

**MÉTODOS DE REDUÇÃO E INATIVAÇÃO
DOS FATORES ANTINUTRICIONAIS**

KEILA BARRETO OLIVEIRA

2010

KEILA BARRETO OLIVEIRA

**MÉTODOS DE REDUÇÃO E INATIVAÇÃO DOS FATORES
ANTINUTRICIONAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de
Ciência dos Alimentos da Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do curso de
Pós-Graduação *Latu Sensu* em Nutrição Humana
e Saúde, para a obtenção do título de
Especialização.

Orientador
Prof. Maria de Fátima Piccolo Barcelos

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

KEILA BARRETO OLIVEIRA

**MÉTODOS DE REDUÇÃO E INATIVAÇÃO DOS FATORES
ANTINUTRICIONAIS**

Monografia apresentada ao Departamento de
Ciência dos Alimentos da Universidade Federal
de Lavras, como parte das exigências do curso de
Pós-Graduação *Latu Sensu* em Nutrição Humana
e Saúde, para a obtenção do título de
Especialização.

APROVADA em ____ de _____ de 2010.

Prof. _____

Prof. _____

Prof. Maria de Fátima Píccolo Barcelos
UFLA
(Orientador)

**LAVRAS
MINAS GERAIS – BRASIL
2010**

SUMÁRIO

RESUMO	i
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Fatores antinutricionais	3
2.2. Métodos de redução e inativação dos fatores antinutricionais	7
2.2.1. Processamento térmico	7
2.2.2. Germinação	10
2.2.3. Irradiação	11
2.2.4. Melhoramento genético	12
2.2.5. Fitase exógena	13
2.2.6. Outros métodos	14
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

RESUMO

OLIVEIRA, Keila Barreto. **Métodos de redução e inativação dos fatores antinutricionais**. 2010. 23p. Monografia (Especialização em Nutrição). Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais*.

Fatores antinutricionais são substâncias formadas naturalmente em cereais e leguminosas que reduzem consideravelmente a biodisponibilidade de minerais e proteínas do organismo. Os principais fatores antinutricionais encontrados são fitatos, taninos, inibidores de enzimas digestivas e lectinas. Os fitatos têm habilidade em complexar minerais, tornando-os indisponíveis ao organismo. Os efeitos prejudiciais dos taninos na dieta parecem estar relacionados com sua interação com proteínas alimentares. Inibidores de enzimas digestivas inibem a ação de importantes enzimas para o metabolismo normal. Lectinas tornam-se prejudiciais devido sua ação hemaglutinante e ligação com açúcares de membrana. Embora presentes em quantidades significativas nos alimentos, diversos são os estudos que demonstram como os fatores antinutricionais podem ser reduzidos ou até eliminados dos alimentos. O processo de maceração seguida por cozimento é um método eficiente, prático e de fácil aplicação; no melhoramento genético os genótipos dos grãos são modificados de modo a reduzir os valores de antinutrientes; a radiação em doses controladas promove redução significativa nos teores de antinutricionais; a germinação ativa enzimas que hidrolizam estes compostos, portanto o uso de tais procedimentos são indicados para a redução destes constituintes indesejáveis nos alimentos melhorando sua qualidade nutricional.

*Orientador: Maria de Fátima Pícolo Barcelos

1. INTRODUÇÃO

As exigências fisiológicas para diferentes nutrientes inorgânicos variam extensamente, dependendo da idade, sexo, estágio de crescimento, gravidez e lactação. Os requerimentos dietéticos são calculados conforme as exigências fisiológicas e a eficiente absorção da dieta que varia de menos que 1% a até quase 100% (Fairweather-Tait e Hurrell, 1996).

O valor nutritivo de qualquer alimento não pode ser estabelecido unicamente com base na quantidade de seus nutrientes, uma vez que sua qualidade nutricional é determinada por uma série de fatores como interações entre os diversos compostos da dieta, o estado fisiológico do indivíduo, as condições de processamento e de armazenagem e a ocorrência de fatores antinutricionais (CFN, 2002).

Alimentos de origem vegetal, como cereais e leguminosas sejam como fontes protéicas com baixo teor de gordura ou como fontes de fibras, tem acrescido à dieta humana componentes de ação antinutricional, principalmente quando são consumidos na forma crua ou inadequadamente processados. Estas substâncias são antagônicas à utilização de minerais, proteínas e amido dos alimentos devido sua capacidade de quelar estes nutrientes, tornando-os menos disponíveis ao organismo humano (Oliveira *et al.*, 2003).

Embora presentes em quantidades significativas nos alimentos, muitos são os trabalhos publicados que demonstram que estes componentes indesejáveis podem ser reduzidos ou mesmo eliminados por processamentos domésticos comuns como maceração, cocção, torrefação e ainda por meio de melhoramento genético, irradiação, germinação dentre outros (Felix 2005; Maia *et al.*, 2002; Mechi *et al.*, 2005; Oliveira *et al.*, 1999).

O objetivo deste trabalho é discorrer sobre os fatores antinutricionais presentes nos alimentos e apontar os métodos capazes de reduzir ou inativá-los tornando os alimentos aptos para o consumo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Fatores antinutricionais

Vários são os fatores que influenciam na biodisponibilidade dos nutrientes. Fatores dietéticos e fisiológicos como a composição dos alimentos, interações intraluminais, pH, potencial de oxidação, tempo de digestão, comportamento dos íons metálicos, necessidades do indivíduo além das condições de processamento do alimento devem ser considerados. Portanto o valor nutritivo de um alimento não pode ser estabelecido unicamente na dosagem química de seus nutrientes (van Dokkum, 2000; CFN, 2002).

