

Alimentos e suas implicações na saúde intestinal de frangos

Chayane da Rocha e Alex Maiorka / Universidade Federal do Paraná

Introdução

A alta produtividade observada na exploração avícola depende, entre outros fatores, da obtenção adequada de nutrientes presentes na dieta para maximizar os processos de digestão e absorção destas dietas. O epitélio intestinal deve apresentar características morfofisiológicas íntegras, visto que é a porta de entrada dos nutrientes que proporcionarão o desenvolvimento da ave.

A qualidade dos ingredientes que são adicionados às dietas é de fundamental importância na manutenção da integridade e saúde intestinal. A presença de fatores antinutricionais nos ingredientes, como fitatos, polissacarídeos não amiláceos, peróxidos, entre outros, pode ocasionar danos ao trato gastrintestinal e conseqüente queda no desempenho zootécnico. Diante disso, é necessário que seja dada a devida atenção quanto à qualidade dos ingredientes empregados na formulação de rações como forma de se evitar agressões ao epitélio intestinal.

Trato Gastrintestinal (TGI)

O aparelho digestório das aves possui características estruturais que possibilitam a ingestão e passagem do alimento pelo trato, alterações físicas e químicas da dieta que disponibilizam

os nutrientes (água, minerais, ácidos graxos, aminoácidos e vitaminas) necessários ao crescimento e manutenção dos processos biológicos do organismo.

O TGI é um tubo oco e fibromuscular que vai do bico à cloaca, recoberto por epitélios especializados para a secreção, digestão e absorção. Sua parede é composta basicamente por quatro camadas ou túnicas: mucosa, submucosa, muscular e serosa (Macari *et al.*, 1994).

A mucosa intestinal em especial merece grande atenção, pois apresenta dobras microscópicas, denominadas vilosidades ou vilos, que proporcionam um aumento na sua área superficial interna e na absorção dos nutrientes da dieta. O epitélio intestinal apresenta crescimento contínuo e possui mecanismos de perda e renovação celular denominados *turnover*. No entanto, esses mecanismos consomem energia e nutrientes advindos da ração ingerida e das reservas do organismo da ave.

Quando ocorrem lesões, além da redução da quantidade de substrato digerido e absorvido, há ainda o custo para renovação deste tecido. Assim, o rendimento econômico do lote fica seriamente comprometido quando da existência de injúrias na mucosa intestinal.

É importante estar alerta para o fato de que parte da energia ingerida pelas aves é utilizada na manutenção da mucosa e, quanto maior a necessidade de reparo desta, menor a energia líquida de produção.

O entendimento da dinâmica celular intestinal é de fundamental importância para que haja eficiência na produção animal, pois está envolvida com a fisiologia digestiva. A integridade e a

morfologia da mucosa ao longo do intestino podem ser alteradas drasticamente pelas condições nutricionais ofertadas ao indivíduo. Inúmeros agentes infecciosos ou não infecciosos (presença de fatores antinutricionais dos ingredientes) podem lesar a mucosa intestinal, além de comprometer os processos digestórios.

Fatores Antinutricionais

Na alimentação de aves, as principais fontes de energia são o milho e o sorgo, e as de proteína são principalmente soja, seus subprodutos e farinhas de origem animal. Nos ingredientes comumente adicionados às dietas avícolas, a quantidade de fatores antinutricionais é variável e a concentração final na ração destes compostos pode ser mínima dependendo do processamento, do nível de inclusão dessas matérias-primas e da utilização de aditivos que minimizem os prejuízos causados por eles.

As formulações de ração praticadas nas indústrias têm como objetivo fornecer ao animal um alimento que supra suas exigências nutricionais aliado à máxima lucratividade. Pelo fato de os fatores antinutricionais não serem tóxicos aos animais, alguns formuladores negligenciam a presença desses compostos na ração e seus efeitos negativos sobre a saúde intestinal das aves, resultando em queda no desempenho, lesões no trato gastrintestinal e alterações do equilíbrio da microbiota intestinal.

