

Carolyny Batista Lima¹

Fernando Guilherme P. Costa²

Jorge Vitor Ludke³

Dorgival Moraes de Lima Júnior¹

Tobiyas Maia de A. Mariz¹

Adriana Aparecida Pereira¹

Gildo Mendes da Silva¹

Anailton Carlos Alves de Almeida¹

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 11/01/2014. Aprovado em 27/08/2014

¹Universidade Federal de Alagoas, Campus Arapiraca, Arapiraca, Alagoas, Brasil.

²Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Zootecnia, Areia, Paraíba, Brasil.

³Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, Santa Catarina, Brasil



Fatores antinutricionais e processamento do grão de soja para alimentação animal

RESUMO

A soja é uma oleaginosa cosmopolita e fornece óleo e proteína para alimentação humana e animal. O uso da soja na alimentação animal é bastante disseminado e configura-se na principal fonte proteica da dieta dos animais. Todavia, a soja apresenta uma série de fatores antinutricionais que dificultam sua utilização pelos animais, principalmente os não-ruminantes. Dentre esses fatores, destacam-se inibidores de proteases, lecitinas, ácido fítico, saponinas e fibras. Queda de produtividade, lesões de intestino, hipertrofia de órgãos e redução do aproveitamento de nutrientes são recorrentes nos animais alimentados com a soja in natura. Alguns processamentos que envolvam elevação da temperatura são capazes de reduzir o efeito dos fatores antinutricionais na soja, dentre eles podem-se citar a tostagem, micronização, extrusão e cozimento. A eficiência desses tratamentos está no tempo e intensidade de aquecimento, bem como sua associação com outras formas físico-químicas de tratamentos como umidade e pressão. Diante dessa variedade, objetivou-se revisar os efeitos dos diferentes fatores antinutricionais presentes no grão de soja bem como os principais métodos utilizados para reduzir a concentração desses metabólitos nos grãos, a fim de aumentar sua qualidade nutricional.

Palavras-chave: ácido fítico, antinutricionais, inibidores de proteases, solubilidade em KOH, tostagem.

Antinutritional factors and processing of soybean feed

ABSTRACT

Soy is an oilseed cosmopolitan and provides oil and protein for food and feed. The use of soy in animal feed is quite widespread and sets up the main source of animal protein in the diet. However, soy has a number of anti-nutritional factors that hinder its use by animals, especially non-ruminants. Among these factors, are protease inhibitors, lectins, phytic acid, saponins and fibers. Decreased productivity, bowel injury, organ hypertrophy and reduced nutrient utilization are recurring in animals fed soybean cultivar. Some processes involving high temperature are able to reduce the effect of anti-nutritional factors in soybeans, among them we can mention toasting, micronization, extrusion and cooking. The effectiveness of these treatments is the time and intensity of heating as well as its association with other forms of physical and chemical treatments such as humidity and pressure. Given this variety, it was aimed to review the effects of different factors antinutricionais present in soybeans and the main methods used to reduce the concentration of these metabolites in grain, in order to increase its nutritional quality.

Keywords: antinutritional factors, browning, phytic acid, protease inhibitors, solubility KOH.

INTRODUÇÃO

O aparecimento de problemas sanitários nos criatórios e a transmissão vertical de doenças geraram restrições ao uso de fontes proteicas de origem animal nas dietas destinadas aos não-ruminantes, ruminantes e aos animais aquáticos pelo mercado internacional, ocasionando com isso uma demanda extra por ingredientes proteicos de origem vegetal, dentre os quais a soja se destaca (NUNES et al., 2001; MENDES et al., 2004;).

Outro fator importante foi o aumento da demanda mundial por alimento que impulsionou o setor avícola a investir em alta tecnologia, principalmente em relação ao manejo, sanidade, ambiência e genética, permitindo um extraordinário aumento na produtividade e na taxa de crescimento desses animais. Esse desenvolvimento levou o setor a formular dietas nutricionalmente mais densas e completas.

Dentre os ingredientes mais completos e considerados básicos utilizados para compor a ração de não-ruminantes estão a soja e o milho. O grão de milho participa com mais de 60% do total de grãos utilizados, por apresentar alto conteúdo de carboidratos, principalmente amido (BUTOLO, 2002). Já a soja participa na ordem de 20% nas dietas das aves, respondendo por mais de 80% da proteína bruta da ração (CAFÉ et al., 2000; CARVALHO, 2006), proteína essa de alto valor biológico rica em aminoácidos, principalmente lisina.

O grão de soja se destaca como ingrediente proteico de origem vegetal, por apresentar elevados teores de proteína e energia, cerca de 17 a 18% de óleo e 35 a 37% de proteína bruta de elevado valor biológico, com uma boa composição em aminoácidos essenciais (BELLAVÉ et al., 2002). A desvantagem do uso do grão para animais não-ruminantes é devido à presença de fatores antinutricionais, que atuam negativamente sobre o desempenho animal, sendo necessário processá-la antes de ofertada.

Portanto, objetivou-se revisar os principais fatores antinutricionais do grão de soja métodos de processamento do grão de soja e os principais produtos e coprodutos derivados da soja obtidos a partir deles, destacando ainda seu valor nutricional e as consequências sobre o uso desses produtos para aves.

Histórico

A soja *Glycine max (L.) Merrill* é uma espécie da família das leguminosas, originária da China, conhecida desde 2838 a.C. (BONATO & BONATO, 1987). Por ter sido domesticada há cerca de cinco mil anos, hoje é considerada uma das plantas cultivadas mais antigas (SOUZA et al., 2000) sendo uma das principais fontes de proteína e óleo vegetal do mundo.

Por volta de 1712, a soja foi introduzida na Europa, na região da Alemanha, França, Holanda, Inglaterra e Suíça. Já na América do Norte, especificamente nos Estados Unidos (EUA), foi introduzida no ano de 1804, quando se iniciou de fato a pesquisa com essa oleaginosa. Esse estudo revelou o verdadeiro potencial da soja, passando esta a ser reconhecida em 1880 como umas das oleaginosas mais ricas em energia e proteína. A grande expansão da cultura,

no entanto, ocorreu mais tarde, em 1920, passando está a ser a oleaginosa mais disponível no mundo (SHURTLEFF & AOYAGI, 2004).

Nas décadas 20 e 30 foram desenvolvidas novas variedades de soja, que até então eram poucas, aumentando as possibilidades de implantação em regiões diversas. As grandes indústrias mundiais passaram também a apresentar interesse no grão, devido ao alto teor de óleo e proteína (BUTOLO, 2002).

