

## ENZIMAS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS

### ENZYMES IN FEEDS FOR SWINE

#### - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA -

Francisco Antonio Tenorio Fireman<sup>1</sup> Alba Kyonara Barbosa Alves Tenório Fireman<sup>1</sup>

#### RESUMO

*Enzimas são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que agem como catalisadores biológicos e estão envolvidas em todos os processos do metabolismo animal. As enzimas comercialmente produzidas são provenientes, geralmente, de bactérias do gênero *Bacillus* sp ou fungos do gênero *Aspergillus* sp. Os efeitos benéficos de sua utilização na alimentação de suínos têm sido observados por pesquisadores de todo o mundo. Este artigo objetiva abordar os efeitos do uso de enzimas em vários aspectos da nutrição de suínos.*

**Palavras-chave:** suínos, nutrição, enzimas.

#### SUMMARY

*Enzymes are globular proteins of tertiary or quaternary structure that act like biologic catalyzers and are involved in all ways in animal metabolism. The enzymes on the market are generally originated from bacteria like *Bacillus* sp or by fungi like *Aspergillus* sp. The beneficial effects of their utilization have been observed through research around the world. The objective of this review is the discussion of several aspects of enzymes utilization in swine nutrition.*

**Key words:** swine, nutrition, enzymes

#### INTRODUÇÃO

O crescimento da indústria suinícola está exigindo dos pesquisadores, meios para melhorar a eficiência da utilização dos nutrientes. Um dos meios para tal objetivo, é o uso de enzimas. Enzimas são proteínas globulares de estrutura terciária ou quaternária que agem como catalisadores biológicos e podem conter outras substâncias tais como vitaminas e

minerais como cofatores. Estão envolvidas em todas as vias do processo metabólico do organismo animal.

As enzimas comercialmente produzidas a fim de aumentar a digestibilidade de nutrientes e melhorar a sua utilização são provenientes, geralmente, de bactérias do gênero *Bacillus* sp ou fungos do gênero *Aspergillus* sp (FERKET, 1996). A enzima adicionada ao alimento seco só é ativada no trato digestivo quando é misturada aos fluidos digestivos e sob a temperatura do organismo (ROTTER, 1990). A enzima pode ser ministrada tanto na forma de coquetel o que, segundo INBORR & MEULEN (1993), é uma prática muito comum na Europa principalmente na forma de carboidrase, ou pode ser ministrada em separado (fitase, celulase, xilanase,  $\beta$ -glicanase, queratinase, etc.). A utilização da enzima em separado deve ser feita quando se tem o objetivo de degradar um determinado fator anti-nutricional conhecido que venha prejudicar o aproveitamento dos nutrientes da dieta ou quando se sabe que o uso de determinada enzima em conjunto com outra pode diminuir a atividade de ambas (WENK *et al.*, 1993b). O fornecimento de enzimas na forma de coquetel é feito quando uma determinada dieta apresenta uma variada quantidade de fatores anti-nutricionais ou em rações de leitões que estejam passando por estresse (desmame, vacinação, castração, desconforto térmico), pois tal situação debilita a produção de enzimas endógenas (FERKET, 1996). Geralmente o coquetel fornecido a leitões em estresse é formado por protease, amilase e lipase, pois estas enzimas endógenas estarão diminuídas por várias semanas causando problemas de digestão, resultando em redução na absorção e em diarreia

<sup>1</sup>Zootecnista, Mestre, Av. Aparício Borges, 168/102, 90680-570, Porto Alegre, RS. Autor para correspondência: Francisco A. T. Fireman.

(WENK, 1993). Cada coquetel tem uma única atividade relativa para sua mistura sinérgica de enzimas, como carboidrases, proteases, etc. (FERKET, 1996).

O assunto será desenvolvido através do enfoque do tipo de substrato em que cada enzima exógena atua, como este substrato afeta a produção suína e qual o benefício da enzima em reduzir ou eliminar esses efeitos. A abordagem dividir-se-á em três tópicos: carboidrases, proteases e fitase.