Oliveira *et al.* (2000) observaram que frangos de corte submetidos a dietas com Leucena proporcionaram um aumento no número de células caliciformes e piora no ganho de peso e conversão alimentar. Este aumento de células caliciformes pode ser atribuído como uma resposta fisiológica aos fatores antinutricionais (alcaloides) presentes na Leucena. Da mesma forma, outros

fatores antinutricionais, como o tanino, presente no sorgo, podem causar alterações estruturais na mucosa intestinal.

Fitato nos Alimentos

As rações avícolas são compostas na sua grande maioria por grãos de cereais e sementes e seus produtos, nos quais, em média, 70% do fósforo encontram-se na forma de fitato. O fósforo fítico é a designação dada ao fósforo que faz parte da molécula do ácido fítico ou hexafosfato de inositol, encontrado somente em vegetais. O fitato constitui cerca de 1 a 2% do peso de muitos cereais e leguminosas (Nunes, 2001). Cowieson *et al.* (2004) sugerem que o fitato é um dos mais potentes fatores antinutricionais e que sua presença resulta em perdas significativas de nutrientes e energia sob a forma de mucinas, células intestinais e, talvez, enzimas pancreáticas.

O fitato se complexa com cátions como cálcio, sódio, zinco, cobre, magnésio, ferro e manganês, com aminoácidos e carboidratos, reduzindo sua digestibilidade. Yoon *et al.* (2007) demonstraram que a quelação de minerais bivalentes com o ácido fítico ou sua associação com enzimas têm efeito negativo na atividade das enzimas envolvidas na digestão do amido, como a amilase, que requerem minerais como cálcio para ativação. Outra forma que o ácido fítico pode interferir na digestão de carboidratos é ligando-se diretamente ao amido (Nunes, 2001).

Processo semelhante ocorre com a digestão proteica, onde as proteínas ligadas ao fitato seriam menos suscetíveis às proteases. Além disso, os complexos de fitato-mineral-proteína podem ser prejudiciais devido à remoção dos cofatores (minerais) necessários para a atuação das enzimas proteolíticas e/ou devido à complexação das enzimas (Dari, 2004). Portanto, mais do que efeito sobre o fósforo, o fitato se constitui em um importante fator

antinutricional que reduz significativamente a disponibilidade de muitos nutrientes, incluindo proteína e energia.

Na digestão de gorduras, o complexo cálcio-fitato pode reagir com ácidos graxos, formando sabões insolúveis no lúmen intestinal (Nunes, 2001). Trabalhos recentes (Selle *et al.*, 2006; Cowieson *et al.*, 2008) têm mostrado que a presença do fitato nas rações pioram a metabolizabilidade de energia e aminoácidos não só pela relação direta que esse composto possui com os nutrientes ou pela inibição de algumas enzimas digestivas, mas pelo excesso de perdas endógenas. Dessa forma, sugere-se que os efeitos da enzima fitase sobre o aproveitamento de aminoácidos e energia devam-se também à redução das perdas endógenas causadas pela presença do fitato, um importante agressor da mucosa intestinal de frangos (Ravidran *et al.*, 1995, Persson *et al.*, 1998, Batal *et al.*, 2001, Banks *et al.*, 2004 e Cowieson *et al.*, 2009).

Hemaglutininas (Lectinas)

A lectina é uma glicoproteína encontrada na maioria das plantas, denominada também como hemaglutinina por possuir a capacidade de provocar a aglutinação das hemácias de várias espécies. Segundo Borges *et al.* (2003), o principal efeito das lectinas se deve ao fato de elas se ligarem aos carboidratos presentes nas paredes da mucosa intestinal.

Esta ligação resulta em ruptura do epitélio intestinal, com diminuição da altura das vilosidades, alteração na atividade das enzimas da borda em escova e uma hipersecreção de proteína endógena, induzindo à hiperplasia do intestino delgado com o aumento do número de células caliciformes produtoras de muco, causando decréscimo na absorção.

