

# RESSALVA

Atendendo solicitação do autor ,  
o texto completo desta tese será  
disponibilizado somente a partir de  
03/05/2021.

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

**USO DE CARBOIDRASES EM DIETAS À BASE DE MILHO E  
FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE**

GUILHERME AGUIAR MATEUS PASQUALI

Tese apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia  
como parte das exigências para  
obtenção do título de Doutor em  
Zootecnia

Botucatu – SP  
Maio / 2019

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

**USO DE CARBOIDRASES EM DIETAS À BASE DE MILHO E  
FARELO DE SOJA PARA FRANGOS DE CORTE**

GUILHERME AGUIAR MATEUS PASQUALI  
Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Antonio  
Celso Pezzato

Tese apresentada ao programa  
de Pós-Graduação em Zootecnia  
como parte das exigências para  
obtenção do título de Doutor em  
Zootecnia.

Botucatu – SP  
Maio / 2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.  
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP  
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSANGELA APARECIDA LOBO-CRB 8/7500

Pasquali, Guilherme Aguiar Mateus.

Uso de carboidrases em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte / Guilherme Aguiar Mateus Pasquali. - Botucatu, 2019

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia

Orientador: Antonio Celso Pezzato  
Coorientador: José Roberto Sartori  
Capes: 50403001

1. Enzimas. 2. Polissacarídeos. 3. Xilanases. 4. Celulase.

Palavras-chave: enzimas que degradam PNAs; glucanase; xilanase.

## **BIOGRAFIA**

Guilherme Aguiar Mateus Pasquali, filho de Ana Cecília Aguiar Mateus e Eugênio Carlos Palma Pasquali, nascido em 16/11/1988, em Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.

Em junho de 2012, obteve o título de Zootecnista pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Dracena.

Em julho de 2014, concluiu o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, com ênfase em Nutrição e Produção Animal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu.

Em agosto de 2015, iniciou o curso de doutorado em Zootecnia, no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, com ênfase em Nutrição e Produção Animal, na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu.

*Não é que a fé mova montanhas, nem que todas as estrelas estejam ao alcance. Para as coisas que não podem ser mudadas resta-nos somente paciência, porém, preferir a derrota prévia à dúvida da vitória é desperdiçar a oportunidade de merecer. Para os erros há perdão; para os fracassos, chance, para os amores impossíveis, tempo. Não deixe que a saudade sufoque, que a rotina acomode, que o medo impeça de tentar. Desconfie do destino e acredite em você. Gaste mais horas realizando que sonhando, fazendo que planejando, vivendo que esperando porque, embora quem quase morre esteja vivo, quem quase vive já morreu.*

**Sarah Westphal**

Ao meu avô, Ênio Pasquali (*in memoriam*), o grande mentor e inspirador de todos os meus anseios, e que amparou as minhas primeiras caminhadas.

## **DEDICO**

Aos meus pais, pela criação, educação, apoio e pela grande contribuição na formação do meu caráter.

## **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Antonio Celso Pezzato, e ao meu coorientador Prof. Dr. José Roberto Sartori, pelos ensinamentos e pela oportunidade oferecidos para a execução desta importante etapa da minha vida profissional.

À toda equipe do Laboratório de Nutrição de Aves, pelo auxílio no desenvolvimento dos experimentos. Um muitíssimo obrigado a todos os pós-graduandos, estagiários e ex-estagiários que participaram da execução dos experimentos ou das análises realizadas.

Aos orientadores do meu doutorado sanduíche, Dr. Ramon Malheiros e Dr. Peter Ferket, pela excelente recepção, disponibilidade, auxílio e paciência durante minha participação como aluno de intercâmbio na *North Carolina State University*.

Aos meus pais e a minha família, pelo apoio e contribuição na formação do meu caráter e minha índole.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação em Zootecnia da FMVZ, Ellen, Cláudia e Seila, pela disponibilidade e auxílio em todos os momentos necessários.

A todos os funcionários da FMVZ, que sempre, de alguma forma, me auxiliaram, seja na execução dos experimentos, produção de rações experimentais, nas análises realizadas ou em questões burocráticas.

À BRFEED<sup>®</sup>, pelo fornecimento de alguns dos produtos utilizados nas rações experimentais.

À Profª. Zaghete, e aos seus alunos Rafael Ciola e Guilhermina, da UNESP de Araraquara, pela disponibilidade e por todo auxílio prestado durante as análises de viscosidade.

Ao Prof. Daniel Emygdio de Faria Filho por disponibilizar a câmera termográfica utilizada nas análises de termografia.



À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP – processo n° 2015/26623-0), pela concessão da bolsa de estudos para a realização do curso de doutorado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa do Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior (PDSE), concedida para a realização do intercâmbio na *North Carolina State University*, EUA.

Aos animais utilizados nos experimentos, fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa e da ciência, sempre voltadas à melhoria e ao aprimoramento da qualidade de produção da proteína animal.

## SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
1.1 Polissacarídeos não amiláceos (PNAs).....	5
1.2 Carboidrases.....	9
1.3 Uso de xilanase e $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho e soja.....	16
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	18
CAPÍTULO II.....	27
INCLUSÃO DE DIFERENTES PRODUTOS ENZIMÁTICOS COMPOSTOS POR XILANASE E $\beta$ -GLUCANASE EM DIETAS À BASE DE MILHO COM NÍVEIS VARIÁVEIS DE ENERGIA PARA FRANGOS DE CORTE.....	28
Resumo.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	29
Resultados e Discussão.....	34
Referências.....	46
CAPÍTULO III.....	51
EFEITOS DO USO DE XILANASE E $\beta$ -GLUCANASE EM DIETAS À BASE DE MILHO PARA FRANGOS DE CORTE SOBRE CINÉTICA INTESTINAL, ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA E PERFIL TÉRMICO DO CECO.....	52
Introdução.....	53
Material e Métodos.....	54
Resultados.....	57
Discussão.....	63
Conclusão.....	68
Referências.....	68
CAPÍTULO IV.....	73
IMPLICAÇÕES.....	74

## LISTA DE TABELAS

Página

### CAPÍTULO I

Tabela 1. Composição de polissacarídeos não-amiláceos do milho e do farelo de soja em % da matéria seca.....	7
--	---

### CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição de ingredientes e nutricional das rações experimentais.....	31
Tabela 2. Desempenho de frangos de corte, de 1 a 7 dias, alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	35
Tabela 3. Desempenho de frangos de corte, de 1 a 21 dias, alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	36
Tabela 4. Desempenho de frangos de corte de 1 a 35 dias alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	37
Tabela 5. Histomorfometria de duodeno de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	38
Tabela 6. Histomorfometria de jejuno de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	39
Tabela 7. Histomorfometria de íleo de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	40
Tabela 8. Viscosidade de conteúdo de jejuno e pH de moela e duodeno de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	42
Tabela 9. Peso relativo de órgãos (% do peso vivo) e umidade de cama (%) de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não	

com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	43
Tabela 10. Incidência de lesões de pododermatite no coxim plantar (%) de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	44
Tabela 11. Níveis plasmáticos de glicose (mg/dL), colesterol (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), proteína total (g/dL), ácido úrico (mg/dL) e VLDL (mg/dL) de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e $\beta$ -glucanase.....	46

