

FİTİK ASİT VE BESLENMEYE ETKİSİ*

PHYTIC ACID AND EFFECTS ON NUTRITION

İhsan Güngör ŞAT¹, Fevzi KELEŞ

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum

ÖZET: Fitik asit (fitatlar) gıdaların fonksiyonel ve besinsel özellikleri üzerine önemli etkileri olan doğal bileşenlerin kompleks bir sınıfını oluşturmaktadır. Güçlü çelat yapma potansiyeli sayesinde minerallerin bağırsaklarda emilimini azaltmaktadır. Fitik asit proteinlerin sindirimini de engelleyebilmektedir. Birçok araştırma fitik asidin insan ve hayvanlarda mineral yetersizliğine sebep olabilen mineral bağlama kapasitesine yoğunlaşmıştır. Fakat son zamanlarda diyetle alınan fitik asidin faydalı etkilerinin de olabileceğine ilişkin kanıtlar ortaya çıkarılmıştır. Bu derlemede fitik asidin beslenme açısından olumlu ve olumsuz yönleri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

ABSTRACT: Phytic acid (phytates) represents a complex class of naturally occurring compounds that can significantly influence the functional and nutritional properties of foods. Due to its ability to chelate with metal ions it impairs mineral absorption. Phytic acid can be inhibit protein digestion. Most studies have been focused on the mineral binding ability of phytic acid that can cause mineral deficiency in human and animals. But recently, there is evidence that dietary phytate may have beneficial effects. In this review, negative and positive aspects of phytic acids have been evaluated.

GİRİŞ

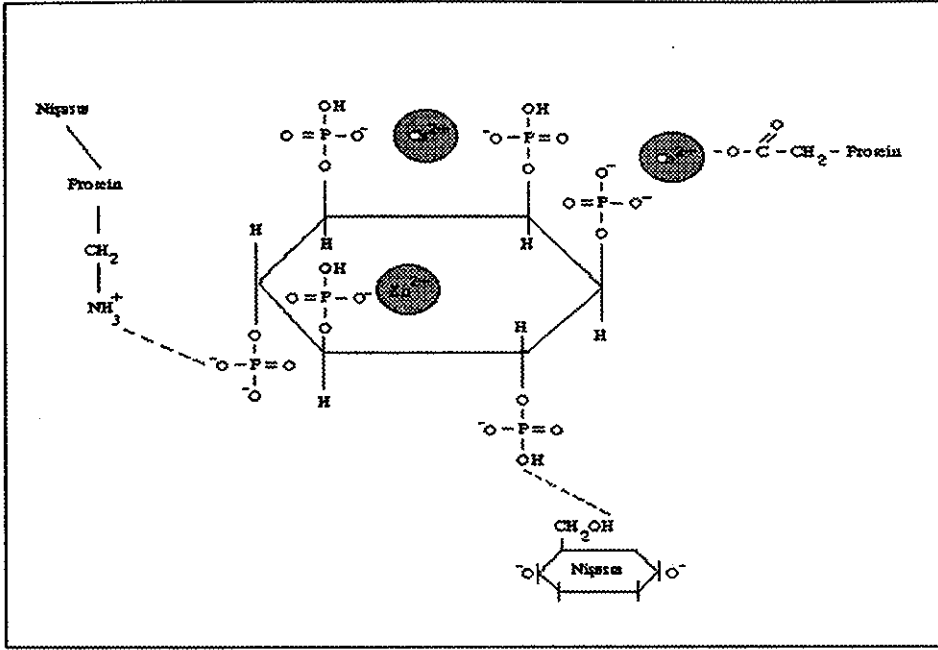
Fitik asit, baklagiller, tahıllar, çeşitli tohumlar, bazı meyve ve sebzeler gibi çeşitli gıdalarda ve bütün bitkisel hücrelerde bulunabilen organik bir bileşiktir (Honke, Kozłowska, Vidal-Valverde, Frias ve Gorecki 1998, Harland ve Narula 1999). Fitik aside miyo-inositol hekzafosforik asit (hekzafosfat) veya bilimsel olarak 1,2,3,4,5,6-hekzakis (dihidrojen fosfat) miyo-inositol denilmektedir. Fitik asit molekülünün günümüzde kabul edilen yapısı miyo-inositol hekzafosfat formudur (Maga 1982, Oberleas 1983, Sharma 2000). Miyo-inositol hekzafosfatın tanımlanmasında; fitik asit terimi serbest asit için, fitat terimi serbest tuz için ve fitin terimi Ca/Mg tuzu için yaygın olarak kullanılmaktadır (Plaami 1997). Fitik asit ve düşük fosforillenmiş formları bir çok memeli hücresinde hayati hücre fonksiyonlarının kontrolünde önemli rol oynamaktadır. Bitkiler fitatı rutin olarak sentez etmelerine karşın insanlarda bu sentezin yapıldığına dair kanıtlar sınırlıdır (Maga 1982).

