

# Buğday Ununun Zenginleştirilmesinde En Çok Kullanılan Demir Bileşikleri ve Özellikleri

**Araş. Gör. Dilek ERCİLİ**  
**Prof. Dr. M. Hikmet BOYACIĞLU**  
**İstanbul Teknik Üniversitesi**  
**Gıda Mühendisliği Bölümü**

## 1. GİRİŞ

Demir eksikliği, Afrika, Asya ve Latin Amerika'da bebekler, çocuklar ve doğurganlık dönemindeki kadınların %50'sini etkileyen önemli bir sağlık sorunudur. Bu toplumlarda nüfusun yaklaşık yansı demir eksikliğinin en ciddi tipi olan demir eksikliği anemisiyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Anemi bebek ve çocuklarda büyümeyi, entelektüel ve psikomotor gelişmeyi etkilemekte ve enfeksiyonlara direnci azaltmaktadır. Yetişkinlerde ise kronik yorgunluk, isteksizlik ve konsantrasyon ek-sikliğine neden olmaktadır. Annede anemi ise bebekte büyüme geriliğine, düşük doğum ağırlığına, anne ve bebek ölümlerine yol açmaktadır. Demir eksikliği anemisi, iş performansı ve verimliliği olumsuz etkileyerek ülkelerin ekonomisini sarsan, önüne geçilmesi önem teşkil eden ciddi bir toplum sağlığı problemidir (DPT, 2001; Hurrel ve ark., 2002; Salgueiro ve ark.. 2002).

Wetherilt ve ark. (1992) tarafından 7-17 yaşlarında 960 çocuk arasında yapılan bir araştırma Türkiye'de aneminin önemli bir beslenme problemi olduğunu ortaya koymuş, araştırma sonuçları bireylerin %54.3'ünün kan hematokrit seviyelerinin düşük olduğunu göstermiştir. Doğum öncesi ve doğum sonrası dönemlerdeki kadınlardan alınan kan örneklerinin ferritin, demir konsantrasyonları bakımından incelendiği diğer bir çalışmada ise hamileliğin geç dönemlerinde %52.3; hamilelik sonrası

dönemde de %39.0 oranlarında ferritin eksiklikleri görülmüştür (Açkurt ve ark., 1995).

Aneminin nedenleri; demir alımının yetersizliği, tüketilen demirin biyoyararlılığının düşük olması, parazitik enfeksiyonlar ve demir emilimini engelleyen maddeler (ör. çay) içeren gıdaların yüksek oranda tüketimi olarak belirtilmektedir (FAO, 2001).

Temel gıda maddelerinin zenginleştirilmesi (çoğu ülke için buğday unu) demir eksikliği anemisi ile başa çıkmada en etkili ve ekonomik yol olarak görülmektedir.

## 2. GIDA ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN DEMİR BİLEŞİKLERİ

A.B.D. Gıda ve ilaç İdaresi, FDA tarafından "Genel Olarak Güvenli Kabul Edilen", GRAS statüsünde listelenen demir bileşikleri; elementel demir, demir (ferrus) askorbat, demir karbonat, demir sitrat, demir fumarat, demir glukonat, demir laktat, demir sülfat, demir (3) amonyum sitrat, demir (3) klorid, demir (3) sitrat, demir (3) pirofosfat ve demir (3) sülfattır (Salgueiro, 2002). Yakın zamanda FDA demir bisglisinat aminoasit şelatı Ferrochelli de GRAS statüsüne almıştır (Anon., 2003a). Demir bileşiklerinin çözünürlüklerine göre sınıflandırılması ve hububat ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanım durumları Tablo I' de görülebilmektedir.

Gıdaların zenginleştirilmesinde kullanılacak demir bileşiğinin seçimi öncelikle biyoyararlılığına (gastrik suda çözünürlüğü), gıdada demir emilimini destekleyen veya engelleyen maddelerin varlığına ve bireylerin beslenme durumlarına bağlı olmaktadır

(Salgueiro, 2002). Uygulama dozu da oldukça önemli olup yüksek dozlarda kullanım renk değişikliği, topaklanma, istenmeyen tat oluşumu ve yağ oksidasyonu gibi teknolojik problemlere yol açabilmektedir. Biyoyararlılığı belirlediği için demir bileşiğinin çözünürlüğü çok önemlidir. Gıdalara besinsel değeri attırma amaçlı katılan her bileşik için geçerli kural, kullanılan dozun Günlük Önerilen Alım Miktarı olan RDA'yi katladığı durumlarda, teknolojik problemlerin de dozla birlikte artacağıdır (Fiyinn ve ark., 2003).

Buğday ununun zenginleştirilmesinde en yaygın kullanılan demir kaynakları demir sülfat, elementel demir tozları, NaFeEDTA ve demir aminoasit şelatlarıdır (Anon., 2003b). Bu dört demir bileşiğinin yaklaşık demir içerikleri, biyoyararlılıkları, dolar bazında maliyetleri ve buğday unu zenginleştirmesinde kullanılan ortalama dozlar Tablo II'de verilmiştir.

### **2.1. Demir sülfat (FeS<sub>04</sub>)**

#### **Biyoyararlılık**

Demir sülfat iki formda mevcuttur: heptahidrat ve kuru demir sülfat. Heptahidrat formu yüksek nispi biyoyararlılığa sahiptir ve demir biyoyararlılık çalışmalarında referans standart olarak kullanılmaktadır (Hurrel, 1999). Hububatlar da doğal olarak bulunan fitik asit buğday tanesinin özellikle dış kısımlarında olmak üzere buğday ununda mevcuttur. Fitik asidin antioksidant, anti kanserojen ve kalp hastalıklarım önleyici etkilerinin yanında demir emilimini engelleyen bir inhibitör olma özelliği de vardır (Febles ve ark., 2002). Demir sülfat ile zenginleştirilmiş %80 randımanlı veya tam buğday unundan yapılan ekmeklerden demir emiliminin yaklaşık %1 oranında daha az olduğu saptanmıştır (Hurrel ve ark., 2002).

#### **Duyusal özelliklere etkisi**

Heptahidrat formunda renk ve nokta, benek problemleri meydana gelirken kurutulmuş formları nispeten

daha az problem oluşturmaktadır (Anon., 2003d). Demir sülfat yağ oksidasyonunu tetikleyerek depolama sırasında istenmeyen tat değişimlerinin oluşmasına neden olabilmektedir (Hurrel, 1999). Bu durum, yüksek randımanlı (>%82) unlarda doymamış yağ oranının fazla olması nedeniyle düşük randımanlı (72-78%) unlara göre daha olasıdır (SUSTAIN, 2001). Demir sülfat ile zenginleştirilmiş un 4-6 haftalık depolama so-nucunda yapılan duyusal panelde kabul edilemez bulunmuştur (Martinez-Navarrete ve ark., 2002).

### **2.2. Elementel demir Biyoyararlılık**

Asidik mide sularında çözünürlüklerinin az olmasına bağlı olarak elementel demir tozları biyoyararlılıkları nispeten düşüktür. Son 45 yıldır yürütülen çalışmalarda elementel demir tozlarının biyoyararlılıklarının demir sulfata oranla %5 ile %145 arasında değişen çeşitli değerler aldığı görülmüştür. Bu geniş aralığın nedeni üretim metotlarındaki farklılıklar sonucu oluşan farklı fiziko-kimyasal özelliklerdir. Parçacık boyutları küçüldükçe emilim oranı da artmaktadır. Bunun yanında midede hidroklorik asit salgısındaki farklılara bağlı olarak da biyoyararlılık değişebilmektedir (SUSTAIN, 2000; Hurrel ve ark., 2002; Salgueiro ve ark., 2002).

Elektrolitik demir, demir sulfata oranla %50 daha az biyoyararlılığa sahip olmasına rağmen diğer elementel demir çeşitleri içinde en iyi bileşik olarak gösterilmektedir. Elementel demir Kodeks tarafından da gıda zenginleştirmesinde kullanılmak üzere en iyi tercih olarak onaylanmıştır (SUSTAIN, 2000; Anon., 2003d).

#### **Duyusal özelliklere etkisi**

Elementel demir tozları fazla reaktif olmamaları nedeniyle hububat ürünleri ve onların zenginleştirilmesinde

rahatlıkla kullanılırlar. Renk, tat ve acılaşıma üzerinde minimum düzeyde olumsuz etki gösteren bileşiklerdir. İndirgenmiş demir ile zenginleştirilmiş buğday unu, yapılan duyusal panelde 7 haftalık depolama sonucunda hala kabul edilebilir bulunmuştur (SUSTAIN, 2000; Martinez-Navarrete ve ark., 2002).

### **Gıda maddesindeki diğer besin öğeleri ile etkileşimleri**

Askorbik asit demir emilimini arttırdığından askorbik asit demir sülfat oranı kütleli bazda 6:1 (Molar olarak 2:1) olduğunda oldukça yüksek demir emilimi sağlanmıştır. Askorbik asidin bu olumlu etkisi elementel demir kaynakları için henüz tam olarak anlaşılamamıştır (Anon., 2003d). Çocuklar üzerinde yapılan bir araştırmada, demir sülfat ile zenginleştirilmiş tam buğday unu kullanılarak yapılan ekmeklerden alınan demirin emiliminin %3.1'den, ekmeğe 50mg askorbik asit içeren bir içecek ile birlikte tüketildiğinde %7.5'e çıktığı saptanmıştır (Hurrel ve ark., 2002). NaEDTA vücutta demir emilimini arttıran bir diğer bileşik olup kullanım açısından askorbik aside göre daha az sorun teşkil etmektedir (IFT, 1998). Askorbik asidin sıcaklık ve neme dayanıksızlığı nedeniyle kullanıldığı ürünlerde özel ambalajlama gereksinimi doğmaktadır. Demirin yüksek konsantrasyonları çinko emilimini engelleyici etki yaratabildiğinden bunu önlemek amacıyla zenginleştirme işlemlerinde demir ve çinkonun 1:1 oranında katılması önerilmektedir (Salgueiro ve ark., 2002).

### **2.3. NaFeEDTA Biyoyararlılık**

NaFeEDTA şelatı fitik asidin demiri bağlamasını engellediğinden, fitik asit içeriği yüksek gıdaların zenginleştirilmesi için uygun bir demir kaynağıdır. NaFeEDTA ile zenginleştirilmiş tahıl ürünlerinde demir emilimi FeS<sub>04</sub> 'a göre 2-3 kat daha fazladır (Hurrel, 1999; SUSTAIN,

2001; Anon., 2003d).

Garcia-Casal ve ark. (2001), pH değişimlerinin demir sülfat, demir fumarat, Ferrochel ve NaFeEDTA'nın biyoyararlılıkları üzerine etkilerini incelemiş ve Ferrochel ile NaFeEDTA'nın çözünürlüklerinin pH 2-6 arasındaki değişimlerden etkilenmediğini göstermişlerdir. Buna göre bu iki kaynaktan alınan demir, mideden ince bağırsağa geçişteki şartlarda çözünür durumda olduğundan emilimi yüksektir. Buna ilaveten, NaFeEDTA, gıdadaki toplam hem olmayan demirin de emilimini artırma avantajına sahiptir (Mendoza ve ark., 2001).

### **Duyusal özelliklere etkisi**

NaFeEDTA gıdanın duyusal özelliklerini, suda çözünen demir bileşiklerine göre daha az etkilemektedir. İşlenmesi ve depolanması sırasında kararlı yapıdadır (Martinez-Navarrete, 2002), yağ oksidasyonunu tetiklemez, ancak istenmeyen renk değişikliklerine neden olabilmektedir (Hurrel, 1999).

### **Gıda maddesindeki diğer besin öğeleri ile etkileşimleri**

NaFeEDTA'nın vücut için önemli Zn, Cu, Mg ve Ca gibi diğer minerallerin emilim mekanizmalarını olumsuz yönde ve Mn, Pb, Cd veya Al gibi potansiyel toksik elementlerin vücutta emilimini arttırıcı yönde etkileyebileceği üzerine henüz kesinleşmemiş çalışmalar mevcuttur. Hurrel ve ark. (1994) yaptıkları çalışmada NaFeEDTA 'nin Ca veya Cu'm vücut tarafından emilmesi veya tutulmasına önemli bir etkisinin olmadığını göstermişlerdir. Hatta Cu ve Zn emilimi üzerinde bazı olumlu etkiler gözlenmiştir. Diğer bir çalışmada Davidsson ve ark. (1998) NaFeEDTA'nın sağlıklı bireylerde Mn emilimini etkilemediği sonucuna varmışlardır.

#### **2.4. Demir Bisglisinat Aminoasit Şelatı (Ferrochel) Biyoyararlılık**

Pineda (Anon., 2001 b) araştırmasında, Ferrochel'den alınan demirin biyoyararlılığı %90.0 iken FeS04 kaynaklı demirin biyoyararlılığının %26.7 olduğunu göstermiştir (40 anemik çocuğa FeS04 ve Ferrochel 5 mg/günlük dozlarda verilmiş). Diğer bir çalışmada fitatlar ve polifenoller de eklenerek zenginleştirilmiş kahvaltılık hububatlardan demir emilimleri karşılaştırılmıştır. Araştırmada bisglisinat kaynaklı demirin emilimi FeS04'e göre 2 kat daha fazla iken FeEDTA kaynaklı demirin emiliminden az miktarda düşük bulunmuştur. Demir bisglisinatın yapısal özellikleri demirin emilimini engelleyen inhibitör maddelerle etkileşimi engellemektedir (Lindsay, 2002).

#### **Duyusal özelliklere etkisi**

Demir bisglisinatın yüksek redoks potansiyeli dolayısıyla, tam mısır ununda olduğu gibi bazı durumlarda yağ oksidasyonunu arttırdığı gözlenmiştir. Eğitimli panelistlerle yapılan duyusal analizlerde, panelistler mısır ürünlerindeki duyusal farkları hissedebilirken eğitimsiz bir panelde panelistler (anne ve çocuklar) herhangi bir fark bulamamıştır (Lindsay, 2002). Ferrochel'in nispeten yüksek biyoyararlılığı daha düşük dozlarda kullanılabilmesini sağlarken bu miktarların unda renk ve diğer duyusal özellikler üstünde olumsuz etki yapmayacağı halen tartışılmaktadır.

#### **Gıda maddesindeki diğer besin öğeleri ile etkileşimleri**

Aminoasit şelatlarının diğer minerallerin emilimine etkileri üzerine araştırmalar halen devam etmektedir. Eğer aminoasit şelat yapısı ince bağırsaklarda bozulmuyor ve hücrelere bu şekilde giri-yorsa, çinko gibi diğer minerallerin emilimine etki-sinin çok az olabileceği düşünülmektedir (Lindsay 2002). Aminoasit şelatlarının

(ferrochel) vitaminlerle herhangi bir etkileşiminin olmadığı yapılan çalışmalarda desteklenmiştir. Bourdonnais (Anon., 2001 b), A vitamini ve Ferrochel arasında herhangi bir etkileşimin olmadığını kanıtlamıştır. Bununla birlikte, bu konuda daha fazla araştırmaya gerek duyulmaktadır.

Zenginleştirmede kullanılan demir kaynaklarının toksisiteleri de kendi aralarında değişiklik göstermektedir. Tüm zenginleştirme uygulamalarında eklenen dozlar toplumun hiçbir alt kesimini yüksek doza maruz bırakmayacak şekilde ayarlanmaktadır. Yinede kullanılan bileşiklerin toksisiteleri göz önüne alınmalıdır. Demirin fazla alımında en sık karşılaşılan yan etkilerden biri mide-bağırsak rahatsızlıklarıdır. Akut zehirlenme durumları ise daha çok çocuklarda kendini gösteren bir halk sağlığı problemi olup bu nedenle biyoyararlılığı yüksek, fakat toksik etkisi nispeten düşük demir formlarına ihtiyaç duyulmuştur. Ferrochel'in Jeppsen ve ark. (1999) tarafından yapılan akut, 14-günlük aralık belirleme ve 90 günlük subkronik toksisite çalışmaları sonucunda akut dozlarda FeS04 'e göre daha az toksik olduğu kanıtlanmıştır.

#### **3. SONUÇ**

Demir eksikliği; öğrenme güçlüğü, zeka geriliği, düşük çalışma kapasitesi, prematüre ölümler ve daha birçok sağlık sorununa yol açan önemli bir toplumsal problemdir. Demir eksikliğinin giderilmesinin doğal yolu demir içeriği yüksek gıdaların tüketilmesi olmakla birlikte bunun mümkün olmadığı durumlarda temel besin maddelerinin zenginleştirilmesi demir anemisinin kontrolünde en ekonomik ve etkin yöntemdir. Demir zenginleştirme-sinde genellikle inorganik demir bileşikleri kullanılmaktadır. Zenginleştirme uygulamalarında; zenginleştirilecek gıdada bulunan ve demirin emilimini ve biyoyararlılığını etkileyebilecek diğer bileşenler (inhibitörler ve aktivatörler),

bireylerin beslenme düzeyleri (toksik etki riskini önlemek amaçlı), gıdanın duysal özelliklerine etkisi ve programın maliyeti göz önüne alınmalıdır. Dünyada buğday ununun demir ile zenginleştirilmesinde en yaygın olarak kullanılan bileşikler demir sülfat ve elementel demir tozlarıdır. Bu bileşiklerin en büyük dezavantajları, sırasıyla, yağ oksidasyonunu tetiklemeleri ve düşük biyoyararlılıklarıdır. Bu bileşiklerin seçiminde maliyet de önemli bir tercih sebebi olmaktadır. Bunun yanında EDTA ve aminoasit şelatları nispeten yüksek biyoyararlılıkları ve duysal özellikler üzerindeki az etkileri nedeniyle giderek önem kazanmaktadır. Demir bisglisinat aminoasit şelatı olan Ferrochel, yapısal özellikleri nedeniyle hububat unlarında bulunan ve çeşitli minerallerin emiliminde inhibitör görevi gören fitik asidin demiri bağlamasını engelleyerek en yüksek biyoyararlılığı sağlamaktadır. Demire bağlı aneminin kontrolü ve önlenmesi ülkelerin ekonomik kalkınmalarını da etkileyecek önemli bir atılım olmaktadır.

#### 4. KAYNAKLAR

Açkurt, F., VVetherilt, H, Löker, M., Hacibekiroğlu, M. 1995. Biochemical assessment of nutritional status in pre- and post-natal Turkish women and outcome of pregnancy. *European Journal of Clinical Nutrition*, 49: 613-622.

Anonymous. 2001a. Breakthrough in anemia treatment. Albion Nutrition. Albion Laboratories, Inc., UT, ABD.

Anonymous 2001 b. Looking for that patented ingredient that is backed by research?. A Compilation of Vital Research Updates on Human Nutrition. Albion Research Notes 10(2).

Anonymous. 2003a. Technology Fact Sheet: iron fortification of foods. Albion Laboratories, Inc. (Albion Advanced Nutrition, CD)

Anonymous. 2003b. Fortification of

flour with iron in countries of the Eastern Mediterranean, Middle East and North Africa. <http://www.emro.who.int/NFS/Flour-Fortification-IronFlourFortification-Chapter5.htm>

Anonymous. 2003e. Flour Fortification initiative (FFI). [www.sph.emory.edu/wheatflour/Main.htm](http://www.sph.emory.edu/wheatflour/Main.htm)

Anonymous. 2003d. Technical brief on iron compounds for fortification of staple foods. INACG Technical Brief.

Anonymous. 2003e. Opportunities for micronutrient interventions (OMNI).

<http://www.univ-lille1.fr/pfeda/Ngonut/1997/9708b.htm>

Davidsson, L, Aimgren, A., Hurrell, R.F. 1998. Sodium iron EDTA [NaFe(III)EDTA] as a food fortificant does not influence absorption and urinary excretion of manganese in healthy adults. *J. Nutrition* 128:1139-1143.

DPT. 2001. Ulusal Gıda ve Beslenme Stratejisi Çalışma Grubu Raporu. DPT Müsteşarlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara.

FAO. 2001. Nutrition Country Profiles-TURKEY. FAO, Roma. (<ftp://ftp.fao.org/esn/nutrition/ncp/tur.pdf>)

Febles, C. I., Arias, A., Hardisson, A., Rodriguez-Alvarez, C., Sierra, A. 2002. Phytic acid level in wheat flours. *J. Cereal Science* 36:19-23.

Flynn, A., Moreiras, O., Stehle, P., Fletcher R.J., Müller, D.J.G., Rolland, V. 2003. Vitamins and minerals: A model for safe addition to foods. *European Journal of Nutrition* 42:118-130.

Garcia-Casal, M.N., Layrisse, M. 2001. The effect of change in pH on the solubility of iron bis-glycinate chelate and other iron compounds. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 51(1, Suppl. 1):35-36.

Hurrell, R.F., Ribas, S., Davidsson.

L. 1994. NaFeED-TA as a food fortificant: influence on zinc, calcium and copper metabolism in the rat. *British Journal of Nutrition* 71:85-93.

Hurrel, R., Bothwell, T., Cook, J.D., Dary, O., Davidsson, L., Fairweather-Tait, S., Hallberg, L., Lynch, S., Rosa-do, J., vvalter, T., vvhittaker, P. 2002. The usefulness of elemental iron for cereal flour fortification: A SUSTAIN Task Force Report. *Nutrition Reviews* 60(12): 391-406.

Hurrel, R. 1999. *The Mineral Fortification of Foods*. S.54-93. Istedition. Leatherhead Publishing, Londra.

IFT. 1998. Forum on iron Fortification. institute of Food Technologists (IFT) Annual Meeting, Atlanta, GA, ABD.

Jeppsen, R.B., Borzelleca, J. F. 1999. Safety evaluation of Ferrous Bisglycinate Chelate. *Food and Chemical Toxicology* 37:723-731.

Lindsay, H.A. 2002. Advantages and limitations of iron amino acid chelates as iron fortificants. *Nutrition Reviews* 60(7): 18-21.

Martinez-Navarrete, N., Camacho. M.M., Martinez-Lahuerta, J., Martinez-Monzo, J., Fito, P. 2002. iron deficiency and iron fortified foods - a review. *Food Research international* 35:225-231.

Mendoza, C., Viteri, F.E., Lönnerdal, Bo, Raboy, V., Young, K.A., Brown, K.H. 2001. Absorption of iron from unmodified maize and genetically altered low-phytate maize

fortified with ferrous sulfate or sodium iron EDTA. *American Journal of Clinical Nutrition* 73:80-85.

Salgueiro, M.J., Zubillaga, M., Lysionek, A., Caro, R., Weill, R., Boccio, J. 2002. Fortification strategies to combat zinc and iron deficiency. *Nutrition Reviews* 60(2): 52-58.

SUSTAIN. 2000. Monterrey workshop Summary. Evaluating the Usefulness of Elemental iron Powders. <http://www.sustaintech.org>

SUSTAIN. 2001. Guidelines for iron Fortification of Cereal Food Staples. <http://www.sustaintech.org>

Wetherilt, H., Açkurt, F., Brubacher, G., Okan, B., Aktas, S., Turdu, S. 1992. Blood vitamin and mineral levels in 7 - 17 years old Turkish children. *international Journal of Vitamin Nutrition Research* 62:21-29.

**(Gıda Dergisi Şubat. 2004. Sayı: 2004-02 Dünya Yayıncılık)**