



NUTRI^{time}

REVISTA ELETRÔNICA

www.nutritime.com.br

ISSN-1983-9006

Revista Eletrônica Nutritime, Artigo 133
v. 8, n° 02 p.1469-1481 Março/Abril 2011



Artigo Número 133

ENZIMAS EXÓGENAS PARA SUÍNOS¹

Exogenous enzymes for pig

Alessandro Borges Amorim^{II}; Márcio Gilberto Zangeronimo^{III}; Maria Cristina Thomaz^{IV}

¹ Trabalho de conclusão do curso de Pós-Graduação *Lato Sensu*, em Produção de Suínos do primeiro autor (alessandrozoo@gmail.com); ^{II} Mestre em Zootecnia FCAV-UNESP – Câmpus de Jaboticabal/SP; ^{III} Professor de Fisiologia e Farmacologia do Departamento de Medicina Veterinária da Universidade Federal de Lavras; ^{IV} Professora de Suinocultura do Departamento de Zootecnia – FCAV – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



RESUMO

Objetivou-se com este trabalho demonstrar as características das enzimas exógenas e sua crescente utilização nas dietas para suínos nas diferentes fases de criação. Atualmente, a grande questão na produção animal, é a redução dos custos e outro aspecto bastante questionado refere-se aos ingredientes alternativos que são utilizados em substituição ao milho e ao farelo de soja, os quais podem conter fatores antinutricionais, como inibidores de proteases, amilases, entre outros, que pioram a qualidade do alimento e diminuem a digestibilidade dos nutrientes. Assim, uma das alternativas estudadas, atualmente, é a utilização de enzimas exógenas, buscando alternativas para melhorar a qualidade destes alimentos, visando melhorar a digestibilidade dos nutrientes, eliminarem em partes ou totalmente, os fatores antinutricionais e reduzir o potencial de impacto ambiental. Contudo, os resultados sobre o uso de enzimas exógenas nas dietas para suínos são contraditórios, tornando-se necessária a condução de mais pesquisas.

Palavras-Chave: Fatores antinutricionais, ingredientes alternativos, nutrição

ABSTRACT

The objective of this work demonstrates the characteristics of exogenous enzymes and their use in diets for growing pigs at different stages of creation. Currently, the major issue in animal production is the reduction of costs and much criticized another aspect relates to alternative ingredients that are used in substitution of corn and soybean meal, however, they may contain some antinutritional factors such as protease inhibitors, amylase among others, which worsen the quality of food and decrease the digestibility of

nutrients. Thus one of the alternatives studied, currently, is the use of exogenous enzymes, seeking alternatives to improve the quality of feed, to improve the digestibility of nutrients, elimination, in parts or all of antinutritional factors and reduce the potential environmental impact. However, results on the use of exogenous enzymes in pig diets are contradictory, making it necessary to conduct more research.

Keywords: Alternative ingredients, antinutritional factors, nutrition

INTRODUÇÃO

A crescente necessidade mundial por alimentos, fez com que diversos setores produtivos evoluíssem rapidamente, e a suinocultura, pelos bons índices zootécnicos e facilidade de criação, constitui-se em uma das principais atividades, levando em consideração o desafio de produzir proteína animal de alta qualidade para atender a crescente necessidade da população, tendo em vista ser a carne mais consumida no mundo.

No Brasil, cerca de 70% do custo total de produção de uma suinocultura é representado pela alimentação, a qual é baseada em milho e farelo de soja, entretanto, outros grãos e seus subprodutos também podem ser utilizados nas dietas, como o sorgo, o centeio, a cevada, o farelo de trigo, entre outros, mas quando se trata de animais mais jovens, outros produtos entram na formulação destas dietas, principalmente, os derivados lácteos.

Porém, muitos ingredientes não são bem aproveitados pelos suínos e consistem em um desafio para os nutricionistas, devido à presença de fatores antinutricionais, como as frações fibrosas, que são compostas por polissacarídeos não-amiláceos (PNA's), que não são hidrolisados pelas enzimas digestivas dos suínos.



Buscando melhorar a eficiência de aproveitamento das dietas pelos suínos, muitas estratégias nutricionais são utilizadas, podendo-se citar a inclusão de aditivos nas dietas, que são utilizados objetivando melhorar a eficiência produtiva do animal, associado com valores de produção mais sustentáveis. Vários estudos vêm sendo realizados com o uso de enzimas exógenas na alimentação de suínos, visando conhecer suas propriedades, buscando potencializar a utilização de ingredientes alternativos, diminuindo o impacto ambiental e melhorando a digestibilidade dos ingredientes.

