

## **FİTİK ASITIN BESLENME AÇISINDAN ÖNEMİ VE FİTİK ASİT MİKTARI DÜSÜRÜLMÜS GIDA ÜRETİM METOTLARI**

Nermin BILGIÇLI<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, KONYA

### **ÖZET**

*Fitik asit myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis (dihidrojen fosfat) hububat, baklagil ve yağlı tohumlarda doğal bir bileşen olarak bulunmaktadır. Fitik asit insan beslenmesinde gerekli olan minerallerle kompleks oluşturarak bunların emilimini engellemektedir. Bunun yanı sıra, fitik asidin minerallerle birleşmesiyle oluşan fitatlar, protein emilimini de olumsuz yönde etkilemektedir.*

*Fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretim metotlarından biri, fitik asit oranı düşük veya fitaz aktivitesi yüksek tahıl islah etmek, diğeri ise hammaddedeki fitik asiti çeşitli fiziksel ya da kimyasal yöntemlerle çözmek ya da uzaklaştırmaktır. Ögüterek tanenin kepeginin uzaklaştırılması, fermentasyon, basınç altında pısrma, fitaz enzimi ilavesi, çimlendirme ve ıslatma, fitik asit miktarının düşürülmesinde kullanılacak en etkili fiziksel ve kimyasal yöntemlerdir.*

**Anahtar Kelimeler:** Fitik asit, fitaz, mineral emilimi, fermentasyon

### **THE IMPORTANCE OF PHYTIC ACID FROM THE POINT OF NUTRITION AND THE PRODUCTION METHODS OF THE FOOD WITH REDUCED PHYTIC ACID CONTENT**

#### **ABSTRACT**

*Phytic acid myo-inositol 1,2,3,4,5,6-hexakis (dihydrogen phosphate) is found in cereals, legumes and seeds as a natural component. Phytic acid makes complex with necessary minerals important for human nutrition by hindering absorption. In addition, phytates formed with association of phytic acid and minerals affect the protein absorption negatively.*

*The one method of producing phytic acid reduced food is to produce cereals with reduced phytic acid or high phytase activity, the others are to solve or to remove phytic acid with various physical or chemical methods in raw material. Removal of bran by milling, fermentation, cooking under high pressure, addition of phytase enzyme, germination and soaking are the most effective physical or chemical methods to reduce phytic acid amount.*

**Key Words:** Phytic acid, phytase, mineral absorption, fermentation

### **GİRİŞ**

Hububat ve hububat ürünleri toplumumuzun beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Günlük kalorinin ortalama %53'ü hububattan karsılanmaktadır. Bu nedenle hububat ve ürünlerinden sağlanan besin ögesi miktarının mümkün olduğunca yüksek tutulması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Hububatta doğal bir bileşen olarak bulunan fitik asit besleyici kaliteyi olumsuz yönde etkileyen faktördür. Fitik asit insan beslenmesinde gerekli olan çinko, demir, kalsiyum, magnezyum, bakır gibi minerallerle kompleks oluşturarak bunların biyo yararlılığını düşüren besinsel bir ögedir. Bunun yanı sıra, fitik asidin minerallerle birleşmesiyle oluşan fitatlar, fitat-protein kompleksleri oluşturarak protein emilimini de olumsuz yönde etkilemektedir. Günde 2-8 g fitik asit alındığında mineral absorpsiyonu önemli ölçüde engellenmektedir. Hububatta % 0,50-1,89 arasında fitik asit bulunmakta ve hasattan başlayarak tüm proses aşamalarında fitik asit miktarında değişiklikler olmaktadır.

Fitik asitin yapısı hakkındaki çalışmalar 1855 yılında başlamış ve pek çok model önerilmiştir. Bunlardan en çok kabul gören ve günümüzde de doğruluğu kabul edilen Anderson yapısıdır (Cheryan 1980). Anderson yapısına göre, nispeten basit bir seker olan myo-inositol, altı molekül fosforik asitle kombine olmuştur. Bu yapı reaktif fosfat gruplarının çoklugun-

dan dolayı minerallerle çok kolay kompleks oluşturmaktadır.

