

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v17n11e1484>

Relação das propriedades nutritivas do ovo com o funcionamento do sistema imunológico: Revisão

Jalceyr Pessoa Figueiredo Júnior^{1*}, Marcelo Helder Medeiros Santana², Marina Farias de Albuquerque³, Sérgio Antônio de Normando Moraes², Élcio Gonçalves dos Santos⁴, Sarah Gomes Pinheiro⁵

¹Zootecnista, Doutor em Zootecnia, Secretaria de Estado de Agricultura do Acre, Rio Branco – Acre, Brasil.

²Zootecnista, Doutor em Zootecnia, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Sousa, Paraíba, Brasil

³Engenheira Agrônoma, Especialista em Agronegócios, Secretaria de Estado de Agricultura do Acre, Rio Branco – Acre, Brasil.

⁴Zootecnista, Mestre em Zootecnia, Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Piranhas, Alagoas, Brasil

⁵Zootecnista, Doutora em Zootecnia, Eubiotic Tecnologia Animal Sustentável, Fortaleza, Ceará, Brasil

*Autor para correspondência: E-mail: peudure@hotmail.com.

Resumo. O ovo de galinha contém substâncias promotoras da saúde e preventivas de doenças, tornando-o um alimento funcional, além de ser um importante reserva de proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais. Dessa forma, objetivou-se, com este trabalho, discutir a relação das propriedades nutritivas do ovo com o funcionamento do sistema imunológico. Dentre os principais nutrientes presentes no ovo que podem exercer função imunomoduladora e contribui com a atividade do sistema imunológico, em específico na prevenção e combate de doenças, podem-se citar as vitaminas lipossolúveis A, D e E, os microminerais, cobre (Cu), selênio (Se) e zinco (Zn) e os ácidos graxos da família ômega-3 (AGs ω -3). A partir da presença desses componentes, o consumo do ovo irá contribuir na formação, desenvolvimento e funcionamento do sistema imunológico, em decorrência de sua composição nutricional poder auxiliar na defesa do organismo humano, e consequentemente na prevenção e combate de doenças. Nesse sentido, a ingestão dos nutrientes funcionais presentes no ovo, alimento de baixo custo e de fácil aquisição, irá proporcionar uma melhor saúde da população, a partir de uma maior realização de atividades biológicas, que possam propiciar uma estrutura corporal mais forte e resistente.

Palavras-chave: Alimentos, nutrientes, produção animal

Relationship of the egg's nutritional properties with the functioning of the immune system: Review

Abstract. The chicken egg contains health promoting and disease preventing substances, making it a functional food, in addition to being an important reserve of proteins, lipids, vitamins and minerals. Therefore, the aim of this work was to discuss the relationship between the nutritional properties of eggs and the functioning of the immune system. Among the main nutrients present in the egg that can exert an immunomodulatory function and contribute to the activity of the immune system, specifically in preventing and combating diseases, we can mention: the fat-soluble vitamins A, D and E; the microminerals copper (Cu), selenium (Se) and zinc (Zn) and fatty acids from the omega-3 family (ω -3 AGs). Based on the presence of these nutritional components, egg consumption will contribute to the formation, development and functioning of the immune system, as its nutritional composition can assist in the defense actions of the human body, and consequently in preventing and combating diseases. In this sense, the intake of functional nutrients present in eggs, a low-cost and easily acquired food, will provide better health for

the population through greater biological activities, which can provide a stronger and more resistant body structure.

Keywords: Foods, nutrients, animal science

Introdução

O ovo é reconhecidamente um importante contribuinte para uma nutrição de qualidade, pois nele estão contidos os principais componentes necessários ao desenvolvimento físico humano. Um ovo consiste em aproximadamente 63,0% de albúmen, 27,5% de gema e 9,5% de casca. Os seus principais componentes nutricionais são: água (75%), proteínas (12%), lipídeos (12%), além dos carboidratos, minerais e vitaminas (Kassis et al., 2010). Um ovo grande contém aproximadamente 72 quilocalorias, 6 g de proteínas, 4,7 g de gorduras totais e 212 mg de colesterol (Lutter et al., 2018). Por essa riqueza de nutrientes essenciais, os ovos fornecem uma grande proporção da ingestão dietética recomendada (RDA) ou ingestão adequada (AI) para crianças pequenas, bem como gestantes e lactantes. Para uma criança saudável entre sete e doze meses de idade, um ovo de 50 g fornece 57% da RDA para proteína, além do fornecimento de 88% e 98% do IA para vitamina B12 e colina, respectivamente, e entre 25% e 50% do IA para ácido pantotênico, vitamina B₆, folato, fósforo, selênio e zinco (Lutter et al., 2018).

Além de ser importante reserva de proteínas, lipídeos, vitaminas e minerais, o ovo de galinha contém substâncias promotoras da saúde e preventivas de doenças, tornando-o um alimento funcional. Comer dois ovos por dia cobre 10% a 30% das necessidades de vitaminas para humanos, sem riscos para a saúde humana (Katz et al., 2005). Além disso, muitas atividades biológicas têm sido associadas aos componentes dos ovos, incluindo sua atividade antibacteriana, antiviral e modulação do sistema imunitário evidenciando o elo dieta-saúde e ressaltando assim, a importância do consumo de ovos na prevenção e tratamento de doenças.

Este trabalho teve como objetivo destacar as ações imunomoduladoras dos nutrientes do ovo, caracterizando os principais nutrientes e a sua funcionalidade no sistema imunológico, para atuação na prevenção e combate de doenças.

