

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EMANUELLE CRISTINE DOS SANTOS

ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO, NUCLEOTÍDEOS E MICROMINERAIS NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2020

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EMANUELLE CRISTINE DOS SANTOS

ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO, NUCLEOTÍDEOS E MICROMINERAIS NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção Animal, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Co-Orientadora: Prof.^a. Dr.^a. Cinthia Eyng

MARECHAL CÂNDIDO RONDON

2020

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Santos, Emanuelle Cristine

Ácido guanidinoacético, nucleotídeos e microminerais na alimentação de frangos de corte : Microminerais e aditivos alimentares em rações para frangos de corte sobre a prevenção de miopatias / Emanuelle Cristine Santos; orientador(a), Ricardo Vianna Nunes; coorientador(a), Cinthia Eyng, 2020.

65 f.

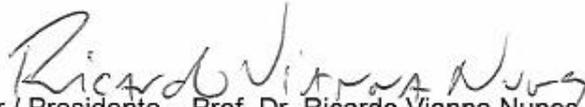
Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus Marechal Cândido Rondon, Centro de Ciências Agrárias, Graduação em Zootecnia Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2020.

1. Avicultura. 2. Miopatia. I. Nunes, Ricardo Vianna . II. Eyng, Cinthia. III. Título.

EMANUELLE CRISTINE DOS SANTOS

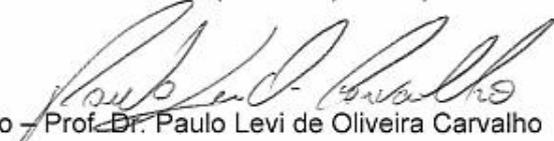
Ácido guanidinoacético, nucleotídeos e microminerais na alimentação de frangos de corte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de “Mestra em Zootecnia”, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, Linha de Pesquisa “Produção e Nutrição de Não-Ruminantes”, APROVADO(A) pela seguinte Banca Examinadora:



Orientador / Presidente – Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon



Membro – Prof. Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho

Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste) - *Campus* de Mal. Cândido Rondon

Membro – Prof. Dr. Paulo Segatto Cella

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - *Campus* Dois Vizinhos (*via* Skype,



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Marçal Cândido Rondon - CNPJ 78880337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Ca. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marçal Cândido Rondon - PR.



PARANÁ
GOVERNO DO ESTADO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – MESTRADO E DOUTORADO
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO ANIMAL
LINHA DE PESQUISA: PRODUÇÃO E NUTRIÇÃO DE NÃO-RUMINANTES

DECLARAÇÃO DE PARTICIPAÇÃO À DISTÂNCIA EM BANCA EXAMINADORA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO NA
UNIOESTE – CAMPUS DE MAL. CÂNDIDO RONDON

Às 14 horas do dia 13/03/2020, participei de forma remota e síncrona com os demais membros que assinam a ata física deste ato público, da Banca Examinadora de Dissertação de **EMANUELLE CRISTINE DOS SANTOS**, discente de Mestrado deste Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Mal. Cândido Rondon, referente ao trabalho intitulado “Ácido guanidinoacético, nucleotídeos e microminerais na alimentação de frangos de corte”.

Considerando o trabalho avaliado, as arguições de todos os membros da banca e as respostas dadas pela candidata, formalizo para fins de registro, por meio deste documento, minha decisão de que a candidata pode ser considerada: **APROVADA**.

Atenciosamente,

Prof. Dr. Paulo Segatto Cella
pccella@hotmail.com
CPF nº 622.486.650-87
Doutor em Zootecnia (2003) pela Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Dois Vizinhos
Estrada Boa Esperança – São Cristóvão – Caixa Postal nº 157
85660-000 – Dois Vizinhos / PR

A toda minha família em especial aos meus pais,

Antonio Pedro dos Santos e Roseli Jusara Schmidt.

A minha vó Senelda Schmidt (in memoriam).

A minha Irma Andressa Caroline dos Santos .

Aos meus padrinhos Ademir Schmidt e Fatima Schmidt.

Aos meus amigos pelo apoio e incentivo durante toda a minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus que me deu o poder da vida, e que permitiu seguir em frente, enfrentando todas as barreiras e os novos desafios.

Aos meus Pais Antonio Pedro dos Santos e Roseli Jusara Schmidt a minha irmã Andressa Meurer, a minha afilhada Camille Meurer e meu cunhado Jean Meurer, por me dar apoio e suporte para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Ao meu Namorado, parceiro de vida, e melhor amigo Franz Dias Gois, que está comigo em todos os momentos, me apoiando e jamais me deixando desistir. Obrigada por tudo!

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pelo espaço e disponibilidade de execução do projeto da minha dissertação.

À meu orientador Prof. Dr. Ricardo Vianna Nunes que merece todo o meu carinho e respeito, pois sempre me acolheu, e é um dos grandes responsáveis pela profissional que me tornei hoje, também por todo apoio, incentivo, cobrança e acima de tudo amizade. À professora Dr^a Cinthia Eyng, pela Co-orientação, por estar sempre disponível para me ajudar e pelas contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Paulo Henrique Morsch, secretário do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UNIOESTE, pela prestatividade, dedicação, disponibilidade e paciência.

Aos funcionários da fazendinha da UNIOESTE pela disponibilidade, disposição e auxílio na realização do experimento.

A professora Dr^a Aline de Marco Viott e aos residentes do Laboratório de Patologia Veterinária da UFPR- Setor Palotina pela disponibilidade, disposição e auxílio.

Aos meus grandes amigos e parceiros que a graduação e o mestrado me trouxeram, Emerson Schmidt, Cleison de Souza, Patricia de Oliveira Nesello Jomara Broch, Vaneila Lenhardt Savaris, Gabriela Glaeser Sangalli, Lucas Wachholz, Nilton Rohloff Junior, Felipe Potenza, Tânia Kohler, Guilherme Tesser, Cleverson de Souza e Karine Isabela Tenório, agradeço imensamente toda a ajuda, ensinamentos e parceria na condução dos experimentos, análises, trabalhos, enfim, todos os momentos.

A todos os colegas e amigos do grupo GEMADA que me auxiliaram nas escalas de trabalho, análises laboratoriais, enfim toda e qualquer ajuda prestada, meu muito obrigado.

A Lérida Fantin de Vargas pela parceria, ensinamentos e oportunidades. Obrigada por tudo!

E a todos aqueles que de alguma maneira, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta conquista.

“Seja você quem for, seja qual for à posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO, NUCLEOTÍDEOS E MICROMINERAIS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Resumo – Pelo fato de o Brasil ser um dos maiores produtores de aves do mundo, requerendo constantemente busca por novas soluções para sua produção, sabendo ainda que o peito deve atender aos padrões de exigência do mercado, considerando que as miopatias provoquem rejeições aos consumidores e que os estudos sobre miopatia ainda não são comprobatórios. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de diferentes minerais (selênio e cromo) e aditivos alimentares (ácido guanidinoacético e nucleotídeos) sobre desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne, composição centesimal e incidência de miopatias peitorais. Foram utilizados 1500 aves, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, totalizando 12 tratamentos e 5 repetições por tratamento. Os tratamentos consistiram em 2 fatores de suplementação, sendo o primeiro da suplementação de microminerais: (I) uma ração controle, (II) ração controle suplementada com 0,25 mg kg⁻¹ de selênio (III) ração controle suplementada com 0,50 mg kg⁻¹ de cromo e (IV) ração controle suplementada com 0,25 mg kg⁻¹ de selênio e 0,50 mg kg⁻¹ de cromo) e outro fator foi a suplementação de aditivos alimentares: (I) sem aditivo, (II) 600 mg kg⁻¹ de ácido guanidínico acético – GAA (III) 1000 mg kg⁻¹ de nucleotídeos. Para a análise estatística o software estatístico SAS® foi utilizado para analisar todas as variáveis paramétricas. Posteriormente foram submetidos à análise de variância, e em caso de diferença $P < 0.05$, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey. Os resultados da avaliação da incidência de miopatias foram submetidos ao teste de Kruskal Wallis, em caso de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo método de Bonferroni a $P < 0.05$. Para os parâmetros bioquímicos do sangue foi observada interação ($P = 0.023$) para a creatinina quinase (CK) aos 42 dias. A quantidade de proteína bruta na carne de peito apresentou interação ($P = 0.009$) entre os aditivos alimentares e os minerais para as aves abatidas aos 42 dias. A perda por cocção (PPC) apresentou interação ($P = 0.028$) aos 42 dias de idade. A coloração da carne aos 42 dias de idade foi observado interação ($P = 0.002$) para o efeito L* 24 horas *pós-mortem*. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mg MDA g⁻¹) na carne de peito de frangos de corte aos 42 dias de idade apresentou interação ($P = 0.002$) entre os tratamentos para oxidação lipídica ao 30º dia do período de armazenamento. Houve interação ($P = 0.006$ e $P = 0.037$), entre os tratamentos para o escore de peito madeira e estrias. Em conclusão, a suplementação de nucleotídeos dietéticos às dietas não afetou o desempenho, rendimento de carcaça e cortes, perfil sanguíneo e qualidade de carne. A suplementação com GAA reduziu a severidade (7.8%) da WB, a incidência dos escores severo (11.1%) e moderado (22.2%) do WS aos 42 dias de idade. Os resultados associados ao WB e

WS sugerem que o GAA como precursor da Creatina pode ter um benefício potencial na redução da gravidade dessas miopatias.

Palavras-chave: Avicultura, Miopatia, White Striping, Wood Breast.

GUANIDINOACETIC ACID, NUCLEOTIDES AND MICROMINERALS IN THE FEED OF BROILERS

Abstract- Due to the fact that Brazil is one of the largest poultry producers in the world, constantly requiring search for new solutions for their production, also knowing that the breast must meet the requirements of the market, considering that myopathies cause rejections to consumers and that studies on myopathy are not yet confirmed. Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of supplementation of different minerals (selenium and chromium) and food additives (guanidinoacetic acid and nucleotides) on performance, blood parameters, carcass and cut yield, meat quality, proximate composition and incidence of pectoral myopathies. A total of 1500 broilers were used, distributed in a completely randomized design in a 4 x 3 factorial scheme, totaling 12 treatments and 5 replications per treatment. , (II) control diet supplemented with 0.25 mg kg⁻¹ selenium (III) control diet supplemented with 0.50 mg kg⁻¹ of chromium and (IV) control diet supplemented with 0.25 mg kg⁻¹ of selenium and 0.50 mg kg⁻¹ of chromium) and another factor was the supplementation of food additives: (I) without additive, (II) 600 mg kg⁻¹ of acetic guanidinic acid - GAA (III) 1000 mg kg⁻¹ of nucleotides. At 10, 28 and 42 days of age, broilers weight and feed intake were recorded for performance evaluation, and blood was collected from two birds per UE for assessment of blood parameters. For carcass yield, cuts and meat quality, two poultry were slaughtered per EU at 42 days of age. Subsequently, they were submitted to analysis of variance, and in case of difference $P < 0.05$, the means were compared using the Tukey test. The results of the evaluation of the incidence of myopathies were submitted to the Kruskal Wallis test, in case of significant difference, the means were compared by the Bonferroni method at $P < 0.05$. For blood biochemical parameters, interaction ($P = 0.023$) for creatinine kinase (CK) was observed at 42 days. The amount of crude protein in breast meat showed an interaction ($P = 0.009$) between food additives and minerals for birds slaughtered at 42 days. Cooking loss (PPC) showed an interaction ($P = 0.028$) at 42 days of age. Meat color at 42 days of age was observed interaction ($P = 0.002$) for the L * effect 24 hours post-mortem. Substances reactive to thiobarbituric acid (TBARS, mg MDA g⁻¹) in broiler breast meat at 42 days of age showed an interaction ($P = 0.002$) between treatments for lipid oxidation at the 30th day of the storage period. There was an interaction ($P = 0.006$ and $P = 0.037$) between treatments for the wood chest score and stretch marks. In conclusion, supplementation of dietary nucleotides to diets did not affect performance, carcass and cut yield, blood profile and meat quality. Supplementation with GAA reduced the severity (7.8%) of WB, the incidence of severe (11.1%) and moderate (22.2%) WS scores at 42 days of age. The results associated with WB and WS suggest that GAA as a precursor to Creatine may have a potential benefit in reducing the severity of these myopathies

Keywords: Poultry, Myopathy, White Striping, Wood Breast.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I	Página
Tabela 1. Composição percentual e valores calculados das dietas fornecidas no período experimental de 0 a 42 dias.....	55
Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	56
Tabela 3. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	57
Tabela 4. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre a creatina quinase (CK) de frangos de corte.....	57
Tabela 5. Contagem diferencial leucocitária (Esfregaço Sanguíneo) de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	58
Tabela 6. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	59
Tabela 7. Determinação de Colágeno em frangos de corte de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	60
Tabela 8. Composição química corporal de frangos de corte de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	61
Tabela 9. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre a proteína na carne de peito de frangos de corte.....	61
Tabela 10. Qualidade da carne do peito de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	62
Tabela 11. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre perda de peso por cocção (PPC) na carne de peito de frangos de corte.....	62

Tabela 12. Coloração da carne do peito de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	63
Tabela 13. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre a L* na carne de peito de frangos de corte.....	63
Tabela 14. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mg MDA g ⁻¹) na carne de peito de frangos de corte aos 42 dias de idade de alimentados com diferentes níveis de inclusão de de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos em diferentes períodos de armazenamento.....	64
Tabela 15. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mg MDA g ⁻¹) na carne de peito de frangos de corte.....	64
Tabela 16. Média dos escores do <i>Wooden Breast</i> , <i>White Striping</i> em peitos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.....	65
Tabela 17. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre <i>White Striping</i> na carne de peito de frangos de corte.....	65

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO.....	16
2.1 Estrutura muscular.....	16
3. MIOPATIA EM FRANGOS DE CORTE	18
3.1 Miopatias	16
3.2 White Striping (WS, Estrias brancas).....	17
3.3 Wooden Breast (WB, Peito Amadeirado)	18
4. MICROMINERAIS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE.....	20
4.1 Microminerais	20
4.2 Cromo	20
4.3 Selênio	21
5. ADITIVOS NUTRICIONAIS	23
5.1 Ácido guanidinoacético - GAA.....	23
5.2 Nucleotídeo	25
6. REFERÊNCIAS	26
Ácido guanidinoacético, nucleotídeos e microminerais na alimentação de frangos de corte.	32
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E METODOS	36
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS.....	48

1. INTRODUÇÃO

A avicultura mundial cresceu e evoluiu nas últimas décadas, especialmente devido a sua intensa produtividade e avanços e aplicações de diversas tecnologias, com destaque para as áreas de genética, nutrição, sanidade e manejo. Esses avanços, de modo geral, têm permitido reduzir custos e melhorar a produtividade, com o intuito de manter o destaque do país na competitividade em nível mundial (BARBOSA et al., 2012).

Neste sentido, existe uma tendência para comercialização de frangos com a *Pectoralis Major* (músculo peitoral) mais desenvolvido. O peito de frango é uma das partes da ave que tem larga utilização no mundo inteiro, seja para consumo direto, seja para processamento, além de ser uma tendência relacionada com alimento nutricionalmente saudável (PETRACCI et al., 2014). A tecnologia avícola para obter maior peso do peito das aves em um curto período de tempo acaba causando vários problemas de qualidade da carne (KUTTAPPAN et al., 2012)

O peito deve atender aos padrões de apresentação do mercado de alta exigência e qualidade. Entretanto, as plantas de processamento têm relatado um número crescente de peito de frango com elevada incidência de anormalidades, provocando a desclassificação, condenação e conseqüentemente perdas econômicas para a indústria avícola, pois os defeitos deletérios nas fibras musculares (miopatias) provocam uma rejeição dos consumidores.

Considerando que as miopatias não apresentam risco a saúde pública, mas sim prejuízo das características visuais da qualidade do produto, foram definidos com base no Ofício – Circular nº 17/2019/CGI/DIPOA/SDA/MAPA, critérios de seleção, bem como destinação dos diferentes escores, buscando maior aproveitamento de produto no processo. Sendo assim o grau leve é destinado para mercado interno e externo, grau moderado será destinado a produção de industrializados(formados) e o grau severo será de descarte imediato.

Dentre as principais miopatias, a estria branca (White Striping, WS), é caracterizada pela presença de linhas brancas intramusculares no sentido paralelo às fibras musculares do peito e das coxas. Estudos demonstram uma correlação entre o aumento na taxa de crescimento das aves e a ocorrência de miopatias que afetam principalmente o músculo do peito. Assim, tem sido freqüente o surgimento de estrias brancas longitudinais na musculatura peitoral de frangos de corte

Caracterizado por áreas pálidas e com rigidez aumentada do músculo do peito tipicamente na parte proximal do filé temos o peito madeira (Wooden Breast, WB). Esta anormalidade causa no peito de frango a formação de fibras com textura firme e resistente à compressão, e em casos graves observa-se a presença de fluído amarelado com ou sem lesões multifocais petéquiais na superfície (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016). As duas miopatias são reportadas lesões histológicas

sobrepostas do músculo, principalmente miodegeneração e necrose, fibrose e lipidose (DE BROT et al., 2016).

Diante disso, diversas soluções nutricionais têm sido propostas para minimizar e tentar solucionar essas miopatias e anormalidades na qualidade da carne ou seja, a estratégia é utilizar ferramentas que nos auxiliam a reduzir a incidência e minimizar as perdas econômicas.

O uso de microminerais, como o selênio e cromo, podem ser uma alternativa pois apresentam efeitos benéficos aos processos metabólicos e enzimáticos, absorção e transporte de nutrientes, redução do estresse oxidativo e melhora da resposta imunológica e do crescimento.

Inclui-se também alguns aditivos alimentares como o ácido guanidinoacético (GAA), que é um precursor natural da creatina, e pode ser utilizado como aditivo preventivo das miopatias, pois este está relacionado com o metabolismo energético, sendo fundamental para frangos de rápido crescimento para regenerar os níveis de creatina no músculo em crescimento. Os nucleotídeos, unidades básicas de ácidos nucléicos (DNA e RNA) compostos por bases nitrogenadas (purina e pirimidina), pentoses e grupos fosfatos, também podem ser uma alternativa, auxiliando na divisão celular, crescimento da célula, modulação do sistema imunológico e na manutenção da saúde intestinal (VOET e VOET, 2004).

Pelo fato de o Brasil ser um dos maiores produtores de aves do mundo, requerendo constantemente busca por novas soluções para sua produção, sabendo ainda que o peito deve atender aos padrões de exigência do mercado, considerando que as miopatias provoquem rejeições aos consumidores e que os estudos sobre miopatia ainda não são comprobatórios. Baseado nestas informações hipotetiza-se que a inclusão de minerais e aditivos alimentares na dieta de frango de corte é capaz de atuar e melhorar alguns parâmetros como desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne, composição centesimal, incidência de miopatias peitorais e lesões cutâneas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de diferentes minerais (selênio e cromo) e aditivos alimentares (ácido guanidinoacético e nucleotídeos) sobre desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne, composição centesimal, incidência de miopatias peitorais e lesões cutâneas.

