

MARCELA PIEDADE MONTEIRO

**ALFA-AMILASE EM FRANGOS DE CORTE: EFEITOS DO BALANÇO
ELETROLÍTICO E DO NÍVEL PROTÉICO DA DIETA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Bioquímica Agrícola, para a obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M775a
2004

Monteiro, Marcela Piedade, 1978-

Alfa-amilase em frangos de corte : efeitos do balanço
eletrolítico e do nível protéico da dieta / Marcela Piedade
Monteiro. – Viçosa : UFV, 2004.

x, 46f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: George Henrique Kling de Moraes.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 34-43.

1. Frango de corte - Dieta. 2. Alfa-amilase - Atividade
enzimática. 3. Proteínas na nutrição animal. I. Universidade
Federal de Viçosa. II.Título.

CDD 20.ed. 574.19254

MARCELA PIEDADE MONTEIRO

**ALFA-AMILASE EM FRANGOS DE CORTE: EFEITOS DO BALANÇO
ELETROLÍTICO E DO NÍVEL PROTÉICO DA DIETA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Bioquímica Agrícola, para a obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

APROVADO: 16 de julho de 2004.

Professora Maria Goreti de Almeida
Oliveira
(Conselheira)

Professor Luiz Fernando Teixeira
Albino

Professora Valéria Monteze
Guimarães

Professora Ana Cláudia Peres
Rodrigues

Professor George Henrique Kling de Moraes
(Orientador)

Aos meus pais Vilma e Marcelo

Ao meu irmão Gabriel

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação em Bioquímica Agrícola.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Professor George Henrique Kling de Moraes pela orientação, amizade e apoio e a Professora Maria Goreti de Almeida Oliveira pelo aconselhamento que permitiu a realização deste trabalho.

Aos professores Márcia Rogéria de Almeida Lamêgo, Luiz Fernando Teixeira Albino, Valéria Monteze Guimarães e Ana Cláudia Peres Rodrigues pela colaboração e valiosas sugestões.

À Flavia Escapini Fanchiotti pela ajuda, sugestões e amizade.

À minha querida família por estar sempre presente, apoiando e incentivando, especialmente meus pais e Gabriel, ao Eduardo Monteiro de Castro por todo carinho, apoio e auxílio.

Ao funcionário Jefferson Dias do Laboratório de Bioquímica Animal, pelo auxílio nas análises e pela amizade.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, que tenham de alguma forma contribuído direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

Marcela Piedade Monteiro, filha de Marcelo Rezende Monteiro e Vilma Piedade Monteiro, nasceu em 13 de maio de 1978 na cidade de Itapemirim, Estado do Espírito Santo.

Em 1996 iniciou o curso de graduação em Nutrição, na Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Minas Gerais, colando grau em 2000.

Em 2001 atuou como gerente Junior de uma Unidade de Alimentação e Nutrição em Machado, MG. Em 2002 trabalhou como nutricionista na Secretaria Municipal de Educação e na Secretaria Municipal de Saúde da cidade de Matozinhos, MG.

Em agosto de 2002 iniciou o curso de pós-graduação de Bioquímica Agrícola, em nível de mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, defendendo tese em julho de 2004.

ÍNDICE

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Hidrólise de sacarídeos pela α -amilase pancreática.....	5
2.2. Desenvolvimento enzimático do aparelho digestório.....	7
2.3. Equilíbrio ácido-básico.....	8
2.4. Equilíbrio eletrolítico da dieta.....	11
EXPERIMENTO: Alfa-amilase em frangos de corte: efeitos do balanço eletrolítico e do nível protéico da dieta	
RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	19
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS.....	34
APÊNDICE.....	44

RESUMO

MONTEIRO, Marcela Piedade, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2004. **Alfa-amilase em frangos de corte: efeitos do balanço eletrolítico e do nível protéico da dieta.** Orientador: George Henrique Kling de Moraes. Conselheiros: Maria Goreti de Almeida Oliveira e Márcia Rogéria de Almeida Lamêgo.

O desenvolvimento do aparelho digestório, a produção de enzimas digestivas e o balanço eletrolítico da dieta são importantes fatores para o crescimento animal. Assim, objetivou-se o estudo dos efeitos dos níveis de 20 e 23% de proteína bruta (PB) combinados com zero, 50, 100, 150, 200, 250 mEq/kg de balanço eletrolítico (BE) sobre a atividade da α -amilase pancreática em frangos de corte de 1 a 21 dias. O experimento foi conduzido com pintos de um dia, machos, da linhagem comercial Ross, por 21 dias, num delineamento inteiramente casualizado. As dietas experimentais continham 20% e 23% de PB, suplementadas com sais para obter os BE de zero, 50, 100, 150, 200 e 250 mEq/kg. Dietas e água foram fornecidos *ad libitum*. Aos um, 7, 14 e 21 dias, três aves de cada tratamento foram sacrificadas por deslocamento cervical e tiveram o pâncreas removido, homogeneizado, congelado em nitrogênio líquido e liofilizado. Uma alíquota de cada amostra foi solubilizada em água deionizada e centrifugada a 7500 x g por 3 minutos a 4⁰C. A atividade da α -amilase

pancreática foi determinada no sobrenadante com *kit* da In Vitro Diagnóstica. A concentração de proteína do homogenato foi determinada pelo método de WARBURG e CHRISTIAN (1941). Aves alimentadas com 20% de PB apresentaram atividades específicas (U/mg de proteína) maiores do que aquelas que receberam 23% de PB aos 7 e 21 dias de idade. Aves alimentadas com níveis de BE de 100 a 200 mEq/kg e 23% de PB tiveram maiores atividades do que aquelas alimentadas com 20% de PB aos 14 dias. Observou-se tendência a aumento da atividade específica dos 7 aos 14 dias e redução dos 14 aos 21 dias de idade. Sendo assim, para maior atividade específica de α -amilase pancreática, propõe-se dietas com 20% de PB e 200 mEq/kg de BE na fase pré-inicial, dietas com 20% de PB e 135 a 250 mEq/kg de BE dos 8 aos 21 dias de idade.

ABSTRACT

MONTEIRO, Marcela Piedade, M.S., Universidade Federal de Viçosa, July of 2004. **Alpha-amylase in broiler chickens: effects of electrolytic balance and protein level of the diet.** Adviser: George Henrique Kling de Moraes. Committee members: Maria Goreti de Almeida Oliveira and Márcia Rogéria de Almeida Lamêgo.

The development of the digesting system, production of digesting enzymes and dietary electrolytic balance are important factors for the animal growth. The study of effects of 20 and 23% of crude protein (CP) combined with 0, 50, 100, 150, 200, 250 mEq/kg of electrolytic balance (EB) in the pancreatic α -amylase activities of broiler chickens from 1 to 21 days was carried out. The experiment was conducted with one day old chicks, males, Ross, for 21 days, in a completely randomized factorial design. The experimental diets contained 20% and 23% of CP supplemented with salts to obtain EB of 0, 50, 100, 150, 200 and 250 mEq/kg. Diets and water were supplied *ad libitum*. At days 1, 7, 14 and 21, three birds from each treatment were sacrificed by cervical dislocation, pancreas removed, homogenized, frozen in liquid nitrogen and freeze-dried. An aliquot of each sample was solubilized with deionized water and centrifuged at 7500 x g for 3 minutes at 4°C. Activities of the pancreatic α -amylase in the supernatants were determined with specific kit In Vitro Diagnóstica. The protein

concentration was determined by the method of WARBURG and CHRISTIAN (1941). Chicks fed 20% of CP had specific activities (U/mg protein) higher than those receiving 23% at 7 and 21 days. Chicks fed 100 to 200 mEq/kg of EB and 23% CP showed higher activities than those fed 20% CP at 14 days. A tendency to increase of the specific activity was observed from 7 to 14 days and to reduce from 14 to 21 days. Thus, for the highest specific activity of pancreas α -amylase, we suggested diets with 20% CP and 200 mEq/kg of EB from 1 to 7 days, diets with 20% of CP and 135 until 250 mEq/kg of EB from 8 to 21 days of age.

1. INTRODUÇÃO

A avicultura é um dos setores agropecuários com maior e mais rápido desenvolvimento e altos índices de produtividade. Os trabalhos de pesquisa voltados para a indústria avícola vem objetivando diminuir a idade de abate e melhorar a qualidade nutricional do produto final (CASTRO, 1998; BARROS et al., 2001).

GOMES e ROSADO (1998) afirmaram que o elevado rendimento das novas linhagens usadas no mercado é reflexo da redução na taxa de mortalidade, melhoria na conformação de carcaça e aprimoramento nas técnicas de manejo. A seleção genética aumenta a velocidade de crescimento e melhora o desempenho das aves (SAKOMURA et al., 1997). Esses avanços da genética, nutrição, manejo e sanidade tem contribuído para tornar a avicultura a atividade de maior desenvolvimento nas últimas décadas (ARAÚJO et al., 2002). Os aminoácidos e os elementos minerais destacam-se na nutrição animal, pois excesso ou falta deles impossibilita o crescimento máximo do animal (ALVES et al., 2002). A primeira semana de vida dos frangos de corte é fundamental no resultado final da ave para o abate, devido a características anatômicas e fisiológicas do aparelho digestório diferenciadas das aves adultas.

Embora o sistema digestório ao nascimento esteja completo anatomicamente, a superfície de absorção e taxa de proliferação dos enterócitos aumentam na primeira semana (UNI et al., 1996; UNI et al., 1995). Os pintinhos possuem necessidades nutricionais muito limitadas pelas dificuldades em digerir e absorver certos nutrientes e apresentam rápido desenvolvimento potencial nos primeiros dias de vida (NITSAN et al., 1991b; SELL et al., 1991; PENZ JR. e VIEIRA, 1998). O trato digestório aumenta em tamanho e peso mais rapidamente que outros órgãos e tecidos na fase inicial de vida do animal (SELL et al., 1991; NIR et al., 1993; NOY e SKLAN, 1995). O desenvolvimento do sistema digestório durante este período possui o maior papel no crescimento da ave adulta (UNI et al., 1996; NIR et al., 1993).

A rápida transição do sistema digestório embrionário para alimentos exógenos é essencial para maximizar o crescimento precoce do frango. A quantidade de resíduos do saco vitelino, a qualidade e ingestão de ração e água, os níveis de enzimas pancreáticas e intestinais, a área de superfície do tubo intestinal, os transportadores de nutrientes e a digestibilidade global de nutrientes são fatores que influenciam no crescimento mais ligeiro (NITSAN et al., 1991; CASTRO, 1998). As funções digestórias das aves passam por um processo de maturação com o avançar da idade, tanto a produção enzimática quanto o processo de absorção de nutrientes. A influência da idade da ave está relacionada à maturação dos órgãos que compõem o sistema digestório, incluindo a produção de enzimas digestivas como a amilase (RODRIGUES et al., 2001a; LIMA et al., 2003).

Segundo Aumaitre (1972), citado por SOARES et al. (1999), a importância de relacionar a atividade enzimática com o desenvolvimento do animal têm estimulado a realização de vários estudos com o objetivo de verificar a atividade de enzimas no trato digestório de animais nas diversas etapas de desenvolvimento.

Após a eclosão, a atividade de enzimas pancreáticas no intestino delgado sofre mudanças para se adaptar à ingestão de alimentos (NOY e SKLAN, 1997). A síntese dessas enzimas é influenciada por estimulação humoral e mecânica causada pela passagem de maior quantidade de quimo através do trato digestório (PALO et al., 1995). Enzimas intestinais são responsáveis pela digestão final da maioria das macromoléculas e possui um papel vital na regulação da quantidade de nutrientes disponíveis para absorção (IJI et al., 2001).