Maenz *et al.* (1999) demonstraram que 60% das lectinas da soja chegam ao intestino intactas e se ligam com carboidratos de membrana, provocando desorganização e destruição dos microvilos e aumentando o *turnover* das células intestinais.

Com isso, os processos de digestão e absorção dos nutrientes ficam comprometidos, a secreção de enzimas pelas células intestinais é reduzida, provocando hipersecreção de proteína endógena com maior produção de muco e perdas de proteínas plasmáticas para o lúmen intestinal. Todos esses fatores associados aumentam a demanda energética do animal e, conseqüentemente, os níveis de proteína e energia destinados ao crescimento são reduzidos.

Peróxidos

Apesar das inúmeras vantagens e funções que os lipídios exercem sobre o organismo, a utilização de óleos, gorduras ou quaisquer ingredientes que apresentem quantidade considerável de matéria graxa em sua composição pode sofrer o processo de oxidação lipídica.

Os lipídios ricos em ácidos graxos insaturados são mais suscetíveis ao desenvolvimento de oxidação que os compostos por ácidos graxos saturados. As reações oxidativas podem destruir componentes importantes dos alimentos (vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais), além de causar danos às estruturas celulares e aos tecidos animais (Adams, 1999). Acredita-se que a degradação oxidativa dos ácidos graxos insaturados da membrana fosfolipídica leve a mudanças físico-químicas, que resultam em disfunções da membrana celular (Combs, 1998).

A ingestão de peróxidos provenientes da gordura oxidada presente nos alimentos pode resultar em redução na quantidade do alfa-tocoferol nos tecidos e, conseqüentemente, em menor estabilidade destes. A redução na quantidade de alfa-tocoferol nas membranas celulares é resultado do seu uso na proteção destas contra o ataque dos radicais livres originários também dos peróxidos ingeridos.

Dibner *et al.* (1996) demonstraram o efeito tóxico da gordura oxidada e dos produtos secundários da oxidação nas células por meio da observação da proliferação celular no epitélio intestinal e hepático. Nos animais alimentados com gordura oxidada houve uma acentuada redução no tempo de vida das células dos epitélios estudados, levando a um menor aproveitamento dos alimentos e a um aumento na demanda energética e, conseqüentemente, a um aumento na exigência de manutenção destes animais.

A maioria dos produtos finais da oxidação, como aldeídos e cetonas, devido à sua natureza hidrofílica e seu baixo peso molecular, são facilmente absorvidos e levados pela corrente sanguínea até os órgãos, onde promovem a oxidação lipídica *in vivo*.

As modificações na função intestinal, ou seja, na absorção dos nutrientes, de aves alimentadas com gordura oxidada influenciam a capacidade de absorção de glicose, aumentada em resposta ao déficit de energia gerado pela baixa energia metabolizável da gordura oxidada, ou talvez esse aumento na absorção indique que as aves necessitam de mais energia quando estão sob estresse oxidativo. Estas alterações na absorção de glicose pelo intestino devem ser reações do organismo às mudanças no metabolismo de carboidratos do fígado (Robey e Shermer, 1994).

Estudos demonstram depressões significativas no crescimento, ganho de peso e piora na conversão alimentar em aves

alimentadas com dietas contendo ingredientes oxidados. Porém, a suplementação dessas dietas com antioxidantes resulta em aves significativamente mais pesadas. Efeitos benéficos da suplementação de antioxidantes são evidentes aos altos níveis de peróxido (Cabel *et al.*, 1988; Dibner *et al.*, 1996).

Rocha (2010) estudou o efeito da adição de óleo de soja oxidado sobre a altura dos vilos e profundidade das criptas do jejuno em perus com 19 dias de idade e verificou que houve redução na altura dos vilos do intestino de animais alimentados com óleo de soja contendo alto nível de peróxidos. Alterações na taxa de absorção e aproveitamento dos nutrientes estão diretamente relacionados à integridade do epitélio intestinal. Os danos à mucosa podem aumentar a exigência de manutenção significativamente, disponibilizando quantidades menores dos nutrientes necessários ao crescimento dos animais (Dibner e Richards, 2004).