### **CAPÍTULO III**

Tabela 1. Composição de ingredientes e nutricional calculada das rações experimentais.....	55
Tabela 2. Efeitos da inclusão de produto enzimático composto por xilanase e $\beta$ -glucanase em dietas com níveis variáveis de energia sobre o desempenho de frangos de corte.....	58
Tabela 3. Efeitos da inclusão de produto enzimático composto por xilanase e $\beta$ -glucanase em dietas com níveis variáveis de energia sobre a proporção molar de ácidos graxos de cadeia curta (%), concentração total de ácidos graxos de cadeia curta (mmoL/L), pH do conteúdo cecal, temperatura média (°C) e variação de temperatura (°C) da superfície dos cecos de frangos de corte.....	59
Tabela 4. Efeitos da inclusão de produto enzimático composto por xilanase e $\beta$ -glucanase em dietas com níveis variáveis de energia sobre a digestibilidade ileal de energia e proteína de frangos de corte.....	60
Tabela 5. Efeitos da inclusão de produto enzimático composto por xilanase e $\beta$ -glucanase em dietas com níveis variáveis de energia sobre o tempo médio de retenção do conteúdo alimentar em diferentes segmentos do intestino delgado.....	61
Tabela 6. Efeitos da inclusão de produto enzimático composto por xilanase e $\beta$ -glucanase em dietas com níveis variáveis de energia sobre o peso relativo de órgãos (g/100g de peso corporal) de frangos de corte.....	62

Tabela 7. Efeitos da inclusão de produto enzimático composto por xilanase e $\beta$ -glucanase em dietas com níveis variáveis de energia sobre o comprimento (cm) de duodeno, jejuno, íleo e intestino delgado de frangos de corte.....	63
---	----

**LISTA DE FIGURAS**

Página

**CAPÍTULO I**

Figura 1. Classificação dos Polissacarídeos não amiláceos.....6

Figura 2. Degradação da parede celular em digesta de frangos suplementados ou não com xilanase, demonstrada por meio da coloração  $\beta$ -glucano.....12**CAPÍTULO III**Figura 1. Imagens digital e termográfica dos cecos, demonstrando a delimitação da área da superfície do ceco para determinação da temperatura média e variação de temperatura pelo software Testo IR Soft<sup>®</sup> 4.2.....56

## Uso de carboidrases em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte

**RESUMO:** O uso de enzimas que degradam polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) em dietas para monogástricos tem sido cada vez mais explorado por nutricionistas, apesar dos mecanismos pelos quais estas enzimas melhoram o valor nutritivo dos alimentos ainda não estarem totalmente esclarecidos. Assim, este estudo foi desenvolvido com o objetivo de evidenciar os principais mecanismos de ação de enzimas que degradam PNAs e o efeito sobre frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e farelo de soja. O primeiro experimento, relatado no Capítulo II, foi desenvolvido para avaliar os efeitos da inclusão de diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho com dois níveis de energia para frangos de corte sobre o desempenho, características intestinais, umidade de cama, incidência de lesões de pododermatite, e parâmetros bioquímicos do sangue. Foram utilizados 1.200 pintos machos, distribuídos em esquema fatorial  $2 \times 4$  (dois níveis de energia  $\times$  ausência ou inclusão de três diferentes xilanases +  $\beta$ -glucanases). O ganho de peso e a conversão alimentar foram prejudicados pelo fornecimento de dietas de baixa energia (CN; 2.925 kcal/kg na fase inicial e 3.025 kcal/kg na fase de crescimento). O uso de diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase não afeta o desempenho e a qualidade intestinal de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho. O experimento referente ao Capítulo III teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão de um produto enzimático composto por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho e soja com níveis variáveis de energia para frangos de corte, sobre desempenho, concentração de ácidos graxos de cadeia curta, pH e perfil térmico dos cecos, digestibilidade ileal de energia e proteína e cinética intestinal. Foram utilizados 744 pintos machos, alojados em 24 boxes e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema  $2 \times 2$  – dois níveis de energia  $\times$  ausência ou inclusão de 100 gramas do produto enzimático por tonelada de ração. A suplementação enzimática melhorou o ganho de peso de 1 a 7, e de 1 a 21 dias, porém não afetou o desempenho de 1 a 35 dias. Frangos alimentados com dieta de baixa energia apresentaram maior concentração cecal de ácido acético quando suplementados com enzima. O fornecimento de dietas de baixa energia reduziu o pH do conteúdo cecal e aumentou a temperatura média dos cecos. A digestibilidade ileal de energia foi maior em frangos alimentados com dietas contendo xilanase, e de proteína e energia maiores com o fornecimento de dietas de alta energia. A

inclusão do produto enzimático aumentou o tempo médio de retenção (TMR) no íleo distal, e o fornecimento de dietas de baixa energia reduziu o TMR no jejuno distal. Assim, a inclusão de xilanase em dietas à base de milho favorece o ganho de peso de frangos de corte apenas nas três primeiras semanas de vida, porém aumenta o tempo médio de retenção no íleo distal e melhora a digestibilidade ileal de energia.

**Palavras-chave:** enzimas que degradam PNAs, xilanase, glucanase



## Effects of carbohydrases in corn-soybean meal based diets for broiler chicken

**ABSTRACT:** The use of NSP-degrading enzymes in diets for monogastrics has been increasingly explored by animal nutritionists, although the mechanisms through these enzymes improve the nutritional value of the raw materials are still not clear. Thus, this study was carried in order to explore the mechanisms involved in the effects of NSP-degrading enzymes on broilers fed diets corn-soybean based diets. The first trial, reported in Chapter II, was carried out to evaluate the effects of different enzyme products composed by xylanase and  $\beta$ -glucanase in corn-based diets with two levels of energy on performance, intestinal parameters, litter moisture, incidence of pododermatitis, and blood parameters of broilers. A total of 1200 male chicks were distributed in a  $2 \times 4$  factorial arrangement (two energy levels  $\times$  absence or inclusion of three different xylanases +  $\beta$ -glucanases). Weight gain and feed conversion ratio were impaired when low energy diets were fed. In summary, the inclusion of different enzyme products composed by xylanase and  $\beta$ -glucanase does not affect the performance and intestinal quality of broilers fed corn-based diets. The objective of the second trial was to evaluate the effect of an enzyme product composed by xylanase and  $\beta$ -glucanase in varying energy corn-based diets for broiler chickens on performance, short chain fatty acid concentration on ceca, pH and thermal profile of cecum, energy and protein ileal digestibility and intestinal kinetics. A total of 744 male chicks were allotted in 24 floor pens in a completely randomized design in a  $2 \times 2$  factorial arrangement - two energy levels  $\times$  absence or inclusion of 100 ppm of the enzyme product. Enzyme supplementation improved weight gain from 1 to 7 and from 1 to 21 days, but did not affect performance from 1 to 35 days. Broilers fed the low energy diet showed higher cecal concentration of acetic acid when supplemented with enzyme. Broilers fed low energy diets presented reduced cecal pH and increased temperature of ceca. The ileal digestibility of energy was higher in broilers fed on enzyme supplemented diets, and ileal digestibility of protein and energy was higher when high energy diets were fed. Inclusion of enzyme increased the mean retention time (MRT) in the distal ileum, and broilers fed low energy diets presented reduced MRT in the distal jejunum. Therefore, although the inclusion of NSP-degrading enzymes in corn-based diets improves the weight gain of broilers only in the first three weeks, it increases the mean retention time in the distal ileum and improves the energy ileal digestibility.

**Key-words:** NSP-degrading enzymes, xylanase, glucanase

Em estudos conduzidos por GHAYOUR-NAJAFABADI et al. (2017), a inclusão de xilanases de origem fúngica ou bacteriana não afetou o desempenho de frangos alimentados com dietas à base de milho ou de trigo, nem a digestibilidade de energia e nutrientes e a histomorfologia do epitélio intestinal. Mesmo assim, com os efeitos de redução do peso de órgãos do trato digestivo, os autores indicam um possível efeito das xilanases sobre a saúde e função intestinais.

YEGANI e KORVER (2013) observaram que a suplementação de um produto enzimático composto por xilanase e  $\beta$ -glucanase pode melhorar a digestibilidade de energia da ração dependendo da região onde o milho utilizado foi produzido, uma vez que os benefícios foram observados em apenas uma das três fontes de milho testadas.

AMERAH et al. (2017) concluíram que a inclusão de xilanase em dietas à base de milho pode melhorar a conversão alimentar, a energia digestível, e a digestibilidade de amido e nitrogênio, porém a associação de xilanase com amilase e protease traz resultados mais expressivos em relação ao desempenho de frangos.

