotores de crescimento na alimentação de aves. **Enciclopédia biosfera**, v. 10, n. 18, 2014.

POLLETI, B. **Uso de extrato de acácia mearnsii (acácia negra) na alimentação de não-ruminantes**. Tese, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2022.

PONTES, K. M.; DEL VESCO, A. P.; KHATLAB, A. S.; LIMA JÚNIOR, J. W. R.; CANGIANELLI, G. H.; LÓPEZ, J. C. C.; STIVANIN, T. E.; BASTOS, M. S.; SANTANA, T. P.; GASPARINO, E. Effects of inclusion of the blend of essential oils, organic acids, curcumin, tannins, vitamin E, and zinc in the maternal diet, and of incubation temperature on early and late development of quail. **Poultry Science**, v. 103, p. 104022, 2024.

RAJPUT, N.; NAEEM, M.; RUI, Y.; ZHONG, X.; WANG, T. Effect of dietary supplementation of curcumin on growth performance, intestinal morphology and nutrients utilization of broiler chicks. **Poultry Science**, v. 50, p. 44-52, 2013.

RAMAH, A.; YASUDA, M.; OHASHI, Y.; URAKAWA, M.; KIDA, T.; YANAGITA, T.; EL-SHEWY, E. A. Different doses of tannin reflect a double-edged impact on broiler chicken immunity. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.220, p. 109991, 2020.

REDONDO, L. M.; CHACANA, P. A.; DOMINGUEZ, J. E.; MIYAKAWA, M. E. Perspectives in the use of tannins as alternative to antimicrobial growth promoter factors in poultry. **Frontiers in Microbiology**, v. 5, p. 118-128, 2014.

RIBEIRO, J. S.; VELOSO, C. M. Microencapsulation of natural dyes with biopolymers for application in food: A review. Author links open overlay panel. **Food Hydrocolloids**, v. 112, p. 106374, 2020.

RICKE, S. C. Perspectives on the use of organic acids and short chain fatty acids as antimicrobials. **Poultry Science**, v. 82, p. 632-639, 2003.

ROCHA, J. S. R.; LARA, L. J. C.; BAIÃO, N. C.; VASCONCELOS, R. J. C.; BARBOSA, V. M.; POMPEU, M. A.; FERNANDES, M. N. S. Antioxidant properties of vitamins in nutrition of broiler breeders and laying hens. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, n. 2, p. 261-270, 2010.

- ROSA, L. F.; OLIVEIRA, E. M.; STAUB, L.; DORNELAS, T. C. E.; PINTRO, P. T.; HERMOSO, D. A. M.; IWAMOTO, E. L. I.; MURAKAMI, A. E.; SANTOS, T. C. Supplementation of japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) breeders with *Tagetes erecta* flower extract and vitamin E improves the oxidative status of embryos and chicks. **Poultry**, v. 2, p. 449-462, 2024.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; HANNAS, M. I.; DONZELE, J. L.; SAKOMURA, N. K.; PERAZZO, F. G.; SARAIVA, A.; TEIXEIRA, M. L.; RODRIGUES, P. B.; OLIVEIRA, R. F.; BARRETO, S. L. T.; BRITO, C.O. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. **4ª edição, UFV**, p. 261, 2017.
- RUFINO, J. P. F.; CRUZ, F. G. G.; OLIVEIRA FILHO, P. A.; FARIAS, T. M.; MELO, L. D. Matrizes. In book: **Biotechnologias Aplicadas à Reprodução de Aves**, p. 4-21, 2018.
- RUIZ, N. T.; WU, D.; KAHNE, T. J.; SILHAVY. Probing the barrier function of the outer membrane with chemical conditionality. **ACS Chem Biol**, v. 1, p. 385-395, 2006.
- SAHIN, N.; TUZCU, M.; ORHAN, C.; ONDERCI, M.; EROKSUZ, Y.; SAHIN K. The effects of vitamin C and E supplementation on heat shock protein 70 response of ovary and brain in heat-stressed quail. **British Poultry Science**, v. 50, n. 2, p. 259-265, 2009.
- SAMSUDIN, S.; PANIGORO, R. Comparison of antioxidant activity between decoction of dried *Curcuma longa* L., and *Curcuma xanthorrhiza* Roxb. **International Journal of Research Phytochemical and Pharmacological**, v. 3, n. 1, p. 27-30, 2013.
- SANDI, S.; SARI, M. L.; YOSI, F.; SAHARA, E.; MAHARANI, B. P.; ASMAK, A.; ROFIQ, M. N.; ALI, A. I. M. Organic acid and probiotic derived from grass silage improved egg quality in Pegagan laying duck: a research note. **Tropical Animal Health and Production**, v. 54, p. 65-80, 2022.
- SANTANA, T. P.; BASTOS, M. S.; CONCEIÇÃO, J. S.; VIEIRA, J. S.; KHATLAB, A. S.; GASPARINO, E.; BARBOSA, L. T.; BRITO, C. O. Suplementação de metionina na dieta das matrizes e da progênie de codornas japonesas. **Zootecnia: tópicos atuais em pesquisa**, v. 3, 2023.
- SARASWATI T.R.; MANALY W.; EKASTUTI D.R.; KUSUMORINI N. Increased egg production of Japanese quail (*Coturnix japonica*) by improving liver function through turmeric powder supplementation. **International Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 10, p. 601-614, 2013.
- SARASWATI, T. R.; TANA, S. Development of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) embryo. **International Journal of Science and Engineering**, v. 8, n. 1, p. 38-41, 2014.
- SARASWATI, T. R.; TANA, S. Physiological condition of first female and male offspring of japanese Quail (*Coturnix japonica*) whose parents were supplemented by turmeric powder. **Journal of World's Poultry Research**, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2016.
- SARASWATI, T. R.; MANALU, W.; EKASTUTI, D. R.; KUSUMORINI, N. The role of turmeric powder in lipid metabolism and its effect on quality of the first quail's egg. **Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture**, v. 38, n. 2, p. 123-130, 2013.
- SCHEIDELER, S. E.; WEBER, P.; MONSALVE, D. Supplemental vitamin E and selenium effects on egg production, egg quality, and egg deposition of  $\alpha$ -tocopherol and selenium. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 19, n. 4, p. 354-360, 2010.
- SHAHIDI, S.; MAZIAR, Y.; DELARAM N. Z. Influence of dietary organic acids supplementation on reproductive performance of freshwater Angelfish (*Pterophyllum scalare*). **Global Veterinária**, v. 13, p. 373377, 2014.
- SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. Farmacognosia: da planta ao medicamento. **Florianópolis: Editora UFSC**, p. 390-425, 1999.

SOUZA, A. A.; DIAS, N. A. A.; PICCOLI, R. H.; BERTOLUCCI, S. K. V. Composição química e concentração mínima bactericida de dezesseis óleos essenciais sobre *Escherichia coli* enterotoxigênica. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, p. 105-112, 2016.

SURAI P. F. Effect of selenium and vitamin E content of the maternal diet on the antioxidant system of the yolk and the developing chick. **British Poultry Science**, v. 41, n. 2, p. 235-243, 2000.

SURAI, P. F. Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction. **Nottingham University Press. Nottingham**, 2002.

SURAI, V.; SPEAKE, J. Vitamin E in poultry production: The role of antioxidants in the protection of eggs and embryonic development. **Poultry Science**, v. 84, n. 2, p. 239-249, 2005.

SURAI, P. F.; KOCHISH, I. I.; FISININ, V. I.; KIDD, M. T. Antioxidant defense systems and oxidative stress in poultry biology: An Update. **Antioxidants**, v. 8, n. 7, p. 235-253, 2018.

TAZAWA, H. I. R. O. S. H. I.; WHITTOW, G. C. Incubation physiology. **Sturkie's Avian Physiology**, v. 24, p. 617-634, 2000.

TONG, Z.; LEI, F.; LIU, L.; WANG, F.; GUO, A. Effects of *plotytarya strohilacea* sieb. et zuce tannin on the growth performance, oxidation resistance, intestinal morphology and cecal microbial composition of broilers. **Frontiers in Veterinary Science**, n. 8, 2021.

TORKI, M.; AKBARI, M.; 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. **International Journal of Biometeorology**, v. 59, n. 9, p. 1169-1177, 2015.

TORRES, A. P. Alimentação das Aves. São Paulo: **Edições Melhoramentos**, p. 259, 1969.