O objetivo dessa revisão foi evidenciar as características das enzimas exógenas e sua utilização nas dietas para suínos nas diferentes fases de criação.

ENZIMAS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

A utilização de enzimas na alimentação de suínos vem sendo bastante pesquisada, buscando incorporar às rações, matérias-primas de baixa qualidade, melhorar o aproveitamento das existentes ou diminuir o potencial de impacto ambiental dos dejetos.

Enzimas são proteínas que agem como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações químicas no organismo (CHAMPE & HARVEY, 1989). São altamente específicas para os substratos, tendo as enzimas digestivas um sítio ativo que permite sua atuação na ruptura de uma determinada ligação química, sob condições favoráveis de temperatura, pH e umidade (PENZ, 1998).

As enzimas, referindo-se aos monogástricos, são divididas em dois grupos: as endógenas que são sintetizadas pelo próprio organismo, sendo suficientes para realizar toda a digestão, e as exógenas, que não são secretadas porque o código genético destes animais não dispõe da

indicação para sua síntese (SOTO-SOLANOVA, 1996) sendo produzidas por bactérias, lactobacilos e fungos. Nestas podem ser citadas: celulase, hemicelulase, pentosanase, β -glucanase, xilanase, galactosidase, fitase e pectinase.

Embora ambas sejam responsáveis pela quebra de nutrientes, as enzimas exógenas podem ser fornecidas para suplementarem aquelas já existentes no organismo animal, ou seja, otimizar a atividade enzimática endógena, principalmente, em animais jovens que possuem o sistema enzimático imaturo, ou para degradarem componentes que não são degradáveis por ação de enzimas produzidas pelo organismo, como os PNA's dos ingredientes (PENZ, 1998), gorduras e proteínas protegidas da atividade digestiva pelos polissacarídeos da parede celular, além de minimizarem os efeitos negativos provocados pelos fatores antinutricionais presentes nos diversos ingredientes (CAMPESTRINI et al., 2005).

As enzimas endógenas, produzidas pelos suínos, são específicas para carboidratos com ligação alfa (amido) e sem atividade em carboidratos com ligações beta (PNA's) e oligossacarídeos contendo galactose, encontrados em várias sementes de plantas (FERNANDES & MALAGUIDO, 2003). Assim, a suplementação com enzimas exógenas pode ajudar na quebra destes substratos, melhorando a digestibilidade dos ingredientes.

Existem inúmeras justificativas para a adição de enzimas exógenas nas dietas de suínos, dentre elas a possibilidade de empregar ingredientes que possuem nutrientes pouco disponíveis a estes animais, tais como: farelos de arroz e trigo, grãos de trigo, centeio, cevada e aveia, e eliminar efeitos negativos de fatores antinutricionais dos alimentos (CAMPESTRINI et al., 2005), aumentando a digestibilidade total dos nutrientes, por meio da potencialização da ação das enzimas



endógenas e, consequentemente, diminuição da poluição ambiental causada por nutrientes excretados nas fezes (GUENTER, 2002).

Além dessas justificativas, FERKET (2004) observou, em revisão, que tem sido demonstrado que o uso de enzimas altera a população da microbiota intestinal e reduz a mortalidade (BEDFORD, 2000). Tais benefícios são devido à digestão mais rápida e melhor dos nutrientes no intestino delgado, limitando, assim, o substrato para as bactérias patogênicas eventualmente existentes.

Alguns trabalhos evidenciaram essas justificativas. LI et al. (1996) observaram que a adição da enzima β -glucanase para suínos em crescimento, recebendo rações contendo cevada e farelo de soja, melhorou a digestibilidade ileal da energia, da proteína bruta e dos β -glucanos. MOESER et al. (2002) também observaram melhoras na digestibilidade da matéria seca e da energia, para suínos em crescimento, consumindo dietas com níveis crescentes de casca de soja, quando as rações foram suplementadas com xilanase.

Diversos aspectos contribuem para a maneira como as enzimas atuam no trato gastrointestinal dos animais, determinando sua eficácia em promover melhorias na digestibilidade e no desempenho animal. Tais pontos incluem o tipo de enzima, sua origem e especificidade pelo substrato, faixa de pH capaz de expressar a atividade, resistência às secreções digestivas e variações no pH do trato digestório dos animais, forma de processamento da ração, ingredientes utilizados, espécie e idade do animal em questão (COWAN et al., 1996).

