Revista Eletrônica Nutritime, v.5, n° 5, p.673–689 Setembro/Outubro 2008.

Artigo Número 68

POLISSACARÍDEO NÃO-AMILÁCEO SOLÚVEL NA DIETA DE SUÍNOS E AVES

Fernando de Castro Tavernari*[1], Thony Assis Carvalho[2], Ana Paula de Assis[2], Heder José D´avila Lima[1].

INTRODUÇÃO

A alimentação representa em média 75% do custo total da produção de animais monogástricos. Os grãos de cereais constituem os principais componentes das dietas e apresentam como principal característica um alto valor energético, principalmente em face de um elevado teor de amido (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Entretanto, os cereais apresentam além da porção amídica, carboidratos denominados polissacarídeos não-amídicos (PNAs), que apresentam função quase que exclusivamente estrutural nas plantas (CHOCT, 1997) e existem em várias formas na natureza.

Polissacarídeos consistem em polímeros de monossacarídeos ou açúcares simples unidos por uma ligação específica chamada ligação glicosídica, que é formada entre o grupo hemiacetal de um açúcar e o grupo hidroxila do outro, e são classificados segundo considerações estruturais e propriedades físico-químicas (MOURINHO, 2006).

Somente as ligações α (1-4) e α (1-6) do amido, α (1-2) entre a frutose da sacarose, β (1-4) entre a glicose e galactose da lactose e α (1-1) entre as unidades de glicose da trealose podem ser clivadas por enzimas endógenas de aves e mamíferos monogástricos. Todas as outras ligações glicosídicas são resistentes às enzimas digestivas, mas podem ser clivadas por enzimas derivadas de microorganismos (SMITS & ANNISON, 1996).

O efeito de dietas fibrosas sobre a fisiologia digestiva dos animais está gerando cada vez mais interesse, principalmente entre os monogástricos, onde o conhecimento de microorganismos envolvidos na quebra da fibra é ainda limitado, quando comparado com animais poligástricos (CASTRO JÚNIOR et al., 2005).

Segundo Choct (1997), o termo polissacarídeos não-amidicos refere-se a uma variedade de moléculas de polissacarídeos, excluindo os α-glucanos (amido).

Devido à natureza de suas ligações, os PNAs são resistentes a hidrólise no trato gastrointestinal dos animais não ruminantes. Estes compostos não causam sintomas de toxicidade, mas apresentam propriedades antinutritivas que podem afetar o desempenho dos animais (LECZNIESKI, 2006).

Os efeitos causados pelos PNAs incluem alteração do tempo de trânsito intestinal, modificação na estrutura da mucosa intestinal e mudança na regulação hormonal (VAHOUNY, 1982, citado por MOURINHO, 2006). Entretanto, os maiores efeitos são associados com a viscosidade dos PNAs e sua interação com a microbiota intestinal (CHOCT, 1997).

* Autor para correspondência: fetavernari@yaho.com.br
[1] Doutorando em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa
[2] Mestrando em Zootecnia - Universidade Federal de Viçosa

O tamanho da molécula, tipo de estrutura – linear ou ramificada, presença de grupos carregados e concentração são fatores muito importantes que afetam a solubilidade em meio aquoso (SMITHS & ANNISON, 1996).

Dentre os PNAs mais abundantes da parede celular estão a celulose, hemiceluloses e pectinas. O menor grupo de PNA´s compreende os frutanos, glucomananos e galactomananos, que servem como polissacarídeos internos de reserva (MOURINHO, 2006). Mucilagens, β-glucanos e gomas também são exemplos de PNA´s (GRIESHOP et al., 2001).

As paredes celulares são complexas, compostas primariamente de carboidratos com menores quantidades de proteína e ácidos fenólicos. A fração de carboidratos consiste de: microfibrilas de celulose que são insolúveis e nutricionalmente inertes e, uma fração principal que consiste primariamente de β-glucano e arabinoxilana. Como os monogástricos não são capazes de hidrolisar estes carboidratos, então impedem o acesso destas enzimas endógenas aos nutrientes contidos nas células dos grãos. O mais importante, no entanto, são as frações de β-glucano e arabinoxilana que se tornam solúveis depois da digestão, causando um aumento dramático na viscosidade da digesta, má absorção dos nutrientes, crescimento microbiano no intestino delgado e baixa produtividade animal.

O emprego de complexos multienzimáticos nas rações de não ruminantes, tem sido cada vez mais usual no mercado e tem apresentado bons resultados na redução dos fatores antinutricionais, como PNAs, encontrados nos grãos de cereais.

POLISSACARÍDEOS NÃO-AMÍDICOS

Os PNAs, principais constituintes da parede celular dos vegetais, são polímeros de açúcar que não podem ser digeridos pelos animais não ruminantes, devido à natureza de suas ligações, sendo resistentes à hidrólise no trato digestivo (ROSA & UTTPATEL, 2007). São componentes de alto peso molecular presentes nos alimentos (GRUPPEN, 1996) e podem compreender mais de 90% da parede celular das plantas (SELVENDRAN & ROBERTSON, 1990).

A composição dos polissacarídeos, a natureza das ligações entre os monossacarídeos, a solubilidade, as características físico-químicas e o peso molecular, afetam as suas propriedades, assim como o requerimento de enzimas para hidrolisá-los (CLASSEN, 1996).

Choct e Kocher (2000) apresentaram uma classificação que agrupa os PNAs em 3 grandes grupos: celulose, polímeros não celulósicos e polissacarídeos pécticos descrito na Figura 1.

Dependendo da solubilidade dos seus constituintes, as fibras (PNAs) são classificadas em solúveis e insolúveis. As fibras insolúveis são as celuloses, as ligninas e algumas hemiceluloses. As fibras solúveis são compostas por pectinas, gomas e principalmente pela hemicelulose. A hemicelulose, por sua vez, é constituída por arabinoxilanos, β-glucanos, D-xilanos, D-mananos e xiloglucanos, entre outros.

As propriedades antinutricionais dos PNAs estão principalmente nas fibras solúveis. Em especial os PNAs solúveis são capazes de se ligarem a grande quantidade de água, aumentando, dessa forma, a viscosidade do fluído (ROSA & UTTPATEL, 2007), interferindo na difusão dos nutrientes e das enzimas digestivas e suas interações com a mucosa intestinal. Porém, outros efeitos como o aumento ou diminuição da taxa de

trânsito do alimento e interação com a microflora bacteriana podem ocorrer (CHOCT, 2002).