UPADHAYA, S. D.; LEE, K. Y.; SERPUNJA, S.; SONG, T. H.; KIM, I. H. Growth performance, nutrient digestibility, fecal microbiota and fecal noxious gas emission in weaning pigs fed high and low density diet with and without protected organic acid blends. **Animal Feed Science and Technology**, p. 1-8, 2018.

VIRDEN, W. S.; YEATMAN, J. B.; BARBER, S. J.; ZUMWALT, C. D.; WARD, T. L.; JOHNSON, A. B.; KIDD, M. T. Hen mineral nutrition impacts progeny livability. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, n. 4, p. 411-416, 2003.

WANG, H.; LIANG, S.; LI, X.; YANG, X.; LONG, F.; YANG, X. Effects of encapsulated essential oils and organic acids on laying performance, egg quality, intestinal morphology, barrier function, and microflora count of hens during the early laying period. **Poultry Science**, v. 98, n. 12, p. 6751-6760, 2019.

WANG, Y.; ZHANG, L.; XU, Y.; DING, X.; WANG, Y.; FU, A.; ZHAN, X. Zinc supplementation improves embryonic development and growth performance in chickens. **Poultry Science**, v. 99, n. 4, p. 1803-1811, 2020.

WONG, E. A.; UNI, Z. Centennial Review: The chicken yolk sac is a multifunctional organ. **Poultry Science**, v. 100, n. 3, 2021

YIGIT, A. A.; PANDA, A. K.; CHERIAN, G. The avian embryo and its antioxidant defense system. **Worlds Poultry Science Journal**, v. 70, n. 3, p. 563-574, 2014.

YE, Y.; WU, J.; QUAN, J.; DING, R.; YANG, M.; WANG, X.; ZHOU, S.; ZHUANG, Z.; HUANG, S.; GU, T.; HONG, L.; ZHENG, E.; WU, Z.; YANG, J. Lipids and organic acids in three gut locations affect feed efficiency of commercial pigs as revealed by LC-MS-based metabolomics. **Scientific reports**, v. 11, p. 7746, 2021.

ZHAI, H.; LIU, H.; WANG, A.; WU, J.; KLUEBTER, A. M. Potential of essential oils for poultry and pigs. **Animal nutrition**, v. 4, 2 ed, p. 113-240, 2018.

ZHU, Y. W.; LIWX, L. U. L.; ZHANG, L. Y. J. I. C.; LIN, X.; LIU, H. C.; ODLE, J.; LUO, X. G. Impact of maternal heat stress in conjunction with dietary zinc supplementation on hatchability, embryonic development, and growth performance in offspring broilers. **Poultry Science**, v. 96, n. 7, p. 2351-2359, 2017.

**SUPLEMENTAÇÃO COM *BLEND* COMPOSTO POR ÁCIDOS  
ORGÂNICOS, ÓLEOS ESSENCIAIS, CURCUMINA, TANINOS, VITAMINA  
E E ZINCO NA ALIMENTAÇÃO DE MATRIZES DE CODORNAS  
JAPONESAS E SEUS EFEITOS NA PROGÊNIE**

**Artigo nas normas da: British Poultry Science**

**RESUMO**

1. A nutrição materna de codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) pode influenciar no desenvolvimento e saúde da progênie.
2. Nosso objetivo foi avaliar o efeito da adição do *blend* na ração materna sobre parâmetros produtivos e reprodutivos das matrizes de codornas japonesas, bem como os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento embrionário e da progênie com 15 dias de idade.
3. Cem matrizes com 84 dias de idade foram distribuídas em dois tratamentos referentes a dieta materna: dieta referência ( $n = 50$  aves) e dieta referência com *blend* de óleos essenciais de canela, eugenol, timol e orégano, ácidos orgânicos (ácido cítrico, ácido fumárico, ácido sórbico e ácido málico), curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulado ( $n = 50$  aves).
4. Os machos foram usados neste estudo apenas para o acasalamento. Os machos foram colocados em contato com as matrizes (102 dias de idade) 1 h por dia, em um esquema rotacionado. A partir do 11º dia de acasalamento, seis ovos de cada matriz/tratamento coletados por 8 dias e após esse período os ovos foram incubados a 37,5°C por um período de 17 dias.
5. A inclusão do *blend* na dieta da matriz aumentou a massa de ovo, a taxa de eclosão total e de eclodibilidade ( $p < 0,05$ ).
6. Os embriões com 15 dias de incubação provenientes das matrizes que receberam dieta com *blend* tiveram maior peso ( $p < 0,05$ ).
7. O comprimento intestinal da progênie aos 15 dias foi maior nos pintinhos das matrizes que receberam dieta com *blend* ( $p < 0,05$ ).
8. A adição do *blend* na dieta de matrizes de codornas japonesas melhorou a massa de ovo, a taxa de eclosão total e de eclodibilidade, o peso dos embriões, e o comprimento intestinal da progênie com 15 dias, sem afetar outros parâmetros produtivos, sugerindo benefícios para a matriz e sua progênie a curto e longo prazo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ácidos orgânicos; eclodibilidade; massa de ovo; matrizes de codornas; progênie

## Introdução

Inúmeras estratégias nutricionais vêm sendo adotadas visando ganhos na produção das matrizes e na qualidade dos ovos, além de otimizar o desempenho em termos de produção da progênie de maneira que seja mais econômica, mas que não haja percas em eficiência. Desse modo, o controle da dieta das matrizes tem ganhado destaque como um assunto de grande interesse na avicultura (Amevor et al. 2022).

A manipulação nutricional das dietas de matrizes é uma alternativa estratégica aparentemente eficiente já que o desenvolvimento embrionário depende em grande parte da dieta materna, pois os nutrientes fornecidos as matrizes são transferidos para o ovo e posteriormente para o embrião que por sua vez irá utilizar para o seu desenvolvimento. Essa interferência nutricional pode impactar positivamente, ou não, no processo de desenvolvimento dos pintinhos tanto na fase pré-eclosão como após a eclosão (Andreieux et al. 2022).

Estudos anteriores investigaram a influência da suplementação materna com diferentes tipos de nutrientes e aditivos alimentares naturais sobre as matrizes e seus descendentes (Videla et al. 2020; Pontes et al. 2024). Dentre as características estudadas estão, o aumento do peso do ovo, os ganhos na taxa de eclosão e o efeito positivo na qualidade da progênie (Videla et al. 2020; Amevor et al. 2022). Entre os aditivos recentemente avaliados, estão os naturais que vêm sendo amplamente testados em matrizes de postura (Fikry et al. 2021; Guimarães et al. 2021; Cornescu et al. 2022), que podem ser utilizados isolados ou em forma de *blend* (Saleh et al. 2021).

Esses aditivos naturais possuem diversos efeitos benéficos, dentre eles, a redução de bactérias nocivas, a melhora da saúde intestinal com consequente melhorias na absorção de nutrientes, além de promover melhor qualidade do ovo e do embrião, aumento da taxa de eclosão, de sobrevivência pós-eclosão e bem como melhor qualidade das codornas (Khan e Iqbal 2016; Abdeli et al. 2021; Saleh et al. 2021).

Neste estudo, o aditivo utilizado na dieta das matrizes foi um *blend* que contém diversos componentes sendo eles, ácidos orgânicos, óleos essenciais de canela, eugenol, timol e orégano, curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulados em gordura vegetal. Alguns estudos recentes com este *blend* foram investigados em codornas de postura (Pontes et al. 2024) e em frangos de corte (Tolomeotti et al. 2024). No entanto, ainda existe a necessidade de melhor explorar os efeitos desses *blends* em codornas, já que os efeitos da suplementação com aditivos fitogênicos podem variar conforme, a dosagem utilizada, o tempo de consumo da ração com *blend*, a idade da ave e as condições

específicas de criação e as particularidades do indivíduo, sendo, portanto, fundamental a realização de estudos adicionais. Diante disto, nosso objetivo foi avaliar o efeito da adição do *blend* de óleos essenciais de canela, eugenol, timol e orégano, ácidos orgânicos (ácido cítrico, ácido fumárico, ácido sórbico e ácido málico), curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulado, na ração materna sobre parâmetros produtivos e reprodutivos das matrizes de codornas japonesas, bem como os efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento embrionário e da progênie com 15 dias de idade.