Polissacarídeos Não-Amiláceos (PNAs)

Os polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) são carboidratos de cadeias longas presentes principalmente na parede celular dos vegetais. São compostos predominantemente de arabinoxilanas, beta-glucanas, celulose, hemicelulose e pectina. Pouco contribuem com o valor nutricional do ingrediente e podem diminuir a velocidade da passagem dos alimentos ao longo do trato digestivo, favorecendo a proliferação de bactérias no trato digestório, interferir negativamente na disponibilidade de outros nutrientes por dificultar a ação das enzimas endógenas e sais biliares e prejudicar a difusão ou transporte dos nutrientes (Souza, 2005; Penz, 1998; Leeson e Summers, 2001).

Uma das principais características exercidas por PNAs pelos quais são classificados como fatores antinutricionais é a de possuírem a capacidade de se ligar a grandes quantidades de água, aumentando consideravelmente a viscosidade do meio intestinal e reduzindo assim a digestibilidade dos nutrientes (Cousins, 1999; Conte *et al.*, 2003). O aumento na viscosidade do conteúdo intestinal está associado principalmente à capacidade dos PNAs de absorver água, ocasionando o chamado efeito jaula, em que esses PNAs encapsulam os nutrientes da dieta, dificultando a ação das enzimas digestivas sobre os nutrientes.

Tanino

O principal ingrediente energético destinado à produção animal no Brasil é o milho, porém o sorgo é um cereal alternativo que pode substituir o milho nas formulações de rações para aves. Rostagno *et al.* (2001), no entanto, alertam sobre os efeitos adversos causados sobre a pigmentação da pele e da carne ao menor teor de aminoácidos (lisina, metionina e treonina), menor digestibilidade da proteína e presença de tanino como fator antinutricional.

Os taninos podem comprometer o aproveitamento da dieta dependendo do tipo (hidrolisável ou condensado) da concentração na dieta e dos produtos finais da hidrólise no intestino. Quando ingeridos em quantidades significativas, os taninos condensados podem reduzir a taxa de crescimento devido à formação do complexo tanino-proteína e causar alterações e necroses dos vilos da mucosa intestinal e aumento do número de células caliciformes (Mitjavila *et al.*, 1977; Chang *et al.*, 1994).

Já os taninos hidrolisáveis presentes na dieta se complexam com as proteínas por ligações mais fracas, o que facilita o rompimento

destas no ambiente intestinal. Jamroz *et al.* (2009) relataram diminuição no número de células proliferativas nas criptas e nos enterócitos, mostrando sinais de degradação nos vilos da mucosa intestinal.

Torres (2010) relatou em seu estudo que a substituição total do milho pelo sorgo em rações para frangos de corte até os 42 dias de idade prejudica a estrutura das vilosidades, reduzindo a altura dos vilos do duodeno e diminuindo a densidade deles do jejuno das aves. Essas alterações podem limitar as funções de digestão e absorção do intestino delgado e implicar no desvio energético e de nutrientes para o reparo da mucosa intestinal. Além disso, a substituição de milho pelo sorgo acima de 75% nas rações pode diminuir a atividade de enzimas como a aminopeptidase e a maltase.

Aminas Biogênicas (Poliaminas)

As proteínas presentes nos ingredientes de origem animal utilizados na formulação de rações avícolas, quando mal processadas ou armazenadas incorretamente, podem sofrer deterioração pela ação de enzimas produzidas por bactérias, fungos e leveduras, transformando-se em aminas biogênicas.