A biodisponibilidade de um mineral ou elemento traço é definida como a fração do nutriente ingerido que é absorvida e conseqüentemente utilizada nas funções fisiológicas (Fairweather-Tait e Hurrell, 1996).

O termo fatores antinutricionais refere-se à presença de substâncias que inibem a utilização dos nutrientes pelo organismo. Estes compostos podem atuar direta ou indiretamente na formação de substâncias inibidoras, tóxicas ou contaminantes que provocam efeito contrário em relação à função de certos nutrientes quando incorporados à dieta alimentar. Entre os principais fatores antinutricionais destacam-se os fitatos, taninos, inibidores de enzimas digestivas, lectinas, glicosídeos cianogênicos e aflatoxinas os quais podem ser encontrados em diferentes variedades de alimentos e em quantidades variáveis (Sgarbieri, 1987, citado por Souza *et al.*, 2005).

Brigide (2002) cita que os fatores antinutricionais podem ser classificados com base no tipo de nutriente que eles afetam e também pelo tipo de resposta biológica produzida no animal. Segundo a autora existem três grupos: a) substâncias que prejudicam a digestibilidade ou a utilização metabólica das proteínas conhecidos como inibidores de enzimas digestivas, lectinas (hemaglutininas), saponinas e compostos fenólicos; b) substâncias que

reduzem a solubilidade ou interferem na utilização de elementos minerais, sendo eles o ácido fítico, ácido oxálico, glicosinolatos e gossipol e, c) substâncias que inativam ou aumentam os requerimentos de certas vitaminas que são denominados antivitaminas lipossolúveis e antivitaminas hidrossolúveis.

O ácido fítico (hexafosfato de mio-inositol) é um composto de ocorrência natural formado durante o processo de maturação de alimentos de origem vegetal, principalmente na película externa de grãos de cereais e nas sementes de leguminosas. Seu teor pode variar de 1 a 3% do peso total da planta e isto equivale a cerca de 70% do fósforo total armazenado (van Dokkun, 2000, Silva e Silva, 1999). Este antinutriente tem efeito negativo na biodisponibilidade de minerais devido sua capacidade de formar complexos insolúveis com íons metálicos reduzindo a biodisponibilidade destes minerais (de Carli *et al.*, 2006).

A fitase da mucosa intestinal não parece ter um papel significativo na digestão do ácido fítico, enquanto que as fitases das plantas parecem ser importante fator para a hidrólise do fitato (Furtunado *et al.*, 2003). O ácido fítico hidrolisado libera ortofosfato e mio-inositol fosfatos formando grupos menores de fosfatos e somente IP⁵ e IP⁶ tem efeito negativo na biodisponibilidade de minerais (Angelis, 2001). É importante considerar que durante o processamento dos alimentos e a digestão, a quantidade de ácido fítico reduz significativamente (Domínguez *et al.*, 2002).

Taninos são compostos de alto peso molecular amplamente distribuído no reino vegetal. Possui suficientes grupos hidroxila fenólica para permitir a formação de ligações cruzadas estáveis com proteínas. O caráter hidrofóbico da molécula e a presença de aminoácidos alifáticos e aromáticos na estrutura interna de proteínas indicam que a interação hidrofóbica é o mecanismo predominante na formação do complexo tanino-proteína (Silva e Silva, 1999, Cozzolino, 2005). São classificados em dois grupos principais, cujas estruturas são muito diferentes entre si, embora todos tenham moléculas de poli-

hidroxifenóis ou seus derivados. O primeiro grupo é composto pelos chamados taninos hidrolisáveis (como o ácido tânico). Já o segundo grupo contém outros tipos de taninos, encontrados em maior quantidade e de maior importância em alimentos, sendo denominados taninos condensados (Barrueto-Gonzalez, 2007).

Inibidores de enzimas digestivas são substâncias químicas presentes nos tecidos vegetais (leguminosas, cereais, tubérculos) e em alimentos de origem animal (clara de ovo), cuja função básica é a defesa do tecido contra agentes prejudiciais ao desenvolvimento normal do vegetal ou do animal. Porém quando estas substâncias são ingeridas, inibem a ação de enzimas importantes para o metabolismo normal do organismo humano (Barcelos, 2007).

Os efeitos nocivos dos inibidores de proteases em animais alimentados com leguminosa crua são complexos. Muitos estudos com animais monogástricos têm atribuído aos efeitos deletérios, principalmente alterações metabólicas do pâncreas (aumento da secreção enzimática, hipertrofia e hiperplasia) e redução da taxa de crescimento, à presença de inibidores de tripsina na alimentação à base de leguminosas (Silva e Silva, 2000). Na nutrição humana tais fatores antinutricionais têm pequena consequência, pois são termolábeis e geralmente são destruídos nas condições normais de preparo, doméstico ou industrial dos alimentos. No entanto, a utilização cada vez maior de alimentos naturais ou o uso de baixas temperaturas de cozimento podem expor a população aos seus efeitos deletérios (Carvalho *et al.*, 2002).