## **Materiais e métodos**

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental Iguatemi, da Universidade Estadual de Maringá (Maringá-Paraná, Brasil), de acordo com as diretrizes do Comitê de Ética no Uso de Animais (número de aprovação do projeto 8954270323) da Universidade Estadual de Maringá, Brasil.

### ***Período de criação das codornas de 1 a 41 dias (cria e recria)***

Quinhentas codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) (250 fêmeas e 250 machos) obtidas de um criatório comercial (Vicami-SP-Brasil) foram utilizados inicialmente neste estudo. Essas aves foram criadas convencionalmente (separadas por sexo) de 1 a 41 dias de idade, em um galpão de alvenaria em boxes coletivos com cama de palha de arroz (50 aves/box), equipados com comedouros e bebedouros. As codornas receberam ração *ad libitum* formulada com milho e farelo de soja para atender às suas necessidades nutricionais de acordo com a idade, de acordo com Rostagno et al. (2024) (Tabela 1).

O programa de luz utilizado nesta fase foi por meio de iluminação natural. Durante todo o período, o desenvolvimento das aves foi monitorado diariamente.

### ***Período de criação de 42 a 126 dias (postura)***

Aos 42 dias, 100 fêmeas foram transferidas para um galpão de postura e foram alocadas em gaiolas metálicas individuais (0,15 m<sup>2</sup>/codorna) equipadas com comedouro tipo calha e bebedouros automáticos tipo chupeta linear. A partir desse período, o programa de luz foi de 16 h de luz (natural e artificial) e 8 h de escuro. Durante este período, a taxa de postura das aves foi monitorada diariamente. A dieta das matrizes, neste período também foi elaborada com milho e farelo de soja para atender às suas exigências nutricionais conforme sugerido por Rostagno et al. (2024) (Tabela 1).



Aos 84 dias de idade, 100 fêmeas com peso médio de 153, 30 g e taxa de postura de aproximadamente 85% foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos dietéticos, uma dieta referência (DR,  $n = 50$  aves) e dieta referência com adição de *blend* de óleos essenciais de canela, eugenol, timol e orégano, ácidos orgânicos (ácido cítrico, ácido fumárico, ácido sórbico e ácido málico), curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulado (DRB,  $n = 50$  aves) (Tabela 1). O *blend* foi adicionado na ração referência na proporção de 1 kg de blend por 1000 kg de ração.

Aos 42 dias de idade, os machos ( $n = 100$ ) também foram transferidos para o mesmo galpão das matrizes, sendo alocados em gaiolas metálicas individuais, e criados nas mesmas condições de alojamento, manejo e alimentação que as matrizes. Os machos foram utilizados apenas para acasalamento e receberam dieta referência *ad libitum* formulada de acordo com Rostagno et al. (2024).

No 84º dia de experimentação iniciou-se o acasalamento das matrizes com os machos para fertilização dos ovos. Os machos foram colocados em contato com as matrizes na proporção de um macho para cada matriz, por uma hora ao dia durante 18 dias. Os possíveis efeitos paternos foram minimizados por um esquema de rodízio entre os casais.

Nos 10 primeiros dias de acasalamento, os ovos foram coletados e contabilizados, a partir do 11º dia até o 18º dia de acasalamento os ovos foram coletados, pesados, identificados, e armazenados em ambiente com temperatura controlada a 22°C. No 18º dia de acasalamento, 6 ovos de cada matriz/tratamento ( $n = 600$  ovos) foram armazenados individualmente em redes de frutas e incubados por 17 dias (incubadora Chocmaster Luna 240) a 37,5°C, e umidade relativa de 60%. A viragem dos ovos se deu de forma automática a cada 2 h.

No final deste período experimental, as matrizes com 126 dias de idade foram abatidas por deslocamento cervical para a coleta de folículos ovarianos.

### ***Desempenho produtivo e reprodutivo das matrizes***

O desempenho produtivo e reprodutivo das matrizes ( $n = 50$  aves/tratamento) durante o período experimental (84 a 126 dias de idade) foi avaliado pelas seguintes variáveis: peso médio dos ovos (g), massa de ovo (g), perda de umidade do ovo e peso do pintinho ao nascer. A taxa de postura foi calculada considerando o período de produção de ovos de 42 dias (84 a 126 dias).

O desempenho reprodutivo ( $n = 50$  aves/tratamento) das matrizes foi avaliado considerando o número de folículos ovarianos pré-ovulatórios (fases 1 a 5), a taxa de postura, taxa de eclosão total e de eclodibilidade. Para obtenção do número de folículos ovarianos pré-ovulatórios, após o abate das matrizes, os ovários foram excisados e os folículos pré-ovulatórios foram extraídos e contabilizados.

### ***Desenvolvimento do embrião e da prole***

No 15º dia de incubação um ovo de cada matriz ( $n = 50$  ovos de matrizes que consumiram a dieta referência e  $n = 50$  ovos de matrizes que consumiram a dieta com *blend*) foram coletados aleatoriamente para avaliarmos o desenvolvimento do embrião com 15 dias de incubação.

Após a coleta de cada ovo, o peso do embrião e do saco vitelínico residual foram mensurados separadamente para estimar a utilização do saco vitelínico pelo embrião conforme descrito por Dayan et al. (2020). Nesse momento também foi determinado o comprimento do embrião. Aos 17 dias de incubação os animais começaram a eclodir e após a eclosão, os pintinhos foram pesados para obtenção do peso corporal.

Logo após a eclosão e pesagem dos animais, 100 pintinhos saudáveis (fêmeas e machos) foram distribuídos em 2 tratamentos referentes a dieta materna: dieta referência ( $n = 50$  pintinhos) e dieta referência com *blend* ( $n = 50$  pintinhos). Os pintinhos de cada tratamento foram criados de forma coletiva em círculos de proteção de eucatex ( $1 \text{ m}^2$ ), com o piso forrado com papel corrugado em ambiente climatizado na temperatura de conforto térmico do 1º ao 15º dia de idade. A ração e a água foram fornecidas em comedouros tipo bandeja e bebedouros infantis, respectivamente. Os pintinhos tiveram livre acesso à água e ração durante os 15 dias de vida, sendo a alimentação realizada duas vezes ao dia (manhã e à tarde).

Os pintinhos foram alimentados com ração referência (feita com milho e farelo de soja, sem a adição do *blend*) que foi formulada para atender às necessidades nutricionais na fase de cria (1–15 dias). A dieta inicial continha 2850 kcal/kg de energia metabolizável e 25,70% de proteína bruta (Rostagno et al. 2024).

No 15º dia de idade, as aves foram pesadas novamente para obtenção do peso vivo aos 15 dias de idade e logo após serem pesadas foram abatidas por deslocamento cervical para a coleta do intestino total (delgado e grosso) e em seguida o comprimento deste órgão foi mensurado.

### **Análises estatísticas**

Os dados das matrizes e da progênie foram submetidos à análise de variância utilizando o PROC GLM do pacote estatístico SAS (SAS, 2002 versão 9.00, SAS Inst. Inc., Cary, NC). As médias foram comparadas pelo teste de F ( $p < 0,05$ ).

### **Resultados**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de desempenho produtivo e reprodutivo das matrizes de codorna japonesa na fase de postura. Foi observado maior massa de ovo, taxa de eclosão total e de eclodibilidade para aves que receberam a dieta referência com inclusão do *blend* ( $p < 0,05$ ). Não foi observado efeito significativo dos tratamentos sobre a taxa de postura, o peso médio do ovo, a perda de umidade do ovo e o número de folículos ovarianos pré-ovulatórios ( $p > 0,05$ ).

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes ao efeito da nutrição materna sobre a progênie na fase embrionária (15 dias de incubação). Pode se observar que as matrizes que receberam a dieta contendo o *blend* obtiveram embriões mais pesados do que as matrizes que consumiram a dieta referência (6,12 g vs 5,39 g;  $p = 0,046$ ). Não houve efeito dos tratamentos sobre o peso do saco vitelínico e o comprimento do embrião ( $p > 0,05$ ).

Os resultados do efeito da nutrição materna sobre a progênie na fase de cria com 15 dias de idade, são apresentados na Tabela 4. Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) significativa dos tratamentos sobre o peso ao nascimento e aos 15 dias de idade. Por outro lado, é possível observar que os pintinhos com 15 dias de idade provenientes das matrizes que receberam dieta com *blend*, apresentaram maior comprimento intestinal (45,83 mm vs 40,83 mm;  $p = 0,0237$ ).