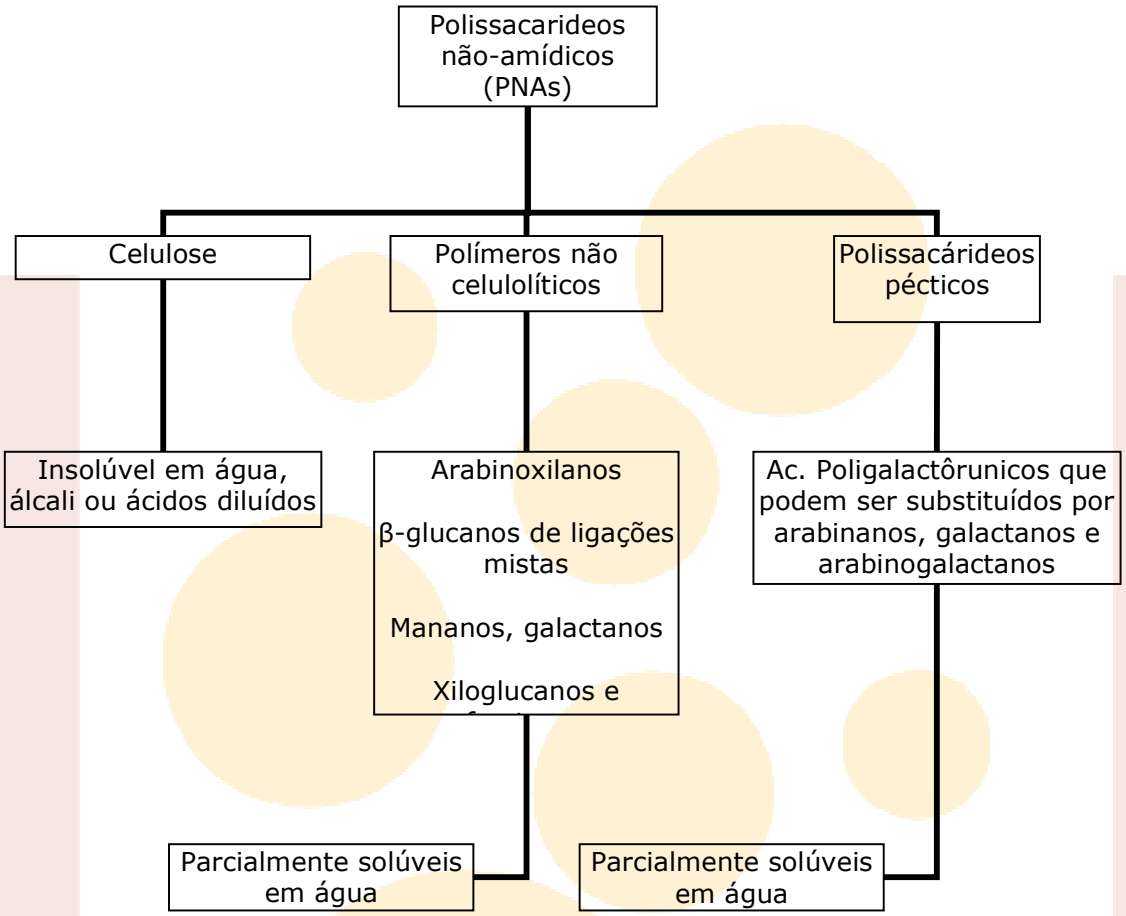

Figura 1 – Classificação dos Polissacarídeos Não Amídicos (PNAs) (adaptado de CHOCT & KOCHER, 2000).

Dessa forma, os grãos de cereais que são utilizados na alimentação das aves estão classificados em cereais viscosos (aveia, cevada, centeio, trigo e triticale) e não viscosos (milho, sorgo, arroz e milheto) de acordo com autores como WYATt et al. (2004) e CHOCT (2006).

Polissacarídeos não-amídicos insolúveis

Segundo Mourinho (2006) elevados níveis de PNAs insolúveis na dieta conduzem a uma diminuição da digestibilidade dos nutrientes por reduzirem o tempo de permanência da digesta.

Entre eles, destaca-se a celulose, que é o principal constituinte da parede celular das plantas e abundante nos vegetais fibrosos. Para animais não ruminantes, apresenta baixa digestibilidade, podendo reduzir a digestibilidade de outros nutrientes (ANGRIGUETTO, 2002).

A lignina também é um PNA insolúvel encontrada principalmente, nas palhas, cascas de cereais e em gramas tropicais e não é utilizada pelo trato digestivo dos animais. Parece reduzir a digestibilidade da matéria seca em 1 a 3 vezes (VAN SOEST, 1970).

Apesar dos PNAs insolúveis aumentarem o volume de fibra total na dieta, eles apresentam pouco efeito sobre a utilização de nutrientes em animais monogástricos.

Polissacarídeos não-amídicos solúveis

PNAs solúveis atuam como barreiras físicas a digestão e absorção de nutrientes por interagirem com o glicocálix da borda em escova intestinal, tornando espessa a camada de água na mucosa, dessa forma, aumentando a viscosidade da digesta (MOURINHO, 2006). Esta interação tem relação com as cargas negativas e positivas, que dão as características hidrofóbicas e hidrofílicas dos PNAs e, quando em solução tendem a se ligar às superfícies dos alimentos, da micela de lipídeos e do glicocálix da mucosa intestinal (ANNISON & CHOCT, 1991).

A viscosidade depende do tamanho destes polissacarídeos não amiláceos, da forma, da presença ou não de carga e da sua concentração. O aumento na viscosidade pode causar vários problemas no intestino delgado, principalmente, devido ao fato dos nutrientes tornarem menos disponíveis para a digestão, resultando em uma depleção da digestão de gorduras, proteínas, carboidratos e outros micronutrientes (CONTE et al., 2002). Além disso, Wyatt et al. (2004) cita que o aumento da viscosidade contribui para o desenvolvimento de doenças intestinais, como Coccidiose e Enterite Necrótica.

Os principais PNAs solúveis são:

a) Hemicelulose:

Palenzuela et al. (1998) cita o nome "hemicelulose" como um termo vago, por englobar um conjunto heterogêneo de polissacarídeos, cuja composição varia muito de uma espécie para outra. Inicialmente o nome hemicelulose foi proposto para designar os polissacarídeos extraídos de plantas com solução alcalina.

Este heteropolissacarídeo representa 12 a 20% da matéria seca das forragens e é um carboidrato estrutural que possui melhor digestibilidade em relação à celulose.

As hemiceluloses encontram-se intercaladas às microfibrilas de celulose, impedindo que elas se toquem, dando elasticidade e consistência a parede celular. A extração da hemicelulose das paredes celulares ocorre por soluções alcalinas fortes devido à existência de pontes de hidrogênio entre a hemicelulose e as microfibrilas de celulose. Uma vez extraída da parede celular a hemicelulose passa a ser solúvel em água (PALENZUELA et al., 1998).

A hemicelulose é composta por hexoses (glicose e etc.), pentoses (arabinose, xilose e etc.) e ácidos urônicos (Ácido Glicurônico e etc.), que podem ser lineares ou ramificados. As cadeias centrais são, principalmente, formadas por xilanos, galactanos ou mananos e as cadeias laterais por arabinose ou galactose. As hemiceluloses são divididas em pentosanas e hexosanas. As pentosanas por hidrólise produzem pentoses.

A cadeia principal da hemicelulose das gramíneas é composta de xilanas (B-1,4-glicose-glicose) e cadeia lateral de ácido metilglucurônico, a das leguminosas de xilanas não ramificadas.

O aumento da viscosidade da digesta pelos PNAs solúveis ocorre, principalmente, pelas frações solúveis da hemicelulose, os β-glucanos e arabinoxilanos.

Pentosanos (arabinoxilanos): São formados por cadeias de xilose com ligação β (1-4) e cadeia lateral de arabinose com ligações β (1-3). As ramificações lhe conferem solubilidade. É o principal polissacarídeo não amiláceo solúvel do centeio, trigo e farelo de arroz.

β –glucanos: São polímeros lineares de glicose com ligações β 1-4 e 1-3, que rompem a linearidade da molécula, impedindo a formação de fibrilas. A cevada e aveia possuem grande quantidade de β-glucanos.

D-Mananos: São polímeros formados por manose em ligações β 1-4. Os galactomananos são polímeros formados por glicose e manose, em ligações β 1-4, sendo duas de glicose para uma de manose.