Ação imunomoduladora dos nutrientes do ovo

Na perspectiva que uma boa alimentação irá contribuir na formação, desenvolvimento e funcionamento do sistema imunológico, tem-se o consumo de ovos, que em decorrência de sua composição nutricional pode auxiliar nas ações de defesa do organismo humano, e conseqüentemente na prevenção e combate de doenças, garantindo não só o fornecimento de nutrientes para o fortalecimento do sistema de defesa, mas, também, assegurando a manutenção das funções fisiológicas de todo corpo.

Dentre os principais nutrientes presentes no ovo que podem exercer função imunomoduladora, e contribuir com a atividade do sistema imunológico, em específico na prevenção e combate de doenças, podem-se citar as vitaminas lipossolúveis A, D e E, os microminerais, cobre (Cu), selênio (Se) e zinco (Zn) e os ácidos graxos da família ômega-3 (AGs ω -3).

Vitamina A

A vitamina A é considerada uma vitamina anti-inflamatória por sua participação na função imunológica, regulando tanto as respostas imunes celulares quanto os processos imunes humorais (Lima et al., 2020). A sua atuação na maturação das células imunológicas e como impulsionadoras do sistema imunológico é o foco principal para evitar a propagação de doenças (Chowdhury, 2020). Essa vitamina auxilia no sistema imune, por modular a resposta de células fagocitárias, favorecendo a fagocitose (Bomfim & Gonçalves, 2020). Huang et al. (2018) destacaram que o papel da vitamina A na resposta imunológica está na formação dos tecidos epiteliais e mucosas, proliferação e regulação do apoptose de timócitos, regulação na diferenciação, maturação e função de células do sistema imune inato (macrófagos, T natural killer – NK, células linfoides, linfócitos T e células B). A vitamina A e seus metabólitos ajudam a modular a imunidade inata, potencializando a sua função de barreira, assim como controlando a maturação de neutrófilos. A vitamina A, também, pode aumentar e potencializar as ações

dos interferons (IFN) tipo 1, que são citocinas envolvidas na resposta imune inata precoce a vírus ([Trasino, 2020](#)).

Além disso, foi verificada a atuação da vitamina A, pelo carotenoide luteína, como agente anti-inflamatório, a partir da sua atividade antioxidante, conferida por suas ligações duplas conjugadas que podem extinguir prontamente espécies reativas de oxigênio, e eliminar os radicais livres ([Kim et al., 2011](#); [Krinsky et al., 2003](#)).

A deficiência de vitamina A pode causar o comprometimento da barreira na mucosa das vias aéreas, atraso no reparo e redução de antioxidantes das vias aéreas, que pode facilitar a infecção por patógenos invasores ([Cassani et al., 2012](#)). Nesse sentido, [Hu et al. \(2018\)](#) verificaram que a vitamina A diminuiu a morbidade e mortalidade em crianças com pneumonia, aumentando a resposta clínica e reduzindo o período de internação hospitalar.

Vitamina D

A presença da vitamina D no sistema imunológico se traduz em aumento da imunidade inata associada a uma regulação multifacetada da imunidade adquirida ([Adorini & Penna, 2008](#)). É ressaltada, na literatura, uma complexa relação entre infecções virais e vitamina D, compreendendo a ativação do modo antiviral, função imunomoduladora, relação com elementos celulares e virais, indução do processo de autofagia e morte celular programada, modificações genéticas e epigenéticas ([Teymoori-Rad et al., 2019](#)).

No sistema imune, a vitamina D, induz a diferenciação de células T e B, atua na capacidade das células T de produzirem interleucina-2 (IL-2) e aumenta a porcentagem de células capazes de produzirem interleucina-1 (IL-1) e interleucina-6 (IL-6) ([Willheim et al., 1999](#)). No sistema imunológico inato, especificadamente, a vitamina D é capaz de reduzir as concentrações séricas de citocinas pró-inflamatórias, como fator de necrose tumoral α (TNF- α) e interferon γ (IFN- γ), além de aumentar a expressão de citocinas anti-inflamatórias por macrófagos ([Gombart et al., 2020](#); [Sharifi et al., 2019](#)).

Na imunidade adquirida, a vitamina D atua na supressão das respostas mediadas pela célula T auxiliar tipo 1, principalmente a produção de citocinas inflamatórias IL-2 e IFN- γ , promove a produção de citocinas pelas células T helper tipo 2, melhorando a supressão indireta das células T tipo 1 e promove a indução das células reguladoras T, inibindo assim os processos inflamatórios ([Cantorna et al., 2015](#)). Corroborando esses achados, [Greiller & Martineau \(2015\)](#) ressaltaram que em cultura *in vitro* de células epiteliais respiratórias humanas, a vitamina D modulou a expressão e secreção de IFN tipo 1, quimiocinas incluindo CXCL8 e CXCL10 e citocinas pró-inflamatórias, como TNF e IL-6. Essa interação e participação da vitamina D no sistema imunológico são importantes e relevantes, tendo em vista, que uma hipótese proposta para a ação da vitamina D no combate de doenças é de que ela pode induzir a produção de citocinas pró-inflamatórias, agindo dessa maneira, na redução do processo inflamatório ([Grant et al., 2020](#)). Alguns estudos ressaltaram a participação da vitamina D na redução das taxas de replicação viral e a concentração de citocinas pró-inflamatórias, através mecanismos relacionados à estimulação de defensinas e catelicidinas ([Gasmi et al., 2020](#); [Huang et al., 2020](#)).

De acordo com [Fragoso et al. \(2012\)](#), a vitamina D exerce seu efeito biológico por meio do seu receptor (RVD), que é amplamente distribuído no organismo, inclusive em células do sistema imune. A vasta distribuição e expressão do RVD, na maioria das células imunes, incluindo monócitos, macrófagos, células dendríticas, células NK e linfócitos T e B, além das ações na proliferação e na diferenciação celular, tornam a vitamina D uma candidata em potencial na regulação do sistema imunológico.

