



ARTIGO NÚMERO 186

FUNDAMENTOS DA IMUNONUTRIÇÃO EM AVES

Sandra Regina Gomes da Silva¹, João Batista Lopes², Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra³,
Elvania Maria da Silva Costa³

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí -UFPI. E-mail para correspondência: sandravet2006@hotmail.com

² Professor do Departamento de Zootecnia da UFPI

³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFPI



FUNDAMENTOS DA IMUNONUTRIÇÃO EM AVES *Fundamentals of immunonutrition in birds*

Sandra Regina Gomes da Silva¹, João Batista Lopes², Snaylla Natyelle de Oliveira Almendra³,
Elvania Maria da Silva Costa³

¹ Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí -UFPI. E-mail para correspondência: sandravet2006@hotmail.com

² Professor do Departamento de Zootecnia da UFPI

³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFPI

RESUMO: O alto potencial de crescimento das aves tem resultado em aumento de uma série de problemas metabólicos que resultam em aves com resposta do sistema imunológico suprimida resultando assim em animais mais susceptíveis a fatores ambientais adversos, como altas temperaturas. Novos caminhos têm sido apontados para que a melhoria na produtividade dos animais esteja em sincronia com o bem estar e a capacidade imunitária. Assim, vem se tornando cada vez mais importante a imunonutrição, que pode ser entendida como a capacidade de aumentar a resistência do organismo a doenças utilizando-se nutrientes imunomoduladores, o efeito destes pode estimular o sistema imunológico das aves, tornado-as mais resistentes a infecções e melhorando o desempenho e bem-estar animal. Assim, objetivou-se com esta revisão, discutir os fundamentos da imunonutrição, alguns de seus principais imunomoduladores e atuação no sistema imune das aves.

Palavras-chave: avicultura, imunologia, imunomoduladores, nutrição

ABSTRACT: The high potential for growth of the poultry has resulted in an increase in a number of metabolic disorders which result in birds with suppressed immune response thus resulting in higher animals susceptible to adverse environmental factors, such as high temperatures. New ways have been suggested for the improvement in the productivity of animals is in sync with the well-being and immune competence. Thus, it has become increasingly important immunonutrition, which can be understood as the ability to increase resistance of the organism diseases using nutrients immunomodulators, their effect can stimulate the immune system of the birds, making them more resistant to infections and improving performance and animal welfare. So aim with this review discuss the basis of immunonutrition, some of its key role in immunomodulation and immune system of birds.

Keywords: aviculture, immunology, immunomodulators, nutrition



Introdução

O elevado grau de desenvolvimento genético tornou a indústria avícola a mais sensível das atividades voltadas à produção animal. A precocidade dos frangos de corte e sua alta eficiência em converter diferentes alimentos em proteína animal são resultados da evolução da avicultura. Porém, com o crescente aumento do potencial produtivo das aves, uma série de problemas metabólicos e de manejo tem surgido destacando-se o baixo potencial imunitário das aves e maior susceptibilidade aos fatores ambientais como alta temperatura e umidade (FURLAN; MACARI, 2002).

Temperatura e umidade relativa acima zona de conforto térmico dificultam a dissipação de calor, levando às mudanças fisiológicas que provocam efeitos negativos no desempenho. Altas temperaturas afetam ainda, o desenvolvimento de uma resposta imunológica específica nas aves (BORGES; MAIOKA; SILVA, 2003).

Durante o período de estresse imunológico de frangos de corte, há

queda no consumo de alimento, fato que torna prudente fazer manipulação na densidade energética da ração via ingredientes, associando-se a planos nutricionais, em função da fase da criação, que hoje são considerados essenciais para a obtenção do máximo desempenho e de uma adequada imunidade, os quais irão permitir superar os desafios dos sistemas de produção.

Dentre os novos caminhos que devem ser encontrados na nutrição animal, a melhoria na produtividade dos animais deve estar em sincronia com o bem estar e a capacidade imunitária. Assim, vem se tornando cada vez mais importante a imunonutrição, que pode ser entendida como a capacidade de aumentar a resistência do organismo a doenças utilizando-se nutrientes imunomoduladores.

O efeito positivo da suplementação com alguns nutrientes sobre os prejuízos causados pelo estresse por calor na imunidade de aves não estão bem estabelecidos. Características dietéticas poderiam modular a susceptibilidade das aves com relação a doenças infecciosas, devido aos tipos de ingredientes



utilizados, podendo apresentar importância crítica na nutrição de aves (RIBEIRO et al., 2008).

Os principais imunomoduladores são representados pelos minerais e vitaminas, micronutrientes essenciais na dieta, cuja suplementação pode se constituir em ferramenta útil para o favorecimento do desempenho das aves, atuando ao nível de sistema imune, aumentando a resistência destes animais a organismos invasores, sendo importante ainda para o bem estar animal. Assim objetivou-se com esta revisão, discutir os fundamentos da imunonutrição, alguns de seus principais imunomoduladores e atuação no sistema imune das aves.

