

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEOS NÃO AMÍDICOS PRESENTES EM  
INGREDIENTES UTILIZADOS NA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO PARA FRANGOS  
DE CORTE**

Autor: Heitor Vieira Rios

**Porto Alegre  
2014/1**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE VETERINÁRIA**

**FRAÇÕES DE POLISSACARÍDEOS NÃO AMÍDICOS PRESENTES EM  
INGREDIENTES UTILIZADOS NA FORMULAÇÃO DE RAÇÃO PARA FRANGOS  
DE CORTE**

**Autor: Heitor Vieira Rios**

**Trabalho apresentado como  
requisito parcial para graduação  
em Medicina Veterinária**

**Orientador: Sergio Luiz Vieira**

**Coorientadora: Catarina Stefanello**

**Porto Alegre  
2014/1**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida, por me dar motivos para sorrir e também por colocar provas no meu caminho, as quais procurei encarar como oportunidades de crescimento.

Agradeço a minha mãe, Luiza Helena, por todos os momentos de carinho, amor e compreensão. Ao meu pai, Jayme, meu grande exemplo, agradeço principalmente a força que me deu durante toda essa jornada e os desafios que me impôs, os quais me serviram de estímulo para procurar sempre melhorar. Aos meus irmãos, João André e Gustavo, agradeço os conselhos e os momentos de descontração. A toda a minha família pelo apoio, pela ajuda e também pelos churrascos.

A minha namorada, Patrícia, agradeço pelo enorme carinho e pelo companheirismo em todos os momentos que precisei.

A minha coorientadora, Catarina Stefanello, agradeço toda a ajuda que me deu para a realização deste trabalho de conclusão e também durante todo o período que trabalhamos juntos. Grato ao Professor Sergio Vieira, meu orientador, por me proporcionar conhecer na prática os conteúdos aprendidos em sala de aula e por me apresentar ao mercado avícola.

A todos os meus colegas do Aviário de Ensino e Pesquisa, por conseguirem fazer trabalhos cansativos e pesados se transformarem em momentos agradáveis. Agradeço a todos os meus amigos, por conseguirem multiplicar meus momentos de alegria e dividir os de tristezas.

Agradeço a todos os professores pelo conhecimento que me foi passado ao longo de todos esses anos, e pela população brasileira por me proporcionar um ensino gratuito e de qualidade na UFRGS.

*“Melhorar para progredir: eis a senha  
da evolução”*

(Mateus 25:15)

## RESUMO

Os polissacarídeos não amídicos (PNAs) são elementos presentes na parede das células vegetais e compreendem a compostos como a celulose, hemicelulose, quitinas e pectinas. Eles estão presentes nos ingredientes utilizados na formulação de dietas para frangos de corte em quantidades significativas, visto que as mesmas são comumente formuladas à base de milho e soja. Embora a digestibilidade do milho e do farelo de soja seja relativamente alta para frangos de corte, estes não possuem a capacidade de degradar os PNAs presentes na dieta, ou o fazem de maneira pouco efetiva, pois não produzem enzimas necessárias para o processo. Dessa forma, a maior parte dos PNAs passa pelo trato gastrointestinal sem ser degradada e absorvida, provocando um aumento na viscosidade do quimo e na velocidade de passagem do mesmo, o que interfere na absorção de nutrientes e pode prejudicar o desempenho das aves. Essas fibras podem ser solúveis ou insolúveis de acordo com a sua capacidade de formar uma solução homogênea ou não com a água. As solúveis são as maiores responsáveis pelo aumento da viscosidade do quimo, porém as insolúveis podem afetar o conteúdo de dieta por encapsularem nutrientes no interior de suas estruturas. O conteúdo de PNAs presente nos alimentos de origem vegetal é muito variável, o que torna necessário o conhecimento e análise da sua presença e composição nos ingredientes com potencial de uso na formulação de dietas para frangos de corte.

**Palavras-chave:** PNAs, carboidratos, digestibilidade, frangos de corte

## **ABSTRACT**

*The non-starch polysaccharides (NSP) are elements present in the plant cell wall and comprehend a wide range of compounds, such as cellulose, hemicellulose, pectins and chitins. They are present in diets for broilers in significant quantities, since they are commonly made from corn and soybean meal. Although the digestibility of these ingredients is relatively high for broilers, they do not have the ability to degrade the NSP present in diet in an effective way, because they do not produce the necessary enzymes for the process. Thus, a significant amount of NSP pass through the gastrointestinal tract without being absorbed, causing an increase in viscosity and in the rate of passage of the chyme, interfering with the absorption of nutrients, what cause losses on birds performance. These fibers can be soluble or insoluble according to their ability to form a homogeneous solution or not with water. Soluble fibers are the most responsible for the viscosity increase of the chyme. The insoluble fibers can affect the diet content, because they have on their structures encapsulated molecules that could serve as sources of energy. The content of NSP present in plant foods varies widely in the ingredients, so it makes necessary the knowledge and analysis of the presence and the features of this fibers in ingredients used in the formulation of broiler diets.*

**Keywords:** *NSP, carbohydrates, digestibility, broiler*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2</b>	<b>CARBOIDRATOS</b> .....	12
<b>2.1</b>	<b>Polissacarídeos Não Amídicos (PNAs)</b> .....	13
2.1.1	Polissacarídeos Não Amídicos Insolúveis.....	14
2.1.2	Polissacarídeos Não Amídicos Solúveis.....	15
<b>3</b>	<b>PRINCIPAIS PNAs SOLÚVEIS QUE INTERFEREM NA NUTRIÇÃO DE AVES</b> .....	16
<b>4</b>	<b>CONTEÚDO DE PNAs PRESENTES NOS PRINCIPAIS INGREDIENTES VEGETAIS</b> .....	18
<b>4.1</b>	<b>Milho</b> .....	18
<b>4.2</b>	<b>Farelo de Soja</b> .....	19
<b>4.3</b>	<b>Outros Ingredientes Vegetais</b> .....	20
<b>5</b>	<b>IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO SOBRE AS FRAÇÕES FIBROSAS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES</b> .....	23
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	25

## 1 INTRODUÇÃO

A tecnologia empregada na nutrição de frangos de corte permitiu o aumento da produtividade do setor avícola ao procurar otimizar ao máximo o potencial genético dos animais. A nutrição animal representa o maior custo para a produção, portanto melhorar o aproveitamento dos nutrientes dos alimentos fornecidos na dieta se torna cada vez mais importante para tornar a atividade mais lucrativa. No Brasil, a maioria das rações utilizadas na nutrição de aves é formulada à base de milho e farelo de soja, os quais possuem quantidades variáveis de fatores antinutricionais em sua composição.