A vitamina D, também, pode atuar melhorando a expressão de genes da subunidade modificadora da glutatona redutase e da glutamato-cisteína ligase, que desempenham atividade antioxidante ([Lei et al., 2017](#)). O aumento da produção de glutatona poupa o uso de ácido ascórbico (vitamina C), que possui atividades antimicrobianas e pode ajudar na prevenção e tratamento de doenças ([Wimalawansa, 2020](#)).

[Ginde et al. \(2009\)](#) constataram, na população dos Estados Unidos, que as infecções das vias respiratórias superiores foram maiores naqueles com baixo nível de vitamina D, com maior associação em pessoas com doenças respiratórias, como asma e doença pulmonar obstrutiva crônica. Há evidências

de que os baixos níveis de vitamina D estão associados com infecções agudas do trato respiratório ([Laaksi et al., 2007](#)).

Nesse contexto, a vitamina D é um importante nutriente para redução do risco de infecções do trato respiratório, pois pode promover a indução de peptídeos antimicrobianos, contribuindo para a redução da taxa de replicação viral, impedir a produção de citocinas pró-inflamatórias que causam inflamação e prejudicam o revestimento dos pulmões, levando à pneumonia, e aumentar as concentrações de citocinas anti-inflamatórias ([Grant et al., 2020](#)).

Vitamina E

A vitamina E é um micronutriente lipossolúvel e inclui quatro tocoferóis e quatro tocotrienóis, designados como α , β , γ e δ . O α -tocoferol é essencial, devido à sua maior atividade antioxidante biológica encontrada em maior concentração nas células imunológicas em comparação com outras células do sangue ([Suzuki et al., 2018](#)), podendo sua deficiência prejudicar a imunidade humoral e celular ([Moriguchi & Kaneyasu, 2004](#)). Por essa razão, é considerada um dos nutrientes mais eficazes para modular a função imunológica.

A vitamina E é capaz de modular a resposta imune inata à infecção por pneumonia e melhorar patologia pulmonar ([Lewis et al., 2019](#)), sendo este um fator considerável, pois as características clínicas das doenças respiratórias são muito semelhantes a outras pneumonias causadas por outros vírus ([Lima et al., 2020](#)).

Níveis adequados de vitamina E no sistema imunológico proporciona a multiplicação da quantidade de linfócitos, aumento na atividade da IL-2, redução de doenças inflamatórias respiratórias, e proteção contra várias doenças infecciosas ([Suzuki et al., 2018](#)).

Na forma de α -tocoferol, a vitamina E tem função antioxidante, evitando a oxidação de proteínas, a peroxidação lipídica e inibindo as vias mediadas pela proteína quinase C (PKC) ([Stipp, 2020](#)). Os antioxidantes encontrados no α -tocoferol aumentam a resposta dos linfócitos T e atividade de células NK ([Chandra, 1992](#); [Muscogiuri et al., 2020](#)).

No entanto, numa condição de deficiência de vitamina E, ocorre uma redução da resposta imune adaptativa, dificultando a função dos linfócitos B e T ([Maggini et al., 2018](#)), além de uma redução na mitogênese de células T, produção de IL-2 e na fagocitose polimorfo nuclear ([Moriguchi & Kaneyasu, 2004](#)). Nesse sentido, vários estudos identificaram que a suplementação de vitamina E reduziu o risco de infecções do trato respiratório e diminuiu a duração das infecções no trato respiratório entre adultos ([Meydani et al., 2004](#)).

Cobre

O cobre desempenha um papel crucial na imunidade, participando do desenvolvimento e diferenciação de células imunes ([Li et al., 2019](#)), estando envolvido nas funções das células T auxiliares, células B, células NK e macrófagos ([Percival, 1998](#)). Esse micromineral tem propriedades antimicrobianas, estimulando a proliferação de linfócitos e produção de IL-2 ([Hopkins & Failla, 1997](#)), podendo reduzir as infecções do trato respiratório ([Mao et al., 2014](#)). Esse mineral pode ter a capacidade de matar vários vírus infecciosos, como o vírus da bronquite, poli vírus e vírus da imunodeficiência humana tipo 1 ([Koller et al., 1987](#); [Percival, 1998](#)), além de ter efeitos preventivos e terapêuticos contra doenças respiratórias ([Raha et al., 2020](#)).

Estudos *in vitro* têm mostrado que o cobre demonstra propriedades antivirais, e sua deficiência nutricional pode afetar a imunidade inata e adaptativa ([Munoz et al., 2007](#)), com maior suscetibilidade a processos infecciosos.

Selênio

O selênio é um antioxidante essencial para uma resposta imune adequada (inata e adquirida), sendo um indicador de inflamação e estado oxidativo, influenciando o funcionamento dos linfócitos T e B, atividade das células NK ([Arthur et al., 2003](#)), os níveis de IgM e IgG, na quimiotaxia de neutrófilos e na produção de anticorpos por linfócitos ([Calder et al., 2020](#)). Ele é um componente essencial na família

das selenoproteínas, incluindo a glutatona peroxidase (GSHPx) e tioredoxina redutase, que atuam na proteção contra a replicação viral ([Guillin et al., 2019](#)). Nesse sentido, os níveis de selênio no organismo é o principal regulador da expressão de selenoproteína, impactando na regulação das funções das células imunológicas, nas respostas imunológicas inatas e adaptativas ([Avery & Hoffmann, 2018](#)), nas repostas antivirais e na patogenicidade de vários vírus ([Guillin et al., 2019](#)).