## CARBOIDRASES

As carboidrases fazem a degradação dos carboidratos que estão intimamente ligados ao valor nutricional dos grãos, o qual é limitado pelo teor de polissacarídeos não amídicos insolúveis (celulose) e polissacarídeos não amídicos solúveis (predominantemente as  $\beta$  - glicanas e arabinosilanas). PARTRIDGE (1996) afirmou que os polissacarídeos não amídicos (PNA) estão muitas vezes associados à lignina, formando o conhecido "complexo total dietético de fibra". Os suínos não apresentam enzimas endógenas apropriadas para degradar este complexo, portanto, níveis elevados de PNA provocam problemas de redução na digestibilidade e absorção e ainda afetam o conteúdo de energia da dieta, por manterem no interior de suas estruturas os nutrientes geradores de energia (carboidratos, lipídeos e proteínas). Em artigo publicado recentemente, FERKET (1996) sugere que a parede celular dos vegetais faz com que aumente a diferença entre a energia bruta e a energia metabolizável dos ingredientes da dieta. Além disso, níveis elevados de PNA solúveis trazem problemas pelo aumento da viscosidade do quimo (PARTRIDGE, 1996), dificultando a digestão e absorção de proteína, lipídeos e vitaminas lipossolúveis. A alguns anos já é conhecido (HARPER, 1968) que proteínas e aminoácidos quando escapam da digestão enzimática no intestino delgado, indo para o intestino grosso sofrem ação das bactérias, produzindo substâncias vasopressoras e aminas tóxicas pelo processo de fermentação.

O uso de carboidrases possibilita utilizar alimentos pobres, que apresentam grande quantidade de PNA e muitas vezes são mais baratos. WENK *et al.* (1993a) adicionaram três tipos de carboidrase em rações contendo 50% da planta inteira de milho seca e moída para suínos em crescimento. Os autores verificaram uma melhora significativa com relação ao testemunha na digestibilidade da FDN (fibra em detergente neutro), FDA (fibra em detergente ácido), da energia digestível, da matéria orgânica e do nitrogênio, principalmente para o tratamento 3 (Tabela 1).

Tabela 1 - Planta inteira de milho em rações para suínos: digestibilidade de energia e nutrientes.

Tratamento	1	2	3	4
Energia digestível (MJ/kg de MS)	0,693 <sup>a</sup>	0,709 <sup>ab</sup>	0,718 <sup>b</sup>	0,708 <sup>a</sup>
Matéria orgânica	0,713 <sup>a</sup>	0,731 <sup>b</sup>	0,738 <sup>b</sup>	0,731 <sup>a</sup>
Nitrogênio	0,689 <sup>a</sup>	0,717 <sup>ab</sup>	0,739 <sup>b</sup>	0,736 <sup>b</sup>
FDN	0,309 <sup>a</sup>	0,341 <sup>ab</sup>	0,359 <sup>b</sup>	0,332 <sup>a</sup>
FDA	0,263 <sup>a</sup>	0,293 <sup>ab</sup>	0,325 <sup>b</sup>	0,289 <sup>a</sup>

1 - Testemunha

2 - Tratamento que recebeu 0,02% Roxazyme (mistura comercial para nutrição de aves de Hoffmann - La Roche)

3 - Tratamento com 0,02 % de mistura (mistura de enzimas de Hoffmann - La Roche)

4 - Tratamento com 0,10 % de Porzyme (mistura celulolítica da Finfeeds)

FDN - Fibra em detergente neutro

FDA - Fibra em detergente ácido

Fonte: WENK *et al.* (1993)

O uso de celulase é para degradar a celulose, a qual é um polímero de glicose que consiste de longas cadeias de resíduos de glicopirranose com ligações  $\beta$ -(1,4). A celulase degrada os componentes da estrutura celulolítica, liberando nutrientes contidos no interior da célula vegetal e ao mesmo tempo a própria glicose que forma a estrutura celulolítica. INBORR & MEULEN (1993) verificaram o efeito da celulase (10g/kg) em farelo de trigo quando esse foi incubado com a enzima em solução tampão por 3,5h, em pH 5,0 e a 39°C, sobre a digestibilidade da fibra no íleo terminal de suínos em crescimento. Houve um aumento significativo da digestibilidade da FDN das amostras obtidas de 2 a 4 horas após a refeição, de 5,3 para 24,9 %, quando se adicionou a enzima.

As pentosanases têm como substratos principais arabinose e xilose, porém de acordo com HATFIELD (1989), é possível que se formem três tipos de complexos com a xilose, quando predomina arabinose é chamado de arabinosilana, quando formado em maior quantidade por ácido glicurônico chama-se de glicuronosilana e o terceiro tipo é formado pela combinação dos dois (arabinose e ácido glicurônico) chamando de glicuronoarabinosilana. Segundo FERKET (1996), os grãos que apresentam maior quantidade de arabinosilanas são o centeio, o trigo e o triticale. INBORR & MEULEN (1993) utilizaram farelo de trigo incubado por 3,5h com