A quantidade relativa de íons na dieta pode afetar o crescimento e a eficiência alimentar das aves (MONGIN e SAUVEUR, 1977). A importância do balanço cátion-aniônico está bem definido (McCRACKE e STEWART, 2001). O ajuste do conteúdo dos minerais da dieta de maneira a atender a exigência do animal e manter o balanço essencial para ótimo desempenho é de fundamental importância. Quando o balanço se altera para acidose ou alcalose, as vias metabólicas não funcionam apropriadamente (OVIEDO-RONDÓN et al., 2000). MONGIN (1981) verificou que o ótimo balanço eletrolítico da dieta ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$) é de 250 meq/kg para os frangos na fase de 1 a 21 dias e que a relação $(\text{K}^+ + \text{Cl}^-) / \text{Na}^+$ deve ser maior que 01 (um).

O balanço cátion – ânion, indicado pelo pH e pelas concentrações de bicarbonato no sangue, altera o equilíbrio ácido-base. Acidemia pode ser causada por dietas aniônicas, ricas em cloretos, sulfatos e fósforo; enquanto que dietas enriquecidas com sódio e potássio tendem a causar alcalemia (JOHNSON e KARUNAJEEWA, 1985). A manutenção do equilíbrio ácido-básico é essencial para os processos fisiológicos e bioquímicos do organismo animal. As enzimas celulares, as trocas eletrolíticas e a manutenção do estado estrutural das proteínas do organismo são diretamente afetadas por pequenas variações do pH sanguíneo (SOUZA et al., 2002). O desempenho de frangos de corte pode estar relacionado com as variações no balanço ácido-base causadas pelos efeitos do balanço iônico da dieta (BORGES et al., 1999).

Objetivou-se, neste trabalho, o estudo dos efeitos dos níveis de 20 e 23% de proteína bruta (PB) combinados com zero, 50, 100, 150, 200, 250 mEq/kg de balanço eletrolítico (BE) sobre a atividade da α -amilase pancreática em frangos de corte de um a 21 dias de idade.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Hidrólise de sacarídeos pela α -amilase pancreática (EC 3.2.1.1)

A digestão de sacarídeos começa com α -amilase clivando carboidratos complexos em maltose e dextrina limite (OOSTHUIZEN et al., 1992). A α -amilase (α -1,4-glucano-4-glucano hidrolase) é uma endoglicosidase que catalisa a hidrólise das ligações (1 \rightarrow 4)- α -D-glicosídicas do amido, amilose, amilopectina, glicogênio e várias maltodextrinas (YOON e ROBYT, 2003). A α -amilase é a principal enzima no processo de hidrólise de sacarídeos, em frangos, consiste num polipeptídio simples com cadeia de aproximadamente 470 resíduos de aminoácidos de seqüência conhecida, peso molecular de 53000 e máxima atividade em pH de 7,5 (D'AMICO et al., 2000; MATSUMOTO et al., 1997; MORAN JR., 1982).

A hidrólise da amilose, uma cadeia não ramificada de unidades de glicose unidas por ligações α -1,4, produz maltose e maltotriose. A amilopectina contém, além das unidades de glicose em ligação α -1,4, unidades com ligações α -1,6, que representam os pontos de ramificação presentes a cada 24 a 30 resíduos de carboidrato, aproximadamente.

A amilase não hidrolisa as ligações α -1,4 que se encontram em torno dos pontos de ramificação, e não efetua a hidrólise das ligações α -1,6. Sua ação sobre a amilopectina dá origem à α -dextrina limite. A hidrólise do amido pela α -amilase é rápida, sendo geralmente completada no momento em que os conteúdos intestinais alcançam a junção do duodeno e jejuno. O principal local da digestão do amido e glicogênio é o intestino delgado, pois as enzimas amilolíticas não estão presentes no suco gástrico (SMITH et al., 1988; NELSON e COX, 2000; BERG et al., 2002).

Vários animais produzem dois tipos de α -amilases, a α -amilase salivar produzida pela glândula parótida e a α -amilase pancreática pelo pâncreas. A α -amilase pancreática assemelha-se à salivar no requerimento de íons Cl^- , o pH ótimo de atuação em torno de 7,0 e estabilização por íons Ca^{++} (SMITH et al., 1988). A digestão do amido dos alimentos começa com a α -amilase salivar na boca. Essa digestão é interrompida pelo baixo pH do estômago. Quando o bolo alimentar passa do estômago para o intestino delgado, é neutralizado e a digestão do amido é finalizada pela α -amilase pancreática secretada no intestino delgado (YOON e ROBYT, 2003).

Nas aves, a digestão do amido é quase exclusivamente realizada pela α -amilase pancreática, pois elas não possuem α -amilase salivar (MORAN JR, 1982). A hidrólise do amido se inicia no papo pela ação fermentativa de microorganismos com produção de ácido lático e ácido acético. A quantidade produzida é pequena, contribuindo com aproximadamente 3% da manutenção do animal. Assim, a digestão dos carboidratos realmente acontece quando o bolo alimentar entra em contato com a α -amilase pancreática no duodeno da ave (ROSTAGNO, 1994).

2.2. Desenvolvimento enzimático do aparelho digestório

O processo produtivo em escala industrial apresenta várias mudanças e, dentre elas, destaca-se o encurtamento do ciclo biológico com menor tempo para produção de carne. Devido a essa redução contínua na idade de comercialização, a primeira semana após a eclosão tornou-se fundamental na vida de uma ave de corte (NITSAN et al., 1991a,b; UNI et al., 1998). As maiores mudanças do sistema digestório ocorrem durante esse período (NITSAN et al., 1995).

As aves nascem com uma reserva alimentar contida no saco vitelino que representa aproximadamente 10% do seu peso corporal. Esta reserva proporciona sua nutrição nos primeiros dias de vida e é o depósito das imunoglobulinas transferidas pela mãe (NUNES, 1998).

A adaptação de pintos à alimentação exógena está associada ao aumento do peso do trato digestório e das atividades de enzimas digestivas. A rápida transição do sistema digestório de absorção embrionária do ovo para alimentos exógenos é fundamental para maximizar o crescimento precoce. Pesquisas mostraram que a digestibilidade de nutrientes em aves jovens aumenta com a idade. O aumento do pâncreas é essencial para sua atividade secretória (NITSAN et al., 1991a,b; CLEOPHAS et al., 1995; DIBNER, 1997). A hidrólise deficiente no lúmen intestinal promovida pelas enzimas pancreáticas, provoca a diminuição da digestibilidade aparente dos componentes da dieta e reduz o crescimento do animal (CORRING e BOURDON, 1987; NITSAN et al., 1991a).

Estudos sobre a primeira semana de aves têm evidenciado que o desenvolvimento do trato digestório é um aspecto importante a ser analisado no crescimento das aves. A taxa de desenvolvimento físico do sistema digestório de aves durante o período inicial após a eclosão excede o ganho de peso corporal e de outros órgãos e tecidos (NITSAN et al., 1991a,b; SELL et al., 1991; NIR, 1998; JIN et al., 1998).

As enzimas digestivas aparecem durante a incubação, aumentando seus níveis após o nascimento (DIBNER, 1997; CANÇADO e BAIÃO, 2002). As aves nascem com alguma reserva de enzimas pancreáticas que são produzidas durante o período embrionário. Essas reservas esgotam rapidamente porque a síntese no período inicial é menor que o requerimento para secreção no intestino e para manter a concentração inicial (NITSAN et al., 1991a).

As informações sobre o padrão de desenvolvimento de enzimas digestivas pancreáticas, suas secreções no duodeno e atividades nos conteúdos intestinais em pintos durante o período inicial de crescimento, após a eclosão, são importantes para a projeção e implementação de estratégias nutricionais e dietéticas a fim de melhorar a utilização de nutrientes por aves jovens (JIN et al., 1998).

2.3. Equilíbrio ácido-básico

O equilíbrio ácido-básico do organismo influencia a atividade das enzimas, as trocas eletrolíticas e o estado estrutural das proteínas, portanto, sua manutenção é essencial. Sua importância é tanto fisiológica, quanto bioquímica, visto que o funcionamento do organismo é influenciado por pequenas alterações no pH sanguíneo (MACARI, 2002; SOUSA et al., 2002).

Alterações na velocidade das reações químicas das células podem ser causadas por modificações na concentração do íon hidrogênio, em relação ao seu valor normal. Esse desequilíbrio da homeostase ácido-base nas aves pode desencadear ou piorar problemas tais como: má qualidade da casca do ovo, má adaptação ao estresse térmico, baixo desempenho dos animais, antagonismo lisina-arginina e discondroplasia tibial (MURAKAMI, 2000).

O íon hidrogênio é o único próton livre liberado a partir de uma molécula de hidrogênio. As moléculas que contêm átomos de hidrogênio capazes de liberar íons hidrogênio em solução são designadas como ácidos. Já a base é definida como um íon ou molécula que pode aceitar um íon hidrogênio e freqüentemente usa-se o termo "álcali" como sinonímia para a mesma. Um álcali é uma molécula formada pela combinação de um ou mais metais alcalinos (Na^+ , K^+ , Li^+) com um íon fortemente básico como a hidroxila (OH^-). A porção básica dessas moléculas reage rapidamente com os íons hidrogênio para removê-los da solução. Por motivos similares, o termo alcalose refere-se à remoção excessiva de íons hidrogênio dos líquidos corporais, em contraste com a adição excessiva dos mesmos, que é designada como acidose (GUYTON, 1997).

O pH do sangue da maioria das espécies animais deve ser neutro, onde a $[\text{H}^+]$ é de 40 meq/L (0.00000004 Eq/L); $\text{pH} = -\text{Log} (0.00000004 \text{ Eq/l}) = 7,4$. O pH do sangue é muito importante, pois afeta o pH dos demais tecidos e suas células. A manutenção de um pH constante é de vital importância para o organismo, já que, em forma livre, quantidades pequenas de ácidos ou bases fortes levariam o pH a limites incompatíveis com a vida. Desvios do valor de pH normal provocam distúrbios no metabolismo, na permeabilidade de membranas, na forma molecular das proteínas e na distribuição eletrolítica. Desta forma, os valores de pH são mantidos por sistemas tampões que atuam neutralizando parcialmente os ácidos e as bases que provêm da dieta e do metabolismo (MACARI, 2002).

Os principais sistemas utilizados pelo organismo para manter a homeostase são: proteínas do plasma; hemoglobina; fosfato \leftrightarrow ácido fosfórico ($\text{HPO}_4^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^-$); bicarbonato \leftrightarrow ácido carbônico ($\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$).

As proteínas são macromoléculas formadas de aminoácidos. Os radicais atuam doando hidrogênio (carboxilato - COOH) ou captando hidrogênio (amônio - $^+\text{NH}_4$). A hemoglobina dissocia ou não H^+ do meio. Além disso, ela une o CO_2 com a H_2O formando o ácido carbônico (H_2CO_3), que pode perder um H^+ e passar a bicarbonato (HCO_3^-).

Esses elementos encontram-se no sangue em equilíbrio na proporção de uma molécula de H_2CO_3 para 20 de HCO_3^- . Assim, o animal em acidose, terá excesso de H^+ no seu sangue e ocorrerá polipnéia compensatória. No caso de alcalose, a hemoglobina aumentará sua afinidade pelo CO_2 e a respiração passa a ser mais lenta para que o CO_2 fique mais tempo retido no organismo e possa reagir com a H_2O , a fim de acidificar o sangue.

