

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

NÍVEIS DE VITAMINA “E” EM DIETAS DE FRANGOS SOBRE O
DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARÇA E DA CARNE E RESPOSTA
IMUNE

NATANI CRUZ ALEXANDRE

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências obtenção do título
de mestre.

BOTUCATU – SP
Junho de 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU

NÍVEIS DE VITAMINA “E” EM DIETAS DE FRANGOS SOBRE O
DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARÇA E DA CARNE E RESPOSTA
IMUNE

NATANI CRUZ ALEXANDRE
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Sartori
Co-orientador: Dr. Vitor Barbosa Fascina

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-graduação em Zootecnia como
parte das exigências obtenção do título
de mestre.

BOTUCATU-SP
Junho de 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Alexandre, Natani Cruz, 1988-
A375n Níveis de vitamina "E" em dietas de frangos sobre o desempenho, características da carcaça e da carne e resposta imune / Natani Cruz Alexandre. - Botucatu : [s.n.], 2014
v, 63 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2014

Orientador: José Roberto Sartori
Coorientador: Vitor Barbosa Fascina
Inclui bibliografia

1. Frango de corte. 2. Carne - Qualidade. 3. Vitamina E na nutrição animal. 4. Antioxidantes. I. Sartori, José Roberto. II. Fascina, Vitor Barbosa. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

*“A sorte favorece aos audazes”
(Alexandre O Grande)*

*“O único homem que não erra é aquele que não faz nada”
(Roosevelt)*

Ofereço

À Deus e à Santa Rita de Cássia por me guiar, me proteger e me levantar nos momentos de angústia.

Dedico

Aos meus pais,

Rosi Ap. Cruz Alexandre e Vanderlan Ap. Alexandre, pelo incentivo, apoio, pelos ensinamentos, pelo exemplo de caráter, honestidade, pela força nos momentos mais difíceis e por nunca me deixar desistir

À minha irmã Távani Cruz Alexandre, pelo incentivo, carinho e amizade.

À minha tia Dinaura Ferreira da Silva, por todo apoio, pelo carinho, por sempre me levantar e nunca me deixar perder a fé.

Agradecimento Especial

Ao meu orientador, Dr. José Roberto Sartori pelos ensinamentos por suas palavras de apoio, colaboração e amizade.

Ao meu co-orientador Vitor Barbosa Fascina, por me ensinar pessoal e profissionalmente, por me conduzir até o fim.

Minha mais sincera gratidão

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão das bolsas de mestrado que tornaram viável a execução deste trabalho.

À Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento Brotas, e seus funcionários Dra. Érika Salgado Politi Braga Saldanha, pesquisador científico, Nilson Valdair Pedro e Gilmar Donizeti Nave, oficiais de apoio à pesquisa científica e tecnológica, pelo apoio, pelas instalações e equipamentos para a realização do experimento.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu, pela oportunidade.

À todos os Professores da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu, pelos ensinamentos e apoio durante todo o período do mestrado.

Aos secretários da Pós-Graduação em Zootecnia, Seila Cristina Cassinelli Vieira e Ellen Cassemiro Guilhen, pelo apoio.

Aos funcionários da Fábrica de Ração da FMVZ/UNESP, Campus de Botucatu pela colaboração nas confecções das rações experimentais sempre com muita alegria.

Aos funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ e do Laboratório de Qualidade de Carne do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia, FCA, UNESP, Campus de Botucatu, em especial ao professor Roberto de Oliveira Roça, o qual sempre dispôs toda a estrutura necessária para realização das análises e seus orientados Carolina Toledo, Nara Delbem, Lúcio Girão, Natalia Athayde e Julianna Miguel.

Ao funcionário do Laboratório de Nutrição de Aves, Wanderley Thiago da Silva pelo apoio.

Aos amigos e colegas de trabalho do Laboratório de Nutrição de Aves (Labaves): Vitor Fascina Barbosa, Guilherme Emygdio Mendes Pimenta, Mônica Megumi Aoyagi, Amanda da Lapa Silva, Mariana Kiyomi Maruno, Juliana Cristina Ramos Rezende, Jéssica Conteçote Russo, Ivan Mailinch Gonçalves Pereira de Souza, Francine Vercese, Everton Moreno Muro, Nathália Martins Guerra Causso, Fabiana Golin Luiggi e Daniela Aparecida Berto que sempre estiveram dispostos a ajudar, sem nunca medir esforços para tal.

E também aos colegas de profissão Édina Aguiar e Cristiane Sanfelice e aos estagiários dos laboratórios por onde passei e realizei minhas análises.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
REVISÃO DE LITERATURA.....	4
VITAMINA E.....	4
VITAMINA E E SISTEMA IMUNOLÓGICO.....	8
VITAMINA E E DESEMPENHO DAS AVES	10
VITAMINA E E QUALIDADE DE CARNE	11
JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
CAPÍTULO II.....	22
RESUMO.....	23
ABSTRACT	24
INTRODUÇÃO	25
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARCAÇA E CORTES	29
QUALIDADE DE CARNE	30
RESPOSTA IMUNE	32
OXIDAÇÃO NA CARNE.....	32
OXIDAÇÃO NO SANGUE.....	33
ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
DESEMPENHO E RENDIMENTO DE CARCAÇA E CORTES	34
QUALIDADE DE CARNE	35
RESPOSTA IMUNE	38
OXIDAÇÃO NA CARNE.....	39
OXIDAÇÃO NO SANGUE.....	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
CAPÍTULO III	62
IMPLICAÇÕES	62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1	Composição centesimal e nutricional das dietas basais.....	28
Tabela 2	Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E.....	54
Tabela 3	Peso relativo de órgãos (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E	55
Tabela 4	Médias de rendimento (%) de carcaça e partes de frangos de corte 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E	56
Tabela 5	Médias de pH, perda de água por cocção(PPC), perda de água por exsudação (PPE) e capacidade de retenção de água(CRA) de peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E.....	57
Tabela 6	Valores médios de coloração e força de cisalhamento de peitos de frangos de corte suplementados com níveis de vitamina E....	58
Tabela 7	Valores de anticorpos para doença de Gumboro no soro de frangos de corte aos 14, 21 e 42 dias de idade, avaliadas por meio de ensaio imunoenzimático.....	59
Tabela 8	Valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) para carne de peito de frango dos diferentes níveis de vitamina E.....	60
Tabela 9	Valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) para carne de sobrecoxa de frango dos diferentes níveis de vitamina E.....	61
Tabela 10	Valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) para plasma sanguíneo de frangos dos diferentes níveis de vitamina E.....	62

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A avicultura de corte é uma das atividades econômicas mais importantes na estrutura agropecuária brasileira e nos últimos anos tem vivido intenso desenvolvimento. A produção de carne de frango no Brasil em 2012 foi de 12,645 milhões de toneladas, em uma redução de 3,17% em relação a 2011, garantindo a posição de maior exportador mundial e de terceiro maior produtor de carne de frango, atrás dos Estados Unidos e da China (UBABEF, 2013).

A elevada produtividade no processo agroindustrial observada durante os últimos anos foi determinada pelas melhorias no melhoramento genético, manejo, nutrição e alimentação, ambiência das instalações e sanidade, constituindo os cinco pilares básicos para o sucesso na produção avícola.

A alimentação animal é um importante elo da agroindústria brasileira que consome cerca de 51% da produção nacional de milho, sendo que 33% destina-se para a avicultura, e 45% da oferta de farelo de soja, impulsionando a produção agrícola nacional (CONAB, 2013). Na produção de frangos de corte a nutrição ocupa lugar de destaque, já que a alimentação é o fator que mais onera os custos de criação, representando em torno de 60 a 70% do capital despendido. Além disso, a alimentação animal movimenta a indústria química para o fornecimento de insumos tais como vitaminas, aminoácidos e microingredientes disponibilizando alternativas que oferecem possibilidades para melhorias da digestibilidade dos alimentos, do desempenho zootécnico e da qualidade do produto final, que resultam em maior valor agregado, entre outros benefícios (BUTOLO, 2010). Entretanto, é necessária uma avaliação criteriosa a fim de se garantir o retorno do investimento com os aditivos.

A vitamina E vem sendo amplamente utilizada em produções de frango de corte a fim de melhorar a saúde das aves durante a produção, aumentando a imunidade dos animais às doenças que comumente afetam as criações e também com o objetivo de se obter um produto de melhor qualidade e aceitabilidade pelo mercado consumidor, já que a suplementação da vitamina E na dieta tem proporcionado maior vida de prateleira da carne das aves, dependendo dos níveis de suplementação podem elevar a concentração de α -tocoferol nos tecidos, aumentando o valor de mercado do produto (CASTAING et al., 2003).

O uso de elevados teores dietéticos de vitamina E de forma comercial justifica-se quando houver a necessidade de atender exigências de mercado ou em regiões com alto desafio sanitário. Em locais onde há infecção subclínica de Gumboro de forma natural, se os frangos receberem dietas suplementadas com vitamina E estes poderão apresentar maior rendimento cárneo, e no estudo feito por Barbi et al. (1999) os produtores obtiveram um ganho de 4,56% no retorno econômico da produção.

Em se tratando da comercialização da carne de frango, um dos maiores problemas encontrados tem sido a rancidez oxidativa, tendo início logo após o abate da ave e se intensificando durante a vida em prateleira. Esta alteração pode afetar a segurança e estabilidade do produto, resultando em perdas de nutrientes e tornando o mesmo inaceitável do ponto de vista sensorial pelos consumidores. Souza et al. (2006) observaram que a adição de vitamina E reduziu a rancidez oxidativa e melhorou o tempo de vida de prateleira da carne de frango, demonstrando que a vitamina E possui excelente poder antioxidante.

REVISÃO DE LITERATURA

Vitamina E

A vitamina E é reconhecida como um nutriente essencial para todas espécies animais, incluindo humanos (MCDOWELL, 2000). Foi descoberta em 1922 a partir de um estudo sobre reprodução em ratas, sendo observada como um fator não identificado presente nos óleos vegetais (ALBERS, 2002). Em 1931, diversos estudos clássicos foram conduzidos mostrando que a vitamina E também era requerida para prevenção da encefalomalácia em frangos e distrofia muscular nutricional em coelhos e suínos (MCDOWELL, 2000).

O primeiro estudo de deficiência em vitamina E em suínos, sob condições controladas foi realizado em 1949, por Adamstone e colaboradores que reportaram declínio na eficiência reprodutiva e sinais de incoordenação locomotora e necrose muscular (MCDOWELL, 2000).

Em aves, a deficiência de vitamina E pode ocasionar: diátese exsudativa, caracterizada por aumento da permeabilidade dos capilares, causando edema subcutâneo e surgimento de sintomas como coloração verde azulada na pele, inapetência, paralisia e morte (NOGUCHI et al., 1973); encefalomalácia, caracterizada por ataxia, retração da cabeça, pernas tortas, prostração e morte; distrofia muscular, acompanhada também a deficiência de aminoácidos sulfurados e assinalada pela degeneração das fibras musculares, especialmente da região peitoral (COMBS, 1991).

A suplementação de vitamina E em dietas de frangos de corte tem reduzido efeitos de estressores, principalmente os relacionados ao desempenho, qualidade de carne e sistema imune. Devido ao efeito antioxidante, a vitamina E protege células de danos oxidativos ocasionados pelos radicais livres. Por ser integrante da classe das

vitaminas lipossolúveis, a vitamina E é depositada na bicamada lipídica das membranas celulares formando complexo com fosfolipídios, facilitando a ligação com ácidos graxos poliinsaturados e aumentando a estabilidade de membranas (LIU et al., 1996; MORRISSEY et al., 1998). Esta estabilidade oxidativa ocorre devido a vitamina E doar elétrons aos radicais livres deixando-os estáveis, o que reduz a oxidação dos ácidos graxos (RUTZ e LIMA, 1994).

Existem fatores dietéticos que tem sido apontados como redutores da biodisponibilidade da vitamina E para animais como para humanos, aumento na ingestão de lipídios, principalmente ricos em ácidos graxos poli-insaturados (PUFAS), apressa a depleção e aumenta as exigências de vitamina E (FUKUI et al., 1989) estando preferencialmente concentrados nas membranas celulares, onde existe a capacidade de sequestrar parte de vitamina E para manter sua estabilidade oxidativa (BJONEBOE et al., 1990).