Por sua vez, a GSHPx participa na regulação da biossíntese de leucotrienos, tromboxanos e prostaglandinas, que são responsáveis pela modulação de reações inflamatórias ([Köhrle et al., 2000](#)), sendo demonstrado que as selenoproteínas estão envolvidas na regulação de uma gama de importantes processos fisiológicos que incluem defesa antioxidante e status redox intracelular e, conseqüentemente, fortalecimento da imunocompetência ([Yaroshenko et al., 2003](#)). Com essa funcionalidade da GSHPx, o selênio, na condição de componente estrutural e funcional, também contribui para a redução na formação de trombos nos vasos sanguíneos, pois os distúrbios de coagulação associados as enfermidades contribuem para o aumento da mortalidade ([Fogarty et al., 2020](#)). Portanto, a atividade antioxidante desempenhada pelo selênio tem função essencial em atenuar o desenvolvimento de doenças que apresentem quadro inflamatório, pois diminui a atividade pró-inflamatória e favorece o sistema de defesa antioxidante ([Calder et al., 2020](#); [Jayawardena et al., 2020](#)). Ademais, esse mineral possui efeito protetor sobre a proteína C-reativa, a IL-6, IL-1, proteína ligadora de retinol (RBP) e TNF- α ([Calder et al., 2020](#); [Jayawardena et al., 2020](#)). Desta forma, o seu consumo influencia distintamente diversos tipos de respostas imunes, ressaltando um papel eficiente da suplementação desse mineral em enfermidades virais ([Gasmi et al., 2020](#); [Jayawardena et al., 2020](#)).

Alguns estudos relataram que o baixo status desse oligoelemento tem sido associado à função imunológica deficiente, maior risco de mortalidade e declínio cognitivo, enquanto concentrações de selênio adequadas ou suplementadas têm mostrado efeitos antivirais ([Calder et al., 2020](#); [Jayawardena et al., 2020](#)), sendo verificado uma associação entre as taxas de cura relatadas para doenças respiratórias e status de selênio.

Zinco

Quando utilizadas estratégias de suplementação, o zinco tem sido associado tanto ao aumento da imunidade como também à melhora das respostas inflamatórias disfuncionais crônicas, indicando que esse micronutriente é fundamental na estabilidade e ação normal das células do sistema imune ([Hojo & Fukada, 2016](#)).

O zinco tem ação moduladora em algumas sinapses glutamatérgicas, agindo em receptores pós-sinápticos ([Frederickson et al., 2000](#)). Esse mineral atua como anti-inflamatório e integra também o sistema de defesa antioxidante ([Jarosz et al., 2017](#)).

Trata-se de componente estrutural e catalítico da enzima superóxido dismutase (SOD) presente no citoplasma de todas as células, bem como da SOD extracelular, encontrada no plasma, na linfa e no fluido sinovial. A ação da SOD é catalisar a conversão de dois radicais superóxido a peróxido de hidrogênio e oxigênio molecular, reduzindo a toxicidade das espécies reativas de oxigênio ([Mafra & Cozzolino, 2004](#)).

A disponibilidade de zinco potencializa a produção de espécies reativas de oxigênio (ROS) e citocinas. A produção de ROS é necessária para a morte intracelular de patógenos bem como para a formação de armadilhas extracelulares dos neutrófilos, liberadas por granulócitos para neutralizar os patógenos ([Gammoh & Rink, 2017](#); [Wessels et al., 2017](#)).

A atividade e o número de células NK dependem de zinco para reconhecer moléculas de histocompatibilidade da classe I (MHC). Na deficiência de zinco, ocorre alteração na atividade de células NK, na fagocitose feita por macrófagos e leucócitos, na geração de dano oxidativo, e o número de granulócitos diminui ([Carvalho & Oliveira, 2020](#)).

O zinco também é cofator da timulina, enzima que atua na diferenciação de células T imaturas e função de células periféricas, além de modular a liberação de citocinas por células mononucleares e induzir a proliferação de linfócitos T CD8⁺ em conjunto com a IL-2 ([Shankar & Prasad, 1998](#)).

Dessa forma, estudos verificaram que o tratamento com zinco *in vitro* aumentou a produção de IFN- α por leucócitos, aumentando sua atividade antiviral ([Mossink, 2020](#)).

O zinco, ainda, é responsável pelo desenvolvimento de timo e baço, proliferação e maturação das células de defesa, aumento na produção da IgM e IgG, diminuindo a prevalência e a incidência de pneumonia, bem como a duração do resfriado comum ([Lassi et al., 2016](#); [Science et al., 2012](#)).

Além de seu papel nas funções imunológicas, o zinco tem sido aplicado em atividade antiviral direta para uma série de RNA viral, sendo demonstrado que este micromineral inibe de forma eficiente a replicação de SARS-CoV em cultura celular, mostrando o papel crucial do zinco intracelular na inibição da replicação do vírus ([Velthuis et al., 2010](#)).

A deficiência de zinco foi associada a um aumento na susceptibilidade a doenças infecciosas, incluindo infecções virais. Estudos têm mostrado que o status do zinco de um indivíduo é um fator crítico que pode influenciar a imunidade contra infecções virais. [Mossink \(2020\)](#) enfatizou que populações particularmente adultas em risco de homeostase do zinco têm aumentado o risco de gravidade quanto às doenças respiratórias.

Ômega-3

Entre os efeitos fisiológicos nos humanos dos AGs ω -3: ácido eicosapentaenoico (EPA) e o ácido docosaexaenoico (DHA), estão a prevenção e tratamento de doenças cardiovasculares, hipertensão, inflamações em geral, asma, artrite, psoríase e vários tipos de câncer ([Suárez-Machecha et al., 2002](#)).