Lectinas são proteínas não pertencentes ao sistema imunológico, porém capazes de reconhecer sítios específicos em moléculas e ligar-se reversivelmente a carboidratos, sem alterar a estrutura covalente das ligações glicosídicas dos sítios (Etzler, 1985 citado por Silva e Silva 2000). Embora muitas lectinas reconheçam e se liguem a açúcares simples tais como glicose, manose, galactose, N-acetilgalactosamina, N-acetilglucosamina ou fucose, a afinidade é muito maior para com os constituintes de glicoproteínas: ácido siálico e N-

acetilgalactosamina contendo cadeias de glucanos, encontrados em animais e seres humanos (Peumans & Van Damme, 1996, citado por Barcelos 2007).

A toxicidade da lectina não ocorre devido à sua ação hemaglutinante e sim devido à sua habilidade de ligação a determinados açúcares em superfícies de determinada célula, acarretando efeitos danosos como perda de peso e inibição do crescimento do animal e hiperplasia celular (Barcelos, 2007).

Sabendo dos prejuízos ocasionados pela presença de fatores antinutricionais nos alimentos, a inativação ou a eliminação destes componentes são necessários para melhorar a qualidade nutricional dos alimentos. Tratamento térmico, maceração, germinação, melhoramento genético, irradiação são processamentos utilizados para a redução do conteúdo destas substâncias nos alimentos (Agostini e Ida, 2006; Davila et al., 2003; Williams e Erdmam, 2003; Oliveira *et al.*, 1999).

Os efeitos negativos dos fatores antinutricionais são amplamente discutidos nos estudos publicados, porém o papel destas substâncias vem sendo rediscutido em função de descobertas que evidenciam potenciais efeitos benéficos ao organismo humano como ação hipoglicemiante, anticarcinogênica e antioxidante e, portanto, prevenção de doenças crônicas como câncer, diabetes, acidentes cardiovasculares e doenças associadas ao estresse oxidativo (Siqueira *et al.*, 2007; Mariath *et al.*, 2007).

2.2. Métodos de redução ou inativação dos fatores antinutricionais

2.2.1. Processamento térmico

Muitos são os trabalhos publicados que reportam a efetiva ação do processo de cocção e maceração na redução dos fatores antinutricionais em grãos de leguminosas.

No processamento doméstico do feijão, geralmente utiliza-se a maceração como método prévio à cocção. Esta prática traz modificações na constituição do feijão comum (*Phaseolus vulgaris*) com a redução de fatores antinutricionais e de causadores de flatulência e perda de importantes nutrientes solúveis, como proteínas, vitaminas e minerais por lixiviação (Oliveira *et al.*, 1999).

Ao analisar o conteúdo de fitatos e taninos em feijão comum cozidos, Ramírez-Cárdenas e colaboradores (2008) concluíram que houve redução no conteúdo destes antinutrientes em todas as cultivares analisadas, sendo que as amostras que não sofreram maceração e as que foram cozidas com a água de maceração tiveram teores ligeiramente maiores quando comparadas àquelas em que a água de maceração foi desprezada. Oliveira *et al.* (2001a) encontraram resultados semelhantes uma vez que os animais tratados com dieta com feijão sem água de maceração apresentaram maior ganho de peso do que os alimentados com feijão cozido com água de maceração.

Oliveira *et al.* (2001b) avaliaram o efeito da maceração e do processamento doméstico do feijão comum na composição química, nos teores de fitatos, taninos, amido e fatores de flatulência. Nos resultados, obtiveram redução nos teores de fitatos (85%) pela utilização da maceração e no conteúdo de taninos, somente o processo de cozimento do feijão promoveu alta decomposição dos mesmos (84%). Contudo em todos os antinutrientes analisados, a redução foi mais efetiva naqueles em que a água de maceração foi

desprezada. Fernández *et al.* (1997) também verificaram redução nos teores de ácido fítico no processo de imersão e aquecimento dos grãos de fava seguido de cozimento. Este processo reduziu o conteúdo de ácido fítico em 15,4%.

Toledo e Canniati-Brazaca (2008) observaram que a maceração não afetou o conteúdo de fitatos nas amostras de feijão carioca enquanto esta técnica foi mais efetiva na inativação dos taninos. Para Minetto *et al.* (2008), o descarte da água de maceração do feijão não promoveu diferença significativa no conteúdo de compostos fenólicos, contudo a cocção destruiu estes componentes indesejáveis.

Delfini e Canniati-Brazaca (2008) levaram em consideração o tempo de armazenamento dos grãos de feijão e observaram que os teores de polifenóis totais e livres diminuíram com o armazenamento e o processo de cocção. Apresentando relação inversa, os polifenóis ligados a proteínas aumentaram no armazenamento e o processo de cocção promoveu considerável diminuição desses compostos, nos dois tempos de armazenamento (três e seis meses).

A melhora na digestibilidade com tratamento térmico é atribuída às alterações estruturais das proteínas, aumentando a susceptibilidade à hidrólise enzimática (Carbonaro *et al.*, 1992). Os grãos de soja analisados por Carvalho *et al.* (2002) tiveram a atividade de inibidores de tripsina totalmente inativados após 30 minutos de aquecimento, porém sua estabilidade térmica foi variada. Liu e Markakis (1987) verificaram que a maceração como único processamento da soja não produziu efeito na atividade inibitória de tripsina nos dois cultivares analisados, porém cozimento junto com imersão suprimiu totalmente a atividade inibitória de tripsina tanto na soja madura quanto na imatura. Já Lazzari (2010) encontrou resultados conflitantes quando analisou o teor de ácido fítico na soja. Em sua análise houve redução significativa do ácido fítico durante a maceração, porém o tempo de cocção não apresentou correlação com o teor deste antinutriente com os minerais estudados (P, Ca, Mg, Zn e Fe).