Xiloglucanos:São formados por glicose com ligações β 1-4 e cadeia lateral de xilose com ligação β 1-3.

b) Substâncias pécticas:

Polissacarídeos vegetais, sinônimo de pectina (do francês *pectine*, derivado do grego *pectós* 'coagulado'), sendo o ácido D-galacturônico (derivado da galactose) o seu principal constituinte, interligado principalmente por ligações α (1–4). As ramificações laterais são diversas e contêm arabinose, galactose e na maior parte ramnose. Os números de grupos carboxílicos livres podem variar assim como o grau de esterificação.

É uma molécula com alta capacidade de formar gel em determinadas circunstancias (PALENZUELA et al., 1998). Suas ramificações servem para aprisionar água em redor, tornando o meio mais gel.

As pectinas são substancias abundantes nos vegetais, sendo componente essencial das paredes celulares de plantas, porção insolúvel, ou ainda encontrada no citosol de células vegetais, porção solúvel, sendo essa encontrada em maiores proporções. Pode ser encontrada em fontes cítricas, grãos de leguminosa como a soja e feijão, polpa da fabricação do açúcar de beterraba, uma porção limitada em grãos de cereais como o centeio, legumes e alguns outros alimentos de origem tropical.

c) Goma

As gomas são cadeias de polissacarídeos com um número variável de monossacarídeos. Elas têm uma alta capacidade de formação de gel. Por essa razão, muitas vezes são utilizadas pela indústria alimentícia com o objetivo de emulsificar ou estabilizar os alimentos.

É um polissacarídeo com quantidades variáveis de D-galactose, L-arabinose, L-ramnose e alguns ácidos derivados, como o ácido D-glucorônico e o 4-O-metil-D-ácido glucorônico e múltiplas glicoproteínas, estando presente nos tecidos de sustentação dos vegetais.

Assim como as demais fibras, ela não é digerida pelas enzimas digestivas de monogástricos e chega ao cólon, intacta, para ser metabolizada.

Ao contrário de outros tipos de fibras, a goma, devido ao seu alto peso molecular, não possui efeito colateral laxativo, não contribuindo para um possível quadro de diarréia.

Na Tabela 1 é possível observar a composição de PNA de alguns alimentos

Tabela 1 - Níveis e tipos de PNA presentes em alguns grãos

Alim.	PNA	total	Celulose	Arabinoxilanos	β-Glucanos	Arabinose	Xilose	Manose
Trigo	Solúvel	2,4	--	1,8	0,4	--	--	Traço
	Insolúvel	9,0	2,0	6,3	0,4	--	--	traço
	Total	11,4	--	--	--	--	--	--
Cevada	Solúvel	4,5	--	0,8	3,6	--	--	traço
	Insolúvel	12,2	3,9	7,1	0,7	--	--	0,2
	Total	16,7	--	--	--	--	--	--
Milho	Solúvel	0,1	--	0,1	traço	--	--	--
	Insolúvel	8,0	2,0	5,1	--	--	--	0,2
	Total	8,1	--	--	--	--	--	--
Soja	Solúvel	2,7	--	--	--	0,5	0,1	0,2
	Insolúvel	16,5	4,4	--	--	2,4	1,7	0,7
	Total	19,2	--	--	--	--	--	--

Adaptado de Smits & Annison (1996), Pluske & Lindemann (1998) E Choct (2002).

EFEITO DOS POLISSACARÍDEOS NÃO-AMÍDICOS SOLÚVEIS NA ALIMENTAÇÃO DE NÃO RUMINANTES

Existe uma grande variedade de estruturas químicas e diferenças nas propriedades físicas dos polissacarídeos não-amídicos. Smits & Annison (1996) enfatizam que geralmente estes polissacarídeos não ocorrem isolados nos alimentos para animais. Alguns polissacarídeos não-amídicos bloqueiam os nutrientes no lúmen da célula, o que é chamado de "efeito prisão".

A maioria dos polissacarídeos não-amídicos são parte da parede celular das células e são fortemente associados com outros polissacarídeos e materiais não carboidratos como as proteínas e a lignina. Estas associações são importantes, pois, provavelmente irão influenciar na maneira como estes polissacarídeos se comportam após a ingestão.

A solubilidade dos polissacarídeos não-amidicos não é determinada somente pela sua estrutura primária, mas também depende de como são ligados a outros componentes da parede celular (SMITS & ANNISON, 1996). Os autores explicam que as paredes celulares das plantas são altamente organizadas. Seus componentes podem ser arranjados em uma estrutura de polissacarídeo fibrilar (principalmente celulose), matriz de polissacarídeos (principalmente a hemicelulose e pectina) e substâncias incrustadas (principalmente a lignina).

Muitos polissacarídeos, quando dissolvidos em água, tornam a solução viscosa. Esta viscosidade depende de muitos fatores, incluindo o tamanho da molécula, tipo de cadeia (ramificada ou linear), da presença de grupos carregados, estruturas que cercam e, principalmente a sua concentração (SMITS & ANNISON, 1996).

Smits & Annison (1996) explicam que devido à interação entre os polissacarídeos na solução aquosa ocorre a formação de um emaranhado em rede, processo que pode causar grande elevação na viscosidade, dependente da zona de junção das moléculas. De acordo com Bedford (1996), as soluções viscosas agregadas em grandes redes ou estruturas de malha são resultados da união de vários polímeros grandes.

Acamovic (2001) relata que está bem demonstrado e documentado que a elevação da viscosidade de soluções leva a um decréscimo no coeficiente de difusão de outros solutos e que a elevação da massa relativa de uma serie homóloga de polímeros eleva viscosidade da sua solução.

A capacidade de formação de redes em solução aquosa e a capacidade de retenção de água dos polissacarídeos não-amídicos solúveis é alta em relação aos polissacarídeos não-amídicos insolúveis. Isto explica porque fibras insolúveis como a celulose e xilanos podem reter água, comportando-se como esponjas, mas a sua viscosidade é relativamente baixa.

Segundo Francesch (1996) os β-glucanos uma vez hidrolisados totalmente, resultam em glicose, que é rapidamente absorvida pelas aves. Os pentosanos como a arabinose e xilose são pouco digestíveis, e quando absorvidos são excretados na sua maioria pela urina.

Segundo Borges (1997), os β-glucanos constituem a maior parte dos polissacarídeos não-amidicos na aveia e na cevada, enquanto que os arabinoxilanos predominam no trigo e centeio. Bedford (1996) comenta que o arabinoxilano que aparece em maior proporção entre os polissacarídeos não-amidicos é constituído por unidades de D-xilose e arabinose.

O farelo de arroz apresenta em média 25% de polissacarídeos não-amidicos totais (parede celular), com predominância dos arabinoxilanos, que são responsáveis por sensível redução na sua energia metabolizável (ADRIZAL, 1996). Para CANTOR (1995), a presença de 25% de polissacarídeos não-amidicos no farelo de arroz pode constituir um importante fator antinutritivo que dificulta a sua utilização na alimentação de aves. Outra forma de ilustrar este conceito vem da informação publicada por Choct & Annison (1990), onde há um decréscimo linear na EM de vários ingredientes, conforme aumenta a concentração de PNAs dos mesmos (Gráfico 1).

O farelo de soja tem em sua constituição, 30,3% de polissacarídeos não-amidicos, em que predominam os polímeros complexos. O milho apresenta apenas 8,10% de polissacarídeos não-amidicos, com predominância de arabinoxilanos.

Malathi & Devegowda (2001), em analise de ingredientes para ração, encontraram para o milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado, respectivamente, 5,35; 4,21 e 19,65% de pentosanos totais (arabinoxilanos), 3,12; 5,15 e 15,20% de celulose, 1; 6,16 e 7,25% de pectina e 9,32; 29,02 e 59,97% de polissacarídeos não-amidicos totais.