Devido a seu potencial anti-inflamatório, os AGs ω -3 poderiam ser opções interessantes no combate ao avanço de infecções do trato respiratório, uma vez que os mesmos têm potencial de inibir a formação de citocinas pró-inflamatórias, como cisteinil-leucotrienos, reduzindo os impactos de doenças como asma e pneumonia, além de também participarem ativamente na resposta imunológica ([Gutiérrez et al., 2019](#)).

Além da expressão de citocinas inflamatórias, os ácidos graxos poli-insaturados, principalmente os EPA e DHA, exercem função importante na sinalização de células responsáveis pela resposta imunológica, como macrófagos, neutrófilos, células T, células B, células dendríticas, mastócitos, células NK, basófilos e eosinófilos ([Ergas et al., 2002](#); [Fenton et al., 2013](#)). Neste aspecto, os AGs ω -3 são essenciais como nutrientes, tendo funcionalidade no sistema imunológico, a partir do suporte nutricional para que o organismo possa gerar resposta às infecções virais e bacterianas no trato respiratório.

Esses efeitos anti-inflamatórios conferidos aos AGs ω -3 ocorrem por três mecanismos: influência na composição fosfolipídica da membrana celular, resultando na síntese de mediadores lipídicos com menor potencial inflamatório que mediadores derivados dos AGs ômega-6; ação como agonistas de PPARs (receptores ativados por proliferadores de peroxissomas), cuja ativação exerce efeitos anti-inflamatórios; e estabilização do complexo fator de transcrição nuclear das moléculas de anticorpo das células B - kappa B/proteína inibitória do kappa B (NFkB/IkB), suprimindo a ativação de genes envolvidos no processo inflamatório ([De Bosscher et al., 2001](#); [Pan et al., 2004](#)).

[Simonnet et al. \(2020\)](#), também demonstraram alta prevalência de pacientes com diferentes graus de obesidade, admitidos em unidades de terapia intensiva, com Síndrome Respiratória, indicando que a severidade dos eventos aumenta em pacientes obesos, sendo esta doença, um fator de risco para os pacientes com doenças respiratórias.

Uma das explicações prováveis sobre o aumento na severidade dos sintomas relacionados às doenças respiratórias reside no fato de que, na obesidade, ocorre secreção anormal de adipocinas e citocinas como TNF- α e IFN, característica inflamatória da obesidade abdominal, que pode prejudicar a resposta imunológica ([Caussy et al., 2020](#)) e têm efeitos no parênquima pulmonar e nos brônquios ([Bomfim & Gonçalves, 2020](#)). Portanto, o controle da obesidade, a partir de aspectos relacionados à nutrição, como o consumo de alimentos que tenham níveis consideráveis de AGs ω -3, é de fundamental importância para a possível diminuição dos agravos relacionados às doenças respiratórias.

Considerações finais

O ovo é um alimento que cada vez mais tem se destacado pela contribuição da sua riqueza de nutrientes nos aspectos fisiológicos e nutritivos do corpo humano, potencializando a formação, desenvolvimento e estrutura celular, especialmente do sistema imunológico, para atuação na prevenção e combate as doenças.

O consumo diário do ovo propicia a ingestão de nutrientes, como as vitaminas lipossolúveis A, D e E, os microminerais: cobre, selênio e zinco, e os ácidos graxos da família ômega-3, que irão atuar na funcionalidade do sistema imunológico, fortalecendo-o e maximizando suas atividades no organismo.

A ingestão dos nutrientes funcionais presentes no ovo, alimento de baixo custo e de fácil aquisição, irá proporcionar uma melhor saúde da população, a partir de uma maior realização de atividades biológicas, que possam propiciar uma estrutura corporal mais forte e resistente.

Referências bibliográficas

- Adorini, L., & Penna, G. (2008). Control of autoimmune diseases by the vitamin D endocrine system. *Nature Clinical Practice Rheumatology*, 4(8), 404–412. <https://doi.org/10.1038/nclrheum0855>.
- Arthur, J. R., McKenzie, R. C., & Beckett, G. J. (2003). Selenium in the immune system. *The Journal of Nutrition*, 133(5), 1457S-1459S. <https://doi.org/10.1093/jn/133.5.1457s>.
- Avery, J. C., & Hoffmann, P. R. (2018). Selenium, selenoproteins, and immunity. *Nutrients*, 10, 1–20.
- Bomfim, J. H. G. G., & Gonçalves, J. S. (2020). Suplementos alimentares, imunidade e COVID-19: qual a evidência? *Vittale-Revista de Ciências da Saúde*, 32(1), 10–21. <https://doi.org/10.14295/vittalle.v32i1.11282>.
- Calder, P. C., Carr, A. C., Gombart, A. F., & Eggersdorfer, M. (2020). Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections. *Nutrients*, 12(4), 1181. <https://doi.org/10.3390/nu12092696>.
- Cantorna, M. T., Snyder, L., Lin, Y.-D., & Yang, L. (2015). Vitamin D and 1, 25 (OH) 2D regulation of T cells. *Nutrients*, 7(4), 3011–3021. <https://doi.org/10.3390/nu7043011>.
- Carvalho, M. C., & Oliveira, A. S. S. S. (2020). Zinco, vitamina D e sistema imune: papel na infecção pelo novo coronavírus. *Revista da FAESF*, 4, 16–27. <https://doi.org/10.58969/25947125.4.0.2020.110>.
- Cassani, B., Villablanca, E. J., Calisto, J., Wang, S., & Mora, J. R. (2012). Vitamin A and immune regulation: role of retinoic acid in gut-associated dendritic cell education, immune protection and tolerance. *Molecular Aspects of Medicine*, 33(1), 63–76. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2011.11.001>.
- Caussy, C., Wallet, F., Laville, M., & Disse, E. (2020). Obesity is associated with severe forms of COVID-19. *Obesity*, 28(7), 1175. <https://doi.org/10.1002/oby.22842>.
- Chandra, R. K. (1992). Effect of vitamin and trace-element supplementation on immune responses and infection in elderly subjects. *The Lancet*, 340, 1124–1127. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(92\)93151-C](https://doi.org/10.1016/0140-6736(92)93151-C).
- Chowdhury, A. I. (2020). Role and effects of micronutrients supplementation in immune system and SARS-Cov-2 (COVID-19). *Asian Journal of Immunology*, 4, 47–55.
- De Bosscher, K., Vanden Berghe, W., & Haegeman, G. (2001). Glucocorticoid repression of AP-1 is not mediated by competition for nuclear coactivators. *Molecular Endocrinology*, 15(2), 219–227. <https://doi.org/10.1210/mend.15.2.0591>.
- Ergas, D., Eilat, E., Mendlovic, S., & Stoeber, Z. M. (2002). n-3 fatty acids and the immune system in autoimmunity. *The Israel Medical Association Journal: IMAJ*, 4(1), 34–38.
- Fenton, J. I., Hord, N. G., Ghosh, S., & Gurtzell, E. A. (2013). Long chain omega-3 fatty acid immunomodulation and the potential for adverse health outcomes. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 89(6), 379. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2013.09.011>.
- Fogarty, H., Townsend, L., Cheallaigh, C. N., Bergin, C., Martin-Loeches, I., Browne, P., Bacon, C. L., Gaule, R., Gillett, A., Byrne, M., Ryan, K., O'Connell, N., O'Sullivan, J. M., Conlon, N., &

