

Perspectivas quanto ao desenvolvimento de enzimas para uso na nutrição de aves.

Everton Luis Krabbe – Pesquisador

Embrapa Suínos e Aves - Concórdia – SC

1. Introdução:

Enzimas representam importante recurso para os sistemas de produção de aves e suínos, não apenas na área de nutrição, mas também nas áreas de ambiência e sanidade.

Pontos críticos no uso de enzimas são comuns na indústria, especialmente no que diz respeito ao conhecimento do substrato contido na matéria prima, estabilidade enzimática e métodos analíticos e experimentais.

Este artigo tem como objetivo abordar as potencialidades do uso de enzimas na produção, além de abordar o atual estágio das pesquisas e perspectivas futuras para novos recursos.

2. Origem das enzimas e seu funcionamento

As enzimas são substâncias protéicas, que tem a capacidade de auxiliar na degradação (quebra) de componentes específicos presentes nos alimentos.

Dentre as principais enzimas em uso na alimentação animal, podemos citar a lipase, xilanase, glucanase, fitase e protease. A enzima mais recomendada para cada dieta está na dependência de sua composição, como segue no quadro a seguir (Quadro 01).

Quadro 01 – Ingredientes usuais, substratos e enzimas aplicáveis.

Ingrediente	Substrato	Enzima indicada
Farelo de soja	Fitato, Polissacarídeos não amiláceos	Fitase, Protease
Milho	Fitato	Fitase
Trigo e Triticale	Fitato, Pentosanos	Fitase, Xilanase
Aveia e Cevada	Fitato, Beta-glucanos	Fitase, Beta-glucanase
Farelo de girassol	Fitato, Xilanos e Arabinose	Fitase, Xilanase, Protease
Farelo de arroz	Fitato, Gordura	Fitase, Lipase
Gorduras	Gorduras	Lipase

De todos os compostos mal digeridos nos alimentos, dois são mais evidentes, sendo o primeiro o fitato (fósforo fítico) e os polissacarídeos não amiláceos (PNA).

Em relação ao fósforo fítico, todos os ingredientes de origem vegetal apresentam um percentual de fósforo nesta forma e conseqüentemente não disponível para monogástricos (Quadro 02).

Quadro 02 – Conteúdo de fósforo em matérias primas e sua disponibilidade.

Ingrediente	% total de fósforo	% fósforo disponível
Cevada	0,42	0,13
Milho	0,25	0,03
Aveia	0,35	0,08
Sorgo	0,29	0,06
Farelo de arroz	1,70	0,42
Trigo	0,40	0,19
Farelo de trigo	1,17	0,34
Farelo de algodão	1,00	0,01
Farelo de soja	0,65	0,20

Adaptado de PUGH, 1993.

Como pode ser observado no Quadro 02, do montante de fósforo presente nas matérias primas citadas, em média, apenas 23,5 % é disponível para aves e suínos. Este fato merece algumas considerações. O primeiro aspecto, é de que boa parte do fósforo presente na dieta acaba simplesmente poluindo o meio ambiente. Outro ponto, é que se este fósforo estivesse disponível, haveria uma economia de fontes de fósforo, tais como farinha de ossos, fosfatos de rocha e fosfatos mono e bicálcicos, que representaria uma grande economia no custo das dietas. E finalmente, é importante recordar que muitos outros nutrientes, como aminoácidos e minerais estarão ligados ao fitato, logo indisponíveis aos animais, assim deixamos de otimizar também a fração proteica e micro mineral dos ingredientes.

Outro importante papel das enzimas refere-se aos carboidratos presentes na fibra dos vegetais. As principais vantagens do uso de enzimas sobre estas estruturas, deve-se por diminuir a viscosidade do conteúdo do trato

gastrointestinal (TGI); otimizar a ação das enzimas endógenas (produzidas pelo próprio animal); e a liberação dos nutrientes antes indisponíveis ligados à fração fibrosa.

A viscosidade é consequência de alguns componentes da fibra solúveis em água (Quadro 03). O aumento da viscosidade prejudica a ação enzimática e a distribuição dos nutrientes no intestino, diminuindo a absorção e prejudicando a eficiência alimentar. Este fato é especialmente grave em aves jovens, pois o tempo de passagem dos alimentos pelo TGI é de apenas 4 horas. Quanto maior o percentual de PNA solúveis nas matérias primas, maiores são os benefícios com o uso de enzimas.

