

NUTRIÇÃO *IN OVO*: ESTRATÉGIA PARA NUTRIÇÃO DE PRECISÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO AVÍCOLA

IN OVO NUTRITION: STRATEGY FOR PRECISION NUTRITION IN POULTRY INDUSTRY

Gonçalves, F.M.^{1*}; Santos, V.L.¹; Contreira, C.L.¹; Farina, G.¹; Kreuz, B.S.¹; Gentilini, F.P.²; Anciuti, M.A.² e Rutz, F.¹

¹Universidade Federal de Pelotas. Brasil. *fmedeiros_fv@ufpel.edu.br

²Instituto Federal Sul-rio-grandense. Campus Pelotas/CAVG. Brasil.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Desenvolvimento embrionário. Ecloração. Nutrição inicial.

ADDITIONAL KEYWORDS

Embryo development. Hatchability. Early nutrition.

RESUMO

O intestino de um pintinho é relativamente subdesenvolvido após o nascimento e estratégias de alimentação inicial devem considerar este atraso, principalmente pelas condições de estresse a qual estes animais estão submetidos logo após a ecloração. A primeira refeição do embrião é o fluido amniótico o qual é ingerido antes da bicagem interna da casca do ovo iniciando no 13º dia de incubação estendendo-se até o 18º, preparando o trato gastrointestinal para o contato com nutrientes externos após a ecloração. Considerando o padrão fisiológico de um pintinho, as reservas de carboidratos são mínimas logo após a ecloração, ocorrendo uma relação inversa entre o peso da ave jovem e as reservas de glicogênio, sugerindo que o frango moderno, de crescimento rápido, possui maior requerimento metabólico que a genética de aves utilizadas em décadas anteriores. Atualmente a alimentação *in ovo* tem sido considerada uma alternativa viável como suporte ao desenvolvimento precoce dos pintinhos através da utilização de soluções nutritivas injetáveis durante o período de incubação. Objetivou-se discutir as possibilidades em implantação da técnica de nutrição *in ovo* na cadeia produtiva do frango considerando as necessidades fisiológicas dos animais e resultados obtidos por pesquisas científicas.

SUMMARY

The gut of the young chick is relatively

underdeveloped after hatching; initial feeding strategies should seriously consider this situation. Consideration has to be given to the stress conditions to which these birds are exposed in the post hatching period. The first nutrition of an embryo is the amniotic fluid, which is ingested before the internal pipping. This process begins around the 13th day of incubation and continues until the 18th day, this prepares the gut for post hatch feeding. Considering the physiological condition of the young broiler chick; stored carbohydrates are minimal after hatching, leading to a reverse relationship between chick weight and glycogen stores where implications are that the modern broiler embryo has far more metabolic requirements than chicken at this stage of development in the past. At present, *in ovo* nutrition has been considered as a solution for initial broiler chick development by supplementing diets during the incubation period. This review discuss the possibility of using the *in ovo* nutrition technique in the poultry industry taking into account the physiological requirements of broiler chicks and current research results in this field.

INTRODUÇÃO

O período de incubação representa 30 % da vida de um frango de corte programado para ser abatido aos 42 dias de idade. Assim, é notável que esta fase agregue

investimentos tecnológicos e de manejo que aperfeiçoem a cadeia produtiva do frango como um todo. Ao ser debatido o tema *nutrição inicial (early nutrition)*, o mesmo deveria ser amplificado ao início da formação do frango, na fase embrionária, considerando a parcela que esta fase representa no período produtivo da ave.

Estudos sobre o fornecimento de nutrientes *in ovo* foram realizados durante o período de incubação com a administração de diferentes nutrientes, tais como vitaminas, aminoácidos, carboidratos entre outros aditivos, e em distintas fases do desenvolvimento embrionário; todos com o objetivo principal de estimular o crescimento e promover maior ganho de peso de frangos de corte (Ohta *et al.*, 2001; Ipek *et al.*, 2004; Uni e Ferket, 2004; Foye *et al.*, 2005; Uni *et al.*, 2005; Pedroso *et al.*, 2006; Leitão *et al.*, 2008; Leandro *et al.*, 2010; Leitão *et al.*, 2010).

Considerando o padrão fisiológico de um pintinho, as reservas de carboidratos são mínimas logo após a eclosão, ocorrendo uma relação inversa entre o peso da ave jovem e as reservas de glicogênio. Isto sugere que o frango moderno, de crescimento rápido, possui maior requerimento metabólico que a ave da década anterior, a qual possuía menores taxas de crescimento e peso corporal (Lilburn, 1998).

No final do processo de incubação, a gema residual é gradualmente internalizada na cavidade abdominal do embrião, constituindo a única fonte de nutrientes após o nascimento até o fornecimento de alimentação exógena após o alojamento nos galpões de produção (Noy *et al.*, 2001). Assim, a alimentação precoce do embrião pela administração de nutrientes durante o período embrionário pode ter efeito positivo sobre a eclodibilidade, desenvolvimento do sistema digestório, peso vivo e estado nutricional pós-eclosão, considerando que o acesso ao alimento é fundamental para o desenvolvimento precoce de pintos recém-

eclodidos (Uni e Ferket, 2004).

