

HELVIO DA CRUZ FERREIRA JÚNIOR

**AVALIAÇÃO DA ENZIMA β -MANANASE EM DIETAS PARA FRANGOS DE
CORTE**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Viçosa,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia, para obtenção do título
de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

HELVIO DA CRUZ FERREIRA JÚNIOR

AVALIAÇÃO DA ENZIMA β -MANANASE EM DIETAS PARA FRANGOS DE CORTE.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Aprovada em: 17 de fevereiro de 2014

Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)

Horácio Santiago Rostagno
(Coorientador)

Rafael Neme

Melissa Izabel Hannas
(Orientadora)

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

T

F383a
2014 Ferreira Júnior, HÉlvio da Cruz, 1986-
Avaliação da enzima *B*-Mananase em dietas para frangos de
corte / HÉlvio da Cruz Ferreira Júnior. – Viçosa, MG, 2014.
84f. ; 29 cm.

Orientador: Melissa Izabel Hannas.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Avicultura. 2. Frango de corte. 3. Alimentação.
4. Aminoácidos. 5. β -mananase. 6. Metabolismo energético.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia.
Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22. ed. 636.5082

“E agora, eis o que diz o Senhor, aquele que te criou e te formou: Nada temas, pois eu te resgato, eu te chamo pelo nome, és meu. Porque és precioso a meus olhos, porque eu te aprecio e te amo, permuto reinos por ti, entrego nações em troca de ti. Fica tranquilo, pois eu estou contigo.”

Isaías 43:1-5

AGRADECIMENTOS

Agradecer a Deus por ter me dado uma família a qual tenho orgulho e que me ensinou o que é um ser “humano” no verdadeiro sentido da palavra e por me dar força para vencer os obstáculos que a vida colocou no meu caminho.

À Universidade Federal de Viçosa, junto com o Departamento de Zootecnia pela minha formação profissional e por permitir a realização desse trabalho.

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

À Professora Melissa Izabel Hannas, pela orientação durante o mestrado, pelos ensinamentos e apoio durante a trajetória. Meu crescimento profissional é em grande parte de sua responsabilidade e serei eternamente grato.

Ao Professor Luiz Fernando Albino, por ser mais do que um orientador, mas um exemplo de ser humano. Muito obrigado pela dedicação, conselhos, broncas e por acreditar no meu trabalho.

Ao Professor Horácio Santiago Rostagno, pelas colaborações, sugestões e conselhos durante os experimentos.

Ao Doutor Rafael Neme e a empresa Ilender, por fornecer condições para o que este estudo fosse realizado e pela troca de ensinamentos em grande número de emails.

Aos meus pais Lucimare e Helvio, por tudo que me ensinaram e por ter me preparado para os desafios que o mundo me apresentou. Em especial minha mãe, por ser exemplo de determinação e deluta o que me motiva a crescer ainda mais como profissional e pessoa.

Ao meu irmão Matheus, pela paciência e apoio em todas as minhas conquistas.

Aos demais familiares, por vibrarem com as minhas vitórias e no suporte em meus estudos. Se hoje cheguei aqui, é graças a vocês.

Aos funcionários do aviário Elísio, José Lino, Adriano, Deusete e Jeremias pelo apoio durante a realização dos experimentos e amizade nesses anos de trabalho.

Ao Aviário F.C., principalmente aos amigos Valdir, Neto, Victor, Rosana, Sandra, Rodrigo, Gabriel, Rodolfo, Leandro, Luana, Diego, Tavinho, Dani, Cinthia, Ana Paula, Bruna, Matheuzinho, Vinícius, Juliana e Lília pela ajuda e apoio durante o experimento, pela amizade e por transformarem as horas de trabalhos em ensinamentos

e boas risadas. Meu grande agradecimento ao Bruno (Cabeça) e ao Maurílio por serem verdadeiros “braços direitos” na realização do trabalho.

Aos amigos da Zootecnia/2007, pelos momentos vividos. Em especial a Pri, Zimmer, Lolo, Baiana e Macaé pela amizade e as lembranças de um passado feliz.

Aos amigos de São Geraldo, principalmente Juliana, Paulinho, Bárbara, Talita, Mariana, Náthya, Felipe, Otinho, Ti, Letícia, Luiza, Lele e Nina por serem os melhores amigos que alguém poderia ter, por serem o meu “sim” quando a vida me dá um “não” e por sempre me apoiar e vibrarem com minhas conquistas.

Ao Mike, Ariel e Lucas por fazer da nossa casa um lugar de sossego e amizade, por mostrar que amigos morando juntos podem ser uma família.

Ao Bruno Carvalho, por ser meu melhor amigo e dividir comigo os melhores anos de minha vida, pela paciência e ajuda em todos os projetos pessoais e profissionais. Sem você nada disso seria possível.

Ao Sheldon, meu cãozinho, por ter escrito esta dissertação junto comigo e por alegrar os meus dias.

Aos demais professores, colegas e funcionários do Departamento de Zootecnia que de alguma forma, direta ou indiretamente, contribuíram para a finalização dessa importante etapa em minha vida.

BIOGRAFIA

HELVIO DA CRUZ FERREIRA JÚNIOR, filho de Helvio da Cruz Ferreira e Lucimare de Almeida Ferreira, nasceu em 17 de julho de 1986 na cidade de Visconde de Rio Branco, estado de Minas Gerais.

Em março de 2007 ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa – MG, colando grau em janeiro de 2012.

Em março de 2012 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição e Produção de Monogástricos, submetendo-se à defesa de tese no dia 17 de fevereiro de 2014.

RESUMO

FERREIRA JÚNIOR, Helvio da Cruz, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Avaliação da enzima β -mananase em dietas para frangos de corte.** Orientadora: Melissa Izabel Hannas. Coorientadores: Luiz Fernando Teixeira Albino e Horácio Santiago Rostagno.

Foram conduzidos três experimentos no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa com o objetivo de avaliar a inclusão da enzima β -mananase em dietas a base de milho e de farelo de soja sobre o desempenho, valores de energia metabolizável e coeficientes de digestibilidade ileal de aminoácidos em dietas para frangos de corte. No experimento de desempenho foram utilizados 1600 pintos de corte machos, da linhagem Cobb, de 1 a 42 dias de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 8 tratamentos no esquema fatorial 2 x 4, sem e com adição da enzima β -mananase (BM) em 4 níveis nutricionais (NN), com 10 repetições de 20 aves por unidade experimental. As rações controle (NN1 e NN1+BM) foram formuladas para atenderem as exigências nutricionais das aves (Rostagno *et al.*, 2011), sendo a partir delas realizadas reduções de 100kcal de energia metabolizável (NN2 e NN2+BM); 3% dos aminoácidos totais (NN3 e NN3+BM); e 100kcal de energia metabolizável e 3% dos aminoácidos totais (NN4 e NN4+BM). No período de 01 a 21 dias os frangos alimentados com nível nutricional 1 (NN1) apresentaram maior ganho de peso ($P < 0,001$) quando comparados com aqueles que receberam rações como os níveis nutricionais NN2, NN3 e NN4; e melhora da conversão alimentar ($P < 0,001$) em relação aos níveis NN2 e NN4. De 22 a 42 dias as aves submetidas ao NN1 tiveram ganho de peso maior ($P < 0,007$) em relação as aves do NN3 e NN4, e semelhante a NN2; e os NN1, NN2 e NN3 proporcionaram melhora da conversão alimentar ($P < 0,005$) quando comparados aos frangos alimentados com NN4. No período total, 01 a 24 dias, os frangos alimentados com as dietas do NN1 apresentaram melhor ganho de peso ($P < 0,001$) quando comparados com aqueles que receberam dietas dos níveis NN2, NN3 e NN4; e verificou-se pior conversão alimentar ($P < 0,001$) dos animais submetidos ao NN4 frente aos demais níveis. A inclusão de β mananase não foi capaz de influenciar os parâmetros de desempenho na fase inicial de 01 a 21 dias de idade. Na fase de 22 a 42 dias a suplementação enzimática aumentou o

ganho de peso ($P < 0,001$), o consumo de ração ($P < 0,039$) e melhorou a conversão alimentar ($P < 0,005$) dos animais em relação àqueles que não receberam a enzima na dieta. No período total a adição de β -mananase melhorou o ganho de peso ($P < 0,001$) e a conversão alimentar ($P < 0,005$) dos frangos de corte alimentados com enzima. Para determinação dos valores da energia metabolizável e do balanço de nitrogênio das dietas, foi realizado um ensaio de metabolismo com 384 frangos de corte machos, da linhagem Cobb, de 13 a 21 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em 8 tratamentos (os mesmos utilizados no ensaio de desempenho), 8 repetições e 6 animais por unidade experimental. A redução de 100kcal dos níveis NN2 e NN4 promoveu diminuição da EMAn ($P < 0,001$). Observou-se que a adição da enzima β -mananase proporcionou melhor utilização da energia com aumento da EMAn ($P < 0,001$). Para a determinação da digestibilidade dos aminoácidos das dietas experimentais foram utilizados 360 pintos machos, da linhagem Cobb, de 22 a 27 dias de idade, distribuídos em delineamento inteiramente ao acaso, em 8 tratamentos, 6 repetições e 6 aves por unidade experimental, sendo os tratamentos iguais à respectiva fases do desempenho com adição de uma dieta isenta de proteína para determinação das perdas endógenas. A redução de 3% dos aminoácidos totais nos níveis NN3 e NN4 ocasionou diminuição ($P < 0,005$) dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal dos aminoácidos cistina e glicina; e dos aminoácidos lisina ($P < 0,004$), valina ($P < 0,001$) e prolina ($P < 0,002$) apenas para o nível NN4 quando comparados ao NN1. A adição de enzima aumentou o coeficiente de digestibilidade aparente de quase todos os aminoácidos, com exceção para treonina, valina e isoleucina. Houve diminuição ($P < 0,005$) dos coeficientes de digestibilidade verdadeiros dos aminoácidos cistina em e glicina para os níveis NN3 e NN4; e dos aminoácidos lisina ($P < 0,026$), valina ($P < 0,003$) e prolina ($P < 0,004$) apenas para o nível NN4 quando comparados ao NN1. Para os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiros dos aminoácidos, a suplementação com β -mananase promoveu aumento ($P < 0,005$) desses valores para todos os aminoácidos avaliados. Assim, pode-se concluir que a enzima β -mananase é capaz de melhorar os parâmetros de desempenho de 22 a 42 dias de idade e durante todo o ciclo de criação, de 01 a 42 dias. Além disso, promove o aumentados valoresdeEMAn e dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos para frangos de corte.

ABSTRACT

FERREIRA JÚNIOR, Helvio da Cruz, M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, February 2014.
Evaluation of β -mannanase enzyme in broilers diets. Advisor: Melissa Izabel Hannas.
Co-advisors: Luiz Fernando Teixeira Albino and Horacio Santiago Rostagno.

Three experiments were conducted on the Avian Section of the Department of Animal Science of Universidade Federal de Viçosa in order to evaluate the inclusion of the enzyme β -mannanase in diets based on corn and soybean meal on performance and digestibility of metabolizable energy and amino acid for broilers. In the trial performance were used 1600 (1-42 days) male chicks of the commercial line Cobb distributed in a completely randomized design with 8 treatments in a factorial 2 x 4 (without and with addition of β -mannanase and 4 nutritional levels) with 10 replicates of 20 birds each. The control diets (NN1 and NN1 + BM) were formulated to attend the nutritional requirements of birds (Rostagno et al, 2011), and from them made reductions in metabolizable energy of 100kcal (NN2 and NN2 + BM), 3% of the total amino acids was reduced (NN3 and NN3 + BM), and 100 kcal of metabolizable energy and in 3% of the total amino acids (NN4 and NN4 + BM), without and with addition of the enzyme β mannanase in the diets. The chickens fed with the nutritional level 1 (NN1) had higher weight gain ($P < 0.001$) when compared with those who received nutritional levels 2, 3 and 4 (NN2, NN3 and NN4), and feed conversion higher ($P < 0.001$) than NN4 and NN2 for the 01-21 days. From 22 to 42 days the birds subjected to NN1 had a greater weight gain ($P < 0.007$) compared to the birds of the NN3 and NN4, and similar to NN2, and NN1, NN2 and NN3 showed higher feed conversion ($P < 0.004$) than birds fed with NN4. For the whole period the chickens fed with NN1 showed better weight gain ($P < 0.001$) compared with those receiving diets levels NN2, NN3 and NN4, and was observed decrease of feed conversion ($P < 0.001$) of animals subjected to NN4 compared to other levels. The inclusion of β -mannanase was unable to influence the performance parameters of the initial stage 01-21 days of age. In 22-42 days of age enzyme increased weight gain ($P < 0.001$), feed intake ($P < 0.039$) and feed conversion ($P < 0.004$) compared to animals who have not received enzyme. For the whole period the addition of β -mannanase improved weight gain ($P < 0.001$) and feed conversion ($P < 0.005$) in broilers fed with β -mannanase enzyme. For determination of the values of metabolizable energy and nitrogen balance of diets, a metabolism trial was performed with 384 male broilers,

Cobb, from 13 to 21 days of age, distributed in a completely randomized design with 8 treatments (the same used in the performance trial), 8 repetitions and 6 animals per experimental unit. The reduction of 100kcal of the levels NN4 and NN2 caused a decrease of AMEn ($P < 0.001$). It was observed that the addition of the enzyme β -mannanase promoted an increase of AMEn ($P < 0.001$). For the determination of amino acid digestibility, 360 male chicks, Cobb 500, 22-27 days of age in a completely randomized design in 8 treatments, 6 repetitions and 6 birds per experimental unit were used, the treatments were equal to the performance phases, with addition of a protein-free diet to determine endogenous losses. The decrease of 3% in the level of total amino acids of NN3 and NN4, decrease ($P < 0.005$) the coefficients apparent digestibility of amino acids cystine and glycine, and the amino acids lysine ($P < 0.004$), valine ($P < 0.001$) and proline ($P < 0.002$) for NN4 only compared to NN1. Enzyme addition increased the apparent digestibility of almost all amino acids, except for threonine, valine and isoleucine. A decrease ($P < 0.005$) from the true digestibility coefficients of the amino acid cystine and glycine to NN3 and NN4 levels was observed, and the amino acids lysine ($P < 0.026$), valine ($P < 0.003$) and proline ($P < 0.004$) were decreased just to the NN4, when compared to NN1. For the coefficients of amino acids true digestibility, supplementation with β -mannanase promoted increase ($P < 0.05$) of these values for all amino acids evaluated. Thus, it can be concluded that β -mannanase enzyme is able to increase the performance parameters 22 to 42 days of age, and throughout the cycle from 01 to 42 days of age. Moreover, it is able to increase values of metabolizable energy and coefficients of amino acids true digestibility for broilers.

CONTEÚDO

1) INTRODUÇÃO.....	1
2) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
3) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	14
Capítulo1 – Adição da enzima β-mananase em rações com diferentes níveis nutricionais sobre o desempenho de frangos de corte.....	19
1) INTRODUÇÃO.....	20
2) MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3) RESULTADOS.....	26
4) DISCUSSÃO.....	33
5) RESUMO E CONCLUSÃO.....	40
6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
Capítulo 2 – Determinação dos valores de energia metabolizável e do balanço de nitrogênio das dietas de frangos de corte sem ou com adição da enzima β-mananase com diferentes níveis nutricionais.....	43
1) INTRODUÇÃO.....	44
2) MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3) RESULTADOS.....	49
4) DISCUSSÃO.....	53
5) RESUMO E CONCLUSÃO.....	56
6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
Capítulo 3 – Coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro dos aminoácidos das dietas de frangos de corte sem ou com adição da enzima β-mananase com diferentes níveis nutricionais.....	59
1) INTRODUÇÃO.....	60
2) MATERIAL E MÉTODOS.....	61
3) RESULTADOS.....	66
4) DISCUSSÃO.....	70
5) RESUMO E CONCLUSÃO.....	72
6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	73

1. INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira encontra-se em posição de destaque no mercado mundial de produção de carne de frango. Segundo dados da União Brasileira de Avicultura (UBABEF), durante o ano de 2012 o Brasil foi o terceiro maior produtor de carne de frango no mundo com 12.642 (mil ton), seguido pelos Estados Unidos e China com 16.476 e 13.700 (mil ton) respectivamente. Quanto à exportação de carne durante o mesmo período, há uma inversão das posições onde o Brasil apresenta-se como o maior exportador com 3.918 (mil ton); cerca de 18,04% a mais do que o segundo colocado, os Estados Unidos com 3.211 (mil ton).

Tais resultados se devem ao aperfeiçoamento dos seguimentos relacionados a atividade e aos investimentos em tecnologias e pesquisas. Os programas de melhoramento genético, iniciados na década de 60, permitiram resposta precoce do animal em atingir os parâmetros produtivos. Como consequência houve redução no tempo de abate dos animais de 70 dias para 42 dias de idade. As práticas adequadas de manejo e a adoção de medidas sanitárias dentro das granjas também garantiram condições para que os animais expressassem o potencial genético adquirido.

Além disso, a expansão das fronteiras agrícolas para o centro-oeste brasileiro e o emprego de técnicas avançadas na produção de grãos, fizeram do Brasil, um dos maiores produtores mundiais de grãos, entre eles o milho e soja, principais matérias primas para fabricação de rações para animais monogástricos. Essas duas commodities agrícolas constituem a principal matéria prima para formulação de rações para frangos de corte.

Associado ao progresso genético, produção de grãos e ao desenvolvimento tecnológico da avicultura, a nutrição representa a maior parcela do custo de produção de frangos de corte. Assim deve ser utilizados meios para atingir o melhor uso dos alimentos fornecidos.

Os alimentos de origem vegetal apresentam em sua constituição, componentes capazes de indisponibilizar determinado tipo de molécula ou mesmo prejudicar a digestibilidade dos nutrientes, sendo assim denominados de fatores antinutricionais. Dentre eles, os polissacarídeos não amiláceos (PNA) constituintes da parede celular dos vegetais se destacam devido a sua característica de aumentar a viscosidade intestinal, prejudicando a difusão e aderência entre a enzima e o substrato, e conseqüentemente, ocasionando perdas no desempenho animal.

Visando solucionar, este e outros problemas oriundos da alimentação, nutricionistas veem desenvolvendo pesquisas para que os efeitos de tais fatores sejam reduzidos ou eliminados. Os efeitos dos fatores antinutricionais podem ser minimizados através do uso de aditivos enzimáticos os quais são capazes de hidrolisar tais fatores disponibilizando moléculas para utilização como energia e melhorando a digestibilidade dos demais nutrientes. A enzima β -mananase é responsável pela hidrólise de β -mananos, uma classe de PNAs, reduzindo a viscosidade da digesta no lúmen intestinal, melhorando a digestibilidade dos demais nutrientes e proporcionando um maior aporte para o desempenho animal.

Assim é de grande importância o desenvolvimento de pesquisas com β -mananase na ração de frangos de corte, com a finalidade de avaliar o desempenho dos animais, assim como a digestibilidade da energia e dos nutrientes fornecidos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EM DIETAS DE ANIMAIS MONOGÁSTRICOS

Enzimas são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que agem como catalisadores das reações nos sistemas biológicos, estas apresentam alto grau de especificidade por seus substratos e funcionam sob condições aquosas muito sensíveis a temperatura e pH (Nelson e Cox, 2002).

A utilização de aditivos enzimáticos na alimentação de animais monogástricos encontra-se consolidada. Diversas empresas no mercado disponibilizam enzimas específicas ou mistura entre elas, denominadas “blends”. Os benefícios da sua utilização foram verificados em diversos estudos (Daskiran et al., 2004; Kong et al., 2011, Selle et al., 2009).

O objetivo da utilização de enzimas na nutrição animal baseia-se em duas premissas: fornecer maior aporte enzimático uma vez que a quantidade produzida pode ser deficiente; ou prover melhoria na digestibilidade dos nutrientes devido ao fornecimento de enzimas que os animais não conseguem sintetizar.