Observando o quadro 03, observa-se que o farelo de soja, ingrediente presente em grande número de dietas, apresenta 0% de digestibilidade dos seus PNA. Esse fato explica porque existe uma diferença tão pronunciada entre a energia bruta (EB) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) (4.180 x 2.540 kcal/kg, respectivamente), para aves.

Quadro 03– Composição de cereais e derivados utilizados na nutrição de aves
(% na matéria seca).

Componente	Milho	Trigo	Cevada	Aveia	F ^o . Girassol	F ^o . de arroz	F ^o . de soja
Fibra bruta	2,1	2,2	4,6	11,2	26,1	16,5	5,1
FDN ¹	11,3	10,4	16,6	29,6	41,3	39,7	9,3
FDA ²	3,2	3,0	6,2	13,8	32,1	21,9	6,1
PNA ³ (Total)		10	15		28	25	20
PNA (Solúvel)		7,4	10,4	15,8	9,2	17,8	
PNA (Digestibilidade)		12	14		17	3	0
EB ⁴ kcal/kg	3.933	3.846	4.045	4.288	4.200	4.396	4.180
EMAn ⁵ kcal/kg (aves)	3.371	3.073	2.735	2.494	1.975	2.453	2.540

Adaptado de Pugh, 1993.

¹ Fibra detergente neutro

² Fibra detergente ácido

³ Polissacarídeo não amiláceo

⁴ Energia bruta

⁵ Energia metabolizável aparente corrigido para nitrogênio (Rostagno, 2000), exceto para aveia e farelo de girassol (Pugh, 1993).

3. Organismos produtores de enzimas:

Neste campo as pesquisas avançam rapidamente, no sentido de prospectar novos microrganismos potencialmente produtores de enzimas. Em termos de tempo demandado para o desenvolvimento de uma nova enzima aplicada a produção animal, considerando o momento de sua descoberta, desenvolvimento e estabelecimento das condições para produção em escala industrial, validação com animais e registro junto aos órgãos legais, transcorrem anos e o investimento é expressivo.

Não há dúvidas de que biomas como o brasileiro, reservam grandes recursos genéticos potencialmente aplicáveis ao desenvolvimento de novas moléculas, trata-se apenas de uma questão de foco. Se houverem linhas de pesquisa orientadas a explorar a biodiversidade, certamente muitos novos organismos serão descobertos.

4. Domínio sobre a caracterização de substratos:

As dietas para aves e suínos são compostos essencialmente por milho e farelo de soja. Estas duas matérias-primas representam mais de 85% do volume da maioria das dietas e aproximadamente 65% do custo das formulações (SINDIRAÇÕES, 2011).

A escassez de dados brasileiros quanto à composição de fatores antinutricionais das matérias-primas de interesse na alimentação animal, como o milho e o farelo de soja, aliados ao fato da ausência de pesquisas laboratoriais com metodologia padronizada para avaliação deste fatores, torna imprescindível o estudo dos mesmos para um melhor aproveitamento das dietas pelos animais.

O Brasil deve estar inserido nas pesquisas dos fatores antinutricionais, uma vez que é um dos maiores produtores de grãos do mundo (145 milhões de toneladas IBGE, 2009), possuindo uma extensa área agrícola, o que faz com que sejam necessários estudos das matérias-primas de diferentes regiões geográficas, em vista das suas variações climáticas.

A maioria das informações disponíveis foram geradas na Europa, nos Estados Unidos e Austrália, não retratando a realidade brasileira. No Brasil, importante pólo de produção de proteína animal, poucas pesquisas foram conduzidas com o propósito de conhecer com profundidade a real composição das matérias-primas nacionais, no que se refere a fatores antinutricionais, o que possivelmente pode estar comprometendo a digestibilidade dos alimentos.

Apesar da utilização em larga escala, o milho e o farelo de soja apresentam variações em sua composição em termos de fatores antinutricionais (Cowieson, 2005; Paula, 2007; Remus, 2008). Embora existam

informações limitadas, dois fatores antinutricionais são de maior relevância no milho: fitato e xilanos (pentosanos). Além disso, há relatos na literatura indicando que o valor nutricional; resposta a processos térmicos tais como peletização, expansão e extrusão; e a melhora do valor de energia metabolizável através do uso de enzimas (especialmente amilase) são dependentes da relação amilose:amilopectina.

