



Acta Scientiarum. Agronomy

ISSN: 1679-9275

eduem@uem.br

Universidade Estadual de Maringá
Brasil

Shizue Fukuji, Tatiana; Ferreira, Diogo Lázaro; Lourenço Soares, Adriana; Cavenaghi Prete, Cássio
Egidio; Iouko Ida, Elza

Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados

Acta Scientiarum. Agronomy, vol. 30, núm. 1, 2008, pp. 31-35

Universidade Estadual de Maringá

Maringá, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303026577006>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Ácido fítico de híbridos de milho e alguns produtos industrializados

Tatiana Shizue Fukuji¹, Diogo Lázaro Ferreira¹, Adriana Lourenço Soares¹, Cássio Egidio Cavenaghi Prete² e Elza Iouko Ida^{1*}

¹Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Londrina, Rodovia Celso Garcia Cid, PR 445, Cx. Postal 6001, 86051-990, Londrina, Paraná, Brasil ²Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: elida@uel.br

RESUMO. O ácido fítico (AF) ou mio-inositol hexafosfato está presente principalmente em cereais, e o germe de milho apresenta teor elevado, com cerca de 6,0 a 7,0% em base seca. Devido a sua propriedade quelante com metais di e tri-valentes, o AF apresenta capacidade antioxidante com eficaz atuação na inibição de reações de oxidação. O teor de AF foi determinado no germe e endosperma de 11 híbridos de milhos, cultivados no Estado do Paraná, e em diferentes produtos industrializados de milho. Os germes de híbridos de milho foram caracterizados como componentes do milho, com elevado teor e os endospermas com baixo teor de AF. Os produtos derivados de milho, elaborados basicamente com endosperma tais como canjica, creme de milho, farinha de milho e fubá fino, apresentaram menor teor de AF, enquanto aqueles originários dos germes desengordurado, fino, gordo e película de milho apresentaram maior teor de AF.

Palavras-chave: ácido fítico, híbrido de milho, germe de milho, produtos de milho.

ABSTRACT. Phytic acid (PA), also known as myoinositol hexaphosphate, is found mainly in cereal grains. Corn germ has high concentrations of PA – from 6.0 to 7.0% on a dry weight basis. Due to its chelating properties on di- and trivalent metals, PA has antioxidant attributes, effectively inhibiting oxidation reactions. In this study, PA levels were determined in the germ and endosperm of eleven corn hybrids cultivated in Paraná State (Brazil), and also in several industrialized corn products. Corn hybrid germs were characterized as corn components with high PA levels, whereas endosperms featured low levels of PA. Corn-based industrialized products, derived mostly from corn endosperm (such as *canjica*, creamed corn, corn flour and cornmeal) featured the lowest PA values. Conversely, defatted corn germs and corn cuticle showed the highest PA levels.

Key words: phytic acid, corn hybrid, corn germ, industrialized corn products.

Introdução

O ácido fítico (AF) ou mio-inositol hexafosfato é um constituinte que está presente, em sua maior quantidade, em vegetais cuja concentração varia de 1 a 5% do seu peso, principalmente em cereais como leguminosas, oleaginosas, pólenes e amêndoas (Cheryan, 1980). Nos grãos, o AF é encontrado na forma de fitato de Ca_2Mg_5 (fitina) e fitato de Na_2Mg_5 e K_2Mg_5 (Cilliers e Van Niekerk, 1986). Uma das principais funções fisiológicas do AF na planta é a sua atuação como reserva de fósforo, representando cerca de 60 a 97% do fósforo total (Ravindran *et al.*, 1994).

Nos cereais, o AF está distribuído em diferentes componentes do grão. No trigo e arroz, o AF está presente em maior concentração na camada de aleurona e no pericarpo, respectivamente, e é o milho, que apresenta a mais elevada concentração de

AF no seu germe com teor aproximado de 6,5% (Erdman, 1979; Reddy *et al.*, 1982; Leal, 2000; Nogueira, 2004).