Segundo Slominski (2011), os ganhos produtivos provenientes da suplementação enzimática das dietas dos animais devem-se a diversos eventos: liberação do fósforo (P) pela hidrólise da molécula de fitato, eliminação de nutrientes encapsulados na parede celular com aumento da energia e digestibilidade dos aminoácidos, solubilização dos

PNAs presentes na parede celular acompanhada de uma melhora dos valores de energia, hidrólise de complexos carboidrato-proteína com melhora da digestibilidade de aminoácidos, e a eliminação dos fatores antinutricionais de certos PNAs pela sua hidrólise enzimática que resulta em componentes que funcionam como prebióticos, facilitando o desenvolvimento intestinal e a saúde animal.

A utilização da enzima fitase, através da liberação de P pela hidrólise da molécula de fitato, é capaz de aumentar os níveis de P retido no animal (Leliset al., 2010; Varley et al., 2011b), o que permite ao nutricionista formular rações com níveis sub ótimos de P inorgânico sem ocasionar perdas dos parâmetros de desempenho (Emami et al., 2013; 2011; Woyengo et al., 2010). Tal comportamento é de suma importância uma vez que a principal fonte de P é de origem inorgânica, proveniente do fosfato bicálcio, cuja fonte encontrada no meio ambiente não é um recurso renovável. A utilização da enzima permite uma menor inclusão de fosfato bicálcico na formulação de dietas para animais monogástricos.

Com o aumento do P retido, em diversos trabalhos com utilização de fitase, observou-se a diminuição do P excretado (Leliset al., 2010; Varley et al., 2011a; Varley et al., 2011b). Isso permite que os impactos produzidos pelos resíduos da produção animal sejam minimizados.

As carbohidrases são utilizadas na indústria avícola na hidrólise de carboidratos complexos, tornando-os moléculas menores permitindo sua absorção e aproveitamento pelo animal. Seu benefício pode ser explicado basicamente pela hidrólise de PNAs presentes em cereais, reduzindo a viscosidade da digesta no intestino delgado com conseguinte aumento da digestibilidade dos nutrientes. Quando analisados os parâmetros de desempenho dos animais recebendo suplementação de tais enzimas, em dietas verifica-se aumento do ganho de peso e melhora da conversão alimentar dos animais (Gao et al., 2008; Kiarie et al., 2012).

A melhora evidente dos parâmetros relacionados ao desempenho de animais monogástricos pode ser explicada pela melhora do aproveitamento dos nutrientes quando há a suplementação de enzimas nas rações fornecidas. Assim, é possível observar aumento dos valores de energia metabolizável (Romero et al., 2013; Selle et al., 2009; Woyengo et al., 2010), coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (Emami et al., 2013; Lelis et al., 2010; Oliveira et al., 2008), Ca retido (Varley et al., 2011a) e a diminuição da viscosidade da digesta (Gao et al., 2008) em dietas de animais monogástricos.

2.2 POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS

Polissacarídeos são polímeros de monossacarídeos unidos por ligações glicosídicas (Choct, 1997), os quais diferem entre si na constituição das unidades de monossacarídeos e nos tipos de ligações que são unidos, no comprimento da cadeia e no grau de ramificação da mesma (Nelson e Cox, 2002).

O termo polissacarídeos não amiláceos abrange grande variedade de moléculas de polissacarídeos, com exceção de α -glucanos (amido), e sua classificação foi baseada sobre o método para extração e isolamento de polissacarídeos, onde o resíduo remanescente do material da parede celular passa por uma série de extrações alcalinas sendo denominado de celulose e a fração solúvel desse resíduo em álcali chamada de hemicelulose (Choct, 1997).

Animais monogástricos não possuem capacidade enzimática de digerir tais moléculas devido a baixa, ou a ausência de produção de enzimas específicas capazes de efetuar a hidrólise (Brito et al., 2008).

Segundo Choct e Kocher (2000), os PNAs podem ser classificados em 3 grupos: celulose, polímeros não celulósicos e polissacarídeos pécnicos (figura 1):

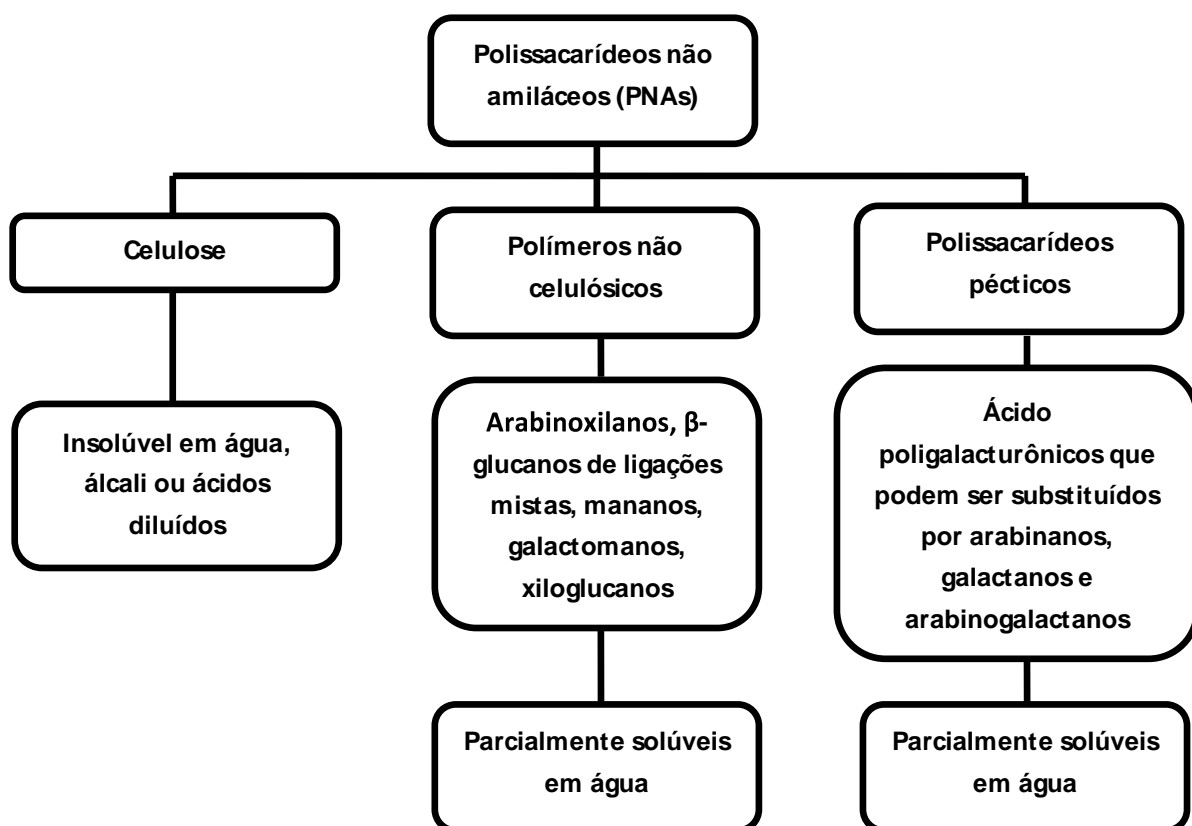


Figura 1 – Classificação dos polissacarídeos não amiláceos solúveis.

Fonte: Adaptado de Choct e Kocher (2000).

O tipo de ligação glicosídica presente na cadeia estrutural dos polissacarídeos irá determinar o grau de solubilidade de seus constituintes, podendo ser solúveis ou insolúveis. As fibras insolúveis constituem as celulosas, ligninas e algumas hemicelulosas. As fibras solúveis são compostas por pectinas, gomas e principalmente pela hemicelulose, constituída por arabinosilanos, β -glucanos, D-xilanos, D-mananos, xiloglucanos e outros (Tavernari et al., 2008).

As propriedades antinutricionais dos PNAs são devido principalmente a sua fração solúvel. A solubilidade em meio líquido, acompanhada de um aumento da viscosidade, interfere na mistura das enzimas digestivas e os nutrientes, impede o movimento adequado da digesta e o transporte de produtos provenientes da hidrólise de moléculas na mucosa intestinal (Slominski, 2011).

Os PNAs são encontrados na composição da parede celular em grãos, onde também desempenham a função de estoque energético (Choct, 1997). A composição de PNAs nos principais cereais (tabela 1) e leguminosas (tabela 2) utilizados na alimentação de animais monogástricos indica que no milho a porcentagem de PNAs solúveis são em média 0,1%, enquanto que no farelo de soja de 2,7%.

Tabela 1 - Tipos e níveis de PNAs em cereais utilizados na alimentação de animais monogástricos (Matéria seca, %)

PNAs (%)	Arabinosilanos	β-glucanos	Celulose	Mananos	Galactanos	Ác. Urônico	Total
Milho							
Solúvel	0,1	-	-	-	-	-	0,1
Insolúvel	5,1	-	2,0	0,2	0,6	-	8,0
Sorgo							
Solúvel	0,1	0,1	-	-	-	-	0,2
Insolúvel	2,0	0,1	2,2	0,1	0,15	-	4,6
Trigo							
Solúvel	1,8	0,4	-	-	0,2	-	2,4
Insolúvel	6,3	0,4	0,2	-	0,1	0,2	9,0
Triticale							
Solúvel	1,3	0,2	-	0,02	0,1	0,1	1,7
Insolúvel	9,5	1,5	2,5	0,6	0,4	0,1	14,6

Fonte: Adaptado de Choct, 1997.

Tabela 2 - Tipos e níveis de PNAs em leguminosas utilizadas na alimentação de animais monogástricos (Matéria seca, %)

PNAs (%)	Celulose	Arabinose	Xilose	Manose	Galactose	Glucose	Outros ¹	Total
Soja								
Solúvel	-	0,5	0,1	0,2	0,6	0,2	1,2	2,7
Insolúvel	4,4	2,4	1,7	0,7	3,9	0,3	3,0	16,5
Girassol								
Solúvel	-	0,6	-	0,1	0,3	-	3,5	4,5
Insolúvel	8,7	0,3	5,3	1,1	0,9	0,4	3,8	23,1

¹Outros: raminose, fucose e ácido urônico.

Fonte: Adaptado de Choct, 1997.

Os cereais são ricos em arabinosilanos, β -glucanos e celulose, acompanhado de pequena quantidade de polissacarídeo pécnicos. Já as leguminosas, principais fontes de proteína nas rações de aves e suínos, apresentam maior proporção de PNAs, presentes em seus cotilédones (Choct, 1997).

2.3POLISSACARÍDEOS NÃO AMILÁCEOS SOLÚVEIS

Os PNAs solúveis estão presentes na fração hemicelulose da fibra, como já supracitado, como constituintes da parede celular primária, mas também podem ser encontrados na camada secundária. Assim incluem os mananos, xilanos, galactanos, arabinanos e outros (Dhawan e Kaur, 2007).

O efeito antinutricional dos PNAs solúveis nas dietas de animais monogástricos está associando a sua capacidade de aumentar a viscosidade da dieta, causando transtornos metabólicos e fisiológicos no intestino destes animais; podendo ainda interagir com microorganismos residentes do intestino, modificando a flora intestinal, acompanhado de diminuição em produtividade.

A solubilidade do PNA depende da sua estrutura química e a sua associação com os demais componentes da parede celular. Mas os efeitos deletérios desse tipo de polissacarídeo sobre a digestão e absorção de nutrientes, pelo o aumento da viscosidade da digesta, se dá independentemente da fonte de PNA solúvel (Choct, 2002). Tal processo dificulta a associação de enzimas com seu substrato no lúmen intestinal, além de prejudicar a interação com a superfície da mucosa por meio de interação com o glicocálix da borda em escova (Mourinho, 2006), lesando ambos os processos de digestão e absorção.

O efeito antinutricional não se restringe apenas a alteração da fluidez da digesta, mas também provocando distúrbios no funcionamento intestinal, como o aumento de

secreções endógenas como água, proteínas, eletrólitos e lipídeos (Angkanapomet al., 1994). As modificações podem ser correlacionadas com o aumento dos órgãos do sistema digestório e da produção de sucos gástricos, acompanhados pela diminuição da digestão de nutrientes. Gao et al.(2008),mostrou que a adição da enzima xilanase é capaz de reduzir o peso relativo do duodeno, jejuno, colón e pâncreas em frangos aos 21 dias de idade alimentados com dieta à base de trigo.

Os PNAs solúveis podem alterar o equilíbrio da microflora intestinal, uma vez que sua presença na dieta dos animais aumenta o tempo de permanência da digesta no trato gastrointestinal (Van Der Klis e Van Voorst, 1993), o que pode diminuir a tensão de oxigênio e favorecer o desenvolvimento de bactérias anaeróbicas levando a produção de toxinas e desconjugação com sais biliares, essenciais na digestão de gordura (Choct, 1997).

Para a redução dos problemas, faz-se necessária à utilização de enzimas capazes de hidrolisar os PNAs solúveis. A diminuição da viscosidade da digesta resulta em uma ação enzimática mais eficaz, somada a utilização das moléculas obtidas pela hidrólise destes polissacarídeos pelo aparato digestório do animal, permite um aumento do aproveitamento dos nutrientes fornecidos na dieta, observados pelo aumento dos valores de energia metabolizável (Selleet al., 2009; Romero et al., 2013), digestibilidade aparente ileal dos aminoácidos de forma geral (Romero et al, 2013) e dos coeficientes de digestibilidade de outros nutrientes (Kiarie et al., 2012; Liu et al., 2011) das rações de animais monogástricos.

2.4 β -MANANOS

Os β -mananos constituintes da fração da hemicelulose da fibra, estão situados entre a lignina e embaixo de um arranjo de ligamentos da celulose na parede celular dos vegetais. De acordo com sua estrutura e cadeias laterais, estes polissacarídeos se dispõem intercalados e covalentemente ligados com a lignina em vários pontos, enquanto revestem ao redor das fibras de celulose via pontes de hidrogênio; as quais são mais fáceis de serem rompidas quando comparadas a própria celulose (Dhawan e Kaur, 2007).

Estes polissacarídeos estão presentes em algumas madeiras (Capeket al., 2000), grãos de feijão (Lundqvist et al., 2002) e em diversas variedades de sementes de leguminosas como o farelo de soja (Hsiao et al., 2006), principal fonte de proteína das dietas de animais monogástricos. Hsiao et al. (2006) analisaram em trinta e seis amostras

de farelo de soja com casca de diversos países, o conteúdo de mananos (tabela 3), os quais variaram entre 1,33 e 1,86%.

Tabela 3 – Conteúdo de β -mananos de farelos de soja com casca (matéria seca de 90%)

Origem	β-mananos (%)
America do Norte	1,86
América do Sul	1,33
América do Sul	1,66
Ásia	1,71
Ásia	1,54
Europa	1,49
Média	1,60

Fonte: Adaptado de Hsiao, 2006.

Os β -mananos são divididos em dois principais grupos: um com cadeias que contém ligações β -1,4 com apenas resíduos de D-manose (Mananos), outro que apresentam combinações entre D-manose e resíduos de D-glicose (Glucomanose). Os dois grupos podem ser subdivididos de acordo com o número de ligações α -1,6 de galactose, distribuídos em cadeias laterais. As cadeias lineares de mananos e glucomananos contendo mais do que 5% de galactose, são chamadas de galactomananos e galactoglucomananos, respectivamente (Moreira e Filho, 2008).

As estruturas estão representadas na figura 2.

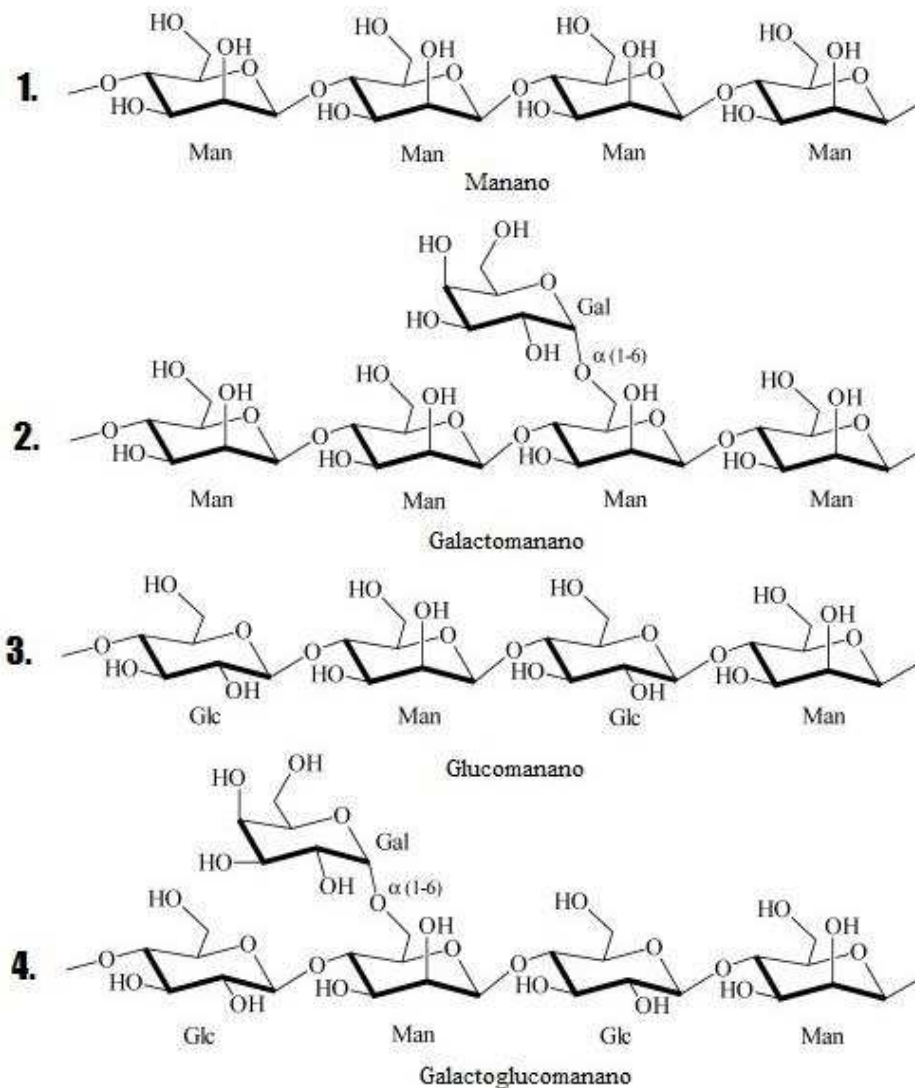


Figura 2 – Estrutura geral do mananos. 1) Estrutura específica do manano, cadeia principal linear com ligações β -1,4 de unidades de manose (Man); 2) Estrutura específica do galactomanano, cadeia principal formada por ligações β -1,4 de unidades de manose (Man), com ligações α -1,6 de resíduos de galactose (Gal); 3) Estrutura específica do glucomanano, cadeia principal linear com ligações β -1,4 de unidades de manose (Man) e resíduos de glicose (Glc); 4) Estrutura específica do galactoglucomanano, cadeia principal linear com ligações β -1,4 de unidades de manose (Man) e resíduos de glicose (Glc), com ligações α -1,6 de resíduos de galactose (Gal).

Fonte: Dhawan e Kaur, 2007.

A capacidade dos β -mananos em reter água está ligada ao número de resíduos de galactose na cadeia linear deste polissacarídeo. As ligações α -1,6 de D-galactose nas cadeias laterais em galactomananos previne a associação com polímeros adjacentes, resultando em uma estrutura amorfa que retém água e contribui para solubilidade. Esta característica é muito importante para a sobrevivência de sementes de leguminosas em áreas áridas, além de ser estoque de polissacarídeo durante a germinação (van Zylet al.,

2010). Assim quanto maior o número de moléculas de galactose ligadas às cadeias lineares de mananos ou glucomananos, maior será seu potencial solúvel e, conseqüentemente, trará um maior aumento da viscosidade da digesta no lúmen intestinal responsável por prejudicar os parâmetros dos animais em produção.

2.5 β -MANANASE

β -1,4-mananase são endocarboidrases que clivam aleatoriamente as ligações 1,4- β glicosídicas da cadeia principal de mananos, galactomananos, glucomananos e galactoglucomananos, e a própria cadeia de mananos, obtendo como produto durante a hidrólise principalmente manobiose, manotriose e manose (Dhawan e Kaur, 2007), (Figura 3).