Moura *et al.* (2007) avaliaram a composição da soja submetida a diferentes tratamentos térmicos e observaram redução do teor de fitato nas cultivares em que se empregou autoclave (121°C por 10 minutos) e panela de pressão (20 minutos) como método de cocção. Para os inibidores de tripsina, o tratamento por microondas (25 minutos) foi eficiente para reduzir estes compostos indesejáveis.

Mendes *et al.* (2004) submeteram grãos de soja a diferentes processamentos térmicos e concluíram que a extrusão da soja semi-integral e a micronização da soja integral foram eficientes na inativação dos fatores antinutricionais e na melhoria de suas digestibilidades. Relatam ainda que a magnitude desses benefícios variou com o tipo de processamento, sendo que a micronização mostrou-se superior aos demais processamentos.

Barcelos e colaboradores (1999) observaram que houve aumento da atividade de inibidor de tripsina com a maturação de soja e gandu, contudo o processamento térmico utilizado no enlatamento destas leguminosas eliminou atividade dos inibidores de tripsina e inativou a atividade de lectinas nos grãos de soja.

Del-Vechio *et al.* (2005) investigaram os teores de alguns antinutrientes de sementes cruas, cozidas e tostadas em três espécies de abóboras e verificaram que dentre os tratamentos térmicos utilizados, o cozimento foi o mais eficiente na redução desses constituintes indesejáveis.

Santos (2006) estudou o efeito do cozimento sobre alguns fatores antinutricionais em folhas de brócolis, couve-flor e couve e observou que todas as espécies analisadas apresentaram redução dos fatores antinutricionais à medida que houve aumento no tempo de cozimento. Contudo, os tratamentos utilizados não foram suficientes para reduzir os teores de polifenóis das folhas de brócolis e couve a valores considerados adequados ao consumo humano, por

isso a autora sugere a utilização conjunta de outra metodologia para a redução dos polifenóis presentes nesses vegetais.

O tratamento térmico tem se mostrado muito eficiente na redução dos teores de fatores antinutricionais. No entanto, este método em tempo prolongado para destruição completa dos inibidores de proteases, além de desnecessário, não é recomendável por provocar diminuição da digestibilidade protéica, com conseqüente perda do valor nutricional e alterações das propriedades funcionais das proteínas de leguminosas (Genovese e Lajolo, 2000).

2.2.2. Germinação

A germinação é um tratamento sensível e econômico que tem como resultado um produto natural. Este processo elimina ou inativa certos fatores antinutricionais e aumenta a digestibilidade de proteínas e amidos em leguminosas (Davila *et al.*, 2003). Geralmente, durante o processo de germinação a quantidade de fitase aumenta, com maior inativação do fitato. Este efeito ocorre tanto por ativação da fitase endógena (em cereais e leguminosas) assim como pelo aumento de sua síntese *de novo* (Angelis, 2001).

Segundo Ribeiro *et al.* (1999), o processo de germinação tem sido proposto como alternativa para melhorar a qualidade nutritiva da soja. Durante este processo as fitases e outras enzimas são ativadas por simples hidratação, hidrolisando o ácido fítico e liberando H_3PO_4 , Mg^{+2} , Ca^{+2} e inositol. Conseqüentemente o teor de ácido fítico é reduzido. Em seu estudo, Ribeiro *et al.* verificaram que após 72 horas de germinação as duas cultivares de soja analisadas tiveram o teor de ácido fítico reduzido, com conseqüente aumento do teor de fósforo (P) total e os níveis de tripsina também aumentados.

Ao analisar amostras de grãos germinados e não germinados, Fiori e Souza (2009) verificaram que as amostras com grãos germinados e submetidas a temperatura de cocção a 25°C apresentou menores teores de antinutricionais

quando comparados às amostras sem grãos germinados com temperaturas de cocção mais elevadas (70°C e 100°C).

Martinez *et al.* (2008) comprovaram a redução dos teores de tripsina, ácido fítico e taninos condensados nas sementes de soja incubadas em câmara de germinação sob temperatura de 25°C e 100% de umidade durante 48 horas. As autoras afirmam que essas reduções eram esperadas, já que durante germinação há redução gradativa na atividade inibitória de tripsina, aumento da atividade da enzima fitase contribuindo para a redução do ácido fítico e a oxidação de polifenóis causando hidrólise enzimática de taninos, com consequente redução deste antinutriente.

A germinação provoca alterações sensoriais na leguminosa, portanto deve-se avaliar a aceitabilidade do consumidor (Davila *et al.*, 2003).

2.2.3. Irradiação

A irradiação de alimentos é o tratamento dos mesmos com radiação ionizante. O processo consiste em submetê-los, já embalados ou a granel, a uma quantidade minuciosamente controlada dessa radiação, por um tempo prefixado e com objetivos bem determinados (CENA – USP, 2010). Esta técnica é utilizada para preservar através da eliminação de microorganismos e desinfestação dos grãos para estender a vida útil e reduzir perdas da safra durante armazenagem do produto (Nascimento, 1992), pode ser aplicada em alimentos que são consumidos crus ou parcialmente processados e tem como característica única a aplicação em alimentos congelados (Moura *et al.*, 2005).

Toledo (2006) constatou que o tratamento com irradiação promoveu melhora nutricional nas cultivares de soja por meio da redução dos fatores antinutricionais analisados (fenólicos totais, taninos, inibidores de tripsina) conforme aumento da dose, tanto dos grãos crus quanto nos cozidos, porém a cocção promoveu maior diminuição dos antinutrientes. Da mesma maneira,

Brigide (2002) verificou que o processo de irradiação reduziu os teores de fitatos e taninos em feijão comum, destacando-se os grãos cozidos. Esta mesma redução de componentes indesejáveis foi observada em grão de bico (Ferreira *et al.*, 2006).