A atividade da vitamina E nos alimentos deriva de uma série de compostos de origem vegetal, os tocoferóis e tocotrienóis. Oito formas de vitamina E são encontradas na natureza: quatro tocoferóis (α , β , φ e δ) e quatro tocotrienóis (α , β , φ e δ) (MCDOWELL, 2000).

Tocotrienóis são análogos aos tocoferóis, sendo que suas estruturas químicas diferem apenas nas três duplas ligações insaturadas na cadeia lateral. (MCDOWELL, 2000).

O acetato de dl-alfatocoferil é produzido através da extração de tocoferóis naturalmente presentes nos óleos vegetais. O acetato de alfa-tocoferol é o composto mais ativo, sendo o acetato de dl-alfatocoferil a fonte mais amplamente utilizada para suplementação (MCDOWELL, 2000).

As concentrações séricas de vitamina E nos tecidos são influenciadas pelo método de suplementação, dosagem, formulação química e concentração de vitamina E nos suplementos (CHARMLEY et al., 1992).

A absorção de vitamina E é relacionada com a digestão dos lipídios, sendo facilitada pela bile e lipase pancreática. O local de absorção primária aparece ser o intestino delgado. Quando apresentadas como álcoois livres ou ésteres, a maioria da vitamina E é absorvida como álcool. Os ésteres são largamente hidrolisados nas paredes do intestino, e o álcool livre é absorvido pelos vasos intestinais e transportado via linfa para a circulação (MCDOWELL, 2000).

De acordo com Albers (2000), a vitamina E é armazenada amplamente em todos os tecidos, sendo os maiores depósitos no tecido adiposo, fígado e músculo, sendo a mais alta deposição no tecido adiposo.

A vitamina E é capaz de quelar formas reativas de oxigênio, diminuindo a formação de peróxidos, que destroem neutrófilos e macrófagos. Dessa forma, protege a membrana lipídica, receptores e outros componentes celulares envolvidos na modulação da resposta imunológica. Outra atuação importante da vitamina E é sobre o sistema imunológico (TENDERDY e BROWN, 1977) juntamente com ação antioxidante e protetora da integridade das membranas. A vitamina E melhora o sistema imunológico por estimular a atividade da glutathione peroxidase de macrófagos e neutrófilos circulantes e também estimular a atividade de linfócitos T, o que ocasiona aumento na atividade fagocítica e na produção de anticorpos (LEESON e SUMMERS, 2001).

Tengerdy et al. (1972) foram, provavelmente, os primeiros a observar aumento na resposta imune humoral em aves alimentadas com dietas suplementadas com vitamina E e sensibilizadas com eritrócitos de carneiro.

Cardoso et al. (2005) observaram que o aumento dos níveis de vitamina E nas rações promoveu maiores títulos dos anticorpos ao teste de inibição de hemaglutinina aos 28 e 35 dias. Outros estudos também sugeriram que níveis da vitamina E elevados resultam em maior produção de anticorpos em pintinhos. Por outro lado, a imunossupressão tem sido identificada em pintos com deficiência de vitamina E, onde se observaram lesões do epitélio da Bursa de Fabricius associadas à depleção de células linfóides, lesões que podem explicar a redução da função das células B em aves (KLASSING, 1997). Existem, porém, relatos conflitantes. Friedman et al. (1998) sugeriram que a suplementação de altos níveis de vitamina E pode ser prejudicial para a função do sistema imune, pelo menos em pintinhos jovens. Nestes estudos, os pintinhos foram suplementados com 0 a 150 mg de vitamina E/kg de ração e depois desafiados com vários antígenos. Houve redução linear na resposta aos antígenos, à medida que os níveis de vitamina E se elevaram. Thornton et al. (1995) mostraram que níveis elevados de suplementação de vitamina E na dieta podem ter efeitos de citotoxicidade para os frangos, de tal forma que o papel antioxidante da vitamina passa a ter efeito inverso, tornando-se um nutriente que contribui para a oxidação. Os autores também relataram efeitos semelhantes com níveis de vitamina A e de ácidos graxos poli-insaturados mais elevados do que o recomendado.

A suplementação de vitamina E na avicultura é muito discutida atualmente, pois as aves são mantidas em altas densidades e sujeitas a diversos fatores estressantes no meio, estando mais susceptíveis ao estresse, que exerce influência negativa no sistema imune e, conseqüentemente, implica no aumento do risco de doenças. Dentro deste contexto a função antioxidante da vitamina E se mostra eficaz; entretanto, para que este papel da vitamina seja manifestado há necessidade de altos níveis serem adicionados na

dieta (FRIGG et al., 1992). Assim, em condições práticas, isso significa que a vitamina E terá de ser suplementada durante todo o período de criação.

Vitamina E e sistema imunológico

Durante a resposta imunológica, os macrófagos liberam radicais livres com o objetivo de eliminar o agente infeccioso invasor. No entanto, estes radicais reagem agressivamente com o tecido vivo do próprio animal, causando danos como a peroxidação dos lipídios, alterando a permeabilidade das membranas celulares (SIQUEIRA et al., 1997).

Uma medida preventiva aos danos celulares provocados pelas células imunológicas seria a ingestão de doses extras de nutrientes antioxidantes, como a vitamina E, aumentando assim a capacidade de resposta imunológica às doenças infecciosas (BARBI et al., 1999).

Chew (1996) estudando as propriedades da vitamina E sobre a imunidade observou aumento das linhas de defesas contra doenças e outros agentes estressores com o melhor desenvolvimento da resposta imune, melhora na homogeneidade de transferência de imunidade passiva para pintos e outras espécies e maior resistência às bactérias e vírus. De acordo com Ferket (2000), os efeitos imunomodulatórios da vitamina E são mais pronunciados quanto mais cedo na vida da ave forem fornecidos os níveis recomendados para este fim.

A resposta imunológica diminui quando as aves apresentam deficiência de vitamina E e, na sua ausência, a integridade celular pode ser afetada e haver comprometimento no recebimento das mensagens necessárias para coordenar uma resposta imunológica eficiente. Já altos níveis de vitamina E podem ser imunoestimulantes (LATSHAW, 1991).

Avaliando a relação de níveis dietéticos de DL- α -tocoferol na resposta imunológica em frangos de corte, Leshchinsky e Klasing (2001) observaram melhores respostas de títulos de anticorpos com altos níveis de DL- α -tocoferol.

Boa-Amponsem et al. (2000) alimentando frangos de corte com dietas contendo 10 e 300 mg de vitamina E/kg de dieta verificaram que a o maior nível aumentou a relação heterófilos/linfócitos, indicando que a vitamina E melhorou a capacidade fagocitária do sistema imunológico, protegendo a ave contra a invasão de microrganismos patogênicos.

Analisando a resposta imune de frangos de corte, Konjufca et al. (2004) relataram que aves suplementadas com 110 e 220 mg de vitamina E/kg de ração em relação ao controle (16 mg/kg) apresentaram maior atividade fagocitária dos macrófagos.

Combs e Scott (1992) observaram que 30 UI de vitamina E/kg de dieta minimizaram a susceptibilidade de microssomas hepáticos contra a peroxidação. A suplementação das dietas com vitamina E resultou em elevadas concentrações de alfa-tocoferol nas membranas celulares, especialmente mitocondriais e microssomais, reduzindo significativamente a susceptibilidade à oxidação lipídica (MONAHAN et al., 1990).

Estudando a utilização de vitamina E em perus, Sell et al. (1994) demonstrou que eritrócitos das aves que receberam dietas sem a suplementação de vitamina apresentavam 100% de hemólise, enquanto que as quais eram suplementadas com 60 mg de vitamina E/kg de ração mantiveram a integridade da membrana das células vermelhas do sangue.

Vitamina E e desempenho das aves

O National Research Council (NRC, 1994) sugere que frangos de corte necessitam de 10 mg de vitamina E/kg na dieta durante todo o período de criação, enquanto Rostagno et al. (2011) recomenda entre 18 a 35 UI de vitamina E/kg como nível de suplementação para a frangos de corte. As suplementações sugeridas pela indústria têm sido incrementadas significativamente de 30 a 500% durante todo o período de criação.

Combs Jr. (1981) investigando o efeito da vitamina E e selênio em dietas para frangos de corte com 14 dias de idade utilizando uma dieta basal suplementada ou não com vitamina E (0; 100 UI/kg) e/ou selênio (0; 0,10 ppm), concluíram que a vitamina E contribuiu para o crescimento dos pintinhos, diminuiu a taxa de mortalidade e proporcionou proteção contra a diátese exsudativa e, também mostraram que a vitamina E não afetou os componentes enzimáticos do sistema de defesa.

Trabalhando com níveis de vitamina E de 25; 50; 100 e 200 mg/kg de dieta, Frigg (1990) observou que o maior nível desta vitamina melhorou o ganho de peso, a conversão alimentar e a estabilidade da ração. Resultados semelhantes foram observados por Kennedy et al. (1991) ao estudarem o efeito da vitamina E (180 UI/kg na dieta) verificaram melhora na conversão alimentar e no peso corporal comparado com outros grupos alimentados com níveis de 10 UI/kg vitamina E na ração.

Nos estudos que objetivam a prevenção de perdas na criação com mortalidade e, aumentar a concentração de α -tocoferol nos tecidos, tem sido demonstrado que a suplementação de níveis de vitamina E na dieta em até 10 a 25 vezes maiores do que a exigência proposta pelo NRC (1994), resultaram em maior crescimento dos frangos e maior deposição de vitamina E na carcaça, como puderam constatar Hernandez et al.

(2002) e Castaing et al. (2003), quando o nível de suplementação de vitamina E foi o dobro do padrão utilizado comercialmente.

Em estudos de Sahin et al. (2002), a suplementação de vitamina E na ração de frangos de corte criados em alta temperatura aumentou linearmente o ganho de peso e consumo de ração e melhorou a conversão alimentar.

Blum et al. (1992) avaliaram dietas suplementadas com níveis de 20, 40, 80 e 160 mg de vitamina E/kg de ração para frangos de corte e verificaram que a suplementação de vitamina E não alterou ao ganho de peso de fêmeas. Contudo, machos suplementados com 40 e 80 mg de vitamina E/kg apresentaram melhores taxas de crescimento comparados aos que receberam 20 e 160 mg/kg. Por outro lado, Sell et al. (1994) ao avaliarem a suplementação de 0; 12; 50; 150 e 300 mg de vitamina E/kg da dieta de frangos de corte até os 42 dias de idade, verificaram que os níveis não afetaram o peso corporal, conversão alimentar e viabilidade. Assim como encontrado por Toledo et al. (2006), que utilizaram níveis de 10, 20 e 30 mg de vitamina E/kg de ração e não observaram diferença no desempenho dos frangos de corte.

Vitamina E e qualidade de carne

A vitamina E atua como antioxidante celular intervindo na estabilização dos ácidos graxos poliinsaturados da fração lipídica das membranas celulares, reduzindo a formação de lipoperóxidos e impedindo a formação de lesões nos vasos sanguíneos e modificações na permeabilidade capilar. Também exerce resistência ao peróxido de hidrogênio e capacidade em destruir peróxidos formados (ASGHAR et al., 1990; MACHLIN, 1991; COMBS JR., 1992). A vitamina E interage com a dupla camada lipídica que compõe as membranas celulares e reduz a ação dos radicais livres *in vivo*,

contribuindo para integridade destas membranas. Além disso, a vitamina E é responsável pela proteção das células ósseas aos danos causados pela peroxidação lipídica (XU et al., 1995).

A oxidação dos lipídios é considerada a maior causa de deterioração e perda da qualidade na carne e produtos cárneos, sob refrigeração (COMBS JR., 1992). A oxidação ocorre em dois estágios, onde o primeiro com a oxidação fosfolipídica e o segundo com a oxidação dos triglicerídeos, a qual está diretamente conexa com o grau de instauração e o tempo de armazenagem da carne (TENGERTDY, 1973). Com o início da oxidação lipídica, ocorre o desencadeamento de várias reações secundárias com a formação de radicais livres. Além da formação de compostos "off-flavor" ser um determinante na qualidade da carne, outras reações, como a formação de compostos tais como álcoois, cetonas, peróxidos e aldeídos podem afetar a segurança e estabilidade do produto, resultando em perdas de nutrientes e promovendo mais reações oxidativas (NAM et al., 1997).

Segundo Lin et al. (1989) e Sante e Lacourt (1994), a vitamina E pode ser utilizada com o intuito de manter as características qualitativas da carne de frango durante seu congelamento.