Como os polissacarídeos não-amidicos não são digeridos por animais não-ruminantes e são fermentados pela microflora intestinal produzindo ácidos graxos voláteis, foram considerados de pouca importância para a nutrição de monogástricos. Entretanto, há atualmente evidências de que os polissacarídeos não-amídicos possuem uma ação antinutritiva, por isso, hoje se buscam meios de eliminar ou reduzir estes polímeros que, de alguma maneira, encapsulam os componentes nutricionais digestíveis.

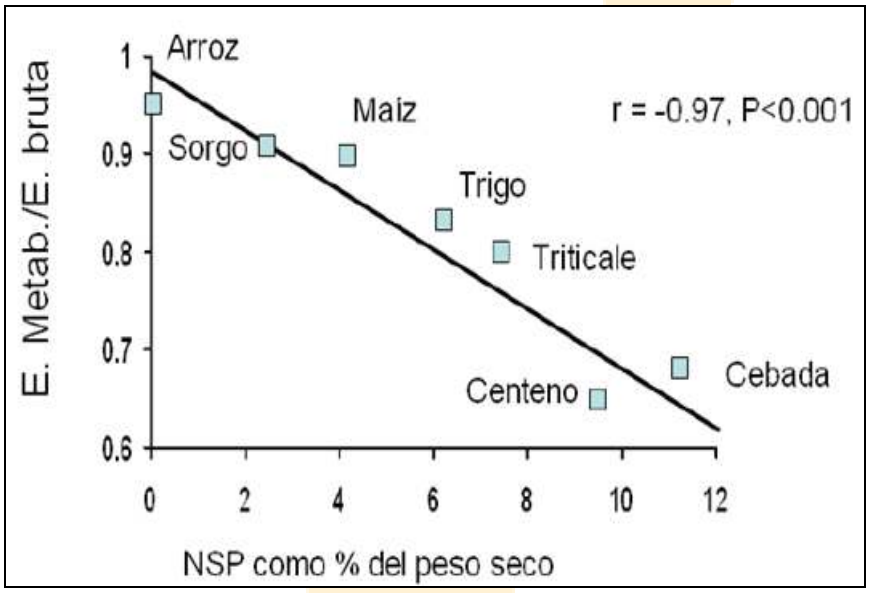

Gráfico 1 – Efeito da concentração de pentosanas e β-glucanos na relação energia metabolizável/energia bruta dos principais cereais. Adaptado de Choct & Annison (1990).

Dusel et al. (1998) relatam que há relação entre polissacarídeos não-amídicos e a viscosidade do extrato de rações à base de trigo, e que estas estão correlacionadas com a viscosidade da digesta dos frangos.

Segundo Zanella (1998), alimentos com viscosidade inferior a 10 centipoises (cPs) são considerados de baixa viscosidade, como é o caso do milho, sorgo e soja. Já aquelas matérias-primas com viscosidade superior a 10 cPs são consideradas de alta viscosidade, entre as quais pode-se citar a cevada, centeio, trigo, triticale e farelo de arroz.

Borges (1997) relata que os polissacarídeos não-amídicos nos grãos apresentam três efeitos negativos sobre o valor nutricional teórico da ração: (1) encerram os nutrientes que se encontram no interior das células e impedem o acesso das enzimas endógenas, necessárias a sua degradação; (2) provocam a formação de gel que dificulta a digestão e reduz a absorção dos nutrientes; (3) aumentam muito a viscosidade do bolo alimentar, diminuindo a velocidade de transito da digesta pelo intestino, consequentemente exercendo um efeito negativo sobre o consumo do alimento.

Bedford & Morgan (1996) relatam que o efeito antinutritivo dos arabinoxilanos é atribuído ao impedimento do acesso das enzimas endógenas aos nutrientes da fração da parede celular e devido à dissolução de parte das mesmas no intestino delgado, elevando a viscosidade da solução, deprimindo a taxa de passagem e aumentando a flora microbiana no intestino delgado. Ressaltam que estes dois mecanismos não necessariamente são independentes, mas a preponderância de um ou outro possui conseqüências significativas sobre as características da enzima que está sendo buscada.

O aumento da viscosidade da digesta reduz a assimilação de nutrientes no intestino por causa da interação entre os pentosanos e as enzimas endógenas promovendo um complexo que diminui a atividade destas enzimas (NAHAS & LEFRANÇOIS, 2001).

Allen et al. (1996) verificaram que a viscosidade da digesta foi de 7,5 cPs para frangos com 28 dias alimentados com ração contendo 65% de trigo e foi elevada para 16,6 e 25,9 cPs quando a inclusão do trigo passou para 75,2 e 80% respectivamente.

De acordo com Cantor (1995), existe uma relação direta entre a porcentagem de polissacarídeos não-amídicos da ração e a viscosidade da digesta intestinal e desta com o desempenho das aves, ou seja, quanto maior a viscosidade, pior o desempenho.

Segundo Smits & Annison (1996), o aumento da viscosidade intestinal da digesta reduz a absorção de nutrientes devido à formação de gel, que dificulta a ação das enzimas digestivas e a difusão de todas as substâncias relacionadas com a digestão e absorção. A formação de gel também diminui o transito da digesta pelo intestino, exercendo um efeito negativo sobre o consumo de ração. Ocorre também redução na emulsificação das gorduras e conseqüente redução na sua absorção. A camada de água adjacente à mucosa intestinal é aumentada, prejudicando o contato dos nutrientes com as vilosidades, reduzindo sua absorção.

Segundo Bedford (1996), o aumento da viscosidade intestinal resulta em uma considerável redução na taxa de crescimento, piora na conversão alimentar e queda na energia metabolizável da ração. A redução na taxa de digestão não é o único problema gerado pelo aumento da viscosidade. Apesar do aumento da motilidade intestinal que se observa em animais alimentados com alta porcentagem de polissacarídeos não-amidicos, isto não se traduz numa maior velocidade de passagem do alimento.

À medida que aumenta a viscosidade intestinal, diminui a difusão de enzimas, o que leva a um aumento na liberação de enzimas endógenas para compensar estas deficiências digestivas, porém, esta capacidade é limitada, especialmente em animais novos. Annison & Choct (1991) relatam que a secreção endógena de água, proteínas, eletrólitos e lipídeos podem ser aumentados marcadamente quando a ração contém polissacarídeos não-amídicos, o que eleva os custos metabólicos.

Efeito sobre a taxa de passagem, microbiota intestinal e digestão e absorção de gorduras e proteínas.

Segundo Roque et al. (2006), normalmente, as fibras solúveis são fermentáveis, viscosas e gelificantes o que lhes confere uma série de benefícios fisiológicos, tais como: retardamento do esvaziamento gástrico e do trânsito no intestino delgado, modulação da motilidade gastrintestinal, efeitos brandos no aumento da massa, volume e consistência das fezes, redução da diarréia pelo aumento na absorção de água, promoção no desenvolvimento da mucosa do íleo e do cólon, fornecimento de energia à mucosa intestinal, diminuição do pH do cólon entre outros.

No caso da fermentação da fibra solúvel, é importante atentar para outro efeito benéfico que é a acidificação no cólon, que evita a proliferação excessiva de bactérias indesejáveis, como, por exemplo, clostrídeos (ROQUE et al., 2006).

Fialho (1991) comenta que devido ao maior teor de fibra e à menor densidade do farelo de arroz ocorre aumento do teor de fibra e no volume da ração; e devido à menor densidade e à capacidade da fibra de reter mais água dentro do trato digestivo, aumenta o volume da digesta, podendo causar restrição no consumo e aumento na velocidade de passagem pelo trato digestivo.