Biscaro (2009) estudou o efeito da irradiação em diferentes doses (0, 4 e 8 kGy) nos grãos de soja e teve como resultado a melhora na qualidade nutricional da soja uma vez que houve redução dos fatores antinutricionais presentes, aumento na digestibilidade das proteínas e no teor de isoflavonas agliconas e ainda, a diminuição do tempo de cocção. Ao quantificar os teores de fenólicos totais, taninos e inibidores de tripsina verificou que os grãos cozidos não apresentaram teores de taninos e de inibidor de tripsina.

Mechi *et al.* (2005) observaram que a cocção promoveu redução nos teores de taninos no feijão, porém o aumento da dose de irradiação não influenciou o teor deste composto, já para o teor de ácido fítico, o aumento da dose de radiação foi inversamente proporcional à quantidade deste antinutriente, contudo a cocção promoveu aumento no teor de fitato.

2.2.4. Melhoramento genético

Modificações nos genótipos dos grãos de soja reduzem o custo de produção, os fatores limitantes e permite maior aproveitamento das funções fisiológicas da planta. Por conseguinte, o programa de melhoramento genético promove aumento no teor de proteína, melhor balanceamento de aminoácidos essenciais, redução de fatores antinutricionais e de fatores causadores de flatulência (Pereira e Oliveira, 2004).

Paula (2007) avaliou a composição bioquímica e fatores antinutricionais de 34 genótipos de soja. Ao concluir seu trabalho, verificou que a cultivar CS 02 564 é o genótipo indicado como mais promissor para o programa de melhoramento genético destinado à alimentação humana devido ao seu destaque

com relação às maiores concentrações de proteína e óleo e menores concentrações de fatores antinutricionais (rafinose, estaquiose e ácido fítico). Miura *et al.* (2005) analisaram três cultivares de soja para investigarem a velocidade de inativação de inibidores de tripsina e insolubilização de proteínas. Em seu estudo observaram redução no tempo de processamento térmico para os cultivares melhorados geneticamente que continham baixas atividades de inibidores de tripsina e melhor eficiência na farinha de soja com teor de umidade maior (16%).

Um estudo conduzido por Maia *et al.* (2002) verificou que todos os genótipos de feijão tipo caupi (*Vigna unguiculata*) analisados apresentaram teores de taninos, porém os grãos não melhorados geneticamente demonstraram maiores quantidades deste fator antinutricional. Monteiro *et al.* (2004) verificaram que a eliminação genética do inibidor de tripsina (Kunitz) promoveu melhora na digestibilidade da proteína de soja, destacando que os valores de digestibilidade das farinhas de soja com ausência deste antinutriente foram próximos ao da caseína.

Barrueto-González (2007) analisou sete novas cultivares de feijões obtidas por meio de melhoramento genético e constatou que não houve interferência na absorção dos minerais cálcio e magnésio contrariando os estudos já realizados anteriormente com estes elementos, porém a presença de ácido fítico nos grãos demonstrou diminuição na absorção dos minerais cobre e zinco.

2.2.5. Fitase exógena

As fitases são enzimas com atividade fosfomonoesterase capazes de hidrolizar ácido fítico para produzir ortofosfato inorgânico e uma série de ésteres fosfóricos menores, liberando finalmente o mio-inositol. Estas enzimas se encontram de forma comum na natureza, podendo ser de origem microbiana,

vegetal ou animal. Várias destas fitases tem sido clonadas e caracterizadas geneticamente (Frontela *et al.*, 2008).

Agostini e Ida (2006) sugerem que a fitase extraída de sementes de girassol germinadas pode ser uma alternativa para reduzir fatores antinutricionais. Em seu estudo, observaram máxima atividade da fitase no oitavo dia de germinação das sementes. Neste período houve decréscimo de 85,89% do teor de fitato. Observaram também que a atividade de fitase foi máxima no pH 5,2. O que leva a acreditar que a fitase extraída de sementes germinadas de girassol é eficiente na redução do teor de fitato em farelo de girassol desengordurado.

Cúneo *et al.* (2000) utilizou fitase exógena em farelo de arroz estabilizado na tentativa de hidrolisar o ácido fítico em frações menores de mio-inositol e verificou que a fitase comercial mostrou-se pouco eficaz para esta redução. Uma explicativa plausível para a baixa eficiência do experimento, segundo os autores, seria a falta de contato ou aproximação entre enzima e substrato que resulta da mistura manual, em relação à disposição com que os reagentes enzima e substrato se encontram naturalmente na matriz do grão quando a fitase é endógena.

2.2.6. Outros métodos

O processamento sob alta pressão é um tratamento não térmico que está sendo utilizado para a preservação de alimentos e que tem sido estudado tanto pelo seu menor dano térmico quanto pelo seu poder de promover mudanças estruturais em proteínas e nas interações proteínas-polissacarídeos. Contudo a aquisição dos equipamentos e do processamento é um fator limitante no uso desta tecnologia (Torrezan e Cristianini, 2005). Torrezan (2007) avaliou os efeitos do tratamento sob alta pressão sobre fatores antinutricionais e constatou

que esta tecnologia não alterou os teores de inibidor de tripsina, porém após o tratamento não foram detectadas concentrações de fitato.