Imunonutrição e sistema imune em aves

Os desafios sanitários encontrados pela indústria avícola estão diretamente associados à saúde das aves. As práticas utilizadas na produção que envolvem o manejo, a genética e a nutrição interferem na saúde destes animais (RIBEIRO et al., 2008). As aves precisam de mecanismos de defesa contra agentes infecciosos e resistir à

sua proliferação, para não resultar em doença, sendo o sistema imunológico das aves, o responsável por essas defesas (SARNI et al., 2010).

Os animais nutricionalmente deficientes possuem mais riscos de desenvolver doenças. Além disso, o ambiente estressante também atua como imunossupressor, tornando os animais mais susceptíveis (SQUIRES, 2003). Assim, a imunonutrição é vista cada vez mais como meio de atuar na estimulação de sistema imune, com a perspectiva de tornar os animais mais resistentes a infecções e aumentar a produtividade (CALDER et al., 2008).

A interação imunologia e nutrição em aves compreende uma área de conhecimento que, nos últimos anos, tem recebido grande importância por parte dos nutricionistas, com o objetivo de utilizar a nutrição como ferramenta para modular o sistema imunológico, produzindo um estado ideal de imunidade (SILVA; RIBEIRO, 2009).

A complexidade do sistema imune se reveste de especial interesse biológico, visto que a sua funcionalidade é algo altamente dependente da interação entre diversos outros sistemas, envolvendo diferentes



células, receptores e mediadores químicos.

A imunonutrição é vista como a ciência que atua na modulação de atividades do sistema imune dos animais por meio de nutrientes ou de alimentos específicos em quantidades adequadas, objetivando propiciar resistência e melhoria ou cura de infecções e/ou doenças (GRIMBLE, 2002). É uma ação efetiva não apenas em estados patológicos de imunodepressões, como também para a manutenção de estados saudáveis em aves sem comprometimento do seu sistema imune (SILVA; RIBEIRO, 2009).

A resposta imune das aves pode ser modulada pelas características da dieta. Pequenas alterações nos níveis nutricionais ou no de ingredientes usados podem tornar a ave mais ou menos susceptível a doenças. Existem vários pontos em que a nutrição está ligada a imunologia e nas aves, isso ocorre desde o ovo até as primeiras semanas de vida, visto que a deficiência de micronutrientes envolvidos na formação de órgãos linfoides e proliferação de linfócitos tem impacto

negativo na vida futura das aves (KLASING, 1998).

Os nutrientes são importantes para o crescimento e saúde dos animais e devem ser fornecidos em quantidade adequada. São substratos para moléculas envolvidas na resposta imune, tendo o organismo animal menor necessidade destes para o sistema imune que para o crescimento e a produção. No entanto, a resposta imune de fase aguda tem maior exigência de nutrientes que o sistema imune como um todo (KLASING, 1998). A resistência imunológica a doenças no sistema de produção animal determina um custo no redirecionamento de nutrientes dos tecidos de produção.

Um alimento balanceado adequadamente, destinado à alimentação animal, é nutricionalmente completo quando reduz o estresse, minimizam deficiências, melhora a competência imunológica e produz carcaça de qualidade, com melhor desempenho e maior lucratividade (BUTOLO, 1998).

Problemas de saúde podem apresentar várias origens e exigem múltiplas soluções. Do ponto de vista prático, a susceptibilidade da ave a uma



infecção pode ser subdividida em dois componentes: resistência, que se refere à habilidade de vários sistemas de proteção, como pele e sistema imune, em excluir e remover os patógenos do corpo sem causar doença e resiliência ou persistência de produção, que se refere à habilidade do animal em manter a produtividade durante desafios de infecção (ADAMS, 2007).

O sistema imune da ave é complexo e compreende uma série de células e fatores solúveis que devem trabalhar juntos para produzir uma resposta imune protetora (TIZARD, 2008), exerce um papel crítico na defesa da ave contra patógenos. Funciona de maneira semelhante aos mamíferos embora a estrutura e diferenciação dos órgãos linfoides nas aves apresentem diferenças marcantes. O timo e a bolsa cloacal são responsáveis pelos mecanismos de imunidade adquirida, ambos os órgãos dão origem às células do sistema imune, assim são conhecidos como tecidos linfoides primários, sendo formadores de linfócitos (TANYOLAÇ et al., 1993).

A resposta imune aos microorganismos é dividida em dois sistemas gerais: imunidade adquirida

(específica ou adaptativa) e imunidade inata (natural) em que é compreendida por barreiras físicas, fatores solúveis e células fagocitárias, as quais podem ser consideradas como primeira linha de defesa contra micro-organismos invasores até que respostas imunes adquiridas se desenvolvam. A imunidade inata não possui efeito de memória, sendo que a exposição aos patógenos gera a mesma resposta (MCEWER et al., 1997).