- O'Donnell, J. S. (2020). COVID-19 coagulopathy in caucasian patients. *British Journal of Haematology*, 189, 1044–1049. <https://doi.org/10.1111/bjh.16772>.
- Fragoso, T. S., Dantas, A. T., Marques, C. D. L., Rocha Júnior, L. F., Melo, J. H. L., Costa, A. J. G., & Duarte, A. L. B. P. (2012). Níveis séricos de 25-hidroxivitamina D3 e sua associação com parâmetros clínicos e laboratoriais em pacientes com lupus eritematoso sistêmico. *Revista Brasileira de Reumatologia*, 52, 60–65. <https://doi.org/10.1590/s0482-50042012000100007>.
- Frederickson, C. J., Suh, S. W., Silva, D., Frederickson, C. J., & Thompson, R. B. (2000). Importance of zinc in the central nervous system: the zinc-containing neuron. *The Journal of Nutrition*, 130(5), 1471S–1483S. <https://doi.org/10.1093/jn/130.5.1471s>.
- Gammoh, N. Z., & Rink, L. (2017). Zinc in infection and inflammation. *Nutrients*, 9(6), 624. <https://doi.org/10.3390/nu9060624>.
- Gasmi, A., Noor, S., Tippairote, T., Dadar, M., Menzel, A., & Bjørklund, G. (2020). Individual risk management strategy and potential therapeutic options for the COVID-19 pandemic. *Clinical Immunology*, 215, 108409. <https://doi.org/10.1016/j.clim.2020.108409>.
- Ginde, A. A., Mansbach, J. M., & Camargo, C. A. (2009). Association between serum 25-hydroxyvitamin D level and upper respiratory tract infection in the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Archives of Internal Medicine*, 169(4), 384–390. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2008.560>.
- Gombart, A. F., Pierre, A., & Maggini, S. (2020). A review of micronutrients and the immune system—working in harmony to reduce the risk of infection. *Nutrients*, 12(1), 236. <https://doi.org/10.3390/nu13114180>.
- Grant, W. B., Lahore, H., McDonnell, S. L., Baggerly, C. A., French, C. B., Aliano, J. L., & Bhattoa, H. P. (2020). Evidence that vitamin D supplementation could reduce risk of influenza and COVID-19 infections and deaths. *Nutrients*, 12(4), 988. <https://doi.org/10.3390/nu12061626>.
- Greiller, C. L., & Martineau, A. R. (2015). Modulation of the immune response to respiratory viruses by vitamin D. *Nutrients*, 7(6), 4240–4270. <https://doi.org/10.3390/nu7064240>.
- Guillin, O. M., Vindry, C., Ohlmann, T., & Chavatte, L. (2019). Selenium, selenoproteins and viral infection. *Nutrients*, 11(9), 2101. <https://doi.org/10.3390/nu11092101>.
- Gutiérrez, S., Svahn, S. L., & Johansson, M. E. (2019). Effects of omega-3 fatty acids on immune cells. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(20), 5028. <https://doi.org/10.3390/ijms20205028>.
- Hojyo, S., & Fukada, T. (2016). Roles of zinc signaling in the immune system. *Journal of Immunology Research*, 2016, 1–22. <https://doi.org/10.1155/2016/6762343>.
- Hopkins, R. G., & Failla, M. L. (1997). Copper deficiency reduces interleukin-2 (IL-2) production and IL-2 mRNA in human T-lymphocytes. *The Journal of Nutrition*, 127(2), 257–262. <https://doi.org/10.1093/jn/127.2.257>.
- Hu, N., Li, Q.-B., & Zou, S.-Y. (2018). Effect of vitamin A as an adjuvant therapy for pneumonia in children: a Meta analysis. *Chinese Journal of Contemporary Pediatrics*, 20(2), 146–153. <https://doi.org/10.7499/j.issn.1008-8830.2018.12.013>.
- Huang, F., Zhang, C., Liu, Q., Zhao, Y., Zhang, Y., Qin, Y., Li, X., Li, C., Zhou, C., & Jin, N. (2020). Identification of amitriptyline HCl, flavin adenine dinucleotide, azacitidine and calcitriol as repurposing drugs for influenza A H5N1 virus-induced lung injury. *PLoS Pathogens*, 16(3), e1008341. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1008341>.
- Huang, Z., Liu, Y., Qi, G., Brand, D., & Zheng, S. G. (2018). Role of vitamin A in the immune system. *Journal of Clinical Medicine*, 7(9), 1–7. <https://doi.org/10.3390/jcm7090258>.
- Jarosz, M., Olbert, M., Wyszogrodzka, G., Młyniec, K., & Librowski, T. (2017). Antioxidant and anti-inflammatory effects of zinc. Zinc-dependent NF-κB signaling. *Inflammopharmacology*, 25, 11–24.
- Jayawardena, R., Sooriyaarachchi, P., Chourdakis, M., Jeewandara, C., & Ranasinghe, P. (2020). Enhancing immunity in viral infections, with special emphasis on COVID-19: A review. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(4), 367–382. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.06.009>.