Entretanto, MEDEL et al. (2002) sugeriram que somente devem ser utilizadas enzimas exógenas quando os animais não forem capazes de sintetizá-las em quantidades suficientes. Por outro lado, WENK et al. (1993) comentaram que a suplementação de enzimas exógenas

pode proporcionar melhor desempenho aos animais, devido ao aumento da digestibilidade dos nutrientes.

Estudando o efeito do milho e do sorgo e a adição de carboidrases (amilase, xilanase, β -glucanase e pectinase). RODRIGUES et al. (2000) verificaram que a adição das enzimas melhorou a digestibilidade das duas fontes energéticas e aumentou a retenção de nitrogênio, quando a dieta contendo sorgo foi suplementada com as enzimas.

Como já referenciado, as enzimas são classificadas de acordo com o tipo de reação das quais participam, o tipo de atividade e o substrato. LECZNIESKI (2006) relatou que o termo mais correto de se utilizar é o produto enzimático, uma vez que as condições nas quais as enzimas são produzidas são diferentes, resultando em produtos enzimáticos distintos. Com isso, pode-se afirmar que os diferentes produtos enzimáticos existentes no mercado não são iguais. Isto se deve a fatores específicos inerentes às condições de fabricação das enzimas, tais como: tipo de cepa de microrganismo, meio de cultura utilizado, condições de fermentação e processamento, entre outros.

FUNÇÕES DAS ENZIMAS EXÓGENAS PARA SUÍNOS

A adaptação de suínos jovens à alimentação inicia-se ao nascimento, quando o sistema digestório secreta enzimas para digerir o leite materno, sendo uma das mais importantes a lactase, que tem alta atividade durante o período de aleitamento (MAXWELL & CARTER, 2001), já que a lactose é o principal carboidrato para os suínos neonatos e jovens, tendo, estes animais, elevada atividade da lactase (ANDRADE et al., 2004). Além destas, também são secretadas lipases e proteases, necessárias para as digestões da gordura e proteína do leite.



A ativação das enzimas no trato digestório se dá quando ocorre mistura da ração aos fluidos digestivos, sob a temperatura corporal e pH (ROTTER, 1990) e sua ação máxima ocorre no intestino delgado.

As enzimas podem ser utilizadas isoladamente (xilanase, glucanases, pectinases, celulases, proteases, amilases, fitase, galactosidase e lipase) ou na forma de complexos (associadas) o que, segundo INBORN & MEULEN (1993), é uma prática muito comum na Europa. A utilização de uma enzima específica deve ser feita quando se conhece o fator antinutricional que prejudica o aproveitamento dos nutrientes da dieta, enquanto o uso de complexos é realizado quando sabe-se que o uso associado pode aumentar a atividade de todas.

Na Tabela 1 são apresentadas as principais enzimas utilizadas nas dietas de suínos, os substratos que hidrolisam e os seus efeitos no mecanismo de digestão.

O uso de carboidrases possibilita utilizar ingredientes que apresentam grande quantidade de PNA's (WENK et al., 1993), melhorando a digestibilidade das rações utilizadas. Essas são produzidas por fungos do gênero *Aspergillus* e fazem a degradação dos carboidratos, que estão intimamente ligados ao valor nutricional dos grãos, o qual é limitado pelo teor de PNA's insolúveis (celulose) e solúveis (predominantemente as β -glucanas e arabinoxilanas), aumentando a digestibilidade de ingredientes como cevada, trigo, centeio, aveia e tritcale (CONTE et al., 2002).

Outra enzima exógena do grupo das carboidrases, que está sendo utilizada nas dietas de suínos, é a β -glucanase, a qual atua sobre as β -glucanas presentes em cereais, liberando maiores quantidades de açúcares (BELLAYER, 2000).

As β -glucanas são encontradas em maiores concentrações na cevada e na aveia, e o emprego desta enzima está relacionado à redução da

viscosidade, melhorando a atuação das enzimas digestivas endógenas (FERKET, 1996). Isto foi confirmado por KIM et al. (2003), ao avaliarem a suplementação de dietas constituídas por milho e farelo de soja, com uma mistura de carboidrases (α -galactosidase, mananase e manosidase), para leitões desmamados e verificaram que a inclusão destas enzimas nas rações melhorou a eficiência alimentar dos leitões, a digestibilidade ileal aparente da energia, lisina, treonina e triptofano e proporcionou maior altura de vilosidades intestinais aos leitões.

A celulase, que degrada a celulose, libera nutrientes contidos no interior da célula vegetal e ao mesmo tempo, a própria glicose que forma a estrutura celulolítica (INBORN & MEULEN, 1993), assim como a galactosidase, que é utilizada em dietas com substratos que possuem oligossacarídeos (rafinose e estaquiose), como os grãos de soja, ervilha e os farelos de soja, girassol e algodão (ACAMOVIC, 2001).