Fitik asit molekülü yüksek oranda (%28.2) fosfor içermekte, özellikle baklagil ve tahıllarda fosforun en önemli depo formunu oluşturmaktadır (Lolas ve Markakis 1975, Oberleas 1983, Beleia, Thu Thao ve Ida 1993). Çoğu tahıl ve baklagillerde fitat fosforu toplam fosforun yaklaşık %80'ini oluşturmakta ve özellikle bir metal-fitat veya protein-fitat kompleksi halinde bulunmaktadır (Şat 2002, Özkaya 2002). Tohumun çimlenmesi esnasında serbest kalabilen fitatlar, fosforun potansiyel bir kaynağıdır. Fosfor diyetin sindirim sisteminde hidrolizinden sonra serbest inorganik fosfat formunda kolayca absorbe edilebilir. Ancak hidrolize edilemediği için fitat fosforunun bir kısmı vücut tarafından kullanılamaz. Fitatlar, bitkilerle beslenen hayvanlarda fosforun temel doğal kaynağıdır. Fakat inositol molekülünden fosfat gurupları uzaklaştırılmadıkça bu fosfor kullanılamaz. Bu uzaklaştırma besinde doğal olarak bulunan fitaz ya da sindirim sistemindeki fosfataz tarafından gerçekleştirilebilir (Ajarapu 2000).

Fitik asit güçlü çelat yapma potansiyeli sayesinde nötral pH'da iki veya üç değerli katyonlarla çok çeşitli çözünmez tuzlar yapmaktadır (Şekil 1). İnce bağırsak pH'sında bir mol fitik asit ortalama 3-6 mol kalsiyumu

* Türkiye 8. Gıda Kongresinde sunulmuştur.

¹ E-posta: igsat@atauni.edu.tr



Şekil 1. Fitik asidin yapısı ve yapabileceği muhtemel bağlar (Kornegay 2001)

bağlayarak çözünmez fitat formuna dönüşebilmektedir. Aynı şekilde Zn, Cu, Co, Mn, Fe ve Mg ile de kompleks yapabilmektedir. Fakat Zn ve Cu daha kuvvetli bir bağlanma eğilimine sahiptir. Bu bağlar, minerallerin bağırsaklarda emilimini potansiyel olarak elverişsiz hale getirmektedir (Saha, Weaver ve Mason 1994, Kornegay 2001). İnositol üzerindeki 6 fosfat grubunun anyonik tabiatı katyonlara bağlanmak için bir potansiyel oluşturmaktadır. Tuzlar böylece az çözünür hale gelmekte ve sindirim sistemi tarafından oldukça zayıf emilmektedir. Bu nedenle, fitatlar bakımından zengin gıda ürünlerinin tüketimi ile mineral absorpsiyonunun azalmasına bağlı malnütrisyon riski arasında güçlü bir ilişki vardır.