### **Discussão**

A taxa de postura e massa de ovos de matrizes de codornas pode ser melhorado por meio da nutrição. Uma das formas de se manipular a dieta é com a adição de aditivos fitogênicos na formulação, que auxiliam no melhor desenvolvimento ovariano e promovem uma melhor saúde intestinal, assim tendo efeitos positivos na qualidade dos ovos e da progênie (Amevor et al. 2022).

A dieta da matriz pode influenciar na massa do ovo que é um importante indicador de produtividade no setor avícola. A massa de ovo foi maior no tratamento com adição do *blend*, é provável que esse aumento tenha ocorrido devido aos efeitos benéficos dos

componentes deste *blend*, já que estes contêm substâncias bioativas como polifenóis, terpenóides, fenólicos, glicosídeos e alcaloides, conhecidos por seus efeitos positivos na saúde animal (Abdelli et al. 2021). Seus efeitos conhecidos são o antioxidante, anti-inflamatório e antimicrobiano, que melhoram a saúde intestinal, a função hepática, o metabolismo e o desempenho produtivo e reprodutivo das aves (Saleh et al. 2021). Além disso, vale ressaltar que no *blend* contém o ácido cítrico e fumárico que auxiliam na redução do pH do intestino delgado de codornas que pode variar de 5,7 a 7,2 por sua extensão. O benefício da redução desse pH é que isso estabelece um ambiente hostil à proliferação de bactérias com potencial patogênico, otimizando dessa forma o equilíbrio da microflora intestinal, que contribui por sua vez para manutenção e melhoras na absorção de nutrientes, incluindo aqueles essenciais para a formação do ovo, como o cálcio, lipídios e proteínas (Gong et al. 2020; Alexandrino et al. 2020).

Além disso, compostos como isoflavonas, ligninas e certos terpenos, têm propriedades estrogênicas que conseguem interagir com os receptores de estrogênio no organismo animal (Wistedt et al. 2012). Os fitoestrogênios têm a função de mimetizar o estrogênio endógeno ao se ligar aos receptores de estrogênio alfa ( $ER\alpha$ ) e beta ( $ER\beta$ ), promovendo respostas biológicas similares às induzidas pelo hormônio natural, auxiliando assim no aumento da produção de ovos. Os fitoestrogênios promovem produção de ovos de forma mais eficiente e de maior qualidade (Saleh et al. 2021).

Nossos resultados corroboram com o de Pontes et al. (2024), que ao utilizarem este mesmo *blend* na ração de codornas japonesas, apresentaram ovos mais pesados e aumento da capacidade antioxidantes no ovo, demonstrando que a dieta melhorou a produtividade e qualidade dos ovos dessas aves.

Em nosso estudo as matrizes alimentadas com a dieta referência que tinha o *blend*, apresentaram maior taxa de eclosão total e de eclodibilidade. Nossos resultados corroboram com os de Michel et al. (2017). Estes autores suplementaram as matrizes de frangos de corte com *blend* de ácidos orgânicos e eles também observaram maior taxa de eclosão dos ovos oriundos das matrizes que consumiram o *blend*. Sugerindo que este efeito seja resultante da melhoria na qualidade dos ovos, pois os ácidos orgânicos podem ajudar a estabilizar o ambiente fisiológico das aves, resultando em ovos com cascas mais fortes e melhor estrutura. Isso contribui diretamente para uma maior taxa de eclosão, pois ovos com cascas mais espessas têm menor probabilidade de quebra ou dano durante o manuseio e incubação (Michel et al. 2017).

Além dos aditivos fitogênicos, o zinco e a vitamina E também possuem propriedades antioxidantes capazes de minimizar o estresse oxidativo dos ovos e dos embriões e, quando utilizados na dieta de aves poedeiras essas propriedades são transferidas para o ovo e para os embriões, o que resulta em maior quantidade de ovos férteis e pintinhos de melhor qualidade (Huang et al. 2019; Yu et al. 2020; Amevor et al. 2022; Pontes et al. 2024).

Nós também observamos que os embriões provenientes das matrizes que receberam dieta referência com o *blend*, apresentaram maior peso. O embrião se desenvolve de maneira independente dentro do ovo, e todos os nutrientes necessários para esse desenvolvimento são incorporados durante o processo de formação do ovo (Willems et al. 2014). Como esses nutrientes têm origem no organismo materno, é essencial que a matriz consiga absorvê-los de forma eficiente para poder transferir para o ovo. Para que durante a incubação, esses nutrientes sejam metabolicamente aproveitados pelo embrião para garantir o desenvolvimento embrionário adequado e a viabilidade do pintinho na eclosão (Vieira, 2007). Corroborando com nossos resultados, Safavipour et al. (2022) também demonstraram efeitos positivos da suplementação da ração de codornas japonesas com fitogênicos sobre a taxa de eclosão, de eclodibilidade e o peso do ovo.

Assim, nossos resultados indicam que a adição do *blend* na ração da matriz, tem ação positiva sobre todas as etapas de formação do ovo, desenvolvimento embrionário até a eclosão de um pintinho de codorna viável. Isso pode ser uma estratégia eficaz para melhorar a transferência de nutrientes e outras substâncias funcionais ao ovo e ao embrião.

O efeito de dietas enriquecidas com aditivos fitogênicos na alimentação das matrizes tem mostrado um impacto positivo não somente nas matrizes, mas, também no desenvolvimento dos seus embriões e nas características do trato gastrointestinal da sua progênie (Gong et al. 2020; Pontes et al. 2024). A suplementação com aditivos naturais na dieta das matrizes pode aprimorar o desempenho das aves e sobretudo a integridade da microbiota intestinal materna, que pode por sua vez influenciar também a microbiota intestinal da progênie por meio dos efeitos ditos epigenéticos e isso resulta em melhor desenvolvimento embrionário e pintinhos com melhor capacidade de digestão e absorção de nutrientes após o nascimento (Gong et al. 2020).

No presente estudo, o comprimento intestinal foi maior para os filhos das matrizes que receberam a dieta referência com *blend*. Acredita-se que os aditivos melhorem o desempenho das matrizes por meio dos inúmeros mecanismos que podem melhorar a

capacidade de digestão e absorção de nutrientes. Essas melhorias permitem que os nutrientes presentes na dieta materna sejam eficientemente digeridos, absorvidos e incorporados no ovo e, que posteriormente serão utilizados pelo embrião para o seu desenvolvimento no ovo e após a eclosão surtindo efeitos positivos sobre o crescimento do trato intestinal (Pontes et al. 2024).

Donh et al. (2024) também observaram que aves alimentadas com ácidos orgânicos, em fases iniciais, apresentam um aumento significativo no comprimento intestinal em comparação com aves que não receberam esse tipo de suplementação. Rebel et al. (2006) investigaram a influência da dieta materna no padrão de expressão de genes intestinal na progênie. As matrizes consumiram durante 11 semanas, ração comercial ou suplementada com vitaminas e minerais. Os autores também não encontraram diferença significativa no desempenho da progênie dos dois grupos. Contudo, os autores observaram que a dieta materna influenciou a expressão de genes relacionados ao metabolismo, a absorção de alimentos, ao desenvolvimento intestinal e ao sistema imunológico intestinal, além de observar diferenças número de células em proliferação nas vilosidades e na área de transição do intestino da progênie com 3 e 14 dias de idade. Confirmando que a dieta materna exerce influência persistente no desenvolvimento e na funcionalidade do intestino da progênie.

De fato, o resultado por nós observado na progênie com 15 dias de idade nos mostra que a manipulação da dieta materna pode ter efeitos benéficos na progênie não somente durante o estágio in ovo, mas também a longo prazo, uma vez que um intestino mais longo sugere ser mais bem desenvolvido, podendo ser considerado como um indicativo de que as aves terão maior capacidade de absorção, o que contribuirá para melhor ganho de peso e conversão alimentar (Abd El-Ghany et al., 2024).

## **Conclusões**

A adição do *blend* composto por óleos essenciais de canela, eugenol, timol e orégano, ácidos orgânicos (ácido cítrico, ácido fumárico, ácido sórbico e ácido málico), curcumina, taninos, vitamina E e zinco microencapsulado, otimizou o desempenho das matrizes, além de ter mostrado efeito positivo sobre o desenvolvimento embrionário e do intestino da progênie com 15 dias de idade.