Os carboidratos presentes nos alimentos vegetais podem ser divididos em dois grandes grupos: os polissacarídeos amídicos de armazenamento e os polissacarídeos formadores da parede celular, também conhecidos como PNAs. Os PNAs de armazenamento são normalmente digeridos por enzimas endógenas e prontos para serem absorvidos pelo organismo animal. Já os PNAs formadores de parede celular não podem ser digeridos eficientemente por animais não-ruminantes, já que os mesmo não produzem as enzimas necessárias para o processo, o que pode acarretar em um desequilíbrio da microflora e interferir na absorção de outros nutrientes (PENZ, 1998), além de não disponibilizar a energia presente em suas moléculas.

Os PNAs são compostos basicamente por celuloses, hemiceluloses, pectinas,  $\beta$ -glucanos, entre outros. Estas moléculas são unidas em sua estrutura por ligações que não podem ser hidrolisadas pela enzimas endógenas secretadas por frangos de corte, já que a amilase pancreática produzida por monogástricos não é capaz de clivar estas ligações (SMITS & ANNISON, 1996). Por não conseguir ser eficientemente degradado por enzimas digestivas, este fator antinutricional aumenta a viscosidade do quimo ocasionando uma queda da atividade enzimática sobre o substrato e diminuindo a digestibilidade dos nutrientes. (PARTRIDGE, 2001).

As fibras podem ser classificadas em solúveis e insolúveis, de acordo com a sua capacidade de formar uma solução homogênea com a água, As solúveis são as maiores responsáveis pelo aumento da viscosidade do quimo, porém as insolúveis podem afetar o conteúdo de dieta por possuírem, no interior de suas estruturas, nutrientes, que podem servir como fontes de energia (FIREMAN & FIREMAN, 1998).

Dessa forma, o tipo e o conteúdo de PNAs presentes em ingredientes utilizados para formulação de ração para frangos de corte dependem do tipo de vegetal, também do genótipo e do cultivar de uma mesma espécie (CHOCT & ANNISON, 1990). O bom entendimento das



frações de PNAs presentes nos grãos vegetais possui grande relevância na nutrição de frangos de corte, pois seu conhecimento é um fator determinante para caracterização das dietas formuladas, permitindo a utilização de ingredientes alternativos e influenciando na suplementação de aditivos que podem melhorar o aproveitamento das frações fibrosas, da energia e de grande parte dos nutrientes.

## 2 CARBOIDRATOS

Os carboidratos possuem grande relevância na formulação de dietas para frangos de corte, pois são as principais fontes de energia utilizadas na ração. Eles são responsáveis por aproximadamente 75% da matéria seca das plantas e podem ser classificados em três grandes grupos, de acordo com a sua complexidade: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos.

Os carboidratos mais simples são os monossacarídeos, os quais compreendem a glicose, a frutose e a galactose; os oligossacarídeos são carboidratos de cadeia curta, representados pela sacarose e celobiose; e os polissacarídeos são carboidratos de cadeias longas, dos quais fazem parte o amido e os PNAs (EVERS et al., 1999). Os grãos de cereais possuem em sua estrutura mais de 80% de carboidratos, deste total de carboidratos 70 a 80% é composto por amido, 10% a 30% são PNAs e 1% a 3% são mono e oligossacarídeos. Segundo Silva (2002), o amido é a principal fonte energética do milho.

O amido está presente no endosperma de células vegetais na forma de grânulos insolúveis, os quais são compostos principalmente por amilose e amilopectina. Dentro de cada grânulo a amilopectina forma um sistema helicoidal ramificado, onde a amilose encontra-se dispersa (GALLANT et al., 1991). A amilose é uma molécula linear de resíduos de glicose contendo cerca de 99% de suas ligações do tipo  $\alpha$ -1,4 e 1% do tipo  $\alpha$ -1,6. Já a amilopectina é uma molécula muito maior que a amilose, sendo ramificada e com 95% das suas ligações do tipo  $\alpha$ -1,4 e 5% do tipo  $\alpha$ -1,6 (TESTER et al., 2004).

A proporção de amilose a amilopectina pode variar de acordo com a espécie vegetal, com a variedade de uma mesma espécie (inclusive dentro de uma mesma variedade), com as condições climáticas de cultivo e com o grau de maturação dos grãos e cereais (VIEIRA, 2002). Essa relação também pode exercer influência sobre a digestibilidade dos carboidratos, isso porque a relação de amilose/amilopectina presente nos ingredientes possui uma correlação negativa com a digestibilidade dos mesmos, já que a amilopectina é mais facilmente digerível que a amilose (ROONEY & PFLUGFELDER, 1986).

Os monossacarídeos são formados em sua maioria por hexoses, e constituem a unidade básica dos carboidratos. Os oligossacarídeos são formados por 2 a 10 monossacarídeos, e podem ser encontrados em grande quantidade no reino vegetal, sendo alguns deles de baixa digestibilidade para aves, como a rafinose e a estaquiose (CHOCT, 2001). Segundo Gerber (2006), depois da sacarose, a rafinose é o oligossacarídeo mais encontrado em vegetais e sua presença é relevante no farelo de soja. Os polissacarídeos são os carboidratos mais

complexos, sendo o amido, a celulose e hemiceluloses, os mais relevantes em ingredientes vegetais utilizados na formulação de frangos de corte.

Os PNAs são polissacarídeos compostos basicamente pela celulose, lignina e hemicelulose e não podem ser digeridos por monogástricos, pois eles não secretam as apresentam o aparato enzimático necessário para degradar essas moléculas (ROSA & UTTAPEL, 2007). Segundo Torres (2003), os PNAs são fatores antinutricionais que aumentam a viscosidade do quimo, interferindo na digestibilidade e absorção de nutrientes.