O metabolismo celular, além do CO_2 / HCO_3^- , produz uma série de outros radicais ácidos não voláteis (ácido lático, fosfórico, sulfúrico). Entretanto, em casos de ingestão de substância alcalina, pode ocorrer no organismo um excesso de bases. Esses ácidos e bases deverão ser eliminados pelos rins, através da urina. Isto revela a importância dos rins na manutenção do equilíbrio ácido-básico do organismo (MACARI, 2002).

Em pH ácido, há aumento da capacidade renal de reabsorver o sódio e outros elementos alcalinos. Desta forma, o H^+ será eliminado e trocado pelo sódio para formar o fosfato de sódio e liberar esse composto alcalino na corrente sanguínea. E em caso de pH alcalino, há pouca concentração de H^+ no sangue e grande quantidade dos elementos alcalinos, particularmente do sódio. O ácido fosfórico troca seu H^+ pelo sódio e leva esse elemento ao rim a fim de ser excretado. As células tubulares renais produzem os íons H^+ que retornam formando novamente o ácido fosfórico (H_2PO_4^-).

O sistema tampão bicarbonato atua de forma similar ao sistema fosfato, ressaltando-se que o bicarbonato faz a troca de elementos na forma de bicarbonato de sódio (NaHCO_3). O bicarbonato possui efeito tamponante, o cloro tem efeito acidificante, enquanto, o sódio e o potássio possuem um efeito alcalinizante nos fluídos corporais (HOOGE,1998).

2.4. Equilíbrio eletrolítico da dieta

O equilíbrio eletrolítico da dieta (EED) é definido como sendo a diferença entre a concentração total de cátions e de ânions da dieta. Eletrólitos são substâncias que num certo meio conduzem a corrente elétrica quando dissociadas em íons com cargas positivas (Na^+ , K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , etc.) ou negativas (Cl^- , F^- , etc.). O conteúdo de eletrólitos exerce influência no equilíbrio ácido-básico dos animais e, conseqüentemente, afeta processos metabólicos relacionados com o crescimento, resistência a doenças, sobrevivência ao estresse por calor, entre outros (MURAKAMI, 2000).

A soma dos eletrólitos fornecidos na ração influencia na regulação do equilíbrio ácido-base do animal. Com isso, as cargas negativas devem ser balanceadas com as cargas positivas, já que as dietas não possuem carga neutra. As proporções de Na^+ , Cl^- e K^+ na dieta são determinantes do balanço eletrolítico da ração (JUDICE et al., 2002).

O potássio é elemento essencial na síntese de proteínas teciduais, manutenção da homeostase intracelular, reações enzimáticas, balanço osmótico e equilíbrio ácido-básico, além de ter importância para minimizar o antagonismo arginina-lisina. O antagonismo entre esses aminoácidos acontece porque a lisina aumenta a degradação da arginina nas aves via atividade da arginase renal. Aumentando assim, a perda urinária da arginina devido à competição dos dois aminoácidos pela reabsorção nos túbulos renais e por um decréscimo na síntese de creatinina (MACARI, 2002).

O sódio e o cloro exercem papel importante no espaço extracelular, bem como no equilíbrio ácido-básico (MACARI, 2002). O Na^+ é o principal cátion presente nos fluidos extracelulares, atuando essencialmente no equilíbrio ácido-básico e de pressão osmótica corporal, na atividade elétrica das células nervosas e do músculo cardíaco, na permeabilidade celular e na absorção dos monossacarídeos e aminoácidos. O Cl^- tem passividade intra e intercelular

controlando as cargas elétricas entre e dentro das células (BARROS et al., 2001; GUYTON, 1997; BERTECHINI, 1994).

Estudos têm sido direcionados ao desenvolvimento de expressões simplificadas de balanço eletrolítico, de forma a identificar a relação crítica de eletrólitos para o uso em formulações práticas de rações. MONGIN (1981) utilizou a soma de eletrólitos, expressos em mEq/100g de alimento: $\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$ (mEq/Kg). O autor acrescenta que o Mg^{++} tem baixa taxa de absorção e é provido pela maioria das dietas; o fosfato vem de várias fontes indefinidas e isto dificulta estabelecer uma medida; a taxa de absorção do Ca^{++} é controlada pelo sistema endócrino e é muito menor que o Na^+ ou K^+ , e o sulfato é adicionado somente em pequenas quantidades, de forma a prevenir o catabolismo da metionina.

Desta forma, emprega-se a seguinte fórmula para o cálculo do EED:

$$\text{EED} = (\% \text{Na}^+ \times 100/22,990^*) + (\% \text{K}^+ \times 100/39,102^*) - (\% \text{Cl}^- \times 100/35,453^*)$$

* Equivalente grama do Na^+ , K^+ ou Cl^- , respectivamente.

Segundo MONGIN (1981), o controle de $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-)$ na dieta dos frangos é bastante útil. Mas o método tem seus próprios limites. A primeira situação é quando um dos minerais da dieta está deficiente, isto é, abaixo do mínimo recomendado. A deficiência é o primeiro fator limitante e nenhum ajuste no EED resolverá. Por outro lado, se houver excesso de algum mineral, isto é tóxico e a alteração de $(\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-)$ é inútil nesta questão. O último ponto da discussão é relativo ao conteúdo de K^+ . Os frangos toleram melhor um excesso de K^+ do que de Na^+ . Então, MONGIN (1981) também propôs que a relação $(\text{K}^+ + \text{Cl}^-) / \text{Na}^+$ deve ser maior que 01 (um). Assim, os níveis de sódio, potássio e cloro devem obedecer a uma proporção para manter a homeostase ácido-base e obter máximo desempenho das aves (MACARI, 2002).

EXPERIMENTO
ALFA-AMILASE EM FRANGOS DE CORTE: EFEITOS DO BALANÇO
ELETROLÍTICO E DO NÍVEL PROTÉICO DA DIETA

RESUMO

Um experimento foi conduzido com pintos de corte, machos, Ross, para estudar os efeitos dos níveis de 20 e 23% de proteína bruta (PB) combinados com zero, 50, 100, 150, 200, 250 mEq/kg de balanço eletrolítico (BE) sobre a atividade da α -amilase pancreática de frangos de corte de 1 a 21 dias. O delineamento foi inteiramente casualizado. Dietas e água foram fornecidos *ad libitum*. Aos um, sete, 14 e 21 dias, três aves de cada tratamento foram sacrificadas por deslocamento cervical, pâncreas removidos, homogeneizados, congelados em nitrogênio líquido e liofilizados. Uma alíquota de cada amostra foi solubilizada em água deionizada e centrifugada a 7500 x g por 3 minutos a 4°C. A atividade da α -amilase do sobrenadante foi determinada com *kit* específico da In Vitro Diagnóstica. Aves alimentadas com 20% de PB apresentaram atividades específicas (U/mg de proteína) maiores do que aquelas que receberam 23%, exceto para os níveis de BE de 100 a 200 mEq/kg aos 14 dias. Observou-se tendência a aumento da atividade específica dos 7 aos 14 dias e redução dos 14 aos 21 dias. Assim, para a maior atividade específica de

α -amilase, propõe-se dietas com 20% de PB e 200 mEq/kg de BE na fase pré-inicial, dietas com 20% de PB e 135 a 250 mEq/kg de BE dos 8 aos 21 dias de idade.

Palavras-chave: α -amilase, balanço eletrolítico, frangos, pâncreas, proteína dietética

ABSTRACT

An experiment was conducted with broiler chicks, males, Ross, to study the effects of 20 and 23% of crude protein (CP) combined with 0, 50, 100, 150, 200, 250 mEq/kg of electrolytic balance (EB) in the pancreatic α -amylase activities from 1 to 21 days. A completely randomized factorial design was used. Diets and water were supplied *ad libitum*. At days 1, 7, 14 and 21, three birds from each treatment were sacrificed by cervical dislocation, pancreas removed, homogenized, frozen in liquid nitrogen and freeze-dried. An aliquot of each sample was solubilized with deionized water and centrifuged at 7500 x g for three minutes at 4°C. Activities of the pancreatic α -amylase in the supernatants were determined with specific kit In Vitro Diagnóstica. Chicks fed 20% of CP showed specific activities (U/mg protein) higher than those receiving 23%, except for the levels of EB from 100 to 200 mEq/kg at 14 days. A tendency to increase specific activity was observed from 7 to 14 days and to reduce from 14 to 21 days. Thus, for the highest specific activity of pancreas α -amylase, we suggested diets with 20% CP and 200 mEq/kg of EB from 1 to 7 days, diets with 20% of CP and 135 until 250 mEq/kg of EB from 8 to 21 days of age.

Key-words: α -amylase, broiler chicks, dietary protein, electrolytic balance, pancreas

1. INTRODUÇÃO

Avicultura vem se consolidando como um importante setor da economia devido aos vários estudos sobre genética, nutrição, manejo e sanidade que têm contribuído para melhorar a qualidade do produto e diminuir a idade de abate do frango de corte (ARAÚJO et al., 2002; BARROS et al., 2001; CASTRO, 1998).

Na primeira semana de vida de aves de corte o aparelho digestório cresce mais rápido que outros órgãos e tecidos. Alimentação exógena é fundamental logo nos primeiros dias de vida para maximizar o desenvolvimento do sistema digestório e resultar no crescimento desejado do animal no menor tempo (SELL et al., 1991; NOY e SKLAN, 1995; PENZ JR e VIEIRA, 1998). As aves nascem com um suprimento de nutrientes, incluindo enzimas digestivas que se esgotam rapidamente devido a pouca síntese e grande demanda na primeira semana (NUNES, 1998; NITSAN et al., 1991a). No trato digestório, polissacarídeos são hidrolisados pela α -amilase (EC 3.2.1.1) a dissacarídeos e oligossacarídeos. Esta endoglicosidase catalisa a hidrólise das ligações α -1,4-D-glicosídicas e possui pH ótimo em torno de 7,0 (SMITH et al., 1988; YOON e ROBYT, 2003).

Alguns estudos têm mostrado que o balanço eletrolítico (BE) da dieta afeta o crescimento e a eficiência alimentar das aves (SIMONS et al., 1987; KARUNAJEEWA e BARR, 1988; KARUNAJEEWA et al., 1986). MONGIN e SAUVEUR (1977) verificaram que o ótimo BE da dieta ($\text{Na}^+ + \text{K}^+ - \text{Cl}^-$) é de 250 mEq/kg para os frangos na fase de 1 a 21 dias e que a relação $(\text{K}^+ + \text{Cl}^-) / \text{Na}^+$ deve ser maior que 01 (um). Os minerais Na, K e Cl são importantes no desempenho do metabolismo pela participação no balanço ácido-básico e na integridade dos mecanismos que regulam o transporte através das membranas celulares. O balanço desses minerais age no equilíbrio ácido-base das aves, podendo influenciar no seu desempenho e outras funções fisiológicas (JUDICE et al., 2002).

A manutenção do equilíbrio ácido-básico é essencial para os processos fisiológicos e bioquímicos (SOUSA et al., 2002), pois, pequenas alterações no pH podem afetar processos metabólicos relacionados com crescimento, resistência a doenças, sobrevivência ao estresse pelo calor, entre outros (MURAKAMI, 2000).

Assim, foi objetivo deste trabalho estudar os efeitos dos níveis de 20 e 23% de PB combinados com zero, 50, 100, 150, 200 e 250 mEq/kg de BE sobre a atividade da α -amilase pancreática em frangos de corte de 1 a 21 dias.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi conduzido no setor de avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG, num período de 21 dias. Foram utilizados 720 pintos da linhagem comercial Ross, machos, alojados em galpão de alvenaria, com pé direito de 3,0 metros de altura, cobertura com telhas de cimento amianto provido de lanternim, mureta com laterais de 0,50 m, tela de 0,5 polegadas. Foram utilizados boxes de 1,25 x 1,80 m (2,25 m²) com piso de cimento, cobertos com 10 cm de maravalha como cama. Durante o período experimental foi adotado programa de luz contínuo com 24 horas de luz natural e artificial e para aquecimento das aves do 1^o ao 15^o dia foram utilizadas lâmpadas com luz infravermelho de 250W, com altura regulável. O fornecimento de ração e água foi à vontade durante todo o período experimental.