Nas aves, há um equilíbrio entre os sinais que iniciam a resposta imune e os que mantêm em nível adequado. A quebra do controle regulatório frequentemente resulta em imunossupressão. A imunossupressão é de significativa importância econômica na produção comercial avícola, pois vários agentes infecciosos são altamente imunossupressores. Aves expostas a esses agentes podem apresentar perdas no desempenho zootécnico e são suscetíveis a infecções secundárias, resultando em perda econômica significativa (FIGUEREDO, 2006).

Conhecer o funcionamento do sistema imune das aves é fundamental para se conhecer suas necessidades nutricionais. Em condições de repouso,



o sistema imune utiliza muito pouco os recursos orgânicos, porém uma vez ativado desvia muito destes recursos e, desta forma, interfere na produtividade dos animais. O perfil de nutrientes utilizados em rações de frangos está fundamentado em pesquisas que avaliaram as funções produtivas economicamente importantes, como ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e rendimento de cortes; porém não leva em consideração a imunidade ou à resistência a doenças (KIDD, 2004). Em situação de campo, muitas vezes os frangos são submetidos a agentes estressores infecciosos ou não que ativam o sistema imune desses animais (NORUP et al., 2008).

Quando o sistema imune é ativado, ocorrem alterações fisiológicas e metabólicas no organismo. Nesta condição, a prioridade do organismo animal passa a ser caracterizada pela proliferação de células de defesa, pela expressão de receptores para reconhecer moléculas estranhas, pela produção de citocinas moduladoras de resposta imune e de anticorpos, além de outras moléculas efetoras. A produção de moléculas efetoras, assim como intermediário reativo de oxigênio e

nitrogênio, podem modificar as necessidades nutricionais das aves (TAHAKASHI, 2006). Neste contexto, nutrientes com participação mais expressiva para deposição de carne e menos expressiva para funções de defesa, como a lisina, passam a ter importância reduzida para o organismo animal, enquanto outros, que participam mais expressivamente do sistema imune, como metionina, treonina, triptofano e arginina, vitaminas e minerais passam a ser mais exigidos sob tal circunstância (FIGUEREDO, 2006). Os componentes bioativos de dietas podem interagir com a resposta imune, pois apresentam potencial para reduzir a susceptibilidade das aves a doenças infecciosas (KOGUT; KLASING, 2009).

Imunomoduladores

Muitas vitaminas e minerais que são reconhecidos por terem grande importância na imunidade das aves atuam de modo geral no sistema fagocitário, síntese de moléculas como leucinas e produção de imunoglobulinas (BASTOS, 2008).

Entre os imunomoduladores as mais estudadas são as vitaminas A, D, E



e C mesmo a vitamina C, bioproduzida pelas aves pode ser exigida em maiores quantidades em episódios de infecção, por sua ação junto ao sistema imune (CHAMPE, 2006) e os minerais cromo, selênio e zinco. O efeito destes pode estimular o sistema imunológico das aves, tornando-as mais resistentes a infecções e melhorando o desempenho e bem-estar das aves.

Vitaminas

As vitaminas são nutrientes que participam do desenvolvimento animal, por atuarem como cofatores em reações metabólicas e permitirem maior eficiência dos sistemas no organismo. Além disso, participam do metabolismo como imunomoduladores, a fim de melhorar as funções imunológicas e a resistência a infecções nos animais domésticos (RUTZ et al., 2004).

Independentemente dos fatores do ambiente, a maioria dos organismos animais são incapazes de sintetizar todas as vitaminas das quais necessitam, razão pela qual precisam ser incluídas nas dietas, em geral, sendo exigidas em micro quantidades e em função da idade, sexo, estado fisiológico e atividade física do indivíduo (BASTOS,

2008). Diversos fatores podem aumentar as exigências nutricionais desses micronutrientes, como durante os períodos de crescimento, ovulação e postura, nas condições de trabalho intenso e ocorrência de determinadas doenças, notadamente as infecciosas (BERTECHINI, 2006).

A deficiência de uma ou mais vitaminas pode levar a distúrbios metabólicos, resultando em queda na produtividade, no crescimento e no desenvolvimento de doenças. Por outro lado, o aumento da suplementação de certas vitaminas tem efeito positivo, principalmente quanto à imunidade (ABBAS; LICHTMAN, 2005). As aves têm capacidade de síntese de algumas vitaminas, no entanto, a adição dos complexos vitamínicos nas dietas de frango garante o bom desenvolvimento e respostas importantes para a sanidade animal como, por exemplo, a resposta imunológica.

Dentre as vitaminas que atuam como imunomoduladores, as vitaminas lipossolúveis A, D, E e as hidrossolúveis C e colina vem ganhando especial atenção dos nutricionistas.