Objetivou-se com esta revisão discutir as possibilidades em utilização da técnica de nutrição *in ovo* na cadeia produtiva do frango considerando as necessidades fisiológicas destes animais e resultados obtidos por estudos científicos.

FISIOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO EMBRIONÁRIO

Ao contrário dos mamíferos, o desenvolvimento embrionário das aves é restrinvido pelo conteúdo de nutrientes presentes no ovo, onde o rápido crescimento das atuais linhagens esbarra em uma maior exigência metabólica, tornando o período pós-eclosão um ponto crítico na eficiência produtiva.

A quantidade e a qualidade nutricional do âmnio determinam a transição fisiológica e metabólica do embrião para nutrição externa, sendo influenciada pela nutrição e idade da matriz bem como pelas condições de incubação (Lopez *et al.*, 1992). Deficiências nutricionais nas dietas das matrizes durante a formação do ovo, poderão repercutir negativamente na fase produtiva do frango (Moran Jr., 2007). De acordo com Almeida *et al.* (2010), o suprimento de cálcio para a casca dos ovos está relacionado a sua disponibilidade no trato gastrointestinal. Desta forma, a deficiência deste mineral na dieta de matrizes, implica em consequências negativas no desenvolvimento embrionário, principalmente na formação da estrutura óssea, visto que a casca disponibiliza uma parcela importante de cálcio para o embrião em formação.

O trato digestório das aves passa por alterações drásticas em sua ultraestrutura antes da eclosão, coincidindo com a ingestão do fluido amniótico, o qual representa a primeira refeição de um pintinho. O fluido amniótico é ingerido antes da bicagem interna da casca do ovo, iniciando no 13º dia de incubação e estendendo-se até o 18º, preparando o trato gastrointestinal para a nutrição

NUTRIÇÃO IN OVO NA AVICULTURA

pós-eclosão (Bohorquez, 2010).

O início do desenvolvimento do trato gastrointestinal ocorre nas primeiras 96 horas de incubação (Macari e Gonzales, 2003), entretanto, o intestino de um pintinho é relativamente subdesenvolvido logo após o nascimento e estratégias de alimentação inicial devem considerar este atraso, principalmente pelas condições de estresse em que estes animais se encontram logo após a eclosão (Lilburn, 1998).

As aves apresentam um rápido desenvolvimento estrutural e funcional do trato gastrointestinal após o nascimento, adaptando sua capacidade de digerir alimentos e assimilar nutrientes da dieta exógena. Esse desenvolvimento tem seu ápice entre o terceiro e o sétimo dia pós-eclosão, posteriormente sua taxa de crescimento é reduzida (Murakami *et al.*, 1992). Dessa forma, um desenvolvimento intestinal precoce proporcionaria um crescimento maior e mais rápido, possibilitando ao animal demonstrar seu potencial genético (Uni e Ferket, 2004). O desenvolvimento funcional do trato digestivo também envolve a produção quantitativa e qualitativa das secreções digestivas (Vieira e Pophal, 2000) aumentando a eficiência alimentar.

Normalmente, os pintinhos demoram a receber a primeira alimentação logo após a eclosão, suportando uma privação dietética por até 48 horas. Estratégias para reduzir este impacto negativo, como fornecer alimento e água ainda no incubatório ou durante o transporte, possuem pouca praticidade considerando a produção diária de um incubatório comercial. Atualmente, a alimentação *in ovo* tem sido considerada uma alternativa viável para o desenvolvimento dos pintinhos, com a utilização de soluções nutritivas injetáveis no final do período de incubação (Uni e Ferket, 2010). Avaliando o trato digestório de aves recém eclodidas, Uni (2001) demonstrou que, quanto mais cedo a ave é alimentada, maior o desenvolvimento inicial do trato digestório

e, portanto, melhor o peso vivo nas fases subsequentes.

Tal resposta justifica-se quando consideramos as adaptações que ocorrem no trato gastrointestinal da ave quando ocorre a mudança na forma física e química do alimento, principalmente na primeira semana de vida, onde o tamanho relativo do intestino e a produção enzimática apresentam uma curva exponencial de crescimento e maturação (Uni *et al.*, 2003).

Considerando que a deficiência de nutrientes no âmnio pode prejudicar o desenvolvimento perinatal, a suplementação destas substâncias diretamente neste conteúdo poderia acelerar o desenvolvimento intestinal e sua capacidade de digerir nutrientes (Uni e Ferket, 2010).

De acordo com o que foi exposto, quando os conhecimentos sobre a fisiologia digestiva das aves e composição química dos ingredientes mostram que a capacidade de aproveitamento dos nutrientes pode ser melhorada de maneira prática (Gentilini *et al.*, 2009), torna-se necessário a busca por soluções e ferramentas inovadoras que contribuam para o crescimento e modernização da cadeia produtiva.