Em 1940, a China passava a ser o maior produtor mundial de soja, que até então, era essencialmente utilizada na alimentação humana. Em 1950, no entanto, o uso de soja passou a não ser mais restrita a alimentação humana, e nessa época já eram destinadas 25 milhões de toneladas anuais para aves, bovinos e suínos (EMBRAPA, 2009). A partir de então, a utilização da matéria-prima está em expansão nos sistemas de produção de aves e suínos, mais significativamente nos EUA.

Em 1882 a soja foi introduzida no Brasil, mas, somente do final da década de 50 o Brasil começou a enxergar a soja como um produto comercial, fato que mais tarde influenciaria no cenário mundial de produção do grão. Em 1966 a produção brasileira já era considerável, com cerca de 500 mil toneladas. O aprimoramento nas técnicas de produção e o desenvolvimento de cultivares adaptados às condições do país favoreceram a expansão da área cultivada, de forma que o Brasil, que em 1976 participava com 16% da produção mundial, atualmente figura como o segundo maior produtor de soja (EMBRAPA, 2009).

Soja na alimentação animal

A soja possui uma fração proteica altamente significativa, que é utilizada na fabricação de ração para a alimentação animal. O grão da soja apresenta características similares as dos produtos proteicos de alto valor nutritivo, pelo fato de conter quantidade suficiente de quase todos os aminoácidos essenciais em suas proteínas (COSTA et al., 2002).

A maioria dos cultivares de soja apresenta em sua composição 30 a 45% de proteínas, 15 a 25% de óleo, 20 a 35% de carboidratos e cerca de 5% de cinzas (MOREIRA, 1999). A presença de componentes antioxidantes, isoflavonas, fosfolípidios, aminoácidos essenciais, vitaminas e minerais aperfeiçoam o valor nutritivo desse ingrediente (SOUZA, 2000; MANDARINO, 2002).

Apesar da diversidade de utilização da soja, aproximadamente 83 % da produção mundial é utilizada para a extração de óleo, que é destinado principalmente para o consumo humano (LIMA, 1999), mas uma quantidade considerável de óleo também é utilizado pelas indústrias de ração animal. O coproduto oriundo desse processo é o farelo de soja (FS), bastante empregado na ração animal (VIANA FILHO, 1992; MIURA et al., 2000).

O óleo e o farelo de soja participam na ordem de 3 e 20% nas dietas de aves e suínos. Só os setores de avicultura e suinocultura consomem anualmente 86, 22 e 83% da produção brasileira de farelo, óleo e rações, respectivamente.

Atualmente, o que se busca são alternativas para a substituição desses produtos (óleo e farelo de soja) tão requisitados por esses dois setores. Produtos como a soja integral passaram a ser encarados como importante matéria prima na fabricação de rações para aves, por conter uma boa concentração proteica (36 a 40%) e lipídica (18 a 22%) (CARVALHO, 2006).

O grande entrave da utilização desses coprodutos derivados da soja não processados, é a presença de substâncias alergênicas e proteínas antigênicas (LIMA JÚNIOR et al., 2010). A necessidade do tratamento térmico da soja integral para sua utilização na alimentação de não-ruminantes fez com que fossem desenvolvidos vários tipos de processamentos visando a inativação desses fatores anti-nutricionais.

FATORES ANTINUTRICIONAIS DA SOJA

Apesar de inúmeras qualidades, a soja apresenta compostos que atuam como proteção natural da planta, e que limitam a utilização in natura pelos não-ruminantes (LIMA JÚNIOR et al., 2010).

Estes compostos são denominados de fatores antinutricionais e podem interferir no aproveitamento das proteínas e dos demais nutrientes das dietas pelo animal, além de desencadear efeitos fisiológicos não desejados, resultando em inibição de crescimento, hipoglicemia, flatulência ou danos a tecidos como pâncreas ou fígado (LIENER, 1981).

Inibidores de protease

São compostos proteicos presentes nos vegetais que se complexam com a tripsina, quimotripsina e carboxipeptidase (enzimas proteolíticas pancreáticas) bloqueando a atuação das mesmas e prejudicando a digestão das proteínas alimentares (XAVIER FILHO & CAMPOS, 1989; SILVA & SILVA, 2000).

Embora se tenha conhecimento da atuação desses inibidores sobre todas as enzimas proteolíticas pancreáticas, a pesquisa é mais centrada nos inibidores de tripsina, que podem ser do tipo Bowman-Birk (BBI) e Kunitz (KTI) (LIENER, 1994). Só os KTI inibem 80% da atividade da tripsina, e em conjunto esses elementos representam de 6 a 10% da proteína total da soja (CARVALHO, 2006).

Os inibidores Kunitz são considerados alto peso molecular (20.000), apresentam apenas duas pontes dissulfeto e 181 aminoácidos específicos para tripsina. Já os inibidores Bowman-Birk são de baixo peso molecular (6.000 a 10.000), com várias ligações dissulfeto e 71 aminoácidos específicos com sítios de ligações independentes para inibir a ação da tripsina e quimotripsina (LIENER, 1994).

A estabilidade térmica dos inibidores de proteases depende de seu peso molecular e do grau de estabilização da conformação ativa por pontes de dissulfeto (BELITZ & GROSCHE, 1988). Dessa forma, o inibidor Bowman-Birk é mais termoestável que o Kunitz, que possui maior especificidade pela tripsina, mas se mostra sensível ao processamento térmico (SGARBIERI & WHITAKER, 1982; SILVA & SILVA, 2000).

A ingestão desses inibidores de proteases afeta principalmente o pâncreas. Muitos estudos com não-ruminantes mostram alterações metabólicas do mesmo, com aumento da secreção enzimática, hipertrofia e hiperplasia (AL-WESALI et al., 1995).

Em uma via normal, sem os inibidores de protease, quando a proteína chegasse no intestino delgado haveria simultaneamente a secreção de colecistoquinina (CCK) e secretina pelas células do epitélio, estimulando o pâncreas a secretar tripsina, quimotripsina e colecistoquinina que agiriam quebrando as ligações peptídicas das proteínas liberando aminoácidos para serem absorvidos.

A ingestão desses inibidores bloqueia a ação da tripsina resultando em um aumento excessivo de CCK e desta forma, o pâncreas é continuamente estimulado a liberar mais enzima, ocasionando a hipertrofia pancreática (BUTOLO, 2002; LIDDLE et al., 1984).

