

ASPECTOS NUTRICIONAIS DE FITATOS E TANINOS

NUTRITIONAL ASPECTS OF PHYTATES AND TANNINS

Mara Reis SILVA¹

Maria Aparecida Azevedo Pereira da SILVA²

RESUMO

Os grãos de leguminosas contêm uma variedade de fatores antinutricionais que podem provocar efeitos fisiológicos adversos ou diminuir a biodisponibilidade de certos nutrientes. Danos crônicos leves devidos à prolongada ingestão de antinutrientes são muito difíceis de se avaliar. Como consequência, existem muitas controvérsias em estudos de biodisponibilidade in vivo a respeito da extrapolação de resultados de sistemas experimentais, para seres humanos que se alimentam com dietas complexas. O papel dos fatores antinutricionais tem sido rediscutido, em função de descobertas recentes que evidenciam o potencial de algumas dessas substâncias em exercer funções benéficas ao organismo humano. A habilidade do ácido fítico em atuar como anticarcinogênico, antioxidante e prestar contribuição nutricional no tratamento de diabetes, através da ação inibidora de α -amilases, são exemplos da diversidade de atuação dessas substâncias. Os taninos são antioxidantes, inibidores de determinadas enzimas e influenciam negativamente a digestibilidade de proteínas, no entanto, os seus efeitos em seres humanos ainda são desconhecidos.

Termos de indexação: *fatores antinutricionais, fitato, polifenóis, taninos, disponibilidade biológica, ácido fítico, cereais, legumes.*

ABSTRACT

*Legumes contain a variety of antinutritional factors which can provoke adverse physiological effects or reduce the bioavailability of certain nutrients. Slight chronic damage caused by ingestion of these antinutrients is difficult to evaluate. As a consequence, many controversies are found in **in vivo** studies on bioavailability, regarding the extrapolation of the results of experimental systems to humans on complex diets. The role of antinutritional factors is being rediscussed as a result of recent discoveries which show the potential of some of these substances in exerting beneficial effects on human organism. The capacity of phytic acid to act as an anticarcinogen and antioxidant and to contribute nutritionally in the treatment of diabetes, due to its α -amylase inhibiting activity, is an example of the*

⁽¹⁾ Faculdade de Nutrição, Universidade Federal de Goiás, CP 131, 74605-080, Goiânia, GO, Fone (062) 202-3537, Fax (062) 202-1033,

⁽²⁾ Departamento de Planejamento Alimentar e Nutrição, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, CP 6121, 13083-970, Campinas, SP.

diversity of action of these substances. The Tannins are antioxidants, inhibitors of certain enzymes and show a negative influence on protein digestibility. However, their effects on human beings are still unknown.

Index terms: *antinutritional factors, phytate, polyphenols, tannins, biological availability, phytic acid, cereals, legumes.*

FITATOS

Os fitatos representam uma classe complexa de compostos de ocorrência natural formados durante o processo de maturação de sementes e grãos de cereais (Maga, 1982; Torre *et al.*, 1991).

Nas sementes de leguminosas o ácido fítico contém aproximadamente 70% do conteúdo de fosfato, sendo estruturalmente integrado com proteínas e/ou minerais na forma de complexos (Zhou & Erdman, 1995). Cerca de 75% do ácido fítico está associado com componentes da fibra solúvel presentes na semente (Torre *et al.*, 1991).

O ácido fítico é normalmente denominado ácido hexafosfórico mio-inositol ou cientificamente 1,2,3,4,5,6 hexaquis (diidrogênio fosfato) mio-inositol (International..., 1968), com base na estrutura proposta pelo modelo de Anderson em 1914, citado por Reddy *et al.* (1982). Sua molécula possui seis prótons fortemente dissociados com pK's menores do que 3,5 e seis prótons fracamente dissociáveis com pK's entre 4,6 e 10, sugerindo forte potencial quelante da estrutura (Hoff-Jorgensen citado por Erdman, 1979; Nolan *et al.*, 1987).

Durante a estocagem, fermentação, germinação, processamento e digestão dos grãos e sementes, o ácido fítico pode ser parcialmente desfosforilado para produzir compostos penta-fosfato (IP⁵), tetra-fosfato (IP⁴), tri-fosfato (IP³) e possivelmente inositol difosfato (IP²) e mono-fosfato (IP¹), por ação de fitases endógenas (Burbano *et al.*, 1995; Zhou & Erdman, 1995).

Somente IP⁵ e IP⁶ têm efeito negativo na biodisponibilidade de minerais. Os demais compostos formados têm baixa capacidade de ligar-se a minerais ou os complexos formados são mais solúveis (Sandberg *et al.*, 1989).

O papel fisiológico do ácido fítico tem sido descrito como estoque de fósforo, reserva de grupos fosfatos reativos, estoque energético, fonte de cátions (Cheryan, 1980) e iniciação da dormência (Reddy *et al.*, 1982).

Alguns fatores, tais como, pH, concentração e presença de outros minerais influenciam a ligação de minerais ao fitato (Wyatt & Triana-Tejas, 1994). Nos alimentos, sob condições naturais, o ácido fítico encontra-se carregado negativamente, o que lhe confere alto potencial para complexação com moléculas carregadas positivamente como cátions e proteínas (Cheryan, 1980). Entretanto, o ácido fítico pode formar complexos com proteínas em pH ácido ou alcalino, desde que, as proteínas estejam abaixo ou acima do pH isoelétrico (Reddy *et al.*, 1982).

Estudos indicam que os complexos fitato-proteína são formados por interações eletrostáticas que envolvem os grupos α -amino terminal, ϵ -amino da lisina, imidazol da histidina, guanidil da arginina e carboxílico do ácido aspártico e ácido glutâmico (Cheryan, 1980; Alli & Baker, 1981).

Sob certas concentrações de fitato, ao aumentar-se o pH, pode ocorrer tanto a interação de fitatos com minerais ou com proteínas (Champagne & Phillippy, 1989), como também a formação de complexos ternários proteína-metal-fitato (Cheryan, 1980; Graf, 1983).

O baixo pH, o ácido fítico precipita Fe³⁺ quantitativamente; em pH intermediário e alto, o ácido fítico forma complexos insolúveis com outros cátions polivalentes, reduzindo a biodisponibilidade de vários minerais (Graf, 1983).