2. REVISÃO

Iram ser encontrados quais os tipos de miopatias mais afetam a qualidade da carne, e causam grandes prejuízos aos abatedouros, e as suas possíveis causas.

2.1 Estrutura muscular

O músculo esquelético é formado por feixes de células longas (fibras musculares), cilíndricas e multinucleadas com diâmetro de 10 a 100 μm , chamadas fibras musculares esqueléticas. Num músculo, as fibras musculares estão organizadas em feixes e são envolvidas por uma membrana externa de tecido conjuntivo chamado epimísio, envolvendo todo o músculo. Septos finos de tecido conjuntivo partem do epimísio, esses septos são chamados de perimísio (Figura 1) que agrupam um feixe de fibras musculares. Cada fibra muscular por sua vez, é envolvida por uma camada muito fina de fibras reticulares, formando o endomísio (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002; MADEIRA, 2005). O tecido conectivo intramuscular, representado pelo perimísio e endomísio, mantém a integridade da fibra muscular e é composta por colágeno, proteoglicanos e glicoproteínas (PETRACCI; CAVANI, 2012).

Nas aves, podem ser encontrados três tipos de fibras musculares de acordo com suas características metabólicas e contráteis: tipo I – de contração lenta e oxidativa, possuindo numerosas mitocôndrias e pigmento mioglobina em abundância e são bem vascularizadas, o que lhes confere a cor vermelha; tipo IIA – de contração rápida, com metabolismo energético oxidativo e glicolítico, com numerosas mitocôndrias e muita mioglobina, alta vascularização e resistentes à fadiga; e tipo IIB – de contração rápida e glicolítica, com poucas mitocôndrias e mioglobina, e pouca vascularização, além de serem facilmente fatigáveis e acumularem facilmente o ácido láctico (MADEIRA, 2005). O músculo peitoral apresenta fibras tipo IIA e IIB, e o músculo da coxa e sobrecoxa os tipos I e II (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

Pode ser ter variações das fibras musculares e essas estão relacionadas a vários fatores que interferem no desenvolvimento muscular nos períodos pré-natal e pós-natal (DAUNCEY e GILMOUR, 1996). Entre estes fatores podemos citar: fatores intrínsecos (genética, fatores reguladores de crescimento, ativadores de transcrição, status endócrino e proteinases musculares), fatores ambientais (dieta e temperatura ambiente), atividade motora, agentes repartidores de nutrientes, idade, sexo, doenças, tipo de músculo e localização das fibras no músculo (GONZALES e SARTORI, 2002).

Desde 1975 até 2005, o crescimento muscular em frangos aumentou 400%, com redução de 50% na taxa de conversão alimentar e redução de idade para 42 dias (ZUIDHOF et al., 2014). A

evolução genética de frangos nesta última década levou à hipertrofia das fibras musculares e alterações das funções estruturais, funcionais e características metabólicas das fibras que compõem os tecidos musculares de frangos de rápido crescimento (CRUZ et al., 2017b; PETRACCI; CAVANI, 2012). Este aumento no tamanho das células musculares e na taxa de crescimento levou ao aparecimento de várias miopatias causando lesões nas fibras musculares e tecidos conectivos (Figura 1) (BALDI et al., 2018; SOGLIA et al., 2016).

O elevado metabolismo e a redução do espaço entre as fibras musculares restringem o suprimento de sangue para os músculos e como consequência do baixo nível de oxigênio, células musculares morrem devido a hipóxia (MUTRYN et al., 2015; THIRUVENKADAN; PRABAKARAN; PANNEERSELVAM, 2011).

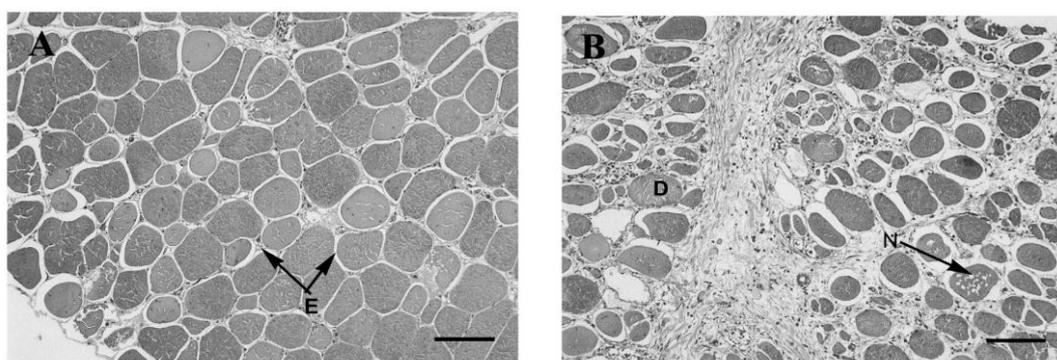


Figura 1. Estrutura morfológica do tecido muscular do peito (*pectoralis major*) normal (A) e com Peito Madeira (B). Legendas na figura: E: espaços do tecido conectivo endomysial; D: degeneração da fibra muscular; N: necrose da fibra (VELLEMAN; CLARK, 2015b)

A fibrose (Figura 2) é uma seqüela comum do reparo muscular em condições hipóxicas, pois a ocorrência de fibrose tem como objetivo substituir o tecido muscular perdido por colágeno e fibrócitos (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014; MUTRYN et al., 2015).

O estresse oxidativo promove o aumento de espécies reativas de oxigênio que impacta e regula as vias de sinalização celular que são críticas na expressão gênica e na remodelação e adaptação do músculo esquelético (ESTÉVEZ, 2015).

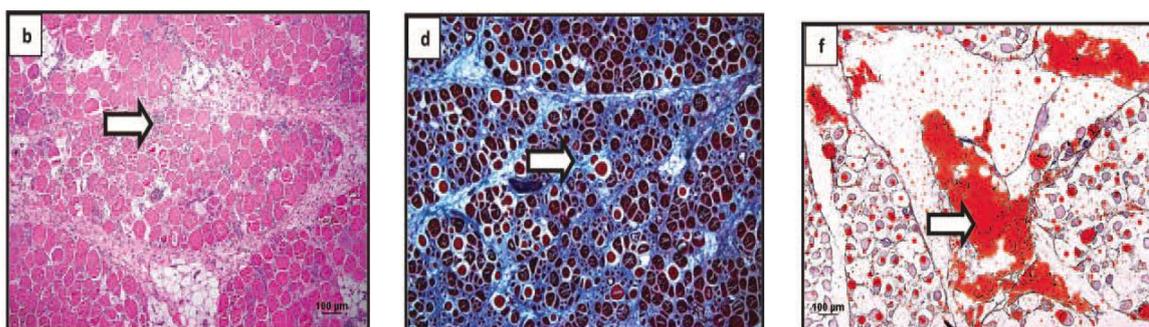


Figura 2. Micrografias de exames histopatológicos de lesões miopáticas do tecido muscular do peito (*pectoralis major*) com fibrose (b), lipidose (d) e degeneração da fibra com infiltração e inflamação celular (f) (KUTTAPPAN et al., 2013a).

3. MIOPATIAS EM FRANGO DE CORTE

Em frangos de corte, as lesões cutâneas vêm adquirindo importância crescente, em função do impacto econômico negativo devido aos danos causados na pele, mortalidade e suscetibilidade a outros patógenos microbianos (HEIDARI et al., 2016; LIGHTY et al., 2016). Os prejuízos econômicos causados por essas lesões não decorrem somente nas perdas (descarte da parte com as lesões), mas também, da redução no valor do produto final, do aumento no custo da mão de obra, da diminuição na velocidade de processamento e dos gastos com limpeza e desinfecção das instalações (FALLAVENA et al., 2000; JÚNIOR et al., 2009).

Os fatores que influem no aparecimento frequente de lesões cutâneas nos frangos de corte podem ser classificados em genéticos, de manejo e imunossupresores (ONDERKA et al., 1997; JÚNIOR et al., 2009). As lesões na pele podem ocorrer por diversos motivos como: aumento no desempenho, velocidade no empenamento, redução dos movimentos permanecendo mais tempo em contato com a cama, densidade populacional elevada, restrição alimentar, temperatura ambiente, programa de iluminação e de restrição alimentar, além da ventilação inadequada ou aquecimento insuficiente (OLIVEIRA et al., 2016).

Com relação à nutrição, rações em que a relação energia e proteína é alta ou que apresentam deficiência de aminoácidos ou de vitaminas, podem ser prejudiciais em função do aumento na ocorrência de lesões cutâneas (JÚNIOR et al., 2009). A pele, por representar uma barreira física entre o corpo e o meio ambiente, está constantemente em contato com agentes infecciosos, e o perfeito funcionamento do sistema imunológico é muito importante para manutenção da integridade da pele (SHIVAPRASAD, 2016).

3.1 Miopatias

Miopatia é qualquer alteração na normalidade do tecido muscular, e um dos primeiros relatos relacionado em aves foi observado em 1975. A miopatia no músculo *Pectoralis major*, geralmente avaliada como desintegração ou desprendimento das fibras musculares, é considerada pela indústria avícola como um dos problemas emergentes que afeta a qualidade da carne de peito em frangos de corte (CALASANS, 2017; MONTAGNA, 2017).

Vários tipos de miopatias de origem histopatológica e hereditárias são conhecidos em frangos de corte, por exemplo, distrofia muscular, miopatia nutricional, miopatia peitoral profunda, miopatia tóxica (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014), e a miopatia dorsal cranial que ocorre na região

dorsal (ZANETTI et al., 2018). Estas miopatias têm início na porção medial do músculo supracorácoide (peitoral profundo), que se apresenta necrótica, seca, de coloração rosada ou esverdeada e com características histológicas de necrose isquêmica, traduzidas por degeneração discóide, ausência de núcleo sarcolemal, eosinofilia das fibras atingidas, infiltrado lipídico e fibrose (ZIMERMANN, 2008).

Recentemente algumas miopatias estão chamando a atenção global de produtores de carne de frango (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016) e a incidência de dois tipos principais em frangos de alto desempenho pode causar rejeição sensorial do pectoralis major (*PM*) pelos consumidores e conseqüentes impactos econômicos negativos (ZANETTI et al., 2018), elas são o Peito Madeira e as Estrias brancas.

Nestas duas miopatias são reportadas lesões histológicas sobrepostas do músculo, principalmente miodegeneração e necrose (VELLEMAN; CLARK, 2015), infiltração de linfócitos e macrófagos, fibrose, lipidose e alterações regenerativas (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014a). Não está claro se o WB e a WS compartilham a mesma etiologia, no entanto, pesquisas sugerem que fatores como hipóxia localizada, estresse oxidativo, elevada concentração de cálcio intramuscular e comutação do tipo de fibra muscular (SIHVO et al., 2017), associados às modernas linhagens de frangos de rápido crescimento, podem estar relacionados à ocorrência destas duas miopatias (ABASHT et al., 2016).

3.2 White Striping (WS, Estrias brancas)

A estria branca (WS, do inglês *white striping*), (Figura 5), é caracterizada pela presença de linhas brancas (tecido adiposo em excesso ou de gordura acumulada ao longo das fibras) intramusculares no sentido paralelo às fibras musculares do peito e das coxas, isso ocorre devido a degeneração das fibras do músculo e o tamanho das estrias pode variar de 0,5 a 3mm de largura (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014).

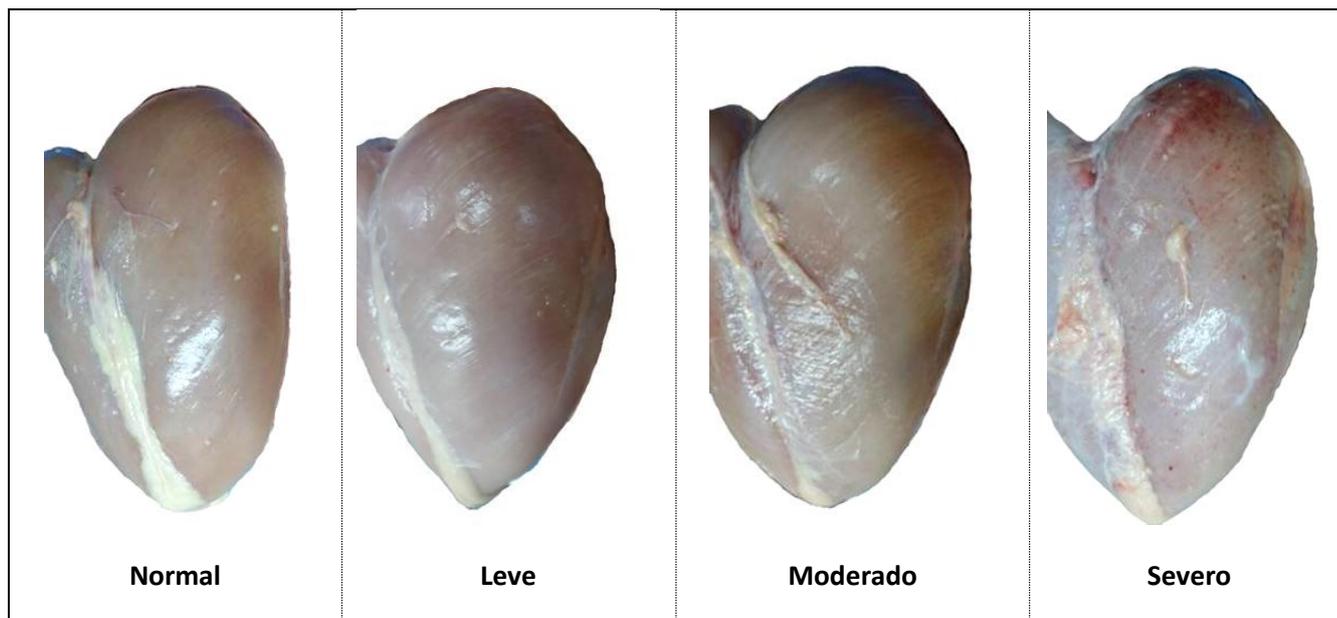


Figura 5– Graus de incidência de estria branca (WS) em peito de frangos de corte com 42 dias de idade: Normal (sem estrias), Leve (estrias finas com menos de 1 mm de espessura), Moderado (estrias espessas com mais de 1 mm de espessura) e Severo (presença excessiva de estrias, lipidose e fibrose).Arquivo Pessoal.

As principais lesões histopatológicas presentes na WS incluem miodegeneração e regeneração muscular, fibrose e lipidose (BALDI et al., 2018a). A percepção sensorial de um grande depósito de gordura no peito de frango com WS causa rejeição pelos consumidores (TIJARE et al., 2016).

As causas para a incidência da WS em frango não foram totalmente esclarecidas (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016). A ocorrência de estrias brancas devido a danos musculares e mudanças miopáticas estão fortemente associadas ao aumento na taxa de crescimento das aves (PETRACCI et al., 2015), e o conseqüente aumento no peso do músculo do peito (KUTTAPPAN et al., 2012d). Em um músculo esquelético normal as fibras mostram um perfil poligonal regular, com forma e tamanho habitual nos espaços do endomísio e perimísio. Por outro lado, o músculo afetado por WS apresenta abundante infiltração de tecido adiposo endomisial e perimisial. As principais características histológicas associadas à ocorrência de WS são a internalização nuclear, perda de estrias transversais, degeneração vacuolar, hialinose intracelular, necrose e lise das fibras, infiltração de células inflamatórias, área transversal variável (fibras em degeneração e regeneração), lipidose e fibrose (BALDI et al., 2018b).

3.3 Wooden Breast (WB, Peito Amadeirado)

O peito madeira (WB, do inglês *wooden breast*), (Figura 6), afeta a aparência do peito de frango (ABASHT et al., 2016) e reduz a funcionalidade das proteínas musculares (SOGLIA et al., 2016a). Esta anormalidade causa no peito de frango a formação de fibras com textura firme e resistente à compressão em vários níveis, e em casos graves observa-se uma proeminente saliência na

região caudal do peito coberta com fluido claro e viscoso, com ou sem lesões multifocais petéquiais na superfície (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016). A fibrose muscular está presente no WB (VELLEMAN; CLARK, 2015), que pode variar entre as diferentes linhagens, e pode ser encontrado lipídose e fibrose crônica em peito com lesões de WB e WS, simultaneamente (DE BROT et al., 2016).

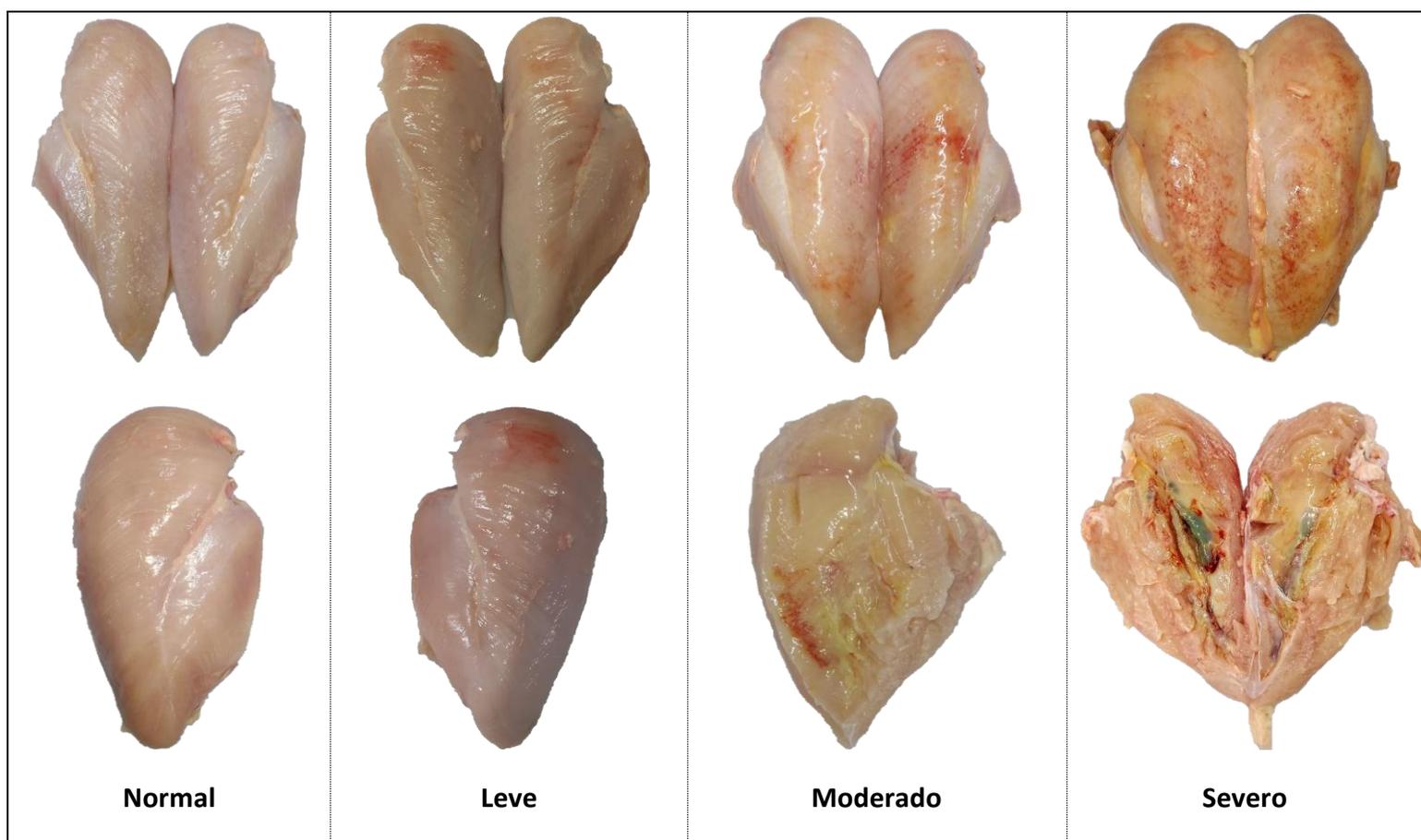


Figura 6– Graus de severidade de peito madeira (WB) em peito de frangos de corte com 42 dias de idade: Normal (sem lesões miopática), Leve (menos de 40% de lesões no tecido na região caudal e cranial do peito), Moderado (com 40% a 80% de lesões no tecido na região caudal e cranial do peito) e Severo (mais de 80% de lesões distribuídas no tecido com presença de hemorragias e exsudato, na região caudal e cranial do peito). Arquivo Pessoal.