Lectinas ou Hemaglutininas

São proteínas de efeitos tóxicos que quando ingeridas causam inflamação intensa, promovendo destruição das células do epitélio, edema, hiperemia, hemorragia em tecidos linfáticos, degeneração gordurosa e necrose do fígado e lesões do miocárdio e sistema vascular (JAFFÉ, 1969).

Turner & Liener (1975) pesquisaram efeito da lectina sobre o valor nutricional da soja em ratos e sugeriram que, provavelmente, a lectina da soja é o fator que menos afeta o aproveitamento da soja crua como alimento. Embora, existam vários tipos de lectina, aquela encontrada na soja é a do tipo aglutinina, que apresenta principalmente alta capacidade aglutinante de hemácias.

Nos animais as lectinas se ligam através de sítios específicos a compostos glicídicos, principalmente as glicoproteínas presentes na superfície das hemácias (eritrócitos ou glóbulos vermelhos) gerando aglutinação (CHEFTEL et al., 1989). Alguns autores inferem que 60% das lectinas chegam intactas ao intestino e se ligam aos sítios receptores específicos (carboidratos) presentes na superfície das células da mucosa intestinal, principalmente do duodeno e jejuno, provocando destruição das microvilosidades e interferindo seriamente na digestão e absorção dos nutrientes (MAENZ et al., 1999). Isto culmina em uma redução na secreção de enzimas pelos enterócitos (secretina e CCK), provocando hipersecreção de proteína endógena com maior produção de muco e perdas de proteínas plasmáticas.

Segundo Liener (1981) e Brito (2006) as lectinas promovem outros efeitos adversos nos animais. Devido as lesões causadas na parede intestinal há um aumento de tamanho e peso do intestino delgado e aumento da flora intestinal, para que haja absorção dos nutrientes; existe também absorção dessas lectinas, que se em grande quantidade pode causar graves lesões renais, atrofia do timo, hipertrofia do fígado e pâncreas, atrofia muscular e aumento do catabolismo proteico, lipídico e de carboidratos.

Ácido Fítico

O ácido fólico é o principal fitato encontrado na soja in natura. O fitato pode alterar significativamente as

propriedades funcionais e nutricionais dos alimentos (CHERYAN, 1980). O ácido fítico é um forte quelante, e sua ação antinutricional está associada a integração do grupo fosfato presente no mesmo ao amido, minerais e proteínas, levando a alteração na solubilidade, funcionalidade, digestibilidade e absorção desses nutrientes (REDDY et al., 1989).

Por isso, mesmo quando estão associados às proteínas, reduzem a disponibilidade de zinco, cálcio, cobre, cromo, manganês e ferro. Pode ser encontrado na forma de mioinositol 1,2,3,4,5,6 e hexa-diidrogênio-fosfato (BRAZACA, 1997; BUTOLO, 2002), sendo que sua concentração do na soja varia de 1 a 2% (GODOY et al., 2005).

O desprovimento da enzima fitase nos animais não-ruminantes para realização da hidrolização do ácido fítico o torna antinutricional. A não digestão possibilita a interação do ácido a uma proteína e a um mineral tornando um composto insolúvel, impedindo sua absorção. Esta quelação ocorre quando há aumento do pH (CHERYAN, 1980; GRAF, 1983).

Grynspan & Cheryan (1989) inferem que a interação de cálcio, fitato e proteína de soja, parece ser afetada pelo pH do meio e pela concentração de cálcio, ou seja:

-Em pH menor que 4: o fitato associa-se com a proteína da soja para formar complexos insolúveis nos quais a participação do cálcio dependerá de sua concentração.

-Em pH menor que 4 com excesso de cálcio- este pode deslocar o fitato do complexo fitato-proteína e torná-lo solúvel.

-Em pH maior que 6,5 com concentração de cálcio elevada: o fósforo precipita e a proteína permanece solúvel como resultado da formação de complexos cálcio-fitato insolúveis.

Quando este quelato está complexado ao ferro evita a associação deste íon a gastroferrina, que é uma glicoproteína produzida pela mucosa gástrica, importante na absorção de ferro no duodeno (O'TOOLE, 1999).

Saponinas

As saponinas são glicosídeos caracterizados por apresentarem sabor amargo e capazes de formar complexos insolúveis de difícil digestão. Na soja podem-se encontrar teores de 0,46 a 0,50% de saponinas (BOWLES, 2005; LIMA JÚNIOR et al., 2010).

Seus efeitos antinutricionais estão relacionados às modificações na permeabilidade da mucosa intestinal, inibindo o transporte de alguns nutrientes (LIENER, 2000). As saponinas também provocam hemólise (rompimento das hemácias) e se complexam à grupos esteroides, mas os níveis encontrados na soja são considerados baixos e insuficientes para causarem grandes transtornos.

Enzimas lipoxigenases

São representadas pelas enzimas lipase e lipoxidase, responsáveis pela característica do sabor amargo da soja. Essas enzimas promovem a oxidação e a rancificação do óleo da soja, e são encontradas de forma ampla no reino

vegetal e animal, constituindo um grupo de enzimas de estrutura variada.

As enzimas lipoxigenases catalisam a oxidação de ácidos graxos poli-insaturados dos lipídios da soja, o que desencadeia a formação de vários compostos carboxílicos voláteis como aldeídos, cetonas e álcoois (ROBINSON et al., 1995; LIU, 2003).

Goitrogênios

São moléculas que podem desencadear problemas diversos, principalmente associados a diminuição da biodisponibilidade do iodo na circulação, sendo por isso classificados como importantes agentes antitireoideanos.

Os goitrogênios impedem a utilização do iodo pela glândula tireoide, bloqueando a síntese de tiroxina (T4) e triiodotironina (T3). Essa inibição aumenta a secreção de hormônio tiroestimulante (TSH) pela adenohipófise a fim de compensar a concentração reduzida de T3 e T4 circulantes no organismo, fato que pode hipertrofiar a glândula tireoide. Esta condição pode ser revertida com a suplementação de iodo na dieta (DOERGE & SHEEHAN, 2002).

Fatores alergênicos ou proteínas antigênicas

São representados pelas proteínas glicinina e β -conglucina, predominantes nos grãos com mais de 40% de proteína bruta e 20% de óleo. Perfazem um total de cerca de 70% das proteínas da semente (HILL & BREIDENBACH, 1974).