Aumento da velocidade de passagem da digesta em frangos de corte alimentados com níveis crescentes de farelo de arroz foi constatado por Álvares & Sans (1984).

O trânsito restringido do alimento no trato e o aumento da quantidade de material não digerido no intestino delgado distal maior ajuda as bactérias a se multiplicarem e migrar para setores mais altos do intestino delgado (FRANCESCH, 1996). Choct et al.

(1996) comentam que a elevação da viscosidade da digesta promove a proliferação bacteriana em detrimento da eficiência digestiva global e saúde das aves.

Considerando que a microflora intestinal também utiliza amido e proteínas da digesta, esta ação se transforma em uma competição indesejada por nutrientes, agravando ainda mais o problema nutricional.

Segundo Shakouri et al. (2006) a manipulação da dieta como fornecedora de substrato pode afetar a composição e atividade da microflora intestinal de frangos. Ainda que se prove que a inclusão de PNAs solúveis nas dietas de frangos de corte pode diminuir o desempenho, há poucos estudos que relatam o efeito dessas fibras sobre a microbiota intestinal.

Smits et al. (1998) mostrou que a inclusão de PNAs solúveis na dieta de frangos aumentou a contagem total da microbiota aeróbica e anaeróbica do intestino. A adição de pectina também alterou a população microbiana do intestino e aumentou a atividade microbiana no íleo especialmente àquelas do *Enterococci, Bacteroidaceae, Clostridia, E. Coli* (LANGHOUT et al., 1999).

Shakouri et al. (2006) avaliando o efeito de PNA sobre a microflora intestinal de frangos de corte concluíram que a mudança na composição da dieta por incluir diferentes PNA modificou a população microbiana de todo intestino. Foi observado que a pectina aumentou o número total de microrganismos anaeróbicos no duodeno, enquanto a carboximetil celulose resultou em um aumento de número de *Enterobacteriaceae* no ceco. Além disso, os autores verificaram que comparado com a dieta controle, o uso de PNA diminui o número de bactérias láticas em todo o segmento do intestino.

Smits et al. (1998) sugerem que a modificação da atividade da flora intestinal pode participar do efeito antinutritivo da viscosidade da fibra sobre a digestibilidade de lipídios, além disso, os autores propõem que o aumento da viscosidade da dieta ocasionada pela presença de fibra pode prejudicar a hidrólise e solubilização de lipídios.

O efeito inibitório da viscosidade da fibra sobre a absorção de lipídios tem sido demonstrado ser dependente do tipo de gordura. A absorção de gorduras compostas por ácidos graxos de cadeias longas é mais afetada pelo tipo de fibra do que os poliinsaturados ou ácidos graxos de cadeia média.

Algumas bactérias intestinais secretam enzimas que degradam os ácidos biliares, o que dificulta a digestão de lipídeos. Os ácidos biliares são essenciais para a formação de micelas para a digestão de ácidos graxos e ativação das lípases. Como conseqüência, animais não-ruminantes alimentados à base de rações com polissacarídeos não-amídicos são mais propensos a apresentar deficiências de vitaminas lipossolúveis, posto que estas sejam absorvidas juntamente com os quilomícrons (FRANCESCH, 1996).

Segundo Brenes et al. (1996), a digestão de proteínas pode ser prejudicada devido à degradação dos ácidos biliares pelas bactérias, já que estes são responsáveis pela estabilidade das proteases pancreáticas.

Há relatos de que existe uma interação significativa entre a suplementação enzimática e de antibióticos na ração com elevados teores de polissacarídeos não-amidicos. Smits & Annison (1996) citam que em frangos alimentados com ração à base de cevada foi verificada uma melhora significativa no ganho de peso e conversão alimentar para ração com enzimas e sem antibióticos. Para a ração com antibióticos, não houve efeito para suplementação enzimática.

Os PNAs geralmente dificultam a digestão dos alimentos de duas formas: pelo efeito de diluição formando um obstáculo para ação das enzimas nos respectivos substratos, e estes compostos formam uma película sobre o epitélio intestinal o que dificulta a

absorção dos nutrientes já digeridos. Isto é o que explica as diferenças entre o aproveitamento do farelo de soja pelos suínos e pelas aves. Os suínos aproveitam mais de 40% da energia metabolizável do farelo de soja que as aves -2.256 kcal de EM para Aves vs 3.154 kcal de EM para Suínos (ROSTAGNO, 2005). Isto se deve ao fato que os suínos têm uma capacidade fermentativa em nível de ceco muito maior que as aves, o que possibilita a ação de microrganismos que produzem enzimas para degradar estes PNAs, principalmente rafinose, celobiose e estaquiose em monossacarídeos, que por sua vez são fermentados e transformados em ácidos graxos voláteis que são absorvidos em nível de ceco.

Na Tabela 2 pode-se observar a diferença entre a digestibilidade dos PNAs em suínos e aves.

Tabela 2 - Comparação entre as digestibilidades de alguns PNA's em Aves e Suínos.

Carboidrato	Aves	Suínos
PNA Total	12	84
Arabinose	13	104
Xilose	14	103
Manose	0	72
Ácido Urônico	2	94

Adaptado de CHOCT & KOCKER, 2000.

Efeito sobre a utilização de minerais da dieta

Vários autores têm sugerido que as fibras podem interferir na utilização de minerais nos animais. Kelsay (1978) mostrou uma diminuição dos níveis séricos de cálcio e ferro com a ingestão de altos teores de fibras. Torin (1991) cita que a suplementação da ração com hemicelulose incrementou significativamente a excreção fecal de cobre, zinco e magnésio. Isto seria devido a um possível aumento na taxa de passagem dos alimentos no trato digestivo, o que provocaria uma perda considerável de mucosa e secreções da parede do intestino, que contêm minerais, e também uma possibilidade de que o íon metal possa ser retido nos poros de um gel de polissacarídeos.

A inclusão de 5% de pectina ocasionou uma queda na digestibilidade ileal de sódio, potássio, magnésio, cálcio e potássio (HARTOG et al., 1988).

Entretanto, Moore et al. (1988) verificaram que uma dieta contendo 15% de casca de aveia aumentou a absorção de cobre e dieta com 15% de casca de soja e com 20% de farinha de alfafa aumentaram a absorção e retenção de ferro. Resultados semelhantes foram obtidos por Newton et al.(1983) citado por Castro Junior (2005), que mostraram que 20% de farelo de trigo aumenta absorção de ferro, porém, reduz absorção de zinco.

Moore et al. (1986), relataram que 10% de casca de aveia diminuem o balanço de zinco e cálcio.

Torin (1991) comenta que a diminuição da disponibilidade de minerais pode estar associada em grande parte à presença de fibra, com efeito, inclusive, tão importante quanto à presença de ácido fítico.

Smits & Annison (1996) relatam que a absorção de nutrientes pode ser afetada pelo aumento na taxa de proliferação de enterócitos e mudança na morfologia dos vilos e microvilos em decorrência da presença de polissacarídeos não-amidicos na ração.

Efeito sobre a viscosidade da digesta e digestibilidade

Devido a presença de polissacarídeos não-amidicos pode ocorrer um espessamento da camada de água adjacente às paredes intestinais e indução a uma maior produção de muco aumentando o volume do fluido mucosal e a sua capacidade de aderência, dificultando a absorção de nutrientes através da parede intestinal. Isto pode levar a uma maior adesão de bactérias à superfície da mucosa intestinal. A adesão das bactérias a células epiteliais é presumidamente importante na origem de doenças bacterianas (SMITS & ANNISON, 1996).