## **2.1 Polissacarídeos Não Amídicos (PNAs)**

Os PNAs são macromoléculas de polímeros de açúcares simples, resistentes à hidrólise no trato gastrointestinal de não-ruminantes e sua presença nos grãos e cereais é variável, sendo dependente das características do vegetal e das condições de cultivo (ROSA & UTTAPEL, 2007; CAPRITA et al., 2010). 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). Adicionalmente, o coeficiente de digestibilidade de PNAs totais para aves é de apenas 12%, de acordo com Choct (2001). Estes compostos podem ser encontrados em quantidades variáveis no milho e no farelo de soja, podendo representar um importante fator antinutricional.

Estudos de Smits e Annison (1996) analisaram as características físico-químicas dos PNAs e concluíram que o seu efeito antinutricional ocorre porque essas moléculas causam mudanças na solubilidade e na viscosidade do quimo. Penz (1998) afirma que, além da baixa digestibilidade, essas fibras causam prejuízos no desempenho de frangos de corte, pois aumentam a viscosidade do quimo intestinal e a velocidade de passagem dos alimentos ao longo do trato digestivo, o que dificulta o acesso de enzimas endógenas ao alimento, interferindo na absorção dos nutrientes.

O aumento da viscosidade do quimo, promovido pelos PNAs, pode ocasionar uma diminuição da digestão de proteínas, gorduras, carboidratos e também de micronutrientes, pois os mesmos ficam menos disponíveis à ação enzimática no intestino delgado (CONTE et al., 2002). Outro fator relevante segundo Wyatt et al. (2004) é que este aumento da viscosidade contribuiria para o desenvolvimento de microrganismo nocivos, ocasionando doenças intestinais, como a coccidiose e a enterite necrótica.

Quanto à classificação, os polissacarídeos compreendem a uma grande variedade de moléculas e podem ser segmentados em três grandes grupos: celulose, polímeros não

celulósicos e polissacarídeos pécticos. Os PNAs são também classificados como solúveis e insolúveis, de acordo com a sua capacidade de formar uma solução homogênea com a água ou não. A solubilidade desses compostos é determinada não só pela sua estrutura molecular primária, mas também pela forma com que se ligam a outros componentes da parede celular (SMITS & ANNISON, 1996). Os PNAs solúveis em água são compostos basicamente por pectinas, gomas, arabinosilanos, D-xilanos,  $\beta$ -glucanos, D-mananos, galactomananos, xiloglucanos e raminogalacturanas. Já o grupo dos PNAs insolúveis em água é formado por celulosas, ligninas e algumas hemicelulosas. Segundo Opalinski et al. (2006), os PNAs solúveis são os maiores responsáveis pelas atividades antinutritivas, porém os polissacarídeos insolúveis exercem forte efeito na taxa de passagem da digesta e na retenção de água.

### 2.1.1 Polissacarídeos Não Amídicos Insolúveis

Os PNAs insolúveis compreendem um grupo formado basicamente por quatro tipos diferentes de polissacarídeos: as celulosas, as ligninas e algumas hemicelulosas. Essas fibras, além de possuírem baixa digestibilidade para animais monogástricos, ainda são capazes de reduzir a digestibilidade de outros nutrientes (ANGRIGUETTO, 2002). Um excesso de PNAs insolúveis na dieta acaba aumentando a taxa de passagem do quimo pelo trato digestivo, ação esta causada devido à ação mecânica da fibra sobre a parede do trato gastrointestinal, aumentando a motilidade e a taxa de passagem. Dessa forma, reduzem o tempo de ação de enzimas sobre a digesta, diminuindo a digestibilidade dos nutrientes (WARPECHOWSKI, 1996). Além disso, os PNAs também podem encapsular nutrientes dentro da matriz das paredes celulares vegetais (HOPWOOD et al., 2004; PLUSKE et al., 1996). Porém uma quantidade moderada de fibras insolúveis na dieta pode permitir um efeito benéfico para o animal, aumentando a digestibilidade do amido. A este efeito deve-se a capacidade dessas fibras de se acumularem na moela, o que parece regular a taxa de passagem da digesta e da digestão de nutrientes no intestino (BERTECHINI, 2006).

Dentre os PNAs insolúveis, a celulose é o principal polissacarídeo constituinte da parede celular das plantas e está presente em grande quantidade em vegetais fibrosos. A celulose é um homopolissacarídeo de cadeia linear e de alto peso molecular. Possui um elevado grau de polimerização das unidades D-glicose unidas por ligações do tipo  $\beta$ -1,4 e  $\beta$ -1,6. Encontra-se normalmente associada à lignina, possuindo uma configuração alongada e formando microfibrilas insolúveis, as quais encontram-se unidas por ligações fortes, como pontes de hidrogênio, fora e dentro da molécula. A relação lignina/celulose tem grande

influência sobre a degradação microbiana da parede celular, tanto em ruminantes como em não ruminantes (VAN SOEST, 1994; BRETT & WALDRON, 1996).

A lignina é composta por polímeros condensados de diferentes alcoóis sinapil (referente às unidades siringil), coniferil (referente as unidades de guaiacil) e p-hidroxifenil (p-coumarico), além do ácido ferúlico. Eles são unidos por ligações do tipo éter ou éster, por ligações covalentes entre os núcleos benzênicos ou aliados a radicais propanos. A lignina não possui esses compostos em uma proporção regular, não possuindo uma estrutura definida (RALPH, 1996). Sua função principal é promover à planta uma integridade estrutural, resistência à degradação e impermeabilidade à água (HATFIELD et al., 1999).

### 2.1.2 Polissacarídeos Não Amídicos Solúveis

Fazem parte do grupo dos PNAs solúveis, basicamente as pectinas, gomas e a maioria das hemiceluloses. Eles são os principais responsáveis pela formação de gel e aumento na viscosidade do conteúdo intestinal, características antinutritivas que impedem a digestão e absorção dos nutrientes pelas aves (TORRES, 2003). Segundo Mourinho (2006), os PNAs solúveis interagem com o glicocálix da borda em escova das células intestinais, aumentando a espessura da camada de água na mucosa, o que dificulta a absorção de nutrientes pela parede intestinal. O aumento da viscosidade da digesta, pode levar a uma redução da digestibilidade aparente da proteína, do amido e também dos lipídios (SMITS et al., 1998). Para Williams et al. (2009), os PNAs solúveis são capazes de reduzir a energia metabolizável da dieta, piorando simultaneamente a taxa de conversão alimentar. Isto ocorre devido às alterações gastrointestinais promovidas por esses polissacarídeos, e por sua capacidade de encapsular nutrientes.