Estas proteínas causam atrofia das vilosidades e provocam reação de hipersensibilidade nas microvilosidades do intestino delgado reduzindo a capacidade de absorção dos nutrientes. Causa também uma hiperplasia glandular, resultando em severas diarreias, mais acentuadas em animais jovens (GRANT, 1989).

Oligossacarídeos: Rafinose e Estaquiase

A soja crua possui quantidades consideráveis de polissacarídeos não-amiláceos (PNA's) na forma de pectinas, hemiceluloses e oligossacarídeos. Os oligossacarídeos, estaquiase e rafinose representam de 4 a 6% do conteúdo nutricional da soja (CARVALHO, 2006). Esses componentes aumentam a viscosidade da digesta, reduzindo a digestibilidade dos nutrientes devido a pouca interação entre substratos e enzimas na mucosa intestinal (SMIRICKY et al., 2002).

Não só a soja in natura apresenta quantidades consideráveis desses oligossacarídeos. O farelo de soja, quando não oriundo da extração com etanol, também apresenta altos níveis de oligossacarídeos (rafinose e estaquiase) (BUTOLO, 2002; BOWLES, 2005).

A mucosa do intestino de não-ruminantes, como aves e suínos, é desprovida das enzimas α -1,6-galactosidases, necessárias à conversão dos oligossacarídeos em açúcares mais simples. A rafinose e a estaquiase não digeridas podem induzir a uma desbiose (desregulação da microbiota intestinal causando inflamação e diarreia), devido à baixa digestão e absorção e o rápido trânsito desses nutrientes pelo intestino, podendo ainda, causar

situação de desconforto e inchaço abdominal por conta da quantidade excessiva de gases produzidos. Ao passar para o intestino grosso, os oligossacarídeos são fermentados anaerobicamente a CO₂, H₂ e CH₄ pela microflora do ceco (PRINCE et al., 1988).

A presença de fatores antinutricionais, como os oligossacarídeos rafinose e estaquiase, associados à imaturidade do trato digestivo reduz ainda mais a digestibilidade e disponibilidade de energia deste ingrediente na fase pré-inicial das aves (PARSONS et al., 2000).

INATIVAÇÃO DOS FATORES ANTINUTRICIONAIS DA SOJA

A inativação dos fatores antinutricionais ocorre impreterivelmente por aquecimento do grão, pelo simples fato da maioria dessas substâncias serem termolábeis. Esse aquecimento geralmente varia entre 100 e 170°C (MATEOS et al., 2002; CARVALHO, 2006).

O processamento térmico apresenta dois pontos positivos quanto ao aproveitamento da proteína de origem vegetal pelos animais. Além de eliminar fatores antinutricionais termolábeis, provoca a ruptura da parede celular, liberando a proteína para o meio extracelular.

Quando o processamento térmico é inadequado, seja por super ou subaquecimento dos grãos, a qualidade da proteína e a disponibilidade de energia são afetadas. No subaquecimento as substâncias antinutritivas se mantêm parcialmente ativas, afetando negativamente a digestibilidade dos aminoácidos e, conseqüentemente, o desempenho dos animais. Já no supraaquecimento ocorre a reação de Maillard, onde o grupo carbonila do carboidrato interage com o grupo amino do aminoácido ou proteína. A lisina é particularmente o aminoácido mais vulnerável, de forma que deve ser suplementada em dietas com soja integral superprocessada (ARABA & DALE, 1990).

A necessidade de inativar os fatores antinutricionais presentes nos grãos crus impulsionaram o desenvolvimento de vários métodos de processamento (JORGE NETTO, 1992; NAVARRO, 1992).

TIPOS DE PROCESSAMENTO DA SOJA

Vários são os processamentos que podem ser empregados sobre a soja, entretanto, o tipo a ser utilizado dependerá de diversos fatores, principalmente a característica nutricional do grão e aos aspectos econômicos (BORGES et al., 2003).

Segundo Bellaver (1999) e Café et al. (2000) os processamentos da soja integral mais importantes comercialmente são a tostagem e a extrusão. Jorge Netto (1992) relacionou sete métodos de processamento da soja integral: tostagem por tambor rotativo, tostagem por vapor úmido, tostagem por vapor seco, tostagem por "jet sploder", micronização, extrusão úmida ou seca e micro-ondas. Porém, muitos destes métodos acabam influenciando no aumento do custo final do produto comercial. Atualmente outros métodos de processamento menos onerosos estão sendo testados como, o pré-cozimento ou cozimento, cujo produto comercial também é a soja integral desativada.

De maneira geral, o processamento pode ser classificado em: curto – alta temperatura em pouco tempo (130 – 170 °C, 10 - 180 segundos) ou longo – menor temperatura em maior tempo (105 °C, 15 – 30 minutos) (MATEOS et al., 2002). A extrusão, a micronização e a tostagem (tambor rotativo ou jet-sploder) são exemplos de processos curtos, e a tostagem a vapor e o processamento em micro-ondas são exemplos de processos longos. Normalmente, os processos curtos utilizam calor seco e os processos longos calor úmido (CARVALHO, 2006).

Nesta revisão, serão abordados somente os processamentos comumente utilizados para o tratamento térmico do grão in natura da soja.

Tostagem

Vários são os métodos de tostagem. Existe tostagem em cerâmica quente, tonel rotatório e em secadores de grãos convencionais, destacando-se:

Tostagem por tambor rotativo

Alguns procedimentos de tostagem usam o fogo direto, o que acarreta uma elevada variação no grau e qualidade da tostagem. Neste processo o grão de soja entra em um tubo onde é submetido a um jato de ar seco. Alcançando uma temperatura de 120-125°C na saída do tostador (CARDONA, 1991).

Embora a tostagem em tambor rotativo seja uma prática comum, tem-se neste método, a dificuldade de padronizar o ponto de tostagem, que pode variar com a quantidade, tamanho, umidade do grão e fonte de aquecimento (ex.: gás ou lenha) (LOON, 1997). As únicas medidas utilizadas para avaliar a qualidade deste processamento é analisando a solubilidade proteica e o índice de atividade ureática.

Tostagem por vapor úmido

Neste processo geralmente é utilizado um equipamento chamado Dessolventizador-Tostador. Este equipamento realiza dois processamentos, onde no primeiro (dessolventizador) ocorre o tratamento com vapor indireto (105°C), para aquecer a massa com mais ou menos 30% de solvente e um vapor direto para eliminação do solvente utilizado na extração do óleo, sendo este solvente eliminado com simultânea umidificação do farelo que adquire um teor de 18 a 20% de umidade. No segundo (tostagem) ocorre a eliminação total do solvente e a umidade é ajustada ao limite não superior a 12%, de forma que nessa etapa o material permanece no tostador cerca de uma hora a uma temperatura nos estágios individuais de 85 a 115 °C.