### **FİTİK ASİTİN KAYNAKLARI**

Fitik asit, bitkisel tohumlar, tane, kök ve yumru- larla, kus ve kaplumbagaların eritrositlerinde ve organik toprakta bulunur. Olgunlaşma periyodu boyunca tanede nisasta, yağ gibi diğer depo maddeleri ile birlikte hızla birikir (Erdman ve Forbes, 1977; O'Neill ve ark. 1980). Hububatta fitik asidin birikim bölgesi alöron tabakasıdır. Bugday ve pirinç tanelerinin endospermi hemen hemen fitik asitten yoksundur. Fitik asit bu tanelerin kepek ve ruseym tabakalarında yoğunlaşmıştır. Mısırdaki ise fitik asidin %88'i ruseymde bulunmaktadır (Ogawa ve ark. 1979; Reddy ve ark. 1982). Değişik hububatdaki Fitat Fosforu ve Fitik Asit içerikleri Tablo 1'de, çeşitli baklagildeki Fitik Asit miktarı ise Tablo 2'de verilmiştir.

### **FİTİK ASİTİN BESLENME VE SAĞLIK AÇISINDAN ÖNEMİ**

Fitik asit beslenme açısından öneme sahip minerallerle (Ca, Zn, Fe, Mn vb.) kompleks oluşturmaktadır. Bu kompleks bileşikler normal gastroentestinal pH'da yani pH 4-8 arasında en az çözünürlüktedir. Oluşan kompleks bileşiklerin çözünürlüğünün az olması minerallerin alınmamasında en temel neden olarak görülmektedir (Harland ve Harland 1980).

Tablo 1. Hububattaki Fitat Fosforu ve Fitik Asit İçerikleri (mg/100g)

Tür	Fitat Fosfor	Fitik Asit	Kaynak
Bugday (sert)	240	840	Chang 1967
Bugday(yum.)	320	1140	O'Dell ve ark. 1972
Pirinç	250	890	De Bolond ve ark. 1975
Misir	280	890	Reddy ve ark. 1982
Tritikale	140-350	500-1890	Sing ve Reedy 1977
Çavdar	270	970	Sing ve Reedy 1977
Arpa	270-330	970-1160	Lolas ve ark. 1976
Yulaf	220-290	790-1010	Lolas ve ark. 1976

Tablo 2. Baklagillerdeki Fitik Asit Miktarı

Tür	Fitik Asit(%)
Yer Fıstığı	1,70
Nohut	0,28
Soya Fasulyesi	1,00-1,47
Fasulye	0,74-2,10
Bezelye	1,20
Bakla	1,80
Börülce	0,44

\* Reddy ve ark. 1982

Fitik asitin proteinler üzerine de etkili olduğu ifade edilmektedir. Fitik asitin minerallerle kompleks oluşmasıyla meydana gelen fitatlar proteolitik enzimler tarafından daha zor parçalanmış fitat-protein kompleksleri oluşturarak protein emilimini olumsuz yönde etkilemektedir (Cheryan 1980).

İnsanlar tarafından günde 28 g fitik asit (0,57-2,20g fitat fosfora eşit) alındığında çinko (Zn), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca) ve demir (Fe)'in biyolojik yararlılığı etkilenmekte ve bu minerallerin diski ile atılması artmaktadır. Bir vegetarian diyeti (200kca/gün) 3-4 g fitik asit içermektedir (Morris 1986).

Fitik asit kalsiyum, demir ve çinko ile kuvvetli formda kompleksler yaptığı için geniş bir şekilde arıtılmıştır. 7 gün süreyle 16 g bugday kepeği tüketiminde kalsiyum absorpsiyonunu azaldığı bildirilmiştir (Toma ve Curtis 1986; Sandberg ve ark.1982).