İnsan beslenmesinde fitik asidin önemi Zn ve Fe gibi minerallerin biyoyararlılığını azaltma etkisinden kaynaklanmaktadır (Ajjarapu 2000, Sharma 2000). Bir çok çalışma, fitik asit ve türevlerinin kalsiyum, magnezyum, demir, fosfor ve çinko gibi esansiyel minerallerin biyoyararlılığını azalttığını göstermiştir (Maga 1982, Harland ve Morris 1995, Harland ve Narula 1999).

Fitik asit ve mineral biyoyararlılığı

Çinko, fitik asit tarafından biyoyararlılığı en çok etkilenen iz element olarak kabul edilmektedir (Oberleas ve Harland 1981, Maga 1982, Kornegay 2001). İnsan beslenmesinde çinko biyoyararlılığının azalmasıyla fitik asit arasında büyük bir ilişki bulunmaktadır (Maga 1982). Baklagil ve tahıllarda bulunan fitik asidin özellikle çinko kullanımını düşürdüğü bilinmektedir (Ajjarapu 2000). Fitatların çinkonun kullanımını azaltması konusunda ürünler ve çeşitler arasında büyük varyasyonlar bulunmaktadır (Maga 1982). Bu durum gelişmekte olan ülkelerde demir eksikliği kadar çinko eksikliğine de neden olabilmektedir (Gibson ve Huddle 1998, Harland ve Narula 1999). Çinko glikoz, lipid ve protein metabolizması, hormonal interaksyonlar, büyüme ve hücre fonksiyonlarında gerekli olan esansiyel bir mineraldir (Ajjarapu 2000). Bebekler ve ergenlik çağında olanlar, hızlı büyüdüklerinden ve çok miktarda çinko taşıyan protein sentezlediklerinden yüksek miktarda çinkoya ihtiyaç duymakta yeteri kadar çinko alamadıklarında yaşlılarından daha zayıf gelişme göstermektedirler (Davidsson, Almgren, Juillerat, ve Hurrell 1995). Bu sebeple fitik asit içeren gıdaların küçüklerin beslenmesinde ağırlıklı olarak yer alması sakıncalı olabilir. Çinko eksikliği sonucunda iştahsızlık, gecikmiş büyüme, dermatit, hipogonadizm ve enfeksiyonlara karşı direnç düşmesi meydana gelmektedir. Tat ve kokuya karşı hassaslaşma ve gece körlüğünün de çinko eksikliği sonucu oluşabileceği bildirilmiştir (Ajjarapu 2000).

Demir eksikliğine bağlı anemi, dünya nüfusunun yaklaşık %30'unu etkilemektedir (Hercberg, Preziosi ve Galan 2001). Fitik asit insanlarda demir emilimini önemli miktarda inhibe etmektedir. Fitik asit çinkoda olduğu gibi demirin de çözünürlüğünü azaltmaktadır. Gıdadaki fitik asit miktarı demir çözünürlüğünün azalmasıyla yakından ilişkilidir (Sandberg ve Svanberg 1991). Fitik asidin demir üzerindeki inhibitör etkisi organik asit veya proteinler gibi demir emilimini artıran faktörleri engellemesiyle olabilmektedir (Reddy, Hurrell, Juillierat ve Cook 1996). Ayrıca A vitamini ve ön maddeleri fitatlarla kompleks yaparak, fitatın demirin emilimini engellemesini önlemektedir (Lopez, Leenhardt, Coudray ve Remesy 2002).