As pectinases, amilases e proteases são enzimas que agem sobre a pectina, o amido e as proteínas presentes nos produtos destinados à alimentação animal, liberando, respectivamente, os monômeros de ácido galacturônico, glicose e aminoácidos para melhor absorção dos suínos (BELLAYER, 2000).

Alguns trabalhos evidenciaram essa melhora no desempenho dos animais. AMORIM et al. (2008) trabalharam com diferentes níveis de polpa cítrica (0, 5, 10 e 15%), com ou sem adição, nas rações, de um complexo enzimático contendo xilanase, β -glucanase, celulase, pectinase e protease, sobre o desempenho de suínos na fase de crescimento e observaram melhoras na conversão alimentar dos animais.

O fitato, conhecido também como ácido fítico, é um complexo orgânico para armazenagem de fósforo nas plantas. Quando em quantidades consideráveis, não disponibiliza o fósforo e outros



nutrientes aos animais. Neste caso, a utilização de fitase, produzida por muitas espécies de bactérias, fungos e leveduras, é capaz de eliminar as propriedades antinutricionais do fitato, melhorando a disponibilidade dos nutrientes complexados ao ácido fítico (LUDKE et al., 2000). LUDKE et al. (2002) avaliaram diferentes níveis de fitase em rações para leitões, suplementadas ou não com fosfato inorgânico (fosfato bicálcico), adicionando ou não farelo de arroz desengordurado e observaram que a fitase, melhorou a disponibilidade do fósforo de todas as dietas experimentais.

JUSTIFICATIVAS PARA A UTILIZAÇÃO DAS ENZIMAS EXÓGENAS

Os aminoácidos sintéticos são considerados como substâncias totalmente absorvidas pelo trato digestório, enquanto os demais ingredientes não são totalmente digeridos e absorvidos pelos animais, e as diferenças podem ocorrer mesmo entre diferentes amostras de um mesmo ingrediente, as quais podem ser devidas aos conteúdos em fibra e em substâncias antinutricionais.

Os suínos não degradam os PNA's com a mesma facilidade que digerem o amido. Os PNA's são polímeros de açúcares simples e devido às suas ligações, são resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal dos monogástricos. Fazem parte da parede celular e consistem principalmente de pentose, rafinose, estaquiose e sacarose, encontradas nas sementes de oleaginosas, beta-glucanas na cevada e aveia, e pentosanas e arabinoxilanas, que são encontradas no trigo, triticale e centeio.

Para que se possa reduzir efetivamente o custo das rações, mesmo com adição de complexo de enzimas exógenas, fatores como a relação entre as enzimas utilizadas, os

substratos da ração, os aumentos esperados na digestibilidade dos nutrientes e os aspectos de formulação das rações, devem ser considerados (HANNAS & PUPA, 2003).

As enzimas exógenas já estão no mercado com resultados promissores. A adição em rações pode tornar-se prática rotineira e com boa relação custo/benefício, como é o caso de dietas contendo trigo e cevada. A utilização de enzimas em dietas contendo milho, sorgo e farelo de soja, que levam à baixa viscosidade, além de outros ingredientes produzidos no Brasil, possui intuito mais econômico que ambiental (FIREMAN et al. 1998).

RODRIGUES et al. (2002) em dois experimentos com suínos nas fases de crescimento e terminação, os quais utilizaram um complexo enzimático composto por xilanase, amilase, β -glucanase e pectinase, adicionado em rações formuladas com milho ou sorgo, verificaram melhora na digestibilidade dos nutrientes, aumento nos valores energéticos das rações formuladas com sorgo e melhor balanço de nitrogênio, quando utilizaram o referido complexo. Quanto ao ensaio de desempenho, constataram que a suplementação enzimática melhorou o ganho diário de peso e a conversão alimentar, quando foram utilizadas rações formuladas com milho, e naqueles que receberam dietas formuladas com sorgo, observaram, apenas, maior ganho diário de peso.

A substituição de ingredientes comumente utilizados na alimentação de suínos, por outros menos usuais, tem demonstrado resultados satisfatórios quando as rações são suplementadas com enzimas. YIN et al. (2001) testaram cinco variedades de cevada, em dietas para suínos na fase de crescimento, adicionando as enzimas β -glucanase, xilanase e um complexo composto por β -glucanase, xilanase e protease, e constataram melhora nas digestibilidades dos aminoácidos, fibra em detergente neutro, proteína bruta, PNA's e,



também, redução na fermentação no intestino grosso.