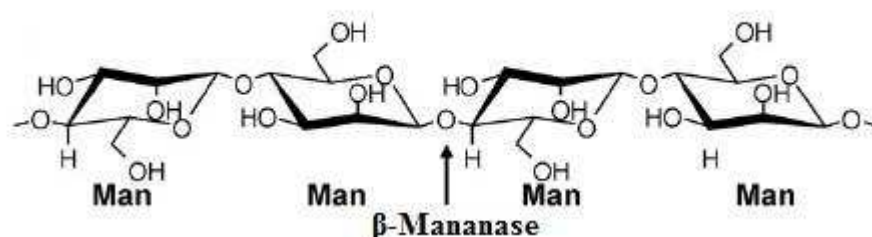


Figura 3 – Estrutura de mananos (Man) e a enzima responsável por sua hidrólise.

Fonte: Adaptado de Van Zyl, 2010.

O grau de degradação é afetado pela extensão e padrão de substituições na cadeia principal, onde pode ocorrer um efeito inibitório sobre a ação de exoenzimas. A completa hidrólise da estrutura do manano requer ação sinérgica de endo e exoenzimas com clivagem das cadeias laterais para ser alcançada (Moreira et al., 2008).

A β -mananase utiliza reações de deslocamento duplo resultando na retenção da configuração aromática. O mecanismo de deslocamento duplo envolve a ligação de nucleófilo no centro aromático com deslocamento por catalisador ácido do grupo de partida, deixando um intermediário acil-glicosil na enzima (Davies et al., 1998; Kulkarni et al., 1999) (Figura 4, 1-4). A água se liga ao centro anomérico do intermediário no processo geral catalisado por base para se obter o produto e liberar a enzima em sua forma original. A água pode ser substituída por outros doadores de moléculas reativas ou oligossacarídeos doadores, dependendo da condição enzimática (Faijes e Planas, 2007). O resultado dessa reação não é a hidrólise, mas uma

transglicosilação (Figura 4, 5-6). Assim, moléculas que não são substratos naturais da β -mananase podem ser produzidas via transglicosilação (Van Zylet al., 2010).

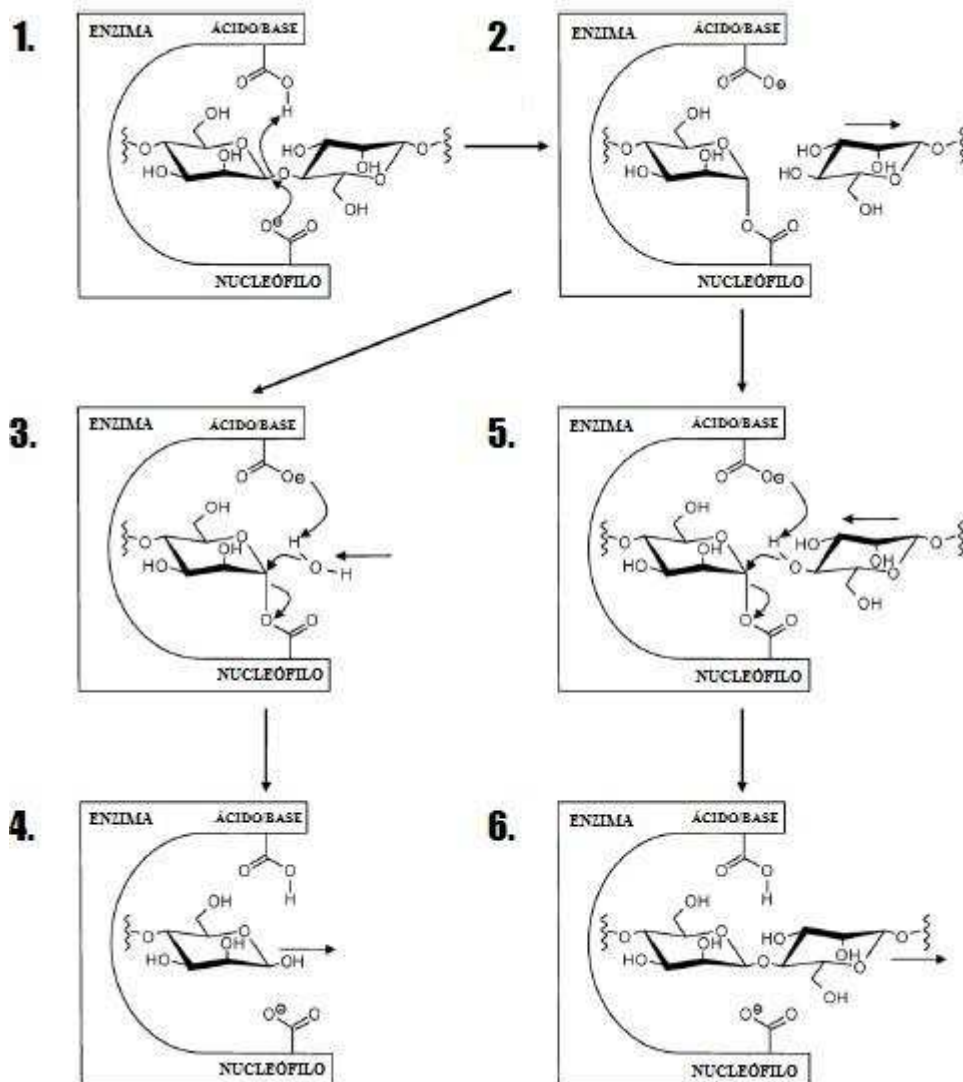


Figura 4 – Mecanismo de ação da enzima β -mananase sobre na hidrólise de seus substratos e sobre o processo de transglicosilação.

Fonte: Adaptado de Van Zylet al.(2010).

β -mananases são produzidas por um amplo conjunto de microorganismos isolados do seu meio ambiente natural. Uma vasta variedade de bactérias, actinomicetos, leveduras e fungos são capazes de hidrolisar as moléculas de mananos (Puchart et al., 2004), e parâmetros fisiológicos como pH, temperatura, agitação, aeração e o período de incubação das cepas são capazes de influenciar a produção da enzima por estes diferentes organismos (Dhawan et al., 2007). O pH recomendado para a atividade da enzima β -mananase pode variar em função da fonte de microorganismo utilizada

para sua obtenção, podendo variar entre 3 e 6 para enzimas de origem fúngica, como por exemplo *Aspergillusniger*(Dhawan et al., 2007).

Assim a hidrólise realizada pela enzima β -mananase sobre determinada classe de PNAs solúveis promove a diminuição da viscosidade no ambiente intestinal (Lee et al., 2003; Mehri et al., 2010) devido a menor retenção de moléculas de água, uma vez que esses carboidratos serão repartidos em moléculas menores incapazes de tal comportamento.

A adição da enzima pode ainda atenuar a resposta imunológica do animal pela diminuição da produção de imunoglobulinas (Li et al., 2010) e leucócitos (Mehri et al., 2010), frente aos mananos presentes nos alimentos, os quais são grandes estimuladores do sistema imune. Li et al.(2010), verificaram que a suplementação com β -mananase diminuiu o peso de órgãos relacionados à imunidade do animal como o timo e a bursa de fabricius.

A diminuição da viscosidade e atenuação da resposta imunológica pelo acréscimo da enzima permite que o animal melhore os parâmetros de desempenho como ganho de peso (Daskiran et al., 2004; Kim et al., 2003; Kong et al., 2011) e melhora da conversão alimentar (Lee et al.; 2003; Zou et al., 2006). Aliado ao aumento da energia metabolizável aparente proporcionado pela adição da enzima β -mananase nas dietas de frangos de corte (Daskiran et al., 2004; Mussini et al., 2011; Kong et al., 2011). Os acréscimos em energia são atribuídos à melhora da digestibilidade dos nutrientes de uma forma geral, pela diminuição da viscosidade da digesta e ao aporte energético pela liberação de moléculas de manose provenientes da hidrólise do manano, capaz de serem absorvidas no intestino das aves (Sakiet al., 2005).

Assim é possível economizar com os custos de produção diminuindo a inclusão de alimentos energéticos, quando se utiliza a suplementação da enzima permitindo ao nutricionista formular uma dieta com níveis subótimos de energia não havendo perda em desempenho do animal (Li et al., 2010).

A melhora do aproveitamento dos nutrientes fornecidos pode ser também associada ao aumento do comprimento das vilosidades nos segmentos intestinais (Mehri et al., 2010) permitindo uma maior superfície de contato entre a mucosa e a digesta com aumento do aproveitamento dos nutrientes.

A suplementação de β -mananase permite ainda aumentar os coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos de forma geral (Kim et al., 2003; Mussini et al., 2011) das rações para animais monogástricos, pelo aumento do aproveitamento dos

nutrientes devido a redução da viscosidade, e a diminuição da perda de aminoácidos endógenos pela maior produção de mucina pela superfície intestinal na presença de PNAs solúveis. A adição da enzima nas rações para frangos de corte é capaz de diminuir o número de células caliciformes em todos os segmentos do intestino delgado das aves, conseqüentemente, produzindo menor quantidade de muco conforme verificado por Mheriet al.(2010).

1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGKANAPORN, K.; CHOCT, M.; BRYDEN, W.L. et al. Effects of wheat pentosans on endogenous amino acid losses in chickens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.66, p.399-404, 1994.

BRITO, M.S.; OLIVEIRA, C.F.S.; SILVA, T.R.G.; LIMA, R.B.; MORAIS, S.N.; SILVA, J.H.V. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de monogástricos – Revisão. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.111-117, 2008.

CAPEK, P.; KUBAČKOVÁ, M.; ALFÖLDI, J.; BILISICS, L.; LIŠKOVÁ, D.; KÁKONIOVÁ, D. Galactoglucomannan from the secondary cell wall of *Picea abies* L. **Kr. Carbohydrate Research**, v.329, p.645-635, 2000.

CHOCT, M.; KOCHER, A. Non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**. June, p.13-26, 2000.

CHOCT, M. Non-starch polysaccharides: Effect on nutritive value. **Poultry Feedstuffs**, v.26, p.221-235, 2002.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**, June, p.13-26, 1997.

DASKIRAN, M.; TEETER, R.G.; FODGE, D.; HSIAO, H.Y. An evaluation of endo- β -mannanase (Hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets carrying in β -mannan content. **Poultry Science**, v.83, p.662-668, 2004.

DAVIES, G.; SINNOOT, M.L.; WITHERS, S.G.; Glycosyl transfer. **Comprehensive Biological Catalysis**. New York. Academic Press, 1998, 119-208 p.

DHAWAN, S.; KAUR, J. Microbial mannanases: an overview of production and applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v.27, p.197-216, 2007.

EMAMI, N.K.; NAEINI, S.Z.; RUIZ-FERIA. Growth performance, digestibility, immune response and intestinal morphology of male broilers fed phosphorus deficient diets supplemented with microbial phytase and organic acids. **Livestock Science**, v.157, p.506-513, 2013.

FAIJES, M. PLANAS, A. In vitro synthesis of artificial polysaccharides by glycosidases and glycosynthases. **Carbohydrate Research**, v.342, p.1581-1594, 2007.

GAO, F.; JIANG, Y.; ZHOU, G.H.; HAN, Z.K. The effects of xylanase supplementation on performance, characteristics of the gastrointestinal tract, blood parameters and gut microflora in broilers fed on wheat-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.142, p. 173-184, 2008.

HSIAO, H.Y.; ANDERSON, D.M.; DALET, N.M. Levels of β -mannan in soybean meal. **Poultry Science**, v.85, p.1430-1432, 2006.

KIARIE, E.; OWUSU-ASIEDU, A.; PÉRON, A.; SIMMINS, P.H.; NYACHOTI, C.M. Efficacy of xylanase and β -glucanase blend in mixed grains and grain co-products-based diets for fattening pigs. **Livestock Science**, v.148, p.129-133, 2012.

KIM, S.W.; KNABE, D.A.; HONG, K.J.; EASTER, R.A. Use of carbohydrases in corn-soybean meal-based nursery diets. **Journal Animal Science**, v.81, p.2496-2504, 2003.

KONG, C.; LEE, J.H.; ADEOLA, O. Supplementation of β -mannanase to starter and grower diets for broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.389-397, 2011.

KULKARNI, N.; SHENDYE, A.; RAO, M. Molecular and biotechnological aspects of xylanases. **FEMS Microbiology Reviews**, v.23, p. 411-456, 1991.

LELIS, G.R.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, C.R.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; BORSATTO, C.G. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1768-1773, 2010.

LEE, J.T.; BAILEY, C.A.; CARTWRIGHT, A.L. β -mannanase ameliorates viscosity-associated depression of growth in broiler chickens fed guar germ and hull fractions. **Poultry Science**, v.82, p.1925-1931, 2003.

LI, Y.; CHEN, X.; CHEN, Y, LI, Z.; CAO, Y. Effects of β -mannanase expressed by *Pichia pastoris* in corn-soybean meal diets on broiler performance, nutrient digestibility, energy utilization and immunoglobulin levels. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, p.59-67, 2010.

LIU, N.; RU, Y.J.; TANG, D.F.; XU, T.S.; PARTRIGDE, G.G. Effects of corn distillers dried grains with solubles and xylanase on growth performance and digestibility of diet components in broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.163, p.260-266, 2011.

LUNDQVIST, J.; TELEMAN, A.; JUNEL, L.; ZACCHI, G.; DAHLMAN, O.; TJERNELD, F.; STALBRAND,H. Isolation and characterization of galactoglucomannan from spruce (*Piceaabies*). **Carbohydrate Polymers**, v.48, p.29-39, 2002.

MEHRI, M.; ADIBMORADI, M.; SAMIE, A.; SHIVAZAS,D, M. Effects os β -mannanase on broiler performace, gut morphology and immune system. **African Journal of Biotechnology**, v.9, p.6221-6228, 2010.

MOREIRA, L.R.S.; FILHO, E.X.F. Na overview of mannan structure and mannan-degrading enzyme systems.**AppliedMicrobiologyBiotechnology**, v.79, p.78-165, 2008.

MOURINHO, F.L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche**. 57p. Dissertação [Mestrado em Zootecnia]. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2006.

MUSSINI, F.J.; COTO, C.A.; GOODGAME, S.D.; LU, C.; KARIMI, A.J.; LEE, J.H.; WALDROUP, P.W. Effect of a β -mannanase on nutrient digestibility in corn-soybean meal diets for broilers chicks. **International Journal of Poultry Science**, v.10, p.774-777, 2011.

PUCHART, V. VRSANSKÁ, M.; SVOBODA, P.; POHL, J. BIELY, P. Purification and characterization of two forms of endo-beta-1,4-mannanase from a thermotolerant fungus, *Aspergillus fumigatus* IMI 385708 (formerly *Thermomyces lanuginosus* IMI 158749). **Biochimica et Biophysica Acta**, v.1674, p.239-259, 2004.

NELSON, L.D. e COX, M.M. **Lehninger**: princípios de bioquímica. 3ª ed. São Paulo-SP. Câmara brasileira do livro, 2002. 189 p.

OLIVEIRA, M.C.; GRAVENA, R.A.; MARQUES, R.H.; GUANDOLINI, G.C.; MORAES, V.M.B. Utilização de nutrientes em frangos alimentados com dietas suplementadas com fitase e níveis reduzidos de fósforo não fítico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.436-441, 2008.

ROMERO, L.F.; PARSONS, C.M.; UTTERBACK, P.L.; PLUMSTEAD, P.W., RAVINDRAN, V. Comparative effects of dietary carbohydrases without or with protease on the ileal digestibility of energy and amino acids and AMEn in young broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.181, p.35-44, 2013.

SAKI, A.A.; MAZUGI, M.T.; KAMYAB, M. Effect of mannanase on broilers performance, ileal and in vitro protein digestibility, uric acid and litter moisture in broiler feeding. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.21-26, 2005.

SLOMINSK, B.A. Recent advances in research on enzymes for poultry diets. **Poultry Science**, v.90, p.2013-2023, 2011.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. PARTRIDGE, G.G. Beneficial effects of xylanase and/or phytase inclusions on ileal amino acid digestibility, energy utilisation, mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.153, p.303-313, 2009.

TAVERNARI, F.C.; CARVALHO, T.A.; ASSIS, A.P.; LIMA, H.J.D. Polissacarídeo não-amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n.5, p.673-689, 2008.

União Brasileira de Avicultura (UBABEF). Disponível em: <http://www.ubabef.com.br/>
Acessado em: 06 de jan. 2014 às 08:35:00.

VAN DER KLIS, J.D.; VAN VOORST, A. The effect of carboxy methyl cellulose (a soluble polysaccharide) on the rate of marker excretion from the gastrointestinal tract of broilers, **Poultry Science**, v.72, p. 503-5012, 1993.

VAN ZYL, W.H., ROSE, S.H.; TROLLOPE, K.; GÖRGENS, J.F. Fungal β -mannanases: Mannanhydrolisis, heterologous production and biotechnological applications. **Process Biochemistry**, v.45, p.1203-1213, 2010.

VARLEY, P.F.; FLYNN, B.; CALLAN, J.J.; O'DOHERTY, J.V. Effect of phytase level in a low phosphorus diet on performance and bone development in weaner pigs and the subsequent effect on finisher pig bone development. **Livestock Science**, v.138, p.152-158, 2011. (a)

VARLEY, P.F.; CALLAN, J.J.; O'DOHERTY, J.V. Effect of dietary phosphorus and calcium level and phytase addition on performance, bone parameters, apparent nutrient digestibility, mineral and nitrogen utilization of weaner pigs and the subsequent effect on finisher pig bone parameters. **Animal Feed Science and Technology**, v.165, p.201-209, 2011. (b)

WOYENGO, T.A.; SLOMINSKI, B.A.; JONES, R.O. Growth performance and nutrient utilization of broiler chickens fed diets supplemented with phytase alone or in combination with citric acid and multcarbohydrase. **Poultry Science**, v. 89, p.2221-2229, 2010.

ZOU, X.T.; QIAO, X.J.; XU, Z.R. Effect of β -mannanase (Hemicell) on growth performance and immunity of broilers. **Poultry Science**, v.85, p.2175-2179, 2006.

CAPÍTULO 1

ADIÇÃO DA ENZIMA β -MANANASE EM RAÇÕES COM DIFERENTES NÍVEIS NUTRICIONAIS SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE.

1. INTRODUÇÃO

A produção avícola nos últimos anos tem buscado aliar os avanços adquiridos ao longo da cadeia com uma produção mais sustentável. Vários segmentos buscam a adoção de práticas que permitam o ganho efetivo em produtividade dos animais trazendo o mínimo de impacto ao ambiente e a garantia de um produto de qualidade ao mercado consumidor. Pesquisas dentro deste segmento têm sido desenvolvidas com o objetivo de explorar os benefícios da utilização de aditivos na nutrição animal garantindo tais características a cadeia produtora de frangos de corte.

A utilização de enzimas exógenas ou mesmo complexos enzimáticos permitiram o aumento da digestibilidade dos nutrientes componentes da dieta, e conseqüentemente a redução da excreção dos mesmos (Daskiranet al., 2004; Li et al., 2012. Selle et al., 2009). Isso significa menos resíduos lançados pela cadeia nos ambientes onde estão instaladas. Assim, tornam-se uma excelente alternativa para atender as exigências de um mercado consumidor que além de buscar um produto de qualidade, tem analisado o impacto gerado pela sua produção.

A melhora da digestibilidade dos nutrientes advinda da utilização de complexos multienzimáticos fica evidente ao se analisar os parâmetros zootécnicos de desempenho. Observa-se aumento do ganho de peso (Kong et al., 2011) dos animais suplementados com tais aditivos e a melhora da conversão alimentar (Lee et al., 2003). O efeito pode ser entendido ao se analisar a atuação dessas enzimas sobre a digestão das dietas fornecidas ao animal. Alguns alimentos utilizados apresentam em sua composição substâncias que podem complexar ou mesmo fazer com que alguns nutrientes fiquem inacessíveis às enzimas presentes no trato animal, sendo assim chamadas de fatores antinutricionais. As enzimas exógenas irão atuar disponibilizando uma maior quantidade de nutrientes para as enzimas presentes no sistema digestório animal.

Diante disso, foi desenvolvido um experimento para avaliar o efeito da inclusão de β -mananase na dieta com diferentes níveis nutricionais sobre o desempenho de frangos de corte no período de 01 a 21 dias, de 21 a 42 dias e de 01 a 42 dias de idade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais atenderam aos princípios éticos de experimentação animal certificado pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais de Produção (CEUAP) da Universidade Federal de Viçosa sob o processo de número 43/2013.