Fitatlar çözünmez tuzlar yaparak kalsiyumun da absorpsiyonunu azaltırlar. Kalsiyum eksikliği çocuklarda büyümeyi engellerken büyüklükte osteoporoz yapmaktadır. Bitkisel gıdalarda bulunan kalsiyumun çoğu fitik asit, fosfat ve posa ile kombinasyon halinde bulunmaktadır (Ajarapu 2000). Kalsiyum diğer minerallerle kompleks yapma eğilimindedir. Fitatlar ile kalsiyumun çözünmez bileşikler oluşturması sonucu mineral absorpsiyonunun engellendiği bildirilmiştir (Sandberg, Larsen ve Sandstrom 1993). Kalsiyum insan vücudunda en fazla bulunan mineraldir. Vücuttaki kalsiyumun çoğu fosforla birleşik durumdadır. Vücuttaki kalsiyumun %99 ve fosforun %90 kadarı kemiklerde ve dişlerde toplanmıştır. Vücut sıvılarındaki kalsiyum ve fosfor hücre içi ve dışındaki sıvıların dengede tutulması, kasların hareketi ve sinirlerin çalışması için gereklidir (Baysal 1993). Model olarak sıçan ve domuz kullanılarak çinko, kalsiyum ve fitik asit arasındaki interaksiyon incelenmiştir. Yüksek seviyede kalsiyumun fitatla birleşmesi sonucu çinkonun biyoyararlılığının azaldığı gözlenmiştir. Benzer interaksiyonlar çinko ve bakır arasında da bulunmuştur (Maga 1982).

Kalsiyum bakımından zengin diyetlerin fitik asit ile birlikte magnezyumun biyoyararlılığını azalttığı rapor edilmiştir. Fakat bu durum insan beslenmesini çok etkilememektedir. Genelde tam tahıl ürünleri, baklagiller ve yağlı tohumlar gibi fitik asit bakımından zengin gıdalar aynı zamanda fazla miktarda Mg içermektedirler. Buna göre rafine edilmemiş gıdalar büyük miktarda Mg kaynağıdır (Lopez vd 2002). Tam buğday unu gibi az işlenmiş ürünler fitik asit bakımından zengindir fakat aynı zamanda beyaz buğday unundan beş kat daha fazla Mg içermektedir. Sonuçta beyaz un ile mukayese edilirse tam unun tüketimi ratlarda Mg dengesinin artırılmasına katkıda bulunmaktadır (Coudray, Levrat-Verny ve Tressol 2001).

Fitik asit, protein ve amino asitler üzerinde de negatif etkiye sahip olabilmekte ve sindirim sistemi şartlarında pepsin ve tripsin gibi proteolitik enzimleri inhibe edebilmektedir (Oberleas 1983, Knuckles, Kuzmicky, Gumbmann ve Betschart 1989). Fitik asidin ana fosfat gurupları, lizin, histidin ve arginin gibi amino asitlerin amino guruplarıyla kompleksler yapabilirler (De Rham ve Jost 1979). Ayrıca nötral şartlar altında bazı amino asitlerin karboksil gurupları iki ya da üç değerli mineral aracılığıyla fitatlara bağlanabilmekte, oluşan fitat-protein veya fitat-mineral-protein kompleksleri proteinin yararlılığını azaltabilmektedir (Omosaiye ve Cheryan 1979).

Nişastanın da fitatlarla kompleksler oluşturduğu bilinmektedir. Sodyum fitat ilave edildiğinde, insan tükürüğünün buğday ve fasulye nişastalarını *in vitro* olarak hidrolize etmesi yavaşlamaktadır (Yoon, Thompson ve Jenkins 1983, Thompson, Button ve Jenkins 1987). Araştırmacılar, fitatların kalsiyum iyonu ile de kompleks yaparak amilaz aktivitesini inhibe ettiğini belirtmektedir (Thompson ve Yoon 1984).

Fitik asit ve sağlık üzerine etkileri

Bir antinütrient olarak fitik asit üzerine bir çok araştırma yapılmıştır. Bu konudaki çalışmalar fitik asidin insan ve hayvanlarda mineral yetersizliğine sebep olabilen mineral bağlama kapasitesine yoğunlaşmıştır. Fakat diyetle alınan fitik asidin faydalı etkilerinin de olabileceğine ilişkin kanıtlar ortaya çıkarılmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar fitik asidin antikanserojenik ve antimutajenik özellikleri olduğunu göstermektedir. Yapılan *in vitro* ve *in vivo* deneyler fitik asidin kanseri önleyici ve terapötik role sahip olduğuna dikkatleri çekmektedir (Shamsuddin 1995). Fare ve domuzlarda *in vitro* hücre kültürü sistemleriyle yapılan çalışmalarda kansere karşı olumlu etkisinin olduğu belirlenmiş fakat bunun mekanizması anlaşılamamıştır. Vejetaryen tipi beslenen popülasyonlarda düşük kanser vakalarına rastlanması bir antikanserojen olarak düşünülen fitik asit üzerine yapılan son çalışmaları desteklemiştir (Shamsuddin 2002).