LEE et al. (2017) não observaram efeitos da inclusão de xilanase em dietas à base de milho sobre a digestão do amido ao longo do trato digestivo de frangos, nem sobre a degradação da parede celular, indicando que os benefícios gerados pelo uso de xilanase em dietas à base de milho podem estar relacionados ao efeito indireto sobre a liberação de peptídeo YY.

De acordo com estudos conduzidos por RAVN et al. (2018), a produção cecal de butirato pode ser elevada com o uso de uma combinação de xilanase e arabinofurosidase, devido a maior liberação de arabinoxilooligossacarídeos que podem ser fermentados por bactérias benéficas, melhorando assim a morfologia intestinal de frangos alimentados com dietas à base de milho.

Assim, os Capítulos II e III, intitulados “**Inclusão de diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho com níveis variáveis de energia para frangos de corte**”, e, “**Efeitos do uso de xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho para frangos de corte sobre cinética intestinal, ácidos graxos de cadeia curta e perfil térmico do ceco**”, foram adequados de acordo com as normas estabelecidas pelos periódicos **Canadian Journal of Animal Science** e **Livestock Science**, respectivamente.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEOLA, O.; COWIESON. BOARD-INVITED REVIEW: Opportunities and

challenges in using exogenous enzymes to improve ruminant production. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3189–3218, 2011.

ADRIAN, T. E. et al. Distribution and postprandial release of porcine peptide YY. **Journal of Endocrinology**, v. 113, p. 11–14, 1987.

AMERAH, A. M. et al. Effect of exogenous xylanase, amylase, and protease as single or combined activities on nutrient digestibility and growth performance of broilers fed corn/soy diets. **Poultry Science**, v. 96, p. 807–816, 2017.

ANNISON, G.; CHOCT, M. Anti-nutritive activities of cereal non-starch polysaccharides in broiler diets and strategies minimizing their effects. **World's Poultry Science Journal**, v. 47, p. 232–242, 1991.

BACH KNUDSEN, K. E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science Technology**, v. 67, p. 319–338, 1997.

BACH KNUDSEN, K. E. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets1. **Poultry Science**, v. 93, p. 2380–2393, 2014.

BAIROCH, A. The ENZYME database in 2000. **Nucleic Acids Research**, v. 28, p. 304–305, 2000.

BALLANTYNE, G. H. Peptide YY(1-36) and peptide YY(3-36): Part II. Changes after gastrointestinal surgery and bariatric surgery - Part. I. Distribution, release and actions. **Obesity Surgery**, v. 16, p. 795–803, 2006.

BAO, Y. M.; ROMERO, L. F.; COWIESON, A. J. Functional patterns of exogenous enzymes in different feed ingredients. **World's Poultry Science Journal**, v. 69, p. 759–774, 2013.

BAREKATAIN, M. R. et al. Interaction between protease and xylanase in broiler chicken diets containing sorghum distillers' dried grains with solubles. **Animal Feed Science and Technology**, v. 182, p. 71–81, 2013.

BARLETTA, A. Introduction: Current market and expected developments. In: BEDFORD, M. R.; PATRIDGE, G. G. (Ed). **Enzymes in Farm Animal Nutrition**, 2nd edition. CAB International, 2011. p.1-11.

BEG, Q. K. et al. Microbial xylanases and their industrial applications: a review. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 56, p. 326–338, 2001.

- BURTON, R. A.; FINCHER, G. B. (1,3;1,4)- $\beta$ -d-glucans in cell walls of the poaceae, lower plants, and fungi: a tale of two linkages. **Molecular Plant**, v. 2, p. 873–882, 2009.
- CENGIZ, Ö.; HESS, J. B.; BILGILI, S. F. Feed enzyme supplementation does not ameliorate foot pad dermatitis in broiler chickens fed on a corn-soyabean diet. **British Poultry Science**, v. 53, p. 401–407, 2012.
- CHOCT, M.; ANNISON, G. C. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. **British Poultry Science**, v. 33, p. 821–834, 1992.
- CHOCT, M. et al. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science**, v. 37, p. 609–621, 1996.
- CHOCT, M. et al. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 92, p. 53–61, 2004.
- CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, p. 5–16, 2006.
- CHOCT, M. et al. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: A review of digestion, nutritive and anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, p. 1386–1398, 2010.
- CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides for monogastric animals: classification and function. **Animal Production Science**, v. 55, p. 1360–1366, 2015.
- COUGHLAN, M. P.; HAZLEWOOD, G. P.  $\beta$ -1,4-D-xylan-degrading enzyme systems: biochemistry, molecular biology and applications. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v. 17, p. 259–289, 1993.
- COURTIN, C. M. et al. Dietary inclusion of wheat bran arabinoxyloligosaccharides induces beneficial nutritional effects in chickens. **Cereal Chemistry**, v. 85, p. 607–613, 2008.
- COWIESON, A. J. Strategic selection of exogenous enzymes for corn/soy-based poultry diets. **The Journal of Poultry Science**, v. 47, p. 1–7, 2010.
- COWIESON, A. J. et al. Meta-analysis of effect of a mono-component xylanase on the nutritional value of wheat supplemented with exogenous phytase for broiler chickens.

**Animal Production Science**, v. 56, p. 2014–2022, 2016.

COWIESON, A. J.; BEDFORD, M. R.; RAVINDRAN, V. Interactions between xylanase and glucanase in maize-soy-based diets for broilers. **British Poultry Science**, v. 51, p. 246–257, 2010.

COWIESON, A. J.; MASEY O'NEILL, H. V. Effects of exogenous xylanase on performance, nutrient digestibility and caecal thermal profiles of broilers given wheat-based diets. **British Poultry Science**, v. 54, p. 346–354, 2013.

CROOM, W. J. et al. Is intestinal absorption capacity rate-limiting for performance in poultry? **Journal of Applied Poultry Research**, v. 8, p. 242–252, 1999.

DAMEN, B. et al. Xylanase-mediated in situ production of arabinoxylan oligosaccharides with prebiotic potential in whole meal breads and breads enriched with arabinoxylan rich materials. **Food Chemistry**, v. 131, p. 111–118, 2012.

DILLON, G. P. et al. Validation of an analytical method for the determination of the activity of xylanase in animal feed additives and in animal feedingstuffs. **Journal of Applied Animal Nutrition**, v. 3, p. 1–11, 2015.

EICHNER, G. et al. Litter moisture and footpad dermatitis as affected by diets formulated on an all-vegetable basis or having the inclusion of poultry by-product. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 16, p. 344–350, 2007.

ENGLYST, H. Classification and measurement of plant polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, v. 23, p. 27–42, 1989.

FRANCESCH, M.; PÉREZ- VENDRELL, A. M.; BROZ, J. Effects of a mono-component endo-xylanase supplementation on the nutritive value of wheat-based broiler diets. **British Poultry Science**, v. 53, p. 809–816, 2012.

GHAYOUR-NAJAFABADI, P. et al. Productive performance, nutrient digestibility and intestinal morphometry in broiler chickens fed corn or wheat-based diets supplemented with bacterial- or fungal-originated xylanase. **Italian Journal of Animal Science**, v. 17, p. 165–174, 2017.

GLAMOCIC, D. et al. Effects of enzymes supplementation on digestibility and energy utilizations of broilers diets with different metabolizable energy level. **Biotechnology in Animal Husbandry**, v. 27, p. 583–590, 2011.