NUTRIENTES COM POTENCIAL DE UTILIZAÇÃO

Visando atender às exigências de mercado, o enfoque das pesquisas tem sido a busca por alimentos e nutrientes que, ao serem suplementados às dietas, atuem melhorando a qualidade dos produtos sem afetar a eficiência alimentar (Nunes *et al.*, 2010). Considerando que alguns possuem a capacidade de alterar eventos genéticos, influenciando a saúde e desenvolvimento dos animais (Gonçalves *et al.*, 2009), a suplementação destes nutrientes na fase embrionária possibilitaria melhores respostas metabólicas em um organismo em formação, favorecendo a expressão de genes de interesse em fase posterior. Cam-

pos *et al.* (2011) verificaram que a inoculação de solução nutritiva contendo 2,5 % de glicose + 3,0 % de sacarose proporciona maior ganho de peso, melhor conversão alimentar, maior rendimento de peito com osso e rendimento de filé de peito de frangos aos 21 dias de idade, resposta que poderá ser justificada pela expressão e/ou supressão de genes relacionados em estudos na área de nutrigenômica.

Ainda que o ovo seja considerado completo em termos nutricionais, os percentuais de aminoácidos, carboidratos, vitaminas, minerais e lipídeos, são suficientes no terço inicial da incubação, estando aquém dos níveis desejáveis no terço final e durante a eclosão. De acordo com Abed *et al.* (2011), o acesso imediato ao alimento e água logo após a eclosão, asseguram um ótimo desempenho de frangos de corte na idade de abate, visto que estas aves não possuem potencial compensatório para crescimento retardado devido a um longo período de privação nutricional durante o período neonatal. Contudo, o acesso a nutrientes poderá ocorrer já na fase embrionária, antecipando este período de privação.

Um dos primeiros trabalhos publicados em nutrição *in ovo*, inoculou uma mistura de aminoácidos idêntica a composição encontrada no ovo em ovos embrionados em desenvolvimento, obtendo maior peso corporal no nascimento e aos 56 dias de idade de frangos de corte (Al-Murrani, 1982). Mais adiante, Otha *et al.* (1999) não observaram efeitos significativos ao inocularem um *pool* de aminoácidos em ovos embrionados de frangos de corte, sugerindo que o conteúdo de aminoácidos presentes no ovo é suficiente para o desenvolvimento embrionário.

Embora lipídios e proteínas presentes no saco vitelínico sejam mais favoráveis à síntese celular e manutenção da imunidade passiva do que ao atendimento da exigência energética, na ausência do fornecimento de energia via oral, esses nutrientes serão consumidos para esta finalidade (Otha *et al.*,

2004). Diante disso, o enriquecimento do fluido amniótico com carboidratos previamente a eclosão, disponibilizaria energia para o embrião elevando a reserva de glicogênio e diminuindo o uso das proteínas musculares, contribuindo para melhor desempenho da ave (Uni *et al.*, 2005).

Os carboidratos constituem uma fonte energética para todos os animais, e estão sendo testados na nutrição embrionária por serem componentes importantes na fase final do desenvolvimento (Uni *et al.*, 2005). A biodisponibilidade de glicose é fundamental antes e durante a eclosão, quando ocorre a passagem da respiração cório-alantóide à pulmonar. Nesta fase, o suprimento de glicose é alcançado, em um primeiro momento, a partir das reservas de glicogênio e por depleção de proteínas, por glicogenólise e gliconeogênese, respectivamente (Leitão *et al.*, 2010). Neste sentido, Prado-Rebolledo *et al.* (2009), verificaram uma redução do índice glicêmico com elevação do hematócrito em pintinhos submetidos a alta concentração de oxigênio durante a incubação, evidenciando uma depleção energética ainda no período entre o início da respiração pulmonar e o nascimento. Em última instância, o organismo irá obter glicose através da gliconeogênese, reduzindo, por consequência, os níveis de proteína muscular e interferindo negativamente o desenvolvimento após a eclosão.

De acordo com Tako *et al.* (2004), a administração de carboidratos (maltose, dextrina e sucrose) *in ovo*, promove maior tamanho dos vilos e maior eficiência intestinal em digerir dissacarídeos, favorecendo o desempenho geral dos animais. Uni *et al.* (2005) constataram que a administração *in ovo* de sacarose, maltose, dextrina ou β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB) foi essencial para suprir o déficit energético do embrião no momento da eclosão, resultando em aumento no peso corporal ao nascimento e maior peso de peito quando comparados

NUTRIÇÃO IN OVO NA AVICULTURA

aos não suplementados.

Considerando que o desenvolvimento de um mecanismo eficiente na proteção contra a ação oxidativa de processos metabólicos fisiológicos do animal deve começar no período embrionário (Rutz *et al.*, 2002), a suplementação de substâncias com ação antioxidante neste período, proporcionará efeito suporte na proteção celular contra os radicais livres. Sabe-se que a vitamina E estabiliza radicais livres exercendo ação antioxidante no organismo. Porém, algumas formas do tocoferol são oxidadas facilmente na presença de oxigênio molecular (Kim *et al.*, 2010). Assim, a suplementação desta vitamina para embriões poderá contribuir para um maior nível de proteção antioxidante, desde que sejam utilizadas formas mais estáveis na solução. A ação antioxidante da vitamina E é explicada pelo fato de fornecer átomos de hidrogênio para as membranas celulares, impedindo a reação em cadeia que se propaga nas membranas lipídicas (Traber, 2007). Ao inocularem vitamina E em ovos embrionados de frangos e perus, Gore e Qureshi (1997) não observaram diferença significativa no peso corporal e na eclodibilidade, porém, verificaram um aumento significativo no nível de anticorpos e macrófagos sanguíneos circulantes. Já que a suplementação da mesma vitamina na ração de matrizes não provoca o mesmo efeito na progênie (Englemann *et al.*, 2001), a inoculação *in ovo* da vitamina E representa uma alternativa para aumentar os níveis circulantes deste nutriente em frangos de um dia.