No caso do farelo de soja, com exceção dos inibidores de tripsina, os demais fatores antinutricionais (oligossacarídeos e fitato) não são monitorados pelo controle de qualidade da indústria. Segundo Chen et al. (2010), os oligossacarídeos da soja compreendem um grupo de açúcares compostos essencialmente por galactose (65,3%), manose (15,6%), glicose (8,7%), frutose (7,8%), arabinose (1,9%) e xilose (0,9%). Paula (2007), estudando 34 genótipos de grãos de soja quanto à composição bioquímica e fatores antinutricionais, concluiu que há grande variabilidade entre genótipos no que se refere a rafinose, estaquiase e fitato. Além disso, houveram correlações significativas entre parâmetros bromatológicos (cinzas e sacarose) e estes fatores antinutricionais.

Todos esses fatores são influenciados pelas características genéticas dos grãos, fatores climáticos e condições de cultivo. No Brasil, em vista da sua extensão territorial e variações climáticas regionais, poucas são as informações disponíveis. Em parte, a dificuldade de análise, tem sido o limitante para a geração destes dados. A perspectiva do uso de ferramentas preditivas para fatores antinutricionais a partir de parâmetros bromatológicos, físicos ou NIR pode ser uma forma econômica, rápida e simples da indústria de rações poder segregar melhor suas matérias-primas, otimizando processos e maximizando a eficiência econômica das dietas.

Os métodos para análise de compostos indigestíveis pelas aves e suínos foram desenvolvidos ao longo dos anos de forma segmentada. Entretanto, no Brasil, apenas recentemente laboratórios especializados, iniciaram trabalhos que reúnem estes métodos, para o estudo destes compostos de forma escalonada e de aplicação direta à produção de dietas para aves e suínos.

5. Fatores antinutricionais em milho e farelo de soja

O grão de milho é composto essencialmente por carboidratos, representando aproximadamente 74% da matéria seca total do grão. Entre os carboidratos, o amido, que é predominante, celulose, hemicelulose, pentosanas, dextrinas e açúcares (Carvalho e Nakagawa, 1979). Para o caso da soja, Yazdi-Samadi et al (1977) verificaram que o teor de amido sofre um certo aumento durante o desenvolvimento da semente, para depois decrescer por ocasião da maturidade, fato também observado por outros pesquisadores.

No quadro 04, estão apresentados dados de composição química de grãos de milho e soja. Estes dados mostram que há uma significativa variação em termos de presença de carboidratos na fração fibrosa destes grãos, e que no caso da soja, quando submetida a extração do óleo, acaba por concentrar ainda mais este parâmetro.

Quadro 04 – Composição química de grãos (%).

Grão	Água	Proteína	Lípidios	Carboidrato		Cinzas
				Total	Fibra	
Milho	13,8	8,9	3,9	72,2	2,0	1,2
Soja	10	34,1	17,7	33,5	4,9	4,7

Adaptado de Watt e Merrill, 1963, citado por Carvalho e Nakagawa, 1979.

O amido é considerado um carboidrato de mais fácil digestão, porém, mesmo assim seu aproveitamento não é pleno em aves e suínos, quando avaliado ao nível terminal do íleo. Noy e Sklan (1994) estimaram que de 11 a 18% do amido pode permanecer indigerido na porção terminal do íleo, em aves com idade entre 4 a 21 dias de idade. Estas diferenças podem ocorrer em

função do tipo de estrutura cristalina, relação amilose:amilopectina, proteínas quelantes, encapsulamento da parede celular e até mesmo a gelatinização durante processo térmico.

Cowieson (2005) revisou estes fatores em milho. O autor menciona que o milho tem sido adotado pela indústria de rações por ser considerado um produto com elevado valor nutricional, além de uma teórica consistência em sua composição. Entretanto, o autor salienta de que este pode não ser o real contexto, em função de pesquisas que tem mostrado uma significativa variabilidade na sua composição, especialmente em termos de amido, proteína, fibra, extrato etéreo e aminoácidos (Quadro 05).