Utilizar enzimas em rações de suínos que contenham milho e farelo de soja ou ingredientes alternativos, pode melhorar a digestibilidade dos nutrientes, o desempenho dos animais e reduzir os custos das rações, quando estas são utilizadas em quantidades corretas e com substratos que permitam sua melhor atuação.

DESEMPENHO E DIGESTIBILIDADE

Os fatores antinutricionais, muitas vezes, não são tóxicos para os animais, mas a presença nos alimentos causa crescimento reduzido, piora a conversão alimentar, causa alterações hormonais e aumenta a poluição ambiental, pelas excreções fecais de nitrogênio e fósforo.

Utilizando leitões consumindo dietas contendo cevada, trigo e farelo de soja ou cevada, trigo, ervilha, colza e farelo de soja, suplementadas com enzimas isoladas (α -galactosidase, xilanase, β -glucanase, α -amilase e protease) ou com um complexo enzimático contendo α -galactosidase, xilanase e protease, GDALA et al. (1997) observaram que, quando utilizaram as enzimas isoladas, houve melhora na digestibilidade da xilose. Já com o complexo enzimático, encontraram melhora nas digestibilidades da xilose, da arabinose e da matéria seca, quando comparadas com as dietas sem enzimas. CHESSON (1993) observou, também, que a adição de enzimas (amilase, protease e polissacaridase) em rações para leitões recém desmamados, reduziu a incidência de diarreia.

Utilizando leitões alimentados com rações contendo milho, trigo, cevada, soja e ervilha, adicionando às dietas um complexo enzimático composto por xilanase, glucanase, amilase, protease, fitase, celulase, galactase, mananase, pectinase

OMOGBENIGUN et al. (2004) observaram melhoras nas digestibilidades ileais da matéria seca, energia bruta, proteína bruta, amido e PNA's.

O nível de inclusão é outro ponto importante que deve ser estudado. Segundo PARTRIDGE (2001), os níveis de enzimas digestivas endógenas, no organismo animal, são influenciados pela idade e pelo tipo de alimento. A função digestiva em leitões recém-desmamados é comprometida, uma vez que a produção de enzimas pancreáticas pelo animal pode ser drasticamente reduzida.

Ao avaliarem diferentes níveis de inclusão de um complexo enzimático, contendo amilase, celulase e protease, sobre o desempenho de leitões dos 28 aos 45 dias de idade, onde os tratamentos consistiram de uma dieta controle e outras três com diferentes níveis de um complexo enzimático (0,2; 0,4 e 0,6%), sendo estas compostas principalmente por milho, farelo de soja e soro de leite em pó. TEIXEIRA et al. (2001) observaram aumento no ganho de peso e no consumo de ração, na medida em que aumentaram os níveis das enzimas, porém, sem efeito sobre a conversão alimentar.

Por outro lado, alguns trabalhos demonstraram resultados contraditórios. MEDEL et al. (2002) testando a inclusão de diferentes níveis de α -amilase, xilanase e β -glucanase (0, 600 e 1200 mg/kg), em dietas contendo cevada processada termicamente ou não, para leitões, e não verificaram efeitos dos tratamentos sobre o desempenho, a digestibilidade ileal do amido e as digestibilidades totais da energia, proteína, fibra bruta, extrato etéreo e amido.

Animais jovens têm o sistema digestório imaturo e produção insuficiente de diversas enzimas para digestão de ingredientes de origem vegetal. Assim, fatores antinutricionais presentes nestes ingredientes, afetam mais



severamente os animais jovens do que os adultos, fato que possibilita maior expressão dos efeitos positivos das enzimas exógenas adicionadas às dietas (RUIZ et al., 2008).

Investigando os efeitos de um complexo enzimático contendo amilase, celulase, pentosanase, protease e α -galactosidase, sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo cevada e farelo de soja ou cevada e canola, para suínos na fase de crescimento, PLUSKE et al. (1998) não encontraram interferências do complexo sobre o desempenho e a digestibilidade do nitrogênio. Porém, nas dietas contendo farelo de soja ou canola, a suplementação com as enzimas proporcionou aumentos nas digestibilidades totais da energia bruta e da matéria orgânica.

Utilizando dietas compostas por milho e farelo de arroz integral suplementadas com fitase, para suínos na fase de crescimento, FIGUEIRÊDO et al. (2000) observaram que as perdas endógenas fecais não foram influenciadas pela enzima, mas sua adição reduziu o fósforo total excretado nas fezes e melhorou a absorção e a disponibilidade biológica do fósforo nas dietas contendo farelo de arroz integral.