A hemicelulose, por sua vez, é formada por arabinoxilanos,  $\beta$ -glucanos e pentosanas. Muito dos fatores que podem causar diversos problemas, como excretas aquosas, são devido a alta retenção de água no trato gastrointestinal das aves, quando quantidades representativas de hemiceluloses estão presentes nas rações (OLIVEIRA et al., 2007; TAVERNARI et al., 2008).

### 3 PRINCIPAIS PNAs SOLÚVEIS QUE INTERFEREM NA NUTRIÇÃO DE AVES

A quantidade e o impacto exercidos pelos PNAs solúveis presentes em ingredientes de origem vegetal na formulação de ração para aves é variável, dependendo de fatores como: condições de cultivo, cultivar, espécie vegetal, além da quantidade de casca, processamento e forma física (BROWN, 1996; COLLINS et al., 1998; COLLINS & MORAN, 2001).

Os principais PNAs solúveis são:

a) Hemiceluloses: caracterizam-se como um grupo heterogêneo de polissacarídeos de estrutura complexa, cuja composição pode variar muito (PALENZUELA et al., 1998). Estes polissacarídeos encontram-se unidos por ligações glicosídicas beta, aliados a açúcares residuais como pentoses (xilose, arabinose), hexoses (glicose) e ácido glicurônico, podendo formar cadeias lineares ou ramificadas. As cadeias centrais são, principalmente, formadas por xilanos, galactanos ou mananos e as cadeias laterais por arabinose ou galactose. As frações solúveis da hemicelulose são as maiores responsáveis pelo aumento da viscosidade da digesta, principalmente os  $\beta$ -glucanos e arabinoxilanos.

As pentosanas (arabinoxilanos) são compostas basicamente por duas pentoses: arabinose e xilose. Possuem uma estrutura molecular linear com ligações do tipo  $\beta$ -1,4, formada por xiloses e uma cadeia lateral, a qual possui ligações do tipo  $\beta$ -1,3 formada por arabinoses e podendo conter também algumas hexoses e ácidos hexurônicos. Essas ramificações são responsáveis pela sua solubilidade. Os  $\beta$ -glucanos são formados por uma cadeia linear de glicose unidas por ligações  $\beta$ -1,3 e  $\beta$ -1,4, as quais rompem a linearidade da molécula impedindo a formação de fibrilas. Os galactomananos são polímeros formados por glicose e manose unidos por ligações do tipo  $\beta$ -1,4, em uma proporção de duas moléculas de glicose para uma de manose. Os D-mananos são polímeros formados por manoses em ligações  $\beta$ -1,4. Finalmente, os xiloglucanos são formados por uma cadeia central de glicoses unidas por ligações  $\beta$ -1,4 e uma cadeia lateral de xiloses, unidas através de ligações  $\beta$ -1,3.

b) Pectinas: são formadas principalmente por ácido D-galacturônico unidos por ligações do tipo  $\alpha$ -1,4, sendo a cadeia do ácido D-galacturônico interrompida em intervalos de inserção por moléculas de L-raminose, as quais estão unidas por ligações  $\alpha$ -1,2. Outros açúcares como arabinose, galactose e xiloses podem ser encontradas nas cadeias laterais das pectinas, assim como, a fucose e o ácido glucurônico mais raramente. A maioria destes açúcares encontra-se em cadeias curtas, com exceção da arabinose e a galactose, as quais podem ser frequentemente encontradas em unidades múltiplas (CHOCT, 1997). É uma molécula com alta capacidade de formar gel e possui uma porção insolúvel, encontrada nas paredes celulares

de plantas, e uma porção solúvel, encontrada no citosol das células vegetais (PALENZUELA et al., 1998).

A capacidade dos PNAs solúveis de formar redes em solução aquosa e de retenção de água é maior do que a dos PNAs insolúveis, para Acamovic (2001). Isto explica o fato das fibras insolúveis como a celulose e os xilanos apresentarem maior retenção de água, comportando-se como esponjas, sendo a sua viscosidade relativamente baixa.

A maioria dos arabinoxilanos em grãos de cereais é insolúvel em água, pois encontra-se ancorada nas paredes celulares através de ligações cruzadas ésteres álcali-lábeis, ao invés de um aprisionamento físico simples (MARES & STONE, 1973). Porém, os arabinoxilanos não vinculados às paredes celulares podem formar soluções altamente viscosas, podendo absorver cerca de dez vezes o seu peso em água (WISEMAN, 2006).

Segundo Palenzuela et al. (1998) as aves sofrem mais o efeito da viscosidade oriunda das frações solúveis de  $\beta$ -glucanos e arabinoxilanos dos cereais do que outros monogástricos. A viscosidade elevada do conteúdo intestinal de aves, além de comprometer a digestibilidade da ração, aumenta a quantidade de excretas úmidas, dificultando a manutenção de cama em condições adequadas, podendo gerar maior quantidade de amônia. De maneira geral os PNAs prejudicam o desempenho zootécnico de frangos de corte, pois tem efeito deletério sobre a digestibilidade dos nutrientes presentes nas dietas, ocasionando perdas de nutrientes que poderiam ser absorvidos (SCHOULTEN et al., 2003).

Embora o milho e o farelo de soja apresentem alta digestibilidade para frangos de corte, estes ingredientes possuem quantidades consideráveis de PNAs em suas estruturas. A possibilidade de se obter melhorias no aproveitamento de ingredientes de alta qualidade também estimula novos estudos na área. Podem ser encontrados cerca de 8% de PNAs no milho, sendo 6%, na forma insolúvel, predominantemente arabinoxilanos, e 27% no farelo de soja, sendo apenas 6% na forma solúvel (SMITS & ANNISON, 1996). Entretanto, as pesquisas indicam valores variáveis de composição de PNAs solúveis e insolúveis nos ingredientes vegetais, o que requer uma melhor quantificação destes compostos e também uma melhor avaliação dos impactos proporcionados ao desempenho produtivo dos frangos de corte.

## **4 CONTEÚDO DE PNAs PRESENTES NOS PRINCIPAIS INGREDIENTES VEGETAIS**

Os principais ingredientes vegetais utilizados na formulação de dietas para frangos de corte no Brasil são o milho e o farelo de soja. Isso ocorre devido ao alto valor nutritivo desses alimentos e por estarem disponíveis em grande escala no mercado brasileiro. Entretanto, nos Estados Unidos e, principalmente, em países da União Europeia, culturas de inverno, como o trigo e a cevada, são bastante utilizados.