Assim como a vitamina E, a vitamina A (retinol) é um micronutriente essencial para todos os vertebrados, atuando como cofator de enzimas importantes na visão, reprodução, desenvolvimento embrionário, diferenciação celular e função imune. No que concerne ao desenvolvimento embrionário, as proteínas CRABP-I e CRABP-II atuam diretamente na diferenciação celular das células germinativas, possuindo

sítios de ligação para o ácido retinóico (Ross e Harrison, 2007). Na reprodução, a vitamina A atua como cofator de enzimas envolvidas na síntese de progesterona, hormônio que contribui para uma maior qualidade de embriões. Assim, níveis elevados desta vitamina estão associados a uma maior produção de progesterona, melhorando por consequência, a qualidade do embrião em mamíferos (Amaral *et al.*, 2004).

Além da atuação da vitamina A em processos metabólicos, atualmente têm-se destacado o efeito antioxidante desempenhado principalmente pelas formas pró-vitamínicas (carotenoides). Essa função antioxidante da vitamina A é essencial no período de transição da respiração cório-alantóide para pulmonar, onde são gerados altos níveis de radicais livres pela exposição a elevadas concentrações de oxigênio (Pasquali *et al.*, 2010). Ainda na linha das vitaminas com ação antioxidante, Gomide Jr. *et al.* (2003) observaram que a aplicação de ácido ascórbico (1, 3 e 5 mg) *in ovo* melhora a eclosão e proporciona maior densidade dos vilos intestinais.

O termo genérico *vitamina D* refere-se a um grupo de substâncias químicas que possuem atividade antirraquítica, com destaque para dois grupos em especial: vitamina D₂ (ergocalciferol) e vitamina D₃ (colecalfiferol), o primeiro grupo corresponde à forma da vitamina sintetizada por plantas, e o segundo é produzido pela ação dos raios UV-B no 7-deidrocolesterol presente na epiderme dos animais. Os níveis de vitamina D no organismo são importantes para a secreção de insulina e prolactina, contração muscular, resposta imune, síntese de melanina e diferenciação celular de células da epiderme e hemácias (Norman e Henry, 2007). No ovo, a forma ativa da vitamina D é fornecida ao embrião pela gema, atuando no metabolismo ósseo para a formação do esqueleto. Desta forma, a inoculação desta vitamina no período embrionário poderá influenciar positivamente no crescimento

ósseo nas primeiras semanas de vida da ave, visto que nesta fase o metabolismo deste tecido é intenso e o não atendimento das necessidades nutricionais para esta função implicará em distúrbios de má formação óssea comumente observada em lotes de frangos de corte.

Englobando todas as vitaminas, Santos (2007) observou um maior peso ao nascimento em frangos inoculados com um suplemento polivitamínico aos 18 dias de incubação. Desta forma, é possível que as vitaminas citadas atuem em benefício do embrião em fase final de desenvolvimento, estimulando, principalmente, a maturação do sistema imunológico e contribuindo para uma resposta sinérgica às vacinas administradas *in ovo* aos 18 dias de incubação.

Em relação aos aminoácidos, geralmente os níveis deste nutriente na gema são suficientes para o pleno desenvolvimento embrionário e eclosão do pintinho. Contudo, após o nascimento, as reservas aminoacídicas do saco vitelino são insuficientes para sustentar o crescimento acelerado das linhagens atuais (Ohta *et al.*, 2004). Ohta *et al.* (2001), inoculando aminoácidos na forma cristalina *in ovo* aos sete dias de incubação, observaram melhora na relação do peso do pinto: peso do ovo.

Entre os aminoácidos com potencial de utilização para nutrição via ovo, a glutamina destaca-se por induzir a enzima ornitina-decarboxilase (ODC), importante no processo de proliferação celular e exercendo sua atividade apenas na presença de glutamina (Maneewan e Yamauchi, 2005).

Os minerais atuam como componentes estruturais de órgãos e tecidos do corpo, fazendo parte de processos enzimáticos e hormonais. Desta forma, a deficiência de minerais em dietas para matrizes refletirá em baixa viabilidade dos embriões, desempenho deficiente, desenvolvimento anormal de órgãos e, até mesmo, à morte embrionária (Savage, 1968, citado por Campos *et al.*, 2010). Íons de sódio, por exemplo, são

importantes para o mecanismo de transporte na borda em escova da mucosa intestinal (Currid *et al.*, 2004). Desta forma, a deficiência metabólica deste mineral associa-se a má absorção de todos os demais nutrientes, independentemente da fase de vida da ave.

Tako *et al.* (2004) observaram que a injeção de zinco-metionina em ovos com 17 dias de incubação determinou melhor desenvolvimento morfológico do intestino, maior atividade das enzimas sucrase-isomaltase e leucina-aminopeptidase. Segundo os autores, a inoculação de zinco-metionina aumenta a expressão de genes envolvidos na digestão e absorção de glicose, elemento chave em qualquer atividade fisiológica do animal.