As lesões causadas pelo WB, podem ser detectadas clinicamente nas aves vivas a partir da terceira semana de idade, através da palpação manual do músculo do peito dos animais (MUTRYN et al., 2015).

O peito que apresenta o WB, possui alterações na qualidade como a redução da capacidade de retenção de água modificação na textura (MAZZONI et al., 2015; TASONIERO et al., 2016) e mudanças na composição centesimal (MUDALAL et al., 2014; SOGLIA et al., 2015). As mudanças ocasionadas pelo WB não alteram somente o destino e processamento da carne, mas também a qualidade final da mesma (MUDALAL et al., 2015).

O grau de ocorrência e severidade do WB no peito de frango também está relacionado com o aumento do peso vivo e a taxa de crescimento (CRUZ et al., 2017). Geralmente observa-se nas fibras musculares um perfil poligonal anormal com áreas difusas de dureza na superfície do *pectoralis major* (SOGLIA et al., 2016), e lesões miopáticas degenerativas profundas juntamente com a mudança do músculo danificado por adipócitos e fibrose do tecido muscular (DE BROT et al., 2016). Da mesma forma que a estria branca, a origem desta miopatia não está totalmente esclarecida (SIHVO et al., 2017). A presença de estresse oxidativo e seus efeitos degenerativos no músculo esquelético (ABASHT et al., 2016), e condições hipóxicas no músculo que tendem a estimular a proliferação de células satélites, importante para a regeneração do músculo esquelético (MUTRYN et al., 2015).

4. MICROMINERAIS NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

4.1 Microminerais

Para se obter uma boa nutrição, é necessário que o animal receba quantidades adequadas de nutrientes, incluindo-se os minerais, a fim de evitar o comprometimento da sua saúde e do seu desempenho produtivo. Os microminerais (ferro, zinco, cobre, manganês, níquel, cobalto, molibdênio, selênio, cromo, iodo, flúor, estanho, sílica, vanádio e arsênico) são considerados de grande importância na alimentação das aves, pois participam de uma série de processos bioquímicos, essenciais ao crescimento e desenvolvimento, destacando a formação óssea (BRITO et al., 2006), frente a isso pode-se encontrar os minerais em duas formas, orgânica e inorgânica.

Quando um mineral é nutricionalmente inorgânico, significa que não possui molécula orgânica (à base de carbono). Quando um mineral é nutricionalmente orgânico, significa que ele é quelatado ou ligado a moléculas orgânicas, como um aminoácido. A forma quelatada de um mineral significa que ele pode ser absorvido mais rapidamente pelo organismo e, portanto, está disponível para o corpo usar.

Por muitos anos, minerais originários de minerais inorgânicos foram usadas para atender aos requisitos minerais das aves, no entanto sua biodisponibilidade é baixa, o que resulta em perdas durante o processo de absorção que comprometem o desempenho do animal (CARVALHO et al., 2016).

4.2 Cromo

A qualidade de carne de frangos está relacionada com o teor de gordura e miopatias presente na carcaça, sendo que a síntese de gordura é bem mais dispendiosa do que a do tecido muscular. Os

meios utilizados para reduzir a gordura na carcaça e da miopatia de frangos são o melhoramento genético, nutrição, bem estar animal, manejo, níveis de fontes de energia e a utilização de alguns suplementos e aditivos. Entre os suplementos, tem se dado grande destaque ao cromo trivalente (Cr^{+3}), que é reconhecido com o um elemento traço essencial exigido no metabolismo dos carboidratos, proteínas, lipídeos e como componente ativo do fator de tolerância à glicose (GTF) (MERTZ, 1992).

Em aves, a suplementação dietética de cromo complexado (Cr^{+3}) resulta em melhora da velocidade de crescimento, eficiência alimentar, rendimento de carne e qualidade de carcaça com reduzida quantidade de gordura (GURSOY, 2000).

O cromo é reconhecido atualmente como um elemento traço essencial no metabolismo de carboidratos e lipídeos, sendo que sua função está relacionada com o mecanismo de ação da insulina (VICENT, 2000). Contudo, por agir estimulando a sensibilidade à insulina, o cromo pode influenciar também no metabolismo proteico, promovendo maior estímulo da captação de aminoácidos e, conseqüentemente, aumentando a síntese proteica (CLARKSON, 1997).

A utilização do cromo na alimentação de frangos de corte pode trazer benefícios à alimentação humana e ao próprio animal. O enriquecimento da carne pode ser uma fonte de cromo de modo a atender as recomendações de ingestão deste micromineral. O cromo minimiza o estresse, reduzindo os níveis dos glicocorticóides, melhorando assim, o desempenho, a qualidade da carne e resistência à patógenos (MOHAMED & AFIFI, 2001).

As exigências do cromo para os animais são decorrentes dos fatores que geralmente são descritos como estressores, tal como fadiga, traumas e vários outros efeitos, tais como nutricionais (dietas ricas em glicose), metabólicos, físicos, ambientais e também distúrbios emocionais (BURTON, 1995). Durante o estresse, ocorre o aumento da secreção de cortisol que atua sobre o antagonismo da insulina, através do aumento da concentração da glicose plasmática e reduz a utilização da glicose nos tecidos periféricos, especialmente músculos e gorduras. O aumento da glicose no sangue estimula a mobilização das reservas de cromo que são inversamente excretadas através da urina (MERTZ, 1992), e todos os fatores que podem induzir o estresse aumentam a excreção do cromo via urina. A explicação disso é que todos os fatores que favorecem a preservação de altos níveis de glicose no sangue ou, geralmente, alta insulina, criam condições de predisposição para iniciar a deficiência de cromo (ANDERSON et al., 1990).

4.3 Selênio

O Se é um micronutriente essencial para o crescimento e manutenção da ave. O mesmo possui

diversas funções dentre as quais a regulação da atividade da glutathione peroxidase(GSH-Px), dos hormônios da tireóide e prostaglandinas; aumenta a eficiência da vitamina E; melhora a atuação do sistema imune; suporta funções reprodutivas; e protege contra metais pesados (CHOCT et. Al., 2004).

A forma mais comum de suplementação de Se é o selenito de sódio, forma inorgânica. Já a forma orgânica de suplementação de Se é produzida a partir de uma cultura de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) enriquecida com Se inorgânico. Este processo leva a incorporação de Se ao invés do enxofre na metionina ou cisteína formando selenocisteína ou selenometionina (RUTZ et al., 2005).

A selenometionina é absorvida do trato digestivo por um mecanismo ativo de transporte similar ao da metionina enquanto que o selenito não é transportado ativamente (LEESON & SUMMERS, 2001) aumentando a taxa de absorção do Se.

A enzima glutathione peroxidase(GSH-Px) protege os lipídios das membranas e outros constituintes celulares contra a lesão oxidativa através do desdobramento do peróxido de hidrogênio e dos hidroperóxidos dos ácidos graxos (JOKIĆ et al. 2009). O selenito de sódio, forma inorgânica de Se, é mais prontamente disponível para formar a selenocisteína e compor a GSH-Px do que a selenometionina. Entretanto, na forma orgânica como selenometionina, o Se pode ser armazenado e, portanto, pode ser utilizado para sintetizar selenoproteínas como a GSH-Px em períodos de estresse intenso prevenindo os distúrbios que seriam causados pelo excesso de radicais livres produzidos nestas situações (SURAI, 2002).

A produção contínua de espécies reativas de oxigênio (ERO) ou radicais livres durante os processos metabólicos culmina na maior exigência dos sistemas de defesa antioxidante. Apesar da geração de radicais se constituir em fenômeno fisiológico, cumprindo funções biológicas relevantes como mediadores para a transferência de elétrons nas várias reações bioquímicas, a produção excessiva pode conduzir a danos oxidativos (AKBARIAN et al. 2016).

Quando há sobrecarga do mecanismo antioxidante, gera-se uma condição denominada estresse oxidativo. Nessas condições os radicais provocam danos nas membranas celulares através da peroxidação de ácidos graxos insaturados dos fosfolipídios, além de gerar danos a proteínas e ao DNA, provocando diversas alterações na função celular e, portanto, tecidual (RORIG. A. 2017)

O intenso crescimento muscular das linhagens atuais de frangos de corte exige uma intensa demanda energética com concomitante aumento no consumo de oxigênio, que somado a ativação de vias metabólicas específicas para o crescimento muscular, contribui com a formação excessiva de radicais livres. Durante o metabolismo celular aeróbico, o oxigênio sofre redução resultando na formação de água e formação de ERO. A redução completa do oxigênio ocorre na mitocôndria onde

há neutralização das ERO pelo sistema antioxidante celular, como a glutatona (AKBARIAN et al. 2016).

A deficiência de Se pode levar a necrose hepática, redução da quantidade de proteínas, diátese exsudativa, redução na secreção de enzimas digestivas, além de reduzir o crescimento (MOREIRA et al., 2001).

A distrofia muscular ocorre em frangos, patos e perus especialmente quando a deficiência de selênio associado a vitamina E é acompanhada da deficiência de aminoácidos sulfurados. Em frangos o músculo do peito é o mais afetado com lesão, que é caracterizada pela presença de estrias brancas. A quarta semana de vida é a idade mais comum de ocorrência. Em patos, a lesão é comumente encontrada em vários músculos. Microscopicamente, observa-se degeneração hialina das fibras, regeneração e fibrose. Severa degeneração da musculatura da moela e cardíaca também ocorre em frangos e especialmente em perus (AUSTIC e SCOTT, 1991).

5. ADITIVOS NUTRICIONAIS

Com base na Instrução Normativa 15/2009/MAPA, aditivos nutricionais para produtos destinados à alimentação animal pode ser substância, microorganismo ou um produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano.

5.1 Ácido guanidinoacético - GAA

A creatina é sintetizada a partir do ácido guanidinoacético (GAA) no fígado e rim das aves, que é sintetizado a partir da arginina e glicina (ABUDABOS et al., 2014). Metabolicamente, a creatina tem habilidade de ressintetizar adenosina tri-fosfato (ATP), isto é, fornecer energia quando ocorre intensa síntese de proteína muscular. Ao perder seu grupamento fosfato, a creatina libera energia que é utilizada para regenerar a adenosina difosfato (ADP) e fosfato inorgânico em ATP, isto é, fornece energia para a ressíntese do ATP (MAIER, 2018).

O uso de creatina, ou o seu precursor GAA, pode preservar a arginina na dieta dos pintainhos (BAKER, 2009). Neste sentido, a suplementação de GAA (600 a 1200 mg⁻¹kg) na ração melhora o ganho de peso e conversão alimentar do frango (MICHIELS et al., 2012). Dosagem de GAA não superior a 600 - 800 mg⁻¹kg de ração, pode ser considerado como um aditivo alimentar eficaz e seguro para frangos e melhorar as características de desempenho (OSTOJIC, 2016).

A suplementação de GAA na dieta de frangos de rápido crescimento melhora o desempenho das aves expostas ao estresse térmico pelo calor (ESSER et al., 2017), o efeito antioxidante expostos ao estresse térmico pelo frio (NASIROLESLAMI et al., 2018), e o crescimento e desenvolvimento muscular com elevado requerimento de energia (AHMADIPOUR; KHAJALI; SHARIFI, 2018).

Compostos guanidínicos são capazes de regular a homeostase e a captação muscular de glicose e a suplementação com GAA pode ser particularmente importante em dietas de frangos de corte devido à grande demanda de energia para o crescimento e o desenvolvimento muscular (MAIER, 2018).

O GAA é considerado um aditivo alimentar, mais eficiente, pois possui uma estabilidade maior que a Crea e como é um precursor imediato desta, ele deve poupar a Arginina e Glycina da dieta da mesma maneira que a Crea (BAKER, 2009).

Trabalhos demonstram que a suplementação com GAA pode aumentar a concentração de Crea, ATP e PCrea no músculo (TOSSENBERGER et al., 2016; YAZDI et al., 2017; DeGROOT et al., 2018) e a relação de PCrea/ATP na carne de peito de frangos e perus (LEMME et al., 2007; LEMME et al., 2010; MICHIELS et al., 2012; YAZDI et al., 2017). Confirmando não apenas a transformação, mas também o impacto fisiológico, já que a relação mencionada indica o status do metabolismo energético. Inúmeros processos bioquímicos que requerem energia na forma de ATP, como motilidade celular, homeostase iônica, contrações musculares, sofrem uma melhora com o aumento dessa relação (WALLIMANN et al., 2007).

Em trabalho realizado por Ringel et al. (2008), os autores concluíram que o GAA apresenta propriedades promotoras sobre o desempenho e a eficiência alimentar, quando esse é adicionado nas dietas exclusivamente a base de ingredientes vegetais. Ainda, em dietas iniciais, atendendo as necessidades de Arg, observaram que em dietas a base de milho e soja, a suplementação com GAA contribuiu significativamente com o melhor desempenho produtivo.

Ao avaliar os níveis de GAA de 0,02, 0,04 e 0,06%, Lemme et al. (2007) observaram acréscimo nas concentrações da Crea muscular dos frangos e uma redução mais branda no pH *post-mortem*, associando os resultados a uma melhora no metabolismo energético.

O GAA tem demonstrando potencial como aditivo para a nutrição de frangos de corte. Pesquisadores têm encontrado resultados com a sua suplementação, nos índices zootécnicos, rendimento de carcaça e na bioenergética celular. Podendo essa suplementação ser relativamente importante para frangos de corte de rápido crescimento inicial devido à grande necessidade de fornecer a Crea para os músculos em crescimento (BROSNAN et al., 2009) e no tamponamento das quantidades de ATP a partir da PCrea nas fibra muscular cardíaca de frangos dessas linhagens (NAIN et al., 2008).

Contudo, é preciso avaliar os efeitos metabólicos no organismo, devido a metilação do GAA à Crea aumentar consideravelmente a demanda por grupo metil (STEAD et al., 2006), o que pode acarretar o acúmulo de homocisteína (SETOUE et al., 2008). Já que elevados níveis de homocisteína nos tecidos têm demonstrado induzir à formação de espécies reativas de oxigênio (HUANG et al., 2001).

5.2 Nucleotídeo

Os nucleotídeos são as unidades básicas de ácidos nucleicos (DNA e RNA) compostos por bases nitrogenadas (purina e pirimidina), pentoses e grupos fosfatos (CHIOFALO et al., 2011), e o uso na dieta pode ser importante para manter o desempenho sob condições de estresse (JUNG; BATAL, 2012).

O desenvolvimento de dietas ricas em nucleotídeos é uma alternativa para restringir o uso de antibióticos na ração de frangos de corte (PELÍCIA et al., 2010), auxiliando na divisão celular, crescimento da célula, modulação do sistema imunológico e na manutenção da saúde intestinal (FAVERI et al., 2015). Suplementação de 0,5 kg de nucleotídeos por tonelada de ração em dietas contendo lisina digestível podem manter a integridade intestinal e o desempenho de frangos de corte (FAVERI et al., 2015), e a suplementação de 0,1% de nucleotídeos melhora as características físicas e nutricionais do peito (CHIOFALO et al., 2011). Por outro lado, alguns estudos com dietas suplementadas com 0,07% de nucleotídeos não influenciaram no desempenho (PELÍCIA et al., 2010).

Jung et al. (2012) observaram que a suplementação com nucleotídeos na dieta, proporcionou um maior ganho de peso e menor conversão alimentar e frangos de cortes submetidos a condições de estresse, como alta densidade e ambiente sujo. Em estudo realizado por Esteves Garcia et al. (2000), os autores sugerem que há maior necessidade de nucleotídeos durante as três primeiras semanas de vida para frangos de corte, pois neste período tem-se rápida multiplicação celular, uma vez que o frango multiplica seu peso corporal inicial por um fator de mais de 20, e a disponibilidade de nucleotídeos poderia limitar o desempenho durante este período.

Ao avaliarem características metabólicas de peitos de frangos de corte, afetados por miopatias ABASHT et al. (2016) observaram diferença nos níveis dos nucleotídeos, intermediários biosintéticos ativados e seus metabólitos relacionados entre aves afetadas e não afetadas. Os tecidos afetados exibiram níveis mais altos de ácidos nucleicos, dos compostos resultantes do catabolismo de nucleotídeos e níveis mais baixos de seus metabólitos relacionados (IMP, AMP e ADP). Assim a suplementação via dieta, poderia ajudar a reduzir a ocorrência das miopatias.