O conteúdo de PNAs presentes nos ingredientes vegetais é muito variável dependendo de fatores genotípicos e ambientais. Desta forma, o conhecimento do conteúdo de PNAs que compõe cada ingrediente torna-se muito importante na formulação de dietas para frangos de corte.

### **4.1 Milho**

O milho fornece aproximadamente 65% de energia e 20% da proteína das dietas para frangos de corte (COWIESON & ADEOLA, 2005), sendo o amido o seu principal carboidrato de reserva e também a principal fonte de energia. Apesar da utilização em larga escala na indústria de aves, o milho apresenta variações em sua composição nutricional e na quantidade de fatores antinutricionais (COWIESON, 2005).

Estudos indicaram que a proporção e conteúdo de PNAs presentes no milho podem variar, dependendo da variedade ou cultivar, das condições de desenvolvimento durante o cultivo, das temperaturas de secagem, da estrutura química do amido, entre outros fatores (LEESON et al., 1993; BROWN, 1996; COLLINS et al., 1998; COLLINS & MORAN, 2001). Estudos de Malathi e Devegowda (2001), indicam que o milho possui 9,32% de PNAs totais. Já Ruiz et al. (2008) reportaram valores próximos a 9,7% e Tavernari et al. (2008) estimaram teores destes compostos em 8,10%.

Os PNA predominantes no milho são arabinosilanos, os quais são compostos basicamente por arabinoses e xiloses. Choct (2001) reportou que o coeficiente de digestibilidade da arabinose e xilose para aves são de apenas 13 e 14%, respectivamente. Assim como a quantidade de PNAs totais em um mesmo ingrediente pode ser variável, as proporções presentes nos mesmos também podem variar. Souza (2005) relatou que dos 8% referentes à quantidade de PNAs totais presentes no milho, 4,2% são arabinosilanos. Já os



estudos de Malathi e Devegowda (2001), indicaram que a quantidade de arabinosilanos presentes no milho seria de 5,35%.

A quantidade de frações solúveis e insolúveis também não é constante neste ingrediente. Segundo Choct (1997), dos 8% de PNAs totais do milho, apenas 0,1% estaria na forma solúvel. Já Smith e Anisson (1996) afirma que em um total de 8% de PNAs presentes no milho, 2% encontravam-se na forma solúvel. Para Gracia et al. (2003), o milho não apresenta altas quantidades de PNAs, sendo estes predominantemente encontrados na forma insolúvel (CHOCT, 1997) o que não causaria grandes problemas na digestibilidade para aves. Já Smith e Anisson (1996), reportaram que essas quantidades de PNAs encontradas no milho seriam suficientes para causar efeitos negativos ao desempenho dos animais suplementados com este ingrediente.

## **4.2 Farelo de Soja**

O farelo de soja é a principal fonte proteica utilizada na formulação de rações para frangos de corte. Entretanto, também apresenta quantidades consideráveis de carboidratos em sua composição. O ingrediente possui em torno de 45 a 48% de proteína bruta, 35 a 40% de carboidratos, 7 a 10% de água, 5 a 6% de minerais e menos de 1% de gordura (USDA, 2009). O carboidrato é o nutriente menos compreendido presente no farelo de soja, sendo os seus fatores antinutricionais muitas vezes ignorados (CHOCT, 2010).

Como observado em outros ingredientes de origem vegetal, o conteúdo de PNAs é variável também no farelo de soja, dependendo principalmente da origem do grão, de sua variedade, do grau de processamento e da proporção da casca presente no farelo, a qual é rica em PNAs (NAGASHIRO, 2007). Segundo Knudsen (1997) o farelo de soja contém, aproximadamente, 24% de PNAs totais, sendo 6% encontrados na forma solúvel e 16 a 18% na forma insolúvel. Para Malathi e Devegowda (2001), observaram a quantidade de PNAs totais de 29,02%, sendo o conteúdo de celulose, pectina e arabinosilanos 5,15%, 6,16% e 4,21%, respectivamente. Já Smith e Annison (1996) encontraram um total de 27% de PNAs, sendo apenas 6% na forma solúvel. Segundo Charlton, (1996) na soja, esses compostos são em sua maioria encontrados na forma de pectinas, hemiceluloses e oligossacarídeos. Os principais oligossacarídeos presentes no farelo de soja são a rafinose e a estaquiiose. Adicionalmente, o estudo de Choct (1997) indicou que os carboidratos presentes no farelo de soja são predominantemente PNAs e açúcares livres como mono, di e oligossacarídeos. O mesmo autor ainda afirma que a quantidade de amido presente no farelo é menor do que 1%.

A maioria dos PNAs presentes no farelo de soja é encontrada na forma insolúvel, e consequentemente, não atua aumentando a viscosidade intestinal (SORBARA, 2008), interferindo pouco na digestão quando comparado com outros alimentos vegetais. Porém, os oligossacarídeos presentes no farelo de soja são considerados fatores antinutricionais para aves. Os oligossacarídeos são conhecidos por possuírem ligações  $\alpha$ -glicosídicas e por isso são também chamados  $\alpha$ -glicosídeos. A estaquiose é considerada a mais abundante dentre os tetrassacarídeos em vegetais, sendo formada por duas moléculas de galactose, glicose e frutose, enquanto que a rafinose é um trissacarídeo formado por frutose, galactose e glicose unidos por ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$ -1,6 (LAN et al., 2007).

De acordo com o estudo de GRAHAM et al. (2002), a rafinose e estaquiose contribuem para aproximadamente 6% da matéria seca do farelo de soja. Em um estudo realizado por Coca-Sinova et al. (2008) no qual determinou-se o percentual de estaquiose e rafinose em diferentes amostras de farelo de soja provenientes de diferentes regiões do mundo, constatou-se que a amostra brasileira continha 6,38% desses compostos, enquanto que a amostra espanhola e americana continham 4,81% e 5,1%, respectivamente.

A importância desses oligossacarídeos para nutrição de aves está no fato de que esses compostos não podem ser degradadas por animais não-ruminantes, já que estes não secretam a enzima  $\alpha$ -1,6-galactosidase, o que pode dificultar a absorção dos nutrientes e reduzir o valor da energia metabolizável das rações (VINJAMOORI et al., 2004; VAHJEN et al., 2005).