Foram utilizadas duas rações basais, formuladas à base de milho, farelo de soja e farelo de glúten de milho, contendo 20 e 23% de proteína bruta (PB), de forma a atender as recomendações nutricionais segundo ROSTAGNO et al. (2000), exceto para cloro e potássio. Essas rações foram formuladas de forma a conter balanço eletrolítico (BE) de 150 mEq/kg, sendo utilizado como fonte de cloro o cloreto de amônio (Tabela 1).

Os valores de BE foram calculados utilizando a seguinte fórmula sugerida por MONGIN (1981):

$$BE = (\%Na^{+} \times 100/22,990^{*}) + (\%K^{+} \times 100/39,102^{*}) - (\%Cl^{-} \times 100/35,453^{*})$$

(* Equivalente grama do Na⁺, K⁺ ou Cl⁻, respectivamente)

Tabela 1 - Composição percentual das dietas experimentais

Ingredientes		Ração 20%	Ração 23%
Milho		60,870	55,913
Farelo de soja		30,128	28,853
Farelo de glúten de milho		–	7,941
Óleo de soja		2,571	1,632
Calcário		1,000	1,027
Fosfato bicálcico		1,860	1,826
DL – Metionina (99%)		0,285	0,130
L – Arginina (99%)		0,097	–
Glicina		0,296	–
L – Lisina HCl (98%)		0,332	0,295
L – Treonina (98,5%)		0,139	0,007
L – Triptofano (99%)		0,012	–
Sal comum		0,469	0,460
Cloreto de amônia		0,122	0,134
Cloreto de colina (60%)		0,100	0,100
Mistura Vitamínico ¹		0,100	0,100
Mistura Mineral ²		0,050	0,050
Virginamicina ³		0,050	0,050
Anticoccidiano ⁴		0,055	0,055
Antioxidante ⁵		0,010	0,010
Areia lavada (inerte)		1,500	1,500
TOTAL		100,00	100,00
Composições Calculadas			
Energia Metabolizável	(kcal/ kg)	3.000	3.000
Proteína bruta	(%)	20,00	23,00
Cálcio	(%)	0,960	0,960
Fósforo total	(%)	0,668	0,679
Fósforo disponível	(%)	0,450	0,450
Sódio	(%)	0,225	0,222
Potássio	(%)	0,737	0,712
Cloro	(%)	0,484	0,457
Arginina total	(%)	1,324	1,321
Arginina digestível	(%)	1,260	1,260
Glicina + Serina	(%)	2,096	2,096
Metionina + Cistina total	(%)	0,890	0,901
Metionina +Cistina digestível	(%)	0,815	0,815
Lisina total	(%)	1,250	1,252
Lisina digestível	(%)	1,143	1,143
Treonina total	(%)	0,874	0,873
Treonina digestível	(%)	0,766	0,766
Triptofano total	(%)	0,245	0,243
Triptofano digestível	(%)	0,221	0,221
Balanço Eletrolítico	(mEq/kg)	150	150

¹ Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A: 10.000.000 UI; vitamina D3: 2.000.000 UI; Vitamina E: 30.000 UI; Vitamina B1: 2,0g; Vitamina B6: 4,0 g; Ácido Pantotênico: 12,0g; Biotina: 0,10g; Vitamina K3: 3,0 g; Ácido fólico: 1,0 g; Ácido nicotínico: 50,0 g; Vitamina B12: 15.000 mcg; Selênio: 0, 25 g; e Veículo q. s. p.: 1.000g.

² Rologomix (Roche).- Níveis de garantia por quilo de produto: Manganês: 16,0 g; Ferro: 100,0 g; Zinco: 100,0 g; Cobre: 20,0 g; Cobalto: 2,0 g; Iodo: 2,0 g; e Veículo q. s. p.: 1.000g.

³ Stafac[®] – 50 %.

⁴ Coxistac[®] (Salinomicina) – 12 %.

⁵ Hidroxi Butil Tolueno.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2 (seis níveis de BE dentro de dois níveis de PB), três repetições e 20 aves por unidade experimental. Cada ração basal (20 e 23% de PB) foi suplementada com cloreto de amônio (NH₄Cl) ou carbonato de potássio (K₂CO₃), em substituição ao material inerte, de forma a obter 6 níveis (0; 50; 100; 150; 200 e 250 mEq/kg) de BE. As aves foram distribuídas uniformemente com um dia de idade e peso médio de 45g.

O NH₄Cl foi utilizado para se obter os balanços de 0; 50; e 100 mEq/kg e o K₂CO₃ para balanços de 200 e 250 mEq/kg. Os tratamentos experimentais podem ser observados na Tabela 2.

Tabela 2 - Tratamentos constituídos pelas rações basais (20 e 23% de PB) suplementadas com NH₄Cl ou K₂CO₃

BE (mEq/kg)	Ração Basal (kg)	Inerte (kg)	NH ₄ Cl (kg)	K ₂ CO ₃ (kg)	Total (kg)
0	98,5	0,693	0,807	-	100
50	98,5	0,962	0,538	-	100
100	98,5	1,231	0,269	-	100
150	98,5	1,500	-	-	100
200	98,5	1,151	-	0,349	100
250	98,5	0,802	-	0,698	100

NH₄Cl – peso molecular (U.M.A.) = 53,45; pureza 99,5 %.

K₂CO₃ – peso molecular (U.M.A.) = 138,20; pureza 99,0 %.

Aos um, sete, 14 e 21 dias foram selecionados ao acaso três aves de cada tratamento, as quais foram sacrificadas por deslocamento cervical. Foi removido o pâncreas de cada ave. Destes órgãos foram imediatamente removida a gordura periférica e congelados em nitrogênio líquido, homogeneizados, liofilizados e armazenados a -20⁰C para posterior determinações das atividades enzimáticas

De cada amostra do material liofilizado foi retirado 1 mg e solubilizado em 1 mL de água deionizada gelada com a utilização de agitador. As amostras foram então centrifugadas a 7500 x g por 3 minutos a 4°C. O sobrenadante foi utilizado para a determinação da atividade da enzima digestiva α-amilase.

A atividade de α -amilase foi determinada por espectrofotometria com a utilização de *kit* produzido pela In Vitro Diagnóstica com metodologia modificada de CARAWAY (1959). A determinação baseia-se no princípio de que a α -amilase promove a hidrólise do amido com a liberação de moléculas de maltose e dextrina, e com a adição de iodo forma-se cor azul devido a complexação do iodo com o amido não hidrolisado. A atividade de α -amilase é inversamente proporcional à intensidade de cor azul sendo calculada pela comparação com um controle de substrato. A leitura da cor desenvolvida é realizada a 660 nm. Os valores são expressos em unidades da amilase por 100 mL da amostra (U%).

A determinação da concentração de proteína do pâncreas foi realizada pelo método descrito por WARBURG e CHRISTIAN (1941). Este método utiliza as leituras de absorção a 260 e 280 nm. O valor da leitura a 280 nm é dividido pelo valor a 260 nm, obtendo-se um fator para correção da presença de resíduos de tirosina, triptofano e ácidos nucléicos. Multiplicando-se a leitura a 280 nm pelo fator de correção e pelo fator de diluição da amostra, obtém-se a concentração de proteína em mg/mL de amostra. A diluição utilizada neste estudo foi 1:10.

As análises estatísticas dos dados obtidos foram realizadas usando o programa Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (UFV, 2000), no qual foi feita análise de variância com posterior uso de regressão polinomial.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Atividade específica de α -amilase em frangos aos 7 dias de idade

Não houve interação entre os níveis de PB e BE ($P>0,05$). Houve apenas efeito ($P<0,01$) do nível de proteína sobre atividade enzimática. Independentemente do nível de BE, as dietas com 20% de proteína resultaram em maior atividade específica média (Figura 1).

Aves alimentadas com 20% de PB apresentaram maiores concentrações de atividade específica do que aquelas que receberam 23% de PB, exceto as que receberam ração com BE de 100 mEq/kg, onde houve inversão.

Observou-se tendência a aumento de 1,75 vezes da atividade enzimática nos animais alimentados com dieta contendo 20% de PB quando o BE aumentou de zero para 200 mEq/kg e queda de 2,01 quando a ração passou de 200 mEq/kg para 250 mEq/kg de BE.

Os frangos que receberam ração com 23% de PB apresentaram maior atividade específica de α -amilase com BE de 100 mEq/kg, a qual aumentou 1,94 vezes de zero a 100 mEq/kg de BE e reduziu 3,06 vezes quando o nível de BE da dieta passou de 100 para 250 mEq/kg.

Num estudo com frangos de corte de um a 7 dias, com 20% e 23% de PB e diferentes níveis de BE, VIEITES (2003) verificou maior ganho de peso com o BE de 129 e 136 mEq/kg (para 20% e 23% de PB, respectivamente) e para consumo de ração, o melhor valor de BE foi 167 mEq/kg, independentemente do nível protéico. Ao contrário deste estudo, TOLEDO (2002) trabalhando com frangos de corte no mesmo período e 22% e 25% de PB na ração, verificou que as aves que receberam maior nível protéico na ração pré-inicial tiveram maior ganho de peso.

Segundo ARAÚJO et al. (2001), a quantidade de aminoácidos da dieta deve ser exatamente os níveis exigidos para manutenção e máxima deposição protéica. As proteínas ofertadas aos animais não deve possuir aminoácidos em excesso. Relacionando essas sugestões ao fato dos pintinhos aos 7 dias de idade

não terem o aparelho digestório completamente desenvolvido, pode ser que o nível de 23% de PB tenha causado excesso de aminoácidos que foram catabolisados. Assim, o nível de 20% de PB, no presente estudo, foi melhor para o desenvolvimento do aparelho digestório.