Vitamina A



A suplementação de vitamina A na dieta atua na modulação sobre as respostas do sistema imune, ou seja, a resposta celular e humoral em frangos de corte. Assim, em experimentos utilizando vitamina A em dietas para frangos de corte, observaram-se que as aves mantidas com baixo teor de vitamina A na dieta (400 UI/kg) apresentam menor nível de anticorpos comparado com o de maior nível (1500 UI/kg) (LESSARD; HUTCHINES; CAVE, 1997). Segundo estes pesquisadores, a deficiência de vitamina A em frangos de corte desenvolve uma resposta imune tipo Th2, enquanto que altas doses de vitamina A dietética mostram uma resposta imune tipo Th1.

Aves com deficiência de vitamina A mostram resposta linfoproliferativa reduzida por concoalina A deprimida e produzem soro com menor concentração de interferon gama que as aves que recebem 8.000 UI/kg de vitamina A na dieta. Estes resultados indicam que a deficiência de vitamina A compromete os locais de defesa imunológica das aves desafiadas, com reflexos nos perfis de linfócitos, níveis de interferon gama (DALLOUL et al., 2009).

Vitamina D

A deficiência de vitamina D reduz a resposta das células que mediam os componentes do sistema imune em frangos de corte sem afetar a resposta imune humoral (ASLAM et al., 1998). Estes pesquisadores também observaram que aos 17 dias de idade de frangos de corte, a deficiência de vitamina D diminui os macrófagos de 14,7 a 10,1% o que indica que a deficiência de vitamina D deprime a resposta imune celular.

A suplementação com 25-OH-D3 reduz o total de imunoglobulina A (IgA) e imunoglobulina G (IgG) no soro de aves não infectadas por *Salmonella typhinurium* com 14 e 21 dias de idade, respectivamente, no entanto, aumenta a concentração de (IgG) no soro de aves infectadas por *Salmonella typhinurium* aos 21 dias de idade (CHOU; CHUNG; YU, 2009). Assim, estes autores sugerem que as aves podem ser capazes de priorizar e particularizar o uso de suplementos de vitaminas dependendo do estado de saúde.

Vitamina E



A exigência nutricional de vitamina E para frangos de corte está bem definida. No entanto, a exigência para a melhor resposta imune não está totalmente esclarecida (DA SILVA et al., 2009). Sabe-se que a vitamina E é um antioxidante natural para a membrana celular e que atua também sobre a resposta inflamatória, regulando a produção de prostaglandinas e leucotrienos (KONJUFCA et al., 2004).

A importância da vitamina E na resposta imune foi demonstrada ao se observar que a suplementação de 110 e 220 mg/kg na ração de frangos aumenta a atividade fagocitária dos macrófagos (KONJUFCA et al., 2004). Também foi observado que níveis moderados de vitamina E na dieta eleva a produção de anticorpos contra alguns antígenos e que atua na proliferação de resposta linfocitária (LESHICHINSKY; KLASING, 2001).

De acordo com Da Silva et al. (2009), a suplementação de 65 mg/kg de vitamina E na dieta melhora o desempenho dos animais desafiados através da vacinação contra coccidiose e é eficaz na melhora da resposta imune humoral a determinados antígenos.

Kindlen et al. (2007) consideram que os níveis de vitamina E de 50 e 150 mg/kg na dieta de poedeira leves vacinadas contra *Escherichia coli* aumentam a produção de imunoglobulina Y (IgY), quando comparada a suplementação com 250 mg/kg de vitamina E. A adição do maior nível de vitamina E também possui efeito imunomodulador.

Moderada adição de vitamina E na dieta (25 e 50 UI/kg) afeta a resposta imune, por melhorar a resposta de anticorpos a alguns antígenos e aumenta a proliferação de células linfocitárias, porém a suplementação com níveis de vitamina E acima de 100 UI/kg não foi observado efeito sobre a resposta imune das aves, isso pode ter ocorrido porque moderados e altos níveis de vitamina E poderiam ter diferentes efeitos antioxidantes sobre os radicais livres, o que resulta em diferente sinal de transdução de eventos e ativação do estado imune celular (LESHICHINSKY; KLASING, 2001).

Por outro lado, Erf et al. (1998) afirmou que níveis três a quatro vezes mais altos de vitamina E que o recomendado nas formulações comerciais, aumentam a porcentagem



de maturação de células CD4+ e CD8+ presentes no timo e no baço de frangos com sete semanas de idade. Assim, a suplementação da dieta com vitamina E na forma de acetato de α -tocoferol tem efeito na diferenciação de linfócitos T no timo em frangos de corte.

Segundo Abdukalykova; Zhao; Ruiz-Feria (2008) a combinação de alto nível de arginina (2,2%) e a suplementação com 80 UI/kg de vitamina E tem efeito imunomodulador sobre as células e mediação da resposta imune humoral em frangos, aumentando a quantidade de células T, B, CD4+ e CD8+ e subpopulação de linfócitos.

A capacidade imunomoduladora da vitamina E em associação com a arginina também foi pesquisada por Perez-Carbajal et al. (2010) que observaram que aves alimentadas com níveis de arginina e vitamina E acima das recomendadas pelo NRC (1994) apresentam melhor resposta imune, com melhor nível de imunoglobulina G (IgG) e imunoglobulina M (IgM), ocorrendo os melhores níveis de imunoglobulinas são encontrados com a suplementação com 80 UI /kg de vitamina E e 0,3% de arginina.