Esse tipo de processamento reduz os fatores antinutricionais, tóxicos, substâncias de sabor indesejável e remove 30% da miscela que fica retida neste farelo.

Tostagem por vapor seco

Este processo envolve o cozimento da soja com ar seco aquecido em temperaturas variando de 100°C a 170°C por 20 minutos, dependendo do tipo do equipamento.

Tostagem por “jet sploder”

Neste processo o grão de soja entra em um tubo onde é submetido a um jato de ar aquecido (315°C). Ao ser retirado entra em contato com o ar o que reduz sua temperatura para 120 a 200°C. Esse gradiente provoca, em 1 minuto, a elevação da temperatura do grão acima do ponto de ebulição da água, o que promove a ruptura da estrutura do grão. No final do processo este grão é laminado por dois compressores e então é moído, após ser resfriado.

Micronização

É um processo onde há a transformação do grão em um pó fino. Essa transformação pode ser obtida de diversas formas:

Moinhos: a micronização do grão é obtida através de moinhos com ar comprimido (air jet mills). A moagem acontece devido ao choque entre as partículas do próprio produto, que recebe um ar em uma velocidade que pode atingir até 500 m/s. Com o choque as partículas vão diminuindo de tamanho até atingir qualidade desejada. Esse procedimento garante uma moagem ultrafina.

Vapor, radiação, laminação e moagem: neste processo quatro etapas são observadas. Na primeira (vapor indireto) o grão de soja é conduzido para uma esteira vibratória de cerâmica, onde é exposto a um vapor indireto obtido por queimadores a gás. Na segunda (radiação infravermelha) os raios penetraram no grão movimentando as moléculas que vibrarão de 60 a 150 mil-megaciclos por segundo, aquecendo o grão, vaporizando a água, provocando inchado do grão e fissuras internas. Na terceira (laminação) que é a retirada da casca e de todo resíduo ou impurezas presente nela. Na quarta (moagem) ocorre a micronização através da moagem.

Vapor, radiação e alta temperatura: neste processo o grão é exposto a um vapor indireto simultaneamente a uma radiação infravermelha, sob temperatura de 150 a 180°C, por 2 a 3 minutos, seguida de floculação (MENDES et al., 2004)..

Descascamento, brunimento e moagem: este procedimento é realizado através de um equipamento (Isadora I - UBS 100) da Maqsoy Tecnologia em Alimentos Ltda. Este equipamento microniza a soja in natura. Inicialmente o grão é descascado e posteriormente brunido, ou seja, é a retirada da película (constituída de celulose) que existe entre o cotilédone e a casca, responsável pelo gosto amargo. Após esses dois procedimentos a soja é micronizada, transformando-se em pó fino.

Mendes et al. (2004) avaliaram diferentes processamentos da soja e afirmaram que a micronização foi superior à extrusão e expansão, pois, gerou maiores coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da energia para suínos em crescimento.

Extrusão

A extrusão é um processo SHT (Short time high temperature) onde o curto tempo de retenção (7 a 30 seg) dentro da extrusora não é suficiente para que ocorram

danos ao produto, embora exista alta pressão (31 a 62 kgf/cm²) e alta temperatura (138 a 150°C).

Além de térmica, a extrusão pode ser considerada um processo mecânico. Um cilindro fricciona os grãos no cone extrusor, e o atrito gerado expõe a fração lipídica da soja pela ruptura dos vacúolos lipídicos, o que favorece a digestão e a absorção da gordura pelos animais (CAFÉ et al., 2000a).

Um dos principais benefícios deste procedimento no processamento alimentar está relacionado com a preservação do alimento, uma vez que este processo controla a quantidade de água dos ingredientes, minimizando a atividade microbiana.

Seca

A extrusão a seco, é mais vantajosa que a úmida, uma vez que o produto pode ser preservado por muito mais tempo devido a sua baixa umidade. Nessa extrusão a temperatura fica entre 130-150 °C, que é atingida sem condicionador ou caldeira, devido a seu auto-aquecimento.

Neste tipo de extrusão, o grão de soja tem de ser inicialmente moído, para em seguida ser acondicionado na primeira porção da extrusora, que é uma rosca com resistência elétrica. Posteriormente este farelo será empurrado para a segunda porção do equipamento onde ocorre a extrusão, que é um canhão com helicóides e cones dispostos de tal forma a provocar um aquecimento por atrito e pressão o tempo necessário para inibição dos fatores antinutricionais presentes na soja. Após a extrusão o produto é resfriado ou por meio de um tambor rotativo ou através de um secador de grãos convencional ou são submetidos a uma corrente de ar fria, ficando pronto para o consumo (BRUM et al., 2006).

Úmida

A diferença deste tipo de extrusão para a seca está no tipo de equipamento utilizado, já que neste, a temperatura entre 130-140°C é atingida com a ajuda de condicionadores ou caldeiras que liberam um ar úmido (vapor de água).

A extrusão úmida é o processo pelo qual os materiais úmidos, amiláceos e proteínicos são cozidos e plasticizados por calor, pressão e cisalhamento mecânico (BRITO et al., 2006).

Achados recentes demonstraram que a extrusão úmida, é mais eficiente devido ao pré-condicionamento a vapor. Isto favorece o aumento da capacidade de processamento em até 70%, evita o secamento do farelo de soja integral, melhora a inibição de fatores antinutricionais, permite uma produção mais homogênea e texturizada do produto (LOON, 1997).

Micro-ondas

Neste processo, os grãos precisam ser umidificados inicialmente, em seguida são acondicionados em câmaras com micro-ondas. Onde o princípio básico é o cozimento por vibração molecular. As ondas penetram superficialmente nos alimentos, numa profundidade que varia de 2 a 4 centímetros, fazendo vibrar as moléculas de

água, gordura e açúcar, aquecendo-os. O calor é transmitido para as moléculas mais profundas por condução, ou seja, as moléculas que vibram, chocam-se com as outras, fazendo-as vibrar também, realizando um cozimento de fora para dentro. Na saída do micro-ondas os grãos são submetidos a uma corrente de ar frio para resfria o produto, finalizando o processo.

Cozimento

Embora os procedimentos tenham os mesmos objetivos, varias são as formas de manipular esse cozimento.