Sob condições fisiológicas, o ácido fítico é fortemente ionizado e capaz de interagir extensivamente com proteínas e íons metálicos (Reddy *et al.*, 1982). Muitos desses complexos são insolúveis e biologicamente indisponíveis para seres humanos em condições fisiológicas normais (Graf & Eaton, 1985; Torre *et al.*, 1991). Em pH 7,4 o fitato forma complexos com metais preferencialmente na seguinte ordem decrescente: Cu⁺⁺, Zn⁺⁺, Co⁺⁺, Mn⁺⁺, Fe⁺⁺⁺, Ca⁺⁺ (Oberleas, 1973). A solubilidade dos complexos também é função da razão molar mineral : fitato (Grynspar & Cheryan, 1989). Entretanto, Hansen *et al.* (1996), estudando em ratos o efeito da proteína do

leite na absorção de zinco e cálcio em preparações contendo fitato, não encontraram correlação entre a razão molar fitato/mineral e absorção de mineral.

Geralmente, os cátions divalentes como cálcio, zinco, ferro e cobre formam com o ácido fítico, sais insolúveis penta e hexa substituídos (Torre *et al.*, 1991). Complexos insolúveis ácido fítico-cálcio podem contribuir para reduzir a biodisponibilidade de outros minerais. O zinco ou ferro podem ligar-se ao complexo ácido fítico-cálcio para formar complexos ainda menos solúveis (Zhou & Erdman, 1995).

Heaney *et al.* (1991b), estudaram a absorção de ^{45}Ca marcado proveniente de soja com altos (2445 mg) e baixos (352 mg) teores de fitato em 16 mulheres normais. Quinze mulheres apresentaram menor absorção de cálcio quando ingeriram a dieta com alto teor de fitato.

Grynspan & Cheryan (1989) sugerem que a interação de cálcio, fitato e proteína de soja, parece ser afetada pelo pH do meio e pela concentração dos três componentes. Em pH baixo (< 4), o fitato associa-se com a proteína da soja para formar complexos insolúveis nos quais a participação do cálcio dependerá da sua concentração. Quando o cálcio está em excesso, este pode deslocar o fitato do complexo fitato-proteína e torná-lo solúvel. Com o pH alto (> 6,5) e concentração de cálcio elevada, o fósforo precipita e a proteína permanece solúvel como resultado da formação de complexos cálcio-fitato insolúveis.

Zhou *et al.* (1992) avaliaram o efeito inibitório do ácido fítico em produtos de soja sobre a biodisponibilidade de zinco em ratos e encontraram uma correlação linear negativa ($p < 0,05$) entre a porcentagem de ácido fítico na farinha de soja e a concentração de zinco na tibia de ratos. De fato, Stuart *et al.* (1986) observaram que em ratos, o zinco de fontes animais é mais biodisponível do que o de fontes vegetais, sendo que a retenção de zinco com a dieta contendo proteína de ovo (85%) foi significativamente maior do que com a dieta contendo proteína de soja (79%). Para Hurrell *et al.* (1992), a remoção de ácido fítico de isolados protéicos de soja até níveis menores do que 1,0 mg/g pode assegurar um aumento significativo na absorção de ferro em humanos.

A despeito dos resultados de algumas pesquisas, existem discordâncias sobre a influência do fitato na biodisponibilidade de minerais. Forbes *et al.* (1984), sugerem que o fitato provavelmente não exerce efeito

significativo na biodisponibilidade de zinco em seres humanos que ingerem uma dieta adequada. As evidências experimentais em ratos mostram que ocorre um efeito mínimo sobre o zinco ósseo em animais alimentados com dieta contendo razão fitato : zinco abaixo de 30, e geralmente, nas dietas normais de indivíduos humanos a razão fitato : zinco não excede 24.

Hunt *et al.* (1987), analisaram algumas características de alimentos de origem vegetal e animal que podem influenciar a biodisponibilidade de zinco. Os resultados da investigação destes autores revelaram que a biodisponibilidade de zinco foi similar para as duas classes de alimentos, portanto não confirmando o conceito geral de que o zinco é pouco disponível em alimentos vegetais comparado com alimentos animais.

Brune *et al.* (1992), estudaram a absorção de ferro de vários tipos de pão em seres humanos. Estes autores concluíram que o inositol tri, tetra, penta e hexafosfato inibem a absorção de ferro sendo que, a fermentação utilizada no processamento de pães melhora a biodisponibilidade de ferro.

Hira & Kaur (1993), obtiveram menor relação molar fitato/zinco e fitato/cálcio em leguminosas e cereais cozidos em comparação aos grãos crus, devido ao decréscimo do conteúdo de fitato, principalmente em grãos que foram assados a 250°C.

Para Kon (1979), o teor de fósforo orgânico em feijões submetidos a maceração, não é somente dependente da dissolução do fitato na água, mas também da atividade da enzima fitase.

Em regiões onde leguminosas e cereais são consumidos após fermentação por leveduras, os minerais destes alimentos são liberados de sua ligação com o fitato (Heaney & Weaver, 1991a). Produtos conhecidos por apresentar fitase em sua composição como fermento biológico e trigo, também podem concorrer para liberação dos minerais de sua ligação com o fitato (Erdman, 1981). Embora, animais como o rato apresentem fitase em seu intestino (Churella & Vivian, 1989), os seres humanos possuem capacidade limitada para hidrolisar a molécula de fitato (Lonnerdal *et al.*, 1989), o que pode concorrer para efeitos nutricionais adversos.

O fitato pode ser um constituinte comum de fórmulas infantis, quando houver ingestão de fórmulas preparadas com cereais, soja e outras leguminosas, podendo formar fortes complexos com cálcio, ferro,

zinco e manganês (Lonnerdal, 1994 e 1997). A adição de leite em preparações com alto teor de fitato pode melhorar a biodisponibilidade de zinco e cálcio em ratos devido a ação de fosfopeptídeos da caseína, sugerindo que a adição de fosfopeptídeos da caseína em fórmulas infantis preparadas com soja ou a base de cereais pode ter um efeito positivo na biodisponibilidade de zinco e cálcio.

Altos níveis de ingestão de fitato podem estar associados com efeitos nutricionais negativos ao homem (Heaney & Weaver, 1991a; Khokhar *et al.*, 1994), visto que estes compostos são conhecidos pela redução na biodisponibilidade de minerais e proteína (Erdman, 1979; Alli & Baker, 1981; Graf, 1983; Serraino *et al.*, 1985) e inibição de enzimas proteolíticas (Singh & Krikorian, 1982; Knuckles *et al.*, 1985; Messina & Barnes, 1991; Vaintraub & Bulmaga, 1991) e amilolíticas (Thompson & Yoon, 1984).

