

DEMİR EKSİKLİĞİ ve SÜT ÜRÜNLERİNİN DEMİRCE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

IRON DEFICIENCY and IRON FORTIFIED DAIRY PRODUCTS

Gülfem ÜNAL*, A. Sibel AKALIN

Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Süt Teknolojisi Bölümü, 35100 Bornova, İzmir

ÖZET: İnsan ve hayvan beslenmesinde esansiyel bir element olan demir; oksijenin kırmızı kan hücreleri tarafından taşınımı, depolanması ve kullanımı ile redoks prosesleri gibi birçok biyolojik fonksiyonda görev alır. Demir eksikliği dünyada en sık görülen besin öğesi eksikliği olup dünya popülasyonunun %20'sini etkilemektedir.

Demir eksikliği genellikle demirin diyetetik olarak yetersiz alımı, tüketilen gıdadaki demirden yeterince yararlanılamaması veya her ikisinin birlikte görülmesi gibi durumlarda ortaya çıkar. Hastalığın ileriki dönemlerinde demir eksikliği anemiye sebep olur ki bu durum; küçük çocukların gelişmelerinin olumsuz yönde etkilenmesine, hamile bayanların ise prematüre bebek dünyaya getirmelerine ve anne ölümlerine sebep olabilir.

Birçok besin öğesi bakımından zengin olan süt ve ürünleri demir bakımından nispeten fakirdir. Vücuttaki tüm demirin diyetten sağlandığı düşünüldüğünde süt ve ürünlerinin demirce zenginleştirilmesi popülasyonun demir alımının artırılmasında etkin bir çözüm olarak düşünülebilmektedir. Süt ve ürünlerinin demirce zenginleştirilmesi bazı biyofizikokimyasal modifikasyonlara sebep olduğundan, zenginleştirme prosesini mümkün olduğunca süt ve ürünlerinin içerdiği besin öğelerine minimum düzeyde etki edecek şekilde gerçekleştirmek gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Demir, demir eksikliği, zenginleştirme, süt ürünleri

ABSTRACT: Iron which is an essential element in animal and human nutrition, is involved in various biological functions like the transportation, storage and utilization of oxygen by the red cells of the blood and redox processes. Iron deficiency is considered to be the commonest worldwide nutritional deficiency and affects approximately 20% of the world population.

Iron deficiency is usually the result of insufficient dietary intake of iron, poor utilization of iron from ingested food, or a combination of the two. In its advanced stages, iron deficiency leads to anemia, and this is associated in young children with retarded cognitive development, and in pregnant women with an increased risk of premature childbirth and maternal death.

Milk and dairy products are rich in many nutrients whereas poor in iron. As iron in the body is taken by the diet, iron fortification of milk and dairy products can be an effective solution for increasing iron intake of the population. As iron fortification of milk and dairy products induces several biophysicochemical modifications, fortification process should affect nutrients of dairy products at minimum level.

Keywords: iron, iron deficiency, fortification, dairy products

GİRİŞ

Demir, insan ve hayvan beslenmesinde esansiyel bir elementtir (Gaucheron 2000). Sağlıklı yetişkin bir erkek vücudu ortalama 3.8 g demir içerirken kadınlarda bu miktar 2.3 g'dır. Bu demirin yaklaşık %70'i fonksiyonel demir iken kalan %30'luk kısmı demir rezervini oluşturur.

Fonksiyonel demir, kanın kırmızı hücreleri tarafından oksijenin taşınımı ve kaslarda depolanması gibi çeşitli biyolojik fonksiyonlarda görev alır. Bunun yanında birçok metabolik (bazı nöromediatörlerin sentezi) ve enerji ile ilgili (mitokondriyal enzimler) yollarda rol oynar. Aynı zamanda DNA replikasyonunda gerekli olan enzimler de dahil olmak üzere enzimlerin fonksiyon göstermesi için hem gruba (hemoglobin, miyoglobin, sitokromlar) gereksinim duyar ve katekolaminlerin metabolizmasında (adrenalin, dopamin, noradrenalin) görev alır.

Rezerv durumundaki demir ise fonksiyonel demir kayıplarını karşılamak üzere harekete geçirilir. Karaciğerde, kırmızı kemik iliğinde ve dalakta temel olarak hızlı yarıyışlılık gösteren hareketli rezervler (ferritin) şeklinde depolanırken aynı zamanda eksikliği (hemosiderin) durumunda demiri oldukça yavaş bir şekilde serbest bırakan rezervlere de bağlı durumda olabilmektedir. Vücuttaki tüm demir diyetten elde edilir. Yetişkin bir insanın demir metabolizması şekilde görülmektedir.