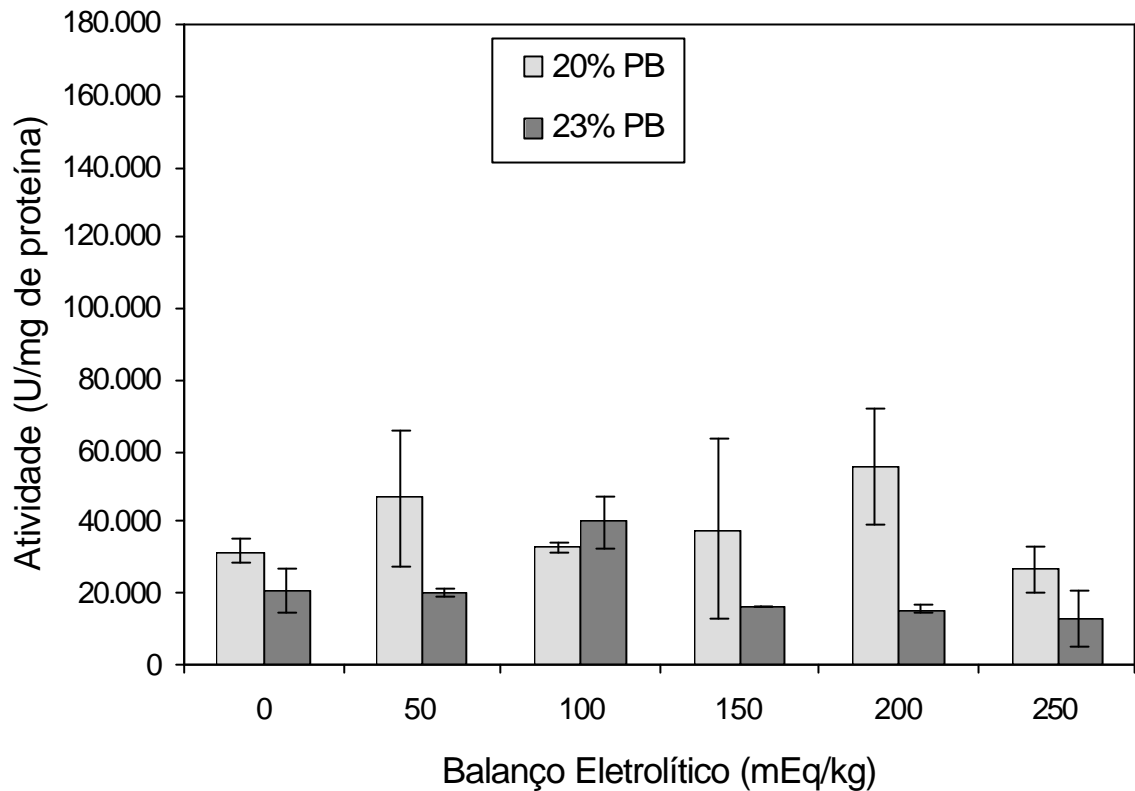


Figura 1 - Atividade específica da α -amilase pancreática em frangos de corte com sete dias de idade

BORGES et al. (2002), ao verificarem ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte na primeira semana de vida, sugeriram balanço eletrolítico ideal entre 246 e 277 mEq/kg. OVIEDO-RONDÓN et al. (2000) encontraram valores semelhantes para frangos de corte na mesma fase. Estes autores indicaram uma faixa de 250 a 319 mEq/kg de BE da ração para melhor desempenho.

Em princípio, o BE sugerido para o desenvolvimento animal ultrapassa o observado neste trabalho para atividade específica da α -amilase. Entretanto, MAIORKA et al. (1998) sugeriram como ótimo o valor de BE de 140 mEq/kg para dietas pré-iniciais no desempenho de frangos de corte.

3.2. Atividade específica de α -amilase em frangos aos 14 dias de idade

A interação entre PB e BE não foi significativa ($P>0,05$). Foi observado efeito quadrático dos níveis de BE ($P<0,01$) sobre a atividade específica (Figura 2).

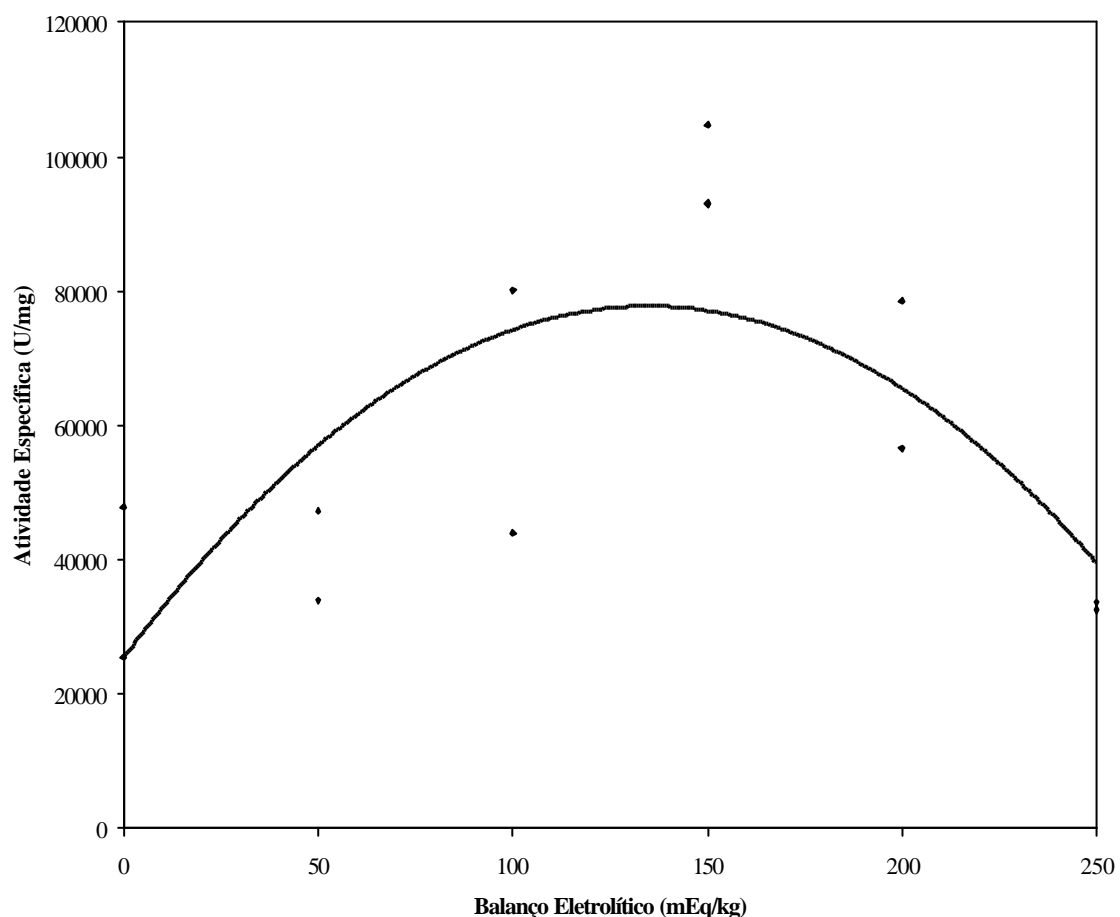


Figura 2 - Regressão quadrática do efeito da variação de BE sobre atividade específica de α -amilase pancreática em frangos de corte aos 14 dias

O efeito quadrático ($P < 0,01$) dos níveis de BE sobre a atividade enzimática indicou que o nível de 134,87 mEq/kg de BE pode causar maior atividade específica de α -amilase. Os valores médios da atividade enzimática estão apresentados na Figura 3.

Animais alimentados com dieta contendo 20% de PB apresentaram maior valor de atividade específica com 150 mEq/kg de BE. Observou-se que a atividade nesses animais foi 1,94 vezes maior ao passar da dieta com zero de BE para 150 mEq/Kg. Houve redução de 2,76 vezes quando o BE passou de 150 mEq/kg para 250 mEq/kg.

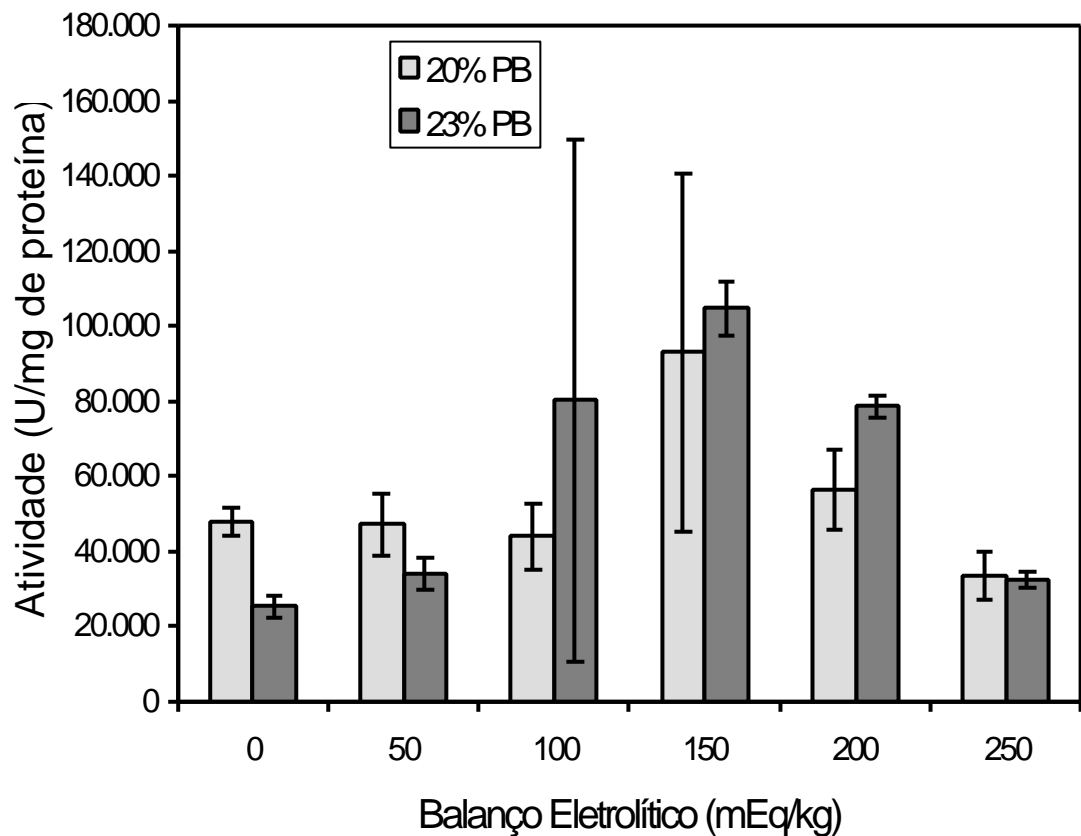


Figura 3 - Atividade específica da α -amilase pancreática em frangos de corte com 14 dias de idade

A atividade de α -amilase, nas aves que receberam ração com 23% de PB, foi maior nos níveis de BE de 100 a 200 mEq/kg. Verificou-se aumento de 3,14 vezes quando o BE da ração alterou de zero para 100 mEq/kg, 4,11 vezes e 3,08 vezes ao modificar o BE de zero para 150 mEq/kg e 200 mEq/kg. Quando a dieta passou de 100, 150 e 200 mEq/kg para 250 mEq/kg de BE, as atividades enzimáticas caíram 2,46, 3,22 e 2,41 vezes.

Em um experimento com frangos no período inicial, BORGES et al. (2002) verificaram que os níveis de PB não afetaram o desempenho e concluíram que 21% de PB na dieta pré-inicial e inicial atendem às necessidades dos frangos recebendo dieta com 2900 Kcal EM/kg. VIEITES (2003) encontrou melhores resultados de ganho de peso e conversão alimentar com BE entre 166 e 197 mEq/kg para frangos de corte de 1 a 14 dias de idade. Os níveis de BE indicados como ideais para melhor desempenho são maiores em relação ao nível verificado, enquanto as observações sobre PB corroboram com o resultado encontrado neste estudo.

3.3. Atividade específica de α -amilase em frangos aos 21 dias de idade

A interação entre os níveis de PB e BE foi significativa ($P < 0,05$). Entretanto, não existe regressão linear ou quadrática capaz de explicar a variação de BE sobre atividade para 20 e 23% de PB. Os efeitos médios dos níveis de PB e de BE sobre a atividade enzimática são mostrados na Figura 4.

Os animais que receberam dieta com 20% de PB apresentaram atividade específica de α -amilase maiores para todos os níveis de BE. É provável que o excesso de aminoácidos presentes na ração com 23% de PB tenham causado maior gasto de energia para catabolisá-los e, também, devido à formação de ácido úrico (RIBEIRO et al., 1995).

Aves alimentadas com ração contendo 20% de PB tiveram aumento de 1,27 vezes na atividade específica quando o nível de BE passou de zero para 250 mEq/Kg. Aquelas que receberam 23% de PB, tiveram em média atividades mais

elevadas entre os níveis de 100 e 150 mEq/kg de BE. Elevando-se o nível de BE de zero para 100 e 150 mEq/kg ocorreu aumento de 1,11 e 1,19 vezes na atividade enzimática, respectivamente. Aumentando-se o nível de 100 e 150 mEq/Kg para 250 mEq/kg de BE, houve redução de 1,19 e 1,27 vezes na atividade.