A suplementação de vitamina E na dieta pode aumentar a imunocompetência de frangos quando submetidos a condições estressantes (NIU et al., 2009). Segundo Abdukalykova; Zhao; Ruiz-Feria (2008), a suplementação da dieta de aves com arginina e vitamina E pode por seu efeito complementar sobre a resposta imune, diminuir o efeito do estresse associado com a vacinação e, ainda melhorar a saúde e o bem-estar de frangos.

Vitamina C

A vitamina C é um agente antioxidante em meio aquoso, desta forma, pode reduzir os níveis de radicais livres, assim atua sobre a resposta imunológica dos animais (CHAMPE, 2006). Com relação ao poder redutor, a sua ação seria importante para o restabelecimento dos níveis de vitamina E (BASTOS, 2008).

A vitamina C aumenta a degradação de corticosteroides que são liberados durante o estresse (SAHIN; SAHIN; KUÇUK, 2003). Este hormônio acelera a degradação de proteínas corporais e causa a supressão da resposta imunológica em frangos de



corte (SQUIRES, 2003). Assim, a suplementação com a vitamina C pode ser uma alternativa para melhorar o desempenho, a resposta imunológica e o bem estar dos animais.

A suplementação da dieta com 200 mg/kg de ácido ascórbico melhora o desempenho e a imunidade de frangos de corte, tornando possível a total exploração do seu potencial genético (LOHAKARE et al., 2005). Resultados semelhantes foram obtidos para a doença viral da bursal com as aves vacinadas ou durante a infecção natural a campo (AMAKYE-ANIN et al., 2000). Os autores concluíram que a vitamina C pode melhorar o ganho de peso e a resposta de anticorpos a infecção bursal e que em frangos de corte com infecção natural o ácido ascórbico previne o desenvolvimento clínico da doença.

As vitaminas E e C podem ser usadas em rações para frangos de corte para promover benefícios no desempenho produtivo e resposta imune, quando submetidos a ambientes térmicos estressantes (SAHIN et al., 2002). Características de desempenho e função imune de aves submetidos ao estresse por calor são melhorados com o

aumento dos níveis de vitamina E e C (PARDUE; THAXTON; BRAKE, 1995).

Minerais

Os minerais são definidos como elementos químicos que não podem ser decompostos ou sintetizados por reações químicas ordinárias, e estão presentes em concentrações diversas nos tecidos do animal e em todos os ingredientes comumente utilizados nas formulações de rações (BERTECHINI, 2006).

Os minerais podem ser fornecidos complexados (forma orgânica) ou não a substâncias orgânicas. Na forma complexada, os minerais são mais eficientemente absorvidos, uma vez que, como são transportados pelos carreadores intestinais de aminoácidos e peptídeos não competem com outros minerais pelos mesmos mecanismos de absorção. Portanto, não só a biodisponibilidade é superior, mas os minerais na forma orgânica são prontamente armazenados por períodos mais longos que os inorgânicos. Assim, os minerais quelatados representam uma excelente alternativa para o aprimoramento



nutricional de aves (RUTZ; PAN; XAVIER, 2003). Dentre os minerais utilizados na suplementação de aves, são de grande importância o zinco, cromo, selênio, e o ferro.

Zinco

O zinco (Zn) é um micromineral essencial no metabolismo de carboidratos, gorduras e das proteínas (MAIORKA; MACARI, 2002), podendo ser adicionado à dieta das aves na forma de óxido, sulfato ou na forma orgânica. Está distribuído em todos os tecidos orgânicos, porém as maiores concentrações deste elemento são encontradas no fígado, pele e pêlos. O Zn tem papel fundamental em várias rotas metabólicas essenciais para o crescimento e a vida, sendo cofator de muitas enzimas, como lactato desidrogenase, fosfatase alcalina e anidrase carbônica (FURLAN; MACARI, 2002).

É possível que as necessidades de Zn sejam elevadas durante altas temperaturas (LAGUNA et al., 2005). Segundo Lien; Homg; Yang (1999) são maiores as exigências nutricionais de minerais para animais em estresse. Há ainda uma diminuição drástica de Zn

durante as reações imunológicas devido, à síntese de metaloenzimas no fígado e sua absorção fica aumentada, elevando assim a exigência desse mineral (RIBEIRO et al., 2008).

O Zn atua como ativador de vários sistemas enzimáticos, participando do processo de secreção hormonal, especialmente os relacionados ao crescimento, reprodução, imunocompetência e estresse. É importante ainda, para a formação do colágeno, participa da síntese de queratina e ácidos nucleicos na pele atuando assim na manutenção da qualidade da pele (RUTZ; PAN; XAVIER, 2003).