Rios *et al.* (2003) ao estudarem o efeito da estocagem e condições de colheita em cultivares de feijão verificaram que as amostras colhidas antecipadamente apresentaram maiores teores de compostos fenólicos sendo que ao final do período de armazenamento (oito meses) as duas épocas de colheita estudadas apresentaram aumento dos fenólicos totais.

Cunha (1992) quantificou, dentre outros componentes, a concentração de fitato nos grãos de feijão dos grupos controle, submetidos à radiação gama e microondas e encontrou o menor valor nos grãos do grupo controle (0,97%; 1,05%; 1,08%, respectivamente). Ao comparar o teor deste antinutriente no período de estocagem de zero a seis meses, observou diminuição da concentração de fitatos em todos os grupos, porém houve redução mais acentuada nos grãos armazenados em altas temperaturas e umidade relativa do ar (30°C - 75% UR) em comparação aos armazenados em geladeira.

O processo de torrefação pode ser considerado uma alternativa para a redução de fatores antinutricionais. Duarte *et al.* (2005) relatam que o processo de torrefação diminui a atividade antioxidante do café. Esta diminuição pode ser atribuída à perda de compostos fenólicos durante o processo aplicado aos grãos. Felix (2006) verificou que a tostagem em forno convencional inativou os inibidores de tripsina nos grãos de soja e este efeito foi mais eficaz nos grãos que sofreram pré-secagem (estufa a 55°C por 8 horas) por promover menor reativação dos inibidores de tripsina após proteólise *in vitro*.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante a revisão realizada pode-se verificar que o processo de maceração em conjunto com a cocção são métodos de fácil aplicação e grande eficiência na redução dos constituintes antinutricionais, sendo que quando a água de maceração é desprezada esta redução torna-se mais significativa.

A germinação é um tratamento eficaz na inativação dos fatores antinutricionais devido à ativação de enzimas que hidrolizam fitatos, polifenóis e inibidores de tripsina, reduzindo o teor destes antinutrientes nas leguminosas.

A irradiação em doses controladas pode ser considerada outro método de redução do teor de antinutricionais, destacando-se quando esta técnica é aplicada juntamente com o processo de cocção. Os grãos melhorados geneticamente promovem maior aproveitamento nutricional dos grãos uma vez que se pode eliminar fatores limitantes da biodisponibilidade de nutrientes. Poucos estudos foram encontrados acerca do uso de fitase exógena, contudo pode-se observar que este método não se mostrou eficaz no estudo realizado devido à falta de contato entre enzima e substrato.

Segundo os estudos analisados, durante o período de armazenamento de leguminosas há um decréscimo significativo dos teores de antinutrientes.

Ao final do estudo, portanto, pode-se concluir que, embora os fatores antinutricionais estejam presentes nos alimentos de origem vegetal, estes componentes podem ser reduzidos de modo que o alimento mantenha suas características nutricionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINI, J. S. e IDA, E. I. Caracterização parcial e utilização da fitase extraída de sementes germinadas de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 1041-1047, jun. 2006.

ANGELIS, R. C. **Importância de alimentos vegetais na proteção da saúde – Fisiologia da nutrição protetora e preventiva de enfermidades degenerativas**. São Paulo: Atheneu, 2001, 311p.

BARCELOS, M.F.P. **Substâncias tóxicas naturais em alimentos**. Lavras: UFLA FAEPE, 2007, 111p.

BARCELOS, M.F.P.; TAVARES, D.Q.; MIRANDA, M.A.C.; GERMER, S.P.M. Aspectos químicos e bioquímicos de leguminosas enlatadas em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p.59-72, jan./ abr. 1999.

BARRUETO-GONZÁLEZ, **Biodisponibilidade de cálcio, magnésio, cobre e zinco na soja (*Glycine max*) e em novas variedades de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*), obtidas por melhoramento genético clássico e sua relação com fatores antinutricionais não protéicos**, 2007, 122p. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

BISCARO, L.M. **Efeito da irradiação gama e da cocção sobre aspectos físicos, químicos e sensoriais de cultivares de soja (*Glycine max*) com e sem lipoxigenase**. 2009, 129 p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 71p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

CARBONARO, M., MARLETTA, L., CARNOVALE, E. Factors affecting cystine reactivity in proleolytic digests of *Phaseolus vulgaris*. **Journal Agricultural Food Chemistry**, Washington, v.40, n.2, p.169-173, fev. 1992.

CARVALHO, M. R. B.; KIRSCHNIK, P.G.; PAIVA, K. C.; AIURA, F. S. Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 267-272, set./dez. 2002.

CENA - CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA – USP. **Divulgação da tecnologia da irradiação de alimentos e outros materiais**. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/irradiacao/irradiacaoalimentos.htm>>. Acesso em: 05 de fevereiro 2010.

CFN - CONSELHO FEDERAL DE NUTRICIONISTAS. Multimistura: a posição do CFN. **Revista CFN**. Brasília, ano 3, n. 6, 2002.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Barueri, São Paulo: Manole, 2005, p. 22; 85; 833.

CÚNEO, F.; FARFAN, J.A.; CARRARO, F. Distribuição dos fitatos em farelo de arroz estabilizado e tratado com fitase exógena. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n.1, jan./abr.2000.

CUNHA, M.F. **Efeito de tratamentos por radiação gama ou microondas em propriedades físicas, bioquímicas, químicas e sensoriais do feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) da variedade carioca 80 S.H., antes e durante a estocagem**. 1992, 148p. Tese (Doutor em Ciência da Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

DAVILA, M. A.; SANGRONIS, E.; GRANITO, M. Leguminosas germinadas o fermentadas: alimentos o ingredientes de alimentos funcionales. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**. Caracas, v. 53, n.4, p.348-354, out./dez. 2003.