Yin et al. (2000) observaram correlações negativas entre o conteúdo de polissacarídeos não-amídicos e digestibilidade ileal aparente da matéria seca, energia, proteína bruta e aminoácidos para suínos alimentados com ração à base de trigo e subprodutos de trigo. Verificaram também que os polissacarídeos não-amidicos contribuíram para a elevação da perda ileal de nitrogênio endógeno e ácidos graxos voláteis. A proporção de matéria seca que fermentou no intestino grosso também foi aumentada.

Efeitos na suinocultura

O suíno é considerado como animal não-ruminante de ceco não-funcional. Os componentes dietéticos da fibra são minimamente digeridos no intestino delgado de suínos, providenciando substrato para a fermentação microbiana no intestino grosso (CASTRO JÚNIOR et al., 2005). O principal produto desta fermentação são os ácidos graxos voláteis (AGV) propionato, butirato e acetato. A contribuição calórica destes AGV em suínos tem sido estimada em 5% a 28% das exigências em energia de manutenção, dependendo da freqüência do consumo e do nível de fibra na dieta (NRC, 1998).

Porém, a presença de dieta fibrosa reduz significativamente a digestibilidade de todos os nutrientes; há uma redução de consumo de energia, influenciando numa queda do crescimento e da eficiência da conversão alimentar (CLOSE, 1994).

A inclusão de alimentos fibrosos em dietas de porcas não necessariamente deprime a digestibilidade dos nutrientes. Recentemente, RENTERIA FLORES (2003) alimentou porcas gestantes com dieta a base de milho e soja (controle); controle e 34% de farelo de aveia; controle e 12% de palha de trigo ou controle e 16% de polpa de beterraba. A digestibilidade da energia e do nitrogênio foi similares entre as dietas com farelo de aveia e controle. A digestibilidade aparente da energia e nitrogênio foi deprimida pela adição de palha de trigo, sendo a digestibilidade da dieta com polpa de beterraba intermediária. Os autores concluíram que o grau de digestibilidade depende da característica da fibra utilizada

A inclusão de polpa de citrus (10 a 40%) em dietas para suínos em crescimento mostrou um aumento significativo da digestibilidade da fibra bruta e da celulose, indicando que os carboidratos contidos na polpa de citrus são altamente digestíveis por suínos (BAIRD et al., 1974 citados por CASTRO JUNIOR et al., 2005).

Igualmente, a polpa de beterraba pode substituir 30% de cereais, não afetando em termos de ganho de peso, o desempenho de suínos de 60 a 120kg de peso vivo (BEORLEGUI, 1990 citado por CASTRO JUNIOR, 2005).

Entretanto, o alto nível de β-glucano, mostrou reduzir o valor nutricional aumentando a viscosidade do fluído intestinal (THACKER et al.,1989) e dificultando o ataque das enzimas endógenas (JOHNSTON et al., 2003). O β-glucano é um dos principais componentes do endosperma da cevada.

Mourinho (2006) estudando o valor nutritivo e desempenho de leitões alimentados com rações contendo casca de soja (CS) verificou piora no desempenho para os tratamentos que receberam CS quando comparado a ração milho+soja. Os resultados obtidos podem estar relacionados com a piora da digestibilidade dos nutrientes ocasionadas pelo aumento da viscosidade intestinal em função do uso de CS.

Estudando a CS, Snyder & Know (1987) citados por Mourinho (2006), relataram que a fração de carboidratos complexos da parede celular da CS consiste em 30% de pectina, 50% de hemicelulose e 20% de celulose. Enquanto que a maior fração de polissacarídeos da CS é composta por galactomananos, além de conter xilanos e celulose (ASPINALL et al., 1966).

Efeitos na avicultura

Segundo Palenzuela et al. (1998) a viscosidade oriunda das frações solúveis de β-glucanos e arabinoxilanos dos cereais têm maior efeito em aves do que em outros monogástricos.

A viscosidade elevada do bolo alimentar de aves aumenta a quantidade de fezes úmidas, podendo, assim, dificultar a manutenção de cama em condições adequadas, gerando problemas de manejo, além de comprometer a digestibilidade da ração.

Segundo Brenes (1992) os β glucanos fazem com que as aves eliminem fezes mais líquidas, tendo efeito adverso sobre a umidade da cama do aviário e aumento de amoníaco.

A viscosidade causada pelos PNAs realça a secreção de ácidos biliares e como conseqüência há uma significante perda desses ácidos pelas fezes (IKEGAMI et al., 1990), devido a habilidade de determinados PNAs ligarem-se aos sais biliares. Desse modo, podendo resultar num aumento da síntese hepática de ácidos biliares para o restabelecimento destes metabólitos na circulação enteroepática (MOURINHO, 2006).

Partridge & Wyatt (1995) ao estudarem dietas contendo altos níveis de PNAs para aves, observaram um aumento no peso do pâncreas, sugerindo que mecanismos de "feedback" no intestino das aves estimularam a hipertrofia desse órgão.

A magnitude dos efeitos dos polissacarídeos não-amidicos presentes na ração de frangos de corte é dependente de fatores relacionados ao animal e à ração. Os fatores do animal estão relacionados à idade, status sanitário e microbiano, e fatores da ração que são a quantidade de polissacarídeos não-amidicos e a concentração dietética de outros componentes como gordura, aminoácidos, vitaminas e minerais.

USO DE ENZIMAS NA NUTRIÇÃO DE MONOGÁSTRICOS

De acordo com Albino et al. (2007), inicialmente, as enzimas eram utilizadas em rações contendo ingredientes com alta quantidade de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) e de ácido fítico, como trigo, centeio, triticale, cevada e aveia, uma vez que os animais não possuem enzimas para sua digestão. Entretanto, pesquisadores têm demonstrado a possibilidade de utilização de complexos enzimáticos em rações à base de cereais com baixa viscosidade (milho, sorgo e farelo de soja), objetivando aumentar a utilização do amido e da proteína (FIALHO, 2003).

Os principais monossacarídeos encontrados em polissacarídeos não amiláceos de origem vegetal, como a xilose e arabinose, são pouco absorvidos e causam um efeito negativo quando estão presentes em grandes quantidades. No entanto, estão bem documentados os exemplos do aumento na digestibilidade dos polissacarídeos não amiláceos mediante o uso de enzimas que degradam a fibra (CLASSEN, 1993).

Os animais monogástricos, em geral, não possuem a capacidade endógena de digerir as fibras, portanto a utilização de enzimas exógenas se torna importante, pois estas hidrolisam os polissacarídeos não amiláceos que podem ser potencialmente utilizados pelo animal, aumentando, por exemplo, a utilização de energia.

Outra conseqüência importante desta utilização é a redução do impacto negativo destes resíduos não digestivos sobre a viscosidade da digesta. Reduzindo a viscosidade do intestino com a adição de enzimas exógenas, pode-se melhorar a utilização do nutriente e o desempenho já que há um aumento da eficácia na enzima hospedeira, quebrando o gel característico de fibras solúveis permitindo que as enzimas digestivas dos monogástricos funcionem mais eficientemente (PARTRIDGE & WYATT, 1995).

Além disso, a utilização das enzimas tem o potencial redutor do poder poluente dos alimentos, uma vez que aumenta o aproveitamento dos nutrientes pelos animais, reduzindo excreção de nutrientes no ambiente (ALBINO et al., 2007).