### **4.3 Outros Ingredientes Vegetais**

Apesar do milho e do farelo de soja serem os ingredientes mais utilizados para a formulação de rações para frangos de corte no Brasil, a realidade nos países de clima predominantemente temperado é outra. Dessa forma, outros ingredientes vegetais são utilizados pela indústria de rações nos países da União Europeia e nos Estados Unidos. Os principais ingredientes são: trigo, farelo de arroz, centeio, cevada, farelo de aveia, DDGs (resíduos secos de destilaria com solúveis), entre outros.

O trigo é uma importante fonte de energia utilizada em dietas para aves. A quantidade total de PNAs deste ingrediente situa-se entre 8,3 e 9,8% (SLOMINSKI et al., 2000), sendo os arabinoxilanos os seus principais constituintes, compreendendo por aproximadamente 50% deste total (HENRY, 1987). Segundo Steinfeldt et al. (1995), embora os arabinoxilanos estejam presentes em maior quantidade, a celulose e os  $\beta$ -glucanos são também relevantes na composição deste ingrediente.

O farelo de arroz é uma importante fonte energética em dieta para frangos de corte, porém este ingrediente possui fatores antinutricionais importantes como altas quantidades de fósforo fítico e PNAs. O estudo de Malathi e Devegowda (2001) indicou que 59,97% dos carboidratos presentes no farelo de arroz são PNAs. Para Shibuta et al. (1985), a fibra do farelo tem em sua composição 38% de hemicelulose, 28% de celulose, 27% de lignina e 7% de pectina. O mesmo autor também afirma que os arabinosilanos compõem cerca 80% do total da hemicelulose presente no ingrediente, sendo o PNA de maior relevância.

O centeio possui 13,2% de PNAs totais, sendo 4,6% na forma solúvel e 8,6% na forma insolúvel. A maior fração dos PNAs totais presentes neste ingrediente são os arabinosilanos, os quais compreendem a 8,9%. Na cevada, são os  $\beta$ -glucanos os PNAs mais prevalentes, sendo que dos 16,7% de PNAs totais 12,2% estão na forma insolúvel e 4,5% na forma solúvel. Já o farelo de aveia, possui em sua composição cerca de 13,7% de PNAs totais, 8,4% destes na forma solúvel, sendo os  $\beta$ -glucanos os PNAs predominantes (ENGLYST, 1989; CAPRITA et al., 2010).

A relação arabinosilano/ $\beta$ -glucano é maior em centeio e trigo do que em cevada ou aveia. Além disso, enquanto a proporção de arabinosilanos solúveis em relação ao conteúdo total de arabinosilano pode ser muito baixa (menos de 10%), a relação entre os  $\beta$ -glucanos solúveis e o seu conteúdo total é elevada em cevada e aveia, sendo de 54% e 80% respectivamente (AMAN et al., 1989).

Por fim, os subprodutos conhecidos como DDGs (grãos secos por destilação) podem ser obtidos a partir de diferentes ingredientes. Os DDGs da produção de etanol podem ser utilizados em dietas para aves e têm sido muito empregados na formulação das dietas nos EUA e países europeus. O milho é a principal matéria-prima utilizada na produção desse álcool, porém outros grãos podem ser utilizados, como o sorgo e o trigo. Sendo assim, a composição do DDGS é muito variável, pois depende da espécie, da composição do grão que lhe deu origem e do processo de obtenção. Durante o processo de fermentação, o amido é convertido em etanol e, por isso, o DDGs não possui grandes quantidades deste carboidrato, tendo elevadas quantidades de proteínas, minerais e PNAs (SPIEHS et al., 2002)

Thacker e Widyaratne (2007) afirmaram que os DDGs de trigo contêm maiores quantidades de PNAs quando comparado aos DDGs de milho. Segundo estudos de Ward et al. (2008), analisando diversas amostras de DDGs do milho, o ingrediente possuiu cerca de 23,1% de PNAs totais, sendo a maior parte na forma insolúvel (88%). O mesmo autor estimou que a quantidade de arabinosilanos presente era de, aproximadamente, 11,7%. A celulose também contribuiria significativamente na composição das amostras analisadas, de modo que,

somadas à fração de arabinosilanos, estes compostos corresponderiam a 85% do total de PNAs presentes. Entretanto, para Spiehs et al. (2002), os DDGs contêm altas quantidades de PNAs solúveis, predominantemente hemiceluloses. O autor ainda sugere que esta quantidade pode estar sendo subestimada e estes dados reforçam a necessidade de mais estudos sobre a composição deste subproduto, que tem sido cada vez mais utilizado como ingrediente na indústria avícola.

## **5 IMPORTÂNCIA DO CONHECIMENTO SOBRE AS FRAÇÕES FIBROSAS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES**

Segundo dados da ABPA (2014) o Brasil é, atualmente, o maior exportador e terceiro maior produtor de frangos do mundo. A nutrição de frangos de corte corresponde a aproximadamente 70% do custo de sua produção. Pesquisas que objetivam melhorar o aproveitamento de ingredientes na nutrição de frangos de corte são cada vez mais importantes, pois representam uma possibilidade de maiores ganhos no desempenho produtivo e otimização dos custos de produção.

Adicionalmente, existe uma carência de pesquisas brasileiras sobre a composição mais detalhada dos fatores antinutricionais presentes nos ingredientes utilizados na formulação de dietas para frangos de corte. As pesquisas laboratoriais também não possuem uma metodologia padronizada para a aferição desses fatores, o que torna necessário um maior estudo dos mesmos para que se consiga um melhor aproveitamento dos nutrientes. Outro fator que contribui para a necessidade de estudos é a variação nutricional e das frações de PNAs presentes nos ingredientes vegetais, como já citado anteriormente. O Brasil, por possuir uma grande extensão de terra agrícola, produz grãos em condições climáticas muito variáveis, o que potencializa essa variabilidade de PNAs presente nos ingredientes vegetais utilizados nestas dietas. Essa diferença se torna maior se considerarmos a variação na composição dos ingredientes utilizados em todos os continentes que abrigam a produção avícola e a suas diferentes formulações de rações para frangos de corte.