O uso de Zn orgânico é uma estratégia que pode beneficiar o desempenho das aves na medida em que participa da estrutura de cerca de 160 enzimas (metaloenzimas) em diferentes espécies animais, maximizando as respostas dos desafios encontrados a campo (KIDD; FERKER; QURESHI, 1996). O Zn fornecido em uma molécula orgânica estável no sistema digestivo do animal e eficientemente absorvida é capaz de aumentar os níveis circulantes deste mineral. Um nível mais adequado de Zn no sangue



influencia de vários modos o desempenho das aves, tornando a resposta imunológica mais efetiva e prolongada (JORGE NETO; DARI, 2000).

Kidd (2004) avaliou os efeitos da suplementação de zinco em dietas para perus com níveis adequados deste mineral e observou que a adição de 30 ou 45 mg/kg de Zn a partir da utilização de zinco-metionina aumentou a capacidade da resposta celular.

A associação de Zn e vitamina E na ração proporciona maiores títulos de anticorpos em frangos de corte aos 14 e 35 dias de idade (CARDOSO; ALBUQUERQUE; TESSARI, 2007).

Pesquisas demonstram que a suplementação da dieta com Zn e manganês (Mn) melhora a função imune das aves. A suplementação com estes minerais, também, melhora o desempenho e a atividade cardíaca de frangos de corte (VIRDEN et al., 2004).

A suplementação com Zn orgânico em matrizes pesadas, além de melhorar o desempenho produtivo e atuar junto ao sistema imune aumentando a resistência a doenças, melhora ainda a imunidade da progênie (HUDSON et al., 2004).

Cromo

O cromo é um dos minerais mais estudados para suplementação de animais com imunodeficiência causada por estresse ambiental (SAHIN; SAHIN; KUÇUK, 2003). Quando utilizado em dietas para aves, o cromo mostra-se eficaz em reduzir os efeitos negativos causados pelo estresse por calor, mantendo elevada produtividade (ARAÚJO; BARRETO, 2007).

Caracterizado como um elemento traço essencial, o cromo participa da formação da molécula conhecida como fator de tolerância à glicose (GTF), exercendo desta forma, seu papel fisiológico principal. A forma biologicamente ativa do cromo é uma molécula orgânica composta por ácido nicotínico, glicina, ácido glutâmico, cisteína, cálcio e cromo (MERTZ, 1993). Sem o cromo a molécula de GTF é inativa (HOSSAIN; BARRETO; SILVA, 1998).

Segundo Silva (2008) o uso do cromo-metionina na dieta de frangos de cortes em situação de estresse por calor não afetou o desenvolvimento dos órgãos linfóides destes animais, no entanto no mesmo experimento os



animais tratados com 700 mg/kg de cromo-metionina tiveram melhor conversão alimentar na fase de crescimento.

Selênio

O selênio (Se) possui importante papel no sistema imunológico dos animais, sendo importante para o crescimento e para assegurar um metabolismo adequado, além de melhorar a produtividade e apresentar efeito cardioprotetor (BASTOS, 2008). No entanto, por muitos anos o interesse biológico no Se permaneceu no seu efeito tóxico nos animais e, apenas na década de 1950 esse mineral foi caracterizado como um nutriente essencial para os animais.

O Se é necessário para o crescimento e fertilidade dos animais e para prevenção de uma série de doenças para o que mostra interação com a vitamina E. A principal função do Se é formar as selenoproteínas. O Se é cofator e parte integrante da enzima glutathiona peroxidase e, por essa razão, protege o tecido celular contra o estresse oxidativo, atuando na desintoxicação do peróxido de

hidrogênio e de hidroperóxidos de lipídios, oriundos do ataque das espécies reativas de oxigênio (DANIELS, 1996).

A suplementação da dieta com selênio orgânico auxilia na proteção linfocitária das bolsas cloacais após a vacinação contra Doença Infecciosa de Bolsa e, melhora a relação heterofilo/linfócito das aves (DA SILVA et al., 2009).

Considerações Finais

O uso de imunomoduladores na criação de frangos de corte constitui uma importante ferramenta, sobretudo para aves com sistema imune suprimido, como ocorre em caso de infecções ou estresse.

As vitaminas A, D, E e C assim como os minerais zinco, cromo e selênio atuam como imunomoduladores, podendo estimular o sistema imunológico das aves, tornando-as mais resistentes a infecções e melhorando o desempenho e bem-estar.