PARÂMETROS RELACIONADOS À EFICIÊNCIA DO MÉTODO

A prática de vacinação *in ovo* em incubatórios comerciais tem facilitado a mão de obra nestes sistemas, considerando o intenso fluxo e o volume de ovos a serem manejados diariamente. Embora requeira gerenciamento preciso durante a execução, não se observa efeito negativo sobre a eclodibilidade quando o procedimento é realizado corretamente (Gildersleeve *et al.*, 1993). A mesma técnica pode ser utilizada para fornecer ao embrião fonte alimentar adicional, oportunizando corrigir desequilíbrios na composição nutricional do ovo ou suprir com nutrientes que tenham efeito positivo sobre o desempenho do embrião e do pintinho por consequência (Uni e Ferket, 2004).

De uma maneira geral, acredita-se que a introdução de uma solução de nutrientes em ovos férteis, permita a absorção desta pelo embrião antes do nascimento, estimulando o desenvolvimento ainda dentro do ovo. Esta tecnologia promove um melhor *status* nutricional ao nascimento proporcionando vantagens nas primeiras horas após a

NUTRIÇÃO IN OVO NA AVICULTURA

eclosão, período de maior estresse ao animal principalmente pela mudança de ambiente e pela constante manipulação. Dentre as vantagens apontadas, destacam-se o melhor aproveitamento de nutrientes na alimentação, redução nas taxas de mortalidade dos pintinhos, por proporcionar uma resposta imune efetiva, e aumento no desenvolvimento muscular e rendimento de peito, reduzindo-se o custo de produção por quilograma de carne produzida (Uni e Ferket, 2003). Contudo, Pedroso *et al.* (2006) não obtiveram bons resultados de eclodibilidade quando inocularam separadamente ou em combinação ácido linoleico, glutamina e glicose em ovos de matrizes pesadas com 16 dias de incubação, indicando possíveis inadequações de método e/ou solução inoculada.

Estudos realizados por Uni *et al.* (2005), demonstraram que, embriões alimentados aos 18 dias de incubação com carboidratos e/ou proteínas, aumentaram o nível de reserva energética. De acordo com os mesmos autores, embora os resultados de eclodibilidade e viabilidade não tenham sido consistentes, um efeito positivo pode ser esperado quando os embriões estão com seus níveis de energia comprometidos. A questão que deve ser considerada é se corrigindo o nível de energia fornecida pelos ovos aos embriões durante a incubação está melhorando o processo fundamental ou corrigindo um problema. Ipek *et al.* (2004), ao inocularem baixos níveis de glicose (5, 10 e 15 mg), não observaram aumento na mortalidade embrionária nem melhora no desempenho dos pintos, concluindo que baixos níveis de glicose não contribuem como suplemento energético para uma ave em desenvolvimento embrionário. A partir dos dados reportados por Longo *et al.* (2005), verificou-se que os níveis de 100, 200 e 300 mg de glicose fornecem respectivamente 0,34, 0,69 e 1,02 quilocaloria de energia metabolizável (Kcal de EM), quantidade insuficiente para o processo de

rompimento das membranas interna e externa da casca do ovo. Uni *et al.* (2005), utilizando 250 mg de carboidratos (maltose, sacarose e dextrina) *in ovo*, observaram maior peso vivo na fase pré-eclosão e aos 10 dias de idade, atribuindo este fato à reserva de glicogênio hepático obtida pela inoculação dos nutrientes.

No aspecto sanitário, Leandro *et al.* (2010) demonstraram a eficiência da técnica em animais desafiados com *Salmonella enteritidis*, concluindo que a inoculação de probióticos em ovos embrionados de frangos de corte preveniu a colonização do papo e do ceco de pintos desafiados, proporcionando melhor peso vivo aos 21 dias de idade. Entretanto, espera-se que a técnica tenha potencial de promover melhores índices de desempenho em animais saudáveis e de boa qualidade (Uni *et al.*, 2005).

Um importante aspecto associado à aplicação da técnica refere-se ao local da inoculação, considerando que a literatura aponta divergências entre autores. Ohta *et al.* (1999) injetaram solução de aminoácidos diretamente na gema e na câmara de ar no primeiro e sétimo dias de incubação e observaram variação na eclodibilidade em ambas as situações. Já Ipek *et al.* (2004) não constataram efeito negativo sobre a eclodibilidade em razão da inoculação de soluções de glicose e ácido ascórbico na câmara de ar. Avaliando o local de inoculação em ovos de baixo peso médio, provenientes de matrizes em início de postura, Leitão *et al.* (2010) concluíram que a inoculação pela técnica que atravessa a câmara de ar provoca maior mortalidade em embriões em comparação a aplicação diretamente na cavidade alantoide. Neste sentido, Uni e Ferket (2003) recomendam que nutrientes e moduladores entéricos sejam inoculados diretamente na cavidade alantoide a fim de possibilitar a ingestão deste conteúdo pelo embrião, uma vez que estarão misturados ao líquido amniótico.