Fitik asit inositoldan sentez edilmektedir. İnositol da fitik asitten daha düşük seviyede olmak üzere antikanserjenik özelliğe sahiptir. Kanserin önlenmesinde fitik asitle birlikte sinerjist etki göstermiştir. Fitik asit fare mide ve ince bağırsağından hızla absorbe edilmekte ve inositol ve derivatlarına parçalanmaktadır. Yine *in vitro* olarak malignan hücreler tarafından derhal defosforilasyonla inositol ve inositol mono, di, tri, tetra ve penta fosfata dönüştürülür (Shamsuddin 2002). Fitatların farelerde meme ve kolon kanserinin önlenmesinde ve kemoterapisinde etkili olduğu gösterilmiştir (Thompson ve Zhanc 1991). Fitik asidin antikanserjen etkisini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, farelere kanserojen azoksimetan şırınga edildikten 8 ay sonra, kontrol guruplarının %43 ü bağırsak kanserine yakalanırken %2 fitat içeren su içirilen gurubun sadece % 10'unda kanser gelişmiştir. Fitatlı su verilmesinin kesilmesinden sonra dahi kalıntının faydalı etkisi görülmüştür. Ayrıca çalışmada fitatlı suyun nötral pH'ya doğru ayarlanması oldukça fazla terapötik etki göstermiştir (Harland ve Morris 1995).

Fitik asidin tümörü baskılanması hücrelerin doğal savunma mekanizmasını güçlendirmesiyle açıklanmaktadır. Ayrıca fitik asidin, insanlarda kanserli hücrelerin çoğalmasını azalttığı *in vitro* olarak gösterilmiştir (Plaami 1997).

Fitik asidin kansere karşı etkisine dair bir mekanizma, Fe^{+3} 'le çelat yapması sonucu $\cdot OH$ oluşumunu baskılamasıdır. Birçok çalışma aşırı demirin, insan ve hayvanların çeşitli organlarındaki neoplazi riskini artırdığını göstermiştir. Bu durum Fe^{+3} 'in Fe^{+2} 'e kolayca indirgenmesine bağlanabilir. Demir bir çok biyolojik fonksiyonun etkili bir katalizörüdür. Çözünür demir (Fe^{+2}) girdiği redoks reaksiyonlarıyla bir çok serbest radikalin oluşumuna yol açmaktadır. Serbest radikallerin kanseri teşvik ettiği bilinmektedir. Oysa fitik asit demiri çözünmez form (Fe^{+3}) halinde tutarak onun olumsuzluklarını önlemektedir (Plaami 1997).

Çinko ve magnezyum gibi hücrelerin çoğalmasında rol alan minerallerin fitik asit tarafından bağlanmasıyla hücre çoğalmasının etkilenmesi ve bu sayede kanserli hücrelerin de çoğalmasının engellendiği diğer bir mekanizma olarak verilmektedir. Fitik asit tarafından nişastanın hidrolizinin inhibisyonu ve sindirilmeyen nişastanın artmasının fitatların kanseri önlemede faydalı etkileri arasında sayılmaktadır (Thompson ve Zhanc 1991). Fitik asidin kanseri önleme ve terapisi yönündeki çalışmalar arasındaki küçük farklılıklar onun diyetteki miktarlarının farklı olmasından kaynaklanmaktadır ve bağırsakta meydana gelen olayların iyi anlaşılması gereklidir (Shamsuddin 1995).

Fitik asit hipokolesterolemik etkiye de sahiptir; bu etkisinin antioksidan özelliğinden kaynaklandığı sanılmaktadır. LDL kolesterolün oksidasyonunu önlemesi kalp-damar hastalıkları riskini azaltmaktadır. Ca-fitat-pektin kompleksinin oluşumunun posanın hipokolesterolemik etkisi için hayati öneme sahip olduğu savunulmaktadır (Jariwalla, Sabin, Lawson ve Herman 1990).