Método I: Os grãos de soja são acondicionados em uma caldeira, em um volume de água, na proporção de 1:2, por um período de 30 minutos com a água em ebulição (100°C). Posteriormente a esse período, os grãos devem ser retirados da água e postos para esfriar e secar em estufa para então serem moídas. Esse processamento é caro e demorado.

Método II: No cozimento são utilizados equipamentos que contém uma ou mais tubulações com uma rosca transportadora em seu interior e que movimentam a soja enquanto a submete diretamente ao vapor, com baixa pressão de trabalho. Para isto são necessárias máquinas que processam de 1.500 a 3.000 kg de grãos/hora, e caldeiras para a produção de vapor, com uso de óleo combustível ou lenha.

Método III: São utilizadas autoclave, onde os grãos inteiros de soja são submetidos a vapor (63-107°C) sob pressão (4-8kgf/cm²) e vácuo, para inativação dos fatores antinutricionais, e os custos por tonelada de produto processado são relativamente menores em relação a outros normalmente utilizados com o mesmo objetivo (FREITAS, 2003).

O aquecimento térmico tem-se mostrado bastante eficiente para os grãos inteiros, mas com efeitos reduzidos ou mesmo ineficientes quando se trata da farinha ou de inibidores purificados (RAYAS-DUARTE et al., 1992; CARVALHO & SGARBIERI, 1997).

Diversos estudos têm demonstrado que o processamento da soja algumas vezes não elimina totalmente os fatores antinutricionais, sendo necessário avaliar a qualidade do processamento, uma vez que, o produto final deste processamento será destinado ao consumo dos animais (JORGE NETTO, 1992; NAVARRO, 1992; ZANELLA et al., 1999; CAFÉ et al., 2000; SAKOMURA et al. 2004).

Devido a isto, esta revisão também abordará em seguida algumas medidas utilizadas para avaliar a inativação dos fatores antinutricionais presente no grão cru da soja.

MEDIÇÃO DA INATIVAÇÃO DOS FATORES ANTINUTRICIONAIS

Existem vários métodos para medir a inativação dos fatores negativos da soja, como, atividade antitripsina, atividade hemoaglutinante, lisina disponível, índice de proteína dispersível (PDI). Entretanto, os mais adotados, econômicos e rápidos são, o teste de atividade ureática ou índice de uréase que fornece valores entre 0,05 e 0,30%, e o teste de solubilidade da proteína em hidróxido de

potássio (KOH) 0,2%, que fornece valores entre 75 e 90%. Valores acima ou abaixo indicam processamento inadequado.

As análises da atividade ureática e da solubilidade da proteína determinam a qualidade e disponibilidade dos nutrientes no farelo de soja, que podem ser afetados pelo processamento térmico inadequado do grão de soja, influenciando diretamente em seu valor nutricional (RUNHO, 2001).

Teste da atividade ureática ou índice de uréase

Sua metodologia consiste em determinar a redução na atividade da enzima uréase, presente no grão de soja. Essa enzima uréase assim como os fatores antinutricionais são termolábeis, ou seja, são destruídos pelo calor. Portanto, com a inativação da enzima uréase teoricamente os fatores antinutricionais estariam destruídos.

O grão cru tem atividade ureática de 2,0 a 2,5 enquanto o farelo de soja deve possuir 0,30 no máximo, sendo que, quanto mais próximo do zero melhor (0,05).

O princípio da reação consiste na hidrólise da molécula de ureia pela uréase presente no farelo de soja (ou produto de soja) com liberação de amônia e conseqüente modificação do pH do meio, o que pode ser detectado por solução indicadora colorimétrica.

A análise de atividade ureática é um bom indicativo de processamento térmico adequado ou inadequado do farelo de soja (Tabela 1).

Tabela 1. Padrão de Atividade Ureática do Farelo de Soja

Classificação	Atividade Ureática
Excelente	0.01 - 0.05
Boa	0.06 - 0.20
Regular	0.21 - 0.31
Deficiente	>0.30

Fonte: Adaptado de Runho (2001).

A inativação em excesso dos fatores termolábeis, podem comprometer a disponibilidade de lisina e aminoácidos sulfurados. Considerando que o teste de atividade ureática avalia apenas a qualidade da inativação dos fatores antinutricionais não tendo valor para avaliar se o processamento prejudicou ou não a qualidade da proteína, se faz necessário utilizar outro método que avalie a solubilidade dessa proteína.

Solubilidade da proteína em KOH

Esta metodologia avalia a qualidade do processamento da soja através da quantidade de proteína solúvel presente no farelo. A proteína solúvel é na verdade aquela disponível para a absorção pelo animal. Sendo assim, quanto maior a quantidade de proteína solúvel, melhor a disponibilidade da proteína e dos aminoácidos para o animal.

O grão de soja pode apresentar até 100% de sua proteína bruta, solúvel em KOH. Contudo, observamos que à medida que submetemos o grão de soja ao processamento térmico, com o objetivo de destruímos os fatores antinutricionais presentes, verificamos uma queda na solubilidade da proteína e conseqüentemente uma

queda na disponibilidade da proteína e dos aminoácidos para os animais.

Dentre os métodos utilizados para avaliar a solubilidade proteica, este é o mais prático. Esse teste utiliza uma solução de hidróxido de potássio a 0,2%, onde a soja bem processada deve apresentar uma solubilidade mínima de 77% e uma ideal de 80%, indicando um adequado processamento térmico, tendo mantido quase inalterada a qualidade de sua proteína, ou seja, com um mínimo de desnaturação (BUTOLO, 2002). Abaixo de 80% indica a ocorrência de uma desnaturação significativa na proteína da soja, afetando diretamente a disponibilidade da proteína e dos aminoácidos presentes no farelo.

Tabela 2. Padrão de Solubilidade da Proteína em KOH na soja

Classificação	Solubilidade em KOH
Excelente	> 85%
Boa	> 80%
Razoável	> 75%
Deficiente	< 75%

Fonte: Adaptado de Runho (2001).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Recomenda-se o uso da soja in natura para animais não-ruminantes apenas após tratamento prévio para eliminação dos fatores antinutricionais.

Os fatores antinutricionais do grão de soja são metabólitos proteicos, lipídicos ou glicídicos. A maior parte da proteína do grão de soja está associada a fatores antinutricionais.