## Referências

- Abd El-Ghany, W. A. 2024. “Applications of Organic Acids in Poultry Production: Na Update and Comprehensive Review”. *Agriculture* 14 (10): 1756.  
<https://doi.org/10.3390/agriculture14101756>
- Abdelli, N., Solá-Oriol, D., Pérez Phytogenic, J. F. 2021. “Phytogenic Feed Additives in Poultry: Achievements, Prospective and Challenges”. *Animals* 11 (12): 3471.  
<https://doi.org/10.3390/ani11123471>
- Alexandrino, S. L. D. S., Costa, T. F., Silva, N. G. D., Abreu, J. M., Silva, N. F. D., Sampaio, S. A., Christofoli, M., Cruz, L. C. D. F., Moura, G. F., Faria, P. P., Minafra, C. S. 2022. “Intestinal Microbiota and Factors Influencing Poultry”. *Res Soc Dev* 9 (6): 87963098. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3098>
- Amevor, F. K., Cui, Z., Du, X., Ning, Z., Deng, X., Xu, D., Wu, Y., Cao, X., Wei, S., Shu, G., Han, X., Tian, Y., Li, D., Whang, Y., Zhang, Y., Du, X., Xu, X., Zhu, Q., Zhao, X. 2022. “Synergy Between Dietary Quercetin and Vitamin e Supplementation in Aged Hen’s Diet Improves Hatching Traits, Embryo Quality, and Antioxidant Capacity of Chicks Hatched From Eggs Subjected Storage”. *Frontiers in Physiology* 13: 873551. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.873551>
- Andrieux, C., Petit, A., Collin, A., Houssier, M., Métayer-Coustard, S., Panserat, S., Pitel, F., Coustham, V. 2022. “Early Phenotype Programming in Birds by Temperature and Nutrition: a ini-review”. *Frontiers Animal Science* 2: 755842.  
<https://doi.org/10.3389/fanim.2021.755842>
- Araújo I. C. S., Café M. B., Noleto R. A., Martins J. M. S., Ulhoa C. J., Guareshi G. C. 2019. “Effect of Vitamin E in Ovo Feeding to Broiler Embryos on Hatchability, Chick Quality, Oxidative State, and Performance”. *Poultry Science* 98 (9): 3652–3661.  
<https://doi.org/10.3382/ps/pey439>
- Cornescu, G. M., Vlaicu, A. P., Untea, A. E., Panaite, T. D., Oancea, A., Saracila, M. 2022. “The Effects of Diets Incorporating Natural Source of Tannins on Laying Hens’

- Production Performances and Physical Parameters of Eggs”. *Arch Zootech* 25 (2): 75–85. <https://doi.org/10.2478/azibna-2022-0015>
- Dong, Y., Gao, X., Qiao, C., Han, M., Miao, Z., Liu, C., Yan, L., Li, J. 2024. “Effects of Mixed Organic Acids and Essential Oils in Drinking Water on Growth Performance, Intestinal Digestive Capacity, and Immune Status in Broiler Chickens”. *Animals* 14 (15): 2160. <https://doi.org/10.3390/ani14152160>
- Faure, S., Georges, M., McKey, J., Sagnol, S., Barbara, P. S. 2013. “Expression Pattern of the Homeotic Gene *Bapx1* During Early Chick Gastrointestinal Tract Development”. *Gene Expression Patterns* 13 (8): 287–292. <https://doi.org/10.1016/j.gep.2013.05.005>
- Fikry, A. M., Attia A. I., Ismail I. E., Alagawany M., Reda, F. M. 2021. “Dietary Citric Acid Enhances Growth Performance, Nutrient Digestibility, Intestinal Microbiota, Antioxidant Status, and Immunity of Japanese Quails”. *Poultry Science* 100 (9): 101326. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101326>
- Fouladi, P.; Ebrahimnezhad, Y.; Azad, I.; Shahryar, H. A.; Maheri, N. 2018. “Effects of Organic Acids Supplement on Performance, Egg Traits, Blood Serum Biochemical Parameters and Gut Microflora in Female Japanese Quail (*Coturnix coturnix japonica*)”. *Brazilian Journal of Poultry Science* 20 (1): 133–144. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0375>
- Gong, H. Z., Wu, M., Lang, W. Y., Yang, M., Wang, J. H., Wang, Y. Q., Zheng, X. 2019. “Effects of Laying Breeder Hens Dietary  $\beta$ -carotene, Curcumin, Allicin, and Sodium Butyrate Supplementation on the Growth Performance, Immunity, and Jejunum Morphology of Their Offspring Chicks”. *Poultry Science* 99 (1): 151–162. <https://doi.org/10.3382/ps/pez584>
- Guimarães, R. R., Oliveira, M. A., Oliveira, H. C., Doró, S. C. O. L., Machado, L. A., Oliveira, M. C. 2021. Turmeric Powder in the Diet of Japanese Quails Improves the Quality of Stored Eggs”. *Rev Bras Saúde Prod Anim* 22:1–18. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402122052021>



- Huang, L., Li, X., Wang, W., Yang, L., Zhu, Y. 2019. “The Role of Zinc in Poultry Breeder and Hen Nutrition: an Update”. *Biological Trace Element Research* 192 (2): 308–318. <https://doi.org/10.1007/s12011-019-1659-0>
- Khan, S. H., Iqbal, J. 2016. “Recent Advances in the Role of Organic Acids in Poultry Nutrition”. *Journal of Applied Animal Research* 44 (1): 359–369. <https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1079527>
- Ma, Y., Zhou, S., Lin, X., Zeng, W., Mi, Y., Zhang, C. 2019. “Effect of Dietary N-carbamylglutamate on Development of Ovarian Follicles via Enhanced Angiogenesis in the Chicken”. *Poultry Science* 99 (1): 578–589. <https://doi.org/10.3382/ps/pez545>
- Michel, M. A., Revidatti, F. A., Fernández, R. J., Sindik, M. L., Sanz, P., Hernandez-Velasco, X., Latorre, J. D., Hargis, B. M., Guillermo, T. G. 2017. “Evaluation of a Commercially Available Probiotic and Organic Acid Blend Product on Production Parameters and Economics in Broiler Breeders”. *Nutrition and Food Technology* 3 (1): 1–5. <http://dx.doi.org/10.16966/2470-6086.139>
- Pontes, K. M., Del Vesco, A. P., Khatlab, A. S., Lima Júnior, J. W. R., Cangianelli, G. H., López, J. C. C., Stivanin, T. E., Bastos, M. S., Santana, T. P., Gasparino, E. 2024. “Effects of Inclusion of the Blend of Essential Oils, Organic Acids, Curcumin, Tannins, Vitamin E, and Zinc in the Maternal Diet, and of Incubation Temperature on Early and Late Development of Quail”. *Poultry Science* 103 (10): 104022. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2024.104022>
- Rebel J. M., S. Van Hemert, A. J. Hoekman, F. R. Balk, N. Stockhofe-Zurwieden, D. Bakker, M. A. Smits. 2006. “Maternal Diet Influences Gene Expression in Intestine of Offspring in Chicken (*Gallus gallus*)”. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology* 145 (4): 502–508. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2006.08.035>
- Rostagno, H. S., Albino, L. F. T., Calderano, A. A., Hannas, M. I., Sakomura, N. K., Rocha, G. C., Sariva, A., Abreu, M. L. T., Genova, J. L. Tavernari, F. C. 2024.

“Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos – Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais”. 5ª ed. Visconde do Rio Branco, MG, Brasil. Suprema. 531 p.

Safavipour, S., Tabeidian, S.A., Toghyani, M., Shahraki, A.D.F., Ghalammkari, G., Habibian, M. 2022. “Nutrient Digestibility, Digestive Enzymes Activity, Gut Microbiota, Intestinal Morphology, Antioxidant Capacity, Mucosal Immunity, and Cytokine Levels in Meat-type Japanese Quail Breeders Fed Different Phytogetic Levels”. *Research in Veterinary Science* 153: 74–87.