Beyaz ekmeklere sodyum fitat ilavesi, demir absorpsiyonunu azaltmış ve fitat içeriği yüksek esmer ekmek tüketimi sonucu insanlarda düşük demir dengesi bulunmuştur (Davies ve Nigtingale 1975). Çinko-fitik asit etkileşimi ile ilgili yapılan çalışmalarda da günde 16 g bugday kepeği ilave edilmiş diyetle beslenen yetişkinlerde çinko absorpsiyonunun azaldığı ancak, kepek tüketimine son verince çinko absorpsiyonunun arttığı gözlemlenmiştir (Toma ve Curtis 1986).

Fitik asitin kolon kanserinin ve böbrek taşlarının oluşumunu azalttığı, kan kolesterolünü düşürdüğü literatürde bildirilmiştir (Empson ve ark. 1991). Ayrıca fitik asitin kemoterapide oldukça etkili olduğu (Shamsuddin 1999) ve lipaz aktivitesinde önemli azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir (Knuckles 1988).

Araştırmacılar, fitik asitin deoksi hemoglobininle çok sıkı bağlanması nedeniyle, fitatin hemoglobinin oksijen affinitesini düşüren kimyasallardan en etkililerinden biri olduğunu bulmuşlardır (Miller ve ark. 1980).

### FITİK ASIT MİKTARI DÜŞÜRÜLMÜŞ GIDA ÜRETİM METOTLARI

Günümüzde insanların fazla miktarda besinsel lif alımı için tam un ekmeği yada kepekli ekmek tüketimine yönelmesi ile fitik asitin önemi daha da artmıştır. Bu nedenle bilim adamları fitik asit miktarı düşürülmüş gıda üretimi konusundaki çalışmalarını artırmışlardır.

Tahıldaki fitik asit oranını düşürme yöntemleri iki grupta toplanabilir. Birincisi; fitik asit oranı düşük veya fitaz aktivitesi yüksek ürünler ile işleme veya tane üzerindeki fitik asidi öğütme ve ayırma gibi işlemlerle kolayca uzaklaştırılabilecek metotları ortaya koymaktadır. İkinci yöntem ise, hammaddedeki fitik asit çeşitli fiziksel yada kimyasal işlemlerle çözmek yada tane den uzaklaştırmaktır (Reddy ve ark. 1982; Graf 1986).

Genetik olarak fitik asit miktarı düşük, fitaz aktivitesi yüksek çeşitlerin ıslahı için çalışmalar yapılmasına rağmen, bu güne kadar çok dikkate değer sonuçlar elde edilememiştir.

### Öğütme ve Diğer Mekaniksel İşlemler

Hububatta fitik asit tanenin spesifik bölgelerinde yoğunlaştığından mekaniksel işlemler, fitik asit içeren kısımları tanenin diğer kısımlarından seçici bir şekilde ayırır. Örneğin, bugday ve pirinçte, fitik asidin çoğu tanenin dış tabakalarında, mısırda ise büyük kısmı ruseyimde yer aldığından öğütme, soyma, parlatma, ruseym alma gibi işlemler ana ürünün fitik asit konsantrasyonunu etkili bir şekilde düşürmektedir (Cheryan 1980).

Bugday unu öğütüldüğünde, fitik asidin büyük kısmı un randımanına bağlı olarak uzaklaştırılmakta, un randımanı arttıkça içerdiği fitik asit konsantrasyonu da artmaktadır. Bazı hububatın farklı kısımlarındaki fitik asit miktarı Tablo 3'de, randımana bağlı olarak unların fitik asit konsantrasyonları da Tablo 4'de verilmiştir.