O experimento foi realizado no setor de avicultura da Universidade Federal de Viçosa no período de abril a maio de 2013, sendo utilizados 1600 pintos machos da linhagem Cobb, alojados em galpão dividido em boxes de 1,0 m x 1,5 m, forrados com cama de maravalha.

A constituição dos tratamentos está descrita na tabela 1. A enzima β -mananase (BM) termoestável utilizada foi produzida a partir da bactéria *Bacillus subtilis* em fermentação, cedido gentilmente pela empresa Ilender e incluída na proporção de 500g/ton, segundo recomendação do fabricante.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x4, sem e com adição da BM e 4 níveis nutricionais (NN), totalizando 8 tratamentos e 10 repetições de 20 aves por unidade experimental. As rações controle (NN1 e NN1+BM) foram formuladas para atenderem as exigências nutricionais das aves (Rostagno *et al.*, 2011), sendo a partir delas realizadas reduções de 100kcal na energia metabolizável (NN2 e NN2+BM); de 3% dos aminoácidos (aas) totais (NN3 e NN3+BM); e de 100kcal na energia metabolizável e 3% dos aminoácidos totais (NN4 e NN4+BM). As composições centesimais e nutricionais das dietas estão apresentadas nas tabelas 2 e 3. O conteúdo de mananos presentes no milho e no farelo de soja foram determinados pelo CBO – Análises laboratoriais.

Tabela 1 – Níveis nutricionais utilizados no experimento com a enzima β -mananase em todo o período experimental.

Níveis Nutricionais	Constituição
NN1	Níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011
NN2	NN1 com redução de 100kcal
NN3	NN1 com redução 3% AA's
NN4	NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's

As aves foram pesadas ao primeiro dia, aos 21 dias e aos 42 dias de idade para determinação do ganho de peso. Foram registrados os fornecimentos e as sobras de rações para determinação do consumo e para o cálculo da conversão alimentar. Durante

o período experimental foram registradas as mortes para correção do consumo e as temperaturas máxima e mínima registradas, diariamente usando termômetros posicionados em locais estratégicos dentro do galpão, na altura dos animais, a fim de aproximar os valores da real temperatura percebida pelas aves.

Os parâmetros zootécnicos de desempenho avaliados foram: ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.

Tabela 2 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais para a fase de 1 a 21 dias de idade (matéria seca, MS=89,41%).

Alimento	NN1	NN2	NN3	NN4
Milho (0,27% mananos)	54,861	57,176	56,914	59,229
Farelo de Soja (0,69% mananos)	36,698	36,311	34,984	34,596
Óleo de Soja	4,111	2,181	3,765	1,835
Fosfato Bicálcico	1,656	1,653	1,670	1,667
Calcário	1,018	1,020	1,018	1,021
Sal comum	0,483	0,482	0,483	0,482
Amido	0,300	0,300	0,300	0,300
DL-Metionina, 99%	0,277	0,275	0,265	0,263
L-Lisina HCl, 79%	0,162	0,169	0,168	0,175
L-Treonina, 98%	0,040	0,039	0,038	0,038
Suplemento Mineral ¹	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento Vitamínico ²	0,110	0,110	0,110	0,110
Cloreto de Colina, 60%	0,100	0,100	0,100	0,100
Salinomicina ³ , 12%	0,055	0,055	0,055	0,055
Avilamicina ⁴ , 10%	0,010	0,010	0,010	0,010
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010
TOTAL	100	100	100	100
Proteína Bruta, %	21,252	21,264	20,636	20,647
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3075	2975	3075	2975
Cálcio, %	0,894	0,894	0,894	0,894
Fibra Bruta, %	2,894	2,914	2,839	2,858
Mananos, %	0,401	0,405	0,395	0,399
Sódio, %	0,210	0,210	0,210	0,210
Gordura, %	6,717	4,873	6,419	4,574
Fósforo Disponível, %	0,420	0,420	0,420	0,420
Lisina Digestível, %	1,174	1,174	1,139	1,139
Lisina Total, %	1,278	1,278	1,240	1,240
Met + Cist. Digestível, %	0,846	0,846	0,821	0,821
Met + Cistina total, %	0,925	0,925	0,898	0,898
Arginina Digestível, %	1,349	1,345	1,302	1,298
Treonina Digestível, %	0,763	0,763	0,740	0,740
Treonina Total, %	0,867	0,868	0,842	0,842
Triptofano Digestível, %	0,240	0,240	0,231	0,230
Triptofano Total, %	0,264	0,263	0,254	0,253
Valina Digestível, %.	0,904	0,904	0,877	0,877
Valina Total, %	1,014	1,014	0,984	0,984

¹Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: Ferro – 55,0 mg; Cobre - 11,0 mg; Manganês - 77,0 mg; Zinco – 71,5 mg; Iodo - 1,10 mg; Selênio – 0,330 mg.

² Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: Vit. A - 8250 U.I.; Vit. D3 - 2090 U.I.; Vit. E - 31,0 U.I.; Vit. B1 - 2,20 mg; Vit. B2 - 5,50 mg; Vit. B6 - 3,08 mg; Vit. B12 - 0,013 mg; Ácido Pantotênico - 11,0 g; Biotina - 0,077 mg; Vit. K3 - 1,65 mg; Ácido Fólico - 0,77 mg; Ácido nicotínico - 33,0 mg.

³Coxistac: (Salinomicina sódica 12%); ⁴Surmax.

Tabela 3 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais para a fase de 22 a 42 dias

Alimento	NN1
Milho (0,27% mananos)	
Farelo de Soja (0,69% mananos)	
Óleo de Soja	
Fosfato Bicálcico	
Calcário	
Sal comum	
Amido	
DL-Metionina, 99%	
L-Lisina HCl, 79%	
L-Treonina, 98%	
Suplemento Mineral ¹	
Suplemento Vitamínico ²	
Cloreto de Colina 60%	
Salinomicina ³ 12%	
Avilamicina ⁴ 10%	
BHT	
TOTAL	
Proteína Bruta, %	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	
Cálcio, %	
Fibra Bruta, %	
Mananos, %	
Sódio, %	
Gordura, %	
Fósforo Disponível, %	
Lisina Digestível, %	
Lisina Total, %	
Met + Cist. Digestível, %	
Met + Cistina total, %	
Arginina Digestível, %	
Treonina Digestível, %	
Treonina Total, %	
Triptofano Digestível, %	
Triptofano Total, %	
Valina Digestível, %.	
Valina Total, %	

¹Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: Ferro – 55,0 mg; Cobre - 11,0 mg; Manganês - 77,0 mg; Zinco – 71,5

² Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: Vit. A - 8250 U.I.; Vit. D3 - 2090 U.I.; Vit. E - 31.0 U.I.; Vit. B1 -

³Coxistac: (Salinomicina sódica 12%); ⁴Surmax.

Os dados foram analisados de acordo com modelo inteiramente casualizado utilizando o procedimento ANOVA contido no programa computacional SAEG da Universidade Federal de Viçosa, com os fatores sem e com adição da enzima β -mananase (2), níveis de nutrientes (4) e interações como efeitos fixos. Diferenças entre

as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste SNK com a significância de $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

Na tabela 4 encontram-se os valores de temperatura, registrados nos termômetros de máxima e mínima, em pontos estratégicos do galpão durante todo período experimental.

Tabela 4 - Valores de temperatura máxima e mínima em períodos de sete dias.

Período	T° Mínima	T° Máxima
1 – 7 dias	19,2	32,0
8 – 14 dias	20,7	31,6
15 – 21 dias	21,8	28,1
22 – 28 dias	20,6	28,7
29 – 35 dias	20,1	29,0
36 – 42 dias	18,3	27,3

Valores obtidos por média durante os respectivos períodos.

3.1 Desempenho no período de 01 a 21 dias de idade

Não foi observada interação ($P>0,05$) entre a adição ou não da enzima β -mananase e os quatro níveis nutricionais utilizados. Na análise isolada dos fatores (Tabela 5), foi observado que a inclusão de BM não foi capaz de influenciar os parâmetros de desempenho. Nessa fase, o consumo de ração não foi influenciado ($P>0,05$) nem pelos NN nem pela adição da enzima.

Os frangos alimentados com a dieta do NN1 apresentaram maior ganho de peso ($P<0,005$) quando comparados com aqueles que receberam as dietas dos níveis nutricionais reduzidos NN2, NN3 e NN4.

Tabela 5: Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas sem e com enzima β -mananase e diferentes níveis nutricionais na fase de 01 a 21 dias de idade em esquema fatorial.

	Nível Nutricional				P valor	BM		P valor	CV (%)
	NN1	NN2	NN3	NN4		Sem Enz.	Com Enz.		
GP (g)	867 ^A	837 ^{BC}	847 ^B	821 ^C	0,001	839	847	0,227	3,49
CR (g)	1190	1186	1180	1190	0,828	1185	1187	0,856	3,10
CA	1,37 ^A	1,42 ^B	1,39 ^A	1,45 ^C	0,001	1,42	1,40	0,158	2,67

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); **NN2** (NN1 com redução de 100kcal); **NN3** (NN1 com redução 3% AA's); **NN4** (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); **BM** (adição da enzima β mananase).

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Efeito NN x Enz. não significativo ($P>0,05$).

A redução dos NNnas dietas promoveu diminuição média de 3,69% no ganho de peso dos animais. Os níveis nutricionais NN2, NN3 e NN4 reduziram este parâmetro na fase em 3,46%, 2,31% e 5,31%, respectivamente.

A redução do ganho de peso das aves refletiu diretamente na piora da conversão alimentar ($P<0,005$) a partir das reduções dos níveis nutricionais. Os animais alimentados com os NN2 e NN4 apresentaram conversão alimentar 3,52 e 5,52% superiores ao NN1. Entretanto, não foi observada diferença entre a conversão alimentar ($P>0,005$) dos frangos de corte submetidos ao NN1 e NN3.

Para interpretação dos efeitos independentes da redução dos NN e adição ou não da enzima BM, foi realizado um teste entre médias para comparar os tratamentos entre si (Tabela 6).

Tabela 6: Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas sem e com enzima β -mananase e diferentes níveis nutricionaisna fase de 01 a 21 dias de idade.

	Níveis Nutricionais/ β -mananase								C.V. (%)
	NN1	NN1 +BM	NN2	NN2 +BM	NN3	NN3 +BM	NN4	NN4 +BM	
GP (g)	871 ^A	863 ^{AB}	835 ^{BC}	840 ^{ABC}	838 ^{ABC}	857 ^{AB}	813 ^C	829 ^{BC}	3,17
CR (g)	1194	1190	1186	1184	1171	1190	1190	1190	3,07
CA	1,37 ^A	1,37 ^A	1,42 ^{BC}	1,41 ^{ABC}	1,39 ^{ABC}	1,39 ^{AB}	1,46 ^D	1,43 ^{CD}	2,61

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); **NN2** (NN1 com redução de 100kcal); **NN3** (NN1 com redução 3% AA's); **NN4** (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); **BM** (adição da enzima β mananase).

^{A,B,C,D} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P<0,05$).

Na comparação de médias entre os tratamentos, a resposta sobre o desempenho de frangos de corte revelou que em valor absoluto o tratamento NN1 apresentou o maior ganho de peso e melhor conversão alimentar ($P<0,05$) dentro da fase. A adição da enzima para os níveis nutricionais NN1, NN2 (NN1 com redução de 100kcal) e NN3 (NN1 com redução 3% AA's) resultou em valores de ganho de peso e conversão alimentar semelhantes aos animais alimentados com o tratamento controle formulado com as recomendações de Rostagno et al., 2011.

Nos tratamentos NN2, NN4 e NN4+BM os frangos de corte apresentaram resultados dos parâmetros de desempenho inferiores em relação aos animais do

tratamento controle. Houve redução de 4,13, 6,66 e 4,82% no ganho de peso e aumento de 3,52, 6,34 e 4,52% na conversão alimentar respectivamente em relação ao tratamento NN1.

3.2 Desempenho no período de 22 a 42 dias

Nessa fase não houve interação ($P>0,05$) entre adição de enzima BM e os NN, porém ambos influenciaram individualmente nos parâmetros de desempenho dos frangos de corte (Tabela 7).

O ganho de peso foi influenciado tanto pelos NN ($P<0,05$) e pela inclusão da enzima BM ($P<0,05$), sendo que as aves submetidas ao NN1 apresentaram ganho de peso superior ao dos frangos do NN3 e NN4 com redução de 2,59% e 4,63% deste valor e semelhante àqueles submetidas ao NN2. Os animais dos tratamentos que receberam a suplementação da enzima BM apresentaram ganho de peso 3,32% maior ($P<0,05$) que as aves alimentadas sem a suplementação.

O consumo de ração foi influenciado pela inclusão de enzima BM ($P<0,05$) e não houve diferença ($P>0,05$) quando analisados os NN. As aves que receberam a enzima β -mananase na ração apresentaram um consumo 1,17% maior.

A conversão alimentar foi influenciada pelos níveis ($P<0,05$) e pela inclusão da enzima ($P<0,05$) nas dietas. Os animais submetidos aos NN1, NN2 e NN3 apresentaram conversão alimentar superior aos alimentados com NN4, este 3,75% inferior ao NN1. A inclusão da enzima BM proporcionou melhora de 2,40% na conversão alimentar quando comparada com frangos que não receberam a dieta suplementada.

Tabela 7: Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas sem e com enzima β -mananase e diferentes níveis nutricionais na fase de 22 a 42 dias de idade em esquema fatorial.

	Nível Nutricional				P valor	BM		P valor	CV (%)
	NN1	NN2	NN3	NN4		Sem Enz.	Com Enz.		
GP (g)	1815 ^A	1782 ^{AB}	1768 ^{BC}	1731 ^C	0,001	1745 ^Y	1803 ^X	0,001	3,51
CR (g)	3001	2982	2961	2941	0,878	2954 ^Y	2989 ^X	0,039	2,53
CA	1,65 ^A	1,68 ^A	1,67 ^A	1,71 ^B	0,011	1,70 ^Y	1,66 ^X	0,005	3,51

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); **NN2** (NN1 com redução de 100kcal); **NN3** (NN1 com redução 3% AA's); **NN4** (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); **BM** (adição da enzima β mananase).

^{X,Y} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Efeito NN x Enz. não significativo (P>0,05).

Para interpretação dos efeitos independentes da redução dos NN e adição ou não da enzima BM foi realizado um teste entre médias para comparar os tratamentos entre si (Tabela 8).

Tabela 8: Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas sem e com enzima β -mananase e diferentes níveis nutricionais na fase de 22 a 42 dias de idade.

	Níveis Nutricionais/ β -mananase								C.V. (%)
	NN1	NN1 +BM	NN2	NN2 +BM	NN3	NN3 +BM	NN4	NN4 +BM	
GP (g)	1797 ^{AB}	1834 ^A	1755 ^{ABC}	1810 ^{AB}	1731 ^{BC}	1805 ^{AB}	1699 ^C	1763 ^{ABC}	3,40
CR (g)	2985 ^{AB}	3018 ^A	2964 ^{AB}	2999 ^{AB}	2913 ^B	2969 ^{AB}	2952 ^{AB}	2969 ^{AB}	2,28
CA	1,66 ^A	1,65 ^A	1,691 ^{AB}	1,65 ^A	1,69 ^{AB}	1,64 ^A	1,74 ^B	1,69 ^{AB}	3,53

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); **NN2** (NN1 com redução de 100kcal); **NN3** (NN1 com redução 3% AA's); **NN4** (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); **BM** (adição da enzima β mananase).

^{A,B,C,D} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

A comparação de médias entre os tratamentos mostra, em valores absolutos, que no tratamento NN1+BM os frangos de corte apresentaram maior ganho de peso (P<0,05), sendo este semelhante aos tratamentos NN1, NN2, NN2+BM, NN3+BM e NN4+BM.

Foi observada diferença para o consumo de ração (P<0,05), sendo este superior para os animais do NN1+BM em relação a NN3. Quando comparados os outros tratamentos os valores encontrados foram semelhantes.

Também foi encontrada diferença ($P<0,05$) para a conversão alimentar, onde as aves submetidas aos tratamentos NN1, NN1+BM, NN2+BM e NN3+BM apresentaram melhora do parâmetro em relação a NN4. Estes valores foram semelhantes para NN2, NN3 e NN4+BM.

3.3 Desempenho no período de 01 a 42 dias

Na fase total do experimento também não houve interação ($P>0,05$) entre os NN e a adição da enzima BM, no entanto estes influenciaram isoladamente os parâmetros de desempenho (Tabela 9).

Os frangos alimentados com as dietas do NN1 apresentaram maior ganho de peso ($P<0,05$) quando comparados com aqueles que receberam dietas dos níveis nutricionais NN2, NN3 e NN4. A redução dos NN promoveu piora no ganho de peso dos animais de 2,42, 2,61 e 4,62% respectivamente para NN2, NN3 e NN4, quando comparados ao NN1.

Não foi observada diferença para o consumo ($P>0,05$) quando analisados os tratamentos com diferentes níveis nutricionais durante o período total do experimento.

Sobre a conversão alimentar verificou-se pior conversão ($P<0,05$) dos animais submetidos ao NN4 frente aos demais tratamentos, a qual foi 4,30% superior em relação ao NN1. E, apesar dos animais alimentados com NN1 apresentarem maior ganho de peso, a conversão alimentar mostrou-se semelhante à dos animais do NN2 e NN3.

A adição de BM influenciou o ganho de peso ($P<0,05$) quando comparados com os animais que não receberam a suplementação enzimática, havendo um aumento de 2,45% para o parâmetro. O consumo de ração não foi influenciado ($P>0,05$) pela adição da enzima na fase total do experimento. O ganho de peso foi acompanhado pela melhora da conversão alimentar ($P<0,005$) dos animais que receberam a enzima BM na dieta, cerca de 1,87% em relação as aves que não receberam suplementação.

Tabela 9: Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas sem e com enzima β -mananase e diferentes níveis nutricionais na fase de 01 a 42 dias de idade em esquema fatorial.

<u>Nível Nutricional</u>	<u>BM</u>	<u>P</u>	<u>CV</u>
--------------------------	-----------	----------	-----------

	NN1	NN2	NN3	NN4	P valor	Sem Enz.	Com Enz.	valor	(%)
GP (g)	2683 ^A	2618 ^B	2613 ^B	2549 ^C	0,001	2583 ^Y	2648 ^X	0,001	2,80
CR (g)	4191	4168	4150	4120	0,123	4139	4175	0,094	2,30
CA	1,56 ^A	1,59 ^A	1,58 ^A	1,63 ^B	0,001	1,60 ^Y	1,57 ^X	0,005	2,55

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); NN2 (NN1 com redução de 100kcal); NN3 (NN1 com redução 3% AA's); NN4 (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); BM (adição da enzima β mananase).

^{X,Y} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Efeito NN x Enz. não significativo (P>0,05).

Para interpretação dos efeitos independentes da redução dos NN e adição ou não da enzima BM foi realizado um teste entre médias para comparar os tratamentos entre si (Tabela 10).

Tabela 10: Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas sem e com enzima β -mananase e diferentes níveis nutricionais na fase de 01 a 42 dias de idade.

	Níveis Nutricionais/ β -mananase								C.V. (%)
	NN1	NN1 +BM	NN2	NN2 +BM	NN3	NN3 +BM	NN4	NN4 +BM	
GP (g)	2669 ^{AB}	2697 ^A	2588 ^{BC}	2648 ^{AB}	2566 ^C	2660 ^{AB}	2511 ^C	2588 ^{BC}	2,62
CR (g)	4180	4203	4152	4184	4084	4156	4141	4159	2,08
CA	1,57 ^A	1,56 ^A	1,60 ^A	1,58 ^A	1,59 ^A	1,56 ^A	1,65 ^B	1,61 ^A	2,64

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); NN2 (NN1 com redução de 100kcal); NN3 (NN1 com redução 3% AA's); NN4 (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); BM (adição da enzima β mananase).