- GONZALEZ-ORTIZ, G. et al. Response of broiler chickens fed wheat-based diets to xylanase supplementation. **Poultry Science**, v. 96, p. 2776–2785, 2017.
- GOODLAD, R. A. et al. Proliferative effects of “fibre” on the intestinal epithelium: Relationship to gastrin, enteroglucagon and PYY. **Gut**, v. 28, p. 221–226, 1987.
- HOLLUNG, K. et al. Evaluation of nonstarch polysaccharides and oligosaccharide content of different soybean varieties (*Glycine max*) by near-infrared spectroscopy and proteomics. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 9112–9121, 2005.
- HORVATOVIC, M. P. et al. Digestibility of nutrients and metabolisability of energy in broiler diets with different ME level and supplemented with exogenous enzyme. **African Journal of Agricultural Research**, v. 7, p. 2391–2394, 2012.
- JIA, W. et al. Effects of diet type and enzyme addition on growth performance and gut health of broiler chickens during subclinical *Clostridium perfringens* challenge. **Poultry Science**, v. 88, p. 132–140, 2009.
- JOHNSON, I. T.; GEE, J. M. Gastrointestinal adaptation in response to soluble non-available polysaccharides in the rat. **British Journal of Nutrition**, v. 55, p. 497–505, 1986.
- KACZMAREK, S. A. et al. Effect of maize endosperm hardness, drying temperature and microbial enzyme supplementation on the performance of broiler chickens. **Animal Production Science**, v. 54, p. 956–965, 2014.
- KHADEM, A. et al. Does release of encapsulated nutrients have an important role in the efficacy of xylanase in broilers? **Poultry Science**, v. 95, p. 1066–1076, 2016.
- KIARIE, E.; ROMERO, L. F.; RAVINDRAN, V. Growth performance, nutrient utilization, and digesta characteristics in broiler chickens fed corn or wheat diets without or with supplemental xylanase. **Poultry Science**, v. 93, p. 1186–1196, 2014.
- KLEIN, J. et al. Effects of dietary inclusion of a cocktail NSPase and  $\beta$ -mannanase separately and in combination in low energy diets on broiler performance and processing parameters. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 24, p. 489–501, 2015.
- KOCHER, A. et al. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy diets- in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, p. 275–283, 2003.
- LEE, S. A. et al. Understanding the direct and indirect mechanisms of xylanase action on

starch digestion in broilers understanding the direct and indirect mechanisms of xylanase action on starch digestion in broilers. **Journal of World's Poultry Research**, v. 7, p. 35–47, 2017.

LIU, N. et al. 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.

LIU, W. C.; KIM, I. H. Metabolism and nutrition: Effects of dietary xylanase supplementation on performance and functional digestive parameters in broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 96, p. 566–573, 2017.

LONGO, W. E. et al. Short-chain fatty acid release of peptide YY in the isolated rabbit distal colon. **Scandinavian Journal of Gastroenterology**, v. 26, p. 442–448, 1991.

LOPEZ, H. Fructooligosaccharides enhance mineral apparent absorption and counteract the deleterious effects of phytic acid on mineral homeostasis in rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 11, p. 500–508, 2000.

LU, H. et al. Impact of exogenous carbohydrases and phytase on growth performance and nutrient digestibility in broilers. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 93, p. 243–249, 2013.

MADHUKUMAR, M. S.; MURALIKRISHNA, G. Fermentation of xylo-oligosaccharides obtained from wheat bran and Bengal gram husk by lactic acid bacteria and bifidobacteria. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49, p. 745–752, 2012.

MARQUARDT, R. R. Enzyme enhancement of the nutritional value of cereals: role of viscous, water-soluble, non-starch polysaccharides in chick performance. In: MARQUARDT, R. R.; HAN, Z. (Ed). **Enzymes in Poultry and Swine Nutrition**. IDRC, 1997, p.5-18.

MASEY O'NEILL, H. V. et al. The effect of reduced calorie diets, with and without fat, and the use of xylanase on performance characteristics of broilers between 0 and 42 days. **Poultry Science**, v. 91, p. 1356–1360, 2012.

MASEY O'NEILL, H. V.; SMITH, J. A.; BEDFORD, M. R. Multicarbohydrase Enzymes for non-ruminants. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, p. 290–301, 2014.

NIAN, F. et al. Effect of xylanase supplementation on the net energy for production,



performance and gut microflora of broilers fed corn/soy-based diet. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 24, p. 1282–1287, 2011.

PALOHEIMO, M.; PIIRONEN J.; VEHEMAANPERÄ, J. Xylanases and celulasas as feed additives. In: BEDFORD, M. R.; PATRIDGE, G. G. (Ed). **Enzymes in Farm Animal Nutrition**, 2nd edition. CAB International, 2011. p.12-53.

PEDERSEN, M. B. et al. Compositional profile and variation of distillers dried grains with solubles from various origins with focus on non-starch polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 130–141, 2014.

POLIZELI, M. L. T. M. et al. Xylanases from fungi: properties and industrial applications. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 67, p. 577–591, 2005.

PRESTON, C. M.; K.J., M.; BEDFORD, M. R. Effect of wheat content, fat source and enzyme supplementation on diet metabolisability and broiler performance. **British Poultry Science**, v. 42, p. 625–632, 2001.

RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 22, p. 628–636, 2013.

RAVN, J. L. et al. Combined endo- $\beta$ -1,4-xylanase and  $\alpha$ -l arabinofuranosidase increases butyrate concentration during broiler cecal fermentation of maize glucurono-arabinoxylan. **Animal Feed Science and Technology**, v. 236, p. 159–169, 2018.

SAKI, A. A. et al. Effect of various level of treated barley on small intestinal content viscosity, litter moisture, uric acid and broiler chickens performance. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, p. 2627–2632, 2010.

SHALLOM, D.; SHOHAM, Y. Microbial hemicellulases. **Current Opinion in Microbiology**, v. 6, p. 219–228, 2003.

SINGH, A. et al. Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize-soybean based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 177, p. 194–203, 2012.

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

SØRENSEN, H. R.; PEDERSEN, S.; MEYER, A. S. Synergistic enzyme mechanisms



and effects of sequential enzyme additions on degradation of water insoluble wheat arabinoxylan. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 40, p. 908–918, 2007

SVIHUS, B. Effects of digestive tract conditions, feed processing and ingredients on response to NSP enzymes. In: BEDFORD, M. R.; PATRIDGE, G. G. (Ed). **Enzymes in Farm Animal Nutrition**, 2nd edition. CAB International, 2011. p.129-159.

VAN LOO, J. A. E. Prebiotics promote good health. **Journal of Clinical Gastroenterology**, v. 38, p. 70–75, 2004.

WALTERS, H. G. et al. Evaluation of NSPase inclusion in diets manufactured with high- and low-quality corn on male broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, p. 1–12, 2018.

WILLIAMS, M. P. et al. Evaluation of xylanase in low-energy broiler diets. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 23, p. 188–195, 2014.

YEGANI, M.; KORVER, D. R. Effects of corn source and exogenous enzymes on growth performance and nutrient digestibility in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, p. 1208–1220, 2013.

YUAN, L. et al. Effects of protease and non-starch polysaccharide enzyme on performance, digestive function, activity and gene expression of endogenous enzyme of broilers. **PLoS ONE**, v. 12, p. 1–13, 2017.

ZAKARIA, H. A. H.; JALAL, M. A. R.; ISHMAIS, M. A. A. The influence of supplemental multi-enzyme feed additive on the performance, carcass characteristics and meat quality traits of broiler chickens. **International Journal of Poultry Science**, v. 9, p. 126–133, 2010.

ZHANG, L. et al. Effects of xylanase supplementation on growth performance, nutrient digestibility and non-starch polysaccharide degradation in different sections of the gastrointestinal tract of broilers fed wheat-Based diets. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 27, p. 855–861, 2014.

ZHOU, Y. et al. Improved energy-utilizing efficiency by enzyme preparation supplement in broiler diets with different metabolizable energy levels. **Poultry Science**, v. 88, p. 316–322, 2009.

ZHU, H. L. et al. The effects of enzyme supplementation on performance and digestive parameters of broilers fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, v. 93, p. 1704–1712,

2014.

ZOU, J. et al. Effects of exogenous enzymes and dietary energy on performance and digestive physiology of broilers. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 4, p. 1–9, 2013.