Sante e Lacourt (1994) indicaram melhoria nas características de carnes de frangos suplementados com 160 UI de vitamina E/kg de ração comparados com os que receberam 20 UI de vitamina E/kg de ração. Segundo Leeson (2007), tem-se demonstrado que a suplementação de 100 a 400 UI de vitamina E/kg de ração pode promover melhorias na qualidade de carne.

A suplementação na dieta de frangos com ácidos graxos poliinsaturados, aumenta a susceptibilidade da carne à oxidação. A oxidação lipídica da carne leva à

perda de sua qualidade e à formação de vários compostos que alteram suas características sensoriais, produzindo odores e sabores desagradáveis, além de diminuir seu valor nutricional. Entretanto, esse problema pode ser contornado com o emprego de certas substâncias nas rações, que têm por finalidade retardar a deterioração lipídica e que são denominados antioxidantes. O α -tocoferol se transfere à fração lipídica da carne, aumentando a sua estabilidade oxidativa e sua qualidade sensorial, além de enriquecer o alimento com vitamina E (CORTINAS et al., 2005; PITA et al., 2006).

A oxidação lipídica é iniciada primariamente nos ácidos graxos insaturados componentes dos fosfolipídios das membranas celulares e o uso da vitamina E como um antioxidante têm sido recomendada para proteção dos componentes musculares dos danos oxidativos causados pelos radicais livres (MERCIER et al., 2001).

O composto α -tocoferol é o representante mais importante do grupo de compostos de atividade da vitamina E, o qual apresenta alta atividade biológica quando comparado aos demais, maior índice de absorção intestinal, deposição nos tecidos e menor excreção fecal, além de ser oxidado mais vagarosamente (GREEN, 1972; MACHLIN, 1991).

A vitamina E confere estabilidade lipídica e de cor aos cortes cárneos de frangos. A adição de vitamina E no momento do processamento de carnes aumenta a estabilidade da cor do produto e diminui os níveis de rancificação. Entretanto, a sua ação é efetivamente maior quando incorporado na dieta dos animais (OLIVO et al., 2001). Os resultados de estudos de estabilidade de cor têm mostrado que a suplementação de vitamina E retarda a formação do pigmento metamioglobina, mantendo-se por mais tempo no estado oximioglobina, para produtos crus e cozidos, elaborados com carne de frangos e também retarda a formação de ranço, com acréscimo

de quatro dias na vida de prateleira sob resfriamento. Este efeito de melhoria também foi observado em carne mecanicamente separada, obtida a partir de resíduos de ossos das aves suplementadas. A atuação da vitamina E na extensão da cor vermelha da carne deve-se provavelmente ao seu efeito protetor à molécula do pigmento heme, especialmente a parte protéica, a qual protege o átomo de ferro, retardando sua oxidação.

O aumento da suplementação de vitamina E na dieta das aves tem sido utilizado em várias pesquisas com o objetivo de aumentar a concentração de α -tocoferol nos tecidos e, conseqüentemente, de retardar o início da oxidação dos lipídios da carcaça durante a fase de criação das aves e, principalmente, após o abate, para garantir melhor conservação das características organolépticas do produto e prolongamento do período de armazenamento da carcaça (MARUSICH et al., 1975; BARTOV et al., 1983).

JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

Na avicultura de corte atual as dietas, as quais são para rápido crescimento, são ricas em ácidos graxos poliinsaturados, elevando o grau de insaturação dos lipídios presentes na carcaça. O uso da vitamina E na dieta diminui a oxidação lipídica, melhora desempenho, saúde e qualidade da carne de frangos de corte tornando-se uma proposta viável, na tentativa de fornecer ao consumidor um produto final mais saudável e com maior tempo de prateleira. Diante do exposto, o Capítulo II, denominado **NÍVEIS DE VITAMINA “E” EM DIETAS DE FRANGOS SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E DA CARNE E RESPOSTA IMUNE**, apresenta-se de acordo com as normas para publicação na **British Poultry Science**. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de níveis de vitamina E em dietas de frangos de corte sobre o desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e sistema imunológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERS, N. **Vitamins in Animal Nutrition**. Bonn: AWT, 2002. 77 p.

ASGHAR, A.; LIN, C.F.; GRAY, J.I. et al. Effects of dietary oils and α -tocopherol supplementation on membranal lipid oxidation in broiler meat. **Journal of Food Science**, v.55, p.46-60, 1990.

BARBI, J.H.; BECKER, B.G.; ROBEY, E.W. Antioxidantes em rações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO AVÍCOLA, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p.219-246.

BARTOV, I.; BASKER, D.; ANGEL, S. Effect of dietary vitamin E on the stability and sensory quality of turkey meat. **Poultry Science**, v.62, p.1224-1230, 1983.

BJONEBOE, A.; BJONEBOE, G.E.A.; DREVON, C.A. Absorption, transport and distribution of vitamin E. **Journal of Nutrition**, v. 120, n. 3, p. 233-242, 1990.

BLUM, J.C. et al. Effect of dietary vitamin E supplies in broilers. 2nd Report: male and female growth rate, viability, immune response, fat content and meat flavour variations during storage. **Archiv fur Geflugelkund**, v.56, p.37-42, 1992.

BOA-AMPONSEM, K.; PRICE, S.E.H.; PICARD, M.; GERAERT, P.A.; SIEGEL, P.B. Vitamin E and immune responses of broiler pureline chickens. **Poultry Science**, v.79, n.4, p.466-470, 2000.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: J. E. Butolo, 2010. 430 p.

CARDOSO, A.L.S.P; ALBUQUERQUE, R; TESSARI, E.N.C. Resposta imunológica humoral de frangos de corte vacinados contra a doença de Newcastle, com dietas suplementadas com zinco e Vitamina E. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2005, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 2005. p. 42.

CASTAING, J. et al. Influencia de la utilización de dos niveles de vitaminas sobre los resultados productivos de broilers. **Producción animal**, v.18, n.187, p. 54-62, 2003.

CHEW, B.P. Importance of antioxidant vitamins in immunity and health in animals. **Animal Feed Science Technology**, v. 59, p. 103-114, 1996.

COMBS, J.R.; G.F. Influence of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. **Poultry Science**, v.60, p.2098-2105, 1981.

COMBS, J.R.; G.F.; SCOTT, M. **The vitamins**: fundamental aspect in nutrition and health. New York: ITHACA, 1992. 526p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_08_09_29_24_boletim_graos_novembro_2013.pdf. Acesso em: 11/03/2014.

CORTINAS, L.; BARROETA, A.; VILLAYERDE, C. et al. Influence of dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: Lipid Oxidation. **Poultry Science**, v.84, p.48-55, 2005.

FERKET, P.R. Feeding turkey poults for health and performance. **Lohmann Information**, n.20, p.11-17, 1997.

FERKET, P.R., Practical nutritional perspective on gut health and development. In: NUTRITION CONFERENCE AND SOYBEAN MEAL SYMPOSIUM, 2000. Carolina do Norte. **Anais...** Carolina do Norte, 2000. p. 74-86.

FRIEDMAN, A.; BARTOV, I.; SKLAN, D. Humoral immune response impairment following excess vitamin E nutrition in the chick and turkey. **Poultry Science**, v.77, n.7, p.956-962, 1998.

FRIGG, M. Effects of dietary vitamin E supplies in broilers. 1. Report: Evaluation of parameters related to oxidative stability of broiler meat. **Nutrition Abstracts and Reviews**, v.22, p.24-30, 1990.

FRIGG, M.; WHITEHEAD, C.C.; WEBER, S. Absence of effects of dietary α -tocopherol on egg yolk pigmentation. **British Poultry Science**, v.33, p.347-353, 1992.

FUKUI, E.; KUROHARA, H.; KAGEYU, A.; KUROSAKI, Y.; NAKAYAMA, T.; KIMURA, T. Enhancing effect of medium-chain triglycerides on intestinal absorption of d- α -tocopherol acetate from lecithin-dispersed preparations in the rat. **Journal of Pharmacobio-dynamics.**, v.12, n. 2, p. 80-6, 1989.

GREEN, J. Tocopherols. IX. Biochemical Systems. In: SEBBRELL, W.H., HARRIS, R.S. (ed). Cap.5. **The vitamins: Chemistry, physiology, pathology, methods.** 2.ed. New York: Academic, 1972. p. 259-272.

HERNANDEZ, J.M. et al. Effect of vitamin level in broiler diets on productive parameter and meat deposition. In: EUROPEAN POULTRY CONFERENCE, Bremen. **Anais...** Bremen: WPSA, 2002.

KENNEDY, D.G. et al. The effects of increased vitamin E supplementation on profitable commercial broiler production. **Poultry Nutrition Society**, v.50, n.3, p.179, 1991.

KLASSING, K. C. Interactions between nutrition and infection diseases. In: CALNEK, B. W.10. ed. **Diseases of Poultry.** Iowa: Iowa State University Press, 1997. p. 73-79.

KONJUFGA, V.K. et al. Influence of dietary vitamin E on phagocytic functions of magrophages in broilers. **Poultry Science**, v.83, p.1530-1534, 2004.

LATSHAW, D.J. Nutrition-mechanisms of immunosuppression. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.30, n.1, p.111-120, 1991.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken.** 4.ed., Ontário: University Books, 2001. 591 p.

LEESON, S. Vitamin requirements: is there basis for re-evaluating dietary specifications? **World's Poultry Science Journal**, v.63, n.2, p.225-266, 2007.

LESHCHINSKY, T.V., KLASING, K.C. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, v.80, n.11, p.1590-1599, 2001.

LIU, Q.; SELLER, K.; ARP, S.C. et al. Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. **Journal of Animal Science**, v. 74, p. 106-116, 1996.

MACHLIN, L.J. Vitamin E. **Handbook of vitamins**. 2.ed. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 99-143.

MARUSICH, W.L.; DE RITTER, E.; OGRINZ, E.F. et al. Effect of supplemental vitamin E in control of rancidity in poultry meat. **Poultry Science**, v.54, p.831-844, 1975.

MCDOWELL, L.R. **Vitamins in animal nutrition**—Comparative aspects to Human nutrition. California: Academy Press, 2000.

MONAHAN, F.J., et al., Effect of dietary lipid and vitamin E supplementation on free radical production and lipid oxidation in porcine microsomal fractions. **Food Chemistry**, v.46, p. 1-6, 1993.

MORRISSEY, P.A.; SHEEHY, P.J.A., GALVIN, K. et L. Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. S73-S86, 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Poultry**. 9 ed. Washington: National Academic Press, 1994. 157 p.

OLIVO, R.; SCARES, A. L.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin E in habits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, v.25, p.271-283, 2001.

PITA, M.C.G. et al. Efeito da suplementação de linhaça, óleo de canola e vitamina E na dieta sobre as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados em ovos de galinha. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p.925-931, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. p. 252 p.

RUTZ, F.; LIMA, G.J.M.M. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos . In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 1994. p.73-84.

SAHIN, K.; KUÇUK, O.; SAHIN, N. et al. Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, Thyroid status, ACTH and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. **Veterinary Medicina** (Czech), v. 85, p. 110-116, 2002.

SELL, J. et al. Influence of dietary supplementation with vitamin E and Ascorbic Acid on vitamin E status of poultry. **Poultry Science**, v.73, s.1, p.13, 1994.

SIQUEIRA, F.M.; OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Nutrients oxidantes. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.31, n.2, p.192-199, 1997.

SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; PELICANO, E.R.L. et al. Efeito da suplementação de vitamina E no desempenho e na qualidade da carne de frangos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias.**, v.101, p.87-94, 2006.

TENGERDY, R.P.; HEINZERLING, R.H.; NOCKELS, C.F. Effect of vitamin E on the immune response of hypoxic and normal chickens. **Infection and Immunity**, v.5, p.987- 989, 1972.

TENGERDY, R.P.; NOCKELS, C.F. The effect of vitamin E on egg production, hatchability and humoral immune response of chickens. **Poultry Science.**, v.52, n.2, p. 78-783, 1973.

TENGERDY, R.P.; BROWN, J.C. Effect of vitamin E and A on humoral immunity and phagocytosis in E. coli infected chicken. **Poultry Science**, v.56, p.957-963, 1977.

THORNTON, D. E., K. H. JONES, Z. JIANG, et al. Antioxidant and cytotoxic tocopheryl quinones in normal and cancer cells. **Free Radical Biology and Medicine**, v.18, p.963-976, 1995.

TOLEDO, G.S. et al. Níveis de vitaminas A e E em dietas de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.624-629, 2006.