DE CARLI, L.; ROSSO, N.D.; SCHNITZLER, E.; CARNEIRO, P.I.B. Estudo da estabilidade do complexo ácido fítico e o íon Ni(II). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.1, p.19-26, jan./mar. 2006.

DELFINI, R.A.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Polyphenols and their interaction with digestibility and cooking time in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.19, n.4, p. 401-407, out./dez. 2008.

DEL-VECHIO, G.; CORRÊA, A.D.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.D. Efeito do tratamento térmico em sementes de abóboras (*Cucurbita* ssp.) sobre os níveis de fatores antinutricionais e/ou tóxicos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 369-376, mar./abr. 2005.

DOMÍNGUEZ, B.M.; GÓMEZ, M.V.I.; LEÓN, F.R. Ácido Fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 52, n. 3, p. 219-231, set. 2002.

DUARTE, S.M.S.; ABREU, C.M.P.; MENEZES, H.C. Effect of processing and roasting on the antioxidant activity of coffee brews. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n.2, p. 387-393, abr./jun. 2005.

FAIRWEATHER-TAIT, S.; HURRELL, R.F. Bioavailability of minerals and trace elements. **Nutrition Research Reviews**. Cambridge, v. 9, p. 295-324, jan. 1996.

FELIX, M.A. **Análise sensorial dos grãos de soja (*Glycine max.* (L.) Merrill) tostados por diferentes tratamentos**. 2005, 101p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São Paulo.

FERNÁNDEZ, M.; ARANDA.P.; JURADO, M.L.; FUENTES, M.A.G.; URBANO, G. Bioavailability of phytic acid phosphorus in processed *Vicia faba* L. major. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 45, n. 11, p. 4367-4371, nov. 1997.

FERREIRA, A.C.P.; BRAZACA, S.G.C.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, vol.26, n.1, p.80-88, jan./mar. 2006.

FIORI, C. B. e SOUZA, M. C. Interferência do processo de germinação e temperatura de cocção nos teores de antinutricionais. In: SIMPÓSIO DE ENSINO DE GRADUAÇÃO, 7, 2009, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba, 2009.

FRONTELA, C.; ROS, G.; MARTÍNEZ, C. Empleo de fitasas como ingrediente funcional en alimentos. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**. Caracas, v. 58, n. 3, p. 215-220, set. 2008.

FURTUNADO, D.M.N.; TRIGUEIRO, I.N.S.; GÓES, J.A. Fitatos na alimentação humana: uma visão abrangente. **Higiene Alimentar**. São Paulo, v. 17, n. 107, p. 16-20, abr. 2003.

GENOVESE, M. I., LAJOLO, F. M. Inativação dos inibidores de proteases de leguminosas: uma revisão. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 107-112, jul./dez. 2000.

LAZZARI, E. N. **Análise de ácido fítico e minerais nos processos de maceração e cocção de soja**. Disponível em <<http://www.uel.br/cca/dcta/trabalhos.php?id=24>>. Acesso em: 25 jan. 2010.

LIU, K. e MARKAKIS, P. Effect of maturity and processing on the trypsin inhibitor and oligosaccharides of soybeans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 1, p. 222-225, jan. 1987.

MAIA, F. M. M. , OLIVEIRA, J. T. A. , FREIRE-FILHO , GOMES R. G. A., VASCONCELOS, I. M. Composição química e fatores antinutricionais em genótipos de *Vigna unguiculata* melhorados e não melhorados geneticamente. In: REUNIÃO REGIONAL NO NORDESTE, 4, 2002, Fortaleza. **Resumos...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Bioquímica e Biologia Molecular, 2002.

MARIATH, A.B.; FISTAROL, C.M.; NERBASS, F.B. Polifenóis: os seus principais efeitos benéficos. **Nutrição Brasil**, São Paulo, v. 6, n. 5, p. 299-305, set./out. 2007.

MARTINEZ, A.P.C.; MARTINEZ, P.C.C.; MANSI, D.N.; SOUZA, M.C.; CANIATTI-BRAZACA, S.G. Efeito da germinação nos fatores antinutricionais e digestibilidade de proteína. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE

INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 16, 2008. Piracicaba. **Resumo...**
Piracicaba: SIICUSP, 2008.

MECHI, R.; CANIATTI-BRAZACA, S.G. E.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris*) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 109-114. jan./mar. 2005.

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. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 2, p. 207-213, abr. 2004.

MINETTO, J. S.; GERAGE, J. M.; MANSI, D.N.; SALGADO, J.M. Quantificação de fenólicos totais e da atividade antioxidante do feijão (*Phaseolus vulgaris*) sob efeito de diferentes métodos de cocção e maceração. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 16, 2008. Piracicaba. **Resumo...** Piracicaba: SIICUSP, 2008.

MIURA, E.M.Y.; SILVA, R.S.S.F.; MIZUBUTI, I.Y.; IDA, E.I. Cinética de inativação de inibidores de tripsina e de insolubilização de proteínas de diferentes cultivares de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 1659-1665, out. 2005.

MONTEIRO, M.R.P.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G.A.; PIRES, C.V. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência de inibidor de tripsina Kunitz e das isoenzimas lipoxigenases. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 195-205, abr./jun., 2004.