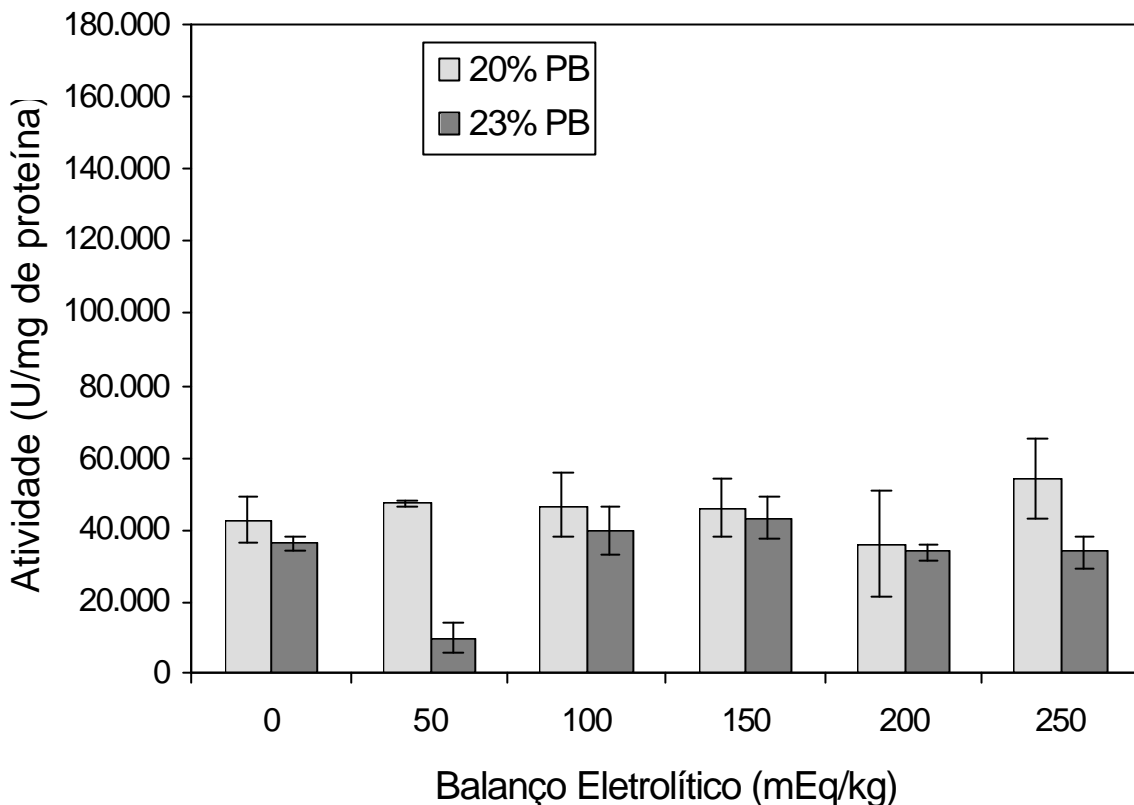


Figura 4 - Atividade específica da α -amilase pancreática em frangos de corte com 21 dias de idade

Ao avaliar parâmetros sanguíneos e ósseos de frangos de corte aos 21 dias, VIEITES et al. (2003) recomendaram valores de BE entre 150 e 200 mEq/kg para melhores respostas biológicas. Segundo VIEITES (2003), a faixa de 166 a 194 mEq/kg de BE é ótima para o desempenho de frangos de corte de um a 21 dias. MURAKAMI et al. (2001) encontraram para máximo crescimento de frangos de corte entre 21 e 42 dias de idade os níveis de 249 a 261 mEq/Kg de

BE. Resultados similares, porém num intervalo maior, foram relatados por OVIEDO-RONDÓN et al. (1999) para frangos de 1 a 21 dias. Estes autores sugeriram para melhor conversão alimentar o BE de 246 a 315 mEq/kg. No presente estudo, foi observado que o nível de 250 mEq/kg de BE e 20% de PB, permitiu maiores valores de atividade específica de α -amilase.

3.4. Atividade específica de α -amilase em frangos de um aos 21 dias

A atividade específica de α -amilase pancreática nos pintos com um dia de idade foi, em média, 45431 U/mg de proteína. Este nível de atividade superou os níveis das atividades enzimáticas dos frangos aos 7 dias de idade, exceto naqueles animais que receberam dieta com 20% de PB e 50 e 200 mEq/kg de BE. Observou-se tendência à queda da atividade específica de α -amilase pancreática do primeiro dia de vida aos 7 dias de idade, aumento da atividade dos 7 aos 14 dias e redução dos 14 aos 21 dias.

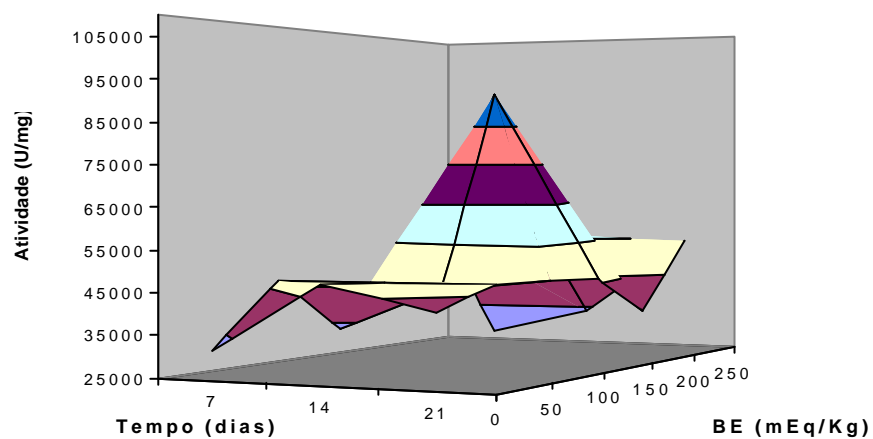


Figura 5 - Variação da atividade específica de α -amilase pancreática em função do balanço eletrolítico e do tempo para 20% de proteína bruta

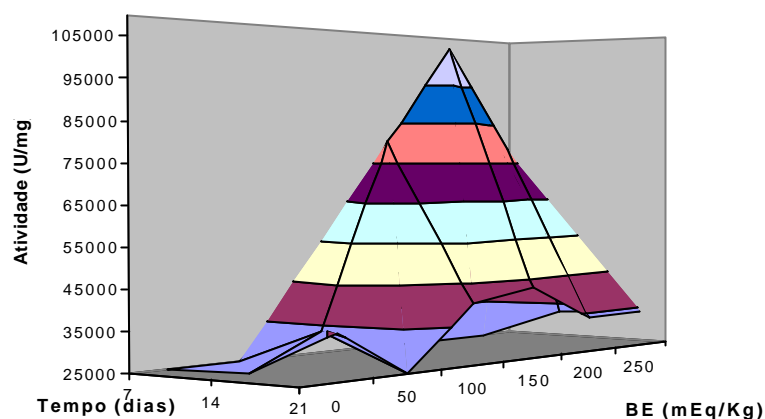


Figura 6 - Variação da atividade específica de α -amilase pancreática em função do balanço eletrolítico e do tempo para 23% de proteína bruta

Os resultados obtidos estão de acordo com alguns estudos (NITSAN et al., 1991a; NIR et al., 1993; DUNNINGTON e SIEGEL, 1995; MAHAGNA et al., 1995; JIN et al., 1998; CARMO et al., 2003), os quais sugerem que as atividades das enzimas digestivas em frangos de corte podem sofrer alterações com a dieta bem como com a idade (Figuras 7 e 8).

Quando as aves eclodem do ovo, elas não estão totalmente preparadas para todos os desafios ambientais defrontados. Durante o desenvolvimento embrionário, nutrientes são fornecidos do ovo e, no momento da eclosão, algum suprimento de nutriente residual disponível na gema do ovo é absorvido na cavidade peritoneal. Este suprimento é esgotado em frangos de corte com 4 a 5 dias (SELL, 1996). Reservas de enzimas pancreáticas esgotam rapidamente porque a síntese neste período é menor que o requerimento para secreção no intestino e para manter a concentração inicial (NITSAN et al., 1991a).

Alguns autores (NITSAN et al., 1991a; NIR et al., 1993; MAHAGNA et al., 1995; CARMO et al., 2003) afirmam que a síntese de enzimas digestivas no pâncreas de frangos é limitada durante o início do crescimento e aumenta até o valor máximo por volta do dia 10, quando a taxa de crescimento relativo é máxima, indicando a possibilidade de relação entre esses dois fatores.

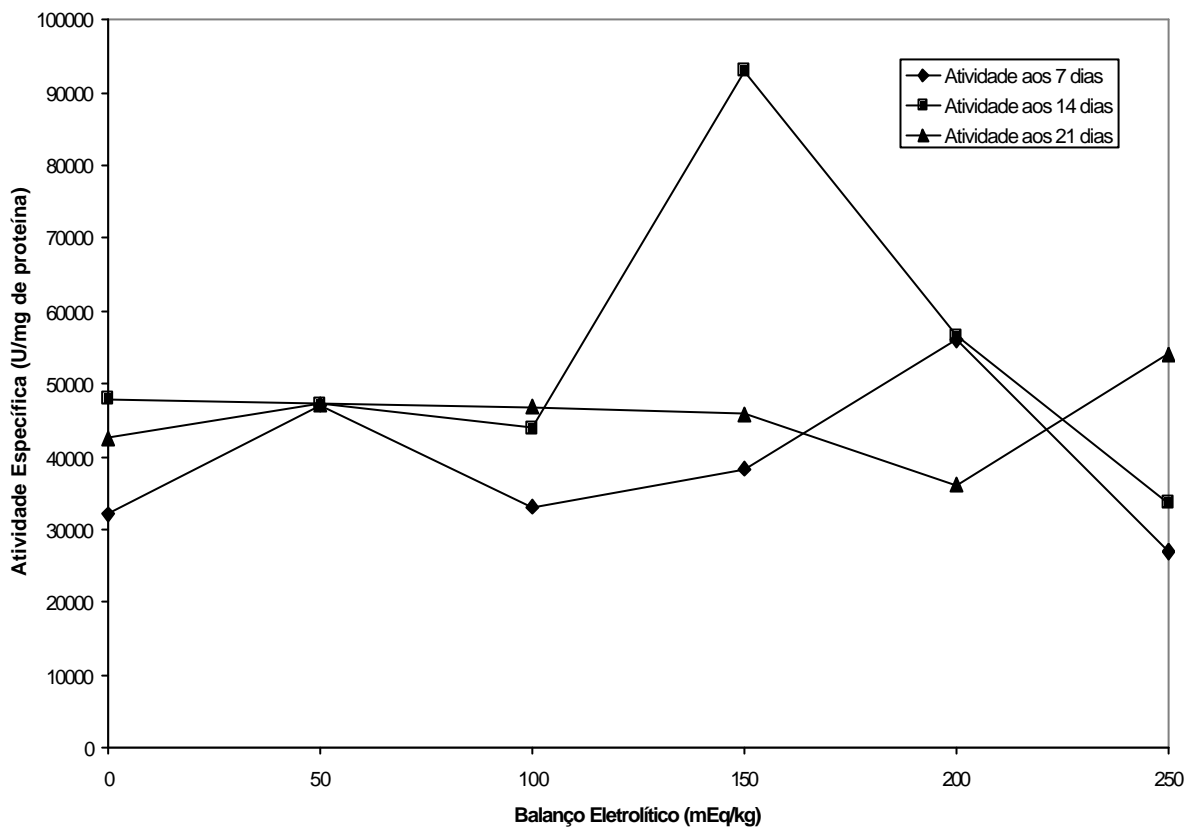


Figura 7 – Atividades médias de α -amilase pancreática em frangos de corte alimentados com 20% de proteína e diferentes níveis de balanço eletrolítico

DUNNINGTON e SIEGEL (1995) verificaram que a atividade relativa de amilase pancreática caiu entre os dias 6 e 8, continuou em queda até o dia 10 e então, aumentou. Um crescimento relativamente alto da atividade específica da amilase foi observado entre o dia do nascimento e um dia de idade por SELL et al. (1991). NIR et al. (1993) encontraram atividade específica de α -amilase maior no dia da eclosão com diminuição aos 8 dias de idade.