Surpreendentemente, ainda que, o ácido fítico seja capaz de precipitar cátions no pH intestinal, somente em raros casos a presença do ácido fítico na dieta pode estar diretamente associada com deficiências de minerais em seres humanos (Graf, 1983).

Segundo Deshpande & Damodaran (1990) o fitato pode ser considerado bastante estável ao calor. Entretanto, Kon & Sanshuck (1981) estudando a qualidade de feijões cozidos, encontraram uma correlação inversa entre tempo de cozimento e teor de ácido fítico em feijões, ou seja, maior tempo de cozimento menor teor de fitato.

Por outro lado, algumas pesquisas sugerem um papel positivo dos fitatos com relação a redução do risco de câncer de cólon (Messina, 1991; Shamsuddin, 1992), prevenção de cálculos renais (Zhou & Erdman, 1995; Grases *et al.*, 1996) e ação antioxidante (Empson *et al.*, 1991).

A habilidade do fitato em ligar-se a metais, particularmente ao ferro, pode explicar sua ação antioxidante e anticarcinogênica (Messina, 1991; Jariwalla, 1992). O fitato é um poderoso inibidor da produção de radical hidroxila (-OH) mediada pelo ferro, devido a sua capacidade de formar quelato com o ferro tornando-o cataliticamente inativo (Graf & Eaton, 1985). Além disso, o ácido fítico altera o potencial redox do ferro mantendo-o na forma férrica (Fe^{3+}). Este efeito oferece proteção contra danos oxidativos, visto que o Fe^{2+} causa produção de oxirradicais e peroxidação de lipídios, enquanto o Fe^{3+} é relativamente inerte (Empson *et al.*, 1991).

Para Nelson (1992), evidências experimentais confirmando a associação entre ferro e câncer de cólon em estudos epidemiológicos com humanos e modelos animais ainda é extremamente limitada, embora tenha sido sugerido em algumas pesquisas que o efeito protetor da fibra da dieta observada em câncer de cólon não deve ser devido a alterações no volume fecal, conteúdo de água, tempo de trânsito ou pH, mas ao efeito quelante do ácido fítico presente nas fibras da dieta sobre o ferro.

Entretanto, Pretlow *et al.* (1992) observaram redução do volume e número de tumores no cólon de ratos tratados com azoximetano que receberam 2% de fitato de sódio na água, em comparação com ratos que não receberam fitato de sódio.

Em função da propriedade antioxidativa, o ácido fítico pode ser usado como conservante natural muito versátil na indústria de alimentos, prevenindo a hidrólise de óleo de soja, rancidez em carnes e estabilizando agentes que conferem cor aos alimentos (Graf, 1983).

Estudos *in vitro* demonstraram que IP_2 e IP_3 são efetivos na inibição da formação de cristais de hidroxiapatita, prevenindo a mineralização de tecidos (Thomas & Tilden, 1972). Desta forma, o ácido fítico pode funcionar como inibidor da formação de cálculos renais (Zhou & Erdman, 1995).

Ohkawa *et al.* (1984), observaram redução de incidência de cálculos renais com a administração de 20 g de farelo de trigo em humanos sem afetar significativamente a concentração de minerais séricos. Grases *et al.* (1995) observaram um aumento da capacidade inibitória da urina em formar cristais de oxalato de cálcio, na maioria dos indivíduos saudáveis e portadores de urolitíase estudados, após 48 horas de ingestão de 40 mg de fitina. Grases *et al.* (1996), estudaram o efeito do fitato na cristalização de oxalato de cálcio monohidratado e concluíram que o fitato quando presente na concentração de $1,43 \cdot 10^{-7}$ mol previne totalmente a cristalização *in vitro* do oxalato de cálcio.

Embora o interesse nutricional na ação do fitato tenha sido primordialmente enfatizado em seu efeito adverso na absorção de minerais, ocasionado pela formação de quelatos com íons metálicos como o cálcio, ferro e zinco, esta mesma habilidade em ligar-se a minerais tem sido estudada com relação aos efeitos benéficos para o organismo humano. Os dados

sobre fitato e prevenção de câncer e cálculos renais embora sejam ainda limitados, sugerem uma nova visão da ação do fitato no organismo humano.

TANINOS

Os ácidos fenólicos, cumarinas e flavonóides, pertencem a uma classe de metabólitos secundários, largamente distribuídos em plantas. Eles contêm pelo menos um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila, juntamente com outros substituintes (Salunkhe *et al.*, 1990). Os polifenóis de leguminosas e cereais são predominantemente taninos de origem flavonóide (Deshpande & Cheryan, 1985).

O grupo de compostos flavonóides, do qual fazem parte os taninos, possui uma estrutura básica, C₆-C₃-C₆, que inclui os mais diversos e numerosos compostos fenólicos de plantas: pigmentos antocianinas, flavonas, flavonóis, flavanonas e alguns menos conhecidos como auronas, chalconas e isoflavonas (Deshpande *et al.*, 1986).

Fenóis comuns em plantas não são considerados tóxicos em quantidades e condições normais, com exceção dos fenóis poliméricos denominados taninos, que possuem a habilidade de complexar e precipitar proteínas de soluções aquosas (Salunkhe *et al.*, 1990).

Swain & Bate-Smith citados por Sarkar & Howarth (1976) definem taninos como compostos fenólicos solúveis em água, com peso molecular entre 500 e 3000 e habilidade para precipitar proteína. Mais especificamente os taninos são compostos de alto peso molecular, que contêm suficientes grupos hidroxila fenólica, para permitir a formação de ligações cruzadas estáveis com proteínas (Deshpande *et al.*, 1986).

Na forma não oxidada os taninos reagem com as proteínas através de pontes de hidrogênio e/ou ligações hidrofóbicas. Quando oxidados os taninos se transformam em quinonas, as quais formam ligações covalentes com alguns grupos funcionais das proteínas, principalmente os grupos sulfidrilos da cisteína e ε-amino da lisina (Sgarbieri, 1996).

Os taninos podem ser classificados como hidrolisáveis e não hidrolisáveis (Singleton & Kratzer, 1973). Os taninos hidrolisáveis por hidrólise ácida liberam ácidos fenólicos: gálico, caféico, elágico e um açúcar (Sgarbieri, 1996). O ácido tânico é um típico tanino hidrolisável, o qual é quebrado por enzimas ou de forma espontânea (Singleton & Kratzer, 1973).