MOURA, N.C; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SPOTO, M.H.F.; ARTHUR, V. Avaliação sensorial de feijão preto submetido à radiação de cobalto-60. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 370-374, abr./jun. 2005.

MOURA, N.C.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; SOUZA, M.C.; DIAS, C.T.S. Composição de cultivares de soja submetida a diferentes tratamentos térmicos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.18, n. 2, p. 151-160, abr./jun. 2007.

NASCIMENTO, L.M. **Efeito da radiação gama (^{60}Co) nas propriedades físico-químicas e sensoriais de feijões envelhecidos (*Phaseolus vulgaris*).** 1992. 135p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade São Paulo, São Paulo.

OLIVEIRA, A.C.; REIS, S.M.P.M.; LEITE, E.C.; VILELA, E.S.D.; PÁDUA, E.A.; TASSI, E.M.M.; CÚNEO, F.; JACOBUCCI, H.B.; PEREIRA, J.; DIAS, N.F.G.P.; GONZALEZ, N.B.B.; ZINSLY, P.F. Uso doméstico da maceração e seu efeito no valor nutritivo do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 2, p. 191-195, mai./ago. 1999.

OLIVEIRA, A.C.; CARRARO, F.; REIS, S.M.P.M.; RAMOS, A.G.; HELBIG, E.; COSTA, E.L.; ALVIN, I.S., LUVIELMO, M.M. A eliminação da água não absorvida durante a maceração do feijão-comum aumentou o ganho de peso em ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 14, n. 2, p. 153-155, mai./ ago. 2001a.

OLIVEIRA, A.C.; QUEIROZ, K.S.; HELBIG, E.; REIS, S.M.P.M.; CARRARO, F. O processamento doméstico do feijão-comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiose e verbascose, **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 3, p. 276-283, set. 2001b.

OLIVEIRA, A.C.; REIS, S.M.P.M.; CARVALHO, E.M.; PIMENTA, F.M.P.; RIOS, K.R.; PAIVA, K.C.; SOUSA, L.M.; ALMEIDA, M.; ARRUDA, S.F. Adições crescentes de ácido fítico à dieta interferiram na digestibilidade da caseína e no ganho de peso em ratos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 211-217, abr./jun. 2003.

PAULA, S.A. **Composição bioquímica e fatores antinutricionais de genótipos de soja.** 2007, 88p. Dissertação (Mestre em Bioquímica Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais.

PEREIRA, C.A.S.; OLIVEIRA, F.B. **Soja, alimento e saúde: valor nutricional e preparo.** Viçosa: UFV, 2004, 102p.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L. LEONEL, A.J., COSTA, N.M.B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais

de diferentes cultivares de feijão comum. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 200-213, jan./mar. 2008.

RIBEIRO, M.L.; IDA, E.I.; OLIVEIRA, M.C.N. Efeito da germinação de soja Cv. Br-13 e Paraná sobre ácido fítico, fósforo total e inibidores de tripsina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 31-36, jan. 1999.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23 (suplemento), p. 39-45, dez. 2003.

SANTOS, M.A.T. Efeito do cozimento sobre alguns antinutricionais em folha de brócoli, couve-flor e couve. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n.2, p. 294-301, mar./abr. 2006.

SILVA, M. R., SILVA, M.A.A.P., Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 21-32, jan./abr. 1999.

SILVA, M. R.; SILVA, M.A.A.P. Fatores antinutricionais: inibidores de proteases e lectinas. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 13, n. 1, p.3-9, jan./abr. 2000.

SIQUEIRA, E. M. A.; MENDES, J. F. R.; ARRUDA, S. F. Biodisponibilidade de minerais em refeições vegetarianas e onívoras em restaurante universitário. **Revista de Nutrição**. Campinas, v. 20, n. 3, p. 229-237, mai./jun., 2007.

SOUZA, E.L.; PINTO, I.C.S.; OLIVEIRA, M.E.G.; LIMA, M.A.; DONATO, N.R.; CAMBUIM, R.B. Fatores antinutricionais: elementos de interferência sobre a biodisponibilidade de nutrientes. **Higiene Alimentar**. São Paulo, v. 19, n. 131, p. 19-24, mai., 2005.

TOLEDO, T.C.F. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ⁶⁰Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais de diferentes cultivares de grãos de soja *Glycine max* (L.)**. 2006. 114p. Dissertação (Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo.

TOLEDO, T.C.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 355-360, abr./jun. 2008.

TORREZAN, R.; CRISTIANINI, M. Revisão: efeito do tratamento sob alta pressão sobre as propriedades funcionais da proteína de soja e interação proteína – polissacarídeos. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 23, n. 2, p. 201-220, jul./dez. 2005.

TORREZAN, R. **Efeitos do processamento à alta pressão nas propriedades funcionais da proteína de soja e suas misturas com polissacarídeos**, 2007, 311p. (Tese em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo.

VAN DOKKUM, W., Biodisponibilidade de minerais – Significado para a saúde nutricional In: ANGELIS, R.C. **Fome oculta – Bases fisiológicas para reduzir seus riscos através de alimentação saudável**. São Paulo: Atheneu, 2000, p. 32.

WILLIAMS, A.W.; Erdman, J.W. Processamento de alimentos: Balanço nutricional de segurança e de qualidade. In: SHILS, M.E.; OLSON, J.A.; SHIKE, M.; ROSS, A.C. **Tratado de Nutrição Moderna na Saúde e na Doença**. 9 ed. v.1. São Paulo: Manole, 2003, p.1949.