^{A,B,C,D} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Na comparação de médias entre os tratamentos, em valores absolutos, os frangos de corte do tratamento NN1+BM apresentou maior ganho (P<0,05) de peso em relação aos demais, sendo semelhante a NN1, NN2+BM e NN3+BM. Foi observado uma piora (P<0,05) do ganho de peso para as aves dos tratamentos NN2, NN3, NN4 e NN4+BM na ordem de 4,04, 4,85, 7,00 e 4,04% respectivamente quando comparados ao NN1. A inclusão de enzima BM foi capaz de recuperar o ganho de peso dos animais com

redução dos NN, sendo estes semelhantes aos valores encontrados para as aves do tratamento controle, com exceção do NN4+BM.

Não houve efeito para o consumo de ração ($P>0,05$) em todo o período experimental.

A conversão alimentar dos frangos de corte do tratamento NN4 no período total do experimento apresentou uma piora ($P<0,05$) na ordem de 5,69% em relação ao tratamento NN1+BM, o qual apresentou menor conversão alimentar em valor absoluto.

4. DISCUSSÃO

Para as fases avaliadas, o resultado dos efeitos independentes dos NN e da adição de enzima sobre os parâmetros de desempenho estão de acordo com Lee et al. (2003), que em estudos com níveis de goma de guar e diferentes inclusões de β -mananase não encontraram interações entre os fatores. O resultados são corroborados também aos achados de Cho et al.(2013), que avaliando dois níveis de energia metabolizável na fase inicial de 2.947,41 kcal/kg (baixa energia) e 3.023,84 kcal/kg (alta energia), e fase final de 3.124,16 kcal/kg (baixa energia) e 3.198,20 kcal/kg (alta energia); e a inclusão ou não de β -mananase não encontraram interação entre os fatores durante o período experimental.

Em contrapartida Daskiranet al. (2004), trabalhando com quatro níveis de inclusão de goma de guar, sem e com enzima β -mananase, verificaram interação entre esses parâmetros na primeira e segunda semana do experimento (7 e 14 dias). O estudo revelou redução do ganho de peso das aves com 2% de goma de guar nas dietas e a melhora do parâmetro com a adição da enzima.

A interação entre os fatores também foi verificada por Lee et al.(2003), em seu segundo experimento, onde observaram piora no ganho de peso e conversão alimentar dos frangos de corte com adição de casca de guar e melhoria dos resultados de desempenho com a adição de enzima β -mananase.

Na fase de 01 a 21 dias de idade as rações formuladas com o nível nutricional recomendado por Rostagno et al.(2011) proporcionou os melhores resultados do desempenho, o qual possibilitou maior ganho de peso dos animais e melhor conversão alimentar em valores absolutos. Enquanto que as reduções dos NN em 100kcal, 3% de AA e 100kcal + 3% de AA afetaram o ganho de peso, indicando a importância no atendimento adequado das exigências de energia e aminoácidos para garantir o desempenho dos frangos de corte na fase inicial. A redução de 100kcal piorou o ganho de peso em proporção intermediária e maior do que aquela verificada com a redução de 3% dos aminoácidos. Já os efeitos sobre a piora do ganho de peso foram aditivos e maiores com o uso de dietas com diminuição de 100kcal de energia e 3% de aminoácidos.

Quando considerados os valores da conversão alimentar foi observado diminuição intermediária com a redução de 100kcal e o pior valor com o uso de menos 100kcal + 3% de aminoácidos. Estes resultados mostraram que na fase inicial de desenvolvimento de frangos de corte as exigências de energia alteram em maior

proporção as respostas zootécnicas, e variações nos níveis nutricionais frente às exigências devem ser evitadas para garantia do desempenho potencial das aves.

Os resultados obtidos com adição de enzima na fase inicial indicam que possivelmente devem ser utilizadas doses superiores, como forma de melhorar o uso de nutriente das dietas, ou ainda, a imaturidade fisiológica das aves não permitiu o aproveitamento dos benefícios da suplementação enzimática.

Na comparação de todos os tratamentos os resultados sobre ganho de peso e conversão alimentar reforçam que não houve benefício do uso da enzima on top quando utilizado o nível nutricional recomendado pelas tabelas brasileiras para frangos de corte de desempenho médio. Ressalta-se que o ganho de peso obtido foi semelhante ao preconizado por Rostagno et al., 2011, de 886 gramas de peso vivo aos 21 dias de idade. Portanto, o máximo desempenho potencial pode ter sido alcançado limitando o benefício do uso da enzima “on top”.

Já o uso da enzima nos tratamentos NN2+BM e NN3+BM permitiram, em diferentes proporções, ganho de peso e conversão alimentar mais próximos ao controle NN1, evidenciando assim efeitos do uso de enzima na fase inicial.

Estes resultados estão de acordo com Lee et al.(2003), que avaliando o uso de 2,5 e 5,0% de casca de guar na composição do farelo e a adição da enzima β -mananase em 0, 1 e 4 vezes a recomendação do fabricante, verificaram que a inclusão da casca de guar diminuiu o ganho de peso e piorou a conversão alimentar dos animais onde não houve suplementação enzimática aos 21 dias de idade. A inclusão de 2,5 e 5,0% da casca de guar no farelo aliados a suplementação da enzima em 1 e 4 vezes a quantidade recomendada pelo fabricante, promoveu resultados de ganho de peso e conversão alimentar semelhantes ao tratamento controle.

Daskiran et al.(2004), que em um experimento com diferentes inclusões de goma de guar e suplementação ou não da enzima β -mananase para frangos de corte machos, concluíram que a inclusão enzimática foi capaz de recuperar os valores de ganho de peso e conversão alimentar em todos os tratamentos, e em relação ao tratamento controle para os valores 0,5 e 1% de inclusão de goma de guar.

Efeito da adição de enzima β -mananase em dietas com baixa e alta energia também foram verificados por Cho et al.(2013), que encontraram valores semelhantes de ganho de peso e conversão alimentar entre os tratamentos com redução de energia e suplementação enzimática frente aos que mantiveram uma alta energia com ou sem suplementação.

Em contrapartida, em trabalhos de Zouet al.(2006); Li et al.(2010) e Mehri et al. (2010) não se observaram melhora nos parâmetros de desempenho na fase inicial da produção de frangos de corte com a suplementação de β -mananase. Tal fato pode se justificado pelo fornecimento desajustado da quantidade de enzima, o baixo teor de mananos na matéria prima sendo incapaz de influenciar no decréscimo do desempenho, ou mesmo este se encontrar próximo do potencial genético do animal.

A melhora dos parâmetros de desempenho com redução dos níveis nutricionais e suplementação enzimática pode ser associada a um aumento da digestibilidade dos nutrientes presentes na dieta. Os mananos e galactomanos são capazes de aumentar a viscosidade da dieta dificultando a difusão enzimática no lúmen do intestino e prejudicando a absorção de moléculas. A β -mananase atua na hidrólise desses componentes presentes no farelo de soja, diminuindo a viscosidade intestinal, e conseqüentemente, produz melhores resultados para o desempenho de frangos de corte durante a fase inicial (Lee et al., 2003).

Na fase de 22 a 42 dias de idade os níveis nutricionais utilizados influenciaram o ganho de peso e conversão alimentar, assim como na fase inicial, entretanto as respostas observadas foram distintas. A redução de 3% de aminoácidos prejudicou o desempenho dos frangos de corte, reduzindo em 2,59% o ganho de peso. A redução de 100kcal de energia metabolizável promoveu piora no ganho de peso na ordem de 1,82%, mas foi semelhante ao NN1. O efeito aditivo negativo da redução conjunta do nível de energia e aminoácidos também foi observado (piora de 4,63 e 3,75% para ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente quando comparados ao NN1) e reforçam a importância da adequação dos níveis nutricionais.

Sobre a adição de enzima β -mananase, a melhoria observada nas respostas de desempenho (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar), independente do nível nutricional utilizado, confirma o efeito positivo da enzima devido a sua ação sobre substratos específicos e o aumento da digestibilidade de nutrientes, em benefício da produção de frangos de corte, conforme citado por Kong et al.(2011) e Mussini et al. (2011).

A melhora dos parâmetros de desempenho com a suplementação da enzima β -mananase estão de acordo com Zouet al. (2006), que trabalharam com rações a base de milho e farelo de soja e diferentes níveis de suplementação enzimática. Foi verificado aumento do ganho de peso dos animais suplementados independente dos níveis de inclusão da enzima em relação ao tratamento controle durante a fase de 22 a

42 dias de idade. No mesmo período a conversão alimentar foi melhorada em 3,59 e 4,73% em relação ao tratamento controle, para os níveis de inclusão de 0,025 e 0,05% da enzima. Foi observado aumento do consumo de ração dos animais que receberam o maior nível de suplementação enzimática (0,075%) em relação às aves alimentadas com os demais tratamentos. Pode-se inferir que a utilização da β -mananase ocasionou uma diminuição da viscosidade intestinal pela quebra de mananos, permitindo um maior esvaziamento gástrico fazendo com que o animal consumisse mais.

Em contrapartida outros trabalhos mostraram uma diminuição do consumo com a inclusão da enzima (Mehriet al., 2010; Cho et al., 2013). A explicação para tal comportamento se deve a melhora da absorção dos nutrientes, a redução da viscosidade da digesta e o aumento do comprimento das microvilosidades presentes ao longo do intestino delgado (Mehriet al., 2010), melhorando o aproveitamento do alimento.

Jackson et al.(2004), trabalharam com ração a base de milho e farelo de soja desprovida de promotores de crescimento e diferentes níveis de suplementação de β -mananase, e verificaram melhora dos parâmetros de desempenho com a adição da enzima na fase de 22 a 42 dias de idade. A inclusão de 80 milhões de U/ton promoveu aumento do ganho de peso dos animais suplementados, e com 110 milhões de U/ton foram observados efeitos aditivos no aumento do ganho de peso das aves e uma melhor conversão alimentar, em relação ao tratamento controle.

Na comparação das médias a semelhança no ganho de peso dos frangos de corte submetidos aos tratamentos NN2+BM, NN3+BM e NN4+BM em relação ao nível controle, comprovam que com a adição de enzima há a liberação de energia e nutrientes, uma vez que as dietas com níveis nutricionais subótimos apresentaram ganho de peso intermediário no NN2 e NN3, e inferior no NN4. Na fase de 22 a 42 dias a valorização em até 100 kcal e redução de 3% nos aminoácidos com adição de enzima permitiram desempenho semelhante ao grupo controle NN1.

Considerando os ajustes nutricionais e da composição da dieta, a redução de energia e aminoácidos realizada através da menor inclusão de óleo e farelo de soja que foram respectivamente de 2,13 e 1,41% foram compensadas pelo efeito da adição da enzima β -mananase.

Ao contrário do estudo, Li et at. (2010), trabalhando com duas dietas, uma de nível adequado de energia metabolizável (2.947kcal para dieta inicial e 2.997,57kcal para dieta final) e outra com redução de energia (2.827,98kcal para dieta inicial e

2.878,14 para dieta final) sem e com suplementação enzimática, não encontraram melhora dos parâmetros de desempenho durante a fase de 22 a 42 dias.

Os resultados de desempenho no período total confirmaram os efeitos independentes dos níveis nutricionais verificados nas fases avaliadas e da adição da enzima β -mananase na fase de 22 a 42 dias, uma vez que, proporcionalmente a segunda fase representou 68,1% do crescimento dos frangos de corte.

Sobre os níveis nutricionais utilizados, a redução de 100 kcal ou de 3% dos aminoácidos impactou negativamente sobre o ganho de peso dos frangos de corte na mesma intensidade (2,42 e 2,61%). Enquanto a redução conjunta de energia e aminoácidos, o efeito observado sobre a piora no ganho de peso foi aditivo (4,62%). As respostas de consumo de ração com as alterações dos níveis nutricionais demonstraram que os frangos de corte conseguiram compensar as deficiências nutricionais promovidas pelas reduções da energia e dos aminoácidos, independentes ou em associação.

Na conversão alimentar, o efeito negativo aditivo observado com a redução conjunta de energia e aminoácidos indicam que, mesmo com a manutenção do consumo de ração, os níveis nutricionais reduzidos interferiram no ganho de peso devido ao menor aporte de energia e aminoácidos aos animais.

As melhores respostas de ganho de peso e conversão alimentar observadas com adição da enzima, independentes dos níveis nutricionais no período total, confirmam que mesmo com a utilização de dietas tradicionais a base de milho e farelo de soja como principais ingredientes, estas apresentam em sua composição nutrientes não digeríveis que podem ser disponibilizados para absorção e utilização pelas aves, através da adição de enzimas específicas como a β -mananase em sua dieta.

A semelhança no ganho de peso dos frangos de corte alimentados com NN2+BM e NN3+BM e o controle NN1, comprovam a melhora do parâmetro devido a ação da enzima sobre a digestibilidade dos ingredientes vegetais (milho e farelo de soja). Já o ganho de peso verificado com NN4+BM no período total, valor este intermediário entre NN1 e NN4, indicam uma possível supervalorização da matriz da enzima. Na fase total, a comparação de média mostrou que o uso da enzima no nível nutricional recomendado por Rostagno et al., 2011, promoveu maior ganho de peso em valor absoluto, embora semelhante ao NN1. Esse resultado pode ser justificado pelo fato do potencial de ganho do animal já ter sido atingido.

Estes resultados estão de acordo com Zouet al. (2006), que encontraram melhora do ganho de peso dos frangos que foram suplementados com enzima β -mananase

independente do nível de inclusão, em relação ao tratamento controle no período de 01 a 42 dias de idade. Os mesmos também não encontraram resultados para o consumo durante o período total do experimento, e foi observada uma melhora da conversão alimentar com a inclusão de 0,025 e 0,05%, de 2,09 e 4,83% respectivamente em relação ao tratamento controle.

A melhora dos parâmetros de desempenho também foram encontradas por Jackson et al.(2004), que ao analisar em todo o período experimental encontraram maior ganho de peso e melhora na conversão alimentar dos frangos de corte com a adição da enzima β -mananase na dieta.

Os resultados são corroborados com de Li et al. (2010), onde a utilização da enzima β -mananase, independente do nível de inclusão (1 ou 2 g/kg de ração) resultou em aumento do ganho de peso para os animais que receberam a dieta de baixa energia e sua suplementação, semelhantes ao tratamento controle durante todo o período experimental. O mesmo comportamento pode ser observado pela conversão alimentar, havendo melhora para as aves alimentadas com redução de energia associada à suplementação com a enzima quando comparados os animais que não houve a adição na dieta, sendo o valor encontrado foi semelhante ao tratamento controle.

Em poedeiras de segundo ciclo Wu et al. (2005), trabalhando com uma dieta com alto nível energético e outra com densidade reduzida, sem ou com suplementação enzimática, observaram uma melhora da conversão alimentar das aves que receberam o tratamento com redução energética e suplementação enzimática com a β -mananase; sendo semelhante ao tratamento com nível maior de energia durante todo o período experimental.

A melhora expressiva dos parâmetros de desempenho com a utilização da enzima β -mananase nas dietas de frangos de corte, deve-se, principalmente, a hidrólise das moléculas de polissacarídeos solúveis resultando em aproveitamento de carboidratos, antes indisponíveis às aves, sendo absorvidos e utilizados pelo animal na forma de manose (Sakiet al., 2005). Além disso, ocorre a diminuição da viscosidade da dieta no lúmen intestinal (Lee et al., 2003; Mehri et al., 2010). A viscosidade natural de mananos e galactomanos presentes no farelo de soja prejudicam as interações entre substrato e enzima, e bloqueiam os sítios de absorção de moléculas no intestino, prejudicando assim a digestibilidade dos nutrientes presentes nas dietas.

Estes efeitos foram comprovados em experimentos anteriores onde foram observados uma melhora na digestibilidade de alguns nutrientes, como a matéria seca

(Cho et al., 2013), proteína bruta e fibra bruta (Li et al., 2010) em tratamentos com suplementação da enzima β -mananase associados a um melhor resultado para o crescimento desses animais.

O aporte de carboidratos e a redução da viscosidade acarretam melhora da utilização da energia metabolizável. A suplementação enzimática das rações de frangos de corte com β -mananase permite que sejam obtidos maiores valores de energia metabolizável para os animais (Daskiran et al., 2004; Li et al., 2010; Cho et al., 2013).

Os PNAs solúveis são conhecidos como grandes ativadores do sistema imunológico do animal, assim redirecionando nutrientes para a produção de moléculas de defesa. A enzima β -mananase é capaz de atenuar a resposta imunológica através da diminuição de pesos de órgãos relacionados ao sistema imune como o timo e a bursa de Fabricius (Li et al., 2010) e da concentração de imunoglobulinas e anticorpos (Li et al., 2010; Mehri et al., 2010). Portanto, a suplementação enzimática irá refletir na menor mobilização de nutrientes para ativação imunológica, sendo estes aproveitados na melhora dos parâmetros de desempenho.

Os menores níveis de energia (redução em 100kcal) e de aminoácidos (menos 3%) obtidos com a menor inclusão percentual de óleo em 1,93% para todas as fases, e do farelo de soja em 1,71 e 1,02% na primeira e segunda fase respectivamente, foram responsáveis pelo menor desempenho dos frangos de corte no período total. A diminuição de níveis de fontes lipídicas (óleos e gorduras) na ração de monogástricos é capaz de reduzir o tempo de retenção do alimento no sistema digestório (Gonzalo et al., 1982), uma vez que a gordura dietética estimula a liberação do hormônio colecistoquinina responsável pela diminuição do esvaziamento gástrico (Swenson & Reece, 1996), fazendo com que a digestibilidade dos nutrientes seja prejudicada.

Entretanto, os prejuízos foram eliminados pela adição da enzima β -mananase nas dietas corroborando o uso dessas enzimas como estratégia nutricional e econômica no desempenho potencial dos frangos de corte.

De acordo com Wu et al., (2005) e Li et al., (2010), a adição de enzimas pode ser empregada como uma estratégia de redução dos custos de produção, uma vez que com sua utilização em dietas de frangos de corte com redução energética há uma melhora na utilização da energia da ração pelos animais, e desempenho zootécnico semelhante as aves que receberam níveis adequados.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Para avaliar adição da enzima β -mananase e de diferentes níveis nutricionais em rações para frangos de corte nas fases de criação, foi realizado um experimento no Setor de Avicultura da Universidade Federal de Viçosa, sendo utilizados 1600 pintos de corte machos, de 01 a 42 dias de idade, da linhagem Cobb, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, contendo 8 tratamentos no esquema fatorial 2 x 4 (sem e com adição de 500 g por tonelada de enzima β -mananase e quatro níveis nutricionais), com dez repetições e 20 aves por unidade experimental em cada fase, respectivamente. O nível nutricional 1 (NN1) foi formulado para atender as exigências nutricionais das aves de acordo com Rostagno *et al.* (2011), a partir do qual foram feitas reduções de 100kcal de EM (NN2); 3% dos aminoácidos totais (NN3); e 100kcal de EM e 3% dos aminoácidos totais (NN4). Os demais tratamentos foram então constituídos pelos níveis nutricionais com a adição de enzimas.

A adição da enzima β -mananase influenciou positivamente os parâmetros de desempenho de 22 a 42 dias e no período total do experimento. O nível nutricional recomendado por Rostagno *et al.*, 2011, promoveu melhores respostas de desempenho nas diferentes fases experimentais.

Quando analisada as médias dos tratamentos (NN1+BM, NN2+BM e NN3+BM), com a redução dos níveis nutricionais e a inclusão de β -mananase o desempenho de frangos de corte foi semelhante ou superior ao tratamento controle (NN1) dentro de todas as fases, enquanto pior desempenho foi registrado para os níveis sem suplementação enzimática.

Assim, pode-se concluir que o uso da enzima β -mananase em dietas com níveis nutricionais reduzidos ou não, é uma importante estratégia para a melhoria dos parâmetros de ganho de peso e de conversão alimentar de frangos de corte.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHO, J.H.; KIM, I.H. Effects of beta-mannanase supplementation in combination with low and high energy dense diets for growing and finishing broilers. **Livestock Science**, v.154, p.137-143, 2013.

DASKIRAN, M.; TEETER, R.G.; FODGE, D.; HSIAO, H.Y. An evaluation of endo- β -mannanase (Hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets carrying in β -mannan content. **Poultry Science**, v.83, p.662-668, 2004.

GONZALO, G.M.; SELL, J.L.; EASTWOOD, J.A. Rate of passage (transit time) as influenced by level of supplemental fat. **Poultry Science**, v.61, p. 94-100, 1982.