Os taninos não hidrolisáveis ou condensados (flavolanos) são polímeros dos flavonóides (Sgarbieri, 1996), formados predominantemente por unidades de flavan-3-ols (catequina) e flavan 3,4-diols (leucoantocianidina), presentes em maior quantidade nos alimentos normalmente consumidos (Singleton & Kratzer, 1973; Salunkhe *et al.*, 1982; Deshpande *et al.*, 1986; Salunkhe *et al.*, 1990).

Em geral, a produção de altos níveis de fenóis na planta está relacionada com o processo de cicatrização. Próximo a “injúria”, os fenóis são oxidados pela polifenoxidase a quinonas e complexos polímeros fitomelanina marrom, que são freqüentemente mais tóxicos aos invasores do que os fenóis (Singleton, 1981).

Os taninos condensados estão presentes na fração fibra alimentar de diferentes alimentos e podem ser considerados indigeríveis ou pobremente digeríveis (Bartolomé *et al.*, 1995). Em leguminosas e cereais os taninos têm recebido considerável atenção, por causa de seus efeitos adversos na cor, sabor e qualidade nutricional (Salunkhe *et al.*, 1982).

Os taninos são caracterizados pela sua capacidade de se combinar com proteínas da pele animal inibindo o processo de putrefação, mais conhecido como processo de curtimento do couro (Deshpande *et al.*, 1986). Também são considerados potentes inibidores de enzimas devido a sua complexação com proteínas enzimáticas (Naczka *et al.*, 1994). Apresentam habilidade para interagir e precipitar proteínas como a gelatina, e parecem ser responsáveis pela adstringência de muitas plantas (Strumeyer & Malin, 1975).

Os compostos polifenólicos em feijões são primariamente localizados na cobertura da semente com quantidades baixas ou insignificantes nos cotilédones (Sathe & Salunkhe, 1984). As diferenças de coloração entre feijões parece influenciar a concentração de taninos nos grãos (Bressani *et al.*, 1982; Deshpande & Cheryan, 1985). Alguns autores obtiveram maiores teores de taninos em leguminosas de cores diferentes comparadas com os grãos de cor branca (Moseley & Griffiths, 1979; Chang *et al.*, 1994).

A grande tendência dos taninos para formar complexos com proteínas ao invés de carboidratos e outros polímeros, pode explicar a baixa digestibilidade das proteínas de leguminosa, inibição do crescimento

e aumento da excreção de nitrogênio fecal em animais (Aw & Swanson, 1985; Deshpande & Damodaran, 1990; Kaur & Kapoor, 1992).

Os polifenóis ou taninos condensados, particularmente de genótipos coloridos, são mencionados com frequência como maiores limitantes do valor nutritivo de leguminosas, visto que estudos com animais alimentados com dietas ricas em polifenóis indicam redução da ingestão de alimentos e baixo quociente de eficiência protéica (Deshpande, 1992).

Chang *et al.* (1994) encontraram aumento da concentração de taninos em caupi durante o processo de maturação, com o escurecimento das sementes em diferentes graus. Os autores relataram que a maioria dos taninos estava presente na casca. Conseqüentemente, o processo de descorticação pode reduzir em 96% o teor de taninos e o aquecimento em água por 30 minutos remove de 38 a 76% dos taninos. Lumen & Salamat (1980) observaram que a maceração de feijão alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) em solução de NaOH 1N foi o meio mais efetivo para redução de 70% dos taninos presentes em leguminosas. Sem a maceração de grãos, 70% do tanino original permanece no feijão, mesmo após o cozimento por 60 minutos. De acordo com os autores o tanino residual em feijões cozidos pode atuar como inibidor de tripsina resistente ao calor.

Laurena *et al.* (1984) também sugerem a presença de fatores estáveis ao calor no caldo de cozimento de caupi, e propõem que possivelmente tratam-se de taninos condensados, os quais reduzem a digestibilidade protéica e o valor nutritivo relativo do caupi.

Bressani *et al.* (1982), investigaram o destino de polifenóis durante o processo de cozimento de feijões. Os autores relataram que com a elevação da temperatura os polifenóis podem: ligar-se com algumas proteínas, serem eliminados na água de cozimento, permanecer livres, ou sofrer polimerização. Ainda foram sugeridas as seguintes hipóteses: os polifenóis livres podem tanto influenciar indiretamente a digestão das proteínas por inibição da atividade enzimática como, durante o cozimento, os polifenóis podem penetrar no cotilédono e reagir com suas proteínas, tornando-as menos suscetíveis à hidrólise enzimática.

No processo de intoxicação de animais por taninos, metionina e colina reagem com taninos para formar monometil éteres para a desintoxicação, o que

pode resultar em depleção de doadores de metil metionina e colina no organismo (Reddy *et al.*, 1985).

Deshpande & Salunkhe (1982) estudaram a digestibilidade *in vitro* de amido de várias leguminosas na presença de ácido tânico e catequina. À temperatura ambiente, para todas as leguminosas exceto para feijão vermelho, houve maior associação de ácido tânico do que de catequina com amido das leguminosas, aumentando a resistência do amido ao ataque da α -amilase. Após o aquecimento a 95°C por 30 minutos houve redução da formação do complexo polifenóis-amido.

Marquez & Lajolo (1990) observaram baixa digestibilidade (62,8%) e excreção fecal de nitrogênio superior a 30% em estudo realizado com ratos alimentados com feijão (*Phaseolus vulgaris*) autoclavado a 121°C por 30 minutos. Os autores atribuem esses resultados à provável ação de polifenóis, interação de fibras com a mucosa intestinal ou reações induzidas pelo aquecimento.

Rao & Deosthale (1982) estimaram o conteúdo de tanino em leguminosas submetidas a germinação, descorticação e cozimento. O método mais efetivo de remoção de tanino nas leguminosas estudadas foi descorticação dos grãos resultando em perda de 83 a 97% de tanino. Estes autores também encontraram liberação do tanino do grão para o caldo durante o processo de cozimento.