6. REFERÊNCIAS

- ABASHT, B. Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, p. e0153750, 2016.
- ABUDABOS, A. M. et al. The relationship between guanidino acetic acid and metabolisable energy level of diets on performance of broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 3, p. 548–556, 2014.
- AHMADIPOUR, B.; KHAJALI, F.; SHARIFI, M. R. Effect of guanidinoacetic acid supplementation on growth performance and gut morphology in broiler chickens. v. 6, n.1, p. 19–24, 2018.
- AKBARIAN A, MICHIELS J, DEGROOTE J, MAJDEDDIN M, GOLIAN A, DE SMET S. Association between heat stress and oxidative stress in poultry; mitochondrial dysfunction and dietary interventions with phytochemicals. **Journal of Animal Science and Biotechnology**. 7:37, 2016.
- ANDERSON, R. A., BRYDEN, N.A., POLANSKY, M.M., REISER, S. Urinary chromium excretion and insulogenic properties of carbohydrates. **Animal Journal Clinical Nutrition**, v.51, p.864-869, 1990.
- AUSTIC, R.E.; SCOTT, M.L. Nutritional diseases. In: CALNEK, B.W. et al. **Diseases of Poultry**. 9th ed. Iowa: Iowa State University Press, 1991. 2, p. 45-71.
- AVANZO, J.L. et al. Effect of vitamin E and Selenium on resistance to oxidative stress displacement in beef heifers. **Journal of Comparative Pathology**, v. 114, n. 4, p. 445 450, May 1996.
- BAKER, D. H. Advances in protein–amino acid nutrition of poultry. **Amino Acids**, v. 37, n. 1, p. 29–41, 2009.
- BALDI, G.. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *animal*, v. 12, n. 01, p. 164–173, 2018b.
- BARROS, L. S. S. et al. Escherichia coli from cellulitis lesions in broilers. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v. 7, n. 1, p. 40–45, 2013.
- BOWKER, B.; ZHUANG, H.; BUHR, R. Impact of carcass scalding and chilling on muscle proteins and meat quality of broiler breast fillets. **Food Science and Technology**, v.59, p.156-162, 2014.
- BOWKER, B.C., & ZHUANG, H. 2015. *Poult Sci* 94:1657-1664.
- BROSNAN, J. T.; WIJEKOON, E. P.; WARFORD-WOOLGAR, L.; TROTTIER, N.L.; BROSNAN, M.E.; BRUNTON, J.A.; BERTOLO, R.F. Creatine synthesis is a major metabolic process in neonatal piglets and has important implications for amino acid metabolism and methyl balance. **The Journal of Nutrition**, v.139, p.292-1297, 2009.
- BUERGELT et al. Nutritional myodegeneration associated with dorsal scapular in chicken superficial pectoralis muscle. **Comparative Biochemistry and Physiology Part C**, n. 129, p. 163-173, 17 Apr. 2001.
- BURTON, J.L. Supplemental chromium, its benefits to the bovine immune system. *Animal Feed Science Hechnology*, v.53, p.117-133, 1995.
- CALASANS, M. W. DE M. **Presença de peróxidos em rações e a ocorrência de Miopatias em frangos de corte**. Passo Fundo - RS: Universidade de Passo Fundo, 2017.

- CHEN, Y. Differences in physicochemical and nutritional properties of breast and thigh meat from crossbred chickens, commercial broilers, and spent hens. **Asian Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 29, n. 6, p. 855–864, 2016.
- CHIOFALO, B. Nucleotides in broiler chicken diet: Effect on breast muscles quality. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 29, n. 4, p. 308–317, 2011.
- CLARKSON, P.M. Effects of exercise on chromium levels: is supplementation required. **Sports Med.**, v.23, p. 341-349, 1997.
- CÓRDOVA-NOBOA, H.A., OVIEDO-RONDÓN, E.O.; SARSOOR, A.H.; BARNES, J.; FERZOLA, P.; RADEMACHER-HEILSHORN, M.; BRAUN, U. Performance, meat quality, and pectoral myopathies of broilers fed either corn or sorghum based diets supplemented with guanidinoacetic acid. **Poultry Science**, v.97, p.2479-2493, 2018.
- CRUZ, R. F. A.. Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing Lysine levels. **Poultry Science**, v. 96, n. 2, p. 501–510, 2017a.
- DAVID, G.P., WINTERBOTTOM, A.J. Flying scapula in a red deer (*Cervus elaphus*). **Veterinary Record**, v. 139, n. 1, p. 20-20, 21 July 1996.
- DE BROT, S. et al. Wooden breast lesions in broiler chickens in the UK. **Veterinary Record**, p. vetrec-2015-103561, 2016a.
- DeGROOT, A. A.; BRAUN, U.; DILGER, R.N. Efficacy of guanidinoacetic acid on growth and muscle energy metabolism in broiler chicks receiving arginine-deficient diets. **Poultry Science**, v.97, p.890-900, 2018.
- EADY, M.; SAMUEL, D.; BOWKER, B. Effect of pH and postmortem aging on protein extraction from broiler breast muscle 1 SDS-PAGE. n. November, p. 1825–1833, 2017.
- ESSER, A. F. G. et al. Effects of Guanidinoacetic Acid and Arginine Supplementation to Vegetable Diets Fed to Broiler Chickens Subjected to Heat Stress before Slaughter. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 19, n. 3, p. 429–436, 2017.
- ESTÉVEZ, M. Oxidative damage to poultry: From farm to fork. **Poultry Science**, v. 94, n. 6, p. 1368–1378, 2015.
- FAVERI, J. C. et al. Desempenho e morfologia intestinal de frangos de corte na fase de crescimento, com e sem adição de nucleotídeos na dieta, em diferentes níveis proteicos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 291–296, 2015.
- GURSOY, U. Chromium in broiler diets. **Feed International**, v.21, n.3, p.24-26, 2000.
- HANNAM, D.A.R. et al. Flying scapula of cattle. **Veterinary Record**, v. 134, n. 14, p.356-356, 2 Apr.1994.
- HEIDARI, M. et al. Severe necrotic dermatitis in the combs of line 6 3 chickens infected with Marek's disease virus. **Avian Pathology**, v. 45, n. 5, p. 582–592, 2016.
- HUANG, R.F.; HSU, Y.C.; LIN, H.L.; YANG, F.L. Folate depletion and elevated plasma homocysteine promote oxidative stress in rat livers. **The Journal of Nutrition**, v.131, n.1, p.33-38, 2001.
- JOKIĆ, Z.; PAVLOVSKI, Z; MITROVIĆ, S.; DERMANOVIĆ, V. The effect of different levels of organic selenium on broiler slaughter traits. **Biotechnology in Animal Husbandry** 25 (1- 2), p 23-34, 2009.
- JUNG, B.; BATAL, A. B. Effect of dietary nucleotide supplementation on performance and development of the gastrointestinal tract of broilers. **British Poultry Science**, v. 53, n. 1, p. 98–105, 2012.

- JÚNIOR, A. B. et al. **Doença das Aves**. 2º Edição ed. Campinas - SP: FACTA – Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2009.
- KUTTAPPAN, V. A. et al. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, v. 91, p. 2677–2685, 2012b.
- KUTTAPPAN, V. A. et al. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p. 331–338, 2013a.
- KUTTAPPAN, V. A.; HARGIS, B. M.; OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2724–2733, 2016.
- LEMME A, GOBBI R, HELMBRECHT A, VAN DER KLIS JD, FIRMAN J, JANKOWSKI J & KOZLOWSKI K. Use of guanidine acetic acid in all-vegetable diets for turkeys. In: 4th TURKEY SCIENCE PRODUCTION CONFERENCE. **Anais...** Macclesfield:Turkey Science Production Conference, 2010. p.57-61.
- LERNER, A.; SHAMIR, R. Nucleotides in infant nutrition: a must or an option. **The Israel Medical Association Journal**, v.2, n.10, p.772-774, 2000.
- LIGHTY, M. E. et al. Incidence of clostridial dermatitis (cellulitis) and factors for development of the disease in turkeys. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 25, n.1, p. 104–112, 2016.
- MACARI, M.; FURLAN, R.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 1º ed. Jaboticabal, SP: Funep, 2002.
- MADEIRA, L. A. Morfologia das fibras musculares esqueléticas de frangos de corte criados nos sistemas confinado e semi-confinado. Botucatu - SP: **Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 2005.
- MAHAM, L. K., & ESCOTT-STUMP, K. (1998). **Alimentos, nutrição e dietoterapia** (9a ed.). São Paulo: Roca.
- MAIER, G. S. **Eficácia da suplementação do ácido guanidinoacético em dietas deficientes em energia para frangos de corte: desenvolvimento muscular e ocorrência de miopatias**. Palotina - PR: Universidade Federal do Paraná UFPR, 2018.
- MARTIN, R.M., FISH D.E. Scapular winging: anatomical review, diagnosis, and treatments. **Current Reviews in Musculoskeletal Medicine**, v. 1, p. 1-11, 2008.
- MAZZONI, M.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A.; CAVANI, C.; CLAVENZANI, P.; SIRRI, F. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. **Poultry Science**, v.94, p.123-130, 2015.
- MEARNS, R., LEWIS, H. 'Flying scapula' in cattle. **Veterinary Record**, v. 161, n. 3, p.107-108, 21 July 2007.
- MERTZ, W. Chromium – history and nutritional importance. *Biological Trace Element Research*. v. 32, p. 3-8, 1992.
- MESSIER, S. et al. Focal Dermatitis and Cellulitis in Broiler Chickens: Bacteriological and Pathological Findings. **Avian Diseases**, v. 37, n. 3, p. 839, 1993a.
- MICHIELS, J.; MAERTENS, L.; BUYSE, J.; LEMME, A.; RADEMACHER, M.; DIERICK, N.; DE SMET, S. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. **Poultry Science**, v.91, p.402-412, 2012.
- MOHAMED, F.F., AFIFI, M. Role of inorganic chromium in modulating performance and immunity in broilers. **Vet. Med. J. Giza**, V. 49, p. 147-162, 2001.
- MONTAGNA, F. S. **Incidência de miopatia peitoral em frangos de corte de diferentes sistemas**

- de produção.** Dourados - MS: Universidade Federal da Grande Dourados, 2017.
- MORAIS, J. et al. Curva de crescimento de diferentes linhagens de frango de corte caipira. **Ciência Rural**, v. 45, n. 10, p. 1872–1878, 2015.
- MUDALAL, S.; LORENZI, M.; SOGLIA, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *animal*. v.9, p.728-734, 2015.
- MUNIZ, J. C. L. **Avaliação de minerais de fonte orgânica em substituição a minerais de fonte inorgânica em rações de frangos de corte mantidos em diferentes ambientes térmicos.** Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 2016.
- MUTRYN, M. F. et al. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. **BMC genomics**, v. 16, p. 399, 2015.
- NAIN, S.; LING, B.; ALCORN, J.; WOJNAROWICZ, C.M.; LAARVELD, B.; OLKOWSKI, A.A. Biochemical factors limiting myocardial energy in a chicken genotype selected for rapid growth. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.149, p.36-43, 2008.
- NASIROLESLAMI, M. et al. Effects of dietary guanidinoacetic acid and betaine supplementation on performance , blood biochemical parameters and antioxidant status of broilers subjected to cold stress. v. 2119, 2018.
- OLIVEIRA, A. A. et al. Principais causas de condenação ao abate de aves em matadouros frigoríficos registrados no serviço brasileiro de inspeção federal entre 2006 e 2011. **Ciencia Animal Brasileira**, v. 17, n. 1, p. 79–89, 2016.
- ONDERKA, D. K. et al. Escherichia coli associated cellulitis in broilers: correlation with systemic infection and microscopic visceral lesions, and evaluation for skin trimming. **Avian Dis**, v. 41, n. 4, p. 935–940, 1997.
- OSTOJIC, S. M. Guanidinoacetic acid as a performance-enhancing agent. **Amino Acids**,v. 48, n. 8, p. 1867–1875, 2016.
- OSTOJIC, S.M.; NIESS, B.; STOJANOVIC, M.; OBRENOVIC, M. Creatine metabolism and safety profiles after six-week oral guanidinoacetic acid administration in healthy humans. **International Journal of Medical Sciences**, v.10, p.141-147, 2013.
- PARDI, M. C. *Ciencia, Higiene e Tecnologia da carne.* 2° ed ed. Goiania - GO: UFG, 2001.
- PELÍCIA, V. et al. Effect of Nucleotides on Broiler Performance and Carcass Yield. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 1, p. 31–34, 2010.
- PETRACCI, M. et al. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363–374, 2015.
- PETRACCI, M.; CAVANI, C. **Muscle growth and poultry meat quality issues.** *Nutrients*, v. 4, n. 1, p. 1–12, 2012.
- RIBEIRO, M. V. **Programas vitamínicos e diferentes fontes minerais nas dietas de frangos de corte.** Palotna - PR: Universidade Federal do Paraná, 2016.
- RINGEL, J. A.; LEMME, L. F.; ARAUJO. The effect of supplemental guanidine acetic acid in Brazilian type broiler diets at summer conditions. **Poultry Science**, v.87, Suppl. 1, p.154, 2008.
- RORIG. A. **Suplementação de selênio orgânico sobre a qualidade da carne e estabilidade oxidativa de frangos de corte criados em ambiente termoneutro e submetidos ao estresse por calor no período pré-abate.** Universidade Federal do Paraná 2017.
- SCOTT, A. et al. Copper nanoparticles as an alternative feed additive in poultry diet: A review. **Nanotechnology Reviews**, v. 7, n. 1, p. 69–93, 2018.

- SETOUE, M.; OHUCHI, S.; MORITA, T.; SUGIYAMA, K. Hyperhomocysteinemia induced by guanidinoacetic acid is effectively suppressed by choline and betaine in rats. **Journal Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry**, v.72, n.7, p.1696-1703, 2008.
- SHIVAPRASAD, H. L. Gangrenous Dermatitis in Poultry. In: **Clostridial Diseases of Animals**. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc, 2016. p. 255–264.
- SIHVO, H.K; IMMONEN, K; PUOLANNE, E. Myodegeneration with Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. **Veterinary Pathology**, v.51, n.3, p.619-623, 2014.
- SIHVO, H.-K. et al. Wooden Breast Myodegeneration of Pectoralis Major Muscle Over the Growth Period in Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 54, n. 1, p. 119–128, 2017.
- SIHVO, H.-K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 51,n. 3, p. 619–623, 2014a.
- SINGH, S. K.; SAHU, S. P.; KUMAR, P. Influence of Supplementation of feed Additives on Carcass Characteristics , Mortality and Economics of Broiler Production. n. 7, p.4810–4817, 2018.
- SOGLIA, F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, v. 95, n. 3, p. 651–659, 2016c.
- SOGLIA, F.; MUDALAL, S.; BABINI, E.; DI NUNZIO, M.; MAZZONI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v.00, p.1-9, 2015.
- STEAD, L.M.; BROSANAN, J.T.; BROSANAN, M.E.; VANCE, D.E.; JACOBS, R.L. Is it time to reevaluate methyl balance in humans. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v.83, p.5-10, 2006.
- SURAI, P. F. Selenium in poultry nutrition 1. Antioxidant properties, deficiency and toxicity. *World's Poultry Science Journal* v. 58, p.333-347, 2002.
- TASONIERO, G.; CULLERE, M.; CECCHINATO, M.; PUOLANNE, E.; DALLE ZOTTE, A. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White striping and wooden breast myopathies. **Poultry Science**, v.95, p.2707-2714, 2016.
- THIRUVENKADAN, A. K.; PRABAKARAN, R.; PANNEERSELVAM, S. Broiler breeding strategies over the decades: An overview. *World's Poultry Science Journal*, v.67, n. 2, p. 309–336, 2011.
- TIJARE VV, YANG FL, KUTTAPPAN VA, ALVARADO CZ, COON CN, OWENS CM. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poult Sci*. 2016; 95:2167-2173.
- TOSSENBERGER, J.; RADEMACHER, M.; N'EMETH, K.; HALAS, V.; LEMME, A. Digestibility and metabolism of dietary guanidino acetic acid fed to broilers. **Poultry Science**, v.95, p.2058-2067, 2016.
- TROCINO, A. et al. Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 94, n. 12, p. 2996–3004, 2015a.
- VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L. Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. *Avian Diseases*, v.59, n. 3, p. 410–418, 2015b.
- VICENT, J.B. The biochemistry of chromium. *J. Nutr.* v.130, p. 715-718, 2000.

- VOET, D. and VOET, J. G., Solutions Manual to Accompany Biochemistry (3rd ed.), John Wiley & Sons (2004).
- WALLIMANN, T.; TOKARSKA-SCHLATTNER, M.; NEUMANN, D.; EPAND, R.M.; EPAND, R.F.; ANDRES, R.H.; WIDMER, H.R.; HORNEMANN, T.; SAKS, V.A.; AGARKOVA, I.; SCHLATTNER, U. The phospho-creatine circuit: molecular and cellular physiology of creatine kinases, sensitivity to free radicals and enhancement by creatine supplementation. In: SAKS, V.A. (ed) **Molecular Systems Bioenergetics: Energy for Life**. Weinheim, Copyright ©:Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2007. P.195-264.
- WOELFEL, R. L. et al. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. **Poultry science**, v. 81, n. 1997, p. 579-584, 2002.
- YAZDIA, F.T.; GOLIANA, A.; ZARGHIA, H.; VARIDIB, M. Effect of wheat-soy diet nutrient density and guanidine acetic acid supplementation on performance and energy metabolism in broiler chickens. **Italian Journal of Animal Science**, v.16, n.4, p.593-600, 2017.
- ZANETTI, M. A. et al. Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 2, p. 887–891, 2018.
- ZIMERMANN, F. C. **Miopatia Dorsal Cranial em Frangos de Corte: Caracterização Anatomopatológica, colheita e análise de dados**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- ZUIDHOF, M. J. et al. **Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005**. *Poultry Science*, v. 93, n. 12, p. 2970–2982, 2014

(Artigo nas normas da Revista Poultry Science)

ÁCIDO GUANIDINOACÉTICO, NUCLEOTÍDEOS E MICROMINERAIS NA ALIMENTAÇÃO
DE FRANGOS DE CORTE

E.C. Santos^{#*}, R. V. Nunes*

Metabolism and Nutrition

* Autor para correspondência: manutencia@hotmail.com

Ácido guanidinoacético, nucleotídeos e microminerais na alimentação de frangos de corte

RESUMO

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de diferentes minerais (selênio e cromo) e aditivos alimentares (ácido guanidinoacético e nucleotídeos) sobre desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne, composição centesimal, incidência de miopatias peitorais e lesões cutâneas. Foram utilizados 1500 aves, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema fatorial 4 x 3, totalizando 12 tratamentos e 5 repetições por tratamento. Os tratamentos consistiram em 2 fatores de suplementação, sendo o primeiro da suplementação de microminerais: (I) uma ração controle, (II) ração controle suplementada com 0,25 mg kg⁻¹ de selênio (III) ração controle suplementada com 0,50 mg kg⁻¹ de cromo e (IV) ração controle suplementada com 0,25 mg kg⁻¹ de selênio e 0,50 mg kg⁻¹ de cromo) e outro fator foi a suplementação de aditivos alimentares: (I) sem aditivo, (II) 600 mg kg⁻¹ de ácido guanidinoacético – GAA (III) 1000 mg kg⁻¹ de nucleotídeos. Para os parâmetros bioquímicos do sangue foi observada interação (P=0,023) para a creatinina quinase (CK) aos 42 dias. A quantidade de proteína bruta na carne de peito apresentou interação (P=0,009) entre os aditivos alimentares e os minerais para as aves abatidas aos 42 dias. A perda por cocção (PPC) apresentou interação (P=0,028) aos 42 dias de idade. A coloração da carne aos 42 dias de idade foi observado interação (P=0,002) para o efeito L* 24 horas pós-mortem. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mg MDA g⁻¹) na carne de peito de frangos de corte aos 42 dias de idade apresentou interação (P=0,002) entre os tratamentos para oxidação lipídica ao 30º dia do período de armazenamento. Houve interação (P=0,006 e P=0,037), entre os tratamentos para o escore de peito madeira e estrias. Em conclusão, a suplementação de nucleotídeos dietéticos às dietas não afetou o desempenho, rendimento de carcaça e cortes, perfil sanguíneo e qualidade de carne. A suplementação com GAA reduziu a severidade (7,8%) da WB, a incidência dos escores severo (11,1%) e moderado (22,2%) do WS aos 42 dias de idade. Os resultados associados ao WB e WS sugerem que o GAA como precursor da Creatina pode ter um benefício potencial na redução da gravidade dessas miopatias.