xilanase, a 39°C, em solução tampão (pH 5,0), ou xilanase adicionada imediatamente antes da refeição, para suínos em crescimento. Embora os autores não tenham observado diferença estatisticamente significativa na digestibilidade da FDN, os valores encontrados de 17,5%, para o primeiro tratamento, e 7,1% para o segundo, indicam que é possível melhorar a digestibilidade da FDN se o substrato for incubado antes com a enzima. Várias outras medidas foram realizadas por SCHMITZ (1995), utilizando pentosanase em rações de suínos em crescimento. O autor comprovou a eficiência da enzima quando encontrou diferença significativa na conversão alimentar de 1,86 para 1,72, no nitrogênio contido nas fezes de 0,418 para 0,336 g/kg<sup>0,75</sup>/dia, na retenção de nitrogênio de 1,321 para 1,393 g/kg<sup>0,75</sup>/dia, na digestibilidade aparente de 82,93 para 86,33 %, na utilização do nitrogênio de 54,00 para 56,72 %, no total fecal de pentosanas de 24,3 para 21,6 % e na excreção de nitrogênio de 24,9 para 22,4 g/kg de peso vivo, respectivamente, para os tratamentos testemunha e com enzima. Estes resultados foram obtidos utilizando-se dietas à base de trigo e cevada e mostraram claramente que a não utilização de pentosanase acarretaria um menor aproveitamento da proteína da dieta.

Outra enzima do grupo das carboidrases que está sendo utilizada em dietas de suínos é a  $\beta$ -glicanase, que tem como substrato as  $\beta$ -glicanas cuja estrutura, conforme HATFIELD (1989), é formada por blocos de resíduos de glicose com 70% das ligações na forma  $\beta$ -(1,4), formando 5 a 10 blocos e, 30% na forma  $\beta$ -(1,3). As  $\beta$ -glicanas são encontradas em maior concentração na cevada e na aveia (FERKET, 1996). O emprego de  $\beta$ -glicanase reduz a viscosidade melhorando o desempenho de enzimas digestivas endógenas (amilase, tripsina, lipase). Foi observado por LI *et al.* (1996), utilizando suínos em crescimento com cânulas no íleo distal, que o uso de  $\beta$ -glicanase em dietas a base de cevada e farelo de soja, aumentou a digestibilidade ileal da energia bruta, proteína bruta,  $\beta$ -glicanas e da maioria dos aminoácidos medidos. Quando os autores usaram  $\beta$ -glicanase em dietas a base de trigo e farelo de soja verificaram efeito apenas sobre a digestibilidade ileal de  $\beta$ -glicanas e na digestibilidade fecal da energia bruta (Tabela 2). O

Tabela 2 - Efeito da suplementação com  $\beta$ -glicanase sobre a digestibilidade ileal e fecal (%) em dietas a base de cevada e farelo de soja e dietas a base de trigo e farelo de soja.

Dietas a base de cevada e farelo de soja				
Item	Digestibilidade ileal		Digestibilidade fecal	
	controle	$\beta$ -glicanase	controle	$\beta$ -glicanase
$\beta$ -glicanas	80,1 <sup>A</sup>	92,1 <sup>B</sup>	99,4	99,5
Energia bruta	64,9 <sup>a</sup>	71,1 <sup>b</sup>	84,6 <sup>A</sup>	87,2 <sup>B</sup>
Proteína bruta	65,2 <sup>A</sup>	73,5 <sup>B</sup>	80,5 <sup>A</sup>	85,9 <sup>B</sup>
Argenina	79,4 <sup>A</sup>	84,3 <sup>B</sup>	88,8 <sup>A</sup>	91,6 <sup>B</sup>
Isoleucina	71,0 <sup>A</sup>	77,6 <sup>B</sup>	81,9 <sup>A</sup>	86,2 <sup>B</sup>
Fenilalanina	74,1 <sup>A</sup>	80,1 <sup>B</sup>	86,0 <sup>A</sup>	89,0 <sup>B</sup>
Valina	69,9 <sup>A</sup>	76,7 <sup>B</sup>	82,8 <sup>A</sup>	86,9 <sup>B</sup>
Dietas a base de trigo e farelo de soja				
Item	Digestibilidade ileal		Digestibilidade fecal	
	controle	$\beta$ -glicanase	controle	$\beta$ -glicanase
$\beta$ -glicanas	76,4 <sup>a</sup>	86,8 <sup>b</sup>	99,3	99,3
Energia bruta	66,9	71,2	86,3 <sup>a</sup>	87,9 <sup>b</sup>
Proteína bruta	68,8	75,9	85,7	88,4
Argenina	84,0	86,8	92,0	93,1
Isoleucina	78,3	82,1	86,4	88,6
Fenilalanina	81,6	84,7	89,4	91,1
Valina	76,9	80,7	86,6	88,8