A estrutura química do AF apresenta 12 hidrogênios dissociáveis, e a sua substituição proporciona uma propriedade quelante com metais polivalentes, especialmente cátions di e trivalentes, formando complexos do AF (Vohra *et al.*, 1965). Por causa desta propriedade, pesquisadores descreveram que o AF tem um potencial como um antinutriente por formar complexos com alguns minerais importantes, tornando-os indisponíveis e afetando a sua biodisponibilidade (Cheryan, 1980). Esta propriedade está relacionada ao fato de os complexos AF-minerais serem insolúveis em pH neutro e próximo ao pH do intestino delgado. Os minerais, envolvidos neste processo, incluem Zinco, Ferro, Cálcio, Cobre e Fósforo (Zhou e Erdman, 1995). Entretanto, o efeito do AF, na biodisponibilidade,

depende de vários fatores experimentais como a proporção metal:fitato (Graf e Eaton, 1990). Porém, existem muitas controvérsias sobre este assunto por causa da complexidade de estudos de biodisponibilidade *in vivo* e da extrapolação de resultados de sistemas experimentais que envolveram dietas complexas de alimentação humana (Empson *et al.*, 1991).

No entanto, o AF tem sido investigado como um potente inibidor da formação de radical hidroxila ($\bullet\text{OH}$) em virtude de sua habilidade de formar um único quelato com o ferro que o torna cataliticamente inativo (Graf *et al.*, 1987; Graf e Eaton, 1990). Uma revisão sobre a propriedade antioxidante do AF e suas aplicações foram descritas por Graf e Eaton (1990). Empson *et al.* (1991) demonstraram que a adição de pequenas quantidades de AF em alimentos diminuiu as mudanças oxidativas induzidas pelo ferro e demonstraram que o AF atuou na inibição das transformações oxidativas, com redução da degradação de ácido ascórbico e diminuição da peroxidação em carne de frango. Lee e Hendricks (1995) estudaram os efeitos do AF sobre a peroxidação lipídica na carne bovina e observaram que o AF inibiu a peroxidação lipídica, induzida ou não induzida pelo ferro. Da mesma forma, em nossos laboratórios, observamos que AF atuou, de maneira sinérgica com a vitamina E, na prevenção da oxidação lipídica, agindo na fase da propagação, enquanto que alfa tocoferol endógeno age nas fases iniciais do fenômeno (Soares *et al.*, 2004). O AF presente no germe de milho, foi oferecido na dieta dos suínos e, ao final, verificou-se uma prevenção da inibição da rancidez da carne, mantendo a saúde dos animais (Harbach *et al.*, 2007).

Várias pesquisas também têm enfatizado os efeitos benéficos do AF à saúde humana, como diminuição do colesterol e triglicérides (Klevay, 1977; Jariwalla *et al.*, 1990), na prevenção do câncer de cólon (Yang e Shansuddin, 1995), doenças do coração e outras doenças (Plaami, 1997). Também foram observados os efeitos positivos do AF na quimioterapia e prevenção de câncer por vários pesquisadores (Ullah e Shamsudin, 1990; Thompson e Zhang, 1991; Vucenik *et al.*, 1993).

No *Codex Alimentarius*, o AF foi revisado como antioxidante com INS (*System for Food Additives*) número 391 (Pokorny *et al.*, 2003). É rotineiramente empregado em vários países, como um aditivo antioxidante em carnes, pastas de peixes, macarrão pré-cozido, pães, caviar, frutas e vegetais frescos entre outros (Graf, 1983), para prevenir a descoloração, melhorar a qualidade nutricional e

prolongar o prazo de validade dos produtos. Essa propriedade antioxidante ou quelante torna-o um composto único e versátil como aditivo de alimentos (Oatway *et al.*, 2001). Segundo Hix *et al.* (1997), o AF foi reconhecido, em 1997, como GRAS (*Generally Recognised as Safe*), pela Food and Drug Administration dos Estados Unidos e tem sido usado como aditivo em produtos de panificação.

Em virtude do potencial de aplicação do AF como antioxidante e seus efeitos benéficos à saúde, a sua investigação é de grande relevância, principalmente quando se visa identificar os componentes de grãos quanto ao seu teor para obtenção e utilização como aditivo natural efetivo de alimentos.

O objetivo deste trabalho foi determinar o teor de AF no germe e endosperma de 11 híbridos de milho, cultivados na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina, e em diferentes produtos industrializados derivados de milho.