JACKSON, M.E.; GERONIAN, K.; KNOX, A.; McNAB, L.; McCARTNEY, E. A dose-response study with the feed enzyme β -mannanase in broilers provided with corn-soybean meal based diets in the absence of antibiotic growth promoters. **Poultry Science**, v.83, p.1992-1996, 2004.

KONG, C.; LEE, J.H.; ADEOLA, O. Supplementation of β -mannanase to starter and grower diets for broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.389-397, 2011.

LEE, J.T.; BAILEY, C.A.; CARTWRIGHT, A.L. β -mannanase ameliorates viscosity-associated depression of growth in broiler chickens fed guar germ and hull fractions. **Poultry Science**, v.82, p.1925-1931, 2003.

LI, Y.; CHEN, X.; CHEN, Y, LI, Z.; CAO, Y. Effects of β -mannanase expressed by *Pichia pastoris* in corn-soybean meal diets on broiler performance, nutrient digestibility, energy utilization and immunoglobulin levels. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, p.59-67, 2010.

MEHRI, M.; ADIBMORADI, M.; SAMIE, A.; SHIVAZAS, D, M. Effects of β -mannanase on broiler performance, gut morphology and immune system. **African Journal of Biotechnology**, v.9, p.6221-6228, 2010.

MUSSINI, F.J.; COTO, C.A.; GOODGAME, S.D.; LU, C.; KARIMI, A.J.; LEE, J.H.; WALDROUP, P.W. Effect of a β -mannanase on nutrient digestibility in corn-soybean meal diets for broilers chicks. **International Journal of Poultry Science**, v.10, p.774-777, 2011.

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

SAKI, A.A.; MAZUGI, M.T.; KAMYAB, M. Effect of mannanase on broilers performance, ileal and in vitro protein digestibility, uric acid and litter moisture in broiler feeding. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.21-26, 2005.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. PARTRIDGE, G.G. Beneficial effects of xylanase and/or phytase inclusions on ileal amino acid digestibility, energy utilisation, mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.153, p.303-313, 2009.

SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1996. 856p.

WU, G. BRYANT, M.M.; VOITLE, R.A.; ROLAND, D.A. Effects of β -mannanase in corn-soy diets on commercial leghorns in second-cycle hens. **Poultry Science**, v.84, p.894-897, 2005.

ZOU, X.T.; QIAO, X.J.; XU, Z.R. Effect of β -mannanase (Hemicell) on growth performance and immunity of broilers. **Poultry Science**, v.85, p.2175-2179, 2006.

CAPÍTULO 2

DETERMINAÇÃO DOS VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL E DO BALANÇO DE NITROGÊNIO DAS DIETAS DE FRANGOS DE CORTE SEM OU COM ADIÇÃO DA ENZIMA β -MANANASE COM DIFERENTES NÍVEIS NUTRICIONAIS.

1. INTRODUÇÃO

A formulação de rações para a produção animal requer entendimento amplo sobre as exigências dos animais em produção, nas diferentes fases de criação, aliado ao

conhecimento da composição dos principais alimentos utilizados na formulação. Isto permite aproveitar de forma eficiente os nutrientes fornecidos pela matéria prima como também empregar o uso de alimentos alternativos quando a sazonalidade de produção for um fator limitante ao sistema.

É sabido que grande variedade de grãos utilizados na composição de dietas para frangos de corte apresentam em sua constituição fatores capazes de se complexar a macromoléculas e mineirais, deixando-os indisponíveis para serem absorvidos pelo animal. Estes também chamados de fatores antinutricionais e, devido a estas características são capazes de causar depreciações no ganho de peso e conversão alimentar das aves por diminuir a eficiência de utilização de proteínas, carboidratos, lipídeos e alguns minerais.

Visando diminuir tais impactos na produção de animais monogástricos, pesquisadores vem avaliando a utilização de enzimas exógenas para diminuir o efeito deletério dos fatores antinutricionais sobre o desempenho dos animais. As enzimas exógenas atuam na quebra dos fatores antinutricionais, liberando para o organismo animal os nutrientes que antes estariam indisponíveis. Isso aumenta a utilização da energia e nutrientes fornecidos pela dieta e pode promover melhora dos parâmetros de desempenho animal.

Assim, foi realizado um ensaio metabólico para determinar a energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio em rações com diferentes níveis nutricionais sem ou com a adição da enzima β -mananase para frangos de corte no período de 13 a 21 dias de idade.

2. MATERIAS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais atenderam aos princípios éticos de experimentação animal certificado pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais de

Produção (CEUAP) da Universidade Federal de Viçosa sob o processo de número 43/2013.

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), durante os meses de abril e maio de 2013. Para a realização do ensaio foram utilizados 384 frangos de corte, machos, da linhagem COBB, onde até os 13 dias de idade as aves foram criadas em galpão de alvenaria dentro de círculos de proteção, recebendo ração pré-inicial formulada a base de milho e farelo de soja atendendo as exigências propostas por Rostagno et al. (2011), e manejadas o segundo manual da linhagem.

Os tratamentos foram constituídos conforme a tabela 1. A enzima β -mananase termoestável utilizada foi produzida a partir da bactéria *Bacillus subtilis* em fermentação, cedida gentilmente pela empresa Ilender e incluído na proporção de 500g/ton, segundo recomendação do fabricante.

Tabela 1 – Níveis nutricionais utilizados no experimento com a enzima β mananase de 13 a 21 dias de idade.

Níveis Nutricionais	Constituição
NN1	Níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011
NN2	NN1 com redução de 100kcal
NN3	NN1 com redução 3% AA's
NN4	NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's

Aos 13 dias de idade os 384 pintos foram transferidos para duas baterias metálicas com compartimentos distribuídos em dois andares, dispostas em uma sala de 68 m², com pé-direito de aproximadamente 2,8 m. Cada bateria foi composta por 24 gaiolas com bebedouro tipo nipple e um comedouro tipo calha. Na sala o aquecimento artificial foi realizado com três campânulas de três lâmpadas de infravermelho de 250w/campânula. Durante todo o período experimental as aves receberam ração e água à vontade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 2 x 4 (sem ou com adição da β mananase em 4 níveis nutricionais), totalizando 8 tratamentos com 8 repetições de 6 aves por unidade experimental. As rações controle (NN1 e NN1+BM) foram formuladas para atenderem as exigências nutricionais das aves para essa fase (Rostagno et al., 2011), sendo a partir delas realizadas reduções de 100kcal na energia metabolizável (NN2 e NN2+BM); 3% dos aminoácidos (aas) totais (NN3 e NN3+BM); e 100kcal na energia metabolizável e 3% dos aminoácidos totais

(NN4 e NN4+BM), com adição ou não da enzima β mananase nas dietas. A composição centesimal da dieta está apresentada na tabela 2. O conteúdo de mananos presentes no milho e no farelo de soja foram determinados pelo CBO – Análises laboratoriais.

As rações foram fornecidas à vontade por um período de 8 dias, sendo três dias de adaptação e cinco de coleta total das excretas de cada unidade experimental, com intervalos de 12 horas entre cada coleta. As bandejas coletoras, revestidas com plástico, foram colocadas sob o piso de cada unidade experimental.

A ração foi pesada no início e no final do período de coleta para determinação do consumo total dos animais no período. As excretas foram coletadas diariamente e ao final do período experimental pesadas, homogêneas e retiradas amostras, onde foi realizada pré-secagem, para determinação dos valores de energia metabolizável aparente e de energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio, segundo metodologia descrita em Sakomura&Rostagno (2007). As análises foram realizadas segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002), sendo realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV.

Tabela 2 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais para a fase de 1 a 21 dias de idade (Matéria seca, MS=89,41%).

Alimento	NN1	NN2	NN3	NN4
Milho (0,27% mananos)	54,861	57,176	56,914	59,229
Farelo de Soja (0,69%)	36,698	36,311	34,984	34,596

mananos)				
Óleo de Soja	4,111	2,181	3,765	1,835
Fosfato Bicálcico	1,656	1,653	1,670	1,667
Calcário	1,018	1,020	1,018	1,021
Sal comum	0,483	0,482	0,483	0,482
Amido	0,300	0,300	0,300	0,300
DL-Metionina, 99%	0,277	0,275	0,265	0,263
L-Lisina HCl, 79%	0,162	0,169	0,168	0,175
L-Treonina , 98%	0,040	0,039	0,038	0,038
Suplemento Mineral ¹	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento Vitamínico ²	0,110	0,110	0,110	0,110
Cloreto de Colina, 60%	0,100	0,100	0,100	0,100
Salinomicina ³ , 12%	0,055	0,055	0,055	0,055
Avilamicina ⁴ , 10%	0,010	0,010	0,010	0,010
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010
TOTAL	100	100	100	100
Proteína Bruta, %	21,252	21,264	20,636	20,647
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3075	2975	3075	2975
Cálcio, %	0,894	0,894	0,894	0,894
Fibra Bruta, %	2,894	2,914	2,839	2,858
Mananos, %	0,401	0,405	0,395	0,399
Sódio, %	0,210	0,210	0,210	0,210
Gordura, %	6,717	4,873	6,419	4,574
Fósforo Disponível, %	0,420	0,420	0,420	0,420
Lisina Digestível, %	1,174	1,174	1,139	1,139
Lisina Total, %	1,278	1,278	1,240	1,240
Met + Cist. Digestível, %	0,846	0,846	0,821	0,821
Met + Cistina total, %	0,925	0,925	0,898	0,898
Arginina Digestível, %	1,349	1,345	1,302	1,298
Treonina Digestível, %	0,763	0,763	0,740	0,740
Treonina Total, %	0,867	0,868	0,842	0,842
Triptofano Digestível, %	0,240	0,240	0,231	0,230
Triptofano Total, %	0,264	0,263	0,254	0,253
Valina Digestível, %.	0,904	0,904	0,877	0,877
Valina Total, %	1,014	1,014	0,984	0,984

¹Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: Ferro – 55,0 mg; Cobre - 11,0 mg; Manganês - 77,0 mg; Zinco – 71,5 mg; Iodo - 1,10 mg; Selênio – 0,330 mg.

² Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: Vit. A - 8250 U.I.; Vit. D3 - 2090 U.I.; Vit. E - 31,0 U.I.; Vit. B1 - 2,20 mg; Vit. B2 - 5,50 mg; Vit. B6 - 3,08 mg; Vit. B12 - 0,013 mg; Ácido Pantotênico - 11,0 g; Biotina - 0,077 mg; Vit. K3 - 1,65 mg; Ácido Fólico - 0,77 mg; Ácido nicotínico - 33,0 mg.

³Coxistac: (Salinomicina sódica 12%); ⁴Surmax.

O método utilizado para determinação do nitrogênio das dietas e das excretas foi o de Kjeldahl. A partir dos resultados de nitrogênio consumido e excretado, foram calculados o nitrogênio retido em gramas/ave/dia e em percentual.

Com base nos resultados da energia bruta das rações e das excretas, determinada na bomba calorimétrica modelo Parr – 1261, foram calculados os valores da energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), utilizando a equação descrita por Matterson et al. (1965):

$$\text{EMAn da ração (kcal/kg)} = \frac{\text{EB ingerida} - (\text{EB excretada} + 8,22 \times \text{BN})}{\text{MS ingerida}}$$

EB = energia bruta;

BN = balanço de nitrogênio (N) = N ingerido - N excretado

Os dados foram analisados de acordo com modelo inteiramente casualizado utilizado procedimento ANOVA contido no programa computacional SAEG da Universidade Federal de Viçosa, com os fatores sem e com adição de complexo enzimático (2), níveis de nutrientes (4) e interações como efeitos fixos. Diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste SNK considerando diferença significativa para $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

Foram observados efeitos independentes dos NN sobre EMA e EMAn e da adição da enzima BM sobre EMA e EMAn e NE (nitrogênio excretado).. Enquanto para NC (nitrogênio consumido), NR (nitrogênio retido) e NR em porcentagem as respostas foram dependentes da interação dos NN e da adição de BM.

A redução de 100kcal dos NN promoveu diminuição da EMA (P<0,05) na proporção de 1,92 e 2,38% para os níveis NN2 e NN4. O mesmo comportamento foi observado quanto a EMAn havendo uma redução (P<0,05) dos valores em 1,37 e 1,72% para os níveis NN2 e NN4 respectivamente, quando comparados ao NN1. Os níveis NN1 e NN3 apresentaram os valores de EMA e EMAn semelhantes entre si.

Observou-se que a adição de BM promoveu aumento (P<0,05) da EMA de 1,80% em relação aos tratamentos não suplementados; e um aumento (P<0,05) da EMAn de 1,49%. O nitrogênio excretado (NE) foi diminuído (P<0,05) com a suplementação enzimática, apresentando um valor 2,20% menor em relação aos tratamentos sem adição de β -mananase (tabela 3).

Os valores de EMA encontrados, quando transformados na base da matéria

polizável Aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn, kcal/kg na MS), Nitrogênio Consumido (NC, g/ave/dia) e de 13 a 21 dias de idade na matéria seca (MS=89,42%).

Tratamento	NN3	NN4	P valor	Sem BM
	3439 ^a	3364 ^b	0,001	3376 ^y
	3228 ^a	3156 ^b	0,001	3167 ^y
	2,99 ^b	3,07 ^b	0,001	3,03 ^y
	0,85	0,91	0,272	0,91 ^x
	2,13 ^b	2,16 ^b	0,001	2,12 ^y
	71,04 ^b	70,25 ^b	0,001	69,81 ^y

NN1 com redução 3% AA's); **NN4** (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); **BM** (adição da enzima β mananase)..

0,05).

natural (3081, 3022, 3075 e 3008 kcal para NN1, NN2, NN3 e NN4 respectivamente),apresentam similaridade para os valores do NN1 e NN3 quando comparados ao valor calculado para estes níveis, já os NN2 e NN4 apresentaram ligeiro aumento.

Houve interação significativa entre os NN e a inclusão da enzima BM para o nitrogênio consumido ($P<0,001$), nitrogênio retido ($P<0,001$) e nitrogênio retido em porcentagem ($P<0,007$), apresentados nas tabelas 4, 5 e 6 respectivamente.

O desdobramento da interação NN x BM revela que o NC diminuiu à medida que se reduziu os níveis nas dietas sem a suplementação enzimática. Quando houve adição da enzima de BM os valores de NC para os níveis NN2 e NN3 foram semelhantes ($P<0,05$) ao NN1. A adição da enzima promoveu aumento do NC dentro dos níveis NN2 e NN3, de 8,67 e 12,54%. Os níveis NN1 e NN4 não foram influenciados pela suplementação enzimática.

Tabela 4 - Valores da interação significativa nível nutricional x β mananase para o nitrogênio consumido (NC, g/ave/dia).

Enzima	NN1	NN2	NN3	NN4	Média
Sem	3,33 ^{Aa}	2,95 ^{Bbc}	2,79 ^{Bc}	3,05 ^{Ab}	3,03
Com	3,34 ^{Aa}	3,23 ^{Aab}	3,19 ^{Aab}	3,08 ^{Ab}	3,21
Média	3,34	3,09	2,99	3,07	

^{A,B}Dentro de cada coluna, médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem significativamente ($P<0,05$) pelo teste SNK.

^{a,b,c}Dentro de cada linha, médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem significativamente ($P<0,05$) pelo teste SNK.

P valor 0,0024

Na avaliação dos efeitos dos NN e da BM sobre o NR em gramas por ave por dia, foi observada redução dos valores nos NN2, NN3 e NN4 sem a suplementação enzimática. Com a adição da enzima BM esses valores foram semelhantes para NN2 e NN3 em relação ao NN1. A suplementação de enzima promoveu maiores valores de NR em gramas por ave por dia de 16,25% e 22,08% nos NN2 e NN3. Apresentando valores semelhantes aos obtidos com o uso do NN1 de acordo com Rostagno et al., 2011. O NN4 não foi influenciado pela suplementação enzimática.

Tabela 5 - Valores da interação significativa nível nutricional x β mananase para o nitrogênio retido (NR, g/ave/dia).

Enzima	NN1	NN2	NN3	NN4	Média
Sem	2,49 ^{Aa}	2,01 ^{Bb}	1,87 ^{Bc}	2,11 ^{Ab}	2,12
Com	2,48 ^{Aa}	2,40 ^{Aa}	2,40 ^{Aa}	2,20 ^{Ab}	2,37

Média	2,48	2,20	2,13	2,16
--------------	------	------	------	------

^{A,B}Dentro de cada coluna, médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem significativamente (P<0,05) pelo teste SNK.
^{a,b,c}Dentro de cada linha, médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem significativamente (P<0,05) pelo teste SNK.
P valor < 0,01

Na interação NN x BM sobre o NR em porcentagem houve redução dos valores de NR em porcentagem à medida que os níveis foram reduzidos. A suplementação enzimática promoveu melhora dos níveis NN2 e NN3 apresentando valores semelhantes ao NN1. A adição de BM resultou em valores superiores de NR em porcentagem para os níveis NN2 e NN3 quando comparados aos resultados obtidos sem inclusão de enzima, na escala de 8,13 e 11,07% respectivamente. O nível NN4 não foi influenciado pela suplementação enzimática.

Tabela 6 - Valores da interação significativa nível nutricional x β mananase para o nitrogênio retido (%).

Enzima	NN1	NN2	NN3	NN4	Média
Sem	75,01 ^{Aa}	68,13 ^{Bb}	66,88 ^{Bb}	69,22 ^{Ab}	69,81
Com	74,05 ^{Aab}	74,19 ^{Aab}	75,20 ^{Aa}	71,28 ^{Ab}	73,68
Média	74,53	71,16	71,04	70,25	

^{A,B}Dentro de cada coluna, médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem significativamente (P<0,05) pelo teste SNK.
^{a,b}Dentro de cada linha, médias seguidas de letras minúsculas distintas diferem significativamente (P<0,05) pelo teste SNK.
P valor < 0,01

Para interpretação dos efeitos independentes da redução dos NN e adição ou não da enzima BM sobre os níveis de EMA e EMAn, foi realizado um teste entre médias para comparar os tratamentos entre si (tabela 7).

Tabela 7 - Valores de Energia Metabolizável Aparente (EMA) e Energia Metabolizável Aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) na matéria seca (MS=89,42) para frangos de corte de 13 a 21 dias.

Tratamento	EMA	EMA liberada	EMAn	EMAn liberada
NN1	3422,20 ^{AB}		3186,13 ^{AB}	
NN1+BM	3469,91 ^A	47,71	3237,85 ^A	51,72
NN2	3336,69 ^C		3134,92 ^B	
NN2+BM	3424,21 ^{AB}	87,52	3199,12 ^{AB}	64,20
NN3	3408,70 ^{AB}		3212,34 ^A	
NN3+BM	3469,32 ^A	60,61	3243,92 ^A	31,58
NN4	3338,86 ^C		3133,82 ^B	
NN4+BM	3389,03 ^{BC}	50,17	3178,90 ^{AB}	45,08
CV (%)	1,27		1,24	

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); NN2 (NN1 com redução de 100kcal); NN3 (NN1 com redução 3% AA's); NN4 (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); BM (adição da enzima β mananase).

^{A,B,C} Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$).

Em valores absolutos, o NN1+BM e NN3+BM apresentaram maiores valores de EMA ($P < 0,05$) quando comparados aos demais tratamentos, sendo estes semelhantes à NN1, NN2, NN2+BM e NN3. Quanto ao NN4+BM, mesmo com suplementação enzimática, não foi capaz de aumentar os valores de EMA em comparação aos demais tratamentos, reforçando o efeito aditivo da redução de 100kcal de energia metabolizável e 3% dos aminoácidos, sendo semelhante ao mesmo tratamento sem a adição da enzima. Independente do nível nutricional, este quando suplementado com a enzima foi capaz de aumentar os valores de EMA quando comparados com os mesmos níveis sem adição, mesmo não diferindo entre si.

Quando analisada a EMAn, os tratamentos NN1+BM, NN3 e NN3+BM apresentaram maiores valores absolutos em comparação aos demais, sendo semelhante à NN1, NN2+BM e NN4+BM. Sendo assim, a suplementação com a β -mananase aumentou os valores de EMAn das rações tornando-os semelhantes ao tratamento controle, independente do nível utilizado. Quando analisada a suplementação dentro dos mesmos níveis, foi observado mais uma vez a capacidade da enzima em liberar energia, mesmo que estas não apresentem diferenças estatísticas.