<sup>a, b</sup> Valores com letra diferentes são significativamente diferenciados (P<0,05)

<sup>A, B</sup> Valores com letra diferentes são significativamente diferenciados (P<0,01)

Fonte: Adaptado de Li *et al.* (1996).

efeito da  $\beta$ -glicanase sobre a dieta a base de trigo e farelo de soja foi menor, pois o nível de substrato ( $\beta$ -glicanas) encontrado foi menor (0,8 %) do que na dieta a base de cevada e farelo de soja (3,8 %). Portanto, o efeito de uma enzima será mais acentuado quando o seu devido substrato encontra-se em níveis elevados.

## PROTEASES

As proteases potenciam o uso de proteínas pobremente disponíveis, proteínas com fator anti-nutricional e proteínas alérgicas (CLASSEN, 1996). O mau aproveitamento das proteínas causa uma maior excreção de nitrogênio, que é um desperdício, pois a proteína é um nutriente caro e, além disso o nitrogênio é um elemento poluidor. A adição de proteases melhora a digestão da proteína, diminuindo a excreção de nitrogênio. FERKET (1996) porém, afirmou que o uso da enzima para diminuir a quantidade de N excretado, é mais empregado em países que possuem grande densidade suinícola, cujos resíduos são foco de preocupação dos órgãos ambientalistas. JOST *et al.* (1993) utilizaram seis proteases de diferentes origens ou combinadas com  $\alpha$ -amilase em dietas a base de batata para suínos em crescimento. Os autores observaram, apenas para as duas proteases de origem bacteriana, melhora no coeficiente de digestibilidade da proteína bruta (70%), lisina (64,8%), metionina (69,3%) e cisteína (78,4%), contra 66,3; 59,1; 63,7 e 73,9 % do tratamento controle. Quando foi associada  $\alpha$ -amilase com as proteases houve uma melhora na digestibilidade de lisina (68,9%) e metionina (72,2%) comparadas com o controle que foi 62,8 e 66%, respectivamente.

Ainda no grupo das proteases, outra enzima que começa a receber atenção dos pesquisadores é a queratinase, que é responsável por hidrolisar a queratina. Queratina é uma proteína predominante nos cabelos e penas, sendo indigestível para suínos e aves. FERKET (1996) citou a recente descoberta realizada por SHIH e colaboradores da Universidade da Carolina do Norte (USA), que é a bactéria *Bacillus licheniformis*, a qual produz uma potente queratinase capaz de hidrolisar proteína de penas e cabelos com melhor qualidade do que o sistema convencional de hidrólise, é mais econômico e oferece menor risco de poluição ambiental. Segundo o mesmo autor a disponibilidade da queratina na pena crua e na farinha de pena é melhorada com a suplementação de 0,1% (peso/peso)

de queratinase na dieta de aves (Figura 1). A suplementação com a enzima melhorou significativamente a digestibilidade da pena crua e da farinha de pena comercial. Foi mostrado por WOODGATE (1994) que a proteína da pena que sofre tratamento enzimático, tem 15% a mais de energia metabolizável total do que a farinha de pena hidrolisada convencionalmente. A digestibilidade dos aminoácidos no tratamento com enzima, em comparação com o tratamento convencional pode ser observada na Tabela 3. O uso da queratinase reduziu em 40% a excreção de enxofre e nitrogênio, em comparação ao processo convencional; melhorando a digestibilidade de aminoácidos, podendo representar uma redução de 55% na poluição por nitrogênio (FERKET, 1996).