Yoon vd (1983), sağlıklı insanlar tarafından tüketilen tahıl ve baklagillerde bulunan fitik asit ile glisemik indeks (kan glikoz seviyesi) arasında negatif bir ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir. Fitatları uzaklaştırılmış Navy fasulyesinin işlem görmemiş fasulye ile karşılaştırıldığında glisemik indeksi artırdığı tespit edilmiştir. Düşük glisemik indeks diyabet hastalarında kan glikoz seviyesini kontrol etmek için yararlı olabilir (Thompson vd 1987).

SONUÇ

Fitik asit gıdalarda tek başına bağımsız olarak bulunmamakta ve çeşitli bileşiklerle birlikte tüketilmektedir. Fitatlar genellikle posa, mineraller, iz elementler ve diğer mikro maddelerle bitkisel matriks içerisinde bileşik halindedir. Sonuçta, fitatça zengin ürünlerden mineral absorpsiyonunu değerlendirebilmek için tüm bileşenlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Fitik asit, yüksek posalı gıdaların kansere karşı faydalı bileşenlerinden biri olabilir. Fitik asidin sağlığa olan negatif ve/veya pozitif etkilerini ortaya çıkaracak daha ileri çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır. Fitik asidin parçalanma ürünlerinden bazıları mineral emilimini inhibe eden ve bazıları ise sağlığa olumlu etkisi olabilen ürünler olarak tanımlanmaktadır. Fitik asidin kontrollü olarak parçalanmasıyla, arzu edilen sağlığa faydalı özel ürünlerinin oluşturulması fitik asidin yararlı ya da zararlı etkilerinin aydınlatılmasına katkı yapacaktır.