Referências Bibliográficas

- ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H. Propriedades gerais das respostas imunológicas IN: ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H. **Imunologia Celular e Molecular**. 5 ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. p. 580.
- ABDUKALYKOVA, S. T.; ZHAO, X.; RUIZ-FERIA, C. A. Arginine and vitamin E modulate the subpopulations of T lymphocytes in broiler chickens. **Poultry Science**, p. 50-55, 2008.
- ADAMS, C. A. Feed components: nutrients and nutraceuticals in nutrition-based health. In: Nutrition nutraceuticals and nutrients, health maintenance and disease avoidance in animals. **Nottingham University Press**, p.169-189, 2007.
- AMAKYE-ANIM, J. et al. Ascorbic acid supplementation improved antibody response to infectious bursal disease vaccination in chickens. **Poultry Science**, p.680-687, 2000.
- ARAÚJO, M. S.; BARRETO, S. L. Níveis de cromo orgânico na dieta de codornas japonesas mantidas em estresse por calor na fase de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.584-588, 2007.
- ASLAM, S. M. et al. Vitamin D deficiency alters the immune responses of broiler chicks. **Poultry Science**, p. 842-849, 1998.
- BASTOS, M. C. A. **Bioquímica básica**: introdução a bioquímica dos hormônios, sangue, sistema urinário, processos digestivos, absorção e micronutrientes. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 213p.
- BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301p.
- BORGES, S. A.; MAIOKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Revista Ciência Rural**, v. 33, 2003.
- BUTOLO, J. E. Agentes antimicrobianos em rações de aves e suínos. In: Reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia. Botucatu. **Anais...** Botucatu, v. 3, p. 237-254, 1998.
- CALDER, P. et al. **Nutrition and inflammatory**. 2008. <http://www.bmj.com/content/327/7407/117.extract> acesso em 06/06/2011.
- CARDOSO, A. L. S. P.; ALBUQUERQUE, R.; TESSARI, E. N. C. Desempenho de frangos de corte recebendo rações com diferentes níveis de inclusão de zinco e de vitamina E. **Arquivos Instituto Biológico**, p. 307-313, 2007.



- CHAMPE, P. C. **Bioquímica básica**. Rio de Janeiro: UFLA, 2006, 544p.
- CHOU, S. H.; CHUNG, T. K.; YU, B. Effects of supplemental 25-hidroxycholecalciferol on growth performance, small intestinal morphology, and immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, p.2333-2341, 2009.
- DA SILVA, I. C. M. et al. Broiler chicken responses to immunological stimuli as mediated by different levels of vitamin E in the diet. **Poultry Science**, p. 751-760. 2009.
- DALLOUL, R. A. et al. Effect of vitamin A deficiency on host intestinal immune response to *Eimeria acervulina* in broiler chickens. **Poultry Science**, p. 842-849, 2009.
- DANIELS, L.A. Selenium metabolism and bioavailability. **Biological Trace Element Research**, Tokyo, v.54, p.185-199, 1996.
- ERF, G. F. et al. Effects of dietary vitamin E on the immune system in broiler: Altered proportions of CD4 T cells in the thymus and spleen. **Poultry Science**, p. 528-537. 1998.
- FIGUEREDO, D. F. **Efeito do estresse sobre a expressão de hsp70 em embriões e a resposta imune pós-eclosão em frangos de corte**. 2006, 97f. Tese. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio De Mesquita Filho”, Jaboticabal.
- FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. 2. Ed. Jaboticabal: UNESP, FUNEP, 2002. p. 209-230.
- GRIMBLE, R. Use of n-3 fatty acid-containing lipid emulsions in the intensive care unit environment: the scientist's view. **Clinic Nutrition**. p. 15-21, 2002.
- HOSSAIN, S. M.; BARRETO, S. L.; SILVA, C. G. Growth performance and carcass composition of broiler fed supplemental chromium from chromium yeast. **Animal Feed Science Technology**, v. 71, p.217-228, 1998.
- HUDSON, B. P. et al. Reproductive performance and immune status of caged broiler breeder hens provided diets supplemented with either inorganic sources of zinc from hatching to 65 wk of age. **Journal Poultry Research**, v. 13, p. 349-359, 2004.
- JORGE NETO, G.; DARI, R. N. Produtos químicos alternativos para promotores de crescimento. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícola, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, v. 2, p. 217-239, 2000.
- KIDD, M. T. Nutritional modulation of immune function in broilers. **Poultry Science**, v. 83, p. 650-657, 2004.