Os PNAs não são tóxicos para as aves, porém não contribuem para um ideal crescimento e melhor conversão alimentar destes animais, pois interferem na digestibilidade dos alimentos, representando maiores custos de produção. Uma das estratégias da indústria para diminuir o efeito deste fator antinutricional sobre o desempenho de frangos de corte é a utilização de enzimas exógenas, as quais atuam sobre substratos específicos, neste caso sobre as frações dos PNAs, liberando açúcares simples, que podem, então, ser absorvidos pelas aves. Porém, para que esta ferramenta seja mais bem aproveitada, é necessário um maior entendimento sobre a presença, quantidade e composição dos diferentes carboidratos nos ingredientes.

Dessa forma, são necessários mais estudos sobre as frações e o conteúdo de PNAs que compõem os ingredientes vegetais utilizados nas dietas para frangos de corte, pois estes fatores antinutricionais podem acarretar menor digestibilidade dos nutrientes. A possibilidade de mais pesquisas nesta área, permite conhecer melhor a composição destes ingredientes para,

posteriormente, desenvolver tecnologias capazes de amenizar os efeitos negativos dos PNAs sobre o desempenho de frangos de corte.

## REFERÊNCIAS

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.

ADEOLA, O.; JENDZA, J. A.; SOUTHERN, L.L.; POWELL, S.; ASIEDU, A. O. Contribution of exogenous dietary carbohydrases to the metabolizable energy value of corn distillers grains for broiler chickens. **Poultry Science**, v. 89, n. 9, p. 1947-1954, sept. 2010.

AMAN, P.; GRAHAM, H.; TILLY, A. C. Content and solubility of mixed-linked  $\beta$ -glucan in barley and oats during kernel development and storage. **Journal of Cereal Science**, v.10, p. 45-50, 1989.

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.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA) 2014. Disponível em <<http://www.ubabef.com.br/estatisticas/frango>>, Acesso em 10 jun 2014.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301p.

BRETT C.T. & WALDRON K.W. 1996. Physiology and biochemistry of plant cell walls. 2th ed. London UK: Chapman & Hall, 1996. 194p.

BROWN, I. Complex carbohydrates and resistant starch. **Nutrition Reviews**, v.54, n.11,p 115-119, 1996.

CAPRITA, R.; CAPRITA, A.; JULEAN, C. Biochemical Aspects of Non-Starch Polysaccharides. **Animal Science and Biotechnology**, Romania, v.43, n.1, p. 368- 374, 2010.

CHARLTON, P. Expanding enzyme application: higher aminoacid and energy values for vegetable proteins. In: Biotechnology in the feed industry, 12, Nottingham. **Proceedings...** Nottingham: Nottingham University Press, 1996, p.317-326,

CHOCT, M.; DERSJANT-LI, Y.; MCLEISH, J.; PEISKER, M. Soy oligosaccharides and soluble non-starch polysaccharides: a review of digestion, nutritive an anti-nutritive effects in pigs and poultry. **Asian-Australasian Journal of Animal. Science**, v. 23, n. 10, p. 1386–1398, 2010.

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

CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive activity of wheat pentosans in broiler diets. **British Poultry Science**, London, v.30, p.811-821, 1990.

CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. Enzyme in farm animal nutrition. CAB International, Wallingford, UK, 2001. p. 145-160,

COCA-SINOVA, A.; VALENCIA, D. G.; JIMÉNEZ-MORENO, E.; LÁZARO, R., MATEOS, G. G. Apparent ileal digestibility of energy, nitrogen, and amino acids of soybean meals of different origin in broilers. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, p.2613–2623, 2008.

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 e Agrotecnologia**, Lavras, v.27, n. 6, p. 1289-1296, 2002.

COLLINS, N. E.; MORAN, J.R. Influence of yellow dent maize hybrids having different kernel characteristics yet similar nutrient composition on broiler production. **Journal of Applied Animal Research**, v. 10, p. 228-235, 2001.

COLLINS, N.E.; MORAN, E.T.; STILBORN, H.L. Maize hybrid and bird maturity affect apparent metabolizable energy values. **Poultry Science**, v 77, p. 11-42, 1998.

COWIESON, A. J.; ADEOLA, O. Carbohydrases, proteases and phytase have na additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. **Poultry Science**, v. 84, n. 12, p. 1860-1867, 2005.

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

EVERS, A. D.; BLAKENEY, A. B.; O' BRIEN, L. Cereal structure and composition. **Australian Journal Agriculture Research**, v.50, n.5, p. 629-650, 1999.

FIREMAN, F. A. T.; FIREMAN. A. K. A. T. Enzimas na alimentação de suínos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, p.173-178, 1998.

GERBER, L. F. P.; JÚNIOR, A. M. P.; RIBEIRO, A. M. L. Efeito da composição do farelo de soja sobre o desempenho e o metabolismo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1359-1365, 2006.



GRACIA, M., et al. Alpha amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, v. 82, n. 3, p. 436-442, 2003.

GRAHAM, K.K.; KERLEY, M.S.; FIREMAN, J.D.; ALLEE, G. L. The effect of enzyme treatment of soybean meal on oligosaccharide disappearance and chick growth performance. **Poultry Science**, Champaign, v.81, p. 1014-1019, 2002.

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

HATFIELD, R.D.; JUNG, H.G.; RALPH, J.; BUXTON, D. R.; WEIMER, P. J. A comparison of the insoluble residues produced by the klason lignin and acid detergent lignin procedures. **Journal of the Science of Food and Agriculture.**, Chichester, v 65, p. 51-58, 1994.

HENRY, R. J. Pentosan and (1-3), (1-4)- $\beta$ -glucan concentrations in endosperm and wholegrain of wheat, barley, oats and rye. **Journal of Cereal Science**, v. 6, p. 253–258, 1987.

HOPWOOD D.E.; PETHICK, D. W.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. Addition of pearl barley to a rice – based diet for newly weaned piglets increased the viscosity of the intestinal contents, reduces starch digestibility and exacerbates post – weaning colibacillosis. **British Journal of Nutrition**, v 92, p 419-427, 2004.

LAN, Y; WILLIAMS, B.A; VERSTEGEN, M.W.A; PATTERSON R; TAMMINGA S. Soy oligosaccharides in vitro fermentation characteristics and its effect on caecal microorganisms of young broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**. Amsterdam, v. 133, n. 3, p. 286–297, 2007.