- Kassis, N. M., Beamer, S. K., Matak, K. E., Tou, J. C., & Jaczynski, J. (2010). Nutritional composition of novel nutraceutical egg products developed with omega-3-rich oils. *LWT - Food Science and Technology*, *43*(8), 1204–1212. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2010.04.006>.
- Katz, D. L., Evans, M. A., Nawaz, H., Njike, V. Y., Chan, W., Comerford, B. P., & Hoxley, M. L. (2005). Egg consumption and endothelial function: a randomized controlled crossover trial. *International Journal of Cardiology*, *99*(1), 65–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2003.11.028>.
- Kim, J. E., Leite, J. O., Ogburn, R., Clark, R. M., & Fernandez, M. L. A. (2011). A lutein-enriched diet prevents cholesterol accumulation and decreases oxidized LDL and inflammatory cytokines in the aorta of Guinea pigs. *Journal of Nutrition*, *141*(8), 1458–1463. <https://doi.org/10.3945/jn.111.141630>.
- Köhrle, J., Brigelius-Flohé, R., Böck, A., Gärtner, R., Meyer, O., & Flohé, L. (2000). Selenium in biology: facts and medical perspectives. *Biological Chemistry*, *381*, 849–864. <https://doi.org/10.1515/BC.2000.107>.
- Koller, L. D., Mulhern, S. A., Frankel, N. C., Steven, M. G., & Williams, J. R. (1987). Immune dysfunction in rats fed a diet deficient in copper. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *45*(5), 997–1006. <https://doi.org/10.1093/ajcn/45.5.997>.
- Krinsky, N. I., Landrum, J. T., & Bone, R. A. (2003). Biologic mechanisms of the protective role of lutein and zeaxanthin in the eye. *Annual Review of Nutrition*, *23*(1), 171–201. <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.23.011702.073307>.
- Laaksi, I., Ruohola, J. P., Tuohimaa, P., Auvinen, A., Haataja, R., Pihlajamäki, H., & Ylikomi, T. (2007). An association of serum vitamin D concentrations < 40 nmol/L with acute respiratory tract infection in young Finnish men. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *86*(3), 714–717. <https://doi.org/10.1093/ajcn/86.3.714>.
- Lassi, Z. S., Moin, A., & Bhutta, Z. A. (2016). Zinc supplementation for the prevention of pneumonia in children aged 2 months to 59 months. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, *12*, 1–31. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD005978.pub3>.
- Lei, G.-S., Zhang, C., Cheng, B.-H., & Lee, C.-H. (2017). Mechanisms of action of vitamin D as supplemental therapy for Pneumocystis pneumonia. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, *61*(10), 1–13. <https://doi.org/10.1128/AAC.01226-17>.
- Lewis, E. D., Meydani, S. N., & Wu, D. (2019). Regulatory role of vitamin E in the immune system and inflammation. *IUBMB Life*, *71*(4), 487–494. <https://doi.org/10.1002/iub.1976>.
- Li, C., Li, Y., & Ding, C. (2019). The role of copper homeostasis at the host-pathogen axis: from bacteria to fungi. *International Journal of Molecular Sciences*, *20*(1), 175. <https://doi.org/10.3390/ijms20010175>.
- Lima, W. L., Batista, M. C. C., Silvino, V. O., Moura, R. C., Mendes, I. L., Moura, M. S. B., Batista, N. K. C., Silva, K. R., & Barbosa, A. K. S. (2020). Importância nutricional das vitaminas e minerais na infecção da COVID-19. *Research, Society and Development*, *9*(8), e804986103–e804986103. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.6103>.
- Lutter, C. K., Iannotti, L. L., & Stewart, C. P. (2018). The potential of a simple egg to improve maternal and child nutrition. *Maternal & Child Nutrition*, *14*, e12678. <https://doi.org/10.1111/mcn.12678>.
- Mafra, D., & Cozzolino, S. M. F. (2004). Importância do zinco na nutrição humana. *Revista de Nutrição*, *17*, 79–87. <https://doi.org/10.1590/s1415-52732004000100009>.
- Maggini, S., Pierre, A., & Calder, P. C. (2018). Immune function and micronutrient requirements change over the life course. *Nutrients*, *10*(10), 1531. <https://doi.org/10.3390/nu10101531>.
- Mao, S., Zhang, A., & Huang, S. (2014). Meta-analysis of Zn, Cu and Fe in the hair of Chinese children with recurrent respiratory tract infection. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, *74*(7), 561–567. <https://doi.org/10.3109/00365513.2014.921323>.
- Meydani, S. N., Leka, L. S., Fine, B. C., Dallal, G. E., Keusch, G. T., Singh, M. F., & Hamer, D. H. (2004). Vitamin E and respiratory tract infections in elderly nursing home residents: a randomized controlled trial. *Jama*, *292*(7), 828–836. <https://doi.org/10.1001/jama.292.7.828>.