UBABEF –União Brasileira de Avicultura. Relatório Anual 2013. Disponível em: <<http://www.abef.com.br/ubabef/exibenoticiaubabef.php?notcodigo=3293> > Acesso em: 04 Fev. 2014.

XU, H. WATKINS, B.A., SEIFERT, M.F., Vitamin E stimulates trabecular bone formation and alters epiphyseal cartilage morphometry. **Calcified Tissue International**, v. 57, p. 293-300, 1995.

CAPÍTULO II

NÍVEIS DE VITAMINA “E” EM DIETAS DE FRANGOS SOBRE O DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DA CARCAÇA E CARNE E RESPOSTA IMUNE

Resumo. A presente pesquisa objetivou avaliar os efeitos de níveis de vitamina E em dietas de frangos de corte sobre o desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e sistema imunológico das aves. Foram utilizados 1050 pintos de corte, da linhagem Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições de 35 aves por parcela experimental. As dietas experimentais foram formuladas a base de milho e farelo de soja de acordo com as recomendações nutricionais para frangos de corte das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos e divididas em quatro fases: pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias de idade) sendo que a dieta basal atendeu as exigências de vitamina E propostas para as fases citadas (35; 31; 28; 21 UI/kg de ração, respectivamente). Para variáveis de desempenho não se obteve diferença entre os tratamentos, assim como para rendimento de carcaça e partes, e análise de qualidade de carne, entretanto, para espécies reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) para peito e sobrecoxa obteve-se diferença aos 30 e 60 dias de armazenamento, assim como para a oxidação no plasma sanguíneo. Na análise de títulos de anticorpos contra o vírus da doença de Gumboro a vitamina E não resultou diferença na resposta imunológica das aves. Concluindo que a administração de elevadas doses de vitamina E não afeta diretamente os índices zootécnicos, o rendimento de carcaça e cortes, assim como os parâmetros de qualidade de carne e atividade imune. **Níveis de inclusão de 52,5; 46,5; 56 e 63 UI de vitamina E/kg de ração nos 1-7; 8-21; 22-35 e 36-42 dias de idade reduzem a oxidação dos tecidos e plasma sanguíneo, demonstrando o poder antioxidante da vitamina E.**

Palavras-chave: antioxidante, α -tocoferol, oxidação lipídica, título de anticorpos, vida de prateleira.

VITAMIN "E" LEVELS IN DIETS FOR BROILERS ON PERFORMANCE, CARCASS CHARACTERISTICS AND MEAT AND IMMUNE RESPONSE

Abstract. This study aimed to evaluate the effects of vitamin E levels in broiler diets on performance, carcass characteristics, meat quality and immune system of birds. 1050 chicks of Cobb strain were distributed in a completely randomized design with five treatments and six replicates of 35 birds per experimental plot. The experimental diets were formulated based on corn and soybean meal according to the dietary recommendations for broilers to Brazilian Tables for Poultry and Swine and divided into four phases: pre-starter (1-7 days) , early (8-21 days) , growth (22-35 days) and late (36-42 days old) and that the basal diet met the requirements of vitamin E proposed to the aforementioned phases (35 , 31 , 28, 21 IU / kg diet, respectively). For performance variables were not obtained difference between treatments, as well as parts and carcass yield and meat quality analysis, however, for thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) for breast and drumstick species difference was obtained at 30 and 60 days of storage, as well as in plasma oxidation. In the analysis of titers of antibodies against the virus of Gumboro disease to vitamin E resulted in no difference in the immune response of the birds. It can be concluded that the administration of high doses of vitamin E does not directly affect production indices, carcass yield and cuts, as well as the parameters of meat quality and immune activity. **Inclusion levels of 52.5; 46.5; 56 and 63 IU vitamin E / kg of diet on 1-7; 8-21; 22-35 and 36-42 days of age reduce oxidation of the tissues and blood plasma, demonstrating the antioxidant properties of vitamin E**

Keywords: antioxidant, α -tocopherol, lipid oxidation, antibody titer, shelf life.

INTRODUÇÃO

A vitamina E é considerada essencial para o normal funcionamento e manutenção dos sistemas reprodutivo, muscular e nervoso, prevenção de doenças, aumento das funções imunológicas e da integridade do tecido (KENNEDY et al., 1991). Além disso, por apresentar função antioxidativa no sistema biológico, a vitamina E tem sido estudada na suplementação de dietas animais em níveis mais altos em relação àqueles recomendados pelo NRC de 1994 (LAURIDSEN et al., 1997).

Conhece-se que um dos maiores entraves na comercialização da carne de frangos é a rancidez oxidativa, a qual tem início logo após a morte e se intensifica durante a estocagem e comercialização do produto, tornando o mesmo inaceitável do ponto de vista sensorial pelos consumidores.

Foi demonstrado que a oxidação ocorre em dois estágios, o primeiro com a oxidação fosfolipídica e o segundo com a oxidação dos triglicerídeos, a qual está diretamente relacionada com o grau de instauração e o tempo de armazenagem da carne NAM et al. (1997).

Com o início da oxidação lipídica, ocorre o desencadeamento de várias reações secundárias com a formação de radicais livres. Além da formação de compostos de odores estranhos, um fator determinante na qualidade da carne, outras reações como a formação de compostos potencialmente tóxicos tais como álcoois, cetonas, peróxidos e aldeídos podem afetar a segurança e estabilidade do produto, resultando em perdas de nutrientes e promovendo mais reações oxidativas NAM et al. (1997).

A vitamina E é um potente sequestrador de radicais livres e o poderoso antioxidante lipossolúvel. Desta forma, altas doses desta vitamina podem conferir estabilidade aos depósitos de gordura, melhorando a resistência das carnes frescas e dos

produtos cárneos à oxidação (LAURIDSEN et al., 1997). Segundo Sante e Lacourt (1994) a vitamina E pode ser utilizada com o intuito de manter as características qualitativas da carne de frango durante seu congelamento.

A hipótese estabelecida para a presente dissertação foi que, com a elevação dos níveis de vitamina E na dieta de frangos de corte houvesse melhoria nos índices zootécnicos, elevando o desempenho da produção através de aumento da saúde das aves, e que a vitamina E expressasse seu potencial antioxidante na qualidade da carne, enriquecendo o produto final através de aumento no tempo de vida de prateleira.

Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a influência de níveis de suplementação de vitamina E sobre o desempenho, características da carcaça e da carne e imunologia de frangos de corte.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos utilizados na presente pesquisa foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/FMVZ, processo Nº 48/2012.

O experimento foi realizado na Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios - APTA, Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento Brotas-SP.

Foram utilizados 1.050 pintos de corte, machos, da linhagem Cobb vacinados no incubatório contra doença de Marek e Gumboro, que foram alojadas em 30 boxes de 2,5 m², com 35 aves por box (14 aves/m²), em um aviário do tipo convencional, com cama de maravalha de 15 cm de espessura, munidos com comedouros tubulares e bebedouros tipo nipple.

As dietas basais (Tabela 1) foram formuladas visando atender as recomendações nutricionais para frangos de corte machos com desempenho médio (Rostagno et al.,

2011) e divididas em quatro fases: pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35 dias) e final (36 a 42 dias de idade), sendo que nestas dietas foram fornecidas as exigências de vitamina E propostas para cada fase de criação citadas acima (35; 31; 28; 21 UI/kg de ração, respectivamente). Água e ração foram fornecidas à vontade durante todo o período de criação e o programa de luz foi de 23 horas de luz e uma hora de escuro.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos e seis repetições: T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25%, 44 UI (PI), 25%, 39 UI (I), 50%, 42 UI (C) e 100%, 42 UI (F); T3) 50%, 52,5 UI (PI), 50%, 46,5 UI (I), 100%, 56 UI (C) e 200%, 63 UI (F); T4) 75%, 61,3 UI (PI), 75%, 54,2 UI (I), 150%, 70 UI (C) e 300%, 84 UI (F); e T5) 100%, 70 UI (PI), 100%, 62 UI (I), 200%, 84 UI (C) e 400%, 105 UI de vitamina E/kg de ração (F).

Foi realizado monitoramento da concentração de amônia e velocidade do ar, através de anemômetro digital turnigy ® e GasAlertMicro 5, respectivamente, já para avaliação de temperatura, umidade relativa utilizou-se um conjunto de termômetros de máxima e mínima, bulbo seco e bulbo úmido e de globo negro, todos os equipamentos foram colocados na altura das aves.

Tabela 1. Composição centesimal e nutricional calculada das dietas basais.

Ingredientes	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho, moído	53,702	56,201	59,051	63,33
Soja, farelo 45%	38,976	36,095	32,560	28,69
Bicarbonato de sódio	0,120	0,100	0,100	0,100
Calcário calcítico	0,911	0,942	0,886	0,795
Fosfato bicálcico	1,911	1,565	1,350	1,130
Soja, óleo bruto	2,671	3,525	4,490	4,405
DL-Metionina (99%)	0,362	0,310	0,290	0,270
L-Lisina HCl (78,4%)	0,284	0,240	0,235	0,260
L-Threonina (98,5%)	0,109	0,077	0,068	0,070
Cloreto de colina (60%)	0,000	0,000	0,050	0,040
Suplemento Vit. e Min. ¹	0,331	0,330	0,330	0,330
Inerte	0,188	0,198	0,177	0,191
Vitamina E ² (50%)	0,012	0,002	0,023	0,009
Sal comum	0,424	0,415	0,390	0,380
Total	100	100	100	100
Composição nutricional calculada				
EM (kcal/kg)	2.960	3.050	3.150	3.200
PB (%)	22,40	21,20	19,80	18,40
Cálcio (%)	0,92	0,84	0,76	0,66
Fósforo disponível (%)	0,47	0,40	0,35	0,31
Metionina digestível (%)	0,65	0,59	0,55	0,52
Metionina+cistina digestível (%)	0,95	0,88	0,83	0,77
Lisina digestível (%)	1,32	1,22	1,13	1,06
Treonina digestível (%)	0,86	0,79	0,74	0,69
Potássio (%)	0,87	0,82	0,78	0,70
Sódio (%)	0,22	0,21	0,20	0,20
Cloro (%)	0,30	0,30	0,28	0,28
Ácido linoléico (%)	2,81	3,30	3,83	3,84
Vitamina E (UI/kg)	35,0	31,0	28,0	21,0

¹Suplemento vitamínico e mineral para frangos de corte (Vaccinar®). Níveis de garantia/kg de ração: **Fase pré-inicial:** Vit. A, 8.250 UI; Vit. D₃, 2.475 UI; Vit. E, 28,88 UI; Ácido fólico, 1,24 mg; Ácido pantotênico, 11,55 mg; Vit. B₆, 2,48g; Biotina, 0,0619 mg; Niacina, 0,0371 g; Riboflavina, 4,95mg; Tiamina, 4,95mg; Vit. B₁₂, 14,44 µg; Vit. K₃, 2,48 mg; Cu, 6,60 g; Zn, 0,0578 g; Se, 0,2723 mg; I, 0,743 mg; Fe, 0,041 g; Mn, 0,0619 g; Fitase, 0,619 FTU; Etoquixiquim, 3,30 mg; Nicarbazina, 0,1031 g; Virginiamicina, 13,61 mg. **Fase Inicial:** Vit. A, 10.000 UI; Vit. D₃, 3.000 UI; Vit. E, 30,00 UI; Ácido fólico, 1,25 mg; Ácido pantotênico, 13,00 mg; Vit. B₆, 3,00 g; Biotina, 0,0700 mg; Niacina, 0,0400 g; Riboflavina, 5,00 mg; Tiamina, 1,50 mg; Vit. B₁₂, 15,00 µg; Vit. K₃, 3,00 mg; Cu, 8,00 g; Zn, 0,0578 g; Se, 0,3000 mg; I, 0,900 mg; Fe, 0,050 g; Mn, 0,0750 g; Fitase, 0,750 FTU; Etoquixiquim, 4,00 mg. Nicarbazina, 0,1250g; Virginiamicina, 16,50mg. **Fase de crescimento:** Vit. A, 10.000 UI; Vit. D₃, 3.000 UI; Vit. E, 30,00 UI; Ácido fólico, 1,25 mg; Ácido pantotênico, 13,00 mg; Vit. B₆, 3,00 g; Biotina, 0,0700 mg; Niacina, 0,0400 g; Riboflavina, 5,00 mg; Tiamina, 1,50 mg; Vit. B₁₂, 15,00 µg; Vit. K₃, 3,00 mg; Cu, 8,00 g; Zn, 0,0578 g; Se, 0,3000 mg; I, 0,900 mg; Fe, 0,050 g; Mn, 0,0750 g; Fitase, 0,750 FTU; Etoquixiquim, 4,00 mg. Nicarbazina, 0,1250 g; Virginiamicina, 16,50 mg. **Fase Final:** Vit. A, 8.250 UI; Vit. D₃, 1.650 UI; Vit. E, 16,5 UI; Ácido fólico, 0,50 mg; Ácido pantotênico, 9,90 mg; Vit. B₆, 1,16 g; Biotina, 0 mg; Niacina, 0,0330 g; Riboflavina, 4,13 mg; Tiamina, 0,83 mg; Vit. B₁₂, 8,25 µg; Vit. K₃, 2,48 mg; Cu, 7,92 g; Zn, 0,0990 g; Se, 0,4125 mg; I, 1,155 mg; Fe, 0,066 g; Mn, 0,0990 g; Fitase, 1,238 FTU; Etoquixiquim, 1,65 mg; Salinomicina, 0,109 g; Virginiamicina, 16,5 mg ² Vitamina E Adisseo nível de garantia 50% = inclusão nas rações basais para atingir o nível recomendado por Rostagnho et al. (2011).