Palavras-chave: Avicultura, Estrias Brancas, Miopatia, Peito amadeirado.

Guanidinoacetic acid, nucleotides and microminerals in the feed of broilers

ABSTRACT

Thus, the objective of this work was to evaluate the effect of supplementation of different minerals (selenium and chromium) and food additives (guanidinoacetic acid and nucleotides) on performance, blood parameters, carcass and cut yield, meat quality, centesimal composition, incidence pectoral myopathies and skin lesions. 1500 birds were used, distributed in a completely randomized experimental design in a 4 x 3 factorial scheme, totaling 12 treatments and 5 repetitions per treatment. The treatments consisted of 2 supplementation factors, the first being the supplementation of micro minerals: (I) a control diet, (II) control diet supplemented with 0.25 mg kg⁻¹ of selenium (III) control diet supplemented with 0.50 mg kg⁻¹ of chromium and (IV) control diet supplemented with 0.25 mg kg⁻¹ of selenium and 0.50 mg kg⁻¹ of chromium) and another factor was the supplementation of food additives: (I) without additive, (II) 600 mg kg⁻¹ of acetic guanidinic acid - GAA (III) 1000 mg kg⁻¹ of nucleotides. For biochemical parameters of blood, interaction ($P = 0.023$) was observed for creatinine kinase (CK) at 42 days. The amount of crude protein in breast meat showed an interaction ($P = 0.009$) between food additives and minerals for birds slaughtered at 42 days. Cooking loss (PPC) showed an interaction ($P = 0.028$) at 42 days of age. Meat color at 42 days of age was observed interaction ($P = 0.002$) for the L * effect 24 hours post-mortem. Substances reactive to thiobarbituric acid (TBARS, mg MDA g⁻¹) in broiler breast meat at 42 days of age showed an interaction ($P = 0.002$) between treatments for lipid oxidation at the 30th day of the storage period. There was an interaction ($P = 0.006$ and $P = 0.037$) between treatments for the wood chest score and stretch marks. In conclusion, supplementation of dietary nucleotides to diets did not affect performance, carcass and cut yields, blood profile and meat quality. Supplementation with GAA reduced the severity (7.8%) of WB, the incidence of severe (11.1%) and moderate (22.2%) WS scores at 42 days of age. The results associated with WB and WS suggest that GAA as a precursor to Creatine may have a potential benefit in reducing the severity of these myopathies.

Keywords: Poultry, Myopathy, White Striping, Wood Breast.

INTRODUÇÃO

Para garantir que seja atendido a alta demanda de carne de frango no mercado, a cadeia avícola tem realizado investimentos significativos na seleção genética, e constantemente melhorias na nutrição das aves, isso para alcançar elevados ganhos substanciais no ganho de peso, eficiência alimentar, tempo de abate e principalmente no rendimento de carcaça, cortes e na qualidade da carne.

Este processo de evolução foi e continua sendo motivado pelo incremento no desenvolvimento do músculo *pectoralis major* (*PM*). Relatos do aparecimento de miopatias no *PM* e o aumento da incidência destas nos últimos anos, vem causando preocupação para a indústria da carne, pois as carcaças afetadas podem ser condenadas, resultando em severas perdas econômicas. É o caso das miopatias *wooden breast* (*WB*) e *white striping* (*WS*), que afetam principalmente o músculo *PM* (Petracci; Cavani, 2012).

O *WB* é caracterizado por um endurecimento do músculo do peito geralmente na parte proximal do filé, região mais espessa, no entanto em casos mais severos, o endurecimento pode ser encontrado em todo o músculo, juntamente com uma cor mais pálida, hemorragia superficial e presença líquido viscoso claro (edema) na superfície do músculo (Sihvo et al., 2014). A análise histológica do músculo afetado, mostra um início de necrose e fibrose, infiltração de tecido conjuntivo, deposição de tecido adiposo, variabilidade do tamanho da fibra, degeneração e regeneração de fibras e uma infiltração de células inflamatórias (Sihvo et al., 2014; Petracci et al., 2015; Kuttappan et al., 2016).

Já miopatia de *WS* é descrita pelo aparecimento de linhas brancas paralelas às fibras musculares de peito (*Pectoralis major*) em frangos de corte (Kuttappan et al., 2012). Os tecidos afetados ainda apresentam características histológicas associadas à miodegeneração, necrose, presença de linfócitos, infiltração de macrófagos, fibrose e lipidose (Kuttappan et al., 2013a; Sihvo et al., 2014; Petracci et al., 2015; Russo et al., 2015). Ainda, o músculo afetado apresenta uma redução na qualidade da carne (Mudalal et al., 2015), aumento na porcentagem de gordura e colágeno intramuscular, concomitantemente com níveis reduzidos de proteína e cinzas (Mudalal et al., 2014).

Acredita-se que essas anormalidades estejam associadas ao metabolismo acelerado, crescimento rápido das fibras musculares, e o pobre suprimento sanguíneo, levando ao estresse metabólico, com menor oxigenação para o crescimento muscular regular (Zhang et al., 2005). Fatores como genótipo, sexo, dieta, crescimento e peso de abate também podem estar associado com o aparecimento destas miopatias (peito amadeirado e as estrias brancas).

Apesar das causas e origens específicas desses problemas serem desconhecidos, diversas soluções nutricionais têm sido propostas para minimizar e tentar solucionar essas miopatias e

anormalidades na qualidade da carne. Entre essas estratégias, tem-se o ácido guanidinoacético (GAA) que é um precursor natural da creatina e está relacionado com o metabolismo energético, sendo fundamental para frangos de rápido crescimento para regenerar os níveis de creatina no músculo em crescimento e os nucleotídeos, que são unidades básicas de ácidos nucleicos (DNA e RNA), e auxiliam na divisão celular, crescimento da célula, modulação do sistema imunológico e na manutenção da saúde intestinal (Chiofalo et al., 2011; Jung & Batal., 2012).

Outra estratégia alimentar são os microminerais selênio e cromo, que atualmente são considerados oligoelementos essenciais para animais, porém o seu uso na dieta de frangos de corte geralmente não influencia no desenvolvimento, no entanto, são benéficos para processos metabólicos e enzimáticos, absorção e transporte de nutrientes, redução do estresse oxidativo e melhora da resposta imunológica e o crescimento (Underwood, 1977).

Embora já tenha alguns estudos que comprovem a função protetora sobre as miopatias musculares com a suplementação do GAA (Esser et al., 2017), não há dados prévios da suplementação de nucleotídeos e nem a interação da suplementação destes aditivos alimentares com níveis de cromo e selênio sobre a incidência de miopatias peitorais em frangos de corte.

Pelo fato de o Brasil ser um dos maiores produtores de aves do mundo, requerendo constantemente busca por novas soluções para sua produção, sabendo ainda que o peito deve atender aos padrões de exigência do mercado, considerando que as miopatias provoquem rejeições aos consumidores e que os estudos sobre miopatia ainda não são comprobatórios. Baseado nestas informações hipotetizamos que a inclusão de minerais e aditivos alimentares na dieta de frango de corte é capaz de atuar e melhorar alguns parâmetros como desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne, composição centesimal, incidência de miopatias peitorais e lesões cutâneas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da suplementação de diferentes minerais (selênio e cromo) e aditivos alimentares (ácido guanidinoacético e nucleotídeos) sobre desempenho, parâmetros sanguíneos, rendimento de carcaça e cortes, qualidade da carne, composição centesimal, incidência de miopatias peitorais e lesões cutâneas.

MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Avicultura da Estação Experimental da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) (Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil). Todos os procedimentos realizados com os animais foram aprovados previamente pelo Comitê de Ética no Uso de Animais (nº 19-20, CEUA-UNIOESTE).

Instalações, Aves e Manejo

As aves foram alojadas em aviário com ventilação sob pressão negativa, em forma de túnel e resfriamento evaporativo. Cada boxe (unidade experimental, 1,95 m²) com piso de concreto revestido com maravalha, a densidade utilizada para o alojamento foi de 12,82 frangos/m², continha um alimentador tubular, bebedouros *nipple*, uma fonte de aquecimento (resistências elétricas de 250 watts). Os animais receberam água e ração *ad libitum*, a temperatura ambiental foi controlada segundo as recomendações para cada fase, e o programa utilizado foi segundo recomendações da linhagem Cobb 500.

Foram utilizados 1500 pintainhos machos da linhagem Cobb 500, com um dia de idade, com peso vivo médio inicial de 47,66 ± 2,4 gramas, vacinados no incubatório contra a doença de Marek, Gumboro, Bouba Aviária e Bronquite Infecciosa.

Dietas, delineamento experimental e tratamentos

As dietas experimentais, isoproteicas e isocalóricas foram formuladas de acordo com a composição dos alimentos e exigências nutricionais utilizadas em rações comerciais produzidas pela Cooperativa Agroindustrial LAR, para o período de 1 a 42 dias de idade.

As aves foram distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4 x 3, totalizando 12 tratamentos, 5 repetições por tratamento e 25 aves por UE.

Os tratamentos consistiram em 4 (quatro) suplementação de microminerais: (I) uma ração controle, (II) ração controle suplementada com 0,25 mg kg⁻¹ de selênio (Availa[®] Se, Zinpro Corporation, USA), (III) ração controle suplementada com 0,50 mg kg⁻¹ de cromo (Availa[®] Cr, Zinpro Corporation, USA) e (IV) ração controle suplementada com 0,25 mg kg⁻¹ de selênio e 0,50 mg kg⁻¹ de cromo), suplementado ou não com aditivos alimentares: (I) sem aditivo, (II) 600 mg kg⁻¹ de ácido guanidínico acético – GAA (CreAMINO[®], Evonik Industries AG, Germany), (III) 1000 mg kg⁻¹ de nucleotídeos (ASCOGEN[®], Chemoforma Ltd., Switzerland). O teor de aditivos adicionados foi determinado a partir das recomendações dos fabricantes (Chemoforma, 2018; Evonik Nutrition & Care GmbH, 2018; Zinpro, 2018).

As suplementações de minerais e aditivos alimentares foram aplicados sobre a ração previamente preparada (*on top*), de 1 a 42 dias de idade, exceto os nucleotídeos o qual sua suplementação foi de 1 a 28 dias de idade. A ração base foi a mesma para todos os tratamentos (Tabela 1), somente a suplementação de minerais e aditivos variou conforme o tratamento.

Variáveis analisadas

Desempenho Zootecnico

O peso e o consumo de ração foram registrados aos 42 dias de idade, para avaliação do desempenho das aves (ganho de peso, consumo médio de ração e conversão alimentar). A mortalidade foi observada diariamente, para a realização das correções no consumo de ração e conversão alimentar, segundo o consumo de ração até o dia da mortalidade (Sakomura e Rostagno, 2016).

Parâmetros bioquímicos sanguíneos

Aos 42 dias de idade, duas aves por UE (120 aves) escolhidas ao acaso, foram mantidas em jejum por seis horas, para colheita de sangue via punção ulnar. O sangue ficou em repouso para coagulação, após foi centrifugado (Centrífuga Kasvi K14-4000, Kasvi, São Paulo, BR) a 1050 g por 10 min para obter soro, que foi armazenado a -20 °C (Nunes et al., 2018). Para a realização das análises, o soro foi descongelado à temperatura ambiente e as análises de glicose, colesterol e creatina quinase (CK) foram realizadas com a utilização de “kits” comerciais (ELITech Clinical Systems, ELITechGroup, Paris, FR), utilizando espectrofotômetro automático, com calibração automática e leitura de alta performance.

Esfregaço Sanguineo

Aos 42 dias de idade, uma ave por UE (60 aves) foi escolhida ao acaso, para a realização do esfregaço sanguíneo, a leitura foi realizada através de contagem diferencial leucocitária. Para avaliação um esfregaço sanguíneo foi preparado em lâminas de vidro, adicionando uma pequena gota de sangue, na extremidade da lâmina, posteriormente com a ajuda de outra lâmina a gota foi espalhada (em um ângulo 45°), em direção oposta em que esta o sangue, o sangue então foi ‘puxado’ pela lâmina, depois desse procedimento o sangue formou uma película sobre a lâmina de vidro. Posteriormente as mesmas foram coradas com hematoxilina-eosina. As lâminas então foram lavadas com água destilada, secas ao ar livre e os esfregaços foram observados ao microscópio ótico com objetiva de imersão (100x). A contagem leucocitária foi classificatória para linfócitos, heterófilos, eosinófilos, monócitos e basófilos, calculando-se a proporção de cada tipo em cem células contadas.

Rendimento de carcaça e cortes

Ao final do período experimental (42 dias de idade) 3 aves por UE (180 aves) foram sacrificadas por eletronarcore seguida de exsanguinação, de acordo com a Resolução Normativa nº 37, de 15 de fevereiro de 2018, da CONCEA, que estabelece as Diretrizes de Prática de Eutanásia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal.

A ração foi retirada 6 horas antes do abate, mas as aves tiveram acesso livre à água até o abate. Os frangos foram sacrificados por deslocamento cervical seguido de atordoamento por eletronarcose, e sangria. Após as carcaças foram escaldadas a 60 °C por 30s, as penas foram retiradas mecanicamente com o uso de equipamento comercial. Após a remoção das penas, vísceras, tecido adiposo abdominal, pés e pescoço, foram medidos os pesos da carcaça quente e órgãos eviscerados. Em seguida, a carcaça foi resfriada em uma mistura estática de gelo e água por uma hora e posteriormente feito o gotejamento por 10 minutos.

O rendimento de carcaça foi determinado em função do peso absoluto da carcaça eviscerada (carcaça sem cabeça, pés e gordura abdominal) em relação ao peso vivo. O rendimento de cortes nobres (peito, peito desossado, filé sassami, coxa, sobrecoxa e asa) foi considerado em relação ao peso da carcaça eviscerada. A técnica e aplicação de desossa e corte das carcaças foi realizada de acordo aos padrões do abatedouro por pessoas treinadas (Córdova-Noboa et al., 2018).

Composição centesimal do músculo do peito (*Pectoralis major*) e parâmetros físico-químicos

Colageno

A composição centesimal do peito de frango sem osso e sem pele, foi realizada no músculo do *PM (Pectoralis major)*. A determinação do colágeno foi realizada aos 42 dias de idade, avaliando a concentração da hidroxiprolina onde se seguiu metodologia preconizada pela AOAC (1996), onde foi pesado 4,00 a 4,09g de amostra, posteriormente foi hidrolisada com 30 mL de ácido clorídrico 6M por 18h a 110°C, após foi filtrada e diluída. A hidroxiprolina foi oxidada pela cloramina T em solução tampão pH 6,8 (temperatura ambiente, 20 minutos). Em seguida, foi adicionado 2 mL do reagente de cor 4-dimetilaminobenzaldeído, posterior foi misturado vigorosamente, fechado os tubos e colocados imediatamente em banho maria a 60±2°C, por 15 minutos. Então os tubos foram resfriados em água corrente por 3 minutos, e medida a absorvância das soluções foi realizada em espectrofotômetro (600S, FEMTO, São Paulo, BR), a 558nm.

A quantificação da hidroxiprolina das amostras foi realizada pelas interpolações dos resultados de absorvância inseridas na equação de regressão linear da reta, obtida através da curva padrão. A concentração de colágeno foi dada pela multiplicação da [hidroxiprolina] por 8. O tecido conjuntivo colagenoso contém 12,5% de hidroxiprolina, sendo assim, a concentração de colágeno é 8 vezes maior a de hidroxiprolina.

Proteína, Umidade e Gordura

Aos 42 dias de idades foram realizadas análises de proteína, umidade e gordura, onde as amostras de peito foram pré-secas em estufa com ventilação forçada a ± 55°C, durante 72 horas. As

análises de extrato etéreo e de proteína bruta das amostras foram realizadas conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2012).

Qualidade da carne

Aos 28 e 42 dias de idade foi determinado a qualidade da carne no músculo do *PM* direito. O pH foi realizado aos 15 min e 24h “*post mortem*” (Olivo et al., 2001), com o auxílio de um medidor de pH para carnes portátil (HI99163, HANNA instruments, Woonsocket, EUA). O medidor de pH foi calibrado usando o método de 2 pontos contra soluções tampão padrão com valores de pH de 4,0 e 7,0. A sonda de pH foi inserida no filé de peito do peitoral maior a um ângulo de 45 ° e lavada com água deionizada entre as amostras. Cada valor foi expresso como a média das duas medições.

A coloração da carne do *PM* direito (28 e 42 dias de idade), foi mensurada 15 min e 24h “*post mortem*”, utilizando o colorímetro portátil (CR-400, Konica Minolta Sensing, São Paulo, BR). Onde foi expressa nas dimensões do sistema de cor CIELAB de L* (luminosidade - brilho - nível de escuro a claro), a* (Vermelhidão - intensidade de vermelho/verde) e b* (Amarelecimento - intensidade de amarelo/azul). O colorímetro foi calibrado contra ladrilhos de referência em preto e branco antes do uso. As avaliações foram realizadas no centro de cada seção muscular e o valor foi expresso como a média das três medidas. As medidas das cores foram determinadas à temperatura ambiente (20-25°C) na superfície de cada amostra muscular, em três locais selecionados aleatoriamente, utilizando iluminante difuso e observador de ângulo de 0°.

O *PM* esquerdo foi separado para capacidade de retenção de água (CRA), seguindo a metodologia proposta por Nakamura e Katok (1985). Amostras de aproximadamente 1g de músculo no peito foram embrulhadas em papel de filtro, centrifugadas a 2000 rpm por 4 min, pesadas, secas em estufa a 70°C por 12 h e pesadas novamente para o cálculo da CBC.

Para realizar a análise de perda de cocção (PPC), os filés de peito foram pesados, embalados em papel laminado e cozidos em uma panela elétrica comercial com aquecimento de até 180°C, até atingir a temperatura interna de 80°C. As amostras foram mantidas em repouso até a temperatura estabilizar com a temperatura ambiente e uma nova pesagem foi realizada para obter o PPC (Honikel, 1998).

Para a avaliação da oxidação lipídica foi realizada a análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (Tbars) segundo a metodologia adaptada da descrita por Vyncke (1975) e Sorensen e Jorgensen (1995), nas amostras de peito 0 horas, 7, 30 e 60 dias após o abate, que foram armazenadas a -20°C.