## **INCLUSÃO DE DIFERENTES PRODUTOS ENZIMÁTICOS COMPOSTOS POR XILANASE E $\beta$ -GLUCANASE EM DIETAS À BASE DE MILHO COM NÍVEIS VARIÁVEIS DE ENERGIA PARA FRANGOS DE CORTE**

### **Resumo.**

Este estudo foi desenvolvido para avaliar os efeitos da inclusão de diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho com dois níveis de energia para frangos de corte sobre o desempenho, características intestinais, umidade de cama, incidência de lesões de pododermatite, e parâmetros bioquímicos do sangue. Foram utilizados 1.200 pintos machos, distribuídos em esquema fatorial  $2 \times 4$  (dois níveis de energia  $\times$  ausência ou inclusão de 100g de três diferentes xilanasas +  $\beta$ -glucanasas por tonelada de ração). O ganho de peso e a conversão alimentar foram prejudicados pelo fornecimento de dietas de baixa energia (CN; 2.925 kcal/kg na fase inicial e 3.025 kcal/kg na fase de crescimento). O uso de diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase não afeta o desempenho e a qualidade intestinal de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho, independente do nível de energia utilizado.

**Palavras-chave:** endo,1,4- $\beta$ -xilanase, endo-1,4- $\beta$ -glucanase, carboidrases, enzimas que degradam PNAs

## **Introdução**

As enzimas que degradam polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) podem apresentar características variáveis dependendo de sua origem, como habilidade em degradar PNAs solúveis ou insolúveis, resistência e sensibilidade à variação de pH que ocorre no trato digestivo das aves e pH ótimo de atuação (Paloheimo et al. 2011). Estas características são importantes e têm grande influência sobre a eficácia destas enzimas quando adicionadas à dieta de aves.

Um dos constituintes da dieta que podem ter influência sobre os efeitos promovidos pela inclusão de enzimas que degradam PNAs é o nível energético adotado (Zhou et al. 2009). O ideal é que se promova um pequeno déficit energético na dieta, a fim de que a maior disponibilidade de energia promovida pela inclusão das enzimas resulte em benefícios para as aves, suprimindo totalmente sua demanda energética.

Apesar dos efeitos relacionados ao uso de enzimas que degradam PNAs em dietas à base de cereais viscosos, como trigo, cevada e centeio, por exemplo, estarem bem esclarecidos e comprovados (Mathlouthi et al. 2002; Garcia et al. 2008; Cowieson et al. 2016), o uso destas enzimas em dietas à base de milho tem apresentado resultados inconsistentes (Cengiz et al. 2012; Gehring et al. 2013), uma vez que o milho apresenta conteúdo relativamente baixo de PNAs (8,1%), que em sua maioria estão na forma insolúvel (Choct 2006).

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão de diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho com dois níveis de energia para frangos de corte, e seus efeitos sobre o desempenho, características intestinais, umidade de cama, escores de lesão de pododermatite e parâmetros bioquímicos do sangue.

## **Material e Métodos**

Todos os procedimentos conduzidos neste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – CEUA/FMVZ (02/2015-CEUA).

### *Dietas experimentais*

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $2 \times 4$ , sendo dois níveis de energia metabolizável – Controle Positivo (CP) e Controle Negativo (CN)  $\times$  ausência ou inclusão de três diferentes produtos enzimáticos

constituídos de xilanase e  $\beta$ -glucanase (A, B e C). Os níveis de energia utilizados foram: CP: 3025 kcal/kg e 3125 kcal/kg nas fases inicial, de 1 a 21 dias, e de crescimento, de 22 a 35 dias, respectivamente; e CN: 2925 kcal/kg e 3025 kcal/kg, nas fases inicial e de crescimento, respectivamente. As enzimas utilizadas foram adicionadas de acordo com a dose recomendada pelos fabricantes (100g por tonelada de ração), nas dietas CP e CN (Tabela 1). A enzima A é composta por endo-1,4- $\beta$ -xilanase e endo-1,4- $\beta$ -glucanase, derivada de fermentação do fungo *Aspergillus niger*. O produto B é composto por endo-1,4- $\beta$ -xilanase e endo-1,3(4)- $\beta$ -glucanase, produzido a partir de *Trichoderma longibrachiatum*. O produto enzimático C é composto por endo-1,4- $\beta$ -xilanase e endo-1,4- $\beta$ -glucanase, derivado de fermentação de *Aspergillus niger*, com genes doados por *Talaromyces emersonii* FBG1.

Tabela 11. Níveis plasmáticos de glicose (mg/dL), colesterol (mg/dL), triglicerídeos (mg/dL), proteína total (g/dL), ácido úrico (mg/dL) e VLDL (mg/dL) de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis variáveis de energia, suplementadas ou não com diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase

EM (kcal/kg)	Enzima	Glicose	Colesterol	Triglicerídeos	Proteína total	Ácido úrico	VLDL
CP (3025 / 3125)		261,26	121,80	63,71	2,90	4,60	12,74
CN (2925 / 3025)		265,73	123,17	64,43	2,84	4,94	12,89
	A	262,64	120,65	66,07	2,87	4,75	13,21
	B	263,36	120,93	67,59	2,85	4,70	13,52
	C	261,05	125,37	63,96	2,81	4,86	12,79
	Sem	266,93	123,19	57,57	2,96	4,77	11,51
CP (3025 / 3125)	A	261,50	123,00	70,96	2,90	4,56	14,19
CP (3025 / 3125)	B	265,60	120,63	62,42	2,91	4,84	12,48
CP (3025 / 3125)	C	255,60	121,08	63,44	2,76	4,33	12,69
CP (3025 / 3125)	Sem	262,33	122,50	56,85	3,02	4,66	11,37
CN (2925 / 3025)	A	263,78	118,29	61,18	2,84	4,94	12,24
CN (2925 / 3025)	B	261,12	121,22	72,75	2,78	4,56	14,55
CN (2925 / 3025)	C	266,50	130,52	64,48	2,86	5,39	12,90
CN (2925 / 3025)	Sem	271,53	123,88	58,30	2,89	4,88	11,66
EPM		1,62	1,94	2,35	0,03	0,18	0,47
<i>Probabilidade</i>							
EM		0,175	0,684	0,876	0,392	0,361	0,876
Enzima		0,626	0,802	0,517	0,451	0,992	0,517
EM vs. Enzima		0,329	0,688	0,523	0,541	0,643	0,523

EPM: erro padrão das médias;

Portanto, a inclusão de diferentes produtos enzimáticos compostos por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho e soja não afeta o desempenho e a qualidade intestinal de frangos de corte, independente do nível energético das rações.

## Referências

- AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 18th ed. AOAC International, 2005.
- Adrizal, and Ohtani, S. 2002. Defatted rice bran nonstarch polysaccharides in broiler diets: effects of supplements on nutrient digestibilities. *J. Poult. Sci.* **39**: 67–76.
- Apperson, K.D., and Cherian, G. 2017. Effect of whole flax seed and carbohydrase enzymes on gastrointestinal morphology, muscle fatty acids, and production performance in broiler chickens. *Poult. Sci.* **96**: 1228-1234. doi:10.3382/ps/pew371.