Material e métodos

Matéria-prima

Foram utilizados 11 híbridos de milho (AG 7000, AG 8021, AS 32, BRS 1010, DKB 199, DKB 214, DKB 390, DKB 2020, DKB 4066, P30 F33 e P30 F44), cultivados na Fazenda Escola da Universidade Estadual de Londrina (Paraná-Brasil), e colhidos em abril de 2004.

Foram utilizados os seguintes produtos de milho provenientes da indústria: canjica, creme de milho, farinha de milho, fubá fino, gritz, germe desengordurado, germe gordo (ou integral), germe fino e película de milho.

Preparo das amostras

Os grãos de diferentes híbridos de milho foram hidratados por 2 horas e os germes foram separados manualmente dos endospermas, com auxílio de um estilete. Em seguida, foram liofilizados e triturados em moinho de faca (modelo A11 basic, marca IKA) e utilizados para determinar o teor de AF.

Os diferentes produtos de milho provenientes da indústria foram utilizados diretamente para a extração e quantificação do teor de AF, sendo que o germe gordo e película de milho foram previamente triturados para homogeneização.

Determinação de AF

O teor de AF dos diferentes produtos e híbridos de milho foi determinado, segundo o procedimento descrito por Latta e Eskin (1980), com modificação da resina para Dowex-Agx-4, conforme Ellis e

Morris (1986). Os resultados foram expressos em porcentagem ou g de AF 100 g⁻¹ de amostra seca.

O AF foi extraído a partir de 5 a 10 g de amostras trituradas em solução HCl 0,8 M, na proporção de 1:10 (p/v) e agitação constante por 2 horas. Em seguida, o material foi centrifugado a 400 g, por 10 min., e obtido o sobrenadante. Este foi adequadamente diluído em água destilada e o AF foi quantificado, conforme o procedimento descrito por Latta e Eskin (1980), com modificação da resina para Dowex-Agx-4, proposto por Ellis e Morris (1986). Para cromatografia, foi utilizada uma coluna de vidro (30 x 1,0 cm) contendo 0,6 g da resina de troca aniônica, que foi previamente preparada com eluições sucessivas de 10 mL de água destilada, 10 mL de NaCl 0,7 M e 10 mL de água destilada. Em seguida, uma alíquota de 2 mL do sobrenadante foi aplicada na coluna, eluída com 10 mL de NaCl 0,1 M e 10 mL de NaCl 0,7 M e recolhido 10 mL do último eluato. A partir deste eluato, alíquotas de 3 mL foram transferidas para tubos de ensaios, adicionado 1 mL do reativo de Wade (ácido sulfosalicílico e cloreto férrico), e a leitura do complexo formado foi realizada em espectrofotômetro UV-Visível (marca Cintra® 20, modelo GBC) a 500 nm.

A curva-padrão foi construída com solução de fitato de dodecassódio (Sigma), em água destilada, com concentrações que variaram de 22,5 a 135 µg de AF mL⁻¹. Estas alíquotas foram diluídas para 3 mL, com água destilada, e adicionado 1 mL de reagente de Wade. A leitura foi feita no espectrofotômetro a 500 nm. Os dados obtidos foram plotados no gráfico e efetuada a regressão linear para calcular e quantificar o teor de AF. Os resultados foram expressos em porcentagem ou g de AF 100 g⁻¹ de amostra seca.

Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso. A análise estatística foi realizada utilizando o programa Statistica 5.0. (Oklahoma, USA, 1995). O teste de Tukey foi aplicado para comparação do teor de AF entre os germes e endospermas de milhos híbridos e entre os produtos derivados de milho provenientes da indústria.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta o teor de AF do germe e do endosperma das 11 variedades de milho híbrido. O teor de AF do germe variou de 6,65 a 9,33%, sendo que o menor valor foi observado para o híbrido P30 F33 e o maior valor, para o híbrido BRS 1010. Os valores obtidos foram superiores aos relatados por

outros pesquisadores que encontraram teor inferior a 6,00% de AF no germe de milho (Erdman, 1979; Reddy *et al.*, 1982; Bressani *et al.*, 2002).

Tabela 1. Teor de AF do germe e endosperma de híbridos de milhos.