Durum bugdayı öğütme ürünlerinde fitik asit içeriği açısından önemli farklılıklar bulunmuştur. Yan ürün olarak ayrılan kepek ve kepek tozu fraksiyonları öğütme fraksiyonlarındaki toplam fitik asitin %80 den fazlasını içermektedir. Ana ürün olarak irmik tüm fraksiyonlardaki toplam fitik asidin en fazla %6'sini içermektedir.

Yapılan bir çalışmada; kepeğin fitik asit konsantrasyonunu azaltmak için, kaba bugday kepeğinin ınceltilmesi ve hava akımı ile siniflandırılması işlemleri uygulanarak fitik asit içeriği %38 oranında düşürülmüştür (Yılmaz ve Ünal 1993).

Tablo 3. Bazı Hububatların Farklı Kısımlarındaki Fitik Asit Miktarları (%)\*

Çesit	Endosperm	Ruseym	Alöron
Bugday (sert)	0,001-0,01	0,86-1,35	0,91-1,42
Bugday (yumusak)	0,001	1,10	1,16
Misir (sarı dis)	0,01-0,03	0,72-1,78	0,05-0,39
Pirinç (esmer)	0,004	0,98	0,95

\* O'Dell ve ark. 1972

Tablo 4. Un Randimanına Bağlı Olarak Unun Fitik Asit Konsantrasyonu

Un Randimani (%)	Fitik Asit (mg/100g)
100	350
85	270
80	230
72	130

\* O'Dell ve ark. 1972

### Fermentasyon ve Ekmek Yapımı

Ekmek üretim prosesinden sonra ekmekte kalan fitat oranı, kullanılan unun tipi, parçacık büyüklüğü, kullanılan maya miktarı ve tipi, fermentasyon süre ve sıcaklığı, hamur pH'si gibi faktörlerden etkilenmektedir (Harland ve Harland 1980; Faridi ve ark. 1983; Bartnik ve Szafranska 1987).

Ekmek yapımı sırasında fitik asidin parçalanması en fazla fermentasyon aşamasında meydana gelmektedir. Hem beyaz ekmek ve tam un ekmeginde, hemde çavdar ekmeginde fermentasyon sırasında fitat oranının azaldığı, parçalanmanın fermentasyonun uzatılmasıyla arttığı bildirilmiştir (Harland ve Harland. 1980).

Maya oranı % 2 olan hamurda, 3 saat fermentasyondan sonra fitat fosforu yaklaşık % 25 oranında düşerken, inorganik fosfor aynı oranda artmıştır. Fermentasyon süresi 5 saate çıkarılınca kayıp çok az olmuş ve ancak %27'ye çıkmıştır (Tangkochitr ve ark. 1981)

### Bulgur Üretimi ve Pisirmenin Etkisi

Geleneksel pisirmenin fitik asit miktarı üzerine çok fazla etkili olmadığı bulunmuştur. Bunun nedeni fitik asidin isiya karşı dirençli olması ve özellikle pH yüksek olduğunda fitik asidin isiya stabilitesinin artmasıdır.

Basınç altında pisirme tanedeki fitik asit oranını önemli derecede düşürmektedir. 115 °C de otoklavlama sonucunda bugday, pirinç, misir ruseymi ve soya gevreklerindeki fitik asit önemli oranda düşürülmektedir. Bu konuda son yıllarda yapılan çalışmalarda, bulgur yapımı sırasında tanenin fitik asit miktarında bir miktar azalma olduğu ve bu azalmanın otoklavda pisirilen bulgurda daha yüksek olduğu saptanmıştır (Özkaya ve Özkaya 1998). Aynı şekilde arpadan yapılan bulgurlarda da hem pisirme hem kabuk soyma işlemlerinin tanedeki fitik asit miktarını düşürdüğü, bu düşmenin basınç altında pisirilen örneklerde

daha yüksek çıktığı bildirilmiştir (Köksel ve ark. 1999).

### Makarna Üretimi

Tr. Durum bugdayinin irmige islenmesi sırasında fitik asit miktarında ayrılan kepek nedeniyle %61,24'lük bir düşüş söz konusudur (Yılmaz ve Ünal 1993).