- Bedford, M.R. 1995. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. *Anim. Feed Sci. Technol.* **53**: 145–155. doi:10.1016/0377-8401(95)02018-U.
- Bedford, M.R., and Schulze, H. 1998. Exogenous enzymes for pigs and poultry. *Nutr. Res. Rev.* **11**: 91–114. doi:10.1079/NRR19980007.
- Cengiz, Ö., Hess, J.B., and Bilgili, S.F. 2012. Feed enzyme supplementation does not ameliorate foot pad dermatitis in broiler chickens fed on a corn-soyabean diet. *Br. Poult. Sci.* **53**: 401–407. doi:10.1080/00071668.2012.711467.
- Choct, M. 2006. Enzymes for the feed industry: past, present and future. *Worlds. Poult. Sci. J.* **62**: 5–16. doi:10.1079/WPS200480.
- Choct, M., and Annison, G.C. 1992. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler chickens: Roles of viscosity and gut microflora. *Br. Poult. Sci.* **33**: 821–834. doi:10.1080/00071669208417524.
- Cowieson, A.J., and Adeola, O. 2005. Carbohydrases, protease, and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. *Poult. Sci.* **84**: 1860–1867.
- Cowieson, A.J., Schliffka, W., Knap, I., Roos, F.F., Schoop, R., and Wilson, J.W. 2016. Meta-analysis of effect of a mono-component xylanase on the nutritional value of wheat supplemented with exogenous phytase for broiler chickens. *Anim. Prod. Sci.* **56**: 2014–2022. doi:10.1071/AN15199.
- Esmailipour, O., Shivazad, M., Moravej, H., Aminzadeh, S., Rezaian, M., and van Krimpen, M.M. 2011. Effects of xylanase and citric acid on the performance, nutrient retention, and characteristics of gastrointestinal tract of broilers fed low-phosphorus wheat-based diets. *Poult. Sci.* **90**: 1975–1982. doi:10.3382/ps.2010-01264.
- Fan, Y.K., Croom, J., Christensen, V.L., Black, B.L., and Bird, A.R. 1997. Jejunal glucose uptake and oxygen consumption in turkey poult selected for rapid growth. *Poult. Sci.* **76**: 1738–1745.
- Ferreira, S., Franke, I.M., Ii, P., Garcia, M., and Ii, N. 2015. Accurate adjustment of energy level in broiler chickens diet for controlling the performance and the lipid composition of meat. *Ciência Rural* **45**: 104–110.
- Francesch, M., and Brufau, J. 2004. Nutritional factors affecting excreta/litter moisture and quality. *Worlds. Poult. Sci. J.* **60**: 64–75. doi:10.1079/WPS20035.
- Gao, F., Jiang, Y., Zhou, G.H., and Han, Z.K. 2008. The effects of xylanase

- supplementation on performance, characteristics of the gastrointestinal tract, blood parameters and gut microflora in broilers fed on wheat-based diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* **142**: 173–184. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.07.008.
- Garcia, M., Lazaro, R., Latorre, M.A., Gracia, M.I., and Mateos, G.G. 2008. Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poult. Sci.* **87**: 940–948. doi:10.3382/ps.2007-00266.
- Gehring, C.K., Bedford, M.R., and Dozier, W.A. 2013. Extra-phosphoric effects of phytase with and without xylanase in corn-soybean meal-based diets fed to broilers. *Poult. Sci.* **92**: 979–991. doi:10.3382/ps.2012-02769.
- Gonzalez-Ortiz, G., Sola-Oriol, D., Martinez-Mora, M., Perez, J.F., and Bedford, M.R. 2017. Response of broiler chickens fed wheat-based diets to xylanase supplementation. *Poult. Sci.* **96**: 2776–2785. doi:10.3382/ps/pex092.
- Hajati, H., Rezaei, M., and Sayyahzadeh, H. 2009. The effects of enzyme supplementation on performance, carcass characteristics and some blood parameters of broilers fed on corn-soybean meal-wheat diets. *Int. J. Poult. Sci.* **8**: 1199–1205. doi:10.3923/ijps.2009.1199.1205.
- Hume, M.E., Kubena, L.F., Beier, R.C., Corrier, D.E., and Deloach, J.R. 1992. Fermentation of [<sup>14</sup>C]lactose in broiler chicks by cecal anaerobes. *Poult. Sci.* **71**: 1464–1470.
- Iji, P.A., Saki, A., and Tivey, D.R. 2001. Body and intestinal growth of broiler chicks on a commercial starter diet<sup>2</sup>. Development and characteristics of intestinal enzymes. *Br. Poult. Sci.* **42**: 514–522. doi:10.1080/00071660120073142.
- Jia, W., Slominski, B.A., Bruce, H.L., Blank, G., Crow, G., and Jones, O. 2009. Effects of diet type and enzyme addition on growth performance and gut health of broiler chickens during subclinical *Clostridium perfringens* challenge. *Poult. Sci.* **88**: 132–140. doi:10.3382/ps.2008-00204.
- Manwar, S.J., and Mandal, A.B. 2009. Effect of reconstitution of sorghum with or without enzymes on production performance and immunocompetence in broiler chicken. *J. Sci. Food Agric.* **89**: 998–1005. doi:10.1002/jsfa.3546.
- Mathlouthi, N., Lallès, J.P., Lepercq, P., Juste, C., and Larbier, M. 2002. Xylanase and  $\beta$ -glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and increase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. *J. Anim. Sci.* **80**: 2773–2779. doi:/2002.80112773x.



- Mazhari, M., Golian, A., and Kermanshahi, H. 2015. Effect of corn replacement with graded levels of wheat screening and enzyme supplementation on performance, blood lipids, viscosity and jejunal histomorphology of finisher broilers. *Spanish J. Agric. Res.* **13**: 1–9. doi:10.5424/sjar/2015131-5416.
- Michel, V., Prampart, E., Mirabito, L., Allain, V., Arnould, C., Huonnic, D., Le Bouquin, S., and Albaric, O. 2012. Histologically-validated footpad dermatitis scoring system for use in chicken processing plants. *Br. Poult. Sci.* **53**: 275–281. doi:10.1080/00071668.2012.695336.
- Montagne, L., Pluske, J., and Hampson, D. 2003. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.* **108**: 95–117. doi:10.1016/S0377-8401(03)00163-9.
- Montanhini Neto, R., N'Guetta, E., Gady, C., Francesch, M., and Preynat, A. 2017. Combined effect of using near-infrared spectroscopy for nutritional evaluation of feed ingredients and non-starch polysaccharide carbohydrase complex on performance of broiler chickens. *Anim. Sci. J.* **88**: 1979–1986. doi:10.1111/asj.12822.
- Morgan, N.K., Walk, C.L., Bedford, M.R., and Burton, E.J. 2014. The effect of dietary calcium inclusion on broiler gastrointestinal pH: Quantification and method optimization. *Poult. Sci.* **93**: 354–363. doi:10.3382/ps.2013-03305.
- Paloheimo, M., Piironen J., and Vehmaanperä, J. 2011. Xylanases and celulasas as feed additives. Pages 12-53 in M.R. Bedford and G.G. Patridge, eds. *Enzymes in farm animal nutrition*, 2nd edition. CAB International.
- Rabie, M.H., Ismail, F.S.A., and Kh, S.S. 2010. Effect of dietary energy level with probiotic and enzyme addition on performance, nutrient digestibility and carcass traits of broilers. *Egypt. Poult. Sci.* **30**: 179–201.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T., Euclides, R.F. 2011. *Brazilian tables for poultry and swine: feed composition and nutritional requirements*. 3rd ed. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brazil. 119pp.
- Shakouri, M.D., Iji, P.A., Mikkelsen, L.L., and Cowieson, A.J. 2009. Intestinal function and gut microflora of broiler chickens as influenced by cereal grains and microbial enzyme supplementation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl)*. **93**: 647–658. doi:10.1111/j.1439-0396.2008.00852.x.

- Shepherd, E.M., and Fairchild, B.D. 2010. Footpad dermatitis in poultry. *Poult. Sci.* **89**: 2043–2051. doi:10.3382/ps.2010-00770.
- Shirmohammad, F., and Mehri, M. 2011. Effects of dietary supplementation of multi-enzyme complex on the energy utilization in rooster and performance of broiler chicks. *African J. Biotechnol.* **10**: 7541–7547. doi:10.5897/AJB10.2260.
- Swennen, Q., Janssens, G.P.J., Millet, S., Vansant, G., Decuypere, E., and Buyse, J. 2005. Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: endocrine functioning and intermediary metabolism. *Poult. Sci.* **84**: 1051–1057.
- Viveros, A., Brenes, A., Pizarro, M., and Castaño, M. 1994. Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* **48**: 237–251. doi:10.1016/0377-8401(94)90175-9.
- Zhou, Y., Jiang, Z., Lv, D., and Wang, T. 2009. Improved energy-utilizing efficiency by enzyme preparation supplement in broiler diets with different metabolizable energy levels. *Poult. Sci.* **88**: 316–322. doi:10.3382/ps.2008-00231.