Desempenho e rendimento de carcaça e cortes

Em cada fase de criação foram determinadas as variáveis de desempenho. Para determinação do peso corporal, as aves de cada boxe foram pesadas, juntas, ao final de cada fase de criação (7, 21, 35 e 42 dias de idade). O consumo de ração foi determinado por meio da diferença entre a quantidade de ração fornecida no início e as sobras existentes ao final de cada período, o resultado obtido foi dividido pelo número médio de aves de cada boxe. A conversão alimentar foi calculada pela divisão entre o total de ração fornecida e o total de ganho de peso no período, e corrigida pelo peso das aves mortas. O ganho de peso foi calculado pela diferença entre o peso das aves no início e o peso das aves ao final de cada fase de criação. Para o cálculo do fator de produção foi utilizada a fórmula: $FP = ((\text{ganho de peso} \times \text{viabilidade}) / (\text{conversão alimentar})) \times 100$.

Aos 42 dias de idade foram retiradas aleatoriamente cinco aves por unidade experimental, as quais ficaram em jejum alimentar de oito horas e foram transportadas ao Abatedouro Experimental da FMVZ, UNESP, Campus de Botucatu, onde foram pesadas individualmente e, posteriormente, insensibilizadas por eletronarcole e abatidas, depenadas e evisceradas para determinação de rendimento de carcaça, cortes e percentual de gordura abdominal.

O rendimento de carcaça foi obtido pela relação percentual entre o peso da carcaça, após a retirada das penas, vísceras, pés, cabeça, pescoço e gordura abdominal e o peso vivo das aves ao abate. Para se obter o rendimento de partes foi calculada a relação percentual entre o peso de cada uma das partes (peito, coxas e sobrecoxas, asas e dorso) e o peso da carcaça e, o rendimento de gordura abdominal foi obtido por meio da relação percentual entre o peso da gordura abdominal e o peso corporal da ave ao abate. Os pesos relativos de moela, proventrículo, intestino, pâncreas, fígado, baço,

bursa de Fabricius e coração foram determinados pela relação percentual entre o peso de cada um destes órgãos e o peso corporal da ave ao abate.

Qualidade de carne

As análises para avaliação das características de qualidade da carne dos frangos foram realizadas 24 horas *post-mortem* no Laboratório de Qualidade de Carne do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia FCA, UNESP, Campus de Botucatu.

Para as análises de qualidade foram utilizados 150 peitos, 30 por tratamento, a coloração da carne foi determinada utilizando-se o colorímetro Konica Minolta (CR-400), seguindo o sistema CIELAB, por meio de leituras de reflectância de luz em três dimensões: L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo), mediante leitura em quatro pontos distintos do músculo *Pectoralis major* na superfície ventral e no meio da seção cranial (HONIKEL, 1998).

A avaliação de pH foi realizada por meio do eletrodo de inserção (Hanna, HI 8314) com sistema de identificação digital, sensor de compensação de temperatura (Tec 530).

Para determinação das perdas de peso por cozimento, foram utilizadas as mesmas amostras empregadas para a determinação da coloração do peito. As amostras após serem devidamente identificadas e pesadas em balança semi-analítica, foram colocados em embalagens plásticas e cozidas em banho-maria a 85°C, utilizando-se um termômetro digital para medir a temperatura interna de cada amostra de forma a serem retiradas do cozimento quando atingiram temperatura interna de 71°C. Após resfriamento à temperatura ambiente, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica e, por meio da diferença do peso inicial (peito *in natura*) e final (peito cozido),

calculada a perda de peso por cozimento segundo metodologia descrita por Honikel (1998).

A perda de água por exsudação foi determinada de acordo com a metodologia proposta Honikel (1998), em duplicata, onde foram utilizadas 100g de amostras de carne de peito, colhidas 24 horas após o abate, pesadas com o auxílio de balança semi-analítica. Após pesagem, as amostras foram suspensas em redes de nylon seladas dentro de sacos plásticos inflados, e assim permaneceram em câmara fria com temperatura entre 1e 4°C, por 48 horas. A porcentagem de perda de água por gotejamento foi obtida por meio da diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra dividido pelo peso inicial e multiplicado por 100.

Para avaliação da textura da carne de peito foi utilizado o texturômetro TAXT plus (*Stable Micro Systems*), equipado com dispositivo *Razor Blade*. O equipamento foi calibrado com peso padrão de 5kg e padrão rastreável, sendo avaliados a energia (N/mm) e a força de cisalhamento (N) segundo preconizado por Cavitt et al. (2004). A velocidade de descida do dispositivo foi de 10 mm/s. Foram utilizados os mesmos filés de peito que foram usados para determinação da perda de peso por cozimento. Nestes, realizaram-se cinco cortes na superfície cranial, sendo que os filés foram posicionados com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina *Razor Blade*.

A determinação da capacidade de retenção de água foi realizada utilizando metodologia descrita por Hamm (1960), foi feita medição da perda de água liberada quando aplicada uma pressão sobre o tecido muscular. Após a desossa, cubos de carne de peito de 2g foram colocados entre dois papéis de filtro circular e, estes entre duas placas de vidro, sobre as quais foi colocado um peso de 10 kg por cinco minutos. As amostras de carne de peito após a pressão foram pesadas e, por diferença, calculada a

quantidade de água perdida. O resultado foi expresso em percentual de água exsudada em relação ao peso inicial das amostras.

Resposta imune

Aos 14 dias de idade todas as aves foram vacinadas através da água de bebida, contra doença de Gumboro, CEVAC®, cepa forte, para estímulo da atividade imune.

Aos 14, 21 e 42 dias de idade foram coletados 5,0 mL de sangue por punção da veia braquial de duas aves por unidade experimental para avaliação dos títulos séricos de anticorpos contra o vírus da Doença de Gumboro. As amostras de sangue foram acondicionadas em tubos de ensaio, deixadas em descanso para formação de coágulos, posteriormente centrifugadas para obtenção dos soros, que foram acondicionados em microtubos de 1,5 mL e congelados. A mensuração da produção de anticorpos foi avaliada por meio do ensaio imunoenzimático – Kit ELISA, utilizando-se metodologia preconizada por Purchase et al. (1989).

Oxidação na carne

A determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) na carne foram realizadas nos dias 0, 30, 60, 90 e 120 dias após abate e armazenamento sob congelamento, de acordo com a metodologia proposta por Wyncke (1970). Em cada período foram analisadas duas amostras de peito e duas de sobrecoxa por unidade experimental, totalizando 30 amostras por tratamento de cada corte.

Estas amostras foram homogeneizadas durante 2 minutos utilizando-se misturador Ultra-Turrax e 10,0 g de amostra de carne foram adicionadas à 50,0 mL de solução de ácido tricloroacético 7,5%. Em seguida, esta mistura foi filtrada e uma alíquota de 5,0 mL foi misturada com 5,0 mL de solução de ácido 2-tiobarbitúrico 0,020 mol/L e colocada em banho-maria (97°C) por 10 minutos. A absorbância das amostras

foi medida a 532 nm. A avaliação foi feita em duplicata e expressa em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de carne e utilizando-se como base uma curva padrão ($y = 0,364x + 0,0063$, $r^2 = 0,9425$), com 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP).

Oxidação no sangue

Aos 42 dias de idade das aves, foram coletados 3 mL de sangue da veia braquial de uma ave por unidade experimental, em tubos de ensaio heparinizados, para análises de estado oxidativo via determinação das substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), onde a lipoperoxidação foi determinada pelo método espectrofotométrico descrito por Buege e Aust (1978), o qual baseia-se na quantificação do complexo formado pela reação de duas moléculas de ácido tiobarbitúrico com uma de malonaldeído (MDA), formando um cromógeno de coloração rósea. A absorbância das amostras foi medida a 532 nm de comprimento de onda, feita em duplicata e os resultados de mensuração de lipoperoxidação expressos em nmol de MDA/mL e como base uma curva padrão, ($y = 0,0081x + 0,0295$, $r^2 = 0,9911$) obtida utilizando-se 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP).

Análise Estatística

Os resultados obtidos no experimento foram tabulados e submetidos à análise de variância ao nível de significância de 5%. Quando significativas foram realizadas análise de regressão utilizando-se o procedimento *Proc Reg* do SAS (2002). As médias foram comparadas pelo teste de comparações múltiplas de Tukey com uso procedimento *General Lineal Model* (GLM) do programa estatístico SAS (2002). Para a análise de título de anticorpos contra o vírus da Doença de Gumboro, os dados foram transformados em $\log_2$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho e rendimento de carcaça e cortes

Os resultados obtidos neste trabalho mostram que não há influência direta da vitamina E no desempenho de frangos de corte em todas as fases de criação avaliadas (Tabela 2), corroborando os resultados obtidos por Arjmanji et al. (2002), que avaliando a suplementação de vitamina E na dieta de frangos de corte não observaram efeitos sobre o desempenho das aves.

Acredita-se que a vitamina E exerce ação direta no status imunológico dos animais, e de forma indireta atua no desempenho, aumentando o ganho de peso, melhorando a conversão alimentar e viabilidade. Assim como no desempenho, no presente estudo também não se observou diferença estatisticamente significativa para título de anticorpos contra o vírus da doença de Gumboro, provavelmente por não termos este estudo não realizamos desafio, portanto não foram encontradas diferenças significativas para estes parâmetros.

Os dados de peso relativo de órgãos dos frangos aos 42 dias de idade estão apresentados na Tabela 3, onde se observa que não houve efeito de inclusão da vitamina E para peso relativo dos órgãos. Souza et al (2006) estudaram o efeito da suplementação da vitamina E na dieta de frangos de corte e não observaram efeitos sobre o peso absoluto e relativo dos órgãos linfóides (baço, bursa de Fabricius e timo), digestivos (fígado, moela e intestino) e coração das aves, aos 21 e 45 dias de idade, como foi observado neste estudo. Há de se destacar que em nosso trabalho não houve exposição induzida das aves ao estresse, de forma que a ação da vitamina E pode não ter tido o mesmo efeito observado por Sahin (2002), que avaliando a suplementação de vitamina E em aves sob condições de estresse relataram aumento do peso relativo de órgãos metabolicamente ativos (coração, fígado, intestinos, proventrículo e moela).

Para os dados de rendimento de carcaça e partes dos frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade (Tabela 4), não obteve-se diferença entre os níveis de suplementação de vitamina E, concordando com os resultados de Souza et al. (2006), que avaliando diferentes níveis de vitamina E não obtiveram influencia nos rendimentos de carcaça, peito, pernas e gordura abdominal. Isso pode ter ocorrido devido à vitamina E não atuar diretamente no crescimento e na deposição proteica. Entretanto, resultados positivos do ponto de vista qualitativo, com altos níveis de suplementação de vitamina E às dietas, foram descritos por Weber e Boren (1999), que notaram redução da ordem de 34% no número de condenação de carcaças de frangos de corte nas plantas processadoras.

Qualidade de carne

Os resultados médios obtidos após 24 horas do abate para pH, perda de peso por cocção (PPC), perda de água por exsudação (PPE), capacidade de retenção de água (CRA), cor (L*- luminosidade, a*- teor de vermelho e b*- teor de amarelo) e força de cisalhamento estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Para os parâmetros de qualidade de carne avaliados no músculo *Pectoralis major*, não foi observada influência dos níveis de vitamina E, sendo que para os valores de pH (Tabela 5), os valores encontrados estão em conformidade com os obtidos por Sams e Mills (1993), que observaram valores de pH após a resolução do rigor mortis (12 horas ou mais) em torno de 5,60 a 5,80. Souza et al. (2006) também constataram que não houve diferença no pH quando houve a inclusão de vitamina E na dieta de frangos de corte.