Irmigin makarnaya islenmesi sırasında fitik asit miktarında azalma olduğu bildirilmiştir. Bu azalma spagetti türünde %23,44, kesme makarnalarda %21,26 dolaylarındadır (Yılmaz ve Ünal 1993). Bu azalma makarnanın islenmesi sırasında fitaz enziminin hidrolizi ile gerçekleşmektedir.

Makarnanın pisirilmesiyle %3,62'lik bir fitik asit kaybı söz konusudur (Yılmaz ve Ünal 1993). Bu kayıp pisme suyunda fitatin çözünmesi ile gerçekleşmektedir.

### Fitaz Enzimi Kullanımı

Fitaz (meso-inositol hexaphosphate phosphohydrolase EC 3.1.3.8) bitkiler, hayvanlar ve mikroorganizmalarda geniş bir dağılıma sahip olan, fitik asidin inositol ve ortofosfatlara hidrolizini kataliz eden bir fosfomonoesterazdır. Fitaz bazı araştırmacılar tarafından tritikale (Singh ve Sedeh 1979); bugday (Preece ve Gray 1962); misir (Chang 1967); arpa (Preece ve Gray 1962); pirinç (Yoshida ve ark. 1975); bazı baklagiller ve hayvansal kaynaklardan izole edilip karakterize edilmiştir. Kimi maya, mantar ve bakterilerde de fitaz aktivitesi söz konusudur (Preece ve Gray 1962; Reddy ve ark. 1982).

Tanelerde fitazın temel fonksiyonu, çimlenmenin ilk safhalarında, fitattan inorganik fosfat sağlamaktır (Frolich ve ark. 1988). Fitatin enzimatik hidrolizi, hububatların çimlenmesi sırasında fosfor metabolizması açısından öneme sahiptir (Yamagata ve ark. 1980). Bu hidrolize bağlı olarak çimlenme sırasında inorganik fosfatın fitata oranı bugday, arpa, yulaf, pirinç ve mısırda kademeli olarak artmakta, fitaz aktivitesindeki artışa paralel olarak fitat fosfor içeriğinde düşüş görülmektedir (Bartnik ve Szafranska 1987).

Genellikle sert bugdaylar yumusaklara göre daha yüksek fitaz aktivitesine sahiptir. Bugdayda farklı türler ve bir türün (Tr. vulgare) çeşitleri arasındaki fitaz aktivitesi varyasyonu büyük değildir. Fakat tritikalede çeşitten ileri gelen fitaz aktivitesi varyasyonunun büyük olduğu belirtilmektedir (Singh ve Sedeh 1979).

### Çimlendirme

Tohum çimlenmesi sırasında, fitatlar fitaz enzimi tarafından hidrolize edilmekte ve inorganik fosfor kaynağı olarak kullanılmaktadır. Çimlenme ile birlikte fitaz aktivitesi arttığından tanedeki fitat miktarı azalır. Tanedeki fitatin tamamen parçalanması için çimlenmenin 7-8 gün süreyle devam ettirilmesi gerekmektedir.

dir (Ashton ve Williams 1958). Çimlendirme ile de fitat miktarı düşürülmüş gıda üretimi mümkün olabilmektedir. Ancak çimlendirme yerine teknik olarak, direkt fitaz enzimi katılarak fitat miktarının düşürülmesi daha çok tercih edilmektedir. Fitaz enzimi katılması, özel preparatlar hazırlanarak özellikle hayvan yemi üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır.

### Isinlama

Özkaya ve ark. (2000) yaptıkları çalışmada, üç farklı buğday çeşidine <sup>60</sup>Co kaynağı kullanılarak 5 farklı dozda (1.0, 2.5, 5.0, 10.0 ve 20.0 kGy) uygulanan ısınlamanın örneklerin fitat fosforu ve toplam fosfor içerikleri üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığını ifade etmişlerdir.