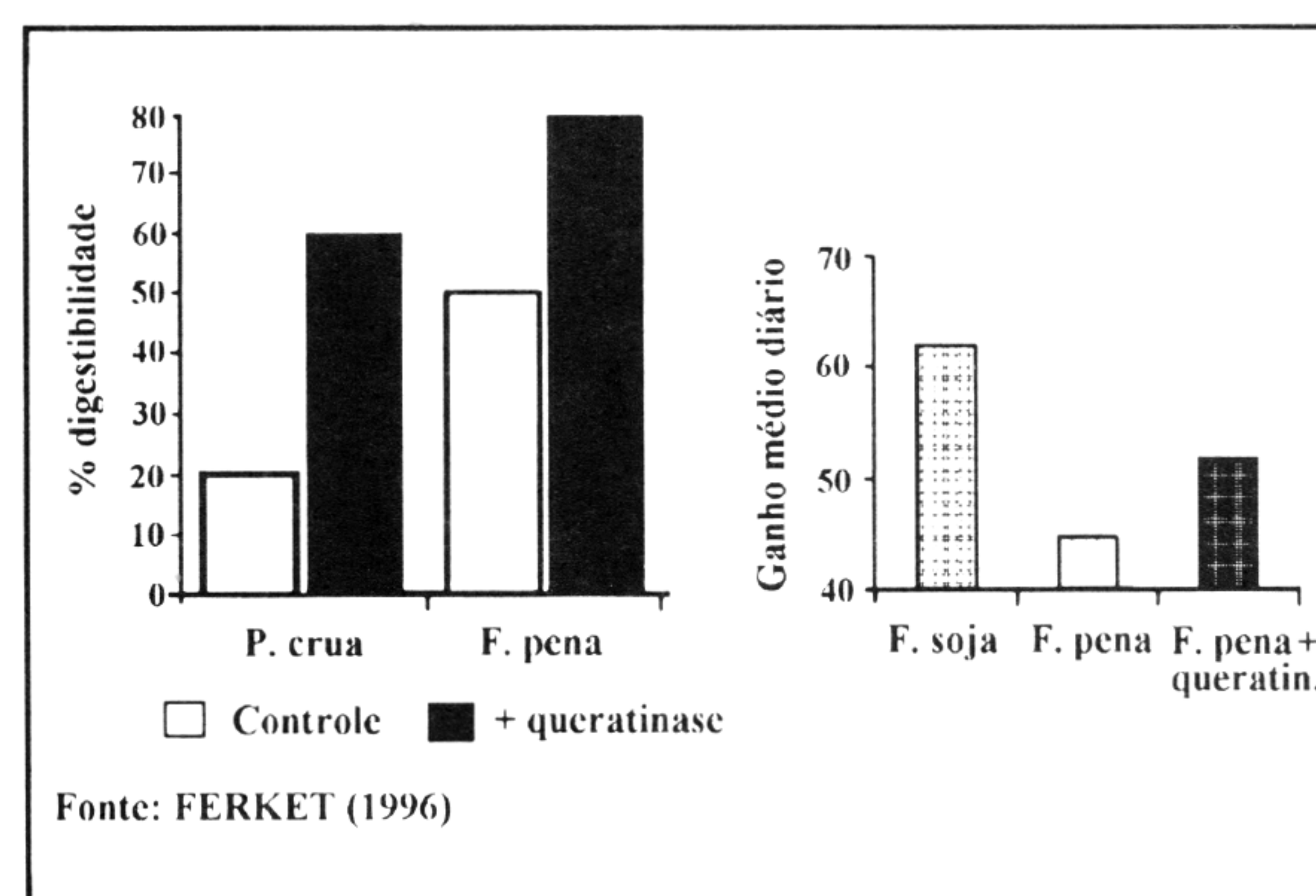


Figura 1 - Efeito da queratinase bacteriana na hidrólise da pena crua e farinha de penas (gráfico à esquerda); e comparação entre a farinha de pena sem e com queratinase e farelo de soja (gráfico à direita).

Tabela 3 - Digestibilidade de aminoácido<sup>1</sup> e conteúdo de aminoácido digestível<sup>2</sup> da farinha de pena hidrolisada convencionalmente versus a hidrólise por enzima.

Aminoácido	Hidrólise por sistema convencional		Hidrólise por enzima	
	Digestibilidade % <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>	Digestibilidade % <sup>1</sup>	% <sup>2</sup>
Lisina	61,4	0,85	87,4	1,36
Metionina	70,4	0,37	90,2	0,55
Cisteína	52,8	1,88	78,8	3,92
Treonina	65,2	1,76	83,5	2,71

Fonte: WOODGATE (1994).