ZHANG et al. (2003) avaliaram os efeitos da micronização de ervilhas e da suplementação enzimática das dietas, sobre o desempenho e as excreções de nitrogênio e de fósforo, em suínos na fase de crescimento, sendo comparadas três dietas, contendo cevada e ervilha (controle), cevada e ervilha micronizada (EM) e EM suplementada com um complexo enzimático (CE) composto por β -glucanase, fitase, protease, amilase, celulase e pectinase. Não foram observadas diferenças para conversão alimentar dos animais dos tratamentos EM e CE, enquanto os que receberam CE apresentaram melhores conversões alimentares do que aqueles que consumiram a ração controle. Da mesma maneira, as quantidades de fezes produzidas e de

nitrogênio e fósforo, eliminados nas fezes, não diferiram entre os animais dos tratamentos EM e CE, em relação ao observado naqueles do tratamento controle.

Inversamente, PLUSKE & LINDEMANN (1998) pesquisaram os efeitos da adição de um complexo enzimático contendo amilase, celulase, pentosanase, protease e α -galactosidase, sobre o desempenho de suínos na fase de crescimento, consumindo dietas contendo cevada e farelo de soja ou cevada e canola, e não verificaram interferências do complexo sobre esta variável. RUIZ et al. (2008) também não observaram efeitos sobre o desempenho dos animais, quando utilizaram um complexo enzimático contendo amilase, celulase, pentosanase, α -galactosidase e protease, adicionado às rações de suínos nesta mesma fase.

O'CONNELL et al. (2005) não observaram influência da suplementação de xilanase e β -glucanase, em dietas contendo trigo ou cevada e diferentes níveis de proteína bruta, sobre as excreções de nitrogênio na urina ou fezes de suínos na fase de terminação. Entretanto, as digestibilidades da fibra em detergente neutro e da hemicelulose aumentaram para todas as dietas em que houve adição das enzimas. A digestibilidade da energia bruta também aumentou nas dietas com cevada e suplementadas com as enzimas, em relação àquelas com cevada e sem suplementação enzimática.

Resultados semelhantes foram evidenciados por HAUSCHILD et al. (2008), que avaliaram o efeito da substituição de 0, 15 e 30% do milho por triguilho, em dietas suplementadas ou não com xilanase, sobre a digestibilidade dos nutrientes para suínos na fase de crescimento e observaram que a inclusão dos níveis crescentes de triguilho até 30% da dieta e a adição da enzima não influenciaram as digestibilidades da matéria seca, da energia bruta, a metabolizabilidade da energia, a



retenção e as excreções fecais e urinária de nitrogênio. Os autores concluíram que a adição da enzima exógena não afetou os parâmetros digestivos e metabólicos dos suínos.

Resultados sobre a eficácia de enzimas exógenas na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação, consumindo dietas compostas principalmente por milho e farelo de soja, ainda são inconsistentes. Considerando a importância destes ingredientes na suinocultura brasileira e o elevado consumo de ração nestas fases, são necessários estudos que evidenciem melhor a atividade das enzimas no trato gastrointestinal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados ainda são contraditórios sobre o uso de enzimas exógenas nas dietas para suínos, porém, vários trabalhos evidenciam

resultados satisfatórios, que demonstram melhorias na digestibilidade e no desempenho dos animais, quando são adicionados às rações, os ingredientes comumente utilizados, como o milho e o farelo de soja, como, também, quando são utilizados ingredientes alternativos. Contudo, atenção deve ser dada aos pontos críticos, a fim de que os animais realmente estejam recebendo rações suplementadas com a quantidade certa da enzima ou do complexo enzimático.

Novos complexos enzimáticos estão sendo estudados, visando proporcionar aos suinocultores, produtos que possam ser adicionados às rações, com benefícios. Deve-se atentar sobre qual enzima utilizar, levando em conta os substratos-alvo presentes na dieta, para que possam ser elaborados complexos enzimáticos eficientes para suas condições, sendo esse um grande desafio para as empresas produtoras de enzimas.



ANEXO

Tabela 1: Enzimas, substratos e efeitos das enzimas utilizadas em dietas para suínos.