Sabe-se que, para melhores resultados

em eclodibilidade, é importante considerar o intervalo entre a postura e a incubação, respeitando o período de formação da câmara de ar e desenvolvimento inicial do embrião (Jaramillo *et al.*, 2005). Desta forma, é importante considerar aspectos relacionados ao manejo dos ovos férteis na granja e no incubatório para obtenção de resultados positivos em desempenho com a aplicação da técnica.

Resultados de pesquisas recentes sugerem que a inoculação de dissacarídeos *in ovo* ao invés de monossacarídeos, como a glicose, estimula a secreção de enzimas digestivas (Foye *et al.*, 2005; Ferket *et al.*, 2005). Tako *et al.* (2004) observaram maior área de superfície absorptiva intestinal e tamanho de vilos em embriões com 20 dias de incubação suplementados com solução nutritiva aos 18 dias de incubação. Já Leitão *et al.* (2008) não observaram diferenças no desempenho de frangos de corte que receberam diferentes concentrações de glicose *in ovo* (0,2 e 0,6 mL; 0,2 e 0,6 mg), verificando um prolongamento no período de incubação nos ovos inoculados com estas soluções (468,5 vs 466,6 h).

Segundo Uni e Ferket (2003), a comercialização da tecnologia de alimentação *in ovo* é uma alternativa viável para melhorar

a eficiência na produção de frangos, onde as soluções nutrientes a serem inoculadas podem ser elaboradas e comercializadas por empresas especializadas, gerando um novo setor dentro da indústria avícola. Embora a aplicação prática seja um projeto futuro, trabalhos de pesquisa que visem o melhoramento da técnica estão em andamento, preocupando-se em estabelecer e validar uma fórmula ideal de alimentação *in ovo* em conjunto com um sistema automatizado de precisão para aplicação da técnica e a comprovação de sua eficácia em resultados zootécnicos.

CONCLUSÕES

A introdução de nutrientes em ovos férteis de matrizes pesadas sinaliza um potencial desenvolvimento de áreas da avicultura como nutrição e sanidade, proporcionando maior eficiência nos processos já consolidados neste mercado. Entretanto, questões como a eficiência do método, resposta da aplicação em situações de desafio e os benefícios nos índices produtivos, necessitam ser esclarecidas através de estudos científicos, sugerindo-se a ampliação das pesquisas em nutrição animal para que esta nova linha de pesquisa seja contemplada.

BIBLIOGRAFIA

- Abed, F.; Karimi, A.; Sadeghi, G.; Shivazad, M.; Dashti, S. and Sadeghi-Sefidmazgi, A. 2011. Do broiler chicks possess enough growth potential to compensate long-term feed and water deprivation during the neonatal period? *South Afr J Anim Sci*, 41: 33-39.
- Almeida Paz, I.C.L.; Mendes, A.A.; Balog, A.; Martins, M.R.F.B.; Almeida, I.C.L.; Fernandes, B.C.S.; Milbradt, E.L.; Vulcano, L.C.; Komiyama, C.M. e Cardoso, K.F.G. 2010. Níveis de cálcio e avaliação óssea e de ovos de avestruzes reprodutoras. *Arch Zootec*, 59: 459-462.
- Al-Murrani, W.K. 1982. Effect of injecting amino acids into the egg on embryonic and subsequent growth in the domestic fowl. *Br Poult Sci*, 23: 171-174.
- Amaral, B.C. do; Souza, J.C. de; Bertechini, A.G.; Viveiros, A.T.M.; Teixeira, J.C.; Viveiros, A.T.M.; Teixeira, J.C. e Arantes, A.F.A. 2004. Efeito de diferentes dosagens de vitamina A injetável na produção e qualidade de embriões bovinos da raça Nelore. *Ciênc Agrotéc*, 28: 662-667.
- Bohorquez, D.V. 2010. Nutricional influences on the ultra-structural development of the small intestinal epithelium of the perinatal turkey embryo and poult. Ph.D. Dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- Campos, A.M.A. 2007. Efeito da inoculação *in ovo*