As aminas biogênicas comumente encontradas nas dietas de frangos são: histamina, cadaverina, putrescina, espermidina e espermina, entre outras. No entanto, os efeitos prejudiciais causados pela ingestão de aminas biogênicas estão associados ao peso molecular e carga catiônica, bem como sua concentração na dieta (Bellaver e Lima, 2004).

As poliaminas podem ser consideradas agentes tróficos da mucosa do trato gastrintestinal quando presentes em baixas concentrações. Entretanto, em quantidades elevadas na dieta de aves podem gerar toxidez, causando destruição da mucosa intestinal, dos rins e do fígado. Esses compostos ainda afetam o desempenho do lote, reduzindo a taxa de crescimento e piorando o Índice de Conversão Alimentar (Mazzuco, 1997).

Aminas biogênicas podem ser um dos fatores responsáveis pela síndrome de má absorção, caracterizada pela diminuição da eficiência alimentar e aumento do proventrículo (Barnes *et al.*, 2001). No mesmo trabalho, os autores afirmam que a inclusão de histamina e cadaverina possuem efeito aditivo ou sinérgico, aumentando a incidência e a severidade de erosão na moela e nas úlceras proventriculares.

Micotoxinas

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos pelos fungos, porém elas não são essenciais para o crescimento destes. Sua produção está associada a algum fator estressante para esses fungos. A presença de micotoxinas em dietas de frangos tem sido identificada como uma causa generalizada de perda econômica devido ao prejuízo no estado sanitário e redução de desempenho (Sklan *et al.*, 2003), além de causar efeitos adversos sobre o trato gastrintestinal, como a redução no número de células via inibição do crescimento e estímulo à apoptose (Schmelz *et al.*, 1998).

Micotoxinas, como as T2, podem causar injúrias à mucosa, destruindo células do topo do vilo e afetando a proliferação de células da cripta, além de prejudicar as propriedades regenerativas do intestino, alterar a biossíntese lipídica e promover mudanças enzimáticas (Yegani & Korver, 2008; Bouhet & Oswald, 2007).

Outro efeito associado à presença de micotoxina na dieta é a redução da integridade do intestino grosso, o que aumenta a possibilidade de rompimento das alças intestinais durante o processamento das aves, com ocorrência de contaminação de carcaças e condenação (Warren & Hamilton, 1980).

Deshmukh *et al.* (2005) avaliaram o progresso da infecção por *Salmonella* em codornas japonesas e revelaram que os sinais clínicos de diarreia com descargas de sangue foram mais pronunciados nas aves infectadas alimentadas com fumonisinas. Em outro estudo, foi relatado que a presença de tricotecenos, diacetoxiscirpenol (DAS) e a toxina T2 alterou a morfologia intestinal, especialmente no jejuno, onde os vilos ficaram menores e mais finos. No mesmo trabalho, ambas as micotoxinas aumentaram a proporção de proliferação celular na cripta e ao longo do vilo. As taxas de migração foram reduzidas no jejuno dos perus alimentados com toxina T2 (Sklan *et al.*, 2003).

Implicações práticas da manutenção da integridade da mucosa intestinal

A maioria dos técnicos não avalia a importância de se manter a integridade deste tecido, pois considera que mecanismos de digestão e absorção são inerentes aos mecanismos fisiológicos do TGI da ave, não podendo ser manipulados.

Devemos atentar aos fatores que afetam a integridade da mucosa e aumentam o gasto para a manutenção da integridade celular. Na prática isto resulta em redução no ganho de peso e piora no Índice de Conversão Alimentar, já que parte dos nutrientes ingeridos são destinados a processos metabólicos envolvidos com o reparo da mucosa intestinal, além da menor eficiência absorptiva observada.

Com isso podemos especular que todo o manejo nutricional voltado à diminuição do desequilíbrio funcional enterogástrico, como o uso de ingredientes com baixos teores de fatores antinutricionais, pode proporcionar melhor desempenho dos animais com menor custo de produção.

Referências Bibliográficas

ADAMS, C.A. Nutricines: food components in health and nutrition. Nottingham: Nottingham University Press, 1999. cap. 2, p.11-32: Oxidation and antioxidants.