Enzimas	Substrato	Efeitos
Xilanases	Arabinosilanas	Redução da viscosidade da digesta degrada as paredes celulares e libera xilo-oligômeros.
Glucanases	B-glucanase	Redução da viscosidade da digesta.
Pectinases	Pectinas	Redução da viscosidade da digesta.
Celulases	Celulose	Degradação da celulose e liberação de nutrientes.
Proteases	Proteínas	Suplementação das enzimas endógenas, degradação mais eficiente de proteínas e de fatores antinutricionais como os inibidores de tripsina, lectinas e proteínas antigênicas.
Amilases	Amido	Suplementação das enzimas endógenas. Degradação mais eficiente do amido
Fitase	Ácido fítico	Melhora a utilização do fósforo dos vegetais. Remoção do ácido fítico.
Lípases	Lipídios e ácidos graxos	Melhora a utilização de gorduras animais e vegetais.

Fonte: Adaptada de CLASSEN, 1993.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAMOVIC, T. Commercial application of enzyme technology for poultry production. **World's Poultry Science Journal**, v.27, p.225-237, 2001.
- AMORIM, A.B. et al. Polpa cítrica e complexo enzimático para suínos na fase de crescimento: desempenho, Curitiba, PR, 2008. In: PORKEXP0 & FÓRUM INTERNACIONAL DE SUINOCULTURA, 4., 2008. Curitiba, PR. **Anais...** Curitiba: PORKEXP0, 2008. CD-ROM.
- ANDRADE, T.S. et al. Utilização de enzimas nas rações para leitões durante a lactação, Várzea Grande, MT, 2004. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUINOS, 11., 2004. Várzea Grande, MT. **Anais...** Várzea Grande: ABRAVES, 2004. CD-ROM.
- BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, p.1-13, 2000.
- BELLAVER, C. O uso de microingredientes (aditivos) na formulação de dietas para suínos e suas implicações na produção e na segurança alimentar, Buenos Aires, 2000. In: CONGRESSO MERCOSUR DE PRODUCCIÓN PORCINA, 2000, Buenos Aires. **Anais...** 2000. p.93-108.
- CAMPESTRINI, E. et al. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.6, p.254-267, 2005.
- CHESSON, A. Feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, v.45, p.65-79, 1993.
- CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. **Bioquímica ilustrada**. 2.ed. São Paulo: Artes Médicas, 1989. p.53-66.
- CLASSEN, H.L. Enzimas usadas en el alimento. **Avicultura Profesional**, v.10, n.4, p.162-168, 1993.
- COWAN, W.D. et al. Influence of added microbial enzymes on energy and protein availability of selected feed ingredients. **Animal Feed Science and Technology**, v.60, p.311-319, 1996.
- CONTE, A.J. et al. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo do farelo de arroz em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.4, p. 537-552, 2002.
- FERKET, P. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. **Feedstuffs**, v.22, p.30-34, 1996.
- FERKET, P.R. Alternatives to antibiotics in poultry production: responses, practical experience and recommendations, Lexington, 2004. In: ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 20., 2004. Lexington. **Proceedings...** Lexington: ALLTECH, 2004. p.54-67.
- FERNANDES, P.; MALAGUIDO, A. Complexos enzimáticos: Novos avanços na produção animal. **Revista Porkworld**, Campinas, n.2, p.38-43, 2003.



FIGUEIRÊDO, A.V. et al. Ação da enzima fitase sobre a disponibilidade biológica do fósforo, por intermédio da técnica de diluição isotópica, em dietas com farelo de arroz integral para suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.177-182, 2000.

FIREMAN, F.A.T. et al. Enzimas na alimentação de suínos. **Revista Ciência Rural**, v.28, n.1, p.173-178, 1998.

GDALA, J. et al. The digestibility of carbohydrates, protein and fat in the small and large intestine of piglets fed non-supplemented and enzyme supplemented diets. **Animal Feed Science and Technology**, 65, p.15-33, 1997

GUENTER, W. **Practical experience with the use of enzymes**. 2002. Capturado em 1 mar. 2009. Online. Disponível na Internet: http://www.idrc.ca/en/ev-30924-01-1-DO_TOPIC.html.

HANNAS, M.I.; PUPA, J.M.R. Enzimas: uma alternativa viável para enfrentar a crise na suinocultura. **Revista PorkWorld**, v.2, n.13, p.48-51, 2003.

HAUSCHILD, L. et al. Utilização do tritcale e de enzimas em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.470-476, 2008.

INBORR, J.; MEULEN, J.V. Residual activity of added enzymes in relation to fibre digestibility in terminal ileum of growing pigs. Switzerland, 1993. In: ENZYMES IN ANIMAL NUTRITION. 1., 1993, Switzerland. **Proceedings...** Switzerland: SYMPOSIUM, 1993. p.34-37.