### Depolama

Depolama süresinin fitat miktarı üzerine etkisi konusunda yapılan çalışmalarda yüksek sıcaklık ve nem ortamında artan depolama süresinin buğdayın inorganik fosfor miktarını artırdığı bildirilmiştir. Depolama süresinin 8-10 yıl olduğu bir çalışmada arpanın fitat içeriğinin %17,7 azaldığı ifade edilmiştir. Bu çalışmada 41 °C de 3 ay kuru depolama, arpanın fitat içeriğini yaklaşık %2 azaltmıştır. Fasulyede ise 41 °C de %75 bağıl nemde 4 ay depolama fitat miktarını %27 oranında azaltmıştır (Ockendan ve ark. 1997).

### Suda Islatma

Pirinç üzerine yapılan bir çalışmada, pirincin su içinde islatılıp, islatma suyu uzaklaştırılıp piserilmesiyle fitik asit konsantrasyonunun %82 oranında azaldığı belirlenmiştir. Islatma suyu uzaklaştırılmadan piserildiğinde fitik asit konsantrasyonu sadece %31 oranında azalmıştır.

Mercimek ve bezelyelerin suda islatılıp kaynatılmasıyla sırasıyla %76 ve %82'lik fitik asit tahribi belirlenmiştir. Bu baklagillerde piserme ile proteinlerin sindirilebilirliği, yararlılığı ve biyolojik değerlerinde artış gözlenmiştir. Yapılan bir çalışmada soya fasulyeleri, farklı sıcaklık ve sürelerde suda bekletilerek fitat fosforu miktarındaki azalma tespit edilmiştir. 50 °C de 16 saat suda bekletme ile %26-36'lik azalma olduğu belirlenmiştir. Sıcaklığın fitat fosforu miktarındaki azalması çok etkili olduğu bildirilmiştir.

Buğday, çavdar, kavuzlu ve kavuzsuz arpanın 24 saat, 55 °C sıcaklıkta suda ve asetat tampon çözeltisinde (pH 4,8) bekletilmesi sonucunda fitat kaybı bildirilmiştir. Bu kayıp suda %46-77, asetat tampon çözeltisinde %84-99 olmuştur (Mameesh ve Tomar 1993).

### Ultrafiltrasyon

Diyaliz ve ultrafiltrasyon ile çözünür fitik asit ve fitatların uzaklaştırılması mümkündür. Ticari düzeydeki üretimlerde ultrafiltrasyonun kullanılması daha uygundur. Ultrafiltrasyon ilimli proses koşullarında

yüksek seçicilik sağlamaktadır. Ultrafiltrasyon tekniği diğer yöntemlerle kombine edilerek kullanılabilir. Örneğin fitaz enzimi ilavesi yada fitaz enziminin aktivitesinin artırılması ile birlikte kombine edilebilir (Okubo ve ark. 1975).

### SONUÇ

Fitik asit mineral maddeler ve proteinin emilimine engel olan besinsel bir öğedir. Son üründeki fitik asit ve fitat miktarı çeşitli fiziksel ve kimyasal işlemlerle düşürülebilmektedir.

Öğütme ve kepeğin uzaklaştırılması ile düşük randımanlı unlarda fitik asitin yaklaşık %80'i tanelen uzaklaştırılabilmektedir.

Ekmek yapımında en fazla fermentasyon aşamasında fitik asit kaybı söz konusudur. Kullanılan maya miktarı ve fermentasyon süresi fitik asitin azaltılmasında önemli faktörlerdir.

Bulgur yapımında olduğu gibi basınç altında piserme işlemi ile fitat miktarında azalma görülmektedir.

Makarna üretimi sırasında fitik asit miktarındaki azalma en fazla buğdayın irmige islenmesi sırasında kepeğin ayrılması ile gerçekleşmektedir. Makarna üretim sürecinde de fitaz enziminin etkisiyle yaklaşık %20-25'lik bir azalma söz konusudur.