Híbridos de milho	Teor de AF (%)*	
	Germe	Endosperma
AG 7000	8,22 ^{ab} ± 0,24	0,190 ^a ± 0,015
AG 8021	6,99 ^b ± 0,37	0,067 ^{de} ± 0,006
AS 32	7,51 ^b ± 0,05	0,091 ^d ± 0,019
BRS 1010	9,33 ^a ± 0,31	0,076 ^{de} ± 0,008
DKB 199	7,09 ^b ± 0,82	0,076 ^{de} ± 0,002
DKB 214	6,97 ^b ± 0,57	0,096 ^{cd} ± 0,004
DKB 390	7,53 ^b ± 0,56	0,051 ^e ± 0,003
DKB 2020	8,04 ^{ab} ± 0,84	0,127 ^{bcd} ± 0,003
DKB 4066	8,03 ^{ab} ± 0,19	0,147 ^b ± 0,009
P 30 F 33	6,65 ^b ± 0,09	0,086 ^d ± 0,015
P 30 F 44	7,28 ^b ± 0,29	0,077 ^{de} ± 0,008

*Médias de triplicata em base seca. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

O teor de AF, no endosperma, variou de 0,051 a 0,190% (Tabela 1), sendo que o maior valor (p < 0,05) foi observado para o híbrido AG 7000. Bressani *et al.* (2002) quantificaram o teor de AF no endosperma e obtiveram valores superiores aos observados, como variação de 0,15 a 0,44%. As variações no teor de AF, possivelmente, estão relacionadas às diferenças genéticas entre os híbridos, às condições climáticas e de irrigação e ao tipo de solo no qual foram cultivados (Reddy *et al.*, 1982), além do método analítico empregado para sua quantificação (Bressani *et al.*, 2002).

O teor de AF dos diferentes componentes de milho, produtos e derivados provenientes da indústria de processamento de milho está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Teor de AF dos componentes, produtos e derivados de milho.

	Amostras	AF (%)*
Componentes do milho	Milho inteiro	1,15 f ± 0,09
	Germe	8,09 a ± 0,05
	Endosperma	0,07 h ± 0,01
Produtos	Canjica	0,07 g,h ± 0,00
	Crepe de milho	0,34 g ± 0,01
	Farinha de milho	0,15 g,h ± 0,02
	Fubá fino	0,27 g ± 0,02
	Germe desengordurado	2,81 d ± 0,22
Derivados	Germe fino	3,58 c ± 0,06
	Germe gordo	4,87 b ± 0,28
	Gritz de milho	0,10 h ± 0,01
	Película de milho	2,21 e ± 0,22

* Teor de AF em triplicata expressos em base seca. Médias seguidas de letras diferentes, na mesma coluna, diferem entre si, pelo teste de Tukey (p < 0,05).

Observa-se que o teor de AF dos três componentes do milho diferiu significativamente (p < 0,05), sendo que o germe apresentou o maior teor de AF de 8,09% e este valor foi similar ao obtido no germe dos milhos híbridos (Tabela 1). O teor de AF do endosperma foi de 0,07%, similar ao obtido

para o endosperma dos quatro milhos híbridos AG 8021, BRS 1010, DKB 199 e P 30 F44 (Tabela 1). A diferença no teor de AF, entre estes dois componentes do grão de milho, é atribuída à distribuição do AF no grão, que está concentrado no germe (Reddy *et al.*, 1982). O germe representa 12% em peso do grão inteiro e considerando o seu elevado teor de AF, o grão inteiro apresentou 84,71% de distribuição de AF proveniente do germe. O'Dell *et al.* (1972) encontraram valores similares com uma distribuição de AF de 88,0% no germe de milho.

Nas indústrias de processamento de milho, obtêm-se, por moagem a seco, os produtos como canjica, canjiquinha, flocos, fubá e farinha de diferente granulometria, creme de milho e germe (Fancelli e Lima, 1982). Os produtos elaborados basicamente com endosperma como canjica, creme de milho, farinha de milho e fubá fino apresentaram baixo teor de AF e não diferiram entre si ($p > 0,05$) (Tabela 2), enquanto que os derivados de milho tais como germe desengordurado, germe fino, germe gordo e película de milho apresentaram maior teor de AF e diferiram entre si ($p < 0,05$). O gritz de milho apresentou menor teor de AF entre os derivados por ser proveniente do endosperma. Lehrfeld (1994) quantificou o AF na farinha de milho e no fubá e obteve teor de 0,1 e 0,81%, respectivamente, sendo superior aos valores observados neste trabalho.