4. DISCUSSÃO

As reduções dos nutrientes no NN2 em 100 kcal e NN4 em 100kcal e 3% aas foram responsáveis pela redução dos valores da EMA em 66 e 82kcal, respectivamente; e da EMAn em 44 e 55kcal, respectivamente. Estes resultados confirmam que a formulação de dietas com níveis nutricionais subótimos de energia foi responsável pelo menor suprimento energético para o animal.

Com o uso da enzimaos valores de EMA e EMAn apresentaram aumento de 62 e 48kcal respectivamente, confirmando que a ação da β -mananase permite a liberação de nutrientes que serão utilizados como fontes de energia mesmo em dietas com milho e farelo de soja considerados ingredientes de elevada digestibilidade para frangos de corte.

A adição de β -mananase reduziu o nitrogênio excretado dos frangos que foram suplementados. Isso mostra a importância da utilização da enzima em melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelo animal, havendo uma menor eliminação desse elemento no meio ambiente, reduzindo os impactos ambientais causados pela produção.

Assim a redução dos níveis nutricionais evidencia que houve uma menor oferta de nutrientes para os animais devido à diminuição dos valores acima elucidados. Já a suplementação com a enzima β -mananase foi capaz de disponibilizar energia e nutrientes pela hidrólise da macromolécula de polissacarídeo em partículas de menor tamanho. Com isso pode-se afirmar que é possível trabalhar com reduções dos níveis nutricionais ou níveis subótimos quando há a inclusão da enzima como forma de melhorar o aproveitamento dos ingredientes utilizados e diminuir os custos de produção pela menor inclusão das matérias primas.

Quando comparados os níveis nutricionais dentro da inclusão ou não de enzimas, a piora nos valores de NC e NR nas dietas sem adição de β -mananase confirmam que a redução dos níveis propostos promoveram menor aproveitamento dos nutrientes, enquanto a semelhança nos valores de NC e NR nos tratamentos com reduções e suplementação enzimática em relação ao NN1 sustentam a eficiência do uso da enzima no aporte de nitrogênio para o uso dos frangos de corte.

Quando realizado o teste de média entre os tratamentos, para o mesmo nível, a suplementação com a enzima foi capaz de aumentar os valores de EMA e EMAn, mesmo estes não diferindo estatisticamente entre si.

A melhora da utilização dos nutrientes refletida no maior valor de energia metabolizável também foi encontrada por outros autores. Daskiran et al.(2004), realizaram um experimento com quatro níveis de farelo de guar e suplementação ou não de β -mananase para frangos de corte de 1 a 14 dias de idade; e verificaram redução da EMAn com a inclusão de 2% de goma de guar sem suplementação enzimática, com posterior aumento do valor de EMAn para os níveis de 1 e 2% de inclusão da goma quando fornecida a enzima nas dietas.

Os mesmos autores trabalharam com inclusão de 1% de goma de guar e quatro níveis de inclusão da enzima nas dietas de frangos de corte de 1 a 14 dias de idade. Independentemente do nível da enzima utilizada, a suplementação aumentou os valores de EMAn em relação ao tratamento controle (sem adição de enzima). O mesmo comportamento foi observado para o nitrogênio total excretado, havendo redução dos valores independente do nível enzimático utilizado.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com Li et al.(2010), que trabalharam com uma dieta com nível de energia metabolizável adequado (2.947kcal para dieta inicial e 2.997,57kcal para dieta final) e outra com redução energética (2.827,98kcal para dieta inicial e 2.878,14 para dieta final), sendo esta suplementada com 0, 1 e 2g/kg de β -mananase para frangos de corte de 1 a 21 dias e 22 a 42 dias de idade. Independente da fase, a redução de energia foi acompanhada de uma redução no valor de energia metabolizável, apresentando uma piora de 2,19 e 3,10% para a primeira e segunda fase respectivamente. Durante a primeira fase a inclusão de 2g/kg de enzima promoveu melhora de 3,84% em relação à dieta com redução energética sem adição de enzima. E na segunda fase, independente do nível de suplementação, houve aumento dos valores de energia metabolizável das dietas de baixa energia, sendo semelhantes ao tratamento controle.

Aumentos dos valores de EMA e EMAn foram observados por Kong et al. (2011), ao utilizarem duas dietas, uma dentro das recomendações e outra com déficit de 100kcal de energia, com e sem a suplementação de β -mananase, onde foi observado um aumento na EMA e EMAn em 4,6 e 4,96% para frangos de corte com o uso da enzima.

Mussiniet al. (2011), utilizando dietas a base de milho e farelo de soja e quatro níveis de inclusão da enzima β -mananase de 0, 0,025, 0,05 e 0,1% para frangos de corte, verificaram aumento nos valores de energia metabolizável aparente ileal a medida que se aumentou o nível de inclusão da enzima na dieta.

Primeiramente, a hipótese do aumento dos valores de EMA e EMAn das dietas para frangos de corte, deve-se a hidrólise dos polissacarídeos não amiláceos solúveis pela adição da enzima β -mananase, permitindo um maior aporte energético, uma vez que dentre os resíduos produzidos de tal processo, a manose pode ser absorvida pelo animal (Saki et al., 2005). Como consequência direta, a redução da viscosidade da dieta pela adição da enzima melhora a digestibilidade dos nutrientes fornecidos pela dieta de uma forma geral, como relatado por Lee et al.,(2003).

Uma outra hipótese foi abordada por Meng et al.(2005), em um estudo *in vitro* sobre a atividade de preparações de carboidrases sobre polissacarídeos não amiláceos. A degradação de produtos como β -mananos dá origem a oligossacarídeos e açúcares livres que são potenciais substratos fermentativos para células bacterianas presente no intestino das aves. Uma vez fermentados, há posterior liberação de ácidos graxos voláteis podendo ser aproveitados pelos animais causando aumento dos valores de EMA e EMAn nas dietas a base de milho e farelo de soja.

Pesquisas mostraram que a utilização de β -mananase é capaz de reduzir o tamanho de vísceras relacionadas ao processo de digestão (Lee et al, 2003; Li et al, 2010). Assim o tamanho do trato gastrointestinal, que contribui para o metabolismo basal da ave, sofrendo qualquer redução de tamanho e diminuição da viscosidade da dieta, auxilia na redução da produção de calor dos frangos promovendo aumento nos valores de energia das dietas.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Para avaliar a adição da enzima β -mananase sobre os valores de energia metabolizável aparente e metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio em rações com diferentes níveis nutricionais, foi realizado um ensaio biológico no Setor de Avicultura da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 384 pintos de corte de 13 a 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 8 tratamentos no esquema fatorial 2 x 4 (sem e com adição de β -mananase e quatro níveis nutricionais) com 8 repetições e 6 animais por unidade experimental. O nível nutricional 1 (NN1) foi formulado para atender as exigências nutricionais das aves de acordo com Rostagno et al. (2011), a partir do qual foram feitas reduções de 100kcal de EM (NN2); 3% dos aminoácidos totais (NN3); e 100kcal de EM e 3% dos aminoácidos totais (NN4). Os demais tratamentos foram então constituídos pelos Níveis Nutricionais com a adição de enzimas.

As reduções dos níveis nutricionais, independente da inclusão enzimática, promoveram reduções dos valores de EMA ($P < 0,001$) e EMAn ($P < 0,001$) para os níveis nutricionais que tiveram redução de 100kcal de energia metabolizável.

Independente dos níveis nutricionais utilizados a adição de β -mananase nas rações de frangos de corte de 13 a 21 dias influenciaram positivamente a EMA ($P < 0,001$), EMAn ($P < 0,001$) e promoveram redução do NE ($P < 0,007$) dos frangos de corte.

Houve interação ($P < 0,001$) para a adição de enzima e níveis nutricionais para os valores de NC e NR em gramas e em porcentagem. A β -mananase foi capaz de recuperar os valores destes parâmetros para o nível NN2 e NN3.

Em média, os valores obtidos de EMA e EMAn com a suplementação da enzima β -mananase foram de 62 e 48 kcal, respectivamente.

Pode-se concluir que o uso da enzima β -mananase é uma importante ferramenta para aumentar a energia metabolizável das rações, bem como promover maior consumo e retenção de nitrogênio nas aves e menor nitrogênio excretado pelas aves.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DASKIRAN, M.; TEETER, R.G.; FODGE, D.; HSIAO, H.Y. An evaluation of endo- β -mannanase (Hemicell) effects on broiler performance and energy use in diets carrying in β -mannan content. **Poultry Science**, v.83, p.662-668, 2004.

KONG, C.; LEE, J.H.; ADEOLA, O. Supplementation of β -mannanase to starter and grower diets for broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.389-397, 2011.

MATTERSON, L.D. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Connecticut: Agric. Experiment Station, p. 3-15, 1965.

MENG, X.; SLOMINSKI, A.; NYACHOTI, C.M.; CAMPBELL, L.D.; GUENTER, W. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, v.84, p.37-47, 2005

MUSSINI, F.J.; COTO, C.A.; GOODGAME, S.D.; LU, C.; KARIMI, A.J.; LEE, J.H.; WALDROUP, P.W. Effect of a β -mannanase on nutrient digestibility in corn-soybean meal diets for broilers chicks. **International Journal of Poultry Science**, v.10, p.774-777, 2011.

LEE, J.T.; BAILEY, C.A.; CARTWRIGHT, A.L. β -mannanase ameliorates viscosity-associated depression of growth in broiler chickens fed guar germ and hull fractions. **Poultry Science**, v.82, p.1925-1931, 2003.

LI, Y.; CHEN, X.; CHEN, Y, LI, Z.; CAO, Y. Effects of β -mannanase expressed by *Pichia pastoris* in corn-soybean meal diets on broiler performance, nutrient digestibility, energy utilization and immunoglobulin levels. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, p.59-67, 2010.

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

SAKI, A.A.; MAZUGI, M.T.; KAMYAB, M. Effect of mannanase on broilers performance, ileal and in vitro protein digestibility, uric acid and litter moisture in broiler feeding. **International Journal of Poultry Science**, v.4, p.21-26, 2005.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. 1 ed. Jaboticabal-SP: FUNEP – Fundação de Apoio e Pesquisa, Ensino e Extensão, p.92-130, 2007.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p

CAPÍTULO 3

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE E VERDADEIRO DOS AMINOÁCIDOS DAS DIETAS DE FRANGOS DE CORTE SEM OU COM ADIÇÃO DA ENZIMA B-MANANASE COM DIFERENTES NÍVEIS NUTRICIONAIS.

1. INTRODUÇÃO

Polissacarídeos não amiláceos (PNA) solúveis são classificados como fatores antinutricionais que inibem a utilização dos nutrientes, devido a suas características de aumentar a viscosidade da digesta, modificar a fisiologia do trato gastrointestinal e ocasionar mudanças na microflora intestinal (Choct, 2002). A viscosidade causa distúrbios no processo digestivo, dificultando o trânsito de enzimas para hidrolisar substratos, aumentando o tempo de retenção da digesta e ainda impede a absorção eficiente dos nutrientes pela mucosa intestinal.

O aumento da viscosidade resulta em redução da atividade enzimática e da digestibilidade dos nutrientes de uma forma geral. Fazendo com que haja perda em produtividade dos animais alimentados com dietas contendo tais moléculas.

Os β -mananos são uma classe de PNA solúveis que estão presentes em alguns alimentos destinados a fabricação de rações para aves e suínos, como por exemplo, o farelo de soja (Hsiao et al., 2006), principal fonte de proteína das dietas desses animais. Estes se encontram na fração da hemicelulose da fibra constituinte da parede celular dos vegetais (Van Zyl, et al., 2010).

A enzima β -mananase é capaz de hidrolisar estas macromoléculas em polímeros de menor tamanho, reduzindo os problemas causados pelo aumento da viscosidade da digesta e podendo estes serem digeridos e absorvidos pelo aparato digestivo do animal. Enzimas exógenas adicionadas em dietas para frangos de corte são capazes de aumentar o ganho de peso e melhorar conversão alimentar (Lee et al., 2003), o coeficiente de digestibilidade de alguns nutrientes (Romero et al., 2013), os valores de energia metabolizável das dietas (Selle et al., 2009) e o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos de forma geral (Mussini et al., 2011).

Assim, foi realizado um ensaio biológico para determinar o coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro para os aminoácidos em rações com diferentes níveis nutricionais sem ou com adição da enzima β -mananase para frangos de corte no período de 22 a 27 dias de idade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais atenderam os princípios éticos de experimentação animal certificado pelo Comitê de Ética para o Uso de Animais de Produção (CEUAP) da Universidade Federal de Viçosa sob o processo de número 43/2013.

O experimento foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), durante os meses de abril e maio de 2013. Para a realização do ensaio foram utilizados 360 pintos de corte, machos, da linhagem COBB, onde até os 22 dias de idade as aves foram criadas em galpão de alvenaria dentro de círculos de proteção, recebendo ração pré-inicial formulada a base de milho e farelo de soja atendendo as exigências propostas por Rostagno et al. (2011), e manejadas segundo manual da linhagem.

Os tratamentos foram constituídos conforme a tabela 1. A enzima β mananase termoestável utilizada foi produzida a partir da bactéria *Bacillus subtilis* em fermentação, cedida gentilmente pela empresa Ilender e incluída na proporção de 500g/ton, segundo recomendação do fabricante.

Tabela 1 – Níveis nutricionais utilizados no experimento com a enzima β mananase nas fases de 22 a 27 dias de idade.

Níveis Nutricionais	Constituição
NN1	Níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011
NN2	NN1 com redução de 100kcal/kg
NN3	NN1 com redução 3% AA's
NN4	NN1 com redução de 100kcal/kg e 3% AA's

Aos 22 dias de idade os pintos foram transferidos para duas baterias metálicas com compartimentos distribuídos em dois andares, dispostas em uma sala de 68 m², com pé-direito de aproximadamente 2,8 m. Cada bateria foi composta por 24 gaiolas com bebedouro tipo nipple e um comedouro tipo calha. Na sala o aquecimento artificial foi realizado com três campânulas de três lâmpadas de infravermelho de 250w/campânula. Durante todo o período experimental as aves receberam ração e água à vontade.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em um esquema fatorial 2 x 4 (sem ou com adição da β mananase em 4 níveis nutricionais), totalizando 8 tratamentos, com 6 repetições de 6 aves por unidade experimental. As rações controle (NN1 e NN1+BM) foram formuladas para atenderem as exigências nutricionais das aves para essa fase (Rostagno et al., 2011), sendo a partir delas realizadas reduções de 100kcal na energia metabolizável (NN2 e NN2+BM); 3% dos aminoácidos totais (NN3

e NN3+BM); e 100kcal na energia metabolizável e 3% dos aminoácidos totais (NN4 e NN4+BM), sem ou com adição da enzima β mananase nas dietas. Foi formulada uma dieta isenta de proteína (DIP), sem e com enzima para determinar as perdas endógenas e posteriormente os valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeiros dos aminoácidos. A composição centesimal da DIP e das dietas estão apresentadas nas tabelas 2 e 3 respectivamente. A DIP sem enzima foi utilizada para determinar os coeficientes de digestibilidade das rações onde não houve suplementação enzimática. Já a DIP com enzima usada para o cálculo dos mesmos coeficientes das rações onde houve adição de β -mananase. O conteúdo de mananos presentes no milho e no farelo de soja foram determinados pelo CBO – Análises laboratoriais.

Tabela 2 - Composição da dieta isenta de proteína utilizada para a determinação da perda de endógena.

Ingredientes / Rações	DIP
Amido	80,31
Açúcar	5,00
Óleo de soja	5,00
Fosfato bicálcico	2,10
Calcário	0,70
Sal	0,45
Carbonato de potássio (K ₂ CO ₃)	1,00
Sabugo de milho	4,00
Suplemento mineral ¹	0,08
Suplemento vitamínico ²	0,15
Cloreto de Colina, 60%	0,20
Antioxidante (BHT)	0,01
Cinza insolúvel em Ácido (Celite™)	1,00
Total	100,00
Proteína Bruta, %	0,00

Tabela 3 – Composição centesimal e nutricional das rações experimentais para a fase de 1 a 21 dias de idade (Matéria seca, MS=89,41%).

Alimento	NN1	NN2	NN3	NN4
Milho (0,27% mananos)	54,861	57,176	56,914	59,229

Farelo de Soja (0,69% mananos)	36,698	36,311	34,984	34,596
Óleo de Soja	4,111	2,181	3,765	1,835
Fosfato Bicálcico	1,656	1,653	1,670	1,667
Calcário	1,018	1,020	1,018	1,021
Sal comum	0,483	0,482	0,483	0,482
Amido	0,300	0,300	0,300	0,300
DL-Metionina, 99%	0,277	0,275	0,265	0,263
L-Lisina HCl, 79%	0,162	0,169	0,168	0,175
L-Treonina , 98%	0,040	0,039	0,038	0,038
Suplemento Mineral ¹	0,110	0,110	0,110	0,110
Suplemento Vitamínico ²	0,110	0,110	0,110	0,110
Cloreto de Colina, 60%	0,100	0,100	0,100	0,100
Salinomicina ³ , 12%	0,055	0,055	0,055	0,055
Avilamicina ⁴ , 10%	0,010	0,010	0,010	0,010
BHT	0,010	0,010	0,010	0,010
TOTAL	100	100	100	100
Proteína Bruta, %	21,252	21,264	20,636	20,647
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3075	2975	3075	2975
Cálcio, %	0,894	0,894	0,894	0,894
Fibra Bruta, %	2,894	2,914	2,839	2,858
Mananos, %	0,401	0,405	0,395	0,399
Sódio, %	0,210	0,210	0,210	0,210
Gordura, %	6,717	4,873	6,419	4,574
Fósforo Disponível, %	0,420	0,420	0,420	0,420
Lisina Digestível, %	1,174	1,174	1,139	1,139
Lisina Total, %	1,278	1,278	1,240	1,240
Met + Cist. Digestível, %	0,846	0,846	0,821	0,821
Met + Cistina total, %	0,925	0,925	0,898	0,898
Arginina Digestível, %	1,349	1,345	1,302	1,298
Treonina Digestível, %	0,763	0,763	0,740	0,740
Treonina Total, %	0,867	0,868	0,842	0,842
Triptofano Digestível, %	0,240	0,240	0,231	0,230
Triptofano Total, %	0,264	0,263	0,254	0,253
Valina Digestível, %.	0,904	0,904	0,877	0,877
Valina Total, %	1,014	1,014	0,984	0,984

¹Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: Ferro – 55,0 mg; Cobre - 11,0 mg; Manganês - 77,0 mg; Zinco – 71,5 mg; Iodo - 1,10 mg; Selênio – 0,330 mg.

² Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: Vit. A - 8250 U.I.; Vit. D3 - 2090 U.I.; Vit. E - 31,0 U.I.; Vit. B1 - 2,20 mg; Vit. B2 - 5,50 mg; Vit. B6 - 3,08 mg; Vit. B12 - 0,013 mg; Ácido Pantotênico - 11,0 g; Biotina - 0,077 mg; Vit. K3 - 1,65 mg; Ácido Fólico - 0,77 mg; Ácido nicotínico - 33,0 mg.

³Coxistac: (Salinomicina sódica 12%); ⁴Surmax.

Após período de adaptação de cinco dias às dietas experimentais, as aves foram abatidas por deslocamento cervical de acordo com as boas práticas para eutanásia de animais, realizadas por pessoal treinado, para coleta da digesta ileal. Para isto, estas foram abertas na cavidade abdominal, retirando-se todo o conteúdo intestinal presente a

40 cm da porção do íleo terminal, anterior à junção íleo-cecal. A digesta ileal das aves de cada repetição foi reunida para formação da amostra de cada tratamento, em que o conteúdo presente no segmento amostrado foi totalmente retirado por pressionamento com os dedos indicador e polegar, de tal forma a garantir quantidade ideal de amostra para as análises.

As aves foram constantemente estimuladas, antes do abate, a consumir ração, para evitar esvaziamento do trato digestivo, o que prejudicaria o procedimento de coleta.