Fitaz enzimi optimum pH 4,5-5,0 ve 45-60 °C aralığında aktivite göstermektedir. Sıcaklıktan çok fazla etkilenmeksizin gıda proses aşamalarında fitatların parçalanmasında kullanılacak en etkili yöntemlerden biri fitaz enzimi ilavesidir.

Çimlenme fitaz aktivitesini artırmaktadır. 7-8 günlük çimlendirme işlemi ile taneldeki fitat tamamen parçalanabilmektedir.

Depolama süresinin uzaması ve ortamın sıcaklık ve nemin yüksek olması fitat miktarını azaltan faktörlerdir.

Suda islatma özellikle baklagillerdeki fitik asit miktarının azaltılmasında en etkili yöntemdir. Islatarak bekletme ile yaklaşık %80-90 arasında fitik asit kaybı belirlenmiştir.

### KAYNAKLAR

- Ashton, W. M ve Williams, P. C. 1958. The phosphorus compounds of oats. I. the content of phytate phosphorus. *Journal of Science. Food Agric.* 9:505-511.
- Bartnik, M ve Szafranska, I. 1987. Changes in phytate content and phytase activity during the germination of some cereals. *Journal of Cereal Science.* 5:23-28
- Chang, C.W. 1967. Study of phytase and fluoride effects in germinating corn seeds. *Cereal Chemistry.* 44:129-142
- Cheryan, M. 1980. Phytic acid interaction in food system. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* December, 287-334.