## **EFEITOS DO USO DE XILANASE E $\beta$ -GLUCANASE EM DIETAS À BASE DE MILHO PARA FRANGOS DE CORTE SOBRE CINÉTICA INTESTINAL, ÁCIDOS GRAXOS DE CADEIA CURTA E PERFIL TÉRMICO DO CECO**

### **Resumo**

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da inclusão de um produto enzimático composto por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho e soja com dois níveis de energia para frangos de corte, sobre desempenho, concentração de ácidos graxos de cadeia curta, pH e perfil térmico dos cecos, digestibilidade ileal de energia e proteína e cinética intestinal. Foram utilizados 744 pintos machos, alojados em 24 boxes e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em esquema  $2 \times 2$  – dois níveis de energia  $\times$  ausência ou inclusão de 100 gramas do produto enzimático por tonelada de ração. A suplementação enzimática melhorou o ganho de peso de 1 a 7, e de 1 a 21 dias, porém não afetou o desempenho de 1 a 35 dias. Frangos alimentados com dieta de baixa energia apresentaram maior concentração cecal de ácido acético quando suplementados com enzima. O fornecimento de dietas de baixa energia reduziu o pH do conteúdo cecal e aumentou a temperatura média dos cecos. A digestibilidade ileal de energia foi maior em frangos alimentados com dietas contendo xilanase, e de proteína e energia maiores com o fornecimento de dietas de alta energia. A inclusão do produto enzimático aumentou o tempo médio de retenção (TMR) no íleo distal, e o fornecimento de dietas de baixa energia reduziu o TMR no jejuno distal. Assim, a inclusão de um produto enzimático composto por xilanase e  $\beta$ -glucanase em dietas à base de milho favorece o ganho de peso de frangos de corte apenas nas três primeiras semanas de vida, e aumenta o tempo médio de retenção no íleo distal e melhora a digestibilidade ileal de energia, independente do nível energético da ração.

Palavras-chave: carboidrases, enzimas que degradam PNAs, termografia

## Introdução

O uso de enzimas que degradam polissacarídeos não amiláceos (PNAs) em dietas para frangos é uma prática em ascensão e relativamente comum, especialmente em dietas à base de cereais viscosos, isto é, ricos em PNAs solúveis, como trigo, cevada e centeio (Viveros et al., 1994; Shakouri et al. 2009). Mais recentemente, estudos com o uso destas enzimas em dietas à base de milho têm sido bastante explorados por pesquisadores. No entanto, estes estudos mostram resultados contraditórios quando se trata de eficiência e benefícios gerados pela inclusão de enzimas que degradam PNAs nas dietas (Cengiz et al., 2012; Coppedge et al., 2012; Gehring et al., 2013).

Um dos fatores-chave para se obter benefícios pela inclusão de enzimas que degradam PNAs é o nível energético da dieta, que caso não seja ajustado corretamente pode suprimir os efeitos gerados pelo uso de enzimas (Zakaria et al., 2008; Zhou et al., 2009).

Além de ter a capacidade de reduzir a viscosidade do conteúdo alimentar, as enzimas que degradam PNAs podem reduzir o efeito de encapsulamento de nutrientes (Khadem et al., 2016) gerado pela ineficiência das aves em degradar a parede celular vegetal, impedindo o acesso de enzimas digestivas ao conteúdo intracelular, como grânulos de amido e proteínas, por exemplo.

Como o milho apresenta conteúdo relativamente baixo de PNAs (97 g/kg de MS), que na sua maioria é composta por PNAs insolúveis (88 g/kg de MS) (Bach Knudsen, 1997), a viscosidade da digesta de frangos alimentados com dietas à base de milho aparentemente não tem impacto negativo sobre o aproveitamento de nutrientes.

Assim, é possível que alguns mecanismos de ação das xilanases estejam relacionados com seus efeitos sobre as populações de bactérias no trato digestivo de frangos, especialmente na porção final do intestino. A xilanase é capaz de degradar seus substratos e gerar oligossacarídeos de cadeia curta, contendo de 2 a 5 monômeros (Bedford e Cowieson, 2012). Sabe-se que o fornecimento de xilo-oligômeros em dietas para aves pode resultar em alterações benéficas nas populações de bifidobactérias no ceco (Courtin et al., 2008), o que pode induzir a produção de hormônios como o peptídeo YY (Singh et al., 2012), capaz de regular o esvaziamento gástrico e a taxa de trânsito intestinal (Taylor, 1993), facilitando assim o processo de digestão de nutrientes.

Desta forma, este estudo foi desenvolvido com a finalidade de explorar os possíveis mecanismos de ação de enzimas que degradam PNAs sobre parâmetros intestinais e do ceco, digestibilidade ileal e desempenho de frangos de corte.

exemplo, observaram aumento do comprimento de intestino delgado e ceco com o uso de dietas contendo alta fibra, que também apresentaram menor digestibilidade de nutrientes.

### **Conclusão**

Apesar do uso de enzimas que degradam PNAs melhorar o desempenho apenas nas três primeiras semanas, promove maior produção cecal de ácido acético, maior tempo de retenção de conteúdo no íleo distal e conseqüente melhoria da digestibilidade ileal de energia em rações à base de milho para frangos de corte.

### **Referências**

- Bach Knudsen, K.E., 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 67, 319–338. doi:10.1016/S0377-8401(97)00009-6
- Barekatin, M.R., Choct, M., Iji, P.A., 2013. Xylanase supplementation improves the nutritive value of diets containing high levels of sorghum distillers' dried grains with solubles for broiler chickens. *J. Sci. Food Agric.* 93, 1552–1559. doi:10.1002/jsfa.5992
- Bedford, M.R., Cowieson, A.J., 2012. Exogenous enzymes and their effects on intestinal microbiology. *Anim. Feed Sci. Technol.* 173, 76–85. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.12.018
- Brenes, A., Marquardt, R.R., Guenter, W., Viveros, A., 2002. Effect of enzyme addition on the performance and gastrointestinal tract size of chicks fed lupin seed and their fractions. *Poult. Sci.* 81, 670–678.
- Cengiz, Ö., Hess, J.B., Bilgili, S.F., 2012. Feed enzyme supplementation does not ameliorate foot pad dermatitis in broiler chickens fed on a corn-soyabean diet. *Br. Poult. Sci.* 53, 401–407. doi:10.1080/00071668.2012.711467
- Coppedge, J.R., Oden, L.A., Ratliff, B., Brown, B., Ruch, F., Lee, J.T., 2012. Evaluation of nonstarch polysaccharide-degrading enzymes in broiler diets varying in nutrient and energy levels as measured by broiler performance and processing parameters. *J. Appl. Poult. Res.* 21, 226–234. doi:10.3382/japr.2011-00329
- Courtin, C.M., Broekaert, W.F., Swennen, K., Lescroart, O., Onagbesan, O., Buyse, J., Decuyper, E., Van de Wiele, T., Marzorati, M., Verstraete, W., G., H., Delcour, J.A., 2008. Dietary inclusion of wheat bran arabinoxyloligosaccharides induces beneficial nutritinal effects in chickens. *Cereal Chem.* 85, 607–613.