Os aldeídos das amostras foram extraídos por meio da homogeneização de 2,5g de amostra em 10 ml de solução de ácido tricloroacético (7,5%) e BHT (0,2%), em seguida a solução foi filtrada em papel filtro qualitativo, após foi centrifugado (Centrífuga Kasvi K14-4000, Kasvi, São Paulo, BR) a 4000 rpm por 10 min. Então do filtrado, 3 ml foi adicionado a 3 ml da solução de ácido tiobarbitúrico (0,02M), e a mistura foi levado a banho maria a 80°C por 40 min.

A leitura da absorbância foi realizada em 538nm em espectrofotômetro (600S, FEMTO, São Paulo, BR). Para a determinação da concentração de Tbars da amostra foi utilizada uma curva padrão com 1,1,3,3 tetraetoxipropano (TEP). O resultado foi expresso em miligramas de Malondialdeído (MDA) por quilograma de amostra.

Avaliação macroscópica de lesões cutâneas e incidência de miopatias

Para a avaliação macroscópica da incidência de dermatose, celulite e miopatias peitorais, todas as aves restantes (15 aves UE) foram identificadas e abatidas aos 42 dias de idade na Unidade Industrial de Aves da Cooperativa Agroindustrial LAR, totalizando 900 aves avaliadas.

Miopatia no peito das aves – Wooden Breast e White Striping

Para a avaliação macroscópica da ocorrência de *Wooden Breast* os peitos foram classificados de acordo com Tijare et al. (2016), como: normal (score 0) (sem nenhuma área de dureza ou palidez); moderado leve (score 1) (ligeiramente afetado nas áreas cranial e/ou caudal); moderado severo (score 2) (moderadamente afetado em todo o músculo); e severo (score 3) (com hemorragia superficial e a presença de um exsudado estéril na superfície muscular).

Na avaliação para verificar a severidade da ocorrência de *White Striping*, as estriações foram classificadas como normal (score 0), peitos que não apresentam estrias brancas visíveis. Moderado (score 1), linhas brancas pequenas, geralmente <1 mm de espessura, mas aparentemente visíveis na superfície do filé. Grave (score 2), grandes linhas brancas (1-2 mm de espessura) muito visíveis na superfície do filete, cobrindo menos de 50% do filé. Severa (score 20) estrias esbranquiçadas, paralelas à fibra muscular, com espessura >2mm, cobrindo superfície quase inteira de filé (adaptada de Kuttappan et al., 2012).

Análise Estatística

Para a análise estatística o PROC GLM do software estatístico SAS[®] University Edition (2017) (SAS Inst. Inc., Cary, NC, EUA) foi utilizado para analisar todas as variáveis paramétricas. Os dados foram verificados quanto à presença de valores discrepantes/outliers (teste de Shapiro-

Wilk). Posteriormente foram submetidos à análise de variância, e em caso de diferença $P < 0,05$, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

Os resultados da avaliação macroscópica da incidência de miopatias foram transformados em porcentagem e submetidos à análise não-paramétrica pelo teste de Kruskal Wallis, em caso de diferença significativa, as médias foram comparadas pelo método de Bonferroni.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar não foram afetados pela inclusão dos microminerais na dieta, nem pela adição dos aditivos ao longo de todo o experimento (Tabela 2).

Os resultados obtidos no presente estudo apresentam similaridades aos obtidos por Córdova-Noboa et al. (2018a) que ao utilizar dietas à base de milho ou sorgo e o mesmo nível de inclusão de GAA na dieta de frangos machos da linhagem Ross-708, reportaram maior ganho de peso em frangos aos 14d e 35d e melhora na conversão alimentar em frangos com 14d, 35d e 50d de idade. Entretanto, Nasiroleslami et al. (2018) analisaram a inclusão 1.200 mg kg^{-1} GAA em dietas de frangos machos da linhagem Cobb (1 a 42 dias) em condições de estresse térmico (frio), não constataram efeitos nas variáveis de desempenho.

A melhora observada no desempenho das aves, quando suplementadas com ácido guanidinoacético (GAA), foi observada por outros autores, no entanto para a avaliação realizada por estes pesquisadores foram utilizadas dietas a base de ingredientes de origem vegetal, as quais não são uma boa fonte de creatinina (Michiels et al, 2012; Dilger et al., 2013; Mousavi et al., 2013; Abudabos et al., 2014; Heger et al., 2014; Yazdia et al., 2017; Tossenberger et al., 2016; Córdova-Noboa et al., 2018).

Aparentemente o GAA aumenta o ganho de peso sem alterar o consumo de ração, ou seja resulta em melhoria da conversão alimentar. A suplementação do GAA nas dietas pode ser um poupador dos aminoácidos (AA) arginina (Arg) e glicina (Gly) (Michiels et al., 2012; Dilger et al., 2013; DeGroot et al., 2018), por regular a formação endógena do GAA (Tossenberger et al., 2016), que direcionaria esses AA para outras funções, como a síntese proteica, e consequentemente resultando em melhor desempenho dos animais (Murakami et al., 2014).

A arginina faz parte da síntese de ornitina, além disso, participa da síntese de óxido nítrico (NO), substância altamente reativa que participa de vários processos celulares, dentre esses a imunidade dos animais (SILVA et al., 2012). Conjuntamente com as funções da arginina, a glicina participa do processo de excreção de nitrogênio nas aves, cada vez que uma molécula de ácido úrico é eliminada outra de glicina é excretada conjuntamente. (VASCONCELLOS, 2009). Baseado no fato

de que animais de alto desempenho e rápido ganho de peso tenham metabolismo proteico mais elevado, e conseqüentemente maior requerimento nutricional destes aminoácidos.

Para os parâmetros bioquímicos do sangue foi observada interação ($P=0,023$) para a creatinina quinase (CK) aos 42d idade (Tabela 3). A creatinina quinase (CK) das aves do grupo suplementado com nucleotídeos e GAA recebendo selênio foi maior ($P=0,004$) quando comparado ao grupo sem a inclusão de aditivo (Tabela 4). A utilização dos aditivos apresentou redução do índice glicêmico ($P=0,032$) aos 42d idade. O parâmetro bioquímico colesterol, o mesmo não foi afetado pela adição dos microminerais na dieta, nem pela adição dos aditivos ao longo de todo o experimento.

Os resultados obtidos diferem dos encontrados por Córdova-Noboa et al. (2018a) ao utilizar dietas com ou sem inclusão de farinha de vísceras de aves e o mesmo nível de inclusão de GAA, os autores não encontraram diferença nos valores de colesterol, glicose e CK sanguíneo. Nasiroleslami et al. (2018) analisaram a inclusão 1.200 mg kg^{-1} GAA em dietas de frangos machos da linhagem Cobb (1 a 42 dias) em condições de estresse térmico (frio), não constataram efeitos significativos para CK sanguíneo. Esse aumento nas concentrações sanguíneas de creatina quinase (CK) com a suplementação do GAA, corroboram para a evidência de uma melhora do status energético no músculo. A CK é responsável pela troca de grupos fosfatos ricos em energia entre PCrea/Crea, e vice e versa, empregando o ATP e o ADP como intermediários metabólicos (Brosnan e Brosnan, 2009; Guimarães-Ferreira, 2014; Wyss e Kaddurah-Daouk, 2000). Este aumento pode estar correlacionada com uma maior utilização do sistema de fosfogênio (ATP/PCrea). As reações da fosfogênese quinase atuam na regulação dos níveis de fosfato inorgânico (Pi), interferindo na glicogenólise e nos sistemas tampões, e conseqüentemente no transporte intracelular de energia. (ELLINGTON, 2001)

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre os tratamentos para contagem diferencial leucocitária (Esfregaço Sanguineo) aos 42 dias de idade. Porém foram observadas diferenças (Tabela 5) entre o tratamento para heterófilo ($P=0,033$), quando os animais foram suplementados com Cromo+Selênio, e para linfócito ($P=0,034$) quando os animais foram suplementados com a ração sem mineral. Os outros parâmetros avaliados não foram afetados ($P>0,05$) pela inclusão dos microminerais e aditivos na dieta.

Os valores de heterófilo e linfócitos encontrados estão próximos aos encontrados na literatura. Marcato et al. (2017) ao avaliarem a suplementação de vitamina A encontraram 32% de heterofilo na contagem e 55% na contagem de linfócitos, que reforça o fato de que os parâmetros avaliados estão dentro dos limites esperados para aves.

Rao et al. (2016) realizaram dois estudos para avaliar o efeito da suplementação de formas orgânicas de zinco, selênio e cromo, em aves de corte durante a fase de 1 a 21 dias de idade criadas em condições de estresse térmico sob verão tropical, os autores observaram redução na peroxidação lipídica e aumento da atividade da enzima superóxido dismutase e aumento das respostas imunes

destas aves. Estes resultados foram obtidos tanto quando os microminerais foram suplementados em conjunto quanto quando foram suplementados individualmente. Esse pode ser um fator que resultou nas diferenças encontradas nesse estudo na contagem diferencial leucocitária de heterofilo e linfócitos.

Não foi observada interação ($P>0.05$) entre os tratamentos para as variáveis de rendimento de carcaça e corte avaliadas aos 42 dias de idade (Tabela 6). O rendimento de carcaça e corte não foi afetado ($P>0.05$) pela inclusão dos minerais na dieta, nem pela adição dos aditivos ao longo do período experimental.

Resultados semelhantes foram encontrados por Pelícia et al. (2010) no qual a suplementação com nucleotídeos (600 mg kg^{-1}) na dieta de frangos machos Ross 708 não promoveu melhoria no rendimento da carcaça. Alguns autores observaram resultados similares, em que rendimento de carcaça e cortes não apresentam diferença com a suplementação de GAA e lisina (Esser et al., 2017), Córdova-Noboa et al. (2018) reportaram que a suplementação com GAA em frangos machos de 51 dias (Ross 708) melhorou somente o rendimento de pernas. Todavia os resultados diferem de outros autores (Córdova-Noboa et al., 2018; Michiels et al., 2012) que concluíram que o uso de GAA resultou em melhoria do rendimento da carne de peito em dietas à base de vegetais, porém, não observaram melhorias na carcaça inteira e em outros cortes (perna e asas).

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliando a concentração da hidroxiprolina (colágeno) aos 42 dias de idade (Tabela7). A quantidade de colágeno no musculo não foi influenciada ($P>0,05$) pela inclusão dos minerais na dieta, nem pela adição dos aditivos ao longo do período experimental.

Os valores de colágeno encontrados estão próximos aos encontrados na literatura, Mello et al. (2012) ao avaliarem a relação entre maciez e concentração de colágeno do *Pectoralis major* encontraram valores de $6,80 \text{ mg g}^{-1}$ para frango de linhagem caipira e $5,91 \text{ mg g}^{-1}$ para frangos de linhagens convencionais. O que condiz com os resultados obtidos por Carvalho et al. (2013), que ao avaliarem fibras colágenas no músculo de frangos de linhagem caipira encontraram para as aves avaliadas aos 42 dias de idade $2,44 \text{ mg g}^{-1}$ de colágeno, e para as aves avaliadas aos 72 dias de idade, encontraram $4,91 \text{ mg g}^{-1}$ de colágeno total. Esses resultados corroboram com estudos de Berri (2000), o qual afirma que músculos distintos podem apresentar a mesma quantidade de fibras colágenas.

A quantidade de proteína bruta na carne de peito (Tabela 8) apresentou interação ($P=0,009$) entre os aditivos alimentares e os minerais para as aves abatidas aos 42d. O desdobramento da interação (Tabela 9) da proteína bruta na carne de peito do grupo com GAA recebendo cromo e selênio foi semelhante ao grupo controle ($P=0,001$), e para o grupo de nucleotídeos recebendo de forma individualizada, o grupo cromo e o grupo selênio os resultados foram semelhantes ao grupo controle ($P=0,001$). No entanto os demais parâmetros avaliados não foram influenciados ($P>0,05$)

pela inclusão dos minerais na dieta, nem pela adição dos aditivos ao longo do período experimental (Tabela 8).

Em estudo avaliando a suplementação de microminerais (Se, Cr e Zn) na forma orgânica suplementados em dietas de frangos de corte, Rao et al. (2016), observaram que a suplementação destes minerais aumentou a deposição de massa muscular na carcaça das aves aos 42 dias de idade, além de proporcionar uma menor peroxidação lipídica da carne das aves avaliadas. Este comportamento pode explicar o possível aumento do nível proteico encontrado neste estudo quando as aves foram suplementadas com GAA, nucleotídeos e minerais. Ainda de acordo com estes autores essa maior deposição de massa muscular é resultado de uma melhor eficiência alimentar possivelmente resultante da suplementação mineral uma vez que esses microminerais possuem funções específicas no metabolismo de carboidratos, lipídeos e proteínas.

Conjuntamente a ação dos microelementos a suplementação de GAA pode ter contribuído a essa maior concentração de proteína na carne do peito das aves, uma vez que esse é precursor de creatina, e a creatina ter papel fundamental para os adequados aportes energéticos no músculo. Aparentemente o GAA pode resultar em economia de arginina em dietas práticas de frangos de corte, além de possuir relação com o metabolismo do cromo no músculo que interferem nas concentrações de glicogênio deste tecido (DEGROOT, BRAUN & DILGER, 2019), fato este que tem relação com os resultados obtidos neste estudo.

Outro ponto é referente a participação dos nucleotídeos, uma vez que a suplementação deste nutriente nas rações pode ter benefícios uma vez que contribuem para o desenvolvimento e aumento da imunidade, saúde intestinal e preserva energia dos tecidos (MATEO & STEIN, 2004)

A perda por cocção (PPC) apresentou interação ($P=0,028$) aos 42 dias de idade (Tabela 10). O desdobramento da interação PPC na carne de peito (Tabela 11) do grupo com nucleotídeos recebendo cromo foi menor ($P=0,008$ e $P=0,016$), em comparação aos demais tratamentos. Os demais parâmetros como pH e CRA aos 42 dias de idade, não foram influenciadas ($P>0,05$) pela inclusão dos minerais na dieta, nem pela adição dos aditivos ao longo do período experimental. Os demais parâmetros não foram influenciados ($P>0,05$) pela inclusão dos minerais na dieta, nem pela adição dos aditivos ao longo do período experimental.

De acordo com os resultados obtidos por Mudalal et al. (2014), uma elevada perda por cocção (PPC) é característico de peito com estrias brancas quando comparado ao peito normal (33,7% vs. 27,4%, respectivamente).

Para os resultados encontrados de pH, os mesmos são semelhantes aos encontrados por Mendes (2001), onde a média do pH para carne de peito de frango é de 5,7 a 5,9. Sams (1993) também cita que os valores normais de pH, no final do processo *post-mortem* estão entre 5,6 e 5,8, e 5,7 e 5,8, respectivamente.

A coloração da carne de peito aos 42 dias de idade (Tabela 12) apresentou interação ($P=0,002$) para o efeito L^* 24 horas *pós-mortem*. O desdobramento (Tabela 13) da interação L^* 24-42-d do grupo nucleotídeos recebendo Cromo+Selênio foi maior ($P=0,001$) em comparação aos demais tratamentos. Os demais parâmetros não foram influenciados ($P>0,05$) pela inclusão dos minerais, nem pela adição dos aditivos.

Esse resultado significativo corrobora com Sanfelice et al. (2010) que para o parâmetro luminosidade (L^*), a média dos valores encontrada foi de 52,20, sendo os valores mínimo e máximo de 43,80 e 59,59, respectivamente. Sams e Dzuik (1999) encontraram resultado parecidos, onde o valor de L^* foi 54,86 em medições realizadas com 24 horas *post-mortem* para carne de peito de frangos de corte. Valores muito elevados de L^* não são aceitáveis, pois indicam um aumento na palidez da carne, o que influencia diretamente o consumidor no momento da compra.

Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mg MDA g^{-1}) na carne de peito de frangos de corte aos 42 dias de idade (Tabela 14) apresentou interação ($P=0,002$) entre os tratamentos para oxidação lipídica ao 30º dia do período de armazenamento. O desdobramento da interação TBARS na carne de peito aos 42 dias de idade, e aos 30º dias de armazenamento (Tabela 15), do grupo nucleotídeos recebendo cromo+selênio e do grupo GAA recebendo selênio foi maior ($P=0,001$) em relação aos demais trabalhados. Atentando do-se para o grupo nucleotídeos interagindo com cromo+selênio, a onde a oxidação lipídica, foi maior do que em todos os outros grupos.

A oxidação lipídica na carne *in natura*, é um dos fatores que leva de perda de frescor e redução da sua qualidade, a análise de TBARS é um parâmetro que ajuda a determinar o grau de oxidação lipídica na carne. A carne de não-ruminantes possui maiores concentrações respectivas de ácidos graxos insaturados, na composição dos triacilgliceróis (Enser et al., 1996) e geralmente exhibe oxidação lipídica mais rápida do que a de ruminantes (Tichivangana e Morrissey, 1985).

Segundo Abasht et al. (2016) em tecidos afetados por o WB apresentam uma concentração maior de produtos originados da oxidação lipídica. Assim, pode-se correlacionar essa redução causada na oxidação lipídica pela suplementação de GAA, a uma redução no conteúdo de extrato etéreo no músculo e a redução no grau de aparecimento das miopatias peitorais (Tabela 15).

Ao consideramos somente o dia de abate (42 dias de idade) e os valores de Tbars do tempo 0 de armazenamento, observou uma menor oxidação lipídica aos 42 dias. O processo de oxidação lipídica e de descoloração da carne parecem estar associados, e a oxidação de um deles leva à formação de espécies químicas que podem aumentar a oxidação do outro (Faustman et al., 2010).

Os mecanismos pelos quais a oxidação lipídica poderia aumentar a oxidação da mioglobina, seria pela reatividade de produtos primários e secundários derivados de ácidos graxos insaturados com a mioglobina (Faustman et al., 2010), acarretando a mudança da cor devido à modificação do estado dos pigmentos heme (Zhang et al., 2010; Estevez, 2015). A cor da carne de frango depende

principalmente da concentração de mioglobina e do estado químico, enquanto é afetada por vários fatores, como idade da ave, sexo, antecedentes genéticos, dieta, gordura intramuscular, umidade da carne, condições de pré-maturação e variáveis de processamento (Totosaus et al., 2007).

Houve interação ($P=0,006$ e $P=0,037$), (Tabela 17) entre os tratamentos para o escore de peito madeira e estrias. A incidência de estrias brancas aumentou quando as aves não receberam os aditivos e microminerais. Enquanto os escores médios de estrias apresentaram similaridade, com redução da severidade de aparecimento nas aves que receberam tratamento com microminerais ($P=0,001$) em comparação a dieta controle.

A suplementação dietética com GAA aumentou a probabilidade de ter amostras de carne de peito com baixa severidade de WB e WS (escore normal), principalmente pela redução da probabilidade dos escores moderado e severo. Estudos anteriores demonstram que o aparecimento das miopatias estão relacionadas com uma redução dos metabólitos glicolíticos e dos níveis de glicogênio no músculo (Mudalal et al., 2015; Abasht et al., 2016).