Além destes parâmetros, Cowieson, 2005, citando outras fontes, menciona grande variabilidade no valor de energia metabolizável aparente, podendo chegar a 500 Kcal/kg, entre lotes de grãos, o que torna o uso de tabelas de composição de alimentos muito impreciso. O autor relata que o uso de enzimas exógenas pode diminuir essa variabilidade, entretanto, apesar de existirem diversas pesquisas mostrando resultados positivos, existem respostas inconsistentes. Com a finalidade de melhorar a consistência e a magnitude das respostas decorrentes do uso de enzima para aumentar a digestibilidade de milho, é vital compreender os fatores interferentes e inerentes ao valor nutricional do milho para aves e suínos.

Quadro 05 – Variação na composição química de 59 amostras de milho (Danisco Animal Nutrition).

Base Matéria Seca	Amido (g/kg)	Proteína Bruta (g/kg)	Óleo (g/kg)	Relação Amilose:amilopectina
Média	674	80,3	44,0	0,31
Desvio Padrão	23	5,9	4,5	0,05
Mínimo	628	71,0	34,7	0,21
Máximo	720	94,5	52,4	0,44

Adaptado de Cowieson, 2005.

Weurding et al, (2001 a, 2001 b), observaram clara diferença na taxa de digestibilidade do amido para diversas matérias-primas estudadas. Esta constatação, justifica a necessidade de um maior domínio da composição das matérias-primas empregadas no Brasil, onde muito pouco se conhece a respeito, embora, o milho seja massivamente empregado na elaboração de dietas, sem haver a devida atenção a este aspecto, que por sua vez pode estar implicando em significativa perda econômica.

A composição química e por consequência o valor nutricional do milho é variável e dependente da variedade ou cultivar, condições de desenvolvimento durante o cultivo, temperaturas de secagem, estrutura química do amido, matriz lipídio/proteína/amido, e a presença de fatores antinutricionais (Leeson et al, 1993; Leigh, 1994; Brown, 1996; Collins et al, 1998; Collins e Moran, 2001).

Weurding et al, (2001 a, b) relatam que a principal razão para essa diferença no valor de energia deve-se a elevada concentração de amido, assim como a baixa concentração de PNA solúveis (sendo o de maior importância as arabinoxilanas), em comparação com cereais como trigo, aveia e centeio. O

milho também apresenta baixa concentração de outros fatores antinutricionais tais como fitina, inibidores de tripsina e lectinas. Entretanto, apesar do milho ser considerado como alimento de alta digestibilidade em aves, existem algumas evidências que sugerem que a presença de amido resistente limita os valores de energia metabolizável (Brown, 1996; Weurding et al. 2001 a, b).

Cowienson, (2005) relata ainda que é fundamental que sejam desenvolvidos mecanismos de análise de alimentos para a predição do valor nutricional e também o potencial decorrente do uso de enzimas. Estas ferramentas devem ser baseadas em parâmetros conhecidos e disponíveis rotineiramente na indústria.

O farelo de soja é outra matéria-prima de grande preferência na elaboração de dietas. Segundo Cromwell, 1999, mais de 60% de todas as fontes proteicas usadas no mundo na elaboração de dietas são constituídas de farelo de soja. Seu uso tem sido tão popular em função de sua alta concentração proteica (44 a 48%) e seu excelente perfil de aminoácidos. Entretanto, o farelo de soja contém uma gama significativa de fatores antinutricionais, sendo alguns bem conhecidos como já anteriormente apresentado, o fitato. Entretanto, as variedades de soja apresentam diferenças quanto à concentração deste composto, sendo ainda influenciado pela condições de cultivo.

Em um estudo com 34 genótipos de soja, Paula, 2007 encontrou uma grande variação em termos de concentração de fatores antinutricionais como rafinose, estaquiose e fitato. Além disso, esta autora mostra que existe correlação entre parâmetros como teor de cinzas e fitato; cinzas e estaquiose; cinzas e rafinose; cinzas e açúcares solúveis; além de uma relação direta entre açúcares totais e estaquiose e rafinose.

Genótipos de soja geneticamente modificados já estão sendo avaliados, especialmente para obter grãos de soja com teor mais baixo de fitato, sendo que os trabalhos já concluídos mostram que o fósforo tem sido mais biodisponível em suínos (Cromwell, 1999).