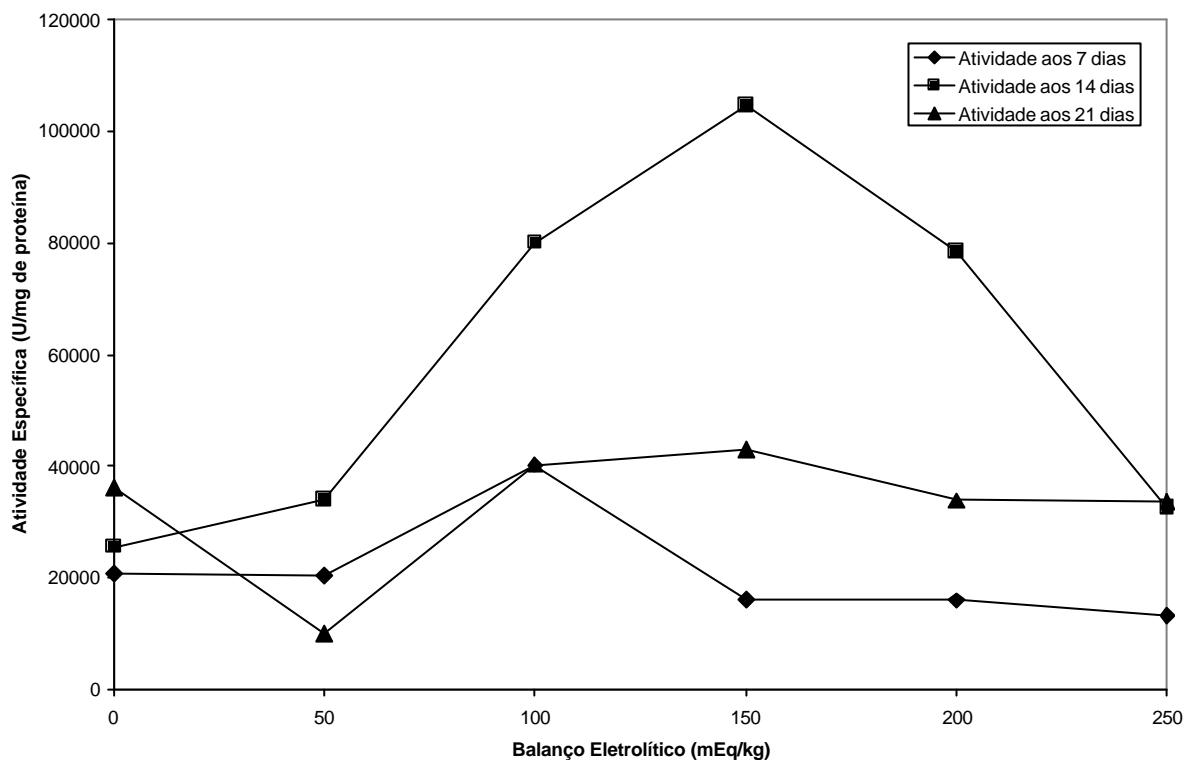


Figura 8 – Atividades médias de α -amilase pancreática em frangos de corte alimentados com 23% de proteína e diferentes níveis de balanço eletrolítico

A secreção pancreática de frangos contém enzimas proteolíticas, amilolíticas e lipolíticas, mas a atividade dessas enzimas são pobremente desenvolvidas até os 7 dias após o nascimento. A atividade de amilase aumenta rapidamente durante os primeiros quatorze dias de idade e parece estabilizar depois dos 21 dias (JIN et al., 1998).

RODRIGUES et al. (2001b) verificaram peso relativo máximo de pâncreas, fígado e intestino de frangos aos 14 dias de idade e atividade específica de amilase também mais alta no 14^o dia do que nas outras idades. Resultados parecidos foram observados por LIMA et al. (2003) que encontraram atividade das enzimas pancreáticas maior no décimo quarto dia com diminuição em função da idade das aves (até 42 dias de idade), quando expressa por quilo de peso vivo.

4. CONCLUSÃO

Na fase pré-inicial, de um a 7 dias, sugere-se dietas com o nível de 200 mEq/kg de BE e 20% de PB para maior atividade específica de α -amilase pancreática.

Propõe-se, para frangos de corte dos oito aos 21 dias de idade, dietas com BE na faixa de 135 a 250 mEq/kg de BE e 20% de PB para valores mais elevados de atividade específica de α -amilase pancreática, sugerindo assim, desenvolvimento adequado do aparelho digestório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.L.; TEIXEIRA, A.S.; BERTECHINI, A.G. et al. Efeito dos níveis de cálcio em duas fontes sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciênc. Agrotec.** v.26, n.6, p.1305-1312, 2002.
- ARAÚJO, C.S.S.; ARTONI, S.M.B.; ARAÚJO, L.F. et al. Avaliação do desempenho e excreção de cálcio em duas linhagens de frangos de corte , na fase inicial, alimentados com diferentes níveis de aminoácidos e de cálcio. **Rev. Bras. Ciênc. Avic.** v.4, n.2, p.111-118, 2002.
- ARAÚJO, L.F.; JUNQUEIRA; O.M.; ARAÚJO, C.S.S. et al. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Rev. Bras. Ciênc. Avic.** v.3, n.2, p.157-162, 2001.
- BARROS, J.M.S.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência nutricional de sódio para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **R. Bras. Zootec.**, v.30, n.3, p.1044-1051, 2001 (Suplemento 1).
- BERG, J.M.; TYMOCZKO, J.L.; STRYER, L. **Biochemistry**. 5th ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2002. 974p.
- BERTECHINI, A.G. **Fisiologia da digestão de suínos e aves**. Escola Superior de Agricultura de Lavras – ESAL/FAEPE, Lavras-MG, 1994. 141p.
- BORGES, S.A.; ARIKI, J.; MARTINS, C.L. et al. Suplementação de cloreto de potássio para frangos de corte submetidos a estresse calórico. **R. Bras. Zootec.**, v.28, n.2, p.313-319, 1999.

- BORGES, S.A.; MAIORKA, A.; LAURENTIZ, A.C. et al. Balanço eletrolítico para frangos de corte na primeira semana de idade. **Rev. Bras. Ciênc. Avic.**, v.4, n.2, p.149-153, 2002.
- CANÇADO, S.V.; BAIÃO, N.C. Efeitos do período de jejum entre o nascimento e o alojamento de pintos de corte e da adição de óleo à ração sobre o desenvolvimento do trato gastrointestinal e concentração de lipase. **Arq. Bras. Med. Zootec.**, v. 54, n.6, p.623-629, 2002.
- CARAWAY, W. T. A stable starch substrate for the determination of amylase in serum and other body fluids. **Amer. J. Clin. Pathol.**, v.32, p.97-99, 1959.
- CARMO, H.M.; MORAES, G.H.K.; FREITAS, H.T. et al. Development of pancreas lipase and β -amylase of chickens from birth to 21 days of age. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA XXX, Caxambu, 2003. **Anais...** São Paulo: SBBq, 2003. p.140.
- CASTRO, A.G.M. Importância do manejo na primeira semana. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE PINTOS DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas:APINCO, 1998. p.142-150
- CLEOPHAS, G.M.L.; VAN HARTINGSVELDT, W.; SOMERS, W.A.C. et al. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. **World Poult.**, v.11, n.4, p.12-19, 1995.
- CORRING, T.; BOURDON, D. Exclusion of pancreatic exocrine secretion from intestine in the pig: existence of a digestive tract and the pig: existence of a digestive compensation. **J. Nutr.**, v.107, n.7, p.1216-1221, 1987.

- D'AMICO, S.; GERDAY, C.; FELLER, G. Structural similarities and evolutionary relationships in chloride-dependent α -amylases. **Gene**, v.253, n.1, p.95-105, 2000.
- DIBNER, J.J. Early development of the digestive tract and the nutritional implications. **Poult. Digest.**, v.1, n.1, p.16-18, 1997.
- DUNNINGTON, E. A.; SIEGEL, P.B. Enzyme activity and organ development in newly hatched chicks selected for high or low eight-week body weight. **Poult. Sci.**, v.74, n.5, p.761-770, 1995.
- GOMES, M. F. M.; ROSADO, P. L. O agronegócio de aves e suínos. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa. **Anais...** Viçosa: CONEZ, 1998. p.397- 413
- GUYTON, A.C. **Tratado de fisiologia médica**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 1997. 1014p.
- HOOGE, D.M. Electrolyte balance in turkeys, layers examined. **Feedstuffs**, 4 maio, p.17-19, 1998.
- IJI, P.A.; SAKI, A.; TIVEY, D.R. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet. 2. Development and characteristics of intestinal enzymes. **Br. Poult. Sci.**, v.42, n.4, p.514-522, 2001.
- JIN, S.H.; CORLESS, A.; SELL, J.L. Digestive system development in post-hatch poultry. **World's Poult. Sci. J.**, v.54, n.4, p.335-345, 1998.
- JOHNSON, R.J., KARUNAJEEWA, H. The effects of dietary minerals and electrolytes on the growth and physiology of the young chick. **J. Nutr.**, v.115, n.12, p.1680-1690, 1985.

- JUDICE, M.P.M.; BERTECHINI, A.G.; MUNIZ, J.A. et al. Balanço cátion-aniónico das rações e manejo alimentar para poedeiras de segundo ciclo. **Ciênc. Agrotec.** v.26, n.3, p.598-609, 2002.
- KARUNAJEEWA, H.; BARR, D. A. Influence of dietary electrolyte balance, source of added potassium and anticoccidial agents on the performance of male broilers. **Br. Poult. Sci.**, v.29, n.1, p.137-147, 1988.
- KARUNAJEEWA, H.; BARR, D.A.; FOX, M. Effect of dietary phosphorus concentration and electrolyte balance on the growth performance of broiler chickens. **Br. Poult. Sci.**, v.27, n.4, p.601-612, 1986.
- LIMA, A.C.F.; PIZAURO JÚNIOR, J.M.; MACARI, M. et al. Efeito do uso de probiótico sobre o desempenho e atividade de enzimas digestivas de frangos de corte. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.1, p.200-207, 2003.
- MACARI, M., FURLAN, R.L., GONZALEZ, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375 p.
- MAHAGNA, M.; NIR, I.; LARBIER, M. et al. Effect of age and exogenous amylase and protease on development of the digestive tract, pancreatic enzyme activities and digestibility of nutrients in young meat-type chicks. **Reprod. Nutr. Dev.**, v.35, p.201-212, 1995.
- MAIORKA, A.; MAGRO, N.; BARTLS, H. A. et al. Efeito do nível de sódio e diferentes relações entre sódio, potássio e cloro em dietas pré-iniciais no desempenho de frangos de corte. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu:SBZ, 1998, p.478-480.