Os tratamentos dividem-se em lentos e rápidos. Nos tratamentos lentos ocorrem menores perdas de nutrientes porém são mais onerosos. O tratamento mais indicado é a tostagem, devido a eficiências na eliminação dos fatores antinutricionais termolábeis e custo reduzido.

Antes da utilização dos produtos da soja é indicado a verificação da inativação dos fatores antinutricionais através do método da uréase e solubilidade em KOH.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Al-Wesali, M., Lambert, N., Welham, T., Domoney, C. The influence of pea seed trypsin inhibitors on the in vitro digestibility of casein. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.68, n.4, p.431-437, 1995.

Araba, M.; Dale, N.M. Evaluation of protein solubility as an indicator of underprocessing soybean meal. **Poultry Science**, v. 69, n. 10, p. 1749-1752, 1990.

Araújo, J.M.A.; Carlos, J.C.S.; Sedyama, C.S. Isoflavonas em grãos de soja: importância da atividade de β -glicosidase na formação do sabor amargo e adstringente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 137-141, 1997.

Belitz, H., Grosch, W. **Química de los alimentos**. In: Leguminosas. Madrid:Academia, 1988. Cap 16, p.585-598.

Bellaver, C.; Cotrefal, G.; Grecco, M. Soja integral: processamento e uso. **Alimentação Animal**, v.7, p.28-30, 2002.

Bellaver, C.; Parsons, C.; Easter, R.A. Estimates of true amino acid digestibilities in feed ingredients using precision-feed, cecectomized roosters. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n.5, p.731-736, 1998.

Bellaver, C.; Snizek, L.P.N.; Soybean processing and its implications na swine and poultry feeding. In: Congresso Brasileiro de Soja, Londrina, PR. **Anais...**, EMBRAPA-SPI, p.183-199, 1999.

Bonato, E.R.; Bonato, A.L.V. **A soja no Brasil: História e estatística**. Londrina: 1987. 61 p.

Borges, S.A.; Salvador, D.; Ivanovski, R. A. Utilização da soja desativada na dieta de monogástricos. In: Simpósio Sobre Nutrição de Aves e Suínos - CBNA, 2003, Cascavel. **Anais...**Cascavel, 2003. p. 21-59.

Bowles, S. **Utilização do subproduto da obtenção de extrato aquoso de soja - okara em pães do tipo francês**. UFPR, 96f. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimento, Universidade Federal do Paraná, 2005.

Brazaca, S.G.C. **Antinutricionais em alimentos**. In: Oetterer, M. (coord). Palestras apresentadas na disciplina de Processamento e Qualidade nutricional dos Alimentos. ESALQ/USP, 1997, 20p.

Brum, P.A.R.; Lima, G.J.M.M.; Ávila, V.S.; Lanznaster, M.; Ardigó, R. **Características Nutricionais da Soja Desativada por Diferentes Processos Térmicos para Alimentação de Frangos de Corte**. Concórdia-SC (Comunicado Técnico. Embrapa – CNPSA). 2006.

Butolo, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. 1 ed. Campinas, SP. 2002. 430p.

Café, M.B.; Sakomura, N.K.; Junqueira, O.M.; Malheiros, E.B.; Del Bianchi M. Composição e Digestibilidade dos Aminoácidos das Sojas Integrais Processadas para Aves. **Revista Brasileira de Ciências Avícolas**, v.2, n.1, p.423-429, 2000.

Cardona, D. Utilização de soja integral em rações de suínos. In: Mini-Simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 5, **Anais...** Campinas. p 15-34. 1991.

Carvalho, A.D. 2006. **Digestibilidade de dietas e metabolismo em frangos de corte e suínos alimentados com soja integral processada**. UFMS, 102p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

Carvalho, M.R.B.; Sgarbieri, V.C. Heat treatment and inactivation of trypsin: chymotrypsin inhibitors and lectins

- from beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal Food Biochemistry**, Westport, v.21, n.3, p.219-233, 1997.
- Cheftel, J.C. Nutritional effects of extrusion - cooking. **Food Chemical**. v.20, n.6, p.263-83, 1986.
- Cheftel, J.C.; Loriet, D. **Lás Proteínas de Soja**. In: Proteínas Alimentares. Cap.6, p.257-276, 1989.
- Cheryan, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.13, n.4, p.297-335, 1980.
- Costa, S.J.; Mya, E. Composição química e qualidade organoléptica das principais variedades de soja cultivadas no Brasil. **Divulgando a Pesquisa**, v.1, n.8, p.1-3, 1972.
- Doerge, D. R.; Sheehan, D. M. Goitrogenic and estrogenic activity of soy nutritional evaluation of lectinfree soybeans for poultry. **Poultry Science**, v. 78, p. 91- 95, 1999.
- Embrapa. **A origem do grão e histórico no Brasil**. 2009. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/index.php?op_page=112&cod_pai=33>. Acesso em 15/12/2009.
- Freitas, E. R.; Sakomura, N. K.; Neme, R.; Santos, A.L.; Fernandes, J. B. F. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável e a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1938-1949, 2005.
- Godoy, S.; Chicco, C.; Meschy, F.; Requena, F. Phytic phosphorus and phytase activity of animal feed ingredients. **Interciência**, v.30, p.24-28, 2005.
- Graf, E. Applications of phytic acid. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.60, n.11, p.1861-1867, 1983.
- Grant, G. Anti-nutritional effects of soybean: a review. **Progress in Food and Nutrition Science**, v.13, p.317-348, 1989.
- Grynspan, F., Cheryan, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. **Journal of the American Oil Chemist's Society**, v.66, n.1, p.93-97, 1989.
- Hill, J.E.; Breidenbach, R.W. Proteins of soybean seeds. II. Accumulation of the major protein components during seed development and maturation. **Plant Physiology**, v.53, p.747-751, 1974.
- Jaffé, W.G. **Hemagglutinins**. In: Liener, I.E. Toxics constituents of plant foodstuffs. New York : Academic Press, 1969. p.69-101.
- Jorge Neto, G. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura e Suinocultura Indústria**, v.82, n.988, p.4-15, 1992.
- Liddle, R.A.; Goldfine, I.D.; Williams, J.A. Biossay of plasma cholecystokinin in rats: effects of food, trypsin inhibitor, and alcohol. **Gastroenterology**, Philadelphia, v.87, n.3, p.542-549, 1984.
- Liener, I. E. Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy. In: Soc., F. A. S. Soy in animal nutrition. Savoy: 2000a. p. 13-45.
- Liener, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.34, n.1, p.31-67, 1994.
- Liener, I.E. **Non-nutritive factors and bioactive compounds in soy**. In: Liener, I.E. Soy in Animal Nutrition. Fed Animal Science Society. Savoy. p.13-45. 2000b.
- Liener, I.E. **The nutritional significance of the plant lectins**. In: Ory, R.L. Antinutrients and natural toxicants in foods. Westport: Food & Nutrition Press. p.143-157. 1981.
- Lima Júnior, D. M.; Monteiro, P. B. S.; Rangel, A. H. N.; Maciel, M. V.; Oliveira, S. E. O.; Freire, D. A. Fatores anti-nutricionais para ruminantes. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.3, n.4, p.132-143, 2010.
- Lima, G.J.M.M. Importance of the nutritional quality of soybeans and their products in the feed market: actual situation and future trends. In: Congresso Brasileiro de Soja, **Anais...** 2, Londrina, PR, 1999. p.165-175.
- Liu, K. Current constraints in soybean food utilization and efforts to overcome them. Disponível em: <<http://www.gs99.iuic.edu/food.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2003.
- Loon, C.Y. Fullfat soybean meal production and utilization. **American Soybean Association**, v.3, n. 44, p. 37-45, 1997.
- Maenz, D.D.; Irish, G. G.; Classen, H. L. Carbohydrate-binding and agglutinating lectins in raw and processed soybean meals. **Animal Feed Science and Technology**, v.76, n.3-4, p.335-343, 1999.
- Mandarino, J.M.G. A Soja e a Saúde Humana. In: Econtro Franco Brasileiro de Biociência e Biotecnologia – Alimentos Funcionais e Nutraceuticos, **Anais...** Brasília, DF. p.9-11. 2002.
- Mateos, G.G. Latorre, M.A.; Lázaro, R. **Traitement de la graine de soja**. 2002. Disponível em: http://www.asa-europe.org/pdf/processsb_f.pdf.. Acesso em 08/11/2011.
- Miura, E.M.Y.; Binotti, M.A.R.; De Camargo, D.S.; Mizubuti, I.Y.; Ida, E.I. Avaliação biológica de linhagem de soja com baixa atividade de inibidores de tripsina. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.6, p.1794-1758. 2000.