Martin-Tanguy *et al.* (1977), relataram que taninos condensados provenientes de feijão-fava (*Vicia faba L.*) podem ser considerados como substâncias inibidoras de crescimento e responsáveis pela baixa digestibilidade de compostos nitrogenados. De acordo com os autores, os taninos podem afetar o crescimento de animais por duas razões: por seu sabor adstringente influenciando o consumo e, sua habilidade em se ligar a proteínas afetando a digestibilidade e inibindo a atividade enzimática.

Moseley & Griffiths (1979) estudaram em ratos, o efeito nutritivo de feijão fava (*Vicia faba*) de variedades provenientes de plantas com flores brancas e coloridas. Os autores concluíram que os cotilédones de ambas as variedades continham níveis similares de compostos fenólicos totais, entretanto, o teor de tanino da casca vermelha dos feijões foi 16 vezes maior do que o da casca branca. Houve redução significativa do valor biológico em animais alimentados com variedades vermelhas em comparação com as variedades brancas,

no entanto, não ocorreu diferença significativa entre variedades para digestibilidade verdadeira e o quociente de eficiência protéica (PER). Os autores sugerem a presença de compostos fenólicos e antígenos específicos nos cotilédones para explicar os resultados.

Vidal-Valverde *et al.* (1994) estudaram o efeito do processamento de lentilhas (*Lens culinaris*) sobre os fatores antinutricionais. Após a maceração das sementes em três condições: água destilada, 0,1% de ácido cítrico em pH 4,95 e 0,07% de bicarbonato de sódio em pH 7,85; houve aumento da concentração de taninos, sendo que a maceração em solução ácida resultou em maior concentração. Em seguida, as sementes foram submetidas ao cozimento por 35 minutos a temperatura de ebulição em água destilada, resultando em retenção total do conteúdo de taninos observado no processo de maceração. Na germinação das sementes por 6 dias ocorreu aumento da concentração de taninos das duas variedades em porcentagem de 152 a 162%.

Jimenez-Ramsey *et al.* (1994), utilizaram ¹⁴C marcado em taninos condensados de sorgo (*Sorghum bicolor L.*) para estudarem a absorção em galinhas. Estes autores reportaram que não houve absorção de taninos condensados no trato intestinal das aves. Eles atribuíram os efeitos tóxicos observados em aves consumidoras de sorgo com alto teor de tanino aos efeitos intraluminais dos taninos condensados.

Welsch *et al.* (1989), observaram redução do transporte de D-glicose dependente de Na⁺ e inibição de atividade metabólica nas vesículas da membrana da bordadura em escova no intestino de ratos tratados com monômeros de taninos condensados sob condições *in vitro*.

Bravo *et al.* (1992), estudaram o efeito da polpa de maçã sobre o peso e composição das fezes de ratos e concluíram que a presença de compostos fenólicos na dieta teste (6 g/kg de matéria seca) não influenciou a taxa de crescimento ou a ingestão de alimentos dos ratos. Além disso, pareceu aos pesquisadores que os compostos fenólicos foram parcialmente degradados no trato intestinal, visto que somente 68,6% dos taninos ingeridos foram recuperados nas fezes. O aumento da perda fecal de nitrogênio, segundo os autores, pode ser atribuído à influência de taninos e fibra alimentar.

Os taninos são inibidores de enzimas não específicos, no entanto, a autoclavagem por 5 minutos

e o rápido cozimento de feijão alado (*Psophocarpus tetragonolobus*) reduz o teor de taninos e inibidor de tripsina, aumentando a digestibilidade *in vitro* para 76 a 90,7% em comparação com a digestibilidade de 68,8 a 72,9% dos grãos crus (Tan *et al.*, 1984).

Griffiths (1979), avaliou *in vitro* a inibição potencial de extrato de casca de feijão-fava (*Vicia faba*) sobre enzimas digestivas. O autor encontrou inibição de tripsina, lipase e α -amilase, e concluiu que a inibição enzimática de extratos de casca de sementes de feijão de variedades coloridas foi devido à presença de taninos.

Griffiths & Moseley (1980) investigaram o efeito de polifenóis da casca de feijão do campo em variedades de alto e baixo conteúdo de taninos na atividade de enzimas do intestino de ratos. Os resultados mostraram que a atividade de tripsina e α -amilase foram significativamente reduzidas em ratos alimentados com dieta de alto teor de tanino, indicando que a inibição enzimática pode também contribuir para a redução do valor nutritivo *in vivo* observada em dietas com alto teor de tanino. Entretanto, não houve inibição da atividade da lipase.

As evidências experimentais dos estudos de Rao & Prabhavathi (1982) e Siegenberg *et al.* (1991) confirmam prévias observações de que os compostos polifenólicos inibem significativamente a absorção de ferro. Para Siegenberg *et al.* (1991) o efeito negativo do tanino na absorção de ferro pode ser efetivamente prevenido pela administração simultânea de ácido ascórbico.

Proulx *et al.* (1993) não observaram em ratos, efeito negativo de taninos na absorção de ⁴⁵Ca marcado em três variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris*) crus e cozidos. Para os autores a explicação dos resultados não é clara, entretanto, os taninos podem preferencialmente ligarem-se ao ferro deixando o cálcio livre.

A dieta do ser humano, de uma maneira geral, possui vários alimentos contendo considerável quantidade de taninos, tais como feijões secos, ervilhas, cereais, folhas, vegetais verdes, café, chá, cidra e alguns tipos de vinhos (Reddy *et al.*, 1985). Em poucos exemplos, efeitos nocivos em seres humanos parecem ser o resultado do consumo anormal de fenóis de plantas (Singleton, 1981). Os efeitos de taninos em seres humanos são desconhecidos (Price *et al.*, 1980; Chang *et al.*, 1994), embora, substâncias que for-

mam complexos com compostos nitrogenados provavelmente devem influenciar a digestão e a absorção de nutrientes (Chang *et al.*, 1994).

Entretanto, Bressani *et al.* (1982), relataram que o efeito de polifenóis de leguminosas na digestibilidade das proteínas é relativamente pequeno, pois somente influenciam 7% da digestibilidade verdadeira de proteínas, enquanto outros fatores como inibidor de tripsina pode influenciar 25% da digestibilidade das proteínas. Contudo, considerações epidemiológicas indicam alguma evidência da relação entre câncer esofágico e ingestão elevada de taninos (Singleton & Kratzer, 1973).