Oligossacarídeos, tais como rafinose e estaquiose que representam entre 5 e 7% do grão de soja, não são digeridos e causam distúrbios digestivos indesejados, especialmente em animais mais jovens. A exemplo do fitato, pesquisas buscando identificar os genes responsáveis pela síntese destes compostos nos grãos de soja têm sido realizadas e grãos têm sido manipulados geneticamente (Cromwell, 1999).

A soja pode conter também proteínas com ação antigênica, causando resposta inflamatória no intestino quando presente em níveis elevados. Este efeito alergênico aparenta ser mais pronunciado em animais jovens recebendo dietas com níveis elevados de farelo de soja. Além disso, soja contém compostos denominados de lectinas que se ligam a parede intestinal e interferem negativamente a absorção de nutrientes. Felizmente, as lectinas são destruídas quando a soja é submetida a um adequado aquecimento. Adicionalmente, outros compostos podem ser encontrados na soja, tais como, saponinas, lipoxidases, fitoestrógenos e goioestrógenos, embora não se conheça muito a respeito do efeito antinutricional destes últimos (Cromwell, 1999).

6. Produção industrial de enzimas:

Basicamente existem dois sistemas de produção:

- a) Fermentação submersa;
- b) Fermentação semi-sólida (FSS).

A fermentação submersa representa o principal processo produtivo em uso (Cowan, 1993). Esta estrutura de produção é similar aquela utilizada para produção de antióticos e ácidos orgânicos.

Entretanto, a fermentação em estado semi-sólido tem sido considerada como uma alternativa interessante e tende a ser mais explorada ao longo dos próximos anos.

Uma das possibilidades de avanços pode estar relacionado ao processo de fermentação, através do uso de novos meios de cultivo (fermentação submersa) ou no caso da FSS, os microrganismos expressarem seu potencial de produção de enzimas de uma forma distinta até o momento desconhecido.

7. Enzimas em uso:

Existem inúmeras enzimas comerciais disponíveis para produção animal. Na Europa, por exemplo, existem mais de 200 enzimas comerciais registradas. Portanto, existem muitas opções. O maior obstáculo reside no fato de como utilizar corretamente as enzimas.

Pesquisas que tratam da otimização do uso de enzimas são uma urgente demanda. Evidente que seguir desenvolvendo novos produtos é importante, mas deve estar em sintonia com a realidade do usuário final.

8. Novas perspectivas para o emprego de enzimas na avicultura:

Além da adoção de enzimas na elaboração de dietas, outras possibilidades de uso vem sendo pesquisados.

O uso de queratinase ou inoculantes contendo microrganismos produtores desta enzima vem sendo estudados para auxiliar na produção de farinha de penas ou mesmo na decomposição de substâncias residuais ricas em queratina, como nos abatedouros (Riffel e Brandelli, 2006).

Além disso, enzimas específicas que auxiliam na degradação de dejetos de animais também tem sido pesquisadas. A compreensão dos processos envolvidos na decomposição de dejetos permitirá estabelecer técnicas e elaborar produtos auxiliares (Tiquia, 2002).

Nos campos do manejo e da sanidade, o uso de enzimas também aparenta ser promissor. May et al (2011), avaliaram o uso de lisozima

granulada, uma enzima largamente utilizada na preservação de alimentos para consumo humano, em dietas de leitões desmamados precocemente (10 dias de idade). Os autores observaram que a lisozima em comparação a antibióticos (Neomicina/Oxitetraciclina), promoveu desempenho similar assim como teve o mesmo efeito sobre a redução da presença de *Campylobacter*.

Lisozima exógena, também foi avaliada no controle de enterite necrótica (*Clostridium perfringens*). Os resultados mostraram que esta enzima exógena reduziu significativamente a contagem de clostridium e as lesões intestinais, quando as aves recebiam lisozima (40 mg/kg de dieta) (Liu, et al, 2010).

9. Pontos críticos no uso de enzimas

Basicamente para que o uso de enzimas seja bem sucedido é preciso que as seguintes condições sejam atendidas:

- a) Presença de substrato na matéria prima;
- b) Presença da enzima específica para o substrato presente;
- c) Uma adequada relação entre atividade enzimática e quantidade de substrato;
- d) Um meio (ambiente) adequado para a atividade enzimática (temperatura, pH e tempo);

Parece simples e na teoria não aparenta ser difícil de reunir essas condições, mas quando tratamos do uso de enzimas fora do laboratório, dentro das fábricas de rações, nos deparamos com uma gama enorme de dúvidas, o que é natural, em vista da dinâmica e a escala de uma fábrica de rações, o que muitas vezes gera certo grau de insegurança por parte dos nutricionistas.