<https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2022.10.017>

Saleh, A. A., Hamed, S., Hassan, A. M., Amber, K., Awad, W., Alzawqari, M. H., Shukry, M. 2021. “Productive Performance, Ovarian Follicular Developpment, Lipid Peroxidation, Antioxidative Status, and Egg Quality in Laying Hens Fed Diets Supplemented With *Salvia Officinalis* and *Origanum Majorana* Powder Levels”. *Animals* 11 (12): 3513. <https://doi.org/10.3390/ani11123513>

Sugiharto, S. 2016. “Role of Nutraceuticals in Gut Health and Growth Performance of Poultry”. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* 15 (2): 99–111. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.06.001>

Videla, E. A., Giayetto, O., Fernández, M. E., Chacana, P. A., Marín, R. H., Nazar, F. N. 2020. “Immediate and Transgenerational Effects of Thymol Supplementation, Inactivated Salmonella and Chronic Heat Stress on Representative Immune Variables of Japanese Quail”. *Scientific Reports* 10 (1): 18152.

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-74547-2>

Vieira, S.L.2007. “Chicken Embryo Utilization of Egg Micronutrientes”. *Brazilian Journal Poultry Science* 9 (1): 1–8.

<https://doi.org/10.1590/S1516-635X2007000100001>

Willems, E., Decuypere, E., Buyse, J., Everaert, N. 2014. “Importance of Albumen During Embryonic Development in Avian Species, With Emphasis on Domestic Chicken”. *World’s Poultry Science Journal* 70 (03): 503–518.

<https://doi.org/10.1017/S0043933914000567>

Wistedt, A., Ridderstråle, Y., Wall, H., Holm, L. 2012. “Effects of Phytoestrogen Supplementation in the Feed on the Shell Gland of Laying Hens at the end of the Laying Period”. *Animal Reproduction Science* 133 (3-4): 205–213.

<https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.06.020>

Yu, Q., Liu, H., Yang, K., Tang, X., Chen, S., Ajuwon, K. M., Fang, R. 2020. “Effect of the Level and Source of Supplementary Dietary Zinc on Egg Production, Quality, and Zinc Content and on Serum Antioxidant Parameters and Zinc Concentration in Laying Hens”. *Poultry Science* 99 (11): 6233-6238. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.06.029>

**Tabela 1.** Dietas experimentais fornecidas as codornas japonesas

Ingredientes	Pré-experimental dieta referência		Período experimental	
	1-14 d	15-41 d	Dieta referência 42-126 d	Dieta referência + <i>blend</i> <sup>a</sup> 84 -126 d
Milho PR 7,8 % PB	47,03	47,03	52,68	52,58
Farelo de Soja 46% PB	45,62	45,62	29,89	29,89
Sal comum	0,50	0,60	0,35	0,35
Óleo de soja	2,99	2,96	4,75	4,75
Calcáreo Calcítico	1,22	1,21	10,12	10,12
Fosfato bicálcico	2,23	2,20	1,33	1,33
DL-Metionina 99 %	0,18	0,16	0,42	0,42
L-Treonina 98 %	0,01	0,01	0,05	0,05
L-Lisina- HCL	0,02	0,01	0,21	0,21
Premix vitamínico e mineral <sup>b</sup>	0,20	0,20	0,20	0,20
<i>Blend</i> <sup>c</sup>	-	-	-	0,100
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
<b>COMPOSIÇÃO CALCULADA</b>				
Energia metabolizável (kcal/kg)	2850	2850	2850	2850
Proteína bruta (%)	25,70	25,20	18,30	18,30
Cálcio (%)	0,752	0,574	3,01	3,01
Fósforo disponível (%)	0,435	0,294	0,311	0,311
Sódio (%)	0,205	0,214	0,156	0,156
Triptofano digestível (%)	0,235	0,239	0,220	0,220
Metionina+cistina	0,952	0,771	0,86	0,86
Lisina digestível (%)	1,400	1,150	1,05	1,05
Treonina digestível (%)	0,938	0,908	0,64	0,64

Dieta referência, as dietas foram formuladas de acordo com Rostagno et al. (2024) para atender as exigências das codornas nas fases de cria, recria e postura. Nessas rações não houve adição do blend de óleos essenciais, ácidos orgânicos, tanino, vitamina E e zinco.

<sup>a</sup>Dieta referência + *blend*, dieta referência com blend de ácidos orgânicos, óleos essenciais de canela, eugenol, timol e orégano, curcumina, tanino, vitamina E e zinco microencapsulados em gordura vegetal. Essa dieta também foi formulada de acordo com Rostagno et al. (2024), sendo fornecidas aos animais no período experimental de 84 a 126 dias de idade.

<sup>b</sup>Fornecido por kg de produto (ração 1 a 14 dias) = 2.270,000 UI de vitamina A; 6.330 UI de vitamina E; 561 mg de vitamina B1; 1.490 mg de vitamina B2; 858 mg de vitamina B6; 3.500 mcg de vitamina B12; 450 mg de vitamina K3; 2.976 mg de pantotenato de cálcio; 8.820 mg de niacina; 200 mg de ácido fólico; 20 mg de biotina; 86 mg de colina; 19 mg de zinco; 14 mg de ferro; 20 mg de manganês; 3.040 mg de cobre; 290 mg de iodo; 50 mg de cobalto; 88 mg de selênio; 25 mg de etoxiquim e 20 mg de BHA. <sup>3</sup>Fornecido por kg de produto (15 a 126 dias) = 2.250,000 UI vitamina A; 500.000 UI vitamina D3; 7.000 UI vitamina E; 450 mg vitamina B1; 1.000 mg vitamina B2; 450 mg vitamina B6; 3.500 mg vitamina B12; 420 mg vitamina K3; 2.500 mg pantotenato de cálcio; 7.000 mg niacina; 180 mg ácido fólico; 15 mg biotina; 55 g colina; 12 g zinco; 12 g ferro; 15 g manganês; 3.000 mg cobre; 250 mg iodo; 50 mg cobalto; 72 mg selênio; 40 mg

etoxiquim; 40 mg BHT.

<sup>c</sup>O *blend* é composto de ácido cítrico, fumárico, sórbico, málico, óleo essencial de canela, eugenol, timol e orégano, vitamina E, zinco e taninos microencapsulados em gordura vegetal. Níveis de garantia do blend OEAOTVEZ/kg: 50,00 g ácido cítrico; 135,00 g ácido fumárico; 35,00 g ácido sórbico; 35,00 g de ácido málico; 15,00 mg de zinco; 12,00 mg vitamina E.

**Tabela 2.** Efeito da dieta sobre o desempenho das matrizes de codornas japonesas em fase de postura

Tratamentos	Variáveis						
	MO	TP	PMO	TET	TE	PUO	NF
	(g)	(%)	(g)	(%)	(%)	(%)	(n)
DRB	374,03 <sup>a</sup>	97,28	10,80	74,36 <sup>a</sup>	80,68 <sup>a</sup>	10,19	4,00
DR	351,13 <sup>b</sup>	93,83	10,84	65,82 <sup>b</sup>	68,94 <sup>b</sup>	11,28	4,20
P-valor	0,0451	0,0873	0,8617	0,0466	0,0245	0,1069	0,6327
SEM	7,8573	1,3968	0,1290	2,9523	3,5709	0,5334	0,2961

<sup>a,b</sup>Presença de letras diferentes entre os tratamentos representa diferença estatística significativa entre as médias; SEM = Erro Padrão médio; MO – Massa de ovo; TP - Taxa de postura; PMO – Peso médio do ovo; TET – Taxa de eclosão total; TE – Taxa de eclodibilidade; PUO – Perda de umidade do ovo; NF – Números de folículos ovarianos pré-ovulatório; DRB – Dieta com *blend*; DR – Dieta referência sem suplementação.

**Tabela 3.** Efeito da nutrição materna sobre o desenvolvimento do embrião aos 15 dias de incubação

Tratamentos	Variáveis		
	PSV (g)	PE (g)	CE (mm)
DRB	1,56	6,12 <sup>a</sup>	83,68
DR	1,41	5,39 <sup>b</sup>	84,55
P-valor	0,2939	0,0031	0,6486
SEM	0,0984	0,1874	1,4031

<sup>a,b</sup>Presença de letras diferentes entre os tratamentos representa diferença estatística significativa entre as médias; SEM = Erro Padrão médio; PSV – Peso do saco vitelínico; PE – Peso do embrião 15 dias; CE – Comprimento do embrião; DRB – Dieta com *blend*; DR – Dieta referência sem suplementação.