Maestro-Durán & Borja-Padilha (1993) revisaram os inconvenientes de antioxidantes sintéticos em alimentos e a atividade antioxidante natural de compostos fenólicos. Para os autores, perante a crescente oposição ao emprego de antioxidantes sintéticos na alimentação, é aconselhável a substituição dos mesmos por compostos naturais com atividade antioxidante como os compostos fenólicos que apresentam atividade antioxidante para muitos compostos facilmente oxidáveis.

Apesar da ação negativa do tanino no valor nutritivo de certos vegetais, em particular a redução de digestibilidade de proteínas, a inibição da ação de enzimas digestivas e interferência na absorção de ferro, os efeitos do tanino na saúde humana ainda são questionáveis devido à limitação de estudos nesta área. É interessante considerar que o tanino também apresenta uma forte ação antioxidante que provavelmente poderá ser mais explorada em relação aos estudos na área de conservação de alimentos e ação no organismo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLI, I., BAKER, B.E. Constitution of leguminous seeds. A note on protein-phytic acid interactions during isolation of acid-soluble protein from *Phaseolus* beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v.32, n.6, p.588-592, 1981.
- AW, T.L., SWANSON, B.G. Influence of tannin on *Phaseolus vulgaris* protein digestibility and quality. *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, n.1, p.67-71, 1985.
- BARTOLOMÉ, B., JIMÉNEZ-RAMSEY, L.M., BUTLER, L.G. Nature of the condensed tannins present in the dietary fibre fractions in foods. *Food Chemistry*, Barking, v.53, n.4, p.357-362, 1995.
- BRAVO, L., SAURA-CALIXTO, F., GONI, I. Effects of dietary fibre and tannins from apple pulp on the composition of faeces in rats. *British Journal of Nutrition*, London, v.67, n.3, p.463-473, 1992.
- BRESSANI, R., ELÍAS, L.G., BRAHAM, J.E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. *Journal of Plant Foods*, London, v.4, n.1, p.43-55, 1982.
- BRUNE, M., ROSSANDER-HULTÉN, L., HALLBERG, L., GLEERUP, A., SANDBERG, A. Iron absorption from bread in humans: inhibiting effects of cereal fiber, phytate and inositol phosphates with different numbers of phosphate groups. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.122, n.3, p.442-449, 1992.
- BURBANO, C., MUZQUIZ, M., OSAGIE, A., AYET, G., CUADRADO, C. Determination of phytate and lower inositol phosphates in spanish legumes by HPLC methodology. *Food Chemistry*, Barking, v.52, n.3, p.321-325, 1995.
- CHAMPAGNE, E.T., PHILLIPPY, B.Q. Effects of pH on calcium, zinc, and phytate solubilities and complexes following in vitro digestions of soy protein isolate. *Journal of Food Science*, Chicago, v.54, n.3, p.587-592, 1989.
- CHANG, M.J., COLLINS, J.L., BAILEY, J.W., COFFEY, D.L. Cowpeas tannins related to cultivar, maturity, dehulling and heating. *Journal of Food Science*, Chicago, v.59, n.5, p.1034-1036, 1994.
- CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.13, n.4, p.297-335, 1980.
- CHURELLA, H.R., VIVIAN, V.M. Effect of phytic acid level in soy protein based infant formulas on mineral availability in the rat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.37, n.5, p.1352-1357, 1989.
- DESHPANDE, S.S., SALUNKHE, D.K. Interactions of tannic acid and catechin with legume starches. *Journal of Food Science*, Chicago, v.47, n.6, p.2080-2083, 1982.
- DESHPANDE, S.S., CHERYAN, M. Evaluation of vanillin assay for tannin analysis of dry beans. *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, n.4, p.905-910, 1985.
- DESHPANDE, S.S., CHERYAN, M., SALUNKHE, D.K. Tannin analysis of food products. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.24, n.4, p.401-449, 1986.
- DESHPANDE, S.S., DAMODARAN, S. Food legumes: chemistry and technology. *Advances in Cereal Science and Technology*, Manhattan, v.10, p.147-241, 1990.

- DESHPANDE, S.S. Food legumes in Human nutrition: a personal perspective. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.32, n.4, p.333-363, 1992
- EMPSON, K.L., LABUZA, T.P., GRAF, E. Phytic acid as a food antioxidant. *Journal of Food Science*, Chicago, v.56, n.2, p.560-563, 1991
- ERDMAN, J.W. Oilseed phytates: nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, Champaign, v.56, n.8, p.736-741, 1979.
- ERDMAN, J.W. Bioavailability of trace minerals from cereals and legumes. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v.58, n.1, p.21-26, 1981.
- FORBES, R.M., PARKER, H.M., ERDMAN, J.W. Effects of dietary phytate, calcium and magnesium levels on zinc bioavailability to rats. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.114, n.8, p.1421-1425, 1984.
- GRAF, E. Applications of phytic acid. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, Champaign, v.60, n.11, p.1861-1867, 1983.
- GRAF, E., EATON, J.W. Dietary suppression of colonic cancer: fiber or phytate? *Cancer*, Philadelphia, v.56, n.15, p.717-718, 1985.
- GRASES, F., GARCIA-FERRAGUT, L., COSTA-BAUZÁ, A. A new procedure to evaluate the inhibitory capacity of calcium oxalate crystallization in whole urine. *International Urology and Nephrology*, Budapest, v.27, n.6, p.653-661, 1995.
- GRASES, F., GARCIA-FERRAGUT, L., COSTA-BAUZÁ, A., MARCH, J. G. Study of the effects of different substances on the early stages of papillary stone formation. *Nephron*, Palma de Mallorca, v.73, n.4, p.561-568, 1996.
- GRIFFITHS, D.W. The inhibition of digestive enzymes by extracts of field bean (*Vicia faba*). *Journal of the Science Food and Agriculture*, Oxford, v.30, n.5, p.458-462, 1979.
- GRIFFITHS, D.W., MOSELEY, G. The effect of diets containing field beans of high or low polyphenolic content on the activity of digestive enzymes in the intestines of rats. *Journal of the Science Food and Agriculture*, Oxford, v.31, n.3, p.255-259, 1980.
- GRYNSPAN, F., CHERYAN, M. Phytate-calcium interactions with soy protein. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, Champaign, v.66, n.1, p.93-97, 1989.
- HANSEN, M., SANDSTROM, B., LONNERDAL, B. The effect of casein phosphopeptides on zinc and calcium absorption from high phytate infant diets assessed in rat pups and caco-2 cells. *Pediatric Research*, Baltimore, v.40, n.4, p.547-552, 1996.
- HEANEY, R.P., WEAVER, C.M. Reply to M. Messina. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.54, n.3/4, p.763, 1991a.
- HEANEY, R.P., WEAVER, C.M., FITZSIMMONS, M.L. Soybean phytate content: effect on calcium absorption. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.53, n.3-4, p.745-747, 1991b.
- HIRA, C.K., KAUR, A.P. Phytate/zinc and phytate x calcium/zinc ratios of common cereals, legumes and their combinations. *Journal of Food Science*, Chicago, v.30, n.3, p.213-215, 1993.
- HUNT, J.R., JOHNSON, P.E., SWAN, P.B. Dietary conditions influencing relative zinc availability from foods to the rat and correlations with in vitro measurements. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.117, n.11, p.1913-1923, 1987.
- HURREL, R.F., JUILLERART, M.A., REDDY, M.B., LYNCH, S.R. DASSENKO, S.A., COOK, J. D. Soy protein, phytate, and iron absorption in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.56, n.3, p.573-578, 1992.
- INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. Commission on the Nomenclature of Organic Chemistry. The nomenclature of cyclitols. *European Journal of Biochemistry*, New York, v.5, n.1, p.1-12, 1968.
- JARIWALLA, R.J. Anticancer effects of phytate. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.56, n.3, p.609, 1992.
- JIMENEZ-RAMSEY, L.M., ROGLER, J.C., HOUSLEY, T.L., BUTLER, L.G., ELKIN, R.G. Absorption and distribution of ¹⁴C-labeled condensed tannins and related sorghum phenolics in chickens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.42, n.4, p.963-967, 1994.
- KAUR, D., KAPOOR, A.C. Nutrient composition and antinutritional factors of rice bean (*Vigna umbellata*). *Food Chemistry*, Barking, v.43, n.2, p.119-124, 1992.
- KHOKHAR, S., PUSHPANJALI, FENWICK, G.R. Phytate content of indian foods and intakes by vegetarian indians of Hisar region, Haryana state. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.42, n.11, p.2440-2444, 1994.
- KNUCKLES, B.E., KUZMICKY, D.D., BETSCHAT, A.A. Effect of phytate and partially hydrolyzed phytate on in vitro protein digestibility. *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, n.4, p.1080-1082, 1985.