- MATSUMOTO, T.; MAKIMOTO, S.; TANIGUCHI, Y. Effect of pressure on the mechanism of hydrolysis of maltotetrose, maltopentose, and maltohexose catalyzed by porcine pancreatic α -amylase. **Bioch. Biophys. Act.**, v.1343, n.2, p.243-250, 1997.
- McCRACKEN, K. J.; STEWART, R.A. Importance of amino-acid and electrolyte balance in experimental diets used to determine the apparent metabolisable energy (AME) value of wheat. **Br. Poult. Sci.**, v.42, n.1, p.64-69, 2001.
- MONGIN, P. Recent advances in dietary anion-cation valance: application in poultry. **Proc. Nutr. Soc.**, v.40, n.3, p.285-294, 1981.
- MONGIN, P.; SAUVEUR, B. Interrelationships between mineral nutrition, acid-base, growth and cartilage abnormalities. **Growth Poult. Prod.**, p.235-247, n.12, 1977.
- MORAN JR., E. T. Starch digestion in fowl. **Poult. Sci.**, v.61, n.7, p.1257-1267, 1982.
- MURAKAMI, A.E. Balanço eletrolítico da dieta e sua influência sobre o desenvolvimento dos ossos de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 2000, Campinas. **Anais...** Campinas, 2000. p.33-61.
- MURAKAMI, A.E.; OVIEDO-RONDÓN, E.O.; MARTINS, E. N. et al. Sodium and chloride requirements of growing broiler chickens (twenty-one to forty-two days of age) fed corn-soybean diets. **Poult. Sci.**, v.80, n.3, p.289-294, 2001.

- NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. 3. ed. New York: Worth Publishers, 2000. 1200 p.
- NIR, I. Mecanismos de digestão e absorção de nutrientes durante a primeira semana. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE PINTOS DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: APINCO, 1998. p.82-91.
- NIR, I.; NITSAN, Z.; MAHAGNA, M. Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. **Br. Poult. Sci.**, v.34, n.3, p.523-532, 1993.
- NITSAN, Z.; BEN-AVRAHAM, G.; ZOREF, Z. et al. Growth and development of the digestive organs and some enzymes in broiler chicks after hatching. **Br. Poult. Sci.**, v.32, n.3, p.515-523, 1991a.
- NITSAN, Z.; DUNTINGTON, E. A.; SIEGEL, P. B. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. **Poult. Sci.**, v.70, n.10, p.2040-2048, 1991b.
- NITSAN, Z., TURRO-VICENT, I., LIU, G. et al. Intubation of weight-selected chicks with soybean oil or residual yolk: effect on early growth and development. **Poult. Sci.**, v.74, n.6, p.925-936, 1995.
- NOY, Y.; SKLAN, D. Post hatch development in poultry. **J. Appl. Poult. Res.**, v.6, p.344-354, 1997.
- NOY, Y.; SKLAN, D. Digestion and absorption in the young chick. **Poult. Sci.**, v.74, n.2, p.366-373, 1995.

- NUNES, I. J. **Nutrição animal básica**. 2. ed. Belo Horizonte: FEP-MVZ Editora, 1998. 387p.
- OOSTHUIZEN, V.; NAUDÉ, R. J.; OELOFSEN, W. The isolation and partial characterization of alpha-amylase from the pancreas of the ostrich (*Struthio camelus*). **Comp. Biochem. Physiol.**, v.101B, n.1/2, p.277-282, 1992.
- OVIEDO-RONDÓN, E.O; MURAKAMI, A.E.; MARTINS, E.N. et al. Sodium and chloride nutritional requirements for young broiler chickens (1 to 21 days of age). In: POULTRY SCIENCE ASSOCIATION, 88th Annual Meeting, Arkansas, 1999. **Proceedings...**Fayetteville: PSA, 1999. p.63
- OVIEDO-RONDÓN, E.O.; MURAKAMI, A.E.; FURLAN, A.C. et al. Exigências nutricionais de sódio e cloro e estimativa do melhor balanço eletrolítico da ração para frangos de corte na fase pré-inicial (1-7 dias de idade). **Rev. Bras. Zootec.**, v.29, n.4, p.1162-1166, 2000.
- PENZ JR., A.M.; VIEIRA, S.L. Nutrição na primeira semana. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO DE PINTOS DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: APINCO, 1998. p. 121-139.
- PALO, P.E.; SELL, J.L.; PIQUER, F.J. et al. Effect of early nutrient restriction on broiler chickens. 2. Performance and digestive enzyme activities. **Poult. Sci.**, v.74, n.9, p.1470-1483, 1995.
- RIBEIRO, M.; MORAES, G.H.K.; SANT'ANNA, R. et al. Efeitos de ácido L glutâmico, L-alanina e L-prolina da dieta em pintos de corte: II – glutamato desidrogenase (GDH) hepática, aminoácidos e ácido úrico séricos. **R. Soc. Bras. Zootec.**, v.24, n.5, p.778-787, 1995.

- RODRIGUES, A.C.P.; MORAES, G.H.K.; OLIVEIRA, M.G.A. et al. Activities of chymo lipase, α -amylase and trypsin and small intestinal morphology of chickens from birth to 21 days of age. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA XXX, Caxambu, 2001. **Resumos...** Caxambu, 2001. p.119a.
- RODRIGUES, A.C.P.; MORAES, G.H.K.; OLIVEIRA, M.G.A. et al. Activities of pancreas lipase, α -amylase and trypsin and organ development of chickens from birth to 21 days of age. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE BIOQUÍMICA XXX, Caxambu, 2001. **Resumos...** Caxambu, 2001. p.121b.
- ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa: Horácio Santiago Rostagno, 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H. S. Carboidratos. In: **Fisiologia da digestão e absorção das aves.** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1994. p. 43-58.
- SAKOMURA, N. K.; LONGO, F. A.; BENATTI, M. R. B. et al. Efeito da restrição alimentar qualitativa precoce sobre o desempenho em frangos de corte. In: PRÊMIO JOSÉ MARIA LAMAS DA SILVA. Trabalhos expostos na CONFERÊNCIA APINCO`97. [S.l.: s.n.], 1997. p. 16.
- SELL, J.L.; ANGEL, C.R.; PIQUER, F.J. et al. A. Development patterns of selected characteristics of the gastrointestinal tract of young turkeys. **Poult. Sci.**, v.70, n.5, p.1200-1205, 1991.

- SELL, J.L. Physiological limitations and potential for improvement in gastrointestinal tract function of poultry. **J. Appl. Poult. Res.**, v.5, p.96-101, 1996.
- SIMONS, P.C.M.; HULAN, H.W.; TEUNIS, G.P. et al. Effect of dietary cation-anion balance on acid-base status and incidence of tibial discondroplasia of broiler chickens. **Nutr. Rep. Int.**, v.35, n.3, p.591-600, 1987.
- SMITH, E.L.; HILL, R.L.; LEHMAN, I.R.; LEFKOWITZ, R.J.; HANDLER, P.; WHITE, A. **Bioquímica: mamíferos**. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. 620 p.
- SOARES, J.M.; OLIVEIRA, M.G.A.; DONZELE, J.L. et al. Atividade enzimática da tripsina e quimotripsina do pâncreas e do quimo de leitões do nascimento aos 35 dias de idade. **Rev. Ceres**, v.46, n.264, p.125-139, 1999.
- SOUZA, B.B.; BERTECHINI, A.G.; TEIXEIRA, A.S. et al. Efeito da suplementação de cloreto de potássio na dieta sobre o equilíbrio ácido-básico e o desempenho de frangos de corte no verão. **Ciênc. Agrotec.**, v.26, n.6, p.1297-1304, 2002.
- TOLEDO, R.S. Níveis nutricionais e forma física da ração pré-inicial para frangos de corte. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 47p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- UNI, Z.; GANOT, S.; SKLAN, D. Post hatch development of mucosal function in the broiler small intestine. **Poult. Sci.**, v.77, n.1, p.75-82, 1998.
- UNI, Z.; NOY, Y.; SKLAN, D. Development of the small intestine in heavy and light strain chicks before and after hatching. **Br. Poult. Sci.**, v.37, n.1, p.63-71, 1996.

UNI, Z.; NOY, Y.; SKLAN, D. Post hatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy and light strain chicks. **Poult. Sci.**, v.74, n.4, p.1622-1629, 1995.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV). S.A.E.G. (Sistema de análises estatísticas e genéticas), Viçosa: MG, 2000 (Versão 8.0).

VIEITES, F.M. **Balço eletrolítico e níveis de proteína bruta em rações para frangos de corte de um a 42 dias.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 129p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

VIEITES, F.M.; MORAES, G.H.K.; ALBINO, L.F.T. et al. Balço eletrolítico e níveis de proteína bruta sobre parâmetros sanguíneos e ósseos de frangos de corte aos 21 dias de idade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40., 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003.

WARBURG, O.; CHRISTIAN, W. Isohering und kristallisation des gõrungsferments enolase. **Biochem. Z.**, v.310, p.384-421, 1941.

YOON, S.H.; ROBYT, J.F. Study of the inhibition of four alpha amylases by acarbose and its 4^{IV}-α-maltohexaosyl and 4^{IV}-α-maltododecaosyl analogues. **Carbohydrate Res.**, v.338, n. 19, p.1969-1980, 2003.

APÊNDICE

Quadro 1 - Análise de variância da atividade específica de α -amilase pancreática de frangos de corte aos 7, 14 e 21 dias de idade consumindo rações com 20 e 23% de PB submetidos a diferentes balanços eletrolíticos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado médio		
		7 dias	14 dias	21 dias
Proteína Bruta (PB)	1	0,2874651x10 ^{10**}	0,2758823x10 ^{09NS}	0,1446018x10 ¹⁰

Balanço Eletrolítico (BE)	5	0,2556333x10 ^{09NS}	0,3769464x10 ^{10**}	0,2398362x10 ⁰⁹
Linear	1	0,1028015x10 ^{09NS}	0,8507062x10 ^{09NS}	0,1554597x10 ⁰⁹
Quadrática	1	0,6166918x10 ^{09NS}	0,1160062x10 ^{11**}	0,1356290x10 ⁰⁶
Cúbica	1	0,2966155x10 ^{07NS}	0,4165663x10 ¹⁰	0,2175641x10 ⁰⁸
Quartica	1	0,2569018x10 ^{09NS}	0,9654393x10 ⁰⁹	0,1013533x10 ¹⁰
PB x BE	5	0,3832657x10 ^{09NS}	0,7261217x10 ^{09NS}	0,2835403x10 ^{09*}
Resíduo	24	0,1854491x10 ⁰⁹	0,9432786x10 ⁰⁹	0,8031109x10 ⁰⁸
C. V. (%)	---	45,381	54,383	22,913

** Efeito significativo (P<0,01); * efeito significativo (P<0,05); ^{ns} não significativo.

Tabela 3 - Equação de balanço eletrolítico (BE) para atividade específica de α -amilase pancreática de frangos de corte aos 14 dias

Equação	R ²	Máx	BE (mEq/kg)
$Y = 25371 + 776,6 X - 2,879 X^2$	0,66	77742,27	134,87

Tabela 3 - Médias da atividade específica de α -amilase pancreática (U/mg de proteína) de frangos de corte aos um, sete, 14 e 21 dias de idade consumindo rações com 20 e 23% de PB submetidos a diferentes balanços eletrolíticos.

Idade (dias)			
1	45431		
	Balanço Eletrolítico (mEq/kg)	Níveis de Proteína Bruta	
		20%	23%
7	0	32094	20749
	50	47072	20366
	100	33146	40235
	150	38355	16104
	200	56027	15832
	250	26972	13149
14	0	47860	25486
	50	47240	34034
	100	43974	80095
	150	92995	104775
	200	56518	78532
	250	33652	32537
21	0	42589	36193
	50	47216	9857
	100	46857	40188
	150	45884	42902
	200	36067	33763
	250	54079	33736