NUTRIÇÃO IN OVO NA AVICULTURA

- de soluções nutritivas sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. Dissertação (Mestrado). Departamento de Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa. 67 pp.
- Campos, A.M.A, Gomes P.C. e Rostagno H.S. 2010. Nutrição *in ovo* de frangos de corte. *Nutritime*, 7: 1304-1313 (06/11/2010).
- Campos, A.M.A.; Rostagno, H.S.; Gomes, P.C.; Silva, E.A.; Albino, L.F.T. e Nogueira, E.T. 2011. Efeito da inoculação de soluções nutritivas *in ovo* sobre a eclodibilidade e o desempenho de frangos de corte. *Rev Bras Zootecn*, 40: 1712-1717.
- Currid, A.; Ortega, B. and Valverde, M.A. 2004. Chloride secretion in amorphologically differentiated human colonic cell line that expresses the epithelial Na⁺ channel. *J Physiol*, 555: 241-250.
- Englemann, D.; Flachowsky, G.; Halle, I. and Sallmann, H.P. 2001. Effects of feeding high doses of vitamin E to laying hens on thyroid hormone concentrations of hatching chicks. *J Exp Zool*, 290: 41-48.
- Ferket, P.; Uni, Z. and Foye, O. 2005. Enhanced of pre- and post-hatch development of turkey by *in ovo* feeding. International Poultry Scientific Forum. Abstracts... Poultry Science Association. Atlanta. p. 42.
- Foye, O.; Ferket, P. and Uni, Z. 2005. The effects of *in ovo* feeding of protein and beta-methyl-beta hydroxybutyrate (HMB) on nutrient digestion and absorption in neonatal turkey poults. In: International Poultry Scientific Forum. Abstracts... Poultry Science Association. Atlanta. p. 5.
- Gentilini, F.P.; Silva R.A.G. da; Nunes, P.M.; Gonçalves, F.M.; Kuhn, C.; Anciuti, M.A. e Rutz, F. 2009. Produtividade e resistência óssea de poedeiras suplementadas com Allzyme® SSF nas dietas. *Arch Zootec*, 58: 645-653.
- Gildersleeve, R.P.; Hoyle, C.M.; Miles, A.M.; Murray, D.L.; Ricks, C.A.; Secrest, M.N.; Williams, C.J. and Womack, C.L. 1993. Developmental performance of an egg injection machine for administration of Marek's disease vaccine. *J Appl Poultry Res*, 2: 337-346.
- Gomide, Jr. M.H.; Sterzo, E.V. e Pires, D.L. 2003. Efeitos da injeção de ácido ascórbico *in ovo* sobre a densidade e integridade dos vilos intestinais de frangos fêmeas submetidos a jejum pós-eclosão. Simpósio Internacional de Iniciação Científica da Universidade de São Paulo. Anais... Fundação da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba.
- Gonçalves, F.M.; Corrêa, M.N.; Anciuti, M.A.; Gentilini, F.P.; Zanusso, J.T. e Rutz, F. 2009. Nutrigenômica: situação e perspectivas na alimentação animal. *Rev Port Ciênc Vet*, 104: 569-572.
- Gore, A.B. and Qureshi, M.A. 1997. Enhancement of humoral and cellular immunity by vitamin E after embryonic exposure. *Poultry Sci*, 76: 984-991.
- Ipek, A.; Sahan, U. and Yilma, B. 2004. The effects of *in ovo* ascorbic acid and glucose injection in broiler breeder eggs on hatchability and chick weight. *Arch für Geflügelk*, 68: 132-135.
- Jaramillo, R.I.; Hernández, Z.J.S.; Sierra, V.A.C. y Vargas, L.S. 2005. Relaciones entre características del huevo incubable y nacimiento de pollitos. *Arch Zootec*, 54: 437-441.
- Kim, Y.J.; Park, W.Y. and Choi, I.H. 2010. Effects of dietary α -tocopherol, selenium, and their different combinations on growth performance and meat quality of broiler chickens. *Poultry Sci*, 89: 603-608.
- Leandro, N.S.M.; Oliveira, A.S.C.; Gonzales, E.; Café, M.B.; Strighini, J.H. e Andrade, M.A. 2010. Probiótico na ração ou inoculado em ovos embrionados: Desempenho de pintos de corte desafiados com *Salmonella enteritidis*. *Rev Bras Zootecn*, 39: 1509-1516.
- Leitão, A.R.; Leandro, M.N.; Stringhini, H.J.; Café, M.B. e Andrade, M.A. 2010. Inoculação de maltose, sacarose ou glicose em ovos embrionados de baixo peso. *Acta Scient Animal Sci*, 32: 93-100.
- Leitão, R.A.; Leandro, N.S.M.; Café, M.B.; Stringhini, J.H.; Pedroso, A.A. e Chaves, L.S. 2008. Inoculação de glicose em ovos embrionados de frango de corte: parâmetros de incubação e desempenho inicial. *Ciênc Animal Bras*, 9: 847-855.
- Lilburn, M.S. 1998. Practical aspects of early nutrition in poultry. *J Appl Poultry Res*, 7: 420-424.
- Longo, F.A.; Menten, J.F.M.; Pedroso, A.A.; Figueiredo, A.N.; Racanicci, A.M.C.; Gaiotto, J.B. e Sorbara, J.O.B. 2005. Diferentes fontes de proteína na dieta pré-inicial de frangos de