Não foram encontradas diferenças ($p>0,05$) para a perda de água por exsudação da carne de peito dos frangos que receberam dieta basal ou com suplementação acima

da recomendada de vitamina E (Tabela 5). A perda de exsudato é resultado do encolhimento *post-mortem* das miofibrilas devido a diminuição do pH e é considerada como um dos principais fatores na diminuição da qualidade dos produtos cárneos nas indústrias (JENSEN et al., 1998). Santos et al. (1994) explicaram que o rápido declínio do pH combinado com altas temperaturas da carcaça resultam em desnaturação das proteínas, o que ocasiona aumento nas perdas por gotejamento e por cozimento em carnes.

Para perda de água por cocção, do mesmo modo que ocorreu para capacidade de retenção de água, não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre os frangos que receberam dieta basal ou com suplementação acima da recomendada de vitamina E. Os resultados de PPC obtidos nesta pesquisa variaram de 27,51 a 28,84% e podem, segundo Olivo (1999), que obteve resultados de PPC para carne de peito de frango entre 27 a 29%, ser considerados normais; embora outros trabalhos indiquem valores de PPC em torno de 30% (LEONEL, 2004; SHEEHY et al., 1994).

Os resultados da análise de cor da carne de peito são mostrados na Tabela 6, sendo que a cor foi mensurada de forma objetiva, mensurando o teor de luminosidade (L^*) que indica se a amostra ou superfície está clara ou escura, o teor de vermelho (a^*) e o teor de amarelo (b^*). Não foram encontradas diferenças estatísticas ($p>0,05$) entre os níveis de inclusão de vitamina E quando se avaliou a luminosidade, teor de vermelho e amarelo da carne de peito de frango.

Os resultados do presente estudo (L^* , 51,52 a 52,14; a^* , 2,89 a 3,13; b^* 6,02 a 6,78) são semelhantes aos encontrados por Leonel (2004), demonstrando que a inclusão de níveis elevados da vitamina E na dieta das aves não afeta a coloração da carne de peito, a qual é fator de importância na escolha pelo mercado consumidor.

Komiyama (2006), em seus estudos sobre a caracterização da carne pálida em frangos de corte, relatou que filés de coloração normal apresentaram L^* em torno de 51,25, sendo este parâmetro de fundamental importância, pois segundo Allen et al. (1998), variações na cor da carne de peito afetaram a vida de prateleira, o desenvolvimento de odor e a capacidade de retenção de água.

A força de cisalhamento (FC) da carne de peito (Tabela 6), não diferiu entre os tratamentos, mostrando que a inclusão de vitamina E na dieta não influencia na maciez da carne de peito dos frangos. Sabe-se que este parâmetro de qualidade está associado à capacidade de retenção de água no músculo *Pectoralis major*, a qual pode ser influenciada por vários fatores, como o estresse térmico, a densidade de alojamento durante o período de criação e fatores pré-abate.

Gardini (2000) e Souza et al. (2006) avaliando níveis de vitamina E na dieta de frangos de corte, também não encontraram diferenças na força de cisalhamento quando feita a avaliação no início e após 5 dias sob refrigeração, porém, após um período de congelamento, o nível de 100 mg de vitamina E/kg de dieta proporcionou menor força para romper as fibras da carne.

De acordo com Nam et al. (2003), os efeitos benéficos da suplementação de dietas com vitamina E são devidos ao acréscimo da concentração de alfa tocoferol nos tecidos musculares, que melhora a estabilidade da cor e reduz a oxidação dos lipídios e desenvolvimento de aromas indesejáveis.

Analisando os padrões de qualidade, no que diz respeito à satisfação das exigências sensoriais, os cortes cárneos de frango comumente apresentam alterações indesejáveis nos parâmetros de cor e maciez. O valor desses atributos é observado em momentos distintos, enquanto a coloração da carne está associada à aceitabilidade no

momento da compra, a maciez determina a aceitabilidade geral (BRESSAN e BERAQUET, 2002).

Resposta imune

Para os resultados da produção de anticorpos contra a doença de Gumboro, apresentados na tabela 7, não foi encontrado efeito do nível de suplementação de vitamina E na dieta. Estes resultados foram semelhantes aos obtidos por RIBEIRO et al. (2008) que, estudando os efeitos da suplementação de vitamina E sobre a imunidade e desempenho de frangos de corte desafiados com albumina sérica bovina, constataram que a vitamina E não influenciou a produção de anticorpos. No entanto, FERKET et al. (1993) observaram maior produção de anticorpos contra hemácias de ovinos em frangos de corte que receberam 300 UI vitamina E/kg ração.

Embora a vitamina E seja considerada importante ferramenta para o sistema imune das aves, neste experimento não foram observadas alterações na resposta imune em função da suplementação da vitamina E na dieta. Níveis suplementares moderados a altos da vitamina E podem ter efeitos distintos sobre os radicais livres, o que resulta em diferentes sinais de ativação das células imunológicas, que podem ser observados em outros estudos de avaliação da relação entre níveis dietéticos de vitamina E e resposta imunológica em frangos de corte (LESHCHINSKY e KLASING, 2001).

LOPEZ-BOTE et al. (1998) avaliando diferentes níveis de vitamina E na dieta de frangos de corte (0, 17, 46 e 87 mg de DL-alfa-tocoferol/kg) não encontraram efeito na percentagem de linfócitos B e macrófagos, porém verificaram que, independente da dose de vitamina E houve maior produção de células T quando comparada ao grupo controle.

Deste modo, é importante estabelecer a máxima eficácia da vitamina E e a melhor forma de fornecimento, bem como suas combinação com outros ingredientes para se estabelecer seus níveis adequados para uma resposta imunológica eficiente.

O fato de não ocorrerem efeitos significativos da vitamina E nesta pesquisa pode ser atribuído ao fato do desafio ter sido baixo, já que o ambiente onde os animais foram criados apresentava boas condições profiláticas e mínimo de estresse, dificultando a observação de efeito da vitamina E na produção de anticorpos.

A resposta imunológica diminui quando as aves apresentam deficiência de vitamina E, uma vez que este nutriente atua como antioxidante. Em sua ausência, a integridade celular pode ser afetada e haver comprometimento no recebimento das mensagens necessárias para coordenar uma resposta imunológica eficiente (KONJUFCA et al., 2004).

Oxidação na carne

Os valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) na carne de peito de frango (Tabela 8), apresentaram diferenças ($p < 0,05$) em função dos níveis de inclusão de vitamina E nas dietas nas primeiras 24 horas de armazenamento sob refrigeração e aos 30 e 60 dias sob congelamento (-20°C), havendo redução significativa da oxidação com a inclusão de maiores níveis de vitamina E, para a carne refrigerada 24 h e conservada sob congelamento por 30 e 60 dias. Após este período, a inclusão de vitamina E não influenciou os valores de TBARS na carne de peito.

Com 24 horas de refrigeração e 30 dias de congelamento o tratamento 4 apresentou menores valores de TBARS em relação ao controle (basal). Já, aos 60 dias de congelamento, pode-se observar que o tratamento 3 com inclusão de (52,5; 46,5; 56 e

63 UI de vitamina E/kg de ração, para cada fase de criação, respectivamente) foi o que apresentou redução significativa na concentração de malonaldeído/kg em relação ao controle (basal).

Estes resultados estão de acordo com TOLEDO et al. (2006), que suplementando dietas de frangos de corte com 40 mg de vitamina E/kg, detectaram redução na oxidação das carnes de peito. Do mesmo modo, SOUZA et al. (2006) avaliando níveis de vitamina E na dieta de frangos de corte, observaram diferença entre os valores de TBARS já no início do armazenamento e os valores de maior oxidação aos 30 dias, obtendo menores níveis de oxidação com inclusão de 200 mg/kg de ração.

Este efeito na diminuição da oxidação na carne pode ser explicado pelo fato de que a estabilidade à oxidação das frações membranosas subcelulares tende a se elevar com o aumento da concentração de alfa-tocoferol, de forma que, a suplementação de vitamina E via manipulação da dieta ajuda a estabilizar os lipídios ligados à membrana, conferindo maior estabilidade ao músculo à oxidação (LAURIDSEN et al., 1997).

Os valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) na carne de sobrecoxa (Tabela 9), mostraram diferenças entre os diferentes níveis de inclusão já nas primeiras 24 horas de armazenamento sob refrigeração e com 30 dias sob congelamento (-20°C), não havendo efeitos significativos da inclusão de níveis de vitamina E após 30 dias de armazenamento sob congelamento.

Analisando os resultados obtidos pode-se observar que para a carne de sobrecoxa estocada sob refrigeração por 24 horas após o abate, observamos que o tratamento controle se igualou aos demais com exceção do T5, que apresentou maiores valores de TBARS que os demais tratamentos. Aos 30 dias de armazenamento sob congelamento o tratamento 3 com níveis de inclusão de 52,5; 46,5; 56 e 63 UI de

vitamina E/kg de ração, propiciou redução significativa na concentração de mg de malonaldeído/kg da amostra em relação aos tratamentos controle e T2. Segundo SOUZA et al. (2006), níveis de vitamina E maiores que os recomendados na dieta conseguiram minimizar a oxidação através do aumento das concentrações de alfa tocoferol nos tecidos, gerando melhora do equilíbrio das estruturas das membranas celulares e, com isso, o aumento da estabilidade oxidativa.

Os resultados encontrados no presente estudo concordam parcialmente com os observados por Guo et al. (2001) que, utilizando suplementação de vitamina E na dieta de frangos de corte e armazenando a carne de sobrecoxa por 4 dias sob temperatura de 4°C, observaram os valores de TBARS reduzidos à medida que se elevou os níveis de vitamina E na dieta.

A vitamina E pode ser utilizada com o intuito de manter as características qualitativas da carne de frango durante seu congelamento, visando o aumento de vida de prateleira, já que seguindo a logística da produção haverá a necessidade do armazenamento destes cortes cárneos.

A literatura afirma (MORRISEY et al., 1994) e podemos constatar neste trabalho que o alfa-tocoferol é um efetivo antioxidante, e sua presença nas membranas celulares do músculo reduz a oxidação lipídica, melhorando as características de qualidade da carne, inclusive estendendo a duração do produto em prateleira.

Oxidação no sangue

Para valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) no plasma sanguíneo (Tabela 10), verifica-se que houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), ocorrendo menor nível de oxidação plasmática para o tratamento

3. Estes resultados estão próximos aos encontrados por Danikowski et al. (2002) que, utilizando níveis de suplementação crescentes de vitamina E, encontraram relação inversa com a concentração de TBARS no plasma de frangos de corte. Contudo, a diminuição de TBARS não foi proporcional ao aumento na suplementação de vitamina E, da mesma maneira que obtivemos nos resultados do presente trabalho, onde não houve um comportamento linear na diminuição da concentração de malonaldeído nas amostras de plasma sanguíneo em função do aumento da inclusão da vitamina E na dieta.

O efeito antioxidante da vitamina E no plasma já havia sido relatado por Castellini et al. (2002), que avaliaram o efeito da suplementação de vitamina E (200 mg/kg de dieta) e selênio (0,05 ppm) no nível de peroxidação lipídica (TBARS) em plasma de coelhos, obtendo resultados que permitiram concluir que animais suplementados com vitamina E apresentam menor grau de peroxidação lipídica quando comparados com animais não suplementados. A peroxidação plasmática pode ser induzida pela formação de radicais livres e/ou espécies reativas de oxigênio e a utilização de antioxidantes para tratar e controlar processos de oxidação de lipídios e proteínas vem sendo preconizada na alimentação de frangos, principalmente o uso de antioxidantes naturais (FELLENBERG e SPEISKY, 2006).

Em frangos de corte, o estresse oxidativo se constitui em importante mecanismo que leva a danos biológicos e é considerado como uma das causas de diversas patologias que afetam o seu crescimento. Assim como no animal vivo, a oxidação representa uma das principais causas de deterioração de alimentos para consumo. (BRADFORD, 2003).

O efeito de antioxidantes naturais e os danos oxidativos em alimentos cárneos vem sendo amplamente pesquisados (BOTSOGLOU et al., 2002), no entanto, estudos avaliando a peroxidação lipídica plasmática in vivo são escassos, ratificando a importância da realização deste trabalho e, além disso, evidenciando a necessidade de estudos futuros.