- KON, S. Effect of soaking temperature on cooking and nutritional quality of beans. *Journal of Food Science*, Chicago, v.44, n.5, p.1330-1340, 1979.
- KON, S., SANSHUCK, D.W. Phytate content and its effect on cooking quality of beans. *Journal of Food Processing and Preservation*, Connecticut, v.5, n.3, p.169-178, 1981.
- LAURENA, A.C., DEN, T.V., MENDOZA, E.M.T. Effects of condensed tannins on the in vitro protein digestibility of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.32, n.5, p.1045-1048, 1984.
- LONNERDAL, B. Nutritional aspects of soy formula. *Acta Paediatrica Supplement*, Oslo, v.402, p.105-108, September, 1994. Supplement.
- LONNERDAL, B. Effects of milk and milk components on calcium, magnesium, and trace element absorption during infancy. *Physiology Reviews*, Bethesda, v.77, n.3, p.643-669, 1997.
- LONNERDAL, B., SANDBERG, A., SANDSTROM, B., KUNZ, C. Inhibitory effects of phytic acid and other inositol phosphates on zinc and calcium absorption in suckling rats. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.119, n.2, p.211-214, 1989.
- LUMEN, B.O. de, SALAMAT, L.A. Trypsin inhibitor activity in winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*) and the possible role of tannin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.28, n.3, p.533-536, 1980.
- MAESTRO DURÁN, R.M., BORJA PADILHA, B.R. Actividad antioxidante de los compuestos fenólicos. *Grasas y Aceites*, Sevilla, v.44, n.2, p.101-106, 1993.
- MAGA, J.A. Phytate: its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and methods of analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.30, n.1, p.1-9, 1982.
- MARQUEZ, U.M.L., LAJOLO, F.M. Nutritional value of cooked beans (*Phaseolus vulgaris*) and their isolated major protein fractions. *Journal of the Science of Food Agriculture*, Oxford, v.53, n.2, p.235-242, 1990.
- MARTIN-TANGUY, J., GUILLAUME, J., KOSSA, A. Condensed tannins in horse bean seeds: chemical structure and apparent effects on poultry. *Journal of the Science and Food Agriculture*, Oxford, v.28, n.8, p.757-765, 1977.
- MESSINA, M. Phytate's potential role in reducing colon-cancer risk. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.54, n.3/4, p.762, 1991.
- MESSINA, M., BARNES, S. The role of soy products in reducing risk of cancer. *Journal of National Cancer Institute*, Bethesda, v.83, n.8, p.541-546, 1991.
- MOSELEY, G., GRIFFITHS, W. Varietal variation in the anti-nutritive effects of field beans (*Vicia faba*) when fed to rats. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v.30, v.8, p.772-778, 1979
- NACZK, M., NICHOLS, T., PINK, D., SOSULSKI, F. Condensed tannins in canola hulls. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.42, n.10, p.2196-2200, 1994.
- NELSON, R.L. Dietary iron and colorectal cancer risk. *Free Radical Biology and Medicine*, New York, v.12, n.2, p.161-168, 1992.
- NOLAN, K.B., DUFFIN, P.A., MCWEENY, D.J. Effects of phytate on mineral bioavailability. In vitro studies on Mg²⁺, Ca²⁺, Fe³⁺, Cu²⁺ and Zn²⁺ (also Cd²⁺) solubilities in the presence of phytate. *Journal of the Science of Food Agriculture*, Oxford, v.40, n.1, p.79-85, 1987.
- OBERLEAS, D. Phytates. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Toxicants occurring naturally in foods*. Washington: National Academy of Sciences, 1973. p.363-371.
- OHKAWA, T., EBISUNO, S., KITAGAWA, M., MORIMOTO, S., MIYAZAKI, Y., YASUKAWA, S. Rice bran treatment for patients with hypercalciuric stones: experimental and clinical studies. *Journal of Urology*, Baltimore, v.132, n.6, p.1140-1145, 1984.
- PRETLOW, T.P., O-RIORDAN, M.A., SOMICH, G.O., AMINI, S.B., PRETLOW, T.G. Aberrant crypts correlate with tumor incidence in F344 rats treated with azoxymethane and phytate. *Carcinogenesis*, Oxford, v.13, n.9, p.1509-1512, 1992.
- PRICE, M.L., HAGERMAN, A.E., BUTLER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas, and mung beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Oxford, v.28, n.2, p.459-461, 1980.
- PROULX, W.R., WEAVER, C.M., BOCK, M.A. Trypsin inhibitor activity and tannin content do not affect calcium bioavailability of three commonly consumed legumes. *Journal of Food Science*, Chicago, v.58, n.2, p.382-384, 1993.
- RAO, B.S.N., PRABHAVATHI, T. Tannin content of foods commonly consumed in India and its influence on ionisable iron. *Journal of the Science of Food Agriculture*, London, v. 33, n. 1, p. 89-96, 1982.
- RAO, P.U., DEOSTHALE, Y.G. Tannin content of pulses: varietal differences and effects of germination and cooking. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Oxford, v.33, n.10, p.1013-1016, 1982.