Na aveia e na cevada, os polissacarídeos não amiláceos predominantes são os beta-glucanos, enquanto no trigo e arroz, os arabinoxilanos predominam. Portanto, as enzimas específicas para a cevada contêm o princípio ativo beta glucanase, enquanto aquelas destinadas a aumentar a digestibilidade do trigo devem conter xilanase e arabinoxinalase.

A estrutura da parede celular de alimentos protéicos de origem vegetal difere dos cereais quanto a sua composição, já que contém quantidades elevadas de substâncias pécticas e alfa galactosídios (BRENES, 1992). O desenvolvimento recente de enzimas específicas com atividade α galactosidase, adicionadas as dietas, pode contribuir para aumentar o valor energético das sementes das leguminosas.

Utilizando amilase, alfa-galactosidase, galactomanase, xilanase e glucanase, Meneghetti et al. (2007) verificaram que as enzimas possibilitaram redução nos níveis energéticos das rações, sem prejuízos sobre o desempenho de codornas japonesas em produção, realçando a importância deste fato devido ao custo energético da alimentação.

Carvalho et al. (2007) trabalhando com galactomanase, galactosidase, xilanase, β-glucanase e amilase na dieta de codornas japonesas, encontraram maior peso dos ovos com a inclusão das enzimas. Costa et al. (2007) em um experimento com 100, 200, 300 e 400g/ton de um complexo enzimático contendo galactomanase, galactosidase, xilanase e β-glucanase observaram maior produção de ovos com 200 e 300g/ton destas enzimas. Trabalhando com este mesmo complexo enzimático e nos mesmos níveis, Rios et al.

(2007) encontraram maior porcentagem de gema de ovos de codorna em todos os níveis de enzima estudados.

Devido à complexidade dos PNA's de diferentes ingredientes vegetais, é necessário, em algumas situações, utilizar complexos ou misturas enzimáticas, os quais devem ser montados conforme a dieta, uma vez que os teores de PNA's são afetados por vários fatores, como tipo de ingrediente, nível de inclusão, estágio de maturação do vegetal, condições climáticas onde o vegetal cresceu, etc.

CONCLUSÃO

A piora no desempenho de suínos e aves com o uso de PNAs solúveis na alimentação é parcialmente contribuído pela mudança das condições físico-químicas intestinais e a possibilidade de mudanças da microflora, contudo, a utilização de enzimas exógenas, tem possibilitado a melhor utilização de alimentos com alta concentração de PNAs solúveis, reduzindo os efeitos indesejáveis desses alimentos, melhorando o desempenho animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACAMOVIC, T. Comercial application of enzyme technology for poultry production. **World´s Poultry Science Journal**, Beekbergen, v.57, n.3, p.225-242, Sept. 2001.

ADRIZAL, P. E. P. & SELL, J. L. Utilization of defatted rice bran by broiler chickens**. Poultry Science**, Champaign, v.75, n.8, p. 1012-1017, Aug. 1996.

ALBINO, L. F. T.; BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H. S. Ingredientes promotores de desempenho para frangos de corte. IN: VII SEMINÁRIO DE AVES E SUÍNOS, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte, 2007, p. 73-90.

ALLEN, C. M., BEDFORD, M. R., McCRACKEN, K. J. Effect of rate of wheat inclusion and **enzyme supplementation on diet metabolisability and broiler performance. British Poultry Science**, v.37, p. S41-S42, Sept. 1996. Abstract.

ALVAREZ, R. J. & SANS, M. The effect of rice polishings diets on the rate of passage and intestinal disaccharidase activity of broilers. **Cuban Journal of Agricultural Science**, La Habana, v.18, n.2, p. 173-177, July 1984.

ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S; SOUZA, G.A.; FILHO, A.B. **Nutrição Animal.** São Paulo: Nobel, v.1, 2002, 396p.

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**, Beekbergen, v. 47, n.4, p. 232-242, Nov. 1991.

ASPINALL, G.O.; HUNT, K.; MORRISON, I.M. Polysaccharides of soybeans: II. Fractionation of hull cell-wall polysaccharides and the structureof a xylan. **Journal of Chemical Society,** v. 21, p. 1945-1949, 1966.

BEDFORD, M. R. & MORGAN, A. J. The use of enzymes in poultry diets. **World´s Poultry Science**, Beekbergen, v.52, n.1, p.61-68, Mar. 1996.

BEDFORD, M. R. The effect of enzymes on digestion. Journal of Applied **Poutry Science**, Athens, v.5, n.4, p. 370-378, Win. 1996.

BORGES, F. M. O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos técnicos da escola de veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n.20, p. 5-30, jun. 1997.

BRENES, A. Influencia de la adición de enzimas sobre o valor nutritivo de lãs raciones en la alimentación aviar. ***Selecciones avícolas*****,** Salamanca, p.787- 94, 1992.

BRENES, A. LÁZARO, R. GARCIA, M. MATEOS, G. G. Utilizacion practica de complejos enzimaticos en aviculture. IN: **Avances en nutrición y Alimentación Animal**. FEDNA. Madrid, 1996. p. 135-151.

CANTOR, A. Enzimas usadas na Europa, Estados Unidos e Ásia. Possibilidades para uso no Brasil. In: **RONDA LATINO AMERICANA DE BIOTECNOLOGIA**, 5., 1995, Curitiba, 1995. p. 31-42.

CARVALHO, J. C. C. RIOS, R. L. MENEGHETTI, C. et al. Efeitos da utilização de enzimas em dietas para codornas japonesas sobre características dos ovos. IN: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL IICONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, Lavras. **Anais...** Lavras, p. 181. 2007.

CASTRO JUNIOR, F.G; CAMARGO, J.C.M; CASTRO, A.M.M.G; BUDIÑO, F.E.L. Fibra na alimentação de suínos. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 62, n. 3, p. 265-280, 2005.

CHOCT, M. & ANNISON, G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in poultry diets. **British Poultry Science**, v. 31: 809-819. 1990.

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

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World`s Poultry Science Journal**, v. 62, p. 5 – 15. 2006.

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

CHOCT, M. Non- starch polysaccharides: effect on nutritive value In: Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value In: MACNAB, J.M. e BOORMAN, K.N. (eds.) **Factors influencing nutritive value**. CAB International. 2002. p.221-235.

CHOCT, M., HUGUES, R. J., WANG, J., BEDFORD, M. R., MORGAN, A. J., ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.37, n.3, p. 609-621, July 1996.

CLASSEN, H. L. Cereal grain starch and exogenous enzymes in poultry diets. **Animal Feed Science Technologic**, v. 62 (1), p. 21-27, 1996.

CLASSEN, H., L. Enzimas usadas en el alimento**. Avicultura Profesional**, v.10, n.4, p.162-168, 1993.

CLOSE, W. H. Fibrous diets for pigs. **Pig News Information**, Oxon, v. 15, p. 65, 1994.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; MUNIZ, J. A. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência Agrotécnica,** Lavras, n. 6, p. 1289-1296, nov/dez 2002.

COSTA, V. A. MENEGHETTI, C. RIOS, R. L. et al. Utilização de Endopower β em dietas para codornas japonesas. IN: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL IICONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, Lavras. **Anais...** Lavras, p. 182. 2007.

DUSEL, G., KLUGE, H., JEROCH, H., SIMON, O. Xylanase supplementation of wheat-based rations for broilers: Influence of wheat characteristics. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v.7, n.2, p.119-131, Sum. 1998.

FIALHO, F. B. **Disponibilidade do manganês do farelo de arroz para frangos de corte.** 1991. 156 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 1991.