doi:10.1094/CCHEM-85-5-0607

- Cowieson, A.J., Masey O'Neill, H.V., 2013. Effects of exogenous xylanase on performance, nutrient digestibility and caecal thermal profiles of broilers given wheat-based diets. *Br. Poult. Sci.* 54, 346–354. doi:10.1080/00071668.2013.780200
- Francesch, M., Pérez-Vendrell, A.M., Broz, J., 2012. Effects of a mono-component endo-xylanase supplementation on the nutritive value of wheat-based broiler diets. *Br. Poult. Sci.* 53, 809–816. doi:10.1080/00071668.2012.750714
- Garcia, M., Lazaro, R., Latorre, M.A., Gracia, M.I., Mateos, G.G., 2008. Influence of enzyme supplementation and heat processing of barley on digestive traits and productive performance of broilers. *Poult. Sci.* 87, 940–948. doi:10.3382/ps.2007-00266
- Gehring, C.K., Bedford, M.R., Dozier, W.A., 2013. Extra-phosphoric effects of phytase with and without xylanase in corn-soybean meal-based diets fed to broilers. *Poult. Sci.* 92, 979–991. doi:10.3382/ps.2012-02769
- Horvatovic, M.P., Glamocic, D., Beukovic, D., Ivkovic, M., 2012. Digestibility of nutrients and metabolisability of energy in broiler diets with different ME level and supplemented with exogenous enzyme. *African J. Agric. Reseach* 7, 2391–2394. doi:10.5897/AJAR11.1820
- Jia, W., Slominski, B.A., Bruce, H.L., Blank, G., Crow, G., Jones, O., 2009. Effects of diet type and enzyme addition on growth performance and gut health of broiler chickens during subclinical *Clostridium perfringens* challenge. *Poult. Sci.* 88, 132–140. doi:10.3382/ps.2008-00204
- Jørgensen, H., Zhao, X.-Q., Knudsen, K.E.B., Eggum, B.O., 1996. The influence of dietary fibre source and level on the development of the gastrointestinal tract, digestibility and energy metabolism in broiler chickens. *Br. J. Nutr.* 75, 379–395. doi:10.1079/BJN19960141
- Khadem, A., Lourenço, M., Delezie, E., Maertens, L., Goderis, A., Mombaerts, R., Höfte, M., Eeckhaut, V., Van Immerseel, F., Janssens, G.P.J., 2016. Does release of encapsulated nutrients have an important role in the efficacy of xylanase in broilers? *Poult. Sci.* 95, 1066–1076. doi:10.3382/ps/pew002
- Kiarie, E., Romero, L.F., Ravindran, V., 2014. Growth performance, nutrient utilization, and digesta characteristics in broiler chickens fed corn or wheat diets without or with supplemental xylanase. *Poult. Sci.* 93, 1186–1196. doi:10.3382/ps.2013-03715
- Kiarie, E., Walsh, M.C., Romero, L.F., Arent, S., Ravindran, V., 2017. Nutrient and fiber

- utilization responses of supplemental xylanase in broiler chickens fed wheat based diets are independent of the adaptation period to test diets. *Poult. Sci.* 96, 3239–3245. doi:10.3382/ps/pex100
- Knudsen, K.E.B., 2014. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poult. Sci.* 93, 2380–2393. doi:10.3382/ps.2014-03902
- Kocher, A., Choct, M., Porter, M.D., Broz, J., 2002. Effects of feed enzymes on nutritive value of soyabean meal fed to broilers. *Br. Poult. Sci.* 43, 54–63. doi:10.1080/00071660120109890
- Lee, S.A., Apajalahti, J., Vienola, K., González-Ortiz, G., Fontes, C.M.G.A., Bedford, M.R., 2017. Age and dietary xylanase supplementation affects ileal sugar residues and short chain fatty acid concentration in the ileum and caecum of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 234, 29–42. doi:10.1016/j.anifeedsci.2017.07.017
- Liu, N., Ru, Y.J., Tang, D.F., Xu, T.S., Partridge, G.G., 2011. Effects of corn distillers dried grains with solubles and xylanase on growth performance and digestibility of diet components in broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 163, 260–266. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.11.004
- Masey O’Neill, H.V.M., Liu, N., Wang, J.P., Diallo, A., Hill, S., 2012. Effect of xylanase on performance and apparent metabolisable energy in starter broilers fed diets containing one maize variety harvested in different regions of china. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 25, 515–523. doi:10.5713/ajas.2011.11314
- Masey O’Neill, H. V., Smith, J.A., Bedford, M.R., 2014a. Multicarbohydase enzymes for non-ruminants. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 27, 290–301. doi:10.5713/ajas.2013.13261
- Masey-O’neill, H.V., Singh, M., Cowieson, A.J., 2014b. Effects of exogenous xylanase on performance, nutrient digestibility, volatile fatty acid production and digestive tract thermal profiles of broilers fed on wheat- or maize-based diet. *Br. Poult. Sci.* 55, 351–359. doi:10.1080/00071668.2014.898836
- Mateos, G.G., Sell, J.L., Eastwood, J.A., 1982. Rate of food passage (transit time) as influenced by level of supplemental fat. *Poult. Sci.* 61, 94–100. doi:10.3382/ps.0610094
- Meng, X., Slominski, B.A., Nyachoti, C.M., Campbell, L.D., Guenter, W., 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poult. Sci.*

- 84, 37–47. doi:10.1093/ps/84.1.37
- Montanhini Neto, R., N'Guetta, E., Gady, C., Francesch, M., Preynat, A., 2017. Combined effect of using near-infrared spectroscopy for nutritional evaluation of feed ingredients and non-starch polysaccharide carbohydrase complex on performance of broiler chickens. *Anim. Sci. J.* 88, 1979–1986. doi:10.1111/asj.12822
- Morgan, N.K., Walk, C.L., Bedford, M.R., Burton, E.J., 2014. The effect of dietary calcium inclusion on broiler gastrointestinal pH: Quantification and method optimization. *Poult. Sci.* 93, 354–363. doi:10.3382/ps.2013-03305
- Shakouri, M.D., Iji, P.A., Mikkelsen, L.L., Cowieson, A.J., 2009. Intestinal function and gut microflora of broiler chickens as influenced by cereal grains and microbial enzyme supplementation. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 93, 647–658. doi:10.1111/j.1439-0396.2008.00852.x
- Shirmohammad, F., Mehri, M., 2011. Effects of dietary supplementation of multi-enzyme complex on the energy utilization in rooster and performance of broiler chicks. *African J. Biotechnol.* 10, 7541–7547. doi:10.5897/AJB10.2260
- Singh, A., Neill, H.V.M.O., Ghosh, T.K., Bedford, M.R., Haldar, S., 2012. Effects of xylanase supplementation on performance, total volatile fatty acids and selected bacterial population in caeca, metabolic indices and peptide YY concentrations in serum of broiler chickens fed energy restricted maize–soybean based diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 177, 194–203. doi:10.1016/j.anifeedsci.2012.08.005
- Taylor, I.L., 1993. Role of peptide YY in the endocrine control of digestion. *J. Dairy Sci.* 76, 2094–2101.
- Viveros, A., Brenes, A., Pizarro, M., Castaño, M., 1994. Effect of enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers. *Anim. Feed Sci. Technol.* 48, 237–251. doi:10.1016/0377-8401(94)90175-9
- Weurding, R.E., Veldman, A., Veen, W.A.G., Aar, P.J. van der, Verstegen, M.W.A., 2001. Starch digestion rate in the small intestine of broiler chickens differs among feedstuffs. *J. Nutr.* 131, 2329–2335.
- Zakaria, H.A.H., Jalal, M.A.R., Jabarin, A.S., 2008. Effect of exogenous enzymes on the growing performance of broiler chickens fed regular corn/soybean-based diets and the economics of enzyme supplementation. *Pakistan J. Nutr.* 7, 534–539.
- Zhou, Y., Jiang, Z., Lv, D., Wang, T., 2009. Improved energy-utilizing efficiency by



enzyme preparation supplement in broiler diets with different metabolizable energy levels. *Poult. Sci.* 88, 316–322. doi:10.3382/ps.2008-00231