Pode-se concluir que a administração de elevadas doses de vitamina E não afeta diretamente os índices zootécnicos, o rendimento de carcaça e cortes, assim como os parâmetros de qualidade de carne e atividade imune. Níveis de inclusão de 52,5; 46,5; 56 e 63 UI de vitamina E/kg de ração nos 1-7; 8-21; 22-35 e 36-42 dias de idade reduzem a oxidação dos tecidos em diferentes períodos de armazenamento e no plasma sanguíneo, demonstrando o poder antioxidante da vitamina E.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, C. D. et al. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. **Poultry Science**, Savoy, v. 77, p. 361-366, 1998.

AMSA. AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guideliness for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat**. Chicago, 1991, 48 p.

ARJMANJI, B.H., et al. Vitamin E improves bone quality in the aged but not in adult male mice. **Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 13, p. 543-549, 2002.

ASGHAR, A., LIN, C.F., GRAY, J.I. et al. Effects of dietary oils and α -tocopherol supplementation on membranal lipid oxidation in broiler meat. **Journal Food Science**, v.55, p.46-60, 1990.

BAIANU, I. C. et al. Molecular dynamics of water and related model system: multinuclear spin relaxation studies and comparison with theoretical calculations. In: LEVINE, H.; SLADE, L. (Ed.). **Water relationships in food**. New York: Plenum Press, 1991, p.517-540.

BARBI, J.H., BECKER, B.G., ROBEY, E.W. Antioxidantes em rações avícolas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO AVÍCOLA, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999, p.219-246.

BARTOV, I., BASKER, D., ANGEL, S. Effect of dietary vitamin E on the stability and sensory quality of turkey meat. **Poultry Science**, v.62, p.1224 -1230, 1983.

BLUM, J.C. et al. Effect of dietary vitamin E supplies in broilers. 2nd Report: male and female growth rate, viability, imune response, fat content and meat flavour variations during storage. **Archiv fur Geflugelkunde**, v.56, p.37-42, 1992.

BOTSOGLOU, N. A., FLOROU-PANERI, P., NIKOLAKAKIS, I, Effect of dietary saffron (*Crocus sativus* L.) on the oxidative stability of egg yolk', **British Poultry Science**, v. 46, p.701-707, 2005.

BRADFORD, A.; ATKINSON, J.; FULLER, N.; RAND, R. O. The effect of vitamin E on the structure of membrane lipid assemblies. **Journal of Lipid Research**, v. 44, n. 10, p. 1940-1945, 2003.

BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J. Efeito de Fatores Pré-Abate Sobre a Qualidade da Carne de Peito de Frango. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n.5, p.1049-1059, 2002.

BUEGE, J.A.; AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. **Methods in Enzymology**, v.52, p.302-10, 1978.

CASTAING, J. et al. Influencia de la utilización de dos niveles de vitaminas sobre los resultados productivos de broilers. **Producción Animal**, v.18, n.187, p. 54-62, 2003.

CASTELLINI, C.; LATTAIOLI, P.; DAL BOSCO, A.; MINELLI, A.; MUGNAI, C. Oxidative status and semen characteristics of rabbit buck as affected by dietary vitamin E, C and n-3 fatty acids. **Reproduction Nutrition and Development**, v. 43, n. 1, p. 91-103, 2003.

CAVITT, L.C.; YOUM, G.W.; MEULLENET, J.F.; et al. Prediction of poultry meat tenderness using Razor Blade shear, Allo-Kramer shear, and sarcomere length. **Journal of Food Science**, v.69, n.1, p.11-15, 2004.

CAVITT, L.C.; MEULLENET, J.F.; GANDHAPUNENI R.K. et al. Rigor development and meat quality of large and small broilers and the use of Allo-Kramer shear, needle puncture, and Razor Blade shear to measure texture. **Poultry Science**, v.84, p.113-118, 2005.

CHARMLEY, E. et. al., Plasma and Hepatic -Tocopherol in Cattle Following Oral or Intramuscular Supplementation. **Journal of Dairy Science**, v.75, p. 804-810, 1992

CHEW, B.P. Importance of antioxidant vitamins in immunity and health in animals. **Animal Feed Science Technology**, v. 59, p. 103-114, 1996.

COMBS JR., G.F. Influence of dietary vitamin E and selenium on the oxidant defense system of the chick. **Poultry Science** v.60, p.2098-2105, 1981.

COMBS JR., G.F.; SCOTT, M. **The vitamins:** fundamental aspect in nutrition and health. New York: Ithaca, 1992, 526p.

CORTINAS, L.; BARROETA, A.; VILLAYERDE, C. et al. Influence of dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: Lipid Oxidation. **Poultry Science**, v.84, p. 48-55, 2005.

DANIKOWSKI, S.; SALLMANN, H. P.; HALLE, I. Influence of high levels of vitamin E on semen parameters. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v. 86, n. 11-12, p. 376-382, 2002

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, p. 743-746, 1999.

FELLENBERG, M. A., and H. SPEISKY. Antioxidants: Their effects on broiler oxidative stress and its meat oxidative stability. **World's Poultry. Science**. v.62, p.53–70, 2006.

FERKET, P.R. Feeding turkey poult for health and performance. Lohmann **Information**. n.20, p. 11-17, 1997.

FERKET, PR, Practical nutritional perspective on gut health and development. In: NUTRITION CONFERENCE AND SOYBEAN MEAL SYMPOSIUM, 2000. Carolina do Norte. **Anais...** Carolina do Norte, 2000, p. 74-86.

FRIGG, M. Effects of dietary vitamin E supplies in broilers. 1. Report: Evaluation of parameters related to oxidative stability of broiler meat. **Nutrition Abstracts and Reviews**, n.22, p. 24-30, 1990.

FRIGG, M.; WHITEHEAD, C.C.; WEBER, S. Absence of effects of dietary α -tocopherol on egg yolk pigmentation. Br. **Poultry Science**., v.33, p. 347-353, 1992.

GARDINI, C.H.C. **Efeito da vitamina E no desempenho e na qualidade da carne de frangos de corte** Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

GREEN, J. Tocopherols. **IX. Biochemical Systems**. In: SEBBRELL, W.H., HARRIS, R.S. The vitamins: Chemistry, physiology, pathology, methods. New York: Academic, v.5, p. 259-272, 1972.

GUO, Y. et al. Effects on supplementation with vitamin E on the performance and the tissue peroxidation of broiler chicks and the stability of thigh meat against oxidative deterioration. **Animal Feed Science and Technology**, v.89, p. 165-173, 2001.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration: advances in food research. Cleveland, v. 10, n. 2, p. 335-443, 1960.

HERNANDEZ, J.M. et al. Effect of vitamin level in broiler diets on productive parameter and meat deposition. In: EUROPEAN POULTRY CONFERENCE, Bremen. **Anais...** Bremen: WPSA, 2002.

HONIKEL K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, Kidlington, v. 49, p. 447-457, 1998.

JACKOBSEN, K., ENGBERG, R.M., ANDERSEN, J.O. et al. Supplementation of broiler diets with all-rac or a mixture of natural source RRR tocopheryl acetate. 1. Effect on vitamin E status of broilers in vivo and at slaughter. **Poultry Science**, v.74, p. 1984-1994, 1995.

JENSEN, C.; LAURIDSEN, C.; BERTELSEN, G. Dietary vitamin E: quality and storage stability of pork and poultry. **Trends Food Science Technology**, Cambridge, v. 9, p. 62- 72, 1998.

KENNEDY, D.G. et al., The effects of increased vitamin E supplementation on profitable commercial broiler production. **Poultry Nutrition Society**, v.50, n.3, p.179, 1991.

KLASSING, K. C. Interaction between nutrition and infection Diseases. In: CALNEK, B. W. **Diseases of poultry**. Iowa: Iowa State University Press, 1997, p. 73-79.

KOMIYAMA, C.M. et al., Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.2, p. 89-93, 2009.

KONJUFCA, V.K. et al. Influence of dietary vitamin E on phagocytic functions of magrophages in broilers. **Poultry Science**. v.83, p. 1530-1534, 2004.

LATSHAW, D.J. Nutrition-mechanisms of immunosupression. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.30, n.1, p. 111-120, 1991.

LAURIDSEN, C., BUCKLEY, D.J., MORRISEY, P.A., Influence of Dietary Fat and Vitamin E Supplementation on α -Tocopherol Levels and Fatty Acid Profiles in Chicken Muscle Membranal Fractions and on Susceptibility to Lipid Peroxidation., **Meat Science**, v.46, p. 9-22, 1997.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4. ed., Ontário: University Books, 2001, 591p.

LEESON, S. Vitamin requeriments: is there basis for re-evaluating dietary specifications? **World's Poultry Science Journal**, v.63, n.2, p.225-266, 2007.

LEONEL, F. R. **Efeito da vitamina E sobre os parâmetros quantitativos e qualitativos da carne de frango submetida ou não à irradiação e armazenada por diferentes períodos**. 2004. 61p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

LESHCHINSKY, T.V., KLASING, K.C. Relationship between the level of dietary vitamin E and the immune response of broiler chickens. **Poultry Science**, v.80, n.11, p. 1590-1599, 2001.

LIU, Q. et al., Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. **Journal Animal Science**, v. 74, p. 106-116, 1996.

LOPEZ-BOTE, C. J., GRAY, J. I., GOMAA, E. Effect of dietary administration of oil extracts from rosemary and sage on lipid oxidation in broiler meat', **British Poultry Science**, v.39, p. 235-240, 1998.

MACHLIN, L.J. (ed). **Handbook of vitamins**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, Vitamin E, 1991, p. 99-143.

MARUSICH, W.L. et al., Effect of supplemental vitamin E in control of rancidity in poultry meat. **Poultry Science**, v.54, p. 831-844, 1975.

MASTELLER E.L. e THOMPSON C.B. 1994. B cell development in the chicken. **Poultry Science**, v.73, n.7, p. 998- 1022, 2011.

MERCIER, et al., Lipid ad protein oxidation in microsomal fraction from turkeys: influence of dietary fat and vitamin E supplementation. **Meat Science**, v. 58, p. 125–134, 2001.

MEYDANI, M. Vitamina E. **Lancet**, v. 345, p. 170- 175, 1995.

MORRISSEY, P.A., et al., Vitamin E and meat quality. **Proceedings on the Nutrition Society**, v.53, p. 289–295, 1994.

MORRISSEY, P.A., et al., Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science**, v. 49, p. 73-86, 1998.

NAM, K.C. et al., Influence of dietary supplementation with linseed and vitamin E on fatty acids, α -tocopherol and lipid peroxidation in muscles of broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.66, p. 149-158, 1997.

NAM, K.C., et al., Effect of dietary vitamin E and irradiation on lipid oxidation, color and volatiles of fresh and previously frozen turkey breast patties. **Meat Science**, v. 65, p. 513–521, 2003.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Poultry**. 9 ed. Washington: National Academic Press, 1994, 157 p.

NAZIROGLU, M. et al., The effects of food withdrawal and darkening on lipid peroxidation of laying hens in hith ambient temperatures. **Dtsch. Tierarztl. Wschr.**, v. 107, p. 199-202, 2000.

NOGUCHI, T., CANTOR, A.H., SCOTT, M.L. Mode of Action of Selenium and Vitamin E in Prevention of Exudative Diathesis in Chicks. **Jornaul of Nutrition.**, v.103, p. 1502-1511, 1973.

OHENE-ADJEY, S., et al., Effect of vitamin E, low dose irradiation, and display time on the quality of pork. **Meat Science**, v.68, p. 19-26, 2004.

OLIVO, R. A. L. et al., Dietary vitamin E inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemical**. v.25, p. 271-283, 2001.

PITA, M.C.G. et al., Efeito da suplementação de linhaça, óleo de canola e vitamina E na dieta sobre as concentrações de ácidos graxos poliinsaturados em ovos de galinha. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, p. 925-931, 2006.

POTENÇA, A. **Fontes de lipídios na alimentação de frangos de corte**. 2008. 58f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

PURCHASE, H. G. et al., **A Laboratory manual for isolation and identification of avian pathogens**. Duden, Kendall, Hunt: Publishing Company, 1989, 227p.

QIAO, M. et al. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science**, v. 80, n. 5, p. 676-680, 2001.

RASMUSSEN, A.J.; ANDERSON, M. **New method for determination of drip loss in pork muscles**. In: Proceedings of 42nd International Congress of Meat Science and Technology, Lillehammer, Norway, 1996, p. 286–287.