**Tabela 4.** Efeito da nutrição materna sobre o desempenho da progênie na fase de cria (15 dias de idade)

Tratamentos	Variáveis		
	PN (g)	PAVE 15 (g)	CID 15 (mm)
DRB	7,75	56,24	45,83 <sup>a</sup>
DR	7,88	57,81	40,83 <sup>b</sup>
P-valor	0,5614	0,3760	0,0237
SEM	0,1484	1,2135	1,3021

<sup>a,b</sup>Presença de letras diferentes entre tratamentos representa diferença estatística significativa entre as médias; SEM = Erro Padrão da Média; PN – Peso ao nascimento; PAVE 15 – Peso aos 15 dias; CID – Comprimento intestinal (delgado + grosso) aos 15 dias; DRB – Dieta com *blend*; DR – Dieta referência sem suplementação.



## APÉNDICES

### MANUSCRIPT SUBMISSION

All submissions should be made online at the [British Poultry Science ScholarOne Manuscripts site](#). New users should first create an account. Once logged on to the site, submissions should be made via the Author Centre. Online user guides and access to a helpdesk are available on this website.

Manuscripts may be submitted in any standard format, including Word, EndNote and PDF. These files will be automatically converted into a PDF file for the review process. LaTeX files should be converted to PDF prior to submission because ScholarOne Manuscripts is not able to convert LaTeX files into PDFs directly. Please note, at revision stage, authors should ensure they have also uploaded a copy of their final manuscript in an editable format. **There are no submission fees, publication fees or page charges for publication in *British Poultry Science*.** For any queries relating to Manuscript Central please email [bps@tandf.co.uk](mailto:bps@tandf.co.uk).

Click [here](#) for information regarding anonymous peer review

### Open Access

You have the option to publish open access in this journal via our Open Select publishing program. Publishing open access means that your article will be free to access online immediately on publication, increasing the visibility, readership and impact of your research. Articles published Open Select with Taylor & Francis typically receive 45% more citations\* and over 6 times as many downloads\*\* compared to those that are not published Open Select.

Your research funder or your institution may require you to publish your article open access. Visit our [Author Services](#) website to find out more about open access policies and how you can comply with these.

You will be asked to pay an article publishing charge (APC) to make your article open access and this cost can often be covered by your institution or funder. Use our [APC finder](#) to view the APC for this journal.

Please visit our [Author Services website](#) if you would like more information about our Open Select Program.

\*Citations for articles published online 2018-2022. Data obtained on 23rd August 2023, from Digital Science's Dimensions platform, available at <https://app.dimensions.ai> \*\*Usage in 2020-2022 for articles published online 2018-2022

### Data Sharing Policy

This journal applies the Taylor & Francis [Basic Data Sharing Policy](#). Authors are encouraged to share or make open the data supporting the results or analyses presented in their paper where this does not violate the protection of human subjects or other valid privacy or security concerns.

Authors are encouraged to deposit the dataset(s) in a recognized data repository that can mint a persistent digital identifier, preferably a digital object identifier (DOI) and recognizes a long-term preservation plan. If you are uncertain about where to deposit your data, please see [this information](#) regarding repositories.

Authors are further encouraged to [cite any data sets referenced](#) in the article and provide a [Data Availability Statement](#).

At the point of submission, you will be asked if there is a data set associated with the paper. If you reply yes, you will be asked to provide the DOI, pre-registered DOI, hyperlink, or other persistent identifier associated with the data set(s). If you have selected to provide a pre-registered DOI, please be prepared to share the reviewer URL associated with your data deposit, upon request by reviewers.

Where one or multiple data sets are associated with a manuscript, these are not formally peer reviewed as a part of the journal submission process. It is the author's responsibility to ensure the soundness of data. Any errors in the data rest solely with the producers of the data set(s).

## MANUSCRIPT PREPARATION

### General guidelines

- Papers are accepted only in English. British English spelling and punctuation is preferred. Please use double quotation marks, except where "a quotation is 'within' a quotation".
- Papers must be double-spaced, leaving a margin of at least 40 mm on the left-hand side. Pages of text and references should be numbered at the top right hand corner.
- Please ensure all listed authors meet the [Taylor & Francis authorship criteria](#). All the authors of a paper should include their full name and affiliation on the cover page of the manuscript. One author should be identified as the corresponding author. The affiliations of all named co-authors should be the affiliation where the research was conducted. If any of the named co-authors moves affiliation during the peer review process, the new affiliation can be given as a footnote. Please note that no changes to affiliation can be made after the article is accepted.
- For all manuscripts non-discriminatory language is mandatory. Sexist or racist terms should not be used.
- Authors must adhere to SI units. Units are not italicised.
- When using a word which is or is asserted to be a proprietary term or trade mark, authors must use the symbol ® or TM.

### Layout

Most manuscripts will be divisible into conventional form, but if another seems

more appropriate the authors should consult the Editor. The conventional form comprises the following sections.

**Abstract.** *A series of numbered sentences or numbered short paragraphs briefly describing the purpose, approach, results and conclusions of the work, not to exceed 5% of the length of the following text (excluding references).*

### **Keywords**

Please include 5-8 keywords of terms relevant to your specific work, which are not used in the title. Preferably some of the keywords should be selected from [this list](#).

**Introduction.** A description of background material to explain why the work was undertaken or culminating in a hypothesis. The object of the study should be clearly stated. Only representative, relevant references should be quoted.

**Materials and Methods.** A description of the broad outline of the approach taken and descriptions of the methods used *in sufficient detail to allow the work to be repeated*.

**Results.** A description of the findings.

**Discussion.** A consideration of the findings in relation to other published information and any initial hypothesis. The final paragraph(s) should present conclusions, but a separate heading is not required.

**Acknowledgements.** Brief formal acknowledgements may be included.

**References.** The journal uses the [Chicago Author-Date reference style](#), with the modification that, where a paper has 3 or more authors, the in-text citation should cite the first author only.

The author is wholly responsible for the accuracy of the references.

**Data availability statement.** If there is a data set associated with the paper, please provide information about where the data supporting the results or analyses presented in the paper can be found. Where applicable, this should include the hyperlink, DOI or other persistent identifier associated with the data set(s). [Templates](#) are also available to support authors.

**Data deposition.** If you choose to share or make the data underlying the study open, please deposit your data in a [recognized data repository](#) prior to or at the time of submission. You will be asked to provide the DOI, pre-reserved DOI, or other persistent identifier for the data set.

### **Tables**

### **&**

### **Figures**

These should follow the List of References.

Tables

- Tables should be strictly limited in number and authors should consider whether a point can be made without a Table, by a description and a few values in the text.
- Each Table must be presented on a separate page, be numbered (except if it is the only Table) and be described by a brief informative title.
- Specific points of detail should be made in numbered footnotes.
- Very large Tables may cause difficulties in reproduction and should be avoided.
- Supplementary data may be stored in a data banking system and a reference included to register this fact.

## Figures

- Figures should only be included if they impart information not given in Tables.
- Where values may be of intrinsic interest a Table is preferable.
- Measures of variance are as important in Figures as in Tables. Lines must be bold and all symbols or hatching clear; symbols and points should be neat, well-defined (e.g. open or closed squares, circles or triangles) and unambiguous.
- Diagrams and line drawings should be clear- and bold - in black, on white.
- All Figures should be submitted larger than they are expected to appear in the Journal.
- Approximate positions in the text should be indicated.
- Explanatory captions should be brief but sufficient and typed where prompted on file upload.
- Where appropriate a scale marker should be included and top and bottom indicated.
- They should be identified as images/photographs, and numbered separately from figures. Details of numbering, identification and legends are as required for figures.
- It is in the author's interest to provide the highest quality figure format possible. Please be sure that all imported scanned material is scanned at the appropriate resolution: 1200 dpi for line art, 600 dpi for grayscale and 300 dpi for colour.
- Figures must be saved separate to text. Please do not embed figures in the paper file.
- Files should be saved as one of the following formats: TIFF (tagged image file format), PostScript or EPS (encapsulated PostScript), and should contain all the necessary font information and the source file of the application (e.g. CorelDraw/Mac, CorelDraw/PC).
- All figures must be numbered in the order in which they appear in the paper (e.g. Figure 1, Figure 2). In multi-part figures, each part should be labelled (e.g. Figure 1(a), Figure 1(b)).
- Figure captions must be saved separately, as part of the file containing the complete text of the paper, and numbered correspondingly.
- The filename for a graphic should be descriptive of the graphic, e.g. Figure1, Figure2a.
- Colour figures will be reproduced in colour in the online edition of the journal free of charge. If it is necessary for the figures to be reproduced in

colour in the print version, a charge will apply. Charges for colour pages in print are £250 per figure (\$395 US Dollars; \$385 Australian Dollars; 315 Euros). For more than 4 colour figures, figures 5 and above will be charged at £50 per figure (\$80 US Dollars; \$75 Australian Dollars; 63 Euros).