KIM, S.W. et al. Use of carboidrases in corn-soybean meal-based nursery diets. **Journal of Animal Science**, v.81, p.2496-2504, 2003.

LECZNIESKI, J.L. Considerações práticas do uso de enzimas. Florianópolis, 2006. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 5., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: AVESUI, 2006. p.34-46.

LI, S. et al. Effect of β -glucanase supplementation to hullless barley or wheat - soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein, β -glucans and amino acids in young pigs. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1649-1656, 1996.

LUDKE, M.C.M.M. et al. Influência da fitase sobre a redução da quantidade de nitrogênio, fósforo e cálcio excretados pelos suínos em crescimento, Viçosa, MG, 2000. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

LUDKE, M.C.M.M. et al. Fitase em dietas para suínos em crescimento: (I) parâmetros de carcaça e ossos. **Revista Ciência Rural**, v.32, n.1, p.97-102, 2002. MAXWELL, C.V; CARTER, S.D. Feeding the weaned pig. In: LEWIS, A.J.; SOUTHERN L.L. **Swine nutrition**, Florida, 2001. Cap.4, p.691-723.

MEDEL P. et al. Processing of barley and enzyme supplementation in diets for young pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.95, p.113-122, 2002.

MOESER, A.J. et al. Dietary fibre level and enzyme inclusion affect nutrient digestibility and excreta characteristics in grower pigs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.82, p.1606-1613, 2002.



O'CONNELL, J.M. et al. The effect of dietary crude protein level and exogenous enzyme supplementation on nutrient digestibility, nitrogen excretion, faecal volatile fatty acid concentration and ammonia emissions from pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.127, p.73-88, 2005.

OMOGBENIGUN, F.O. et al. Dietary supplementation with multienzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1053-1061, 2004.

PARTRIDGE, G.G. The role and efficacy of carbohydrase enzymes in pig nutrition, New Haven, 2001. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G. 2001, Walingford. **Publishing...** Walingford: ENZYMES IN FARM ANIMAL NUTRITION, 2001. p.161-198.

PENZ Jr., A.M. Enzimas em rações para aves e suínos, Botucatu, SP, 1998 In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1998. p.165-178.

PLUSKE, J.R. et al. Vegpro increases fecal digestibility coefficients in pigs fed soybean meal and canola meal. Lexington, 1998 In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 14., 1998, Lexington, **Proceedings...** Lexington: ALLTECH, 1998. CD-ROM .

PLUSKE, J.R.; LINDEMANN, M.D. Maximizing the response in pig and poultry diets containing vegetable protein by enzyme supplementation, Lexington, 1998. In: ALLTECH ANNUAL SYMPOSIUM, 14., 1998, Lexington, **Proceedings...** Lexington: ALLTECH, 1998. p.375-392.

RODRIGUES, P.B. et al. Efeitos da adição de enzimas sobre a digestibilidade e valores energéticos de rações para suínos em crescimento, Viçosa, MG. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., 2000, Viçosa, **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. CD-ROM.

RODRIGUES, P.B. et al. Digestibilidade dos nutrientes e desempenho de suínos em crescimento e terminação alimentados com rações à base de milho e sorgo suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.2, p.91-100, 2002.

ROTTER, B.A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. **Pig News and Information**, v.11, n.1, p.15-17, 1990.

RUIZ, U.S. et al. Complexo enzimático para suínos: digestão, metabolismo, desempenho e impacto ambiental. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.458-468, 2008b.

SOTO-SALANOVA, M. The use of enzymes to improve the nutritional value of corn soy diets for poultry and swine, Campinas, SP. In: SIMPÓSIO LATINO - AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1996, Campinas, SP, **Anais...** Campinas: CBNA, 1996. p.1-13.

TEIXEIRA, A. et al. Níveis de enzimas exógenas em rações para leitões na creche, Piracicaba, SP. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001. p.788-789.



WENK, C. et al. Interaction between a phytase and carboidrase in a pig diet. In: WENK, C.; BOESSINGER, M.X, 1., Switzerland, **Proceedings...** Switzerland: FEED ADDITIVE NOMENCLATURE, 1993. p.160-164.

YIN, Y.L. et al. Effects of xylanase and antibiotic addition on ileal and faecal apparent digestibilities of dietary nutrients and evaluating HCl-insoluble ash as a dietary marker in growing pigs. **British Society of Animal Science**, v.72, p.95-103, 2001.

ZHANG, Z. et al. Effect of micronization of peas and enzyme supplementation on nutrient excretion and manure volume in growing pigs. Canadian **Journal of Animal Science**, v.83, p.749-754, 2003.