## FITASE

Cerca de 2/3 ou mais do P contidos nos grãos de cereais e seus sub-produtos são indisponíveis. A indisponibilidade deve-se a quantidade de P que está preso à molécula de ácido fítico, ou ácido mio-inositol hexafosfórico, ou simplesmente fitato. O fitato além de deixar indisponível o P, quelata cátions bivalentes (Ca, Fe, Mg, Zn, Mn, Cu, etc.) e interfere na absorção de aminoácidos (FERKET, 1996), como também inibe a atividade da tripsina e pepsina (PARR, 1996). O fósforo e o nitrogênio são dois nutrientes limitantes para o crescimento de algas e, quando estes nutrientes chegam nos mananciais, provocam o aceleração da eutroficação e com isso, a poluição da água (CROMWELL & COFFEY, 1991). O fitato ao ser hidrolisado produz 5 classes de produtos intermediários (mio-inositol penta, tetra, tri, bi e monofosfato) e libera o fosfato inorgânico juntamente com o nutriente preso a sua estrutura para possível absorção (NEWMAN, 1991). A resposta da fitase vai depender da quantidade de Ca na ração (LEI *et al.*, 1994), da dose fornecida de fitase (CROMWELL *et al.*, 1995), da presença de carbohidrase (WENK *et al.*, 1993b), da quantidade e origem do fitato e da idade e categoria dos animais (JONG BLOED *et al.*, 1993). O aumento gradual de fitase na dieta de leitões desmamados (Tabela 4) acarretou um aumento significativo no ganho médio diário, melhorou a conversão alimentar, aumentou a digestibilidade aparente do P, o teor de P no metatarso, a concentração de P no soro e diminuiu a atividade da fosfatase alcalina e a média fecal de P (YOUNG *et al.*, 1993). CROMWELL *et al.* (1995) observaram que suínos em crescimento e terminação alimentados com níveis decrescentes de P, apresentaram diminuição da quantidade de cinzas no osso e de P nas fezes; quando se adicionou níveis crescentes de fitase (Unidade de Fitase ativa) nas rações inadequadas em P, os suínos apresentaram aumento na quantidade de cinzas no osso e diminuição na quantidade de P excretada (Figura 2). Os autores ainda verificaram melhora na conversão alimentar, aumento no consumo alimentar, na velocidade de crescimento e na resistência à quebra do ossos. O impacto econômico do uso da fitase, de acordo com PARR

Tabela 4 - Influência do aumento de inclusão de fitase no desempenho de leitões desmamados.

Item	Unidades de fitase por grama			
	0 <sup>a</sup>	500 <sup>a</sup>	1000 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>
Ganho médio diário, kg	0,45	0,52	0,54	0,53
Conversão alimentar	1,80	1,64	1,65	1,62
Digestibilidade aparente do P (%)	63	71,1	74	71,2
Média fecal de P (%)	2,21	1,96	1,85	2,33
P no metatarso, g	0,21	0,25	0,29	0,28
Concentração de P no soro (mmol/l)	2,80	3,55	3,13	3,56
Fosfatase alcalina (Unid./l)	413,8	370,9	297,1	331,6

<sup>a</sup> Dietas com adição de 0,04 % de fosfato de cálcio

<sup>b</sup> Dieta com níveis normais de P, pela adição de fosfato de cálcio (1,1%)

Fonte: Adaptado de YOUNG *et al.* (1993).

(1996), é uma função de vários fatores incluindo o custo da fitase, a taxa de inclusão, o grau de substituição do P inorgânico, a quantidade de subproduto animal na ração, a extensão com a qual a enzima libera outros nutrientes ligados ao fitato e a habilidade para liberar espaço para reformulação da ração no computador. No momento, a adição da fitase em rações a base de milho e soja para suínos onera a ração, pois exige alta taxa de inclusão.