BANKS, KM; THOMPSON, KL; JAYNES, P; *et al.* The effects of copper on the efficacy of phytase, growth, and phosphorus retention in broiler chicks. Poultry Science, v.83, p.1335-1341, 2004.

BARNES, DM; KIRBY, YK; OLIVER, KG. Effects of biogenic amnes on growth and incidence of proventricular lesions in broiler chickens. Poultry Science, v.80, p. 906-911, 2001.

BATAL, AB; PARR, TM; BAKER, DH. Zinc bioavailability in tetrabasic zinc chloride and the dietary zinc requirement of young chicks fed a soy concentrate diet. Poultry Science, v.80, p.87-90, 2001.

BELLAVER, C; LIMA, JM. Pontos críticos para a utilização de proteínas e de gorduras de origem animal. In: I Simpósio sobre Manejo e Nutrição Animal, Campinas, SP, Brasil. Anais... p. 1-15, 2004.

BORGES, SA; SALVADOR, D; IVANOVSKI, RA. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal. Anais... CBNA, Campinas, p.21-66, 2003.

BOUHET, S; OSWALD, IP. The intestine as a possible target for fumonisin toxicity. Molecular Nutrition & Food Research. v.51, p.925-931, 2007.

CABEL, MC; WALDROUP, PW; SHERMER, W; *et al.* Effects of etoxyquim feed preservative and peroxide level on broiler performance. Poultry Science, v.67, p.1725-1730, 1988.

CHANG, JJ; BAILEY, JW; COLLINS, JL. Dietary tannins from cowpeas and tea transiently alter apparent calcium absorption and utilization of protein in rats. The Journal of Nutrition, v. 124, p. 283-288, 1994.

COMBS, G.F. The vitamins. London: Academic Press, cap. 7, p.189-222, 1998.

CONTE, AJ; TEIXEIRA, AS; FIALHO, ET; *et al.* Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, p. 1147-1156, 2003.

COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In: I Simpósio Internacional ACAV – EMBRAPA sobre nutrição de aves. Concórdia, SC, Brasil. Anais... p. 118-132, 1999.

COWIESON, AJ; BEDFORD, MR; SELLE, PH; *et. al.* Phytate and microbial phytase: implications for endogenous nitrogen losses and nutrient availability. World's Poultry Science Journal, v.65, p.401-18, 2009.

COWIESON, AJ; ACAMOVIC, T; BEDFORD, MR. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. British Poultry Science, 45:101, 2004.

COWIESON, AJ; RAVINDRAN, V; SELLE, PH. Influence of dietary phytic acid and source of microbial phytase on ileal endogenous amino acid flows in broiler chickens. Poultry Science, 87:2287-2299, 2008.

DARI, LR. Utilização da fitase na alimentação de aves. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1., 2004, SP. Anais...Santos, SP: Facta, p. 127-143, 2004.

DIBNER, JJ; ATWELL, CA; KITCHELL, ML; *et al.* Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte *turnover*, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. Animal Feed Science Technology, v.62, p.1-13, 1996.

DIBNER, JJ; RICHARDS, JD. The Digestive System: Challenges and Opportunities. Journal Applied Poultry Research, v.13, p.86-93, 2004.

LEESON, S; SUMMERS, JD. Nutrition of the chicken. 4 ed. Ontario: University Books, 2001. 413p.

JAMROZ, D; WILICZKIEWICZ, A; SKORUPINSKA, J; *et al.* Effect of sweet chestnut tannin (SCT) on the performance, microbial status of intestine and histological characteristics of intestine wall in chickens. British Poultry Science. v. 50, n. 6, p. 687-699, 2009.

MACARI, M; FURLAN, RL; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal-Funep/Unesp, 296pp., 1994.