- corte. *Rev Bras Zootecn*, 34: 112-122.
- Lopez de Torre B.; Tovar, J.; Uriarte, S. and Aldazabal, P. 1992. The nutrition of the fetus with intestinal atresia: studies in the chick embryo model. *J Pediat Surg*, 27: 1325-1328.
- Macari, M. e Gonzales, E. 2003. Manejo da incubação. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas. FACTA. Jaboticabal. 537 pp.
- Maneewan, B. and Yamauchi, K. 2005. Recovery of duodenal villi and cells in chickens refeed protein, carbohydrate and fat. *Brit Poultry Sci*, 46: 415-423.
- Moran Jr., E.T. 2007. Nutrition of the developing embryo and hatchling. *Poultry Sci*, 86: 1043-1049.
- Murakami, H.; Akiba, Y. and Horiguchi, M. 1992. Growth and utilization of nutrients in newly-hatched chicks with or without removal of residual yolk. *Growth Dev Aging*, 56: 75-84.
- Norman, A.W. and Henry, H.L. 2007. Vitamin D. In: Handbook of vitamins. 4th ed. CRC Press, Taylor e Francis Group. Boca Raton, FL. pp. 42-88.
- Noy, Y.; Geyra, A. and Sklan, D. 2001. The effect of early feeding on growth and small intestinal development in the posthatch. *Poultry Sci*, 80: 912-919.
- Nunes, J.K.; Maier, J.C.; Rossi, P.; Dallmann, P.R.; Silveira, M.H.D.; Anciuti, M.A.; Rutz, F. e Silva, J.G.C. da. 2010. Suplementação de extrato de levedura na dieta de poedeiras: qualidade de ovos. *Arch Zootec*, 59: 369-377.
- Ohta, Y.; Kidd, M.P. and Ishihashi, T. 2001. Embryo growth and amino acid concentration profiles of broiler breeder eggs, embryos and chicks after in ovo administration of amino acids. *Poultry Sci*, 80: 1430-1436.
- Ohta, Y.; Tsushima, N.; Koide, K.; Kidd, M.T. and Ishibashi, T. 1999. Effect of amino acid injection in broiler breeder eggs on embryonic growth and hatchability of chicks. *Poultry Sci*, 78: 1493-1498.
- Ohta, Y.; Yoshida, T. and Tsushima, N. 2004. Comparison between broilers and layers for growth and protein use by embryos. *Poultry Sci*, 83: 783-787.
- Pasquali, M.A.B.; Schnorra, C.E.; Feistauer, L.B.H.; Gelaina, D.P. and Moreira, J.C.F. 2010. Vitamin A supplementation to pregnant and breastfeeding female rats induces oxidative stress in the neonatal lung. *Reprod Toxicol*, 30: 452-456.
- Pedroso, A.A.; Chaves, L.S.; Lopes, K.L.A.M.; Leandro, N.S.M.; Café, M.B. e Strighini, J.H. 2006. Inoculação de nutrientes em ovos de matrizes pesadas. *Rev Bras Zootecn*, 35: 2018-2026.
- Prado-Rebolledo, O.F.; Morales, B.J.E. Quintana, L.J.A. González, A.M.J. y Arce, M.J. 2009. Oxígeno adicional en incubación del pollo de engorda. *Arch Zootec*, 58: 85-91.
- Ross, A.C. and Harrison, E.H. 2007. Vitamin A: Nutritional aspects of retinoids and carotenoids. In: Handbook of vitamins. 4th ed. CRC Press. Taylor e Francis Group. Boca Raton, FL. pp. 1-40.
- Rutz, F.; Bermudez, V.; Pan, E.A. e Fischer, G. 2002. Impacto da nutrição vitamínica sobre a resposta imunológica das aves. Simpósio Brasil Sul de Avicultura. Anais... Universidade Federal de Pelotas. Chapecó. pp: 105-117.
- Santos, T.T. 2007. Influência da inoculação de ingredientes intra ovo em aspectos produtivos e morfológicos de frangos de corte oriundos de distintos pesos de ovos. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. 63 pp.
- Savage, J.E. 1968. Trace minerals and avian reproduction. *Federation Proceedings*, 27: 927-931.
- Tako, E.; Ferket, P.R. and Uni, Z. 2004. Effects of *in ovo* feeding of carbohydrates and α -hydroxy- α -methylbutyrate on the development of chicken intestine. *Poultry Sci*, 83: 2023-2028.
- Traber, M.G. 2007. Vitamin E. In: Handbook of vitamins. 4th ed. CRC Press, Taylor e Francis Group. Boca Raton, FL. pp. 153-174.
- Uni, Z. 2001. Bases fisiológicas e molecular gastrointestinal durante o período pré e pós eclosão. In: Conferência Apinco de ciência e tecnologia avícola. Anais... Campinas, SP. pp: 109-116.
- Uni, Z. e Ferket, P.R. 2003. Enhancement of development of oviparous species by *in ovo* feeding. US Patent nº 6592878. <http://patentscope.wipo.int/search/en/WO2002012436> (30/07/2012).
- Uni, Z. and Ferket, P.R. 2004. Methods for early nutrition and their potential. *World's Poultry Sci J*, 60: 101-111.

NUTRIÇÃO IN OVO NA AVICULTURA

- Uni, Z.; Ferket, R.P.; Tako, E. and Kedar, O. 2005. *In ovo* feeding improves energy status of late-term chicken embryos. *Poultry Sci*, 84: 764-770.
- Uni, Z. e Ferket, P.R. 2010. Alimentação *in ovo*. Impacto sobre o desenvolvimento intestinal, teor corporal de energia e desempenho. In: Conferência FACTA 2010 de Ciência e Tecnologia Avícolas. Anais... Santos, SP. pp. 109-122.
- Uni, Z.; Tako, E.; Gal-Garber, O. and Sklan, D. 2003. Morphological, molecular, and functional changes in the chicken small intestine of the late-term embryo. *Poultry Sci*, 82: 1747-1754.
- Vieira, S.L. e Pophal, S. 2000. Nutrição pós-eclosão de frangos de corte. *Rev Bras Ciênc Avíc*, 2: 189-199.