- REDDY, N.R., SATHE, S.K., SALUNKHE, D.K. Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research*, New York, v.28, p.1-92, 1982.
- REDDY, N.R., PIERSON, M.D., SATHE, S.K., SALUNKHE, D.K. Dry bean tannins: a review of nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemist's Society*, Champaign, v.62, n.3, p.541-549, 1985.
- SALUNKHE, D.K., JADHAV, S.J., KADAM, S.S., CHAVAN, J.K. Chemical, biochemical, and biological significance of polyphenols in cereals and legumes. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.17, n.3, p.277-305, 1982.
- SALUNKHE, D.K., CHAVAN, J.K., KADAM, S.S. *Dietary tannins: consequences and remedies*. Boca Raton : CRC Press, 1990. 200p.
- SANDBERG, A.S., CARLSSON, N.G., SVANBERG, U. Effects of inositol tri-, tetra-, penta-, and hexaphosphates on in vitro estimation of iron availability. *Journal of Food Science*, Chicago, v.54, n.1, p.159-161, 186, 1989.
- SARKAR, S.K., HOWARTH, R.E. Specificity of vanillin test for flavanols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.24, n.12, p.317-320, 1976.
- SATHE, S.K., SALUNKHE, D.K. Technology of removal of unwanted components of dry beans. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.21, n.3, p.263-287, 1984.
- SERRAINO, M.R., THOMPSON, L.U., SAVOIE, L., PARENT, G. Effect of phytic acid on the in-vitro rate of digestibility of rapeseed protein and amino acids. *Journal of Food Science*, Chicago, v.50, n.6, p.1689-1692, 1985.
- SGARBIERI, V.C. *Proteínas em alimentos protéicos: propriedades - degradações - modificações*. São Paulo : Varela, 1996. Cap. 5: Deterioração e modificações químicas, físicas e enzimáticas de proteínas.
- SHAMSUDDIN, A.M. Phytate and colon-cancer risk. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.55, n.2, p.478, 1992.
- SIEGENBERG, D., BAYNES, R.D., BOTHWELL, T.H., MACFARLANE, B.J., LAMPARELLI, R.D., CAR, N.G., MACPHAIL, P., SCHMIDT, U., TAL, A., MAYET, F. Ascorbic acid prevents the dose-dependent inhibitory effects of polyphenols and phytates on nonheme-iron absorption. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, v.53, n.1-2, p.537-541, 1991.
- SINGH, M., KRİKORIAN, A. D. Inhibitor of trypsin activity in vitro by phytate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.30, n.4, p.799-800, 1982.
- SINGLETON, V.L., KRATZER, F.H. Plant phenolics. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. *Toxicants occurring naturally in foods*. Washington, 1973. p.309-345.
- SINGLETON, V.L. Naturally occurring food toxicants: phenolic substances of plant origin common in food. *Advances in Food Research*, New York, v.27, p.149-242, 1981.
- STRUMEYER, D.H., MALIN, M.J. Condensed tannins in grain sorghum: isolation, fractionation, and characterization. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.23, n.5, p.909-914, 1975.
- STUART, S.M., KETELSEN, S.M., WEAVER, C.M., ERDMAN, J.W. Bioavailability of zinc to rats as affected by protein source and previous dietary intake. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.116, n.8, p.1423-1431, 1986.
- TAN, N., WONG, K., LUMEN, B.O. Relationship of tannin levels and trypsin inhibitor activity with the in vitro protein digestibilities of raw and heat-treated winged bean (*Psophocarpus tetragonolobus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.32, n.4, p.819-822, 1984.
- THOMAS, W.C., TILDEN, M.T. Inhibition of mineralization by hydrolysates of phytic acid. *Johns Hopkins Medical Journal*, Baltimore, v.131, n.2, p.133-142, 1972.
- THOMPSON, L.U., YOON, J.H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. *Journal of Food Science*, Chicago, v.49, n.4, p.1228-1229, 1984.
- TORRE, M., RODRIGUEZ, A.R., SAURA-CALIXTO, F. Effects of dietary fiber and phytic acid on mineral availability. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.1, n.1, p.1-22, 1991.
- VAINTRAUB, I.A., BULMAGA, V.P. Effect of phytate on the in vitro activity of digestive proteinases. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.39, n.5, p.859-861, 1991.
- VIDAL-VALVERDE, C., FRIAS, J., ESTRELLA, I., GOROSPE, M. J., RUIZ, R., BACON, J. Effect of processing on some antinutritional factors of lentils. *Journal of the Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.42, n.10, p.2291-2295, 1994.

WELSCH, C.A., LACHANCE, P.A., WASSERMAN, B.P. Dietary phenolic compounds: inhibition of Na⁺-dependente D-glucose uptake in rat intestinal brush border membrane vesicles. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.119, n.11, p.1698-1704, 1989.

WYATT, C.J., TRIANA-TEJAS, A. Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca, and phytates in foods commonly consumed in northern Mexico. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Washington DC, v.42, n.10, p.2204-2209, 1994.

ZHOU, J.R., ERDMAN, J.W. Phytic acid in health and disease. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v.35, n.6, p.495-508, 1995.

ZHOU, J.R., FORDYCE, E.J., RABOY, V., DICKINSON, D.B., WONG, M.S., BURNS, R.A., ERDMAN, J.W. Reduction of phytic acid in soybean products improves zinc bioavailability in rats. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v.122, n.12, p.2466-2473, 1992.

Recebido para publicação em 1 de agosto de 1997 e aceito em 4 de junho de 1998.