RIBEIRO, A. M. L. et al., Suplementação de vitaminas e minerais orgânicos e sua ação sobre a imunocompetência de frangos de corte submetidos a estresse por calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.4, p. 636-644, 2008.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2011, 252 p.

RUTZ, F.; LIMA, G.J.M.M. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Santos. **Anais...**, 1994, p. 73-84.

SAHIN, K.; KUÇUK, O.; SAHIN, N. et al. Optimal dietary concentration of vitamin E for alleviating the effect of heat stress on performance, Thyroid status, ACTH and some serum metabolite and mineral concentrations in broilers. **Veterinary Medicina** (Czech), v. 85, p. 110-116, 2002.

SAMS, A.R.; MILLS, K.A. The effect of feed withdrawal duration on the responsiveness of broiler pectoralis to rigor acceleration. **Poultry Science**, v.72, n.9, p. 1789-1796, 1993.

SANTE, VS; LACOURT, A. The effect of dietary α -tocopherol supplementation and antioxidant spraying on color stability and lipid oxidation of turkey meat. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.65, p. 503-507.1994.

SANTOS, C. et al. Incidence of different pork quality categories in Portuguese slaughterhouse: A Survey. **Meat Science**, v. 38, p. 279-287, 1994.

SAS 9.1 Institute, **SAS User's Guide**. SAS Institute Inc., Cary, 2007.

SELL, J. et al. Influence of dietary supplementation with vitamin E and Ascorbic Acid on vitamin E status of poultry. **Poultry Science**, v.73, p. 13, 1994.

SHEEHY, P.J.A. et al., Advances in research and application of vitamin E and antioxidant for poultry meat. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON THE QUALITY OF POULTRY MEAT, Zaragoza. **Anais...** Zaragoza: Organising Committee 12.th, 1994, p. 425-436.

SIQUEIRA, F.M., OETTERER, M., REGITANO-D'ARCE, M.A.B. Nutrients oxidantes. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.31, n.2, p. 192-199, 1997.

SOUZA, P.A.; SOUZA, H.B.A.; PELICANO, E.R.L. et al., Efeito da suplementação de vitamina E no desempenho e na qualidade da carne de frangos de corte. **Revista Portuguesa de Ciências Veterinárias**.v.101, p. 87-94, 2006.

TENGERDY, R.P.; HEINZERLING, R.H.; NOCKELS, C.F. Effect of vitamin E on the immune response of hypoxic and normal chickens. **Infection and Immunity**, v.5, p. 987- 989, 1972.

TENGERDY, R.P.; BROWN, J.C. Effect of vitamin E and A on humoral immunity and phagocytosis in E. coli infected chicken. **Poultry Science**, n.56, p. 957-963, 1977.

THORNTON, D. E. et al., Antioxidant and cytotoxic tocopheryl quinones in normal and cancer cells. **Free Radical Biology and Medicine**. Cornwall, v.18, p. 963–976,1995.

TOLEDO, G.S. et al., Níveis de vitaminas A e E em dietas de frangos de corte de 1 a 42 dias de idade. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p. 624-629, 2006.

WEBER G.M., BOREN B. L.'importance de la vitamine E dans de la développement de l'immunité chez les volailles. Toisièmes **Journées se la Recherche Avicole**. Saint-Malo, France, 1999, p. 297–300.

WYNCKE, W. Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette-Scifen Anstrichmittel**, v. 72, p. 1084 - 1087, 1970.

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E.

Variáveis	Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
	T1(Basal)	T2	T3	T4	T5		
<u>1 - 7 dias de idade</u>							
PMI, g	43,66	43,36	43,66	42,67	43,12	0,889	4,45
PC, g	187	187	187	188	184	0,699	2,28
GP, g	143	144	143	146	141	0,669	3,09
CR, g	160	155	157	163	155	0,547	6,15
CA	1,119	1,070	1,095	1,123	1,09	0,608	5,91
VB, %	99,33	100,00	100,00	98,67	99,33	0,440	1,39
<u>1 - 21 dias de idade</u>							
PC, g	1.005	1.010	1.002	1.008	986	0,286	1,99
GP, g	962	966	958	965	943	0,285	2,09
CR, g	1.278	1.289	1.287	1.272	1.262	0,371	1,97
CA	1,338	1,334	1,336	1,320	1,340	0,856	2,50
VB, %	97,33	98,67	99,33	98,00	98,00	0,640	2,37
<u>1 - 35 dias de idade</u>							
PC, g	2.184	2.223	2.194	2.460	2.220	0,433	1,26
GP, g	2.140	2.180	2.151	2.417	2.177	0,432	1,28
CR, g	3.166	3.131	3.140	3.086	3.089	0,294	2,36
CA	1,477	1,448	1,470	1,318	1,417	0,084	7,30
VB, %	94,667	94,667	95,333	98,000	94,667	0,533	4,13
<u>1 - 42 dias de idade</u>							
PC, g	2.533	2.640	2.491	2.528	2.546	0,203	4,23
GP, g	2.489	2.598	2.447	2.486	2.503	0,200	4,31
CR, g	4.178	4.173	4.141	4.113	4.127	0,809	2,65
CA	1,681	1,628	1,713	1,655	1,676	0,168	3,48
VB,%	91,33	93,33	94,17	94,67	91,33	0,623	5,06
FP	329,17	361,17	326,50	343,83	331,33	0,350	9,64

PMI, peso médio inicial; PC, peso corporal; GP, ganho de peso; CR, consumo de ração; CA, conversão alimentar; VB, viabilidade; FP, fator de produção; ²FP = ((PC x VB) / (CA x idade)) x 100.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 3. Peso relativo de órgãos (%) de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E.

Órgãos	Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
	T1(Basal)	T2	T3	T4	T5		
Intestino	4,34	4,09	4,50	4,33	4,78	0,216	15,11
Bursa	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,435	30,73
Fígado	1,90	1,78	1,92	1,88	1,86	0,628	12,26
Pâncreas	0,18	0,17	0,17	0,16	0,17	0,357	15,43
Baço	0,10	0,08	0,10	0,09	0,10	0,242	20,97
Moela	1,38	1,30	1,33	1,13	1,38	0,206	10,26
Proventrículo	0,28	0,28	0,28	0,31	0,31	0,128	12,50
Coração	0,41	0,42	0,40	0,42	0,42	0,946	12,92

Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 4. Médias de rendimentos (%) de carcaça e partes de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E.

Variáveis	Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
	T1(Basal)	T2	T3	T4	T5		
Carcaça	75,50	74,26	74,59	74,11	74,32	0,365	3,85
Peito	41,02	40,73	41,22	40,52	40,68	0,736	5,22
Coxa	13,78	14,20	13,86	14,10	14,16	0,392	7,09
Sobrecoxa	16,29	16,75	16,82	16,20	16,19	0,167	7,92
Asa	11,50	11,55	11,49	11,96	11,71	0,713	12,37
Dorso	17,67	17,23	17,97	18,47	18,17	0,416	14,17
Gordura Abdominal	1,60	1,50	1,45	1,41	1,47	0,679	33,23

Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 5. Médias de pH, perda de água por cocção (PPC), perda de água por exsudação (PPE) e capacidade de retenção de água (CRA) de peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo níveis de vitamina E.

Variáveis	Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
	T1(Basal)	T2	T3	T4	T5		
pH	5,74	5,68	5,72	5,67	5,70	0,202	3,26
PPC (%)	28,84	27,88	27,51	27,95	27,90	0,310	14,50
PPE (g)	1,67	1,63	1,76	1,74	1,84	0,784	8,30
CRA (%)	25,58	26,85	27,99	26,97	28,47	0,888	11,54

Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. PPC, perda de água por cocção; PPE, perda de água por exsudação; CRA, capacidade de retenção de água.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 6. Valores médios de coloração e força de cisalhamento de peitos de frangos de corte aos 42 dias de idade suplementados com níveis de vitamina E.

Variáveis	Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
	T1(Basal)	T2	T3	T4	T5		
L*	51,52	52,11	51,72	52,14	51,96	0,821	6,99
a*	2,89	3,03	3,13	2,93	2,98	0,981	12,49
b*	6,02	6,61	6,78	6,76	6,17	0,153	22,19
FC (N/mm)	152,33	149,42	149,58	164,94	160,58	0,165	8,23

Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. L*, luminosidade; a*, teor de vermelho; b*, teor de amarelo; FC, força de cisalhamento.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 7. Valores de anticorpos para doença de Gumboro no soro de frangos de corte aos 14, 21 e 42 dias de idade, avaliadas por meio de ensaio imunoenzimático.

Variáveis	Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
	T1(Basal)	T2	T3	T4	T5		
Anticorpo 14d	2,33	2,28	2,50	2,09	2,24	0,263	13,37
Anticorpo 21d	1,97	1,92	1,88	2,08	2,16	0,191	16,07
Anticorpo 42d	3,32	3,27	3,33	3,36	3,31	0,460	3,70

Para a análise de título de anticorpos contra o vírus da Doença de Gumboro, os dados foram transformados para em log₂.

Aos 14 dias de idade todas as aves foram vacinadas através da água de bebida, contra doença de Gumboro, CEVAC®, cepa forte, para estímulo da atividade imune.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 8. Valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) para carne de peito de frango aos 42 dias de idade dos diferentes tratamentos.

Tempo de armazenamento	Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
	T1 (Basal)	T2	T3	T4	T5		
24h	0,235a	0,224ab	0,229ab	0,219b	0,226ab	0,015	4,50
30d	0,432a	0,423ab	0,454a	0,335b	0,424a	0,003	18,06
60d	0,240a	0,223ab	0,205b	0,215ab	0,205b	0,020	12,02
90d	0,232	0,228	0,222	0,216	0,225	0,476	9,85
120d	0,227	0,217	0,221	0,215	0,222	0,580	8,29

^{a,b}Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 9. Valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) para carne de sobrecoxa de frango dos diferentes tratamentos.

Tempo de armazenamento	Tratamentos					Valor de P	CV, %
	T1(Basal)*	T2	T3	T4	T5		
24 horas	0,247b	0,246b	0,246b	0,248b	0,299a	0,000	7,43
30 dias	0,321a	0,305a	0,255b	0,276ab	0,255b	0,002	10,13
60 dias	0,266	0,255	0,238	0,251	0,233	0,060	14,46
90 dias	0,257	0,255	0,244	0,268	0,247	0,032	7,76
120 dias	0,251	0,247	0,204	0,249	0,242	0,141	10,03

^{a,b}Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

Tabela 10. Valores médios de TBARS (mg de malonaldeído/kg da amostra) para plasma sanguíneo de frangos dos diferentes diferentes níveis de vitamina E

Tratamentos ¹					Valor de P	CV, %
T1(Basal)*	T2	T3	T4	T5		
12,845ab	11,085ab	9,045b	13,538ab	15,593a	0,010	35,003

^{a,b}Letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹T1) dietas basais para quatro fases de criação: pré-inicial (PI), inicial (I), crescimento (C) e final (F), que forneceram 35, 31, 28 e 21 UI de vitamina E/kg de ração, respectivamente, conforme recomendação de Rostagno et al. (2011) e, dietas com inclusão de níveis de vitamina E acima do recomendado: T2) 25% (PI), 25% (I), 50% (C) e 100% (F); T3) 50% (PI), 50% (I), 100% (C) e 200% (F); T4) 75% (PI), 75% (I), 150% (C) e 300% (F); e T5) 100% (PI), 100% (I), 200% (C) e 400% (F).

CAPÍTULO III

IMPLICAÇÕES

A utilização de níveis adequados de vitaminas E é importante na indústria de rações, visto o relevante papel que exerce na manutenção da saúde e desenvolvimento das aves.

É necessário se avaliar outros fatores além dos níveis de suplementação, como por exemplo, a digestibilidade dos nutrientes presentes nas dietas, o período de fornecimento e o tempo de administração da suplementação vitamínica nas diferentes fases da vida dos frangos de corte com o intuito de se estabelecer níveis e condições ideais de uso para promover melhora no desempenho, rendimento de carcaça e qualidade de carne.

O entendimento da atuação da vitamina E também é essencial, pois a formulação de dietas com níveis vitamínicos em proporções inadequadas quer seja em excesso ou deficiência, pode criar condições de desbalanceamento vitamínico e interferir negativamente na saúde e nos resultados zootécnicos, de qualidade de carne e na eficiência econômica de toda a cadeia produtiva de carne de frangos de corte.