- De Bolond, A., Garner, G. B ve O'Dell, B. L. 1975. Identification and properties of phytate in cereal grains and oilseed products. *Journal Agric. Food Chem.* 23:1186-1189.
- Daives, N.T ve Nightingale, R. 1975. Effects of phytate on interaction absorption and secretion of zinc and whole-body retention of zinc, copper, iron and manganese in rats. *Br.J.Nutr.*, 34(2), 243.
- Empson, K.L., Labuza, T.P ve Graf E. 1991. Phytic acid as a food antioxidant. *J.Food Sci.* 56 (2); 560-563.
- Erdman, J.W. ve Forbes, R.M. 1977. Mineral bioavailability from phytate containing foods. *Food Product Development* 11(10): 46.
- Faridi, H.A. Finney, D.L ve Rubenthaler, G.L. 1983. Effect soda leavening on phytic acid content and physical characteristic of middle eastern breads. *Journal of Food Science.* Vol. 48, 1654-1658.
- Frolich, W., Wahlgren, M ve Drakenberg, T.1988. studies on phytase activity in oats and wheat using p-nmr spectroscopy. *Journal of Cereal Science*, 8: 47-53.
- Graf, E. 1986. Phytic acid: Chemistry and Applications. Pilatus Press, Minneapolis
- Harland, B.F ve Harland, D.J. 1980. Fermentative reduction of phytate in rye, white and whole wheat breads. *Cereal Chemistry* 57(3)226-229.
- Knuckles, B.E. 1988. Effect of phytate and other myoinositol phosphate esters on lipase activity. *J. Food Sci.* 53 (1) ; 250-252.
- Köksel, H., Edney, M.J ve Özkaya, B. 1999. Barley bulgur: effect orprocessing and cooking on chemical composition. *Journal of Cereal Science* 29; 185-190.
- Lolas, G.M., Paladimis, N ve Markakis, D. 1976. The phytic acid total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans and wheat. *Cereal Chemistry*..53, 867-870
- Mameesh, M ve Tomar, M. 1993. Phytate content of some popular kuwaiti foods. *Cereal Chemistry.* 70 (5); 502-503.
- Miller, G.A., Youngs, V.L ve Oplinger, E.S. 1980. environmental and cultivar effects on oat phytic acid concentration. *Cereal Chem.* 57 (3); 189-192.
- Morris, E.R 1986. Phytate and dietary mineral bioavailability, phytic acid. *Chemistry and Application*: 4, 57-76.
- O'Dell, B.L., De Boland, A.R ve Koirtiyohann, S.R 1972. Disribution of phytate and nutritionally Impartant element among the morphological of cereal grains. *J. Agric. Food Chem.* 20: 718.
- O'Neill, I.K. Sargents, M ve Trimble, M.L. 1980. determination of phytase in foods by phosphorus  $\mathbb{Z}$  fourier transform nuclear magnetic resonance spectrometry. *Anal. Chem.* 52, 1288-1291.
- Ockendan, I., Falk, D.E ve Loft, J.N.A. 1997. Stability of phytate in barley and beans during storage. *J. Agric. Food Chem.* 45 (5); 1673-1677.
- Ogawa., M. Tanaka, K. ve Kasai, Z. 1979. Phytic acid formation in dissected ripening rice grains. *Agricultural Biological Chem.* 43(10), 2211-2213.
- Okubo, K., Warthrop, A. B., Jacobucci, G. A ve Myers, D. V. 1975. preparation of low-phytate soybean protein isolate and concentrate by ultrafiltration. *Cereal Chemistry.* 52: 263-271.
- Özkaya, B ve Özkaya, H. 1998. Einfluß der herstellungsbedin gurgen auf der phytinsäuregehalt in bulgur. *Getreide Mehl und Brot*, 52 (3.); 182-184.
- Özkaya, B., Özboy, Ö., Özkaya, H., Çelik, S. and Köksel, H. 2000. A study on the effects of irradiation on the dietary fiber and phytic acid contents of wheat. *Getreide Mehl Und Brot.* (Basimda).
- Preece, I.A ve Gray, H.J. 1962. Studies on phytin. II. Preliminary Study of Cell Physiol 21 (8): 1449-1460.
- Reddy, N.R Sathe, S.K ve Salunke, D.H., 1982. Phytates in legumes and cereals. *Advances in Food Research.* Vol.28, 1-92.
- Sandberg, A. S Hasselbad, C., Hasselbad, K., and Hulten, L. L982. The effect of wheat bran on the absorption of minerals in the small intestine. *Br. J. Nutr.* 48:185-191.
- Shamsuddin, A.M. 1999. Metabolism and cellular function of IP<sub>6</sub>: A reiew. *Anticancer Research*, 19 (5); 3733-3736.
- Singh, B ve Sedeh, H.G. 1979. Characteristics of phytase and its relationship to acid phoshatase and certain minerals in triticale. *Cereal Chemistry.* 56(4): 267-272.
- Singh., B ve Reddy, N.R 1977. Phytic acid and mineral composition of triticale. *Journal of Food Science.* 42(4): 1077-1092.
- Tangkonchitr, U., Seib, P.A ve Hosenev, R.C. 1981. Phytic acid 1. determination of three forms of phosphorus in flour, dough and bread. *Cereal Chemistry.* 58 (3); 226-228.
- Toma, R. B ve Curtis, D. J. 1986. Dietary fiber: effect on mineral bioavailability. *Foods Technology* 40:111-116.
- Yamagata, H. Tanaka, K ve Kasai, Z. 1980. Prufication and characterization of acid phoshotase in aleurone particles of rice grains. *Plant Cell Physiol.* 21(8): 1149-1460.
- Yılmaz , G ve Ünal, S.S. 1993. Durum bugdayı ve ürünlerinin fitik asit miktarı ve işleme ile meydana gelen degismeler. *Makarnalık Bugday ve Mamülleri Sempozyumu.* S. 386-392, Ankara
- Yoshida, T. Kunisuke, T ve Kasai, Z. 1975. phytase activity associated with isolated aleurone particles of rice grains. *Agric. Biol. Chem.*39(1), 289-290.