MAENZ, DD; IRISH, GG; CLASSEN, HL. Carbohydrate-binding and agglutinating lectins in raw and processed soybean meals. Animal Feed Science and Technology, v.76, n.3, p. 335-343, 1999.

MAZZUCO, H. Impacto das aminas biogênicas na produção avícola. Instrução técnica para o avicultor, Embrapa Suínos e Aves. ISSN 1516-5523, 1997.

MITJAVILA, S; LACOMBE, C; CARRERA, G; *et al.* Tannic acid and oxidized tannic acid on the functional state of rat intestinal epithelium. The Journal of Nutrition, v.107, p.2113-2121, 1977.

NUNES, VN. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: Simpósio sobre ingredientes na alimentação animal, 2001, Campinas, SP. Anais... Universidade Federal de Viçosa, p.235-266, 2001.

OLIVEIRA, PB; MURAKAMI, AE; GARCIA, ERM *et al.* Influência de fatores antinutricionais da Leucena (*Leucaena Leucocephala* e *Leucaena Cunningham*) e do Feijão Guandu (*Cajanus Cajan*) sobre o epitélio intestinal e o desempenho de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v.29: 1759-1769, 2000.

PENZ, AM. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da SBZ, 35, Botucatu, SP Anais ... Botucatu, SP, 1998. p.165-178, 1998.

PERSSON, H; TÜRK, M; NYMAM, M; *et al.* Binding of Cu²⁺, Zn²⁺, and Cd²⁺ to Inositol Tri-, Tetra-, Penta-, and Hexaphosphates. Journal of Agricult Food Chemistry, v.46, p.3194-3200, 1998.

RAVINDRAN, V; BRYDEN, WL; KORNEGAY, ET. Phytates: Occurrence, bioavailability and implications in poultry nutrition. Poultry and Avian Biology Reviews, v.6, n.2, p.125-143, 1995.

ROBEY, W; SHERMER, W. The damaging effects of oxidation. Feed Mix, v.2, n.5 p. 22-25, 1994.

ROCHA, C. Qualidade do óleo de soja e adição de vitamina E na dieta de perus. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba – Paraná, 2010.

ROSTAGNO HS; ALBINO, LFT; TOLEDO, RS. Utilização de sorgo nas rações de aves e suínos. Artigo técnico Polinutri. Junho/2001. <http://www.polinutri.com.br/upload/artigo/143.pdf>. Acesso 21/08/2010.

SCHMELZ, EM; DOMBRINK-KURTZMAN, MA; ROBERTS, PC; *et al.* Induction of apoptosis by fumonisin B1 in HT29 cells is mediated by the accumulation of endogenous free sphingoid bases, Toxicology and Applied Pharmacology. v.148, p.252-260, 1998.

SELLE, PH; RAVINDRAN, V; BRYDEN, WL; *et al.* Influence of dietary phytate and exogenous phytase on amino acid digestibility in poultry: a review. Journal of Poultry Science, p. 43:89, 2006.

SKLAN, D; SHELLY, M; MAKOVSKY, B; *et al.* The effect of chronic feeding of diacetoxyscirpenol and T-2 toxin on performance, health, small intestinal physiology and antibody production in turkey poults. British Poultry Science. v.44, p. 46-52, 2003.

SOUZA, RM. Uso de complexo enzimático em rações fareladas e peletizadas para frangos de corte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Lavras – Lavras – Minas Gerais, 2005.

TORRES, KAA. Avaliação do desempenho zootécnico, da função da mucosa intestinal e da microbiota ileal quando da substituição do milho pelo sorgo na ração de frangos de corte. Tese de doutorado. Universidade Estadual Paulista-Jaboticabal – São Paulo, 2010.

WARREN, MF; HAMILTON, PB. Intestinal fragility during ochratoxicosis and aflatoxicosis in broiler chickens. Applied and Environmental Microbiology. v.40, p.641-645, 1980.

YEGANI, M; KORVER, DR. Factors affecting intestinal health in poultry. Poultry Science, v.87, pp.2052-2063.