- KIDD, M. T.; FERKER, P. R.; QURESHI, M. A. Zinc metabolism with especial reference to its role in immunity. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, p. 309-324. 1996.
- KINDLEN, G. et al. Feeding different levels of vitamin E and selenium has no effect on serum immunoglobulin Y (IgY) production by layer vaccinated against *Escherichia coli* and avian encephalomyelitis virus. **Ciência Rural**, p. 1374-1379, 2007.
- KLASING, K. C. Nutritional modulation of resistance to infections diseases. **Poultry Science**, p. 1119-1125, 1998.
- KOGUT, M. H.; KLASING, K. An immunologist's perspective on nutrition, immunity, and infections diseases: introduction and overview. **Journal Poultry Research**, p. 103-110, 2009.
- KONJUFCA, V. K. et al. Influence of dietary vitamin E on phagocytic functions of macrophages in broiler. **Poultry Science**, p. 1530-1534. 2004.
- LAGUNA, C. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos nos parâmetros bioquímicos e hematológicos de frangos de corte em estresse por calor. **Boletim Industria Animal**, p. 157-165, 2005.
- LESHICHINSKY, T. V.; KLASING K. C. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, p.1590-1599, 2001.
- LESSARD, M.; HUTCHINES, D.; CAVE, N. Cell-mediated and humoral immune responses in broiler chickens maintained on diets containing different levels of vitamin A. **Poultry Science**, p. 3368-3378, 1997.
- LIEN, T. H.; HOMG, Y. M.; YANG, K. H. Performance, serum characteristics, carcass traits and lipid metabolism of broilers as affect by chromium picolinate. **British Poultry Science**, v.40, p.357-363, 1999.
- LOHAKARE, J. D. et al. Effects of supplemental ascorbic acid on the aperformance and immunity of commercial broilers. **Poultry Science**, p. 10-19, 2005.
- MAIORKA, A.; MACARI, M. Absorção de minerais. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviaria aplicada a frangos de corte**. 2. ed., Jaboticabal: UNESP, 2002. p. 167-173.
- MCEWER, B. S. et al. The role of adrenocorticoids as modulators of immune function in health and disease: neural, endocrine and immune interactions. **Brain Research Reviews**, v. 23. p. 73-133, 1997.



- MERTZ, W. Chromium in human nutrition: a review. **Journal of nutrition**, v.123, p.623-633, 1993.
- NIU, Z. Y. et al. Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broiler under heat stress. **Poultry Science**, p. 2101-2107, 2009.
- NORUP, L. et al. Effect of mild heat stress and mild infection pressure on immune responses to an *E. coli* infection in chickens. **Journal Animal Science**, v. 2, p. 265-274, 2008.
- ORTOLANI, E. L. **Macro e microelementos**. In: SPINOSA, H. S.; GORNIK, S. L.; BERNARDI, M. M. Farmacologia aplicada a medicina veterinária. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. p. 641 – 651.
- PARDUE, S. L.; THAXTON, J. P.; BRAKE, J. Role of ascorbic acid in chicks exposed to high environmental temperature. **Journal of Applied Physiology**, p. 1511-1516, 1995.
- PEREZ-CARBAJAL, C. et al. Immune response of broiler chickens fed different levels of arginine and vitamin E to a coccidiosis vaccine and Eimeria challenge. **Poultry Science Association**, p. 1870 -1877, 2010.
- RIBEIRO, A. M. L. et al. Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 636 – 644, 2008.
- RUTZ, F. et al. Performance and carcass traits of broiler fed diets containing yeast extract. **Nutritional Biochemistry**, p. 56-65, 2004.
- RUTZ, F.; PAN, E. A.; XAVIER, G. B. Efeito de minerais orgânicos sobre o metabolismo e desempenho de aves. **Ave World**, p. 52-57, 2003.
- SAHIN, K. et al. Effects of vitamin C and vitamin E on lipid peroxidation, status, serum hormones, metabolite and mineral concentrations of japanese quails reared under heat stress (34°C). **Internacional Journal Vitamine Nutrition**, p. 72-78, 2002.
- SAHIN, K.; SAHIN, N.; KUÇUK, O. Effects of chromium and ascorbic acid supplementation on growth, carcass traits, serum metabolites, and antioxidant status of broiler chickens reared at a high environmental temperature (32°C). **Nutrition Research**, v. 23, p. 225-238, 2003.
- SAHIN, K.; KUÇUK, O.; SAHIN, N. Effects of dietary chromium picolinate supplementation on performance and plasma concentrations of insulin and corticosterone in laying hens under low ambient temperature. **Journal Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.85, p.142-147, 2001.



- SARNI, R. O. S. et al. Micronutrientes e sistema imunológico. **Revista Brasileira Imunopatologia**, p. 8-15, 2010.
- SILVA, I. C. M.; RIBEIRO, A. M. L. Interação entre a nutrição e a imunologia em aves. **Avisite Produção Animal - Avicultura**, n.22, p.18-25, 2009.
- SILVA, S. R. G. **Níveis de cromo orgânico para frangos de corte estressados por calor**. 2008, 57f. Dissertação. (Mestrado em ciência animal) - Universidade Federal do Piauí, Teresina. 2008.
- SQUIRES, J. E. **Applied Animal Endocrinology**. Cambriger: GABI publishing, 2003, p. 250.
- TAHAKASHI, K. Nutritional control f inflammatory responses in broiler chicken. **Journal of Integrated Field Science**, v. 3, p. 1-7, 2006.
- TANYOLAÇ, A. et al. Ozel Histoloji. **Journal of Veterinary and Animal Sciences**, p. 163-172, 1993.
- TIZARD, I. R. **Imunologia veterinária, uma Introdução**. 7ª ed., São Paulo: Roca, 2008. 532p.
- VIRDEN, W. S. et al. Immune system and cardiac functions of progeny chicks from dams fed diets differing in zinc and manganese level and source. **Poultry Science**, p. 344-352, 2004.