- Mendes, W. S.; Silva, I. J.; Fontes, D. O.; Rodriguez, N.M.; Marinho, P. C.; Silva, F.O.; Arouca, C.L.C.; Silva, F.C.O. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.207-213. 2004.
- Moreira, M.A. Programa de melhoramento genético da qualidade de óleo e proteína da soja desenvolvido na UFV. In: Congresso Brasileiro de Soja, 10, **Anais...** Londrina, PR. p.99-104. 1999.
- Navarro, G. **Nuevos conceptos de la soya integral en la alimentación avícola**. México:Asociación Americana de Soya, 1992. 6p. (Buletin Técnico,102).
- Nunes, R. V.; Buteri, C. B.; Nunes, C. G. V.; Albino, L.F.T.; Rostagno, H.S. 2001. **Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados a alimentação animal**. Campinas:CBNA, São Paulo, p.235-272. 2001.
- O'Toole, D. K. Characteristics and Use of Okara, the Soybean Residue from Soy Milk Production-A Review. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.47, p.363-371, 1999.
- Parsons, C.M.; Yhang, Y.; Araba, M. Nutritional evaluation of soybean meals varying in oligosaccharide content. **Poultry Science**, v.79, p.1127-1131, 2000.
- Prince, K.R.; Lewis, J.; Wyatt, G.M.; Fenwick, G.R. Flatulence-causes, Relation to diet and remedies. **Nahrung**, v.32, p. 609-626, 1988.
- Rayas-Duarte, P.; Bergeron, D.; Nielsen, S.S. Screening of heat-labile inhibitor trypsin in dry beans and their partial purification from great Northern beans (*Phaseolus vulgaris*) using anhydrotrypsin sepharose affinity chromatography. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v.40, n.2, p.32-42, 1992.
- Reddy, N.R.; Pierson, M.D; Sathe, S.K.; Salunkle, D.K. **Phytates in cereals and legumes**. C R C Press., 159p, 1989.
- Robinson, D.S. **Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos**. Zaragoza:Acribia, 1995. 516p.
- Runho, R. C. **Farelo de soja: processamento e qualidade**. 2001. Poli-nutri Alimentos, Artigos Técnicos, disponível em <www.polinutri.com.br>, acesso em 20/07/2007.
- Sakomura; N.K; Del Bianchi, M.; Pizauro Jr., J.M.; Café, M. B.; Freitas, E. R. Efeito da idade dos frangos de corte na atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.33, n.4, p.924-935, 2004.
- Sgarbieri, V.C.; Whitaker, J.R. Physical, chemical, and nutritional properties of common bean (*Phaseolus*) proteins. **Advances in Food Research**, New York, v.28, p.93-166, 1982.
- Shurtleff, W.; Aoyagi, A. 2004. **History of soybeans and soyfoods in Latin America**. Capturado em 20/12/2009. Online. Disponível na internet:<http://www.thesoydailyclub.com/SFC/history&s161.asp>
- Silva, M. R.; Silva, M. A. A. P. D. Fatores antinutricionais: Inibidores de proteases e lectinas. **Revista de Nutrição**, v.13, n.1, p.3-9, 2000.
- Smiricky, M. R.; Grieshop, C.M.; Albin, D.M.; Wubben, J.E.; Gabert,V.M.; Fahey Jr, G.C. The influence of soy oligosaccharides on apparent and true ileal amino acid digestibilities and fecal consistency in growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.80, p.2433-2441, 2002.
- Souza, G.; Valle, J.L.E.; Moreno, I. Efeitos dos compostos da soja e seus derivados na alimentação humana. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.34, n.2, p.61-69. 2000.
- Turner, R.H.; Liener, I.E. The effect of the selective removal of hemagglutinins on the nutritive value of soybeans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.23, n.3, p.484-487, 1975.
- Viana Filho, D.P. 1992. **Utilização do grão de soja tostado em micro-ondas na alimentação de frangos de corte**. UFC, 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 63p.
- Xavier-Filho, J.; Campos, F.A.P. **Proteinase inhibitors**. In: Cheek, P.R. Toxicants of plant origin. Boca Raton : CRC Press, v.3, p.1-27, 1989.
- Zanella, I.; Sakomura, N.K.; Silversides, F.G.; Figueirdo, A.; Pack, M. 1999. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, p.561-568, 1999.