- Moriguchi, S., & Kaneyasu, M. (2004). Role of vitamin E in immune system. *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition*, 34(3), 97–109. <https://doi.org/10.3164/jcbrn.34.97>.
- Mossink, J. P. (2020). Zinc as nutritional intervention and prevention measure for COVID-19 disease. *BMJ Nutrition, Prevention & Health*, 3(1), 111. <https://doi.org/10.1136/bmjnp-2020-000095>.
- Munoz, C., Rios, E., Olivos, J., Brunser, O., & Olivares, M. (2007). Iron, copper and immunocompetence. *British Journal of Nutrition*, 98(S1), S24–S28. <https://doi.org/10.1017/S0007114507833046>.
- Muscogiuri, G., Barrea, L., Savastano, S., & Colao, A. (2020). Nutritional recommendations for CoVID-19 quarantine. *European Journal of Clinical Nutrition*, 74(6), 850–851.
- Pan, M., Cederbaum, A. I., Zhang, Y.-L., Ginsberg, H. N., Williams, K. J., & Fisher, E. A. (2004). Lipid peroxidation and oxidant stress regulate hepatic apolipoprotein B degradation and VLDL production. *The Journal of Clinical Investigation*, 113(9), 1277–1287. <https://doi.org/10.1172/JCI19197>.
- Percival, S. S. (1998). Copper and immunity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 67(5), S1064–S1068. <https://doi.org/10.1093/ajcn/67.5.1064S>.
- Raha, S., Mallick, R., Basak, S., & Duttaroy, A. K. (2020). Is copper beneficial for COVID-19 patients? *Medical Hypotheses*, 142, 109814. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109814>.
- Science, M., Johnstone, J., Roth, D. E., Guyatt, G., & Loeb, M. (2012). Zinc for the treatment of the common cold: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Cmaj*, 184(10), E551–E561. <https://doi.org/2012>. DOI:10.1503/cmaj.111990.
- Shankar, A. H., & Prasad, A. S. (1998). Zinc and immune function: the biological basis of altered resistance to infection. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 68(2), 447S–463S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/68.2.447S>.
- Sharifi, A., Vahedi, H., Nedjat, S., Rafiei, H., & Hosseinzadeh-Attar, M. J. (2019). Effect of single-dose injection of vitamin D on immune cytokines in ulcerative colitis patients: a randomized placebo-controlled trial. *Apms*, 127(10), 681–687. <https://doi.org/10.1111/apm.12982>.
- Simonnet, A., Chetboun, M., Poissy, J., Raverdy, V., Noulette, J., Duhamel, A., Labreuche, J., Mathieu, D., Pattou, F., & Jourdain, M. (2020). High prevalence of obesity in severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 (SARS-CoV-2) requiring invasive mechanical ventilation. *Obesity*, 28(7), 1195–1199. <https://doi.org/10.1002/oby.22831>.
- Stipp, M. M. (2020). SARS-CoV-2: micronutrient optimization in supporting host immunocompetence. *International Journal of Clinical Case Reports and Reviews*, 2(2), 1–10. <https://doi.org/10.31579/2690-4861/024>.
- Suárez-Machecha, H., Francisco, A. D., Beirão, L. H., Block, J. M., Saccol, A., & Pardo, S. C. (2002). Importância de ácidos graxos poliinsaturados presentes em peixes de cultivo e de ambiente natural para a nutrição humana. *Boletim Do Instituto de Pesca*, 28(1), 101–110.
- Suzuki, H., Kume, A., & Herbas, M. S. (2018). Potential of vitamin E deficiency, induced by inhibition of α -tocopherol efflux, in murine malaria infection. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(1), 64. <https://doi.org/10.3390/ijms20010064>.
- Teymoori-Rad, M., Shokri, F., Salimi, V., & Marashi, S. M. (2019). The interplay between vitamin D and viral infections. *Reviews in Medical Virology*, 29(2), e2032. <https://doi.org/10.1002/rmv.2032>.
- Trasino, S. E. (2020). A role for retinoids in the treatment of COVID-19? *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 47(10), 1765–1767. <https://doi.org/10.1111/1440-1681.13354>.
- Velthuis, A. J. W., van den Worm, S. H. E., Sims, A. C., Baric, R. S., Snijder, E. J., & van Hemert, M. J. (2010). Zn²⁺ inhibits coronavirus and arterivirus RNA polymerase activity *in vitro* and zinc ionophores block the replication of these viruses in cell culture. *PLoS Pathogens*, 6(11), e1001176. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1001176>.
- Wessels, I., Maywald, M., & Rink, L. (2017). Zinc as a gatekeeper of immune function. *Nutrients*, 9(12), 1286. <https://doi.org/10.3390/nu9121286>.
- Willheim, M., Thien, R., Schratlbauer, K., Bajna, E., Holub, M., Gruber, R., Baier, K., Pietschmann, P., Reinisch, W., & Scheiner, O. (1999). Regulatory effects of 1 α , 25-dihydroxyvitamin D₃ on the

cytokine production of human peripheral blood lymphocytes. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84(10), 3739–3744. <https://doi.org/10.1210/jcem.84.10.6054>.

Wimalawansa, S. J. (2020). Global epidemic of coronavirus—Covid-19: what can we do to minimize risks. *European Journal of Biomedical*, 7(3), 432–438.

Yaroshenko, F. O., Dvorska, J. E., Surai, P. F., & Sparks, N. H. C. (2003).elenium-enriched eggs as a source of selenium for human consumption. *Applied Biotechnology, Food Science and Policy*, 1(1), 13–23.

Histórico do artigo:

Recebido: 10 de outubro de 2023

Aprovado: 24 de outubro de 2023

Licenciamento: Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.