Em estudo realizado por Córdova-Noboa et al. (2018), os autores observaram que a suplementação dietética de GAA, dobrou a probabilidade de ter carne de peito considerada normal ou sem sinais de WB, em frangos de corte aos 51 dias de idade. Sendo que a suplementação dietética de GAA auxiliou na prevenção ou redução da incidência do WB em frangos de corte alimentados com dietas à base de vegetais.

Os autores ainda sugerem, que o aumento nos níveis de metabólitos do metabolismo energético, como Crea e PCrea, da relação PCrea/ATP e do conteúdo de glicogênio pela suplementação dietética de GAA (DeGroot et al., 2018) no músculo, pode ter um efeito de suporte sobre o metabolismo energético muscular (Balsom et al., 1994; Kolling et al., 2013; Nabuurs et al., 2013), como já observado em experimentos anteriores, realizados em ratos acometidos por distrofias musculares (Pearlman e Fielding, 2006; Tarnopolsky, 2007).

A alteração do metabolismo energético pode desencadear oxidação de lipídios, proteínas e do DNA, além de prejudicar o reparo do DNA mitocondrial. Ainda essas alterações parecem estar ligadas com o aparecimento de várias doenças musculares e neurológicas (Ferreira et al., 2014), distúrbios metabólicos, envelhecimento (Navarro e Boveris, 2007; Linford et al., 2006).

Nabuurs et al. (2013) observaram efeito semelhante ao reverter os efeitos da distrofia muscular da deficiência de Crea, fornecendo Crea em dietas para ratos. Deste modo, pode-se supor que a suplementação dietética com GAA, sendo este um precursor da síntese de Crea, pode prevenir ou reduzir a incidência do WB, bem como reduzindo o escore moderado e severo do WS, por meio da modulação dos metabólitos intermediários relacionados com o metabolismo muscular e energético.

CONCLUSÃO

A suplementação de nucleotídeos dietéticos às dietas não afetou o desempenho, rendimento de carcaça e cortes, perfil sanguíneo e qualidade de carne.

Quando suplementado com os minerais cromo e selênio é possível afirmar que a variação no valor de TBARS durante a maturação foi baixa, concluindo que não houve rancificação das amostras estudadas.

A suplementação com GAA reduziu a severidade da WB, a incidência dos escores severo e moderado do WS aos 42 dias de idade. Os resultados associados ao WB e WS sugerem que o GAA como precursor da creatina pode ter um benefício potencial na redução da gravidade dessas miopatias.

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio à bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

- Abasht, B.; Mutryn, F. M.; Michalek, D. R.; Lee, R. W. Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens. **PLOS ONE**, v. 11, n. 4, p. e0153750, 2016.
- Abudabos, A. M., F. Saleh, A. Lemme, and H. A. H. Zakaria. 2014. The Relationship Between Guanidino Acetic Acid and Metabolisable Energy Level of Diets on Performance of Broiler Chickens. *Ital. Jornal. Animal Science*. 13:3269.
- AOAC. 1996. Official Method 990.26 Hydroxyproline in Meat and Meat Products: Colorimetric Method. Pages: 13-15 In *Methods of Analysis of the AOAC International* ed. Kenneth Helrich. Arlington: **AOAC International**.
- Baker, D. H. Advances in protein–amino acid nutrition of poultry. **Amino Acids**, v. 37, n. 1, p. 29–41, 2009.
- Berry W.D., Lui, P. (2000): Egg production, egg shell quality and bone parameters in broiler breeder hens receiving Bio Mos and Eggshell 49. **Poultry Science**, 79 (Suppl1):124.
- BRASIL. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carne de Aves Brasil Ministerio da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 1998b. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=1129>.

- Brosnan, J.T.; Wijekoon, E. P.; Warford-Woolgar, L.; Trottier, N. L.; M. E.. 2009. Creatine synthesis is a major metabolic process in neonatal piglets and has important implications for amino acid metabolism and methyl balance. **J Nutr**.
- Carvalho, Y. K.; Zavarize, K.C.; Freitas, H.J.; Pedro, P.B. Avaliação quantitativa de fibras colágenas no músculo de frango caipira (Label Rouge e Pedrês). **Revista Biotemas**, 26 (1), março de 2013.
- Chiofalo, B. Presti, V.; Savoini, G.; D'Alessandro, E.; Chiofalo, V.; Liotta, L.; Nucleotides in broiler chicken diet: Effect on breast muscles quality. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 29, n. 4, p. 308–317, 2011.
- Cordova-Noboa H. A., Oviedo-Rondón E. O., Sarsour A., Barnes J., Ferzola P., Rademacher-Heilshorn M., Braun U. 2018a. Performance, meat quality, and pectoral myopathies of broilers fed either corn or sorgh+ um based diets supplemented with guanidinoacetic acid. **Poultry Science**. 97:2479–2493.
- Degroot, A. A.; Braun, U.; Dilger, R.N. Efficacy of guanidinoacetic acid on growth and muscle energy metabolism in broiler chicks receiving arginine-deficient diets. **Poultry Science**, v.97, p.890-900, 2018.
- DeGroot, A. A.; Braun, U., Dilger, R. N. Guanidinoacetic acid is efficacious in improving growth perform=mance and muscle energy homeostais in broiler chicks fed arginine-deficient or arginine-adequate diets. **Poultry Science**. V. 98, p. 2896 – 2905 - <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pez036>
- Dilger, R. N., K. Bryant-Angeoni, R. L. Payne, A. Lemme, and C. M. Parsons. 2013. Dietary guanidino acetic acid is an efficacious replacement for arginine for young chicks. **Poultry Science** .92:171-177.
- Ellington, W.R.; Evolution and Physiological roles of phosphagen systems. *Annual review of Physiology*, v. 63, p. 289-325.
- Esser, A. F. G.; Effects of Guanidionoacetic Acid and Arginine Supplementation to Vegetable Diets Fed to Broiler Chickens Subjected to Heat Stress before Slaughter. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 19, n. 3, p. 429–436, 2017.
- Estévez, M. Oxidative damage to poultry: From farm to fork. **Poultry Science**, v. 94, n. 6, p. 1368–1378, 2011.
- Evonik nutrition & care gmbh. **Healthy Nutritional Solutions**. Disponível em: <<https://animal-nutrition.evonik.com/product/feed-additives/en/products/healthy-nutritional-solutions/creamino/>>. Acesso em: 03 dezembro. 2019.

- Faustman, C., e Cassens, R. G. (2010). The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A review. **Journal of Muscle Foods**, 1(3), 217-243. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4573.1990.tb00366.x>.
- Ferreira, T.Z.; Casagrande, R.A.; Vieira, S.L.; Driemeier, D.; Kindlein, L. An investigation of a reported case of white striping in broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, v.23, p.748-753, 2014.
- Guimarães-Ferreira, L. 2014. Role of the phosphocreatine system on energetic homeostasis in skeletal and cardiac muscles. *Einstein*. 12:126-131.
- Heger, J., J. Zelenka, V. Machander, C. M. De La Cruz, Lestak, and D. Hample. 2014. Effects of guanidinoacetic acid supplementation to broiler diets with varying energy content. *Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun.* 62:477-485.
- Honikel, K.O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. **Meat Science**, v.49, n.4, p.447-457, 1998.
- J. Kolling , EBS Scherer , C. Siebert , F. Hansen , FV Torres , G. Scaini , G. Ferreira , RB DeAndrade , CAS Goncalves , EL Streck , CMD Wannmacher , ATS Wyse **homocisteína induz desequilíbrio de energia no músculo esquelético de rato: a creatina é um protetor?** *Cell Biochem. Funct.* , 31 , pp. 575 – 584. 2013.
- Jung, B.; BataL, A. B. Effect of dietary nucleotide supplementation on performance and development of the gastrointestinal tract of broilers. **British Poultry Science**, v. 53, n. 1, p. 98–105, 2012.
- Kuttappan, V. A., H. L. Shivaprasad, D. P. Shaw, B. A. Valentine, B. M. Hargis, F. D. Clark, S. R. McKee, and C. M. Owens. 2013b. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poult. Sci.* 92:331–338.
- Kuttappan, V. A., Y. S. Lee, G. F. Erf, J. F. C. Meullenet, S. R. McKee, and C. M. Owens. 2012. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of White Striping. **Poultry Science** 91:1240-1247.
- Kuttappan, V. A.; HARGIS, B. M.; OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2724–2733, 2016.
- LAR. Institucional: Unidades Industriais.
- Linford, N.J., Schriener, S.E., Rabinovitch, P.S. Oxidative damage and aging: spotlight on mitochondria. *Cancer Research*, v.66, p.2497-2499, 2006.
- Marcato SM, Sakomura NK, Barbosa NA. Curvas de crescimento e da deposição de nutrientes corporais de duas linhagens de frangos de corte. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*. 2006;8:167, 2017.
- Mateo, C. D.; Stein, H.H. Nucleotides and Young animal health: can we enhance intestinal tract development and immune function? (p. 159 – 170) – In: Re-imagining the feed industry –

- Nutritional Biotechnology in the Feed and Food industries. 1ª Edição. Ed. Nottingham, 2004, p.504.
- Mello, J.L.M; Borba, H.; Vieira, L.D.C.; Rodrigues, A.B.B.; Alva, J.C.R.; Ganeco, A.G. Relação entre Maciez e Concentração de Colágeno do Músculo Pectoralis major em Frangos de Corte Convencionais e do Tipo “Caipira”. *Revista Científica Produção Animal*, v.14, n.2, p.181-183, 2012
- Melo, K.R.T.; Almeida-Lima, J. ; Gomes, D.L.; Dantas-Santos, N.; Camara, R.G.B. ; Rocha, H.A.O. Caracterização e atividade anticoagulante de polissacarídeos sulfatados extraídos da alga marrom *Dictyopterus justii*. **HOLOS**, Ano 28, Vol 1, 2011.
- MENDES, A.A.. Rendimento e qualidade da carcaça de frangos de corte. In: Conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas, Campinas. Anais... Campinas: **FACTA**, 2001, v.3, p.79-99.
- Michiels, J.; Maertens, L.; Buyse, J.; Lemme, A.; Rademacher, M.; Dierick, N.; De smet, S. Supplementation of guanidinoacetic acid to broiler diets: Effects on performance, carcass characteristics, meat quality, and energy metabolism. **Poultry Science**, v.91, p.402-412, 2012.
- Mitchell, M.A; Sandercock. D.A. Spontaneous and stress induced myopathies in modern meat birds: A cause for quality and welfare. *Proc. Aust. Poult. Sci. Sym.* p. 100-107, feb. 2004.
- Mousavi, S., A. Afsar, and H. Lotfollahian. 2013. Effects of guanidinoacetic acid supplementation to broiler diets with varying energy contents. **J. Appl. Poul. Res.** 22:47-54.
- Mudalal, S.; Babini, E.; Cavani, C. and Petracci, M. 2014. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast filets affected by white striping. *Poultry Science*, <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03911>
- Mudalal, S.; Lorenzi, M.; Soglia, F.; Cavani, C.; Petracci, M. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat animal. v.9, p.728-734, 2015.
- Murakami, A. E., R. J. Rodrigueiro, T. C. Santos, I. C. Ospina-Rojas, and M. Rademacher. 2014. Effects of dietary supplementation of meat-type quail breeders with guanidinoacetic acid on their reproductive parameters and progeny performance. **Poultry Science** 93(9):2237-2244.
- Nakamura, M., and K. Katok. 1985. Influence of thawing method on several properties of rabbit meat. *Ishika Prefecture Coll. of Agriculture.* 11:45-49.
- Nasiroleslami, M. Saki, A. A; Torki, M.; Abdolmohammadi, A. R.; Effects of dietary guanidinoacetic acid and betaine supplementation on performance , blood biochemical parameters and antioxidant status of broilers subjected to cold stress. v. 2119, 2018.
- Nunes, R. V., J. Broch, L. Wachholz, C. de Souza, J. L. Damasceno, J. H. Oxford, D. J. Bloxham, L. Billard and G.M. Pesti. 2018. Choosing sample sizes for various blood parameters of broiler chickens with normal and non-normal observations. **Poultry Science** 0:1-9.

- Olivo, R., Soares, AL.; Ida, E.I.; Shimokomaki, M. (2001), vitamina E na dieta inibe a PSE de aves e melhora as propriedades funcionais da carne. *J. Food Biochemistry* , **25** , 271-283.
- PD Balsom , K. Soderlund , B. Ekblom **Creatina em humanos, com referência especial à suplementação de creatina** *Medicina Esportiva* , 18 (1994), pp. 268 – 280.
- Pearlman, J.P.; Fielding, R.A. Creatine monohydrate as a therapeutic aid in muscular dystrophy. **Nutr Rev.** v. 64, n. 2, p. 80-8, 2006.
- Pelícia, V. et al. Effect of Nucleotides on Broiler Performance and Carcass Yield. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 12, n. 1, p. 31–34, 2010.
- Petracci M., Cavani C. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutr.** 4. 2012 ;1–12.
- Petracci, M.; CAVANI, C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363–374, 2015.
- RAO, S. V. R.; PRAKASH, B.; RAJU, M. V. L. N.; PANDA, A. K.; KUMARI, R.K.; REDDY, E. P.K. Effect of supplementing organic forms of zinc, selenium and chromium on performance, anti-oxidant and immune responses in broiler chicken reared in tropical summer. *Biological trace elemento reasearch*, 172 (2), 511-520 - doi:10.1007/s12011-015-0587-x
- Russo, E.; Drigo, M.; Longoni, C.; Pezzotti, R.; Fasoli, P.; Recordati, C. Evaluation of white striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. **Poultry Science**, v.94, p.1843-1848, 2015.
- SAMS, A. R.; DZUIK, C. S. Meat quality and rigor mortis development in broiler chickens with gas-induced anoxia and postmortem electrical stimulation. **Poultry Science**, v. 78, n. 10, p. 1472-1476, 1999.
- SAMS, A. R. The effect of withdrawal duration on the responsiveness of broiler pectoralis to rigor mortis acceleration. *Poultry Science*, v.72, p.1789, 1993.
- Sanfelice, C.; Mendes, A.A; Komiyama, C.M.; Cañizares, M.C.; Rodrigues, L.; Cañizares, G.I.L. Avaliação do efeito do tempo de desossa sobre a qualidade da carne de peito de matrizes pesadas de descarte. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v.32, n.1, p.85-92, 2010.
- Sihvo, H,K; Immonen, K; Puolanne, E. Myodegeneration with Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. **Veterinary Pathology**, v.51, n.3, p.619-623, 2014.
- SILVA, V. A. M.; PINTO, A. T. Levantamento das condenações de abate de frangos e determinação das causas mais prevalentes em um frigorífico em Santa Catarina. In: Congresso brasileiro de avicultura, 21, 2009. Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: 2009.
- SILVA, L.M.G.S.; MURAKAMI, A.E.; FERNANDES, J.I.M.; DALLA ROSA, D.; URGNANI, J.F. Effects of dietary arginine supplementation on broiler breeder egg production and hatchability. *Brazilian Journal of Poultry Science*. Oct - Dec 2012, v. 14, p. 233-304 (ISSN 1516-635X)

- Soglia, F. et al. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v. 95, n. 3, p. 651–659, 2016c.
- Sorensen, G., and S. S. Jorgensen. 1995. A critical examination of some experimental variables in the 2-thiobarbituric acid (TBA) test for lipid oxidation in meat products. *Z Lebensm Unters Forch* 202:205-210.
- Tarnopolsky, M. A. Clinical use of creatine in neuromuscular and neurometabolic disorders. *Subcell Biochem*, v.46, p.183- 204, 2007.
- Tichivangana, I. J.Z. and P.A. Morrissey 1985: Metmyoglobin and inorganic metals as prooxidants in raw and cooked muscle systems. *Meat Sci.* **15**, 107–116.
- Tijare, V. V., F. L. Yang, V. A. Kuttappan, C. Z. Alvarado, C. N. Coon, and C. M. Owens. 2016. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**. 95:2167-2173.
- Tossenberger, J., M. Rademacher, K. N´emeth, V. Halas, and A. Lemme. 2016. Digestibility and metabolism of dietary guanidino acetic acid fed to broilers. **VZ**. 95:2058-2067.
- Totosaus, A.; Montejano, J.G.; Salazar, J.A.; Guerrero, I. A review of physical and chemical protein-gel induction. *International J Underwood EJ. Trace elements in human and animal nutrition.* New York: Academic Press; 2007.
- Underwood, E.J. (1977) *Trace Elements in Human and Animal Nutrition*, 4th Ed, Academic Press, New York, pp. 543.
- Van Laack, R. L., C. H. Liu, M. O. Smith, and H. D. Loveday. 2000. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat **Poultry Science**. 79:1057-1061.
- VASCONCELLOS, C.H.F., Redução do teor de proteína bruta em dietas suplementadas ou não com L-glicina para frangos de corte. TESE de doutorado – 2009 – site: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/VETD7VSJVN/1/carlos_henrique_figueiredo_vasconcelos.pdf.
- Velleman, S. G.; Clark, D. L. Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. **Avian Diseases**, v. 59, n. 3, p. 410–418, 2015b.
- Vyncke, W. 1975. Evaluation of the direct thiobarbituric acid extraction method for determining oxidative rancidity in Mackerel. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 77(6):239-240.
- Wyss, M., and R. Kaddurah-Daouk. 2000. Creatine and creatinine metabolism. *Physiol. Rev.* 80:1107-1213.
- Yazdia, F. T., A. Goliana, H. Zarghia, and M. Varidib. 2017. Effect of wheat-soy diet nutrient density and guanidine acetic acid supplementation on performance and energy metabolism in broiler chickens. *Ital. J. Anim. Sci.* 16(4):593-600.

Zhang KY, Yan F, Keen CA, Waldroup PW. Evaluation of microencapsulated essential oils and organic acids in diets for broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, 2005.

Zinpro. **Performance Minerals: Availa-Mins**. Disponível em: <<https://www.zinpro.com/>>. Acesso em: 30 maio. 2019.