O derivado de milho com maior teor de AF foi o germe gordo, seguido do germe fino. O germe desengordurado é o resíduo da extração do óleo e apresentou teor de AF menor do que o germe gordo e germe fino, possivelmente por causa da diferença de suas obtenções. A película de milho é um resíduo proveniente do processamento, e o teor de AF foi maior do que o endosperma e seus produtos. A película apresentou elevado teor de AF quando comparado com os dados de O'Dell *et al.* (1972) ao descrever que a casca de milho apresentou teor de AF de 0,07%.

O germe de milho demonstrou ser o componente do milho com maior teor de AF. Os produtos de milho derivados do germe podem ser utilizados como importante fonte de AF por causa da sua atuação como um alimento funcional e com capacidade antioxidante (Graf *et al.*, 1984; Graf e Eaton, 1990) e na prevenção de algumas doenças (Jariwalla *et al.*, 1990; Thompson e Zhang, 1991; Vucenik *et al.*, 1993; Yang e Shansuddin, 1995). Em outros países, o AF é amplamente utilizado como aditivo de alimentos (Graf, 1983; Oatway *et al.*, 2001), pois inibe a peroxidação lipídica em carnes de

frango (Empson *et al.*, 1991) e carnes bovinas (Lee e Hendricks, 1995). O AF foi descrito por Soares *et al.* (2004) na prevenção da oxidação lipídica de maneira sinérgica com a vitamina E, que atuou na fase de propagação, enquanto que alfa tocoferol endógeno agiu na fase inicial. O AF presente no germe de milho foi oferecido na dieta dos suínos e ao final do experimento, verificou-se uma prevenção da inibição da rancidez da carne, com manutenção da saúde dos animais (Harbach *et al.*, 2007).

Conclusão

Os germes de híbridos de milho foram caracterizados como componentes do milho, com elevado teor e os endospermas com baixo teor de AF.

Os produtos derivados de milho, elaborados basicamente com endosperma tais como canjica, creme de milho, farinha de milho e fubá fino, apresentaram menor teor de AF, enquanto aqueles originários dos germes desengordurado, fino, gordo e película de milho apresentaram maior teor de AF.

A utilização desta matéria-prima para investigação das propriedades do AF e aplicação como antioxidante, em sistemas alimentares, estão em desenvolvimento.

Referências

- BRESSANI, R. *et al.* Nixtamalization effects on the contents of phytic acid, calcium, iron and zinc in the whole grain, endosperm and germ of maize. *Food Sci. Technol. Int.*, Washington, D.C., v. 8, n. 2, p. 81-86, 2002.
- CHERYAN, M. Phytic acid interaction in food systems. *CRC Cr. Rev. Food Sci.*, Amherst, v. 13, n. 297, 1980.
- CILLERS, J.L.; VAN NIEKERK, P.J.L. LC determination of phytic acid by postcolumn colorimetric detection. *J. Agr. Food Chem.*, Washington, D.C., v. 34, n. 4, p. 680-683, 1986.
- ELLIS, R.; MORRIS, E.R. Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. *Cereal Chem.*, St. Paul, v. 63, n. 1, p. 58-59, 1986.
- EMPSON, K.L. *et al.* Phytic acid as a food antioxidant. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 56, n. 2, p. 560-563, 1991.
- ERDMAN, J.W. Oilseed phytates: nutritional implications. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Chicago, v. 56, p. 736, 1979.
- FANCELLI, A.L.; LIMA, U.A. *Milho: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial*. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 1982.
- GRAF, E. Applications of phytic acid. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Chicago, v. 60, n. 11, 1983.
- GRAF, E.; EATON, J.W. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Bio. Med.*, New York, v. 8, p. 61-69, 1990.
- GRAF, E. *et al.* Iron-catalyzed hydroxyl radical formation. *J. Biol. Chem.*, Bethesda, v. 259, n. 6, p. 3620-3624, 1984.