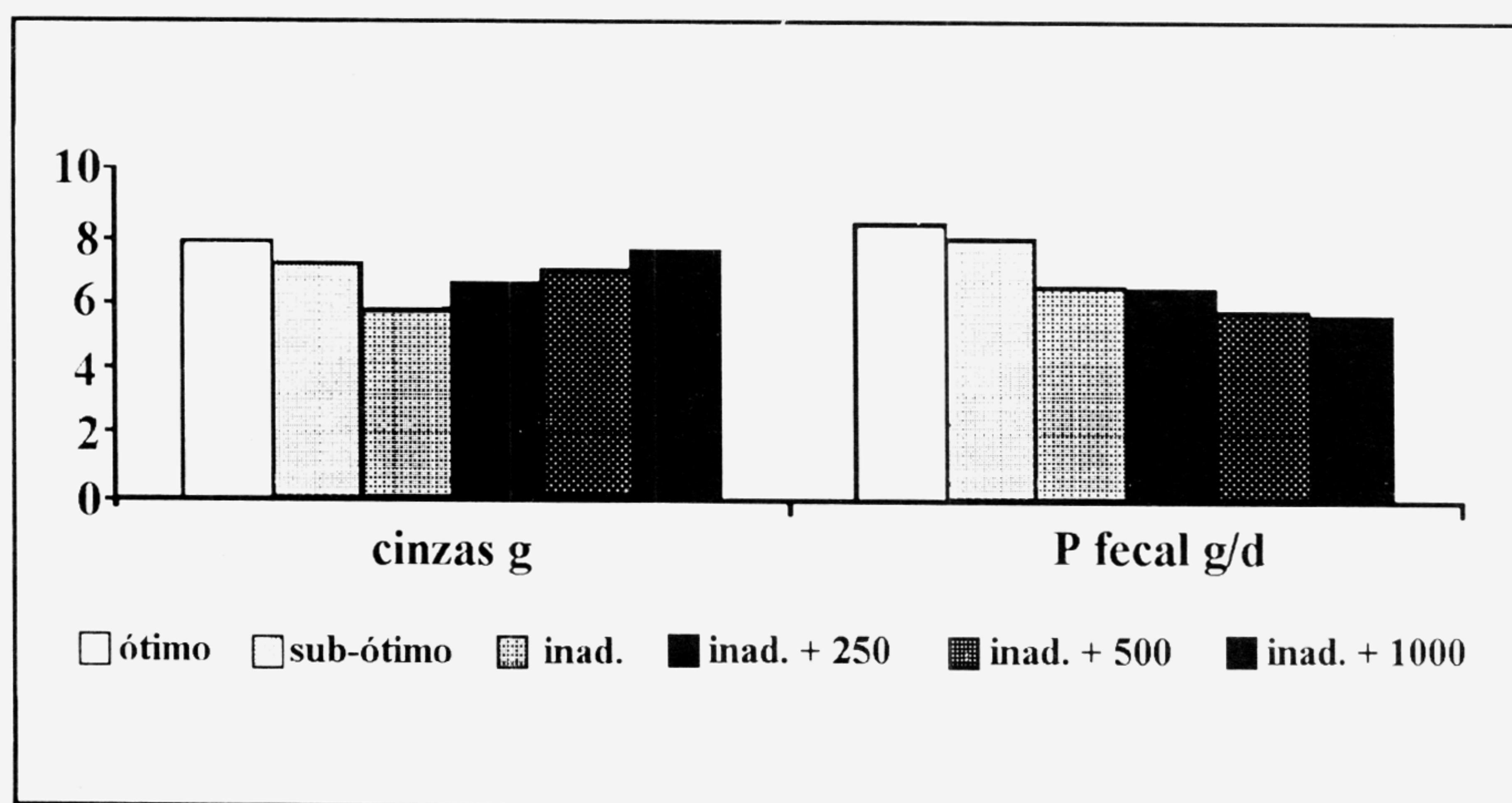


Figura 2 - Efeito da adição de níveis crescentes de fitase em dietas com níveis inadequados de P (0,30%) sobre a quantidade de cinzas no metatarso e P fecal.

Fonte: adaptado de CROMWELL *et al.* (1995).

## CONCLUSÃO

- O efeito da enzima exógena é influenciado pela concentração de seu substrato na dieta, pelo antagonismo entre enzimas, pela categoria animal e pela concentração da enzima.

- O uso de carboidrases específicas permite utilizar ingredientes fibrosos e, por isso, possivelmente mais baratos e ingredientes com alto conteúdo de PNA solúveis, além de aumentar a digestibilidade da energia por liberar nutrientes ricos em energia, tanto da estrutura fibrosa dos PNA insolúveis, como do gel viscoso formado pelos PNA solúveis;

- Utilizar proteases específicas traz benefícios por aumentar a digestibilidade do nitrogênio, elemento caro e potencialmente poluidor. Ademais, é possível que se utilizem sub-produtos ricos em queratina de forma mais econômica e menos poluidora do que quando se hidrolisa esta proteína convencionalmente.