As amostras da digesta ileal foram liofilizadas a vácuo, a temperatura de -40°C por 72 horas, e as análises laboratoriais para a determinação do conteúdo de aminoácidos foi realizado por meio de HPLC (Cromatografia Líquida sob Alta Pressão). Também foram determinados os teores de MS, de PB, do indicador fecal (CIA) e o fator de indigestibilidade.

Os cálculos da digestibilidade aparente e verdadeira dos aminoácidos foram realizados por intermédio do fator de indigestibilidade da cinza ácida insolúvel (CIA), usada como indicador pelas fórmulas:

Fator de indigestibilidade no íleo ou excretas (FI):

$FI1 = \frac{[CIA] \text{ na dieta teste}}{[CIA] \text{ amostra}}$

$FI2 = \frac{[CIA] \text{ na DIP}}{[CIA] \text{ amostra}}$

Coeficiente de digestibilidade ileal dos aminoácidos (CDI):

$CDI \text{ ap.} = \frac{(\% \text{ do AA na dieta} - (\% \text{ do AA na dig.} \times FI1))}{\% \text{ do AA na dieta}} \times 100$

$CDI \text{ v.} = \frac{(\% \text{ do AA na dieta} - (\% \text{ do AA na dig.} \times FI1) - (\text{AA endog.} \times FI2))}{\% \text{ do AA na dieta}} \times 100$

onde:

FI = fator indigestibilidade.

[CAI] = a concentração de cinza insolúvel em ácido.

DIP = dieta isenta de proteína.

CDI ap. = coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos.

CDI v. = coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos.

% do AA na dieta = porcentagem do aminoácido na dieta.

% do AA na dig. = porcentagem do aminoácido na digesta ileal.

AA endog. = aminoácidos endógenos.

Os dados foram analisados de acordo com modelo inteiramente casualizado utilizado procedimento ANOVA contido no programa computacional SAEG da Universidade Federal de Viçosa, com os fatores sem e com adição de complexo enzimático (2), níveis de nutrientes (4) e interações como efeitos fixos. Diferenças entre as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste SNK considerando diferença significativa para $P < 0,05$.

3. RESULTADOS

Não foi encontrada interação ($P > 0,05$) entre os níveis nutricionais utilizados e a adição da enzima β -mananase sobre os coeficientes de digestibilidade aparentes e

verdadeiros para os aminoácidos. Os valores médios, em porcentagem, sobre a excreção endógena de aminoácidos estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Valores médios da perda endógena de aminoácidos referentes a dieta isenta de proteína (DIP) sem ou com suplementação de β -mananase (mg/g de matéria consumida).¹

Aminoácido	DIP sem enzima	DIP com enzima
Lisina	0,090	0,060
Metionina	0,030	0,020
Cistina	0,060	0,040
Treonina	0,246	0,170
Arginina	0,116	0,081
Glicina	0,193	0,140
Serina	0,193	0,142
Valina	0,166	0,111
Isoleucina	0,103	0,072
Leucina	0,170	0,123
Histidina	0,033	0,021
Fenilalanina	0,103	0,070
Tirosina	0,093	0,050
Alanina	0,130	0,100
Prolina	0,193	0,133
Aspártico	0,076	0,090
Glutâmico	0,193	0,176

¹Média dos valores expressos em porcentagem (%).

A diminuição de 3% dos aminoácidos totais nos níveis ocasionaram diminuição dos coeficientes de digestibilidade aparentes ($P < 0,001$) dos aminoácidos cistina em 4,32 e 9,75% e glicina em 3,78 e 5,60% para os níveis NN3 e NN4 respectivamente, em relação ao tratamento controle. Houve piorados coeficientes de digestibilidade aparente ($P < 0,001$) dos aminoácidos lisina, valina e prolina apenas para o nível NN4 em 1,24, 2,01 e 3,23% respectivamente, quando comparados ao NN1 (tabela 5).

Observou-se que a adição da enzima β -mananase proporcionou aumento ($P < 0,05$) dos coeficientes de digestibilidade aparente para os aminoácidos lisina (+0,72%), metionina (+1,02%), cistina (+1,60%), arginina (+1,02%), glicina (+2,36), serina (+1,42%), leucina (+1,10%), histidina (+1,36), fenilalanina (+1,16%), tirosina (+1,65%), alanina (+1,69%), prolina (+1,49), aspártico (+1,76%) e glutâmico (+1,43%). Houve aumento ($P < 0,05$) do coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (+1,68%), com a adição da enzima (tabela 5).

A diminuição de 3% dos aminoácidos totais nos níveis ocasionaram diminuição dos coeficientes de digestibilidade verdadeiros ($P < 0,05$) dos aminoácidos cistina em

3,57 e 8,49% e glicina em 3,19 e 4,88% para os níveis NN3 e NN4 respectivamente, em relação ao tratamento controle. Houve piora dos coeficientes de digestibilidade verdadeiros ($P < 0,001$) dos aminoácidos lisina, valina e prolina apenas para o nível NN4 em 1,02, 1,40, e 1,21%, respectivamente (tabela 6).

A suplementação com β -mananase promoveu aumento ($P < 0,05$) dos coeficientes de digestibilidade verdadeiros para todos os aminoácidos na proporção de 1,01% para lisina, 1,20% para metionina, 2,02% para cistina, 2,06% para treonina, 1,28% para arginina, 2,97% para glicina, 1,78% para serina, 0,87% para valina, 0,91% para isoleucina, 1,32% para leucina, 1,36% para histidina, 1,34% para fenilalanina, 1,78% para tirosina, 2,04% para alanina, 2,07% para prolina, 1,72% para aspártico, e 1,31% para glutâmico. Houve aumento ($P < 0,05$) do coeficiente de digestibilidade verdadeiro da proteína bruta em 2,04% (tabela 6).

Tabela 5 - Valores dos coeficientes de digestibilidade aparentes dos aminoácidos para frangos de corte alimentados ou não com β mananase e diferentes níveis nutricionais de 22 a 27 dias de idade.

	Níveis Nutricionais				P valor	β -mananase		P valor	CV (%)
	NN1	NN2	NN3	NN4		Sem BM	Com BM		
Lisina	87,06 ^a	86,91 ^a	86,49 ^{ab}	85,99 ^b	0,004	86,30 ^y	86,92 ^x	0,006	0,85
Metionina	90,64 ^b	91,23 ^{ab}	91,91 ^a	91,28 ^{ab}	0,007	90,80 ^y	91,73 ^x	0,001	1,25
Cistina	70,34 ^a	69,70 ^a	67,43 ^b	64,12 ^c	0,001	67,37 ^y	68,45 ^x	0,112	3,40
Treonina	70,34	69,70	67,43	64,12	0,059	75,28	76,12	0,151	2,62
Arginina	87,98	88,28	87,73	87,59	0,132	87,45 ^y	88,34 ^x	0,001	0,85
Glicina	73,35 ^a	73,06 ^a	70,67 ^b	69,46 ^b	0,001	70,80 ^y	72,47 ^x	0,001	2,57
Serina	79,40	78,73	78,39	77,97	0,171	78,07 ^y	79,18 ^x	0,020	2,02
Valina	81,75 ^a	82,11 ^a	81,94 ^a	80,14 ^b	0,001	81,27	81,70	0,218	1,45
Isoleucina	82,19	82,06	82,60	82,05	0,553	81,97	82,48	0,098	1,28
Leucina	82,38	82,18	82,27	81,69	0,482	81,68 ^y	82,58 ^x	0,009	1,40
Histidina	84,38	83,27	83,64	83,39	0,085	83,11 ^y	84,24 ^x	0,001	1,34
Fenilalanina	83,94	83,99	83,90	83,94	0,998	83,46 ^y	84,43 ^x	0,004	1,33
Tirosina	82,94	82,14	82,25	82,71	0,300	81,83 ^y	83,18 ^x	0,001	1,41
Alanina	81,60	81,36	82,36	82,24	0,135	81,20 ^y	82,57 ^x	0,001	1,47
Prolina	78,65 ^a	77,84 ^a	77,54 ^a	76,19 ^b	0,002	76,98 ^y	78,13 ^x	0,009	1,90
Aspártico	89,62	89,00	88,66	89,70	0,408	88,47 ^y	90,03 ^x	0,004	1,96
Glutâmico	88,83	88,69	88,32	88,78	0,733	88,02 ^y	89,28 ^x	0,001	1,37
PB	82,71	81,43	82,58	81,55	0,033	81,38 ^y	82,75 ^x	0,001	1,58

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); NN2 (NN1 com redução de 100kcal); NN3 (NN1 com redução 3% AA's); NN4 (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); BM (adição da enzima β mananase); PB (Proteína Bruta).

^{x,y} β mananase - Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

^{a,b,c} Níveis Nutricionais - Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05)

Não houve interação para nível nutricional x β mananase (P>0,05).

Tabela 6 - Valores dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos para frangos de corte alimentados ou não com β mananase e diferentes níveis nutricionais de 22 a 27 dias de idade.

	Níveis Nutricionais				P valor	β -mananase		P valor	CV (%)
	NN1	NN2	NN3	NN4		Sem BM	Com BM		
Lisina	88,67 ^a	88,52 ^a	88,26 ^{ab}	87,77 ^b	0,027	87,86 ^y	88,75 ^x	0,001	0,84
Metionina	92,06 ^b	92,65 ^{ab}	93,32 ^a	92,69 ^{ab}	0,008	92,12 ^y	93,23 ^x	0,001	0,90
Cistina	75,65 ^a	74,99 ^a	73,04 ^b	69,73 ^c	0,001	72,62 ^y	74,09 ^x	0,032	3,15
Treonina	83,46	82,92	82,64	81,87	0,273	81,88 ^y	83,57 ^x	0,005	2,40
Arginina	89,71	90,01	89,65	89,51	0,419	89,12 ^y	90,26 ^x	0,001	0,83
Glicina	78,02 ^a	77,73 ^a	75,61 ^b	74,39 ^b	0,001	75,32 ^y	77,56 ^x	0,001	2,37
Serina	83,32	82,65	82,60	82,17	0,375	81,96 ^y	83,42 ^x	0,003	1,92
Valina	85,52 ^a	85,88 ^a	86,13 ^a	84,34 ^b	0,003	85,10 ^y	85,84 ^x	0,037	1,38
Isoleucina	85,17	85,04	85,81	85,26	0,314	84,94 ^y	85,71 ^x	0,016	1,24
Leucina	84,47	84,27	84,50	83,91	0,589	83,73 ^y	84,84 ^x	0,002	1,37
Histidina	85,65	84,53	85,03	84,77	0,105	84,42 ^y	85,57 ^x	0,001	1,32
Fenilalanina	86,13	86,19	86,33	86,37	0,943	85,68 ^y	86,83 ^x	0,001	1,29
Tirosina	85,48	84,69	85,03	85,49	0,275	84,42 ^y	85,92 ^x	0,001	1,37
Alanina	84,36	84,12	85,25	85,14	0,063	83,86 ^y	85,57 ^x	0,001	1,42
Prolina	81,97 ^a	81,15 ^a	80,99 ^a	79,65 ^b	0,004	80,11 ^y	81,77 ^x	0,001	1,83
Aspártico	90,40	89,77	89,32	90,56	0,416	89,29 ^y	90,83 ^x	0,004	1,95
Glutâmico	89,86	89,73	89,45	89,90	0,791	89,15 ^y	90,32 ^x	0,002	1,36
PB	86,52	85,45	86,54	85,61	0,080	85,16 ^y	86,90 ^x	0,001	1,51

NN1 (níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al., 2011); NN2 (NN1 com redução de 100kcal); NN3 (NN1 com redução 3% AA's); NN4 (NN1 com redução de 100kcal e 3% AA's); BM (adição da enzima β mananase); PB (Proteína Bruta).

^{x,y} β mananase - Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste F (P<0,05).

^{a,b,c} Níveis Nutricionais - Médias seguidas por letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05)

Não houve interação para nível nutricional x β -mananase (P>0,05).

4. DISCUSSÃO

Os níveis nutricionais NN3 com uma redução de 3% dos aas totais e o NN4 com redução de 100kcal e 3% dos aas totais apresentaram diminuição dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro para os aminoácidos cistina e glicina. Enquanto que o NN4 foi observado efeito aditivo com piora dos coeficientes também para os aminoácidos lisina, valina e prolina. A redução dos níveis nutricionais permite inferir que houve prejuízo dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos pelo seu uso em níveis subótimos ou abaixo da exigência do animal.

A suplementação da enzima β -mananase nas dietas para frangos de corte foi capaz de aumentar os coeficientes de digestibilidade aparente da maioria dos aminoácidos analisados, com posterior acréscimo nos valores do coeficiente de digestibilidade verdadeiro para todos estes. O coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro da proteína bruta também foi aumentado pela adição da enzima.

A melhora dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos também foram observados por Kim et al.(2003), trabalhando com suínos alimentados com um mistura de carboidrases contendo 7 UI/g de α -1,6-galactosidase, 22UI/g de β -1,4-mannanase, e traços de outras enzimas. Estes autores observaram melhora dos coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos histidina, lisina, treonina, triptofano, cistina e da média total de todos os aminoácidos com a adição de 0,1% da mistura de carboidrases na dieta.

Os resultados encontrados estão de acordo com Selleet al.(2009), que observaram aumento do coeficiente de digestibilidade aparente da maioria do aminoácidos, com exceção de valina, alanina e tirosina, com adição de xilanase em relação ao tratamento controle para dietas a base de trigo para frangos de corte. No mesmo trabalho, quando houve associação de xilanase e fitase, os aumentos foram de maior magnitude aos coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos, com exceção da histidina, lisina, fenilalanina, treonina, valina, alanina, serina e tirosina, onde os valores permaneceram iguais aos encontrados com o uso de xilanase ou não foram alterados. Os autores mostraram que estas enzimas apresentam efeito sinérgico quando adicionadas nas rações para animais alimentados com trigo.

Mussiniet al. (2011), em estudo com níveis de inclusão da enzima β -mananase (0, 0,025, 0,050 e 0,1%) em dietas para frangos de corte, alimentados com ração a base de milho e farelo de soja, observaram aumento linear dos coeficientes de digestibilidade

aparente dos aminoácidos lisina, metionina, treonina, triptofano, arginina, leucina, isoleucina, cistina e valina, a medida se aumentou os níveis de inclusão da enzima.

Comportamento semelhante foi observado por Romero et al.(2013), onde a adição de um complexo enzimático constituído de xilanase, amilase e protease foi responsável pela aumento de todos os aminoácidos, com exceção da metionina, em dietas a base de milho e grãos destilados secos e solúveis (DDGS) para frangos de corte.

Ao contrário dos trabalhos apresentados por Kong et al.(2011), com inclusão ou não de β -mananase em dietas para frangos de corte a base de milho e farelo de soja, com redução ou não de 100 kcal de energia; não verificaram efeito para os valores dos coeficientes de digestibilidade aparentes dos aminoácidos.

Os PNAs solúveis são capazes de aumentar a excreção endógena de aminoácidos (Angkanaporn et al., 1994) devido ao aumento da viscosidade da digesta que reflete no maior tempo de retenção, o que irá estimular a secreção endógena de aminoácidos, com adicional produção de mucina pela células caliciformes presentes na borda em escova (Selle et al., 2009), prejudicando a digestibilidade dos mesmos. Assim a melhora dos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro encontrados no presente estudo podem ser explicados pela redução da viscosidade da digesta, devido a ação da enzima β -mananase na hidrólise dos polissacarídeos amiláceos solúveis, o que permite um maior contato entre enzima e substrato, facilitando a digestão de proteínas e aminoácidos. Além da redução da produção de mucina, causada pela melhora da digestão da fibra (Romero, et al., 2013), com menor perda de aminoácidos em sua produção.

Os pequenos acréscimos observados nos coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro para os aminoácidos lisina e metionina podem ser explicados pela inclusão de aminoácidos cristalinos que são altamente digestíveis (Romero et al., 2013), desta forma havendo menos aminoácido lisina e metionina na proteína intacta que possam sofrer ação de enzimas.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Para avaliar a adição da enzima β -mananase sobre os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro em rações com diferentes níveis nutricionais foi realizado um ensaio biológico no setor de Avicultura da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 360 pintos de corte, machos, da linhagem COBB, de 22 a 27 dias de idade, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com 8 tratamentos no esquema fatorial 2 x 4 (sem e com adição de β -mananase e quatro níveis nutricionais) com 6 repetições e 6 animais por unidade experimental. O nível nutricional 1 (NN1) foi formulado para atender as exigências nutricionais das aves de acordo com Rostagno *et al.* (2011), a partir do qual foram feitas reduções de 100kcal de EM (NN2); 3% dos aminoácidos totais (NN3); 100kcal de EM e 3% dos aminoácidos totais (NN4). Os demais tratamentos foram então constituídos pelos Níveis Nutricionais com a adição de enzimas. Foi formulada uma dieta isenta de proteína (DIP), sem e com enzima para determinar as perdas endógenas.

A diminuição de 3% dos aminoácidos totais promoveu redução ($P < 0,05$) dos coeficientes de digestibilidade aparentes dos aminoácidos cistina e glicina para os níveis NN3 e NN4 respectivamente, e diminuição ($P < 0,05$) dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro dos aminoácidos cistina e glicina para os mesmo níveis.

Foi verificada diminuição ($P < 0,05$) dos coeficientes de digestibilidade aparente dos aminoácidos lisina, valina e prolina apenas para o nível NN4 e diminuição dos coeficientes de digestibilidade verdadeiro para os mesmo aminoácidos dentro do nível NN4.

A suplementação da enzima β -mananase nas dietas para frangos de corte aumentou ($P < 0,05$) os coeficientes de digestibilidade aparente da maioria dos aminoácidos analisados, e melhorou ($P < 0,05$) os valores do coeficiente de digestibilidade verdadeiro para todos os aminoácidos. O coeficiente de digestibilidade aparente e verdadeiro da proteína bruta também foi aumentado ($P < 0,05$) pela adição da enzima.

Pode-se concluir que a adição da enzima β -mananase é capaz de aumentar os coeficientes de digestibilidade aparente e verdadeiro dos aminoácidos nas rações de frangos de corte a base de milho e farelo de soja.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANGKANAPORN, K.; CHOCT, M.; BRYDEN, W.L. et al. Effects of wheat pentosans on endogenous amino acid losses in chickens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.66, p.399-404, 1994.

CHOCT, M. Non-starch polysaccharides: Effect on nutritive value. **Poultry Feedstuffs**, v.26, p.221-235, 2002.

HSIAO, H.Y.; ANDERSON, D.M.; DALET, N.M. Levels of β -mannan in soybean meal. **Poultry Science**, v.85, p.1430-1432, 2006.

KIM, S.W.; KNABE, D.A.; HONG, K.J.; EASTER, R.A. Use of carbohydrases in corn-soybean meal-based nurse diets. **Journal Animal Science**, v.81, p.2496-2504, 2003.

KONG, C.; LEE, J.H.; ADEOLA, O. Supplementation of β -mannanase to starter and grower diets for broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, p.389-397, 2011.

LEE, J.T.; BAILEY, C.A.; CARTWRIGHT, A.L. β -mannanase ameliorates viscosity-associated depression of growth in broiler chickens fed guar germ and hull fractions. **Poultry Science**, v.82, p.1925-1931, 2003.

MUSSINI, F.J.; COTO, C.A.; GOODGAME, S.D.; LU, C.; KARIMI, A.J.; LEE, J.H.; WALDROUP, P.W. Effect of a β -mannanase on nutrient digestibility in corn-soybean meal diets for broilers chicks. **International Journal of Poultry Science**, v.10, p.774-777, 2011.

ROMERO, L.F.; PARSONS, C.M.; UTTERBACK, P.L.; PLUMSTEAD, P.W., RAVINDRAN, V. Comparative effects of dietary carbohydrases without or with protease on the ileal digestibility of energy and amino acids and AMEn in young broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.181, p.35-44, 2013.

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

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. PARTRIDGE, G.G. Beneficial effects of xylanase and/or phytase inclusions on ileal amino acid digestibility, energy utilisation, mineral retention and growth performance in wheat-based broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.153, p.303-313, 2009.

VAN ZYL, W.H., ROSE, S.H.; TROLLOPE, K.; GÖRGENS, J.F. Fungal β -mannanases: Mannanhydrolysis, heterologous production and biotechnological applications. **Process Biochemistry**, v.45, p.1203-1213, 2010.