KAYNAKLAR

- Ajarapu R. 2000. Phytate/minerals in Indian vegetarian dishes. San Jose State University, A Thesis, 132 p, California, USA.
- Baysal A. 1993. *Genel Beslenme*. Hatiboğlu Yayınları, 214 s, Ankara.
- Beleia A, Thu Thao LT and Ida EI. 1993. Lowering phytic phosphorus by hydration of soybeans. *J. Food Sci*, 58: 375-377.
- Coudray C, Levrat-Verny MA and Tressol JC. 2001. Mineral supplementation of white wheat flour is necessary to maintain adequate mineral status and bone characteristics in rats. *J. Trace Elements in Medicine and Biology*, 15: 131-137.
- Davidsson L, Almgren A, Juillerat MA and Hurrell RF. 1995. Manganese absorption in humans. *American J. Clin. Nutr*, 62: 984-987.
- De Rham O and Jost T. 1979. Phytate protein interactions in soybean extracts and low-phytate soy protein products. *J. Food Sci*, 44: 596.
- Gibson RS and Huddle JM. 1998. Suboptimal zinc status in pregnant Malawian women: its association with low intakes of poorly available zinc, frequent reproductive cycling, and malaria. *American J. Clin. Nutr*, 67: 702-709.
- Harland BF and Morris ER. 1995. Phytate: a good or a bad food component. *Nutrition Research*, 15: 733-754.
- Harland BF and Narula G. 1999. Food phytate and its hydrolysis products. *Nutrition Research*, 19: 947-961.
- Hercberg S, Preziosi P and Galan P. 2001. Iron deficiency in Europe. *Public Health Nutrition*, 4: 537-545.
- Honke J, Kozłowska H, Vidal-Valverde C, Frias J and Gorecki R. 1998. Changes in quantities of inositol phosphates during maturation and germination of legume seeds. *Z. Lebensm Unters Forsch A.*, 206: 279-283.
- Jariwalla RJ, Sabin R, Lawson S and Herman ZS. 1990. Lowering of serum cholesterol and triglycerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. *Journal of Applied Nutrition*, 42: 18-28.
- Knuckles BE, Kuzmicky DD, Gumbmann MR and Betschart AA. 1989. Effect of myoinositol phosphate esters on in vitro and in vivo digestion of protein. *J Food Sci.*, 54: 1348-1350.
- Kornegay ET. 2001. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity. Department of animal and poultry sciences, Virginia polytechnic institute and state university 3060 Litton-reaves hall, Blacksburg, USA.
- Lolas GM and Markakis P. 1975. Phytic acid and other phosphorus compounds of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Agric. Food Chem.*, 23: 13.
- Lopez HW, Leenhardt F, Coudray C and Remesy C. 2002. Minerals and phytic acid interactions: is it a real problem for human nutrition? *Int. J. Food Sci. Tech.*, 37: 727-739.
- Maga JA. 1982. Phytate: Its chemistry, occurrence, food interactions, nutritional significance, and method of analysis. *J. Agric. Food Chem.*, 30: 1-9.
- Oberleas D and Harland B. 1981. Phytate content of foods: effect on dietary zinc bioavailability. *Journal of American Dietetic Association*, 79: 433-436.
- Oberleas D. 1983. Phytate content in cereals and legumes and methods of determination. *Cereals Foods World*, 28: 352-357.
- Omosaiye O and Cheryan M. 1979. Low phytate, full-fat soy protein product by ultrafiltration of aqueous extracts of whole soybeans. *Cereal Chem.*, 56: 58.
- Özkaya B. 2002. Fitik asit ve tahıl ürünlerindeki önemi. Hububat ürünleri ve teknolojisi kongre ve sergisi, 57-65 s, 3-4 Ekim 2002, Gaziantep.
- Plaami S. 1997. Myoinositol phosphates: analysis, content in foods and effects in nutrition. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 30: 633-647.
- Reddy MB, Hurrell RF, Juillerat MA and Cook JD. 1996. The influence of different protein sources on phytate inhibition of nonheme-iron absorptions in humans. *Ame. J. Cli. Nutr*, 63: 203-207.
- Saha PR, Weaver CM and Mason AC. 1994. Mineral bioavailability in rats from intrinsically labeled whole wheat flour of various phytate levels. *J Agric. Food Chem.*, 42: 2531-2535.
- Sandberg AS, Larsen T and Sandstrom B. 1993. High dietary calcium level decreases colonic phytate degradation in pigs fed a rapeseed diet. *Journal of Nutrition*, 123: 559-566.
- Sandberg AS and Svanberg U. 1991. Phytate hydrolysis by phytase in cereals: effects on in vitro estimation of iron availability. *Journal of Food Science*, 56: 1330-1333.
- Şat İG. 2002. Kuru fasulyenin (*phaseolus vulgaris* L.) antinütrisyonel faktörlerini azaltmada bazı hazırlama işlemlerinin etkisi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 104 s, Erzurum.
- Shamsuddin AM. 1995. Inositol phosphates have novel anticancer function. *J. Nutrition*, 125: 725S-732S.
- Shamsuddin AM. 2002. Anti-cancer function of phytic acid. *Int. J. Food Sci. Tech.*, 37: 769-782.
- Sharma K. 2000. Phytate and minerals in Indian baby foods. San Jose State University. A Thesis, 141 p, California, USA.
- Thompson LU and Zhanc L. 1991. Phytic acid and minerals: effect on early markers of risk for mammary and colon carcinogenesis. *Carcinogenesis*, 12: 2041-2045.
- Thompson LU, Button CL and Jenkins DJA. 1987. Phytic acid and calcium affect the in vitro rate of navy bean starch digestion and blood glucose response in humans. *Ame. J. Cli. Nutr*, 46: 467-473.
- Thompson LU and Yoon JH. 1984. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. *J. Food Sci.*, 49: 1228-1229.
- Yoon JH, Thompson LU and Jenkins DJA. 1983. The effect of phytic acid on in vitro rate of starch digestibility and blood glucose response. *Ame. J. Cli. Nutr.*, 38: 835-842.