## Aids to presentation

Contributors should consult recent issues of British Poultry Science for general presentation and remember that readers might require to translate the paper into another language. Complicated language and jargon will invite editorial alteration. In each specialist area of poultry science authors should approach the subject using the nomenclature and general standards of primary British journals in the field of study (e.g., *Journal of Physiology*, *Biochemical Journal*, *British Journal of Nutrition*, *Journal of Applied Bacteriology*, *Physics in Medicine and Biology*, *Heredity*, *Animal Behaviour*).

**Nomenclature:** chemical nomenclature should follow the conventions of the Biochemical Society (*Biochemical Journal*, **145**: 13-14, 1975). Biochemical nomenclature should follow the recommendations of the IUPAC-IUB Commission (*Biochemical Journal*, **169**: 11-16, 1978). Enzymes should be defined initially by their full recommended names and EC numbers (*Enzyme Nomenclature* 1973, Amsterdam, Elsevier) and thereafter be referred to by accepted short names. Other specialised nomenclature should follow recent recommendations of a primary journal in the field. *Vitamins must be given their chemical names and identified as advised by IUNS (Nutrition Abstracts and Reviews Series, Series A, 48: 831-835, 1978).*

Approved names for genes can be accessed at the NCBI Entrez gene database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/gene/>). Names of avian genes should follow those for human genes. Names of gene, RNA and proteins for different species must be formatted following international guidelines available at [http://en.wikipedia.org/wiki/Gene\\_nomenclature](http://en.wikipedia.org/wiki/Gene_nomenclature). For birds, symbols of genes, *cDNA* and *mRNA* are in upper case italics and proteins are in upper case normal font.

**Units.** The International System (SI) must be used - Baron, D.N. (1977)

**Units, Symbols and Abbreviations.** London, The Royal Society for Medicine. Common fundamental units are: metre (m), litre (l), kilogram (kg), Joule (J - the calorie is not acceptable), mole (mol), degree Celsius (°C) (kelvin (K) may also be used), lux (lx), Newton (N), Pascal (Pa). The following prefixes are used to indicate order of magnitude: n (10<sup>-9</sup>), μ (10<sup>-6</sup>), m (10<sup>-3</sup>), k (10<sup>3</sup>), M (10<sup>6</sup>), G (10<sup>9</sup>). Authors in unusual specialities should check carefully for conformity with the SI system.

**Abbreviations.** Very commonly used abbreviations in specific areas (for example, DNA, ATP) may be used without explanation. Abbreviations permitted in other areas that may not be familiar in poultry science (for example, releasing hormones) should be explained. If in doubt, explain. Units should appear in Roman type, symbols in italic and other abbreviations in Roman capitals without

stops. Abbreviations are generally used in the singular and authors should avoid excessive use of idiosyncratic abbreviations and codings.

**Concentrations, compositions, proportions.** Chemical solutions should be expressed in molarities (M), where possible. In other cases w/v measures based on litres should be used. For solvent mixtures, ratios (for example: 1 chloroform: 2 methanol (v:v)) will be allowed. For compositions (for example, diet profiles), w/v expressions based on a relevant order of magnitude (g, kg) should be used. *Vitamins should be expressed as their chemical names and concentrations must be expressed on a mass basis, not in IU. Percentages are not to be used for any of these measures.*

**Determinations and assays.** All such methods must be accompanied by proof of, or a reference establishing, validity. The validity of any departures from an established method must be established. For binding assays (for example, radioimmunoassays) the guidelines of the **Journal of Endocrinology** (1980), **84**: 1-8 must be used. In addition to a reference, a statement concerning sensitivity, accuracy and specificity must be included.

**Nomenclature for type of bird.** Chicks: up to 2 weeks of age. (Broiler) chickens: meat type strains up to 8 weeks (or time of slaughter). Growers: layer type strains up to 12 weeks. Pullets: female layer type strains from 12 weeks to sexual maturity. Hens: mature females. Cockerels: mature males. **Note:** males between 12 weeks and maturity should simply be described as immature males.

**Miscellaneous expressions.** Indices of digestibility, protein quality (for example, Biological Value), proportional retention or availability (for example, nitrogen retention, net availability of ME) should be expressed as decimal coefficients or in identifying units (not as percentages). Egg production should be expressed as g egg/hen d or eggs produced/hen d (not as percentage production). Efficiency of food utilisation may be used as a general term but in specific reference to values, the ratio (preferably gain:food ratio) is required. In general, production measure:food ratios are preferred to their reciprocals. Please use 'carcase' and not 'carcass'.

**Ethical standards.** *Papers describing experiments which demonstrate a lack of concern for current ethical and welfare standards will not be accepted for publication.* The decision of the Editorial Board in this respect will be final.

**Statistical standards.** The experimental design and method of statistical analysis must be fully described. The statistical model must reflect the experimental design including both treatments and different sources of variation. The latter are identified by the experimental units to which treatments are applied. For example variation may be between pens or birds, or within birds when each bird receives several treatments. In analysis of variance these determine the appropriate residual mean squares against which treatment effects should be assessed. Special techniques may be necessary for correlated data from repeated sampling of individuals. Data transformation or analysis using Generalised Linear Models is more appropriate where data show non-constant variance, which sometimes arises from a restricted scale of measurement.

Presented results should include numbers of observations for each treatment combination. Parameters, such as means, differences between means, slopes etc., should be accompanied by estimates of variation. For unbalanced designs a residual standard deviation may be useful. Where transformations are used estimates of variation on the transformed scale are needed and means of transformed values should be derivable from those presented. For tests of hypotheses, distributions, degrees of freedom and values of test statistics should be presented along with significant probabilities. Experimental treatments with quantitative levels are more succinctly and appropriately described by contrasts of means (often polynomials) than by multiple range tests, following an overall test of the effect of the treatment. The conclusions should consider the possible influence of any confounded treatments on the response.

### **Procedures**

Authors will be emailed a PDF proof and a copyright transfer form. One corrected proof should be returned without delay. The copyright transfer form should be returned to the Publisher. Any special requirements about copyright should be made known by writing to the editor. The copyright and translation rights of papers become the property of British Poultry Science Limited.

Matters relating to subscriptions, offprints and advertising should be addressed to the Publisher: Taylor & Francis Ltd, 4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxfordshire OX14 4RN, UK.

### **ARTICLE ACCESS**

As an author, you will receive free access to your article on Taylor & Francis Online. You will be given access to the My authored works section of Taylor & Francis Online, which shows you all your published articles. You can easily view, read, and download your published articles from there. In addition, if someone has cited your article, you will be able to see this information. We are committed to promoting and increasing the visibility of your article and have provided [guidance on how you can help](#).

Corresponding authors can receive a complimentary copy of the issue containing their article.

### **COPYRIGHT**

It is a condition of publication that all contributing authors grant to British Poultry Science Ltd the necessary rights to the copyright in all articles submitted to the Journal, which is published for British Poultry Science Ltd by Taylor & Francis. Authors are required to sign an Article Publishing Agreement to facilitate this. This will ensure the widest dissemination and protection against copyright infringement of articles. The “article” is defined as comprising the final, definitive, and citable Version of Scholarly Record, and includes: (a) the accepted

manuscript in its final and revised form, including the text, abstract, and all accompanying tables, illustrations, data; and (b) any supplemental material. Copyright policy is explained in detail [here](#).

### **Using third-party material in your paper**

You must obtain the necessary permission to reuse third-party material in your article. The use of short extracts of text and some other types of material is usually permitted, on a limited basis, for the purposes of criticism and review without securing formal permission. If you wish to include any material in your paper for which you do not hold copyright, and which is not covered by this informal agreement, you will need to obtain written permission from the copyright owner prior to submission. More information on [requesting permission to reproduce work\(s\) under copyright](#)