- GRAF, E. *et al.* Phytic acid: a natural antioxidant. *J. Biol. Chem.*, Bethesda, v. 262, p. 11647-11650, 1987.
- HARBACH, A.P.R. *et al.* Dietary corn germ containing phytic acid prevents pork meat lipid oxidation while maintaining normal animal growth performance. *Food Chem.*, Exeter, v. 100, p. 1630-1633, 2007.
- HIX, D.K. *et al.* Physical and chemical attributes and consumer acceptance of sugar-snap cookies containing naturally occurring antioxidants. *Cereal Chem.*, St. Paul, v. 74, p. 281-283, 1997.
- JARIWALLA, R.J. *et al.* Lowering of serum cholesterol and triglycerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. *J. Appl. Nutr.*, Salt Lake City, v. 42, p. 18-28, 1990.
- KLEVAY, L.M. Coronary heart disease: the zinc/copper hypothesis. *Am. J. Clin. Nutr.*, Bethesda, v. 28, p. 764-774, 1977.
- LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *J. Agr. Food Chem.*, Washington, D.C., v. 28, n. 6, p. 1313-1315, 1980.
- LEAL, E.S. *Extração, obtenção e caracterização parcial de ácido fítico do germe grosso de milho e aplicação como antioxidante*. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)–Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.
- LEE, B.J.; HENDRICKS, D.G. Phytic acid protective effect against beef round muscle lipid peroxidation. *J. Food Sci.*, Chicago, v. 60, n. 2, p. 241-244, 1995.
- LEHRFELD, J. HPLC separation and quantitation of phytic acid and some inositol phosphates in foods: problems and solutions. *J. Agr. Food Chem.*, Washington, D.C., v. 42, n. 12, p. 2726-2731, 1994.
- NOGUEIRA, R.B. *Fitases e fosfatases ácidas de milho germinado: hidrólise do fitato, extração, purificação e caracterização parcial*. 2004. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos)–Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2004.
- OATWAY, L. *et al.* Phytic acid. *Food Rev. Int.*, New York, v. 20, n. 17, p. 419-431, 2001.
- O'DELL, B.L. *et al.* Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. *J. Agr. Food Chem.*, Washington, D.C., v. 20, n. 3, p. 718-721, 1972.
- PLAAMI, S. Myoinositol phosphates: analysis, content in foods and effects in nutrition. *Lebensm. Wiss. Technol.*, Amsterdam, v. 30, p. 633-647, 1997.
- POKORNY, J. *et al.* *Antioxidants in food: practical applications*. Washington, D.C.: CRC Press, 2003.
- RAVINDRAN, V. *et al.* Total and phytate phosphorus contents of various foods and feedstuffs of plant origin. *Food Chem.*, Exeter, v. 50, p. 133-136, 1994.
- REDDY, N.R. *et al.* Phytates in legumes and cereals. *Adv. Food Res.*, New York, v. 28, p. 1-91, 1982.
- SOARES, A.L. *et al.* Synergism between dietary vitamin e and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over-flavour development in chicken *Pectoralis major* M. *Braz. Arch. Biol. Techn.*, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 57-62, 2004.
- THOMPSON, L.U.; ZHANG, L. Phytic acid and minerals: effect on early markers of food products of cereals and colon carcinogenesis. *Carcinogenesis*, New York, v. 12, p. 2041-2045, 1991.
- ULLAH, A.; SHANSUDDIN, A.M. Dose-dependent inhibition of large intestinal cancer by inositol hexaphosphate in F 344 rats. *Carcinogenesis*, New York, v. 11, p. 2219-2222, 1990.
- VOHRA, P. *et al.* Phytic acid metal complexes. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, New York, v. 120, p. 447, 1965.
- VUCENIK, I. *et al.* Inhibition rat mammary carcinogenesis by inositol hexaphosphate (phytic acid). A pilot study. *Cancer Lett.*, Clare, v. 75, p. 95-102, 1993.
- YANG, G.Y.; SHAMSUDDIN, A.M. IP6-induced growth inhibition and differentiation of HT-29 human colon cancer cells: involvement of intracellular inositol phosphates. *Anticancer Res.*, Attiki, v. 15, n. 6, p. 2479-2487, 1995.
- ZHOU, J.R.; ERDMAN JR, J.W. Phytic acid in health and disease. *Crit. Rev. Food Sci.*, New York, v. 35, n. 6, p. 495-508, 1995.

Received on June 22, 2006.

Accepted on September 05, 2007.