Tabela 1. Composição percentual e valores calculados das dietas fornecidas no período experimental pré-inicial (fase 1 a 10 dias), inicial (11-28 dias) e crescimento (29 a 42 dias)

Ingredientes	1 – 10d	11 – 28d	29 -42d
Milho (7,88%)	52,35	54,24	61,09
Farelo de soja (44%)	34,41	31,35	-
Farelo de soja (45%)	-	-	24,44
Farinha de vísceras e ossos	6,00	4,50	2,80
Farinha carne e ossos	1,80	2,10	2,20
Farinha penas hidrolisadas	-	-	1,50
Gordura de aves	-	-	5,32
Óleo soja degomado	2,73	5,29	-
Calcário calcítico	0,60	0,60	0,60
Bicarbonato de sódio	0,30	0,20	0,15
Sal comum	0,29	0,25	0,26
Lisina sulfato (Biolys 70)	0,46	0,46	0,58
DL-metionina	0,38	0,34	-
Metionina Hidroxianaloga	-	-	0,40
L-Treonina	0,09	0,09	0,10
Cloreto colina 75% líquida	-	-	0,08
Premix vitamínico, mineral e enzimático	0,60 ¹	0,60 ²	0,40 ³
Valores Calculados (%)			
Energia Metabolizável. (Kcal kg ⁻¹)	3031	3207	3308
Proteína bruta	24,74	22,76	21,19
Cálcio	0,82	0,78	0,70
Fósforo disponível	0,51	0,48	0,44
Sódio	0,25	0,20	0,19
Potássio	0,93	0,86	0,74
Cloro	0,26	0,24	0,24
Lisina digestível	1,36	1,26	1,21
Dig. met+cys	1,02	0,94	0,92
Dig. treonina	0,88	0,82	0,79
Dig. triptofano	0,23	0,21	0,19
Dig. valina	0,97	0,89	0,88
Dig. arginina	1,44	1,32	1,22
Balanco eletrolítico (mEq kg ⁻¹)	269,44	240,58	203,39

Pré-Inicial quantidade garantida por kg do produto: Vit A 12600 UI; Vit D₃ 5600 UI; Vit E 42 UI; K₃ 4,20 mg; B₁ 2,80 mg; B₂ 9,80 mg; Pantotenico 16,80 mg; B₆ 5,60 mg; B₁₂ 9,80 mcg; Nicotínico 70,00 g; Fólico 4,20 mg; Biotina 0,28 mg; Colina 0,28 g; Ferro 72 g; Cobre 12 mg; Manganês 108 g; Cobalto 1,20 mg; Zinco 160 g; Iodo 3,00 mg; Selênio 0,42 mg; Endo-1,3(4)-β-glucanase 12 FBG; Protease 14999,85 PRT; Alfa-Amilase 78,00 KNU; Fitase 999,96 FYT; Enterococcus faecium 1,20E⁺⁰⁹; Pediococcus acidilactici 5,00E⁺⁰⁶ UFC; Bifidobacterium animalis 2,00E⁺⁰⁷ UFC; Lactobacillus reuteri 5,00E⁺⁰⁶ UFC; Lactobacillus salivarius 5,00E⁺⁰⁶ UFC; Virginiamicina 16,50 mg; Nicarbazina 48,00 mg; Narasina 48,00 mg. **Inicial** quantidade garantida por kg do produto: Vit A 10800 UI; Vit D₃ 4800,00 UI; Vit E 36,00 UI; Vit K₃ 3,60 mg; Vit B₁ 2,40 mg; Vit B₂ 8,40 mg; Pantotenico 14,40 mg; Vit B₆ 4,80 mg; Vit B₁₂ 18,00 mcg; Nicotínico 60,00 g; Fólico 3,60 mg; Biotina 0,24 mg; Colina 501,12 g; Ferro 66,00 g; Cobre 11,00 mg; Manganês 99,00 g; Cobalto 1,10 mg; Zinco 150,00 g; Iodo 2,75 mg; Selênio 0,39 mg; Endo-1,3(4)-β-glucanase 12,00 FBG; Protease 14999,85 PRT; Alfa-Amilase 78,00 KNU; Fitase 999,96 FYT; Enterococcus faecium 6,00E+07 UFC; Pediococcus acidilactici 2,50E+07 UFC; Bifidobacterium animalis 1,00E+07 UFC; Lactobacillus reuteri 2,50E+06 UFC; Lactobacillus salivarius 2,50E+06 UFC; Virginiamicina 16,50 mg; Nicarbazina 48,00 mg; Narasina 48,00 mg. **Crescimento** quantidade garantida por kg do produto: Vit A 9000,00 UI; Vit D₃ 4000,00 UI; Vit E 30,00 UI; Vit K₃ 3,00 mg; Vit B₁ 2,00 mg; Vit B₂ 7,00 mg; Pantotenico 12,00 mg; Vit B₆ 4,00 mg; Vit B₁₂ 15,00 mcg; Nicotínico 50,00 g; Fólico 3,00 mg; Biotina 0,20 mg; Ferro 60,00 g; Cobre 10,00 mg; Manganês 90,00 g; Cobalto 1,00 mg; Zinco 140,00 g; Iodo 2,50 mg; Selênio 0,35 mg; Endo-1,3(4)-β-glucanase 12,00 FBG; Protease 15000,00 PRT; Alfa-Amilase 78,00 KNU; Fitase 1000,00 FYT; Enterococcus faecium 6,00E+07 UFC; Pediococcus acidilactici 2,50E+07 UFC; Bifidobacterium animalis 1,00E+07 UFC; Lactobacillus reuteri 2,50E+06 UFC; Lactobacillus salivarius 2,50E+06 UFC; Virginiamicina 16,50 mg; Lasalocida 90,00 g.

Tabela 2. Desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	Ganho de peso <i>0-42 -d</i>	Consumo de ração <i>0 -42d</i>	Conversão alimentar <i>0 -42d</i>
		— (g)—	— (g)—	— (g:g)—
Sem Mineral		2,879	4,312	1,500
Cromo		2,866	4,266	1,493
Selênio		2,914	4,294	1,476
Cromo+Selênio		2,887	4,261	1,480
	Sem Aditivo	2,833	4,241	1,500
	Nucleotídeos	2,911	4,360	1,502
	GAA ¹	2,916	4,251	1,460
EPM		23,21	23,17	0,009
CV (%)		6,229	4,189	4,752
Fonte de variação		————— <i>P</i> -valor —————		
Minerais		0,913	0,854	0,784
Aditivos		0,314	0,074	0,136
Minerais*Aditivos		0,934	0,517	0,855

¹Ácido guanidinoacético; * Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 3. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	42 -d		
		Colesterol (mg dl ⁻¹)	Glicose (mg dl ⁻¹)	CK (U l ⁻¹)
Sem Mineral		128,00	241,53	1251,93
Cromo		139,51	241,20	1015,86
Selênio		145,57	250,87	1264,13
Cromo+Selênio		145,31	249,00	1191,73
	Sem Aditivo	149,40	254,80a	1147,85
	Nucleotídeos	135,70	247,75ab	1202,50
	GAA ¹	133,70	234,40b	1201,68
EPM		2,986	3,197	70,946
CV (%)		15,831	9,785	43,233
Fonte de variação		P-valor		
Minerais		0,116	0,586	0,526
Aditivos		0,160	0,132	0,941
Minerais*Aditivos		0,622	0,521	0,023

¹Ácido guanidinoacético; * Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 4. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio aos 42 dias, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre a creatina quinase (CK) de frangos de corte

Tratamentos	CK (U l ⁻¹)			P-valor
	Sem Aditivo	Nucleotídeos	GAA ¹	
Sem Mineral	1501,40a	996,80	1257,60	0,306
Cromo	1101,20c	1015,40	909,75	0,856
Selênio	604,40Cd	1607,60A	1580,40B	0,004
Cromo+Selênio	1384,40b	1190,20	1000,60	0,500
P-valor	0,038	0,217	0,196	

Tabela 5. Contagem diferencial leucocitária (Esfregaço Sanguíneo) de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	Heterófilo (%)	Linfócito (%)	Monócito (%)	Eosinófilo (%)	Basófilo (%)
Sem Mineral		26,58b	62,83a	4,33	5,25	1,00
Cromo		32,83ab	54,67ab	4,58	7,17	1,00
Selênio		35,17ab	53,33ab	4,42	6,58	1,25
Cromo+Selênio		39,36a	47,86b	6,36	6,36	0,79
	Sem Aditivo	38,29	48,79	4,64	6,79	1,50
	Nucleotídeos	28,56	59,83	4,56	6,56	1,00
	GAA ¹	35,33	53,33	5,67	5,78	0,61
EPM		1,72	1,80	0,52	0,56	0,22
CV (%)		34,27	21,93	73,64	63,06	155,18
Fonte de variação		————— <i>P</i> -valor —————				
Minerais		0,033	0,034	0,269	0,798	0,896
Aditivos		0,126	0,102	0,914	0,804	0,276
Minerais*Aditivos		0,165	0,117	0,346	0,799	0,855

¹Ácido guanidinoacético

Tabela 6. Rendimento de carcaça e cortes de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	42 -d (%)						
		Carcaça	Pernas	Asa	Peito com Osso	Peito Desossado	Dorso	Sassami
Sem Mineral		72,49	33,25	9,82	42,07	28,15	13,97	5,38
Cromo		72,47	33,23	9,90	39,35	27,94	14,09	5,49
Selênio		72,35	33,68	10,11	40,11	27,94	14,23	5,37
Cromo+Selênio		73,22	33,07	10,01	40,11	27,98	14,04	5,30
	Sem Aditivo	72,73	33,81	10,16	40,13	27,87	14,01	5,34
	Nucleotídeos	72,82	32,95	9,98	41,33	28,04	13,99	5,38
	GAA ¹	72,35	33,17	9,74	39,76	28,09	14,25	5,44
EPM		1,867	1,230	0,786	4,000	1,509	0,839	0,258
CV (%)		2,594	3,681	7,967	9,712	5,398	6,242	4,516
Fonte de variação		<i>P</i> -valor						
Minerais		0,580	0,575	0,767	0,279	0,979	0,864	0,202
Aditivos		0,714	0,080	0,259	0,426	0,888	0,597	0,434
Minerais*Aditivos		0,319	0,677	0,441	0,292	0,137	0,689	0,087

¹Ácido guanidinoacético;

Tabela 7. Determinação de Colágeno aos 42 dias em frangos de corte de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	Colágeno mg/g
Sem Mineral		4,09
Cromo		4,06
Selênio		4,38
Cromo+Selênio		4,04
	Sem Aditivo	4,15
	Nucleotídeos	4,24
	GAA ¹	4,03
EPM		0,119
CV (%)		23,29
Fonte de variação		<i>P</i> -valor
Minerais		0,749
Aditivos		0,829
Minerais*Aditivos		0,872

¹Ácido guanidinoacético

Tabela 8. Composição química corporal de frangos de corte de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	42-d		
		Umidade	Proteína	Gordura
Sem Mineral		74,50	22,19	1,98
Cromo		73,79	22,85	2,28
Selênio		74,53	22,62	1,89
Cromo+Selênio		74,69	21,52	2,02
	Sem Aditivo	74,38	22,56	1,97
	Nucleotídeos	74,51	21,59	2,24
	GAA ¹	74,25	22,73	1,92
EPM		0,149	0,235	0,118
CV (%)		1,552	7,027	47,36
Fonte de variação		P-valor		
Minerais		0,158	0,113	0,715
Aditivos		0,788	0,056	0,529
Minerais*Aditivos		0,532	0,009	0,951

¹Ácido guanidinoacético;

Tabela 9. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre a proteína na carne de peito de frangos de corte

Tratamentos	Proteína, 42-d			P-valor
	Sem Aditivo	Nucleotídeos	GAA ¹	
Sem Mineral	22,77	22,63a	21,19	0,223
Cromo	22,46	22,27a	23,82	0,244
Selênio	22,42	22,44a	22,99	0,809
Cromo+Selênio	22,61A	19,03bB	22,92A	0,001
P-valor	0,985	0,001	0,072	

¹Ácido guanidinoacético;

Tabela 10. Qualidade da carne do peito de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	42-d			
		pH15'	pH24h'	CRA (%)	PPC (%)
Sem Mineral		6,29	5,88	65,44	28,66
Cromo		6,34	5,84	65,49	26,64
Selênio		6,32	5,82	66,19	28,06
Cromo+Selênio		6,29	5,87	65,07	28,05
	Sem Aditivo	6,32	5,88	65,23	28,40
	Nucleotídeos	6,32	5,86	64,72	27,81
	GAA ¹	6,29	5,82	66,69	27,34
EPM		0,129	0,104	2,969	3,985
CV (%)		2,062	1,75	4,528	13,44
Fonte de variação				<i>P</i> -valor	
Minerais		0,708	0,363	0,775	0,505
Aditivos		0,836	0,177	0,103	0,669
Minerais* Aditivos		0,262	0,525	0,530	0,028

¹Ácido guanidinoacético;

Tabela 11. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre perda de peso por cocção (PPC) na carne de peito de frangos de corte

Tratamentos	PPC (%), 42-d			<i>P</i> -valor
	Sem Aditivo	Nucleotídeos	GAA ¹	
Sem Mineral	26,63	30,39a	28,96	0,285
Cromo	29,52A	22,66Cd	27,73B	0,016
Selênio	29,98	28,54c	25,66	0,491
Cromo+Selênio	27,48	29,66b	26,99	0,188
<i>P</i> -valor	0,439	0,008	0,566	

¹Ácido guanidinoacético;

Tabela 12. Coloração da carne do peito de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	15', 42 -d			24h', 42 -d		
		L*	a*	b*	L*	a*	b*
Sem Mineral		47,86	2,75	5,60	52,25b	3,82a	7,71
Cromo		47,26	2,42	4,83	51,96b	2,68b	6,87
Selênio		46,97	2,81	5,44	54,19b	3,62a	8,26
Cromo+Selênio		47,65	2,81	4,69	64,39a	3,78a	6,87
	Sem Aditivo	47,05	2,46	5,09	51,89b	3,07	8,22
	Nucleotídeos	48,29	2,98	5,08	63,25a	3,54	7,06
	GAA ¹	46,97	2,66	5,22	52,02b	3,75	7,43
EPM		2,81	1,04	1,88	34,26	1,66	3,62
CV (%)		5,93	38,37	36,46	60,26	47,16	47,39
Fonte de variação					<i>P</i> -valor		
Minerais		0,757	0,608	0,508	0,050	0,048	0,521
Aditivos		0,171	0,235	0,966	0,015	0,251	0,353
Minerais*Aditivos		0,138	0,431	0,832	0,002	0,264	0,306

¹Ácido guanidinoacético; * Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 13. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre a L* na carne de peito de frangos de corte

Tratamentos	L* 24h', 42 -d			<i>P</i> -valor
	Sem Aditivo	Nucleotídeos	GAA ¹	
Sem Mineral	51,33	52,10C	53,33	0,968
Cromo	52,31	52,13C	51,43	0,993
Selênio	54,01	54,97B	53,60	0,985
Cromo+Selênio	50,01b	57,16Aa	49,82b	0,001
<i>P</i> -valor	0,9634	0,001	0,957	

¹Ácido guanidinoacético.

Tabela 14. Substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mg MDA g⁻¹) na carne de peito de frangos de corte aos 42 dias de idade de alimentados com diferentes níveis de inclusão de de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos em diferentes períodos de armazenamento

Minerais	Aditivos	42 dias de idade			
		0 dias*	7dias*	30 dias*	60 dias*
Sem Mineral		0,121	0,020b	0,014b	0,040
Cromo		0,168	0,018b	0,019ab	0,042
Selênio		0,142	0,029ab	0,032a	0,050
Cromo+Selênio		0,141	0,053a	0,032a	0,058
	Sem Aditivo	0,121	0,025	0,014b	0,043
	Nucleotídeos	0,151	0,031	0,043a	0,057
	GAA ¹	0,157	0,028	0,019b	0,042
EPM		0,08	0,03	0,07	0,04
CV (%)		59,88	120,64	221,02	85,90
Fonte de variação		————— <i>P</i> -valor —————			
Minerais		0,528	0,002	0,003	0,239
Aditivos		0,306	0,644	0,001	0,159
Minerais*Aditivos		0,918	0,397	0,002	0,351

¹Ácido guanidinoacético; * Médias seguidas de letras diferentes na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

Tabela 15. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS, mg MDA g⁻¹) na carne de peito de frangos de corte

Tratamentos	42 -d idade, 30 -d armazenamento			<i>P</i> -valor
	Sem Aditivo	Nucleotídeos	GAA ¹	
Sem Mineral	0,013	0,015d	0,014	0,977
Cromo	0,014	0,019b	0,026	0,322
Selênio	0,014C	0,018Bc	0,021A	0,001
Cromo+Selênio	0,017B	0,111Aa	0,017B	0,001
<i>P</i> -valor	0,917	0,001	0,470	

ácido guanidinoacético;

Tabela 16. Média dos escores do *Wooden Breast*, *White Striping* em peitos de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos.

Minerais	Aditivos	42 -d											
		Madeira	0	1	2	3	Escore Médio	Estrias	0	1	2	3	Escore Médio
Sem Mineral		32,1	67,9	13,1	9,80	9,20	0,60	76,6a	23,4	27,2	25,7	23,6	1,50a
Cromo		42,5	57,5	22,0	11,5	9,00	0,70	60,1b	39,9	25,6	21,7	12,8	1,10b
Selênio		32,6	67,4	16,1	11,2	5,2	0,50	48,8c	51,2	27,4	14,4	7,00	0,80c
Cromo+Selênio		29,5	70,5	10,1	11,3	8,1	0,60	45,2d	54,8	19,6	16,3	9,30	0,80c
	Sem Aditivo	34,8	65,2	15,7	12,2	7,0	0,60	57,7	42,3	27,6	18,9	11,3	1,00
	Nucleotídeos	33,7	66,3	13,5	11,3	8,90	0,60	55,3	44,7	20,3	17,8	17,2	1,10
	GAA ¹	34,2	65,8	17,1	9,2	7,8	0,60	60,7	39,3	27,3	22,2	11,1	1,10
EPM		1,80	1,80	1,3	1,10	1,00		2,40	2,40	1,50	1,40	1,50	
CV (%)		39,8	20,7	63,7	74,6	95,6		31,3	43,0	45,3	53,3	87,0	
Fonte de variação		<i>P</i> -valor											
Minerais		0,925	-	-	-	-	0,218	0,001	-	-	-	-	0,001
Aditivos		0,647	-	-	-	-	0,867	0,409	-	-	-	-	0,869
Minerais* Aditivos		0,135	-	-	-	-	0,006	0,328	-	-	-	-	0,037

¹Ácido guanidinoacético; médias seguidas de letra diferentes na coluna, diferem ($P < 0,05$) pelo teste de Bonferroni.

Tabela 17. Interação entre níveis de inclusão de cromo e selênio, com ou sem inclusão de ácido guanidinoacético (GAA) e nucleotídeos sobre *White Striping* na carne de peito de frangos de corte

Tratamentos	Escore Médio Madeira 42 -d			<i>P</i> -valor	Escore Médio Estrias 42 -d			<i>P</i> -valor
	Sem Aditivo	Nucleotídeos	GAA ²		Sem Aditivo	Nucleotídeos	GAA ²	
Sem Mineral	0,487B	0,799aA	0,377dC	0,005	1,07aB	1,38aA	1,07aB	0,021
Cromo	0,688B	0,459cC	0,817aA	0,023	0,92bB	0,74bC	1,06aA	0,048
Selênio	0,573	0,479c	0,469c	0,883	0,72c	0,68c	0,71b	0,929
Cromo+Selênio	0,521	0,572b	0,512b	0,667	0,72c	0,75b	0,70b	0,951
<i>P</i> -valor	0,417	0,038	0,007		0,01	0,001	0,003	

¹Ácido guanidinoacético.