Em função do exposto anteriormente, um dos principais pontos críticos para um máximo aproveitamento de enzimas é a falta de conhecimento da real concentração de substratos, assim como a variação ao longo do ano e entre lotes de matérias primas.

Outra questão é a garantia da presença de atividade enzimática no alimento. O fato de suplementar enzimas a uma dieta, não significa que a atividade enzimática será mantida em sua totalidade, especialmente em função das enzimas serem proteínas de alta sensibilidade a questões como temperatura, pH e substância inibidoras. A análise da atividade enzimática diretamente no alimento é um processo complexo, pouco disponível e oneroso, desta forma não realizada de forma rotineira pelo controle de qualidade das indústrias.

Como alternativa a esta questão vem sendo desenvolvidas enzimas mais resistentes a altas temperaturas. Isso se dá pelo processo de produção das enzimas (se produzidas a partir de bactérias ou fungos), assim como a adoção de técnicas de recobrimento. Tecnicamente, isso é possível, mas também pode ser que ocorram conseqüências indesejadas, como por exemplo, uma dificuldade da liberação desta enzima ao meio, de forma a retardar a hidrólise do substrato.

A possibilidade do uso de enzimas líquidas, aplicadas em recobrimento após a produção da dieta peletizada também é uma realidade. Neste caso, um fator fundamental é que a dosificação seja uniforme no alimento. Os fluxos de alimento nas linhas das fábricas de rações normalmente não são constantes e homogêneos, o que implica no fato da necessidade de investimentos expressivos para a uniformização do fluxo. Na atualidade muitas indústrias já realizaram investimentos neste sentido, e a aplicação de aditivos e nutrientes na forma líquida pós peletização já é uma realidade.

Outro ponto crítico é a questão dos benefícios nutricionais decorrentes do uso de enzimas. Muitas empresas que disponibilizam enzimas ao mercado tem preconizado matrizes nutricionais para a suas enzimas. A proposta é sem dúvida necessária, de forma que o nutricionista possa estudar a sua viabilidade. Além disso, conceitualmente é correto aceitar que as enzimas tenham concreta possibilidade de disponibilizar nutrientes aos animais, portanto as enzimas são indiscutivelmente benéficas para a nutrição. Adicionalmente, é preciso observar que os benefícios das enzimas são muito expressivos do ponto de vista econômico, mas muito difíceis de serem

comprovados experimentalmente. Infelizmente, a precisão na condução de ensaios metabólicos é na maioria dos casos insuficiente para que os benefícios decorrentes do uso de enzimas seja estatisticamente comprovado. Isso se deve ao uso de métodos de ensaios metabólicos antigos e que não evoluíram ao longo dos anos de forma que os benefícios das enzimas sejam claramente percebidos. Já a nível de indústria, que aloja milhões de aves, estes pequenos benefícios são perceptíveis e economicamente significativos.

A pesquisa sem dúvida precisa buscar maneiras mais eficientes de avaliar os efeitos de enzimas na nutrição animal, para que a cadeia de produção animal tenha subsídios de qualidade na tomada de decisão.

10. Considerações finais:

As grandes inovações virão não apenas como consequência do desenvolvimento de novas enzimas, mas também, como resposta a ajustes na metodologia de uso das atuais enzimas, passando a ser obtidas a partir de outros microrganismos ou novos processos de cultivo dos mesmos.

Por outro lado o uso de enzimas na nutrição animal é um fato. Pesquisas são necessárias para um melhor domínio do perfil de substratos presentes nas matérias primas, associado ao desenvolvimento de recursos analíticos práticos e viáveis de serem implantados pelo controle de qualidade das fábricas de rações.

O processo de produção de rações é dinâmico e vem sendo aprimorado ao longo do tempo, é importante que se conheça esta inter-relação processo fabril de rações e atividade enzimática, compreendendo a sinergia e o antagonismo. Métodos experimentais para o conhecimento dos benefícios nutricionais decorrentes do uso de enzimas precisam ser revistos, buscando uma maior precisão para um melhor conhecimento da ação de cada enzima.