FRANCESCH, M. Bases de la utilizacion de complejos enzimaticos en aviculture. In: **Avances en Ntrición y Alimentación Animal**. Madrid: FEDNA, 1996. p. 119-131.

GRIESHOP, C.M.; REESE, D.E.; FAHEY Jr, G.C. Nonstarch polysaccharides and oligosaccharides in swine nutrition. In: LEWIS, A.J, SOUTHERN, L.L. (Ed). **Swine Nutrition.** Boca Raton**:** Ed. CRC Press, p.107, 2001.

GRUPPEN, H. Triggering the breaking of nutrients. **Feed Mix**, v.4, n.1, p.24-28, 1996.

HARTOG DE, L. A. et al. The effect of including various structural polyssaccharides in pig diets on ileal and faecal digestibility of aminoacids and minerals and minerals. **Livestock Production Science,** Amsterdam, v.18, p.157- 170, 1988.

IKEGAMI, S.; TSUCHIHASHI, F.; HARADA, H.; et al. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. **Journal of Nutrition,** v.120, n.4, p.353-360, 1990.

JOHNSTON, L.J. et al. Feeding by-products high in concentration of fiber to non-ruminants. In: THIRD NATIONAL SYMPOSIUM ON ALTERNATIVE FEEDS FOR LIVESTOCK AND POULTRY HELD IN KANSAS CITY. **Proceedings...** Kansas City: 2003. p. 1-26.

KELSAY, J. L. A review of research on effects of fiber intake on mam. **American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v.31, n.1, p. 142-159, Jan. 1978.

LANGHOUT, D.J., J.B. SCHUTTE, P. VAN LEEUWEN, J. WIEBENGA AND S. TAMMINGA. Effect of dietary high-and low–methylated citrus pectin on the activity of the ileal microflora and morphology of the small intestinal wall of broiler chicks. **British Poultry Science**, v. 40, p. 340-347, 1999.

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

MALATHI, V. & DEVEGOWDA, G. In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. **Poultry Science.** Champaign, v.80, n.3, p.302-305, Mar. 2001.

MENEGHETTI, C. RIOS, R. L. LIMA, E. M. C. et al. Utilização de amilase e um complexo enzimático em rações de codornas japonesas em produção. IN: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL IICONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, Lavras. **Anais...** Lavras, p. 179. 2007.

MOORE, R. J. et al. Growth nutrient utilization and intestinal morphology of pigs fed high-fiber diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 66, p. 1570-1579, 1988.

MOORE, R. J.; KORNEGAY, E. T.; LINDEMANN, M. D. Effect of dietary oat hulls or wheat bran on mineral utilization in growing pigs fed diets with or without salinomycin. **Canadian Journal Animal Science**,Ottawa, p. 256-267, 1986.

MOURINHO, F.L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche.** 2006. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2006.

NAHAS, J. & LEFRANCOIS, M. R. Effescts of feeding locally grown whole barley with or whithout enzyme addition and whole wheat on broiler performance and carcasstraits. **Poultry Science**, Champagin, v.80, n.2, p. 195-202, Feb. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements of Swine**. 10.ed. Washington National Academic Science, 1998. 189 p.

PALENZUELA, P. R.; GARCÍA, J.; BLAS, C. Fibra soluble y su implicación en nutrición animal: enzimas y probióticos. In: **Avances en Nutrición y Alimentación Animal**. Barcelona: FEDNA, 1998. p. 227-240.

PARTRIDGE, G. & WYATT, C. More flexibility with new generation of enzymes. **World´s Poultry Sience Journal**, v.11, n.4, p.17-21, 1995.

PLUSKE, J.R.; LINDEMANN, M.D. Maximizing the response in pig and poultry diets containing vegetable proteins by enzyme supplementation. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY - PROCEEDINGS OF ALLTECH'S 14Th ANNUAL SYMPOSIUM, 1998, **Anais...** 1998. p.375-392.

RENTERIA FLORES, J.A. **Effects of soluble and insoluble dietary fiber on diet digestibility and sow performance**. 2003. (PhD. Dissertation)- University of Minnesota, St. Paul, 2003.

RIOS, R. L. MENEGHETTI, C. CARVALHO, J. C. C. et al. Efeitos da utilização de alfa-amilase em dietas para codornas japonesas sobre as características dos ovos. IN: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL IICONGRESSO BRASILEIRO DE COTURNICULTURA, Lavras. **Anais...** Lavras, p. 183. 2007.

ROQUE N. C.; JOSÉ, V. A.; AQUINO, A. A.; ALVES, M. P.; SAAD, F. M. O. B. Utilização da fibra na nutrição de cães. **Boletim Agropecuário,** Lavras, n. 70, p. 1-12, 2006.

ROSA, A.P & UTTPATEL, R. Uso de enzimas nas dietas para frangos de corte. IN: VIII SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2007, Chapecó. **Anais...** Chapecó, 2007, p. 102-115.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.M.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005.

SELVENDRAN, R.R.; ROBERTSON, J.A. The chemistry of dietary fibre: a holistic view of the cell wall matrix. In: SOUTHGATE, D.A.T.; WALDROM, K.; JOHNSON, I.T. and FENWICK, G.R. (Eds.) **Dietary Fiber: Chemical and Biological Aspects**, Royal Society of Chemistry Special Publication, n.83. Royal Society of Chemistry , Cambridge, 1990.

SHAKOURI, M. D.; KERMANSHAHI, H.; MOHSENZADEH, M. Effect of different non starch polysaccharides in semi purified diets on performance and intestinal microflora of young broilers chickens**. International Journal of Poultry Science**, v. 6, p. 557-561, 2006.

SMITS, C. H. N. & ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition-towards a physiologically valid approach to their determination. **World´s Poultry Science Journal**, London, v. 52, n.2, p. 203-221, July 1996.

SMITS, C.H.M., A. VELDMAN, H.J. VERKADE AND A.C. BEYNEN. The inhibitory effect of carboxymethyl cellulose with high viscosity on lipid absorption in broiler chickens coincides with reduced bile salt concentration and raised microbial numbers in the small intestine**. Poultry Science,** v. 77, p.1534-1539, 1998.

THACKER, P. A.; CAMPBELL, G. L.; GROOTWASSINK, J. W. D. The effect of sodium bentonite on the performance of pigs fed barley-based diets supplemented with

betaglucanase. **Nutrition Reports International**, Los Altos, v. 40, n.3, p. 613-619, 1989.

TORIN, H. R. **Utilização do farelo de arroz industrial. Composição e valor nutrificante em dietas recuperativas**. 1991. 147p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1991.

VAN SOEST, P. J. The role of silicon in the nutrition of plants and animals. **Proceedings of the Cornell Nutrition Conference**, p. 103-109, 1970.

WYATT, C.L., ARABA, M., BEDFORD, M. Current advances in feed enzymes for corn-soya based poultry and swine diets: emphasis on cell wall and phytate. IN: **65TH MINNESOTA NUTRITION CONFERENCE**. September, 2004.

YIN, Y. L., MCEVOY, J. D. G., SCHULZE, H. HENNIG, U., SOUFFRANT, W. B., McCRACKEN, K. J. Apparent digestibility (ileal and overall)of nutrients and endogenous nitrogen losses in growing pigs fed wheat (var. Soissons) or its by-products without or with xylanase supplementation. **Livestock Production Science,** Amsterdan, v.62, n.2, p.1190132, Jan. 2000. Abstract.

ZANELLA, I. **Suplementação enzimática em dietas a base de milho e sojas processadas sobre a digestibilidade de nutrientes e desempenho de frangos de corte.** 1998. 179 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias