

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNİN DEMİR İÇERİĞİ YÖNÜNDEN ZENGİNLEŞTİRİLMESİ*

IRON FORTIFICATION IN MILK AND MILK PRODUCTS

Zekai TARAKÇI¹, Erdoğan KÜÇÜKÖNER²

¹KTÜ, Ordu Ziraat Fakültesi, Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Ordu

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

ÖZET: Demir gelişmiş veya gelişmekte olan tüm ülkelerde eksikliği en sık görülen mikro besin elementlerinden biridir. Birçok besin elementi eksikliği anemiye sebep olmakta ise de, bunlardan en önemlisi demirdir. Yani, anemi % 90 oranında demir eksikliği sonucu ortaya çıkmaktadır. Süt ve süt ürünleri demir içeriği bakımından oldukça yetersizdir. Yapılan çalışmalar sonucunda süt ve süt ürünleri yetişkinlerin demir ihtiyacının sadece % 3'ü karşıladığı belirlenmiştir. Vücudun demir ihtiyacını karşılamak amacıyla süt ve süt ürünlerine farklı yapılarıdaki demir bileşikleri katılarak zenginleştirmelerin yapılabildiği ortaya konulmuştur. Bu derlemede süt ve süt ürünlerinin demir içeriği zenginleştirilmesi tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Süt ve süt ürünleri, demir zenginleştirilmesi.

ABSTRACT: The iron deficiency is the most common deficiency of micro nutrient elements in developed or undeveloped countries. Although many nutrient elements deficiency can cause anemia, iron deficiency is the most common among these. 90% of the anemia is occurring from iron deficiency. The dairy products are poor regarding to source of iron. Some research results showed that milk and milk products could only provide 3% of daily iron intake of for adults. In order to supply of iron deficiency in human, milk and milk products can fortification by iron supplement in different form. In this article, iron fortification in milk and milk products was discussed.

Keywords: Milk and milk products, iron fortification.

GİRİŞ

Dünyada yaşayan insanların yaklaşık olarak %40'ı demir eksikliği ile karşı karşıyadır. Bunlardan özellikle kadınlar ve çocuklar bu soruna daha fazla maruz kalmaktadırlar. Demir eksikliği sonucu kansızlık yani anemi rahatsızlığı ortaya çıkmaktadır (Can, Özçelik ve Karaali 2003).

Demir yapısal önemi olan bir mineraldir ve oksijen taşıyan kandaki hemoglobin ile oksijen depolayan kastaki miyoglobinin yapısında bulunur. Aynı zamanda sitokromların ve birçok enzimin yapısında yer alır. Yetişkinlerde vücutta kg başına 50 mg kadar demir bulunur. Bunun 35 mg'ı hemoglobin ve miyoglobinde, 8 mg'ı karaciğerde ve 7 mg'ı da vücut sıvısındadır. Normal bir insanın günde 10 mg kadar demire ihtiyacı vardır. Bu ihtiyaç büyüme ve kan kaybına göre değişir (Oysun 1987, Özkaya, Şahin ve Türker 1991, Demirci 2002). Bazı minerallerde olduğu gibi demirin de gıdada analiz sonucu saptanan miktarı ile biyolojik olarak elverişli olan miktarı birbirinden farklıdır. Yani özellikle bitkisel gıdalarda demir miktarı fazla olsa bile bunlar demir fitat veya demir fosfat halinde olduklarından biyolojik yararlılığı düşüktür. Demirin eksikliğinde anemi meydana gelir ki dünya nüfusunun önemli bir kısmında özellikle kadınlar ve gelişme çağındaki çocuklarda bu rahatsızlık çok görülmektedir. Demir eksikliğini gidermede un, ekmek ve diğer tahıl ürünlerinin demir yönünden zenginleştirilmesinde pratik olarak yararlanılmaktadır (Can vd 2003). Bu düzensizliği gidermede aynı zamanda

* Türkiye 8. Gıda kongresinde sunulmuştur.

¹ E-posta: zetarakci@yahoo.com

süt ve süt ürünlerinin demir içeriği bakımından zenginleştirilmesi düşünülmüştür. Bu konuda bir çok araştırma yapılmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Süt demir içeriği (0.2 mg/kg) bakımından oldukça fakirdir. Sütün demir miktarı süt hayvanından süt hayvanına ve laktasyon devresine bağlı olarak değişiklik göstermektedir, fakat süt hayvanının beslemesi ile değişmez. Sütteki demirin % 14'ü yağa bağlı olarak yağ globullerinin membranı içinde yer almıştır. Sütte demirin yaklaşık % 24'ü kazeine bağlanırken, % 29'u serum proteinlerine ve % 32'si de düşük molekül ağırlıklı diğer süt bileşikleriyle kompleks halde bulunur. Yağsız sütte ise demirin % 50-65'i kazeine, % 18-33'ü serum proteinlerine ve % 15-33'ü protein olmayan fraksiyonlara bağlı olarak yer alır. Bu fraksiyonlar sitrik asit, orotik asit ve inorganik fosfat bileşikleridir. Serum proteinleri arasında laktoferrin iki Fe^{3+} ile bağlıdır. Laktoferrin sütte düşük miktarlarda (0.01-0.1 mg/ml) bulunur (Gaucheron 2000).

Süt ve süt ürünlerinin demir bakımından zenginleştirilmesinde kullanılan demir bileşikler üç grupta halinde Çizelge 1'de verilmiştir. İlk grupta en fazla kullanılan demir tuzları yer almaktadır. Bu tuzlar iki oksidasyon formuna sahip olan (Fe^{2+} ve Fe^{3+} formunda) suda ve sütte tamamen çözünür özellik gösteren bileşiklerdir. Bunun yanında bu bileşikler sütteki bileşiklerle serbest bir şekilde interaksiyon kurarak sütün duysal yapısını değiştirirler. Süt ve süt ürünlerinin zenginleştirilmesinde ikinci grupta yer alan elemental haldeki demirdir, yani FeO bileşiğidir. Bu bileşik değişik partikül büyüklüğünde toz formdadır. Suda az yada hiç çözünmez, kimyasal olarak inert özellik gösterir. Bunlar katı dehidre edilmiş (kurutulmuş) gıdalarda kullanım dezavantajına sahiptir, çünkü onlar nötral sıvılarda çözünmeyip çökerler. Bu durumda serbest demir gıda bileşenleriyle tepkimeye girip, vitaminleri ve amino asitleri okside ederek gıdanın besin değerini azaltıp, duysal özelliğinde de değişiklik meydana getirir. Üçüncü grup, protein ve posfopeptidlerle kompleks oluşturan demir bileşikleridir. Bu bileşiklere bağlı demir genellikle sütün bileşikleriyle reaksiyona girmez ve değişikliğe uğramazlar (Öztürk, Bakır ve Koca 2000, Gaucheron 2000).

Çizelge 1. Süt ve süt ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanılan demir bileşikleri

	Demir tuzları	Elemental demir	Demir bağlayan proteinler
Ferrous tuzları	Ferik tuzları		
Sülfat	Sülfat, Klorid, Sitrat,	Karbonil	Laktoferrin
Klorid	EDTA, Ortofosfat,	demir	Demir-serum proteinleri
Gluconat	Profosfat, Nitriloasetat,	Elektrolitik	Demir-Kazeinate
Amonyum sülfat	Amonyun sitrat,	demir	Demir-protein uksinilat,
Fumarat	Amonyun sülfat,		Demir-fosfopeptid
Karbonat	Kolin sitrat, Glisinate,		
Laktat	Glisero fosfat, Früktoz,		
Sakkarat	Sitrat fosfat, Laktobionate		
	Gulukonat, Polifosfat.		

Süt ve süt ürünlerinin demir zenginleştirmesinin kontrollü bir şekilde yapılabilmesi için sırası ile şu uygulamaların tanımlanması gereklidir (Öztürk vd 2000, Can vd 2003).

- Nüfusun beslenmesinde demir alım seviyesinin belirlenmesi
- Günlük olarak besinlerle alınan demir miktarının belirlenmesi
- Uygun demir bileşiğinin seçilmesi
- Zenginleştirilen süt veya süt ürününün tercih edilebilirliğinin araştırılması
- Zenginleştirilen gıdanın biyoyararlılığının belirlenmesi
- Uygun süt ve ürünlerinin seçilmesi
- Seçilen süt ürününün kabul edilebilirliğinin yüksek olması
- Gıda tüketim programı uygulandıktan sonra demir emiliminin ölçülmesi
- Tüketici bilinçlendirilme çalışmalarının yapılması

Yukarıda sayılan program basmakları izlenerek demir içeriği zenginleştirilen gıdanın demir eksikliği rahatsızlığını gidermede kullanımının başarılı olma olasılığı yüksektir.

Süt ve süt ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanılan demir bileşiklerinin özellikleri ve ürünlere vermesi gerekli kriterler şöyle olmalı. Demir bileşiğinin biyoyararlılığı yüksek, ürünün lezzet ve renk maddeleriyle reaksiyona girmeyen, oksidatif bozulmaya neden olmayan, gıdanın duyuşal özelliklerini etkilemeyen, enkapsulasyon işlemine uygunluk gösteren, katı ve sıvı gıdalarda kullanılabilen, kabul edilebilir renk, çözünürlük ve partikül büyüklüğüne sahip olan, ekonomik olan, teknolojik olarak ürün işleme sırasında zarar görmeyen özelliklere sahip olmalıdır (Öztürk vd 2000, Gaucheron 2000)

İz elementlerin organizmalar üzerine olumlu ve olumsuz etkileri olabilir. İz elementlerden eksikliği sık görülen demirin karşılanması için zorunluluk vardır. İnsan vücudunda gıdalarla alınan demirin çok büyük bir kısmını ince bağırsakta emilime uğrar. Gıdalardan demir emilimi farklı farklıdır. Tahıllarda, baklagillerde ve sebzelerde demir emilim oranı % 10 kadardır. Et ve et ürünlerinde % 30 civarındadır. Bu oran soya fasulyesinde % 20 ve balık ve balık ürünlerinde % 15 civarındadır. Bazı gıdalarda demir emilimini engelleyen bileşikler mevcuttur. Sütte ise demir emilimini histidin ve lizin amino asidi ile arttığı belirlenmiştir. Süt içerdiği demirin tümünde yararlanabilmemiz yönünde önem taşımaktadır. Yine demir emilimi ortamın pH'sı ile önemli ölçüde etkilenmektedir. Sütte bulunan laktozun bağırsakta asit ortam meydana getirmesi emilimi teşvik edici rolünü kazandırmaktadır (Oysun 1987).

Demir Katılan Sütteki Demirin Dağılımı

Yağsız süte $FeCl_2$, $FeCl_3$ veya ferripolifosfat formunda ilave edildiği zaman yaklaşık olarak demir % 80-90 oranında kolloidal fazda bulunur. Demirin oksidatif durumu süt fraksiyonlarında dağılımında önemli bir rol oynamaz. Bununla birlikte, demirin dağılımı ilave edilen demirin tabiatına bağlıdır. İlave edilen demir klorid, sülfat ve nitroasetat bileşikler şeklinde ise kazein modifikasyonlarına yol açar. Diğer taraftan, demire kuvvetli bir şekilde bağlı olan şelatlar veya proteinler (EDTA, kazeinle, serum proteinleri) koloidal fazı modifiye etmez, çünkü değişebilir nitelikte değildir (Gaucheron 2000).

Demirle zenginleştirilecek gıdanın yapısı kadar diyetle aynı anda alınan diğer maddeler de demir biyoyararlılığı üzerine etkilidir. Örneğin; amino asitler, C vitamini ve EDTA hem-olmayan demirin absorpsiyonunu artırırken; çay tanenleri, sebze ve kepekli tahılların fitatları, oksalatlar ve kalsiyum hem-olmayan demirin biyoyararlılığı üzerine olumsuz etki göstermektedir (Öztürk vd 2000).

Demir Katılan Sütte Biofizikokimyasal Modifikasyonlar

Demir lipidlerin okside olmasında katalizör rolü oynayarak ransiditenin artmasına neden olur ve sonuçta istenmeyen tat ve aroma ortaya çıkar. En büyük oksidasyonu ferrous tuzları üretir, en az oksidasyonu ise ferik şelatlar üretir. Ferik fosfat, ferik pirofosfat veya ferik amonyum fosfat pastörizasyonu takiben süte ilave edildiğinde sadece hafif bir şekilde tat ve aroma değişikliği ortaya çıkmaktadır. Tam yağlı süt ve çikolata süt ferik polifosfat-serum protein kompleksi ile zenginleştirildiğinde iyi bir tat ve aroma özellikleri göstermektedir. Demir katkılı sütün homojenizasyonu, ticari içme sütlerinde oksidatif tat ve aromanın kontrolü için etkili bir uygulamadır. Çünkü homojenizasyon ile birlikte demir ilavesi yapıldığında hiçbir istenmeyen tat ve aroma gelişimi gözlenmez. Demir ile zenginleştirilen tam yağlı sütün duyuşal özelliklerinin gelişimi 79°C'nin altında pastörize edildiği zaman ferik demir bileşikler ransid tada sebep olur. İstenmeyen bu tat 81°C'de pastörizasyon ile basit bir şekilde tamamen uzaklaştırılabilir. Ferros bileşikler normalde pastörizasyondan önce tam yağlı çiğ süte ilave edildiğinde okside olmuş tadın ortaya çıkmasına sebep olurlar (Gaucheron 2000).

Sodyum klorür ilavesi demir için sodyum kazeinat ve β -CN bağlama kapasitesi üzerine hiçbir etkisi yoktur. Demir ilavesinin asidifikasyonu boyunca β -CN, kazeine ve 7-4 pH aralığındaki süt asla çözülmez. Demir zenginleştirilmesini sütteki askorbik asit içeriği etkilemez. Isı uygulaması ile demirin kazeine bağlılığı etkilenmez, fakat maillard reaksiyonları ile sütte kahve rengi bileşikler oluşur ve besin kaybı meydana gelir.

$FeCl_2$ sütle arttığı zaman pıhtılaşma süresi artar, pıhtının oluşumu gecikir ve pıhtı gevşek olur (Gaucheron, Gract, Raulot ve Piot 1997).

Sütün Demir İçeriği Bakımından Zenginleştirilmesi

Pizarro, Uicich, Oliveres, Almeida, Diaz, Carmuega, O'donnell ve Valencia (1998), yaptıkları bir çalışmada, 6 ve 15 mg/litre ferrik glisinate ilaveli sütleri anemi hastalarına vererek demir emilimini araştırmışlardır. 6 mg/litre ferrik glisinate ilaveli sütlerde demir emilimi %13.1 olurken 15 mg/litre'de % 9.6 olarak belirlenmiştir. Aynı araştırmada referans olarak ferrous askorbatın dozunun demir biyoyararlılığı iki grup üzerinde denemeler ve uygulamada birbirine çok yakın (% 16.5 ve % 16.4) sonuçlar tespit etmişlerdir.

Uicich, Fernando, Almeida, Diaz, Boccio, Zubillaga, Carmuega ve O'donnell (1999), ferrous sülfat ilave ederek 15 mg/litre demir zenginleştirilmesi yaptıkları inek sütünün biyoyararlılığı ve absorpsiyon oranını araştırmışlar. Normal demir seviyesine sahip 15 kişi üzerinde denenen çalışmada demir absorpsiyonu % 9.2 olarak tespit edilmiştir. Araştırmacılar demir sülfat'ın fosfolipidler ile mikroenkapsule edilmiş demir sülfat sütün raf ömrünü ve duyuşal özelliklerini etkilemeksizin demir bakımından zenginleştirilmesi için iyi bir absorpsiyona sahip olduğunu ve demir zenginleştirilmesinde etkili bir alternatif olarak tavsiye etmektedirler.

Zavaletal, Nombera, Rojas, Hambraeos, Gislason, Lönnerdal (1995), fosfolipidlerle mikro enkapsule edilen demir sülfat (SFE-171) ile zenginleştirilen sütler farelere verilmiş demir absorpsiyonu araştırmıştır. İlk denemede demir absorpsiyonu % 28.3, ikinci denemede % 24.1 olarak belirlenmiştir. Bir nevi bu çalışmanın devamı sayılan başka bir araştırma da Lysionek, Zubillaga, Salgueiro, Pineiro, Caro, Weill ve Boccio (2002) tarafında demir içeriği zenginleştirilen sütlerden üretilen süt tozlarındaki mikro enkapsule demir sülfatın biyoyararlılığı fareler üzerinde denenerek belirlenmiştir. Araştırmada demir içeriği yönünden zenginleştirme SFE-171 jenerik adı ile bilinen demir sülfat kullanılarak zenginleştirilen süttten üretilebileceği gösterilmiştir. Araştırmacılar, farelerde yapılan denemelerinde demir sülfatın biyoyararlılığı üretim yöntemi ile değişmediğini ortaya koymuşlardır.

Hemminki, Nemet, Horvath, Malin, Schuler ve Hollan (1995), doğumdan sonra 6 ay süreyle bebekler zenginleştirilmeyen ve demir zenginleştirilmesi yapılan mamalarla beslemişlerdir. İki grup mama uygulamasında demir gereksinimini karşılamada klinikal anlamda yarar sayılabacak bir gelişme açık bir şekilde görülmemiştir. Araştırmada bebeklerin mamalarının ilk 6 ay boyu demir bakımından zenginleştirilmesine gerek olmadığı belirlenmiştir.

Bir araştırmada, anemili annelere verilen demir bileşiklerli katkılı süt ürünleri, annelerin sütündeki laktoferin ve demir seviyelerinin önemli derecede etkilenmediği tespit edilmiştir (Zavaletal, Nombera, Rojas, Hambraeos, Gislason ve Lönnerdal 1995).

Leclere, Aragon ve Meli (2002), demir bakımından zenginleştirilen sütlerde askorbik asit ve demir bileşiklerinin varlığında ısının etkisi ile maillard reaksiyonu sonucu amino asitlerden lisinde kaybın olması ve triptofanda oksidasyon meydana geldiği belirlenmiştir. Kaliteyi iyileştirmek için daha düşük bir ısı muamelesi ile çocuk mamalarının besleyici değerleri artırılabilceği tavsiye edilmektedir.

Gaucheron vd (1997), $FeCl_2$ ve $FeCl_3$ ile zenginleştirilen yağsız sütün fizikokimyasal özellikleri ile teknolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışma yapılmıştır. Araştırmada, süte ilave edilen demir konsantrasyonu 0-15 mM arasında belirlenmiştir. Kullanılan her iki demir tuzları başlıca kazein misellerine bağlandığı belirlerken, mineral dağılımı ve kazein miselleri hidrasyonu demirin başlangıç oksidasyon fonksiyonu olarak farklı bir şekilde değiştiği belirlenmiştir. Yağsız süte $FeCl_2$ ve $FeCl_3$ ile demir zenginleştirilmesi yapıldıktan sonra enzimle pıhtılaştırılma uygulanmıştır. Bu uygulamada sütün pıhtılaşma zamanı ve pıhtı sertliği fazlaca değiştiği belirlenmiştir.

Miglioranza, Matsuo, Caballero-Cordoba, Dichi, Cyrino, Oliveria, Martins, Polezer ve Dichi (2003), peyniraltı suyundan üretilen bir içeceğe demir bisglisinate ilavesiyle zenginleştirme yapılmıştır. Anemili hastaları tedavi etmek için, bu içecek toplam 467 kişiye (249 erkek çocuk ve 218 kız çocuk) bir yıl boyu içirilmiştir. Araştırmanın başlangıcında anemi oranı % 41.9 iken bir yıl sonra bu oranı %9.6'ya düşüğü gözlemlenmiştir.

Peynirlerde Yapılmış Demir Zenginleştirilmesi

Bir denemede, Cheddar peyniri demir yönünden zenginleştirilmiş sütten üretilmiştir. Peynir sütüne farklı demir bileşikleri değişik seviyelerde katılmıştır. Peynirlerde demirin geri kazanımı $FeCl_3$ için % 81, ferik sitrat için % 52-53, Fe-kazein kompleksi için % 55-75, ferri polifosfat-serum protein kompleksi için % 70-75 olarak belirlenmiştir (Zhang ve Mahoney 1991). Bununla birlikte araştırmacılar, ferri polifosfat-serum protein kompleksi, ferik kazein kompleksi ve ferrik klorid ile 40-50 mg/kg seviyesinde zenginleştirmede Cheddar peynirinin kalitesini etkilemeksizin demir zenginleştirilmesinin mümkün olacağı belirlenmiştir.

Rice ve McMahon (1998), $FeCl_3$, kazein ve serum protein şelatları ile demir içeriği zenginleştirilen sütten Mozzarella peyniri üretmişlerdir. Peynirde demir içeriği 25 ve 50 mg/kg olacak şekilde süte demir ilavesi yapılmıştır. 25 mg/kg demir içeren peynirlerde fiziksel özelliklerin hiçbirinde istenmeyen bir etki olmadığı belirlenmiştir. 50 mg/kg demir içerikli peynirlerde kontrol (demir ilavesiz) peynire göre, görülebilir daha hafif bir viskoz yapı ortaya çıktığını belirlemişlerdir. Demirin kazein ve serum protein şelatları kullanılarak yapılan peynirler, duysal özellikleri açısından $FeCl_3$ bileşiği kullanılarak yapılan peynirlere göre istatistiksel bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Kimyasal içerik bakımından demir ilaveli peynirlerin kontrol peynire göre farklılık göstermediği belirlenmiştir. Demir ile zenginleştirme peynirlerde hafif bir şekilde okside olmuş metalik tat ve aromanın oluştuğu tespit edilmiştir.

Tam yağlı ve yağsız olarak üretilen yoğurtların kg'ına 10, 20 ve 40 mg/kg demir içerecek şekilde zenginleştirme yapılmıştır (Hekmat ve McMahon 1997). Yağsız süte demir ilavesinden bir gün sonra *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* sayıları 7.0×10^8 cfu/ml bulunmuş ve bu sayı demir ilave edilmeyen kontrol grubu yoğurttan farkı olmadığı belirlenmiştir. 30 gün depolamadan sonra *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* sayıları 2.5×10^8 ve 1.9×10^8 değerlerine azalma gösterdiği belirlenmiştir. Kimyasal oksidasyonda hiçbir değişim gözlemlenmemiştir. Tüm yoğurtlar eğitilmiş panelistler tarafından yapılan değerlendirme sonucunda okside olmuş, metalik tat, tereyağı tadı ve diğer kötü tat ve aroma gibi istenmeyen durumlar çok hafif bir şekilde hissedilmiştir. Okside olmuş tat ve aroma demir ilaveli yoğurtlarda kontrol yoğurtlara göre hafif yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yoğurtlarda okside olmuş, metalik tat, tereyağı tadı ve diğer istenmeyen tat ve aromada ciddi bir artma gözlemlenmemiştir.

SONUÇ

Sonuç olarak, birçok peynir çeşidi, yoğurt, içme sütü ve peyniraltı suyu içeceği demir içeriği bakımından zenginleştirildikten sonra tüketime sunulmuştur. Süte ilave edilen demir bileşikleri ilk uygulamalarda lipitleri okside ederek tat ve aroma bozukluğuna, pH'ı düşürerek asitliğin yükselmesine, sütün kazein, laktoalbumin, laktoglobulin proteinleri ile tuz dengesinde modifikasyonlar meydana getirmiştir. Demir zenginleştirme sorunları demir kazein ve peyniraltı suyu protein kompleksleri, demir klorür gibi bileşikler halinde kullanılarak büyük ölçüde aşılmış veya çok aza indirilmiştir.

Gıda zenginleştirmeleri için ideal ürün, yüksek biyoyararlılığı olan supplementler, gıdanın oksidasyonu sonucunda besin değerinde kayıp yapmaması, gıdanın duysal özelliklerini değiştirmeyen özellikte olması, gıda işlemede değişikliğe uğramaması ve katı ve sıvı gıdanın zenginleştirilmesinde kullanılabilir olması, tüm insanlar alabilsin diye düşük fiyatta demir bileşikleri kullanılması, en uygun olanıdır. Şimdiye kadar tüm bu özelliklere sahip olan bir ürün bilinmiyor. Gerçekten demir zenginleştirilmesi süt ve süt ürünlerinin karakterleri üzerine önemli etkiye sahiptirler. İlave edilen demirin yapısına bağlı olarak demir modifikasyonları sütün lipitleri, kazeinleri, peyniraltı suyu proteinleri ve mineralleri üzerine direkt veya indirekt olarak bazı etkileri görülmektedir. Bu modifikasyonlarla ilgili bilgiler son zamanlarda geliştirilmesine rağmen hala tamamlanmış değildir. Süt ve süt ürünlerinin farklı bileşikleri üzerine demir zenginleştirilmesi ile meydana gelen değişiklikleri anlamak için daha fazla çalışmaya gerek vardır. Bununla birlikte, demirin farklı formları insan sağlığı üzerine gerçek bir etkiye sahip olup olmadığının bilinmesi için daha ileri besinsel çalışmaların yapılması zorunludur.

KAYNAKLAR

- Can A, Özçelik B ve Karaali A. 2003. Demir eksikliğine bağlı hastalıklara yönelik zenginleştirilmiş gıdalar. *Gıda tek*, 7: 44-48.
- Demirci M. 2002. *Beslenme*. Rebel yayıncılık, 287s. İstanbul.
- Gaucheron F, Gract YL, Raulot K and Piot M. 1997. physicochemical characterization of iron-supplemented skim milk. *Int Dairy J*, 7: 141-148.
- Gaucheron F. 2000. Iron fortification in dairy industry. *Trends in Food Sci Tech*. 11: 403-409.
- Hekmat S and McMahon DJ. 1997. Manufacture and quality of iron-fortified yoghurt. *J Dairy Sci*, 81: 3114-3122.
- Hemminki E, Nemet K, Horvath M, Malin M, Schuler D and Hollan S. 1995. Impact of iron fortification of milk formulas on infant's growth and health. *Nutr Rev*, 15: 491-503.
- Leclere J, Aragon IB and Meli M. 2002. Fortification of milk with iron-ascorbate promotes lysine glycation and tryptophan oxidation. *Food Chem*, 76: 491-499.
- Lysionek AE, Zubillaga MB, Salgueiro MJ, Pineiro A, Caro RC, Weill R and Boccio JR. 2002. Bioavailability of microencapsulated ferrous sulfate in powdered milk produced from fortified fluid milk: A proppylactic study in rates. *Nutrition*, 18: 279-281.
- Miglioranza LHS, Matsuo T, Caballero-Cordoba GM, Dichi JB, Cyrino ES, Oliveria IBN, Martins MS, Polezer NM and Dichi I. 2003. Effect of long-term fortification of whey drink with ferrous bisglycinate on anemia prevalence in children and adolescents from deprived areas in Londrina, Parana, Brazil. *App Nutr Inve*, 19: 419-421.
- Özkaya H, Şahin E ve Türker İ. 1991. *Gıda Bilimi ve Teknolojisi*. A. Ü. Ziraat Fak. Baskı ofset ünitesi, 505s. Ankara.
- Öztürk GF, Balkır P ve Koca N. 2000. Süt ve ürünlerinin demir ve kalsiyum ile zenginleştirilmesi ve yaşanan sorunlar. Süt ve mikrobiyolojisi ve katkı maddeleri. 21-22 Mayıs 2000. VI. Süt ve süt ürünleri sempozyumu, Tebliğler kitabı, s. 235-246. Tekirdağ
- Oysun G. 1987. *Süt Kimyası ve Biyokimyası*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 18, 194s. Samsun.
- Pizarro FR, Uicich M, Oliveres C, Almeida ML, Diaz E, Carmuega A, O'donnell E and Valencia A. 1998. Iron absorption of ferric glycinate is controlled by iron stores. *Nutr Res*, 18: 3-9.
- Rice WH and McMahon DJ. 1998. Chemical, physical, and sensory characteristics of Mozzarella cheese fortified using protein-chelated. *J Dairy Sci*, 81: 318-326.
- Uicich R, Fernando P, Almeida C, Diaz M, Boccio J, Zubillaga M, Carmuega E and O'donnell A. 1999. Bioavailability of micro encapsulated ferrous sulfate in fluid cow's milk. *Studies in human beings*. *Nutr Res*, 19: 893-897.
- Zavaletal N, Nombera J, Rojas R, Hambraeos L, Gislason J and Lönnerdal B. 1995. Iron and lactoferrin in milk of anemic mothers given iron supplement. *Nutr Res*, 15: 681-690.
- Zhang D and Mahoney AW. 1991. Iron fortification of process cheddar cheese. *Int Dairy Sci*, 74: 353-358.
- Zubillaga MB, Caro RA, Boccio JR, Gotelli CA, Gotelli MJ and Weill R. 1996. New procedure to fortify fluid milk with iron: Metabolic and biochemical study in rats. *Nutr Res*, 16: 131-137.