11. Referências bibliográficas:

Brown, I. 1996. Complex carbohydrates and resistant starch. *Nutr. Ver.* 54: 115-119.

Carvalho, N.M. de; Nakagawa, J. 1979. Sementes: Ciência, Tecnologia e Produção, 3^a Ed, Fundação Cargil, Campinas, SP, 424 p.

Chen, H.; Li-Jun, L.; Jian-jun, Z.; Bo, X.; Rui, L. Chemical composition analysis of soybean oligosaccharides and its effects on ATPase activities in hyperlipidemic rats. *International Journal of Biological Macromolecules*, v.46, p.229-231, 2010.

Collins, N.E.; Moran, E.T.; Stilborn, H.L.. 1998. Maize hybrid and bird maturity affect apparent metabolizable energy values. *Poultry Science*. 11: 42.

Collins, N.E.; Moran, J.R. 2001. Influence of yellow dent maize hybrids having different kernel characteristics yet similar nutrient composition on broiler production. *J. Appl. Anim. Res.* 10:228-235.

Cowan, W.D. 1993. Understanding the manufacturing, distribution, application and overall quality of enzymes in poultry feeds. *J. Appl. Poultry Res*, v. 2, p. 93-99.

Cowieson, A.J. Hruby, M.; Faurschou Isaksen, M. 2005. The effect of conditioning temperature and exogenous xylanase addition on the viscosity of wheat-based diets and the performance of broiler chickens. *British Poultry Science* 46: 717-724.

Cromwell, G.L. 1999. Soybean Meal – The Gold Standard. *The Farmer's Pride, KPPA News*, v.11,n.20, 10-11-1999.

Leeson, S.; Yersin, A.; Volker, L. 1993. Nutritive value of the 1992 maize crop. *J. Appl. Poultry Res.* 2:208-213.

Leigh, K. 1994. The unpredictable nature of maize. *Pigs*. 37-39.

Liu, D., Guo, Y., Wang, Z., Yuan, J. 2010. Exogenous lysozyme influences *Clostridium perfringens* colonization and intestinal barrier function in broiler chickens. *Avian Pathology*, v. 39, n. 1, p. 17-24.

May, K.D., Wells, J.E., Maxwell, C.V., Oliver, W.T. 2011. Granulated lysozyme as an alternative to antibiotics improves growth performance and small intestinal morphology of 10-day-old pigs. *Anim. Sci. Meeting*, 83.

Noy, Y.; Sklan, D. 1994. Digestion and absorption in the young chick. *Poultry Science*, 73: 366-373.

Paula, S. A. de. 2007. Composição bioquímica e fatores antinutricionais de genótipos de soja, *Dissertação Mestrado, UFV*, 74 p.

Pugh, R. 1993. The scope for enzymes in commercial feed formulations. *Proceedings of the 9th Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry*, p. 369-372.

Remus, J.C.. 2008. Enzyme Combinations to Optimize Byproducts Use in Corn-Based Poultry Feed. 35th Poultry Nutrition Conference, Carolina Feed Industry Association. North Carolina, EUA, p. 23-41.

Riffel, A., Brandelli, A., 2006. Keratinolytic bacteria isolated from feather waste. *Brazilian Journal of Microbiology*, v. 37, p. 395-399.

Rostagno, H.S. 2000. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG. 141p.

Sindirações, 2011. Boletim informativo do setor, março 2011. <http://www.sindiracoes.org.br/images/stories/noticias/boletim%20mar%20E7o%20%202011%20final.pdf>, acessado em 20.07.2011.

Tiquia, S.M. 2002. Evolution of extracellular enzyme activities during manure composting. *J. Appl. Microbiol.*, v. 92, n. 4, p. 764-775.

Weurding, R.E.; Veldman, A.; Veen, W.A.G.; van der Aar, P.J.; Verstegen, M.W.A. 2001 a. *Journal of Nutrition*, 131: 2329-2335.

Weurding, R.E.; Veldman, A.; Veen, W.A.G.; van der Aar, P.J.; Verstegen, M.W.A. 2001 b. *Journal of Nutrition*, 131: 2336-2342.

Yazdi-Samadi, B.; Rinne, R.W.; Seif, R.D. 1977. Components of developing soybean seeds oil, protein, sugars, starch, organic acids and aminoacids. *Agron. J.*, 69(3):481-486.