- A fitase é efetiva em liberar o fósforo contido no fitato, porém o custo da enzima ainda não permite o seu uso em larga escala na produção de suínos, pois dependendo da fonte de fósforo que se utilize, o uso da fitase em substituição ao fósforo inorgânico onera a ração, quando as rações são a base de milho. Embora haja esse inconveniente, ficou comprovado que a fitase também libera os cátions bivalentes, aminoácidos presos ao fitato e melhora a atividade da tripsina e pepsina, além de contribuir para a conservação ambiental, problema que cada vez mais se torna presente no mundo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CLASSEN, H. Enzymes in action. *Feed Mix*, v. 4, n. 2, 1996
- CROMWELL, G.L., COFFY, R.D. Phosphorus - a key essential nutrient, yet a possible major pollutant - its central role in animal nutrition. in: **Biotechnology in the feed industry**. Proceedings of Alltech's seventh annual symposium. Edt. T. P. Lyons. Alltech Technical Publications, Nicholasville, Kentucky, p. 135-145, 1991.
- CROMWELL, G.L., COFFEY, R.D., PARKER, G.R., *et al.*, Efficacy of a recombinant-derived phytase in improving the bioavailability of phosphorus in corn-soybean meal diets for pigs. *J Anim Sci*, v. 73, n. 7, p. 2000-2008, 1995.
- FERKET, P. Enzymes offer way to reduce waste, improve performance. *Feedstuffs*, January 22, p. 30-34, 1996.
- HARPER, H., A. **Manual de química fisiológica**. Editora São Paulo S.A. Cap. 12: Digestão e absorção no tracto gastrointestinal: p. 212-224, 1968.
- INBORR, J., MEULEN, J.V. Residual activity of added enzymes in relation to fibre digestibility in the terminal ileum of growing pigs. in: WENK, C. and BOESSINGER, M. Enzymes in animal nutrition - 1st symposium. **Proceedings...** Kartause Ittingen, Switzerland. October 13-16, p. 34-37, 1993.
- JONGBLOED, A. W., KEMME, P. A., MROZ, Z. The role of microbial phytase in pig production. in: WENK, C. and BOESSINGER, M. Enzymes in animal nutrition - 1st symposium. **Proceedings...** Kartause Ittingen, Switzerland. October 13-16, p. 172-191, 1993.
- JOST, M., STOLL, P., BOLTSHAUSER, M. Added proteases improve the digestibility of raw potatoes in pigs. in: WENK, C. and BOESSINGER, M. Enzymes in animal nutrition - 1st symposium. **Proceedings...** Kartause Ittingen, Switzerland. October 13-16, p. 148-151, 1993.
- LEI, X. G., KU, P. K., MILLER, E. R., *et al.* Calcium level affects the efficacy of supplemental microbial phytase in corn-soybean meal diets of weanling pigs. *J Anim Sci*, v. 72, p. 139-143, 1994.
- LI, S., SAUER, W.C., HAUANG, S.X., *et al.* Effect of  $\beta$ -glucanase supplementation to hulles barley- or wheat-soybean meal diets on the digestibilities of energy, protein,  $\beta$ -glucans, and amino acids in young pigs. *J Anim Sci*, v. 74, p. 1649-1656, 1996.
- NEWMAN, K. Phytase: The enzyme, its origin e characteristics: impact e potential for increasing phosphorus availability. in: **Biotechnology in the feed industry**. Proceedings of Alltech's seventh annual symposium. Edt. T. P. Lyons. Alltech Technical Publications, Nicholasville, Kentucky, p. 169-177, 1991.
- PADRIDGE, G. Cómo trabaja la digestión. *Industria porcina*. v. 16, n. 3, p. 21-22, 1996.
- PARR, J. Formulating layer diet with Natuphos phytase. **BASF technical symposium**. Atlanta, Georgia. January 23, p. 104-121, 1996.
- ROTTER, B. A. The future of crude enzyme supplements in pig nutrition. *Pig News Information*. v. 11, n. 1, p. 15-17, 1990.
- SCHMITZ, W. NSP degrading feed enzymes in pig nutrition: a facility to save feed formulation cost, to improve growth performance and to decrease environmental pollution. The second european symposium on feed enzymes. **Proceedings...** Noordwijkerhout, Netherlands. October 25-27, p. 111-116, 1995.
- WENK, C. 1993. What are the benefits of carbohydrases in the nutrition of monogastric farm animals. in: WENK, C. and BOESSINGER, M. Enzymes in animal nutrition - 1st symposium. **Proceedings...** Kartause Ittingen, Switzerland. October 13-16, 1993.
- WENK, C., KOLLIKER, R. ME SSIKOMMER, R. Whole maize plants in diets for growing pigs: effect of 3 different enzymes on the feed utilization. in: WENK, C. and BOESSINGER, M. Enzymes in animal nutrition - 1st symposium. **Proceedings...** Kartause Ittingen, Switzerland. October 13-16, p. 165-172, 1993a.
- WENK, C., WEISS, E., BEE, G. Interaction between a phytase and a carbohydrase in a pig diet. in: WENK, C. and BOESSINGER, M. Enzymes in animal nutrition - 1st symposium. **Proceedings...** Kartause Ittingen, Switzerland. October 13-16, p. 160-164, 1993b.
- WOADGATE, S.I. The use of enzymes in designing a perfect protein source for all animals. p 67-81. in: **Biotechnology in the feed industry**. Lyons, T. P. Alltech Technical Publications, Nicholasville, Ky, 1994.
- YOUNG, L.G., LEUNISSEN, M., ATKINSON, J.L. Addition of microbial phytase to diets of young pigs. *J Anim Sci*, v. 71, n. 8, p. 2147-2150, 1993.