LEESON, S.; YERSIN, A.; VOLKER, L. Nutritive value of the 1992 maize crop. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 2, n. 3, p. 208-213, 1993.

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

MARES, D.J.; STONE, B.A. Studies on wheat endosperm: Chemical composition and ultrastructure of cell wall. **Australian Journal of Biological Sciences**. v. 26, p. 793-813, 1973.

MOURINHO, F. L. **Avaliação nutricional da casca de soja com ou sem adição de complexo enzimático para leitões na fase de creche**. 2006. 42 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2006.

NAGASHIRO, C. Enzimas na nutrição de aves. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2007, Santos. **Anais...** Santos: FACTA, 2007. p. 309-327.

OLIVEIRA, M. C.; MORAES, V. M. B. Mananoligossacarídeos e enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja para aves. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.3, p.339-357, 2007.

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

PARTRIDGE, G.G. The role and efficacy of carbohydrase enzymes in pig nutrition. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford: CABI Publishing, 2001, p.161-198.

PENZ JÚNIOR A.M. Enzimas em rações para aves e suínos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, Botucatu-SP, 1998, p.165-178.

PLUSKE, J.R.; SIBA P.M.; PETHICK, D.W.; DURMIC A.; MULLAN, B.P.; HAMPSON, D.J. The incidence of swine dysentery in pigs can be reduced by feeding diets that limit the amount of fermentable substrate entering the large intestine. **Journal of Nutrition**, v. 126 p. 2920-2933, 1996.

RALPH, J. Cell wall cross-linking in grasses: The importance of understanding plant chemistry and biochemistry. In: Informational conference with dairy and forage industry. SATTER, L.D., p. 1. U.S. Dairy Forage Research Center. Madison. WI. 1996.

RIZZOLI, P. W. **Desempenho, incremento de energia e digestibilidade de nutrientes em rações de frangos de corte contendo enzimas exógenas**. 2009. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 1607-1623, 1986.

ROSA, A.P & UTTAPEL, 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.

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

SCHOULTEN, N. A. et al. Desempenho de frangos de corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. v. 27, n. 6, p. 1380-1387, 2003.

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

SHIBUTA, N.; NAKANE, R.; YASUI, A.; TANAKA, K.; IWASAKI, T. Comparative studies on cell wall preparations from rice bran, germ, and endosperm. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v. 62, n. 4, p. 252-258, 1985.

SILVA, J. S. Estrutura, composição e propriedades dos grãos. In: SILVA, J. S., CORRÊA P. C. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2.ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008, cap. 2, p. 21-37.

SLOMINSKI, B. A.; GDALA, J.; BOROS, D.; CAMPBELL, L. D.; GUENTER, W.; JONES, O. Variability in chemical and nutritive composition of Canadian wheat and the potential for its minimization by enzyme use. In: **Proceedings...** Montreal, XXI World Poultry Congress, Montreal, Canada, 2000.

SMITS, C. H. M. et al. The inhibitory effect of carboxymethylcellulose 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**, Champaign, v. 77, n. 10, p. 1534-1539, oct. 1998.

SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - towards a physiologically valid approach to their determination. **World's Poultry Science Journal**, v. 52, p. 203-221, 1996.

SORBARA, J.O.B. **Carboidrases em programas enzimáticos de rações para frangos de corte**. 2008. 71f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Paraná. 2008.

SPIEHS, M. J.; WHITNEY M. H.; SHUSRSON G. C. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. **Journal of Animal Science**. v 80, n. 10, p. 2639-2645, 2002.

STEENFALRDT, S.; BACH KNUDSEN K. E.; BORSTING C. F.; EGGUM, B. O. The nutritive value of decorticated mill fractions of wheat. 2. Evaluation with raw and enzyme treated fractions using adult cockerels. **Animal Feed Science and Technology**, v. 54, n. 1-4, p. 249-265, 1995.

TAVERNARI, F. C., et al. Polissacarídeo não amiláceo solúvel na dieta de suínos e aves. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 5, n. 5, p. 673-689, 2008.

TESTER, R. F.; KARKALAS, I.; QI, X. Starch – composition, fine, structure and architecture. **World's Poultry Science Journal**, v.39, n. 2, p.151–165, 2004.

TESTER, R. F.; KARKALAS, I.; QI, X. Starch structure and digestibility. Enzyme-substrate relationship. **World's Poultry Science Journal**, v.60, n 2, p.186–195, 2004.

THACKER, P. A.; WIDYARATNE, D. P. Nutritional value of diets containing graded levels of wheat distillers grains with solubles fed to broiler chicks. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 87, n. 7, p. 1386–1390, 2007.

TORRES, D. M. **Valor nutricional de farelos de arroz suplementados com fitase, determinado por diferentes metodologias com aves**. 2003, 172f . Tese (doutorado em zootecnia) - Universidade Federal de Lavras - UFLA, Lavras, 2003.

UNITED STATES OF AGRICULTURE (USDA), 2009. National Nutrient Database for Standard Reference Release 18. Disponível em <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/SR18/sr18.html>> Acesso em 11 jun 2014.

VAHJEN, W; BUSCH, T; SIMON, O. Study on the use of soya bean polysaccharide degrading enzymes in broiler nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n 3-4, p.259-276, 2005.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2th ed. New York: Cornell University Press, 1994, 476p.

]

VINJAMOORI, D. V.; BYRUM, J. R.; HAYES, T.; DAS, P. K. Challenges and opportunities in the analysis of raffinose oligosaccharides, pentosans, phytate, and glucosinolates. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 319-328, 2004.

WARD, N.E.; ZILJSTRA, R.T.; PARSONS C.; STARJEY C. Non-starch polysaccharide (NSP) content of U.S. commercial corn distiller's dried grains with solubles. Abstract, SPSS, Atlanta, GA, 2008.

WILLIAMS, P. E. V.; GERAERT, P. A.; UZU, G.; ANNISON, G. Factors affecting non-starch polysaccharide digestibility in poultry. CIHEAM-Options Mediterraneennes [online], p.125-134. Disponível em <<http://ressources.ciheam.org/om/pdf/c26/97605979.pdf>> Acesso em: 12 jun. 2014

WISEMAN, J. Variations in starch digestibility in non-ruminants. **Animal Feed Science Technology**, Amsterdam, v.130, p. 66-77, 2006.

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**, 2004.