Demir Eksikliği

Demir eksikliği dünyada en sık görülen besin öğesi eksikliği olup dünya popülasyonunun %20'sini etkilemektedir. Özellikle kadınlar ve küçük çocuklar risk altındadır (Martinez-Navarrete, Camacho, Martinez-Lahuerta, Martinez-Manza and Fito 2000). Yaş ve bireye göre tavsiye edilen demir ihtiyaçları Çizelge 1 'de verilmiştir.

Demir eksikliği, vücuttaki toplam demir miktarında bir azalma olduğunda meydana gelir. Eksiklik demir gereksiniminin ve kaybının arttığı durumlarda gelişir ve üç safhadan geçer: Rezervlerin bitmesi, kemik iliğine az miktarda demir sağlanması ve daha sonra kırmızı kan hücrelerinin sentezinin eksikliği (Anonymous 2002).

Diyet, demiri hem demir (bir hem gruba bağlı olarak) ve hem-olmayan demir (iki değerli veya üç değerli demir) olmak üzere iki formda sağlar. Hem demir et, balık ve tavukta bulunur. Hem-olmayan demir ise diğer bazı gıdalarda bulunur.

Demirin biyoyararlılığı (alınan demirin vücut tarafından emilen oranı) hem demir için %15-35 arasında iken hem-olmayan demir için sadece %2-20 arasında değişmektedir. Biyoyararlılık vücuttaki demir durumuna ve hem-olmayan demir için diyetin kompozisyonuna bağlıdır.

Bazı diyetetik bileşikler sindirim bölgesindeki hem-olmayan demirin biyoyararlılığını onun çözünürlüğünü artırarak veya azaltarak etkilerler. Örneğin çayda bulunan taninler demir emilimini inhibe ederler. Aynı durum tahıllarda, pirinçte, mısırdaki, kepekte ve soyada bulunan fitatlar, fosfatlar ve oksalik asit için de geçerlidir. Diğer bileşikler (askorbik asit, sitrik asit ve diğer organik asitler) ise hem-olmayan demir emilimini kolaylaştırmaktadır. Askorbik asit emilimi 10 kat kadar arttırabilmektedir.

Kalsiyumun hem ve hem-olmayan demirin emilimi üzerinde inhibe edici etkisi olduğu bilinmektedir. Süt ile ilgili yapılan bazı çalışmalarda sütün herhangi bir inhibe edici etkisi olmadığı ve hatta bazı durumlarda sütün demir emilimini arttırdığı bildirilmektedir. Burada yer alan mekanizma kalsiyum için spesifik olarak gözükmemektedir. Son bulgular ise kalsiyum ve demirin emilim için bağırsak reseptörlerinde rekabete girebileceğini bildirmektedir (Anonymous 2002).

Küçük çocuklar, gençler, doğum yapma potansiyelinde olan kadınlar ve hanımla kadınlar demir eksikliği riski ile en fazla karşı karşıya olan popülasyonlardır. Çocuklarda risk, neonatal demir rezervlerinin tükenmesi, kan hacminin ve hemoglobin konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak 6 aydan itibaren artar. Bu yaşlarda anne sütünün yerini inek sütü almasıyla demir eksikliği artma eğilimi gösterir. Demir miktarı her iki sütte de yaklaşık aynı olmasına rağmen anne sütündeki demirin biyoyararlılığı yaklaşık %50 iken inek sütünde bu oran sadece %5'tir. Bu farklılık insan laktoferrininin özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Demir gereksinimi gençlik döneminde de artış gösterir. Hemoglobin konsantrasyonunda (11 yaşında 135 g / L, 16 yaşında 150 g / L) ve kan hacminde ayrıca kas kütlelerinde meydana gelen artışa bağlı olarak genç erkeklerde yetişkin erkeklere göre demir gereksinimi 2.5 kat daha fazladır.

Menstruasyon dönemindeki kadınlarda ise menstrual kanamaya bağlı olarak demir eksikliği riski oluşmaktadır. Avrupalı bir kadın menstruasyon dönemi boyunca günde 0.85 mg demir kaybeder. Kaybedilen kan miktarı genetik faktörlere ve gebelikten korunma yöntemine bağlı olarak değişiklik gösterir. Örneğin oral korunma, kan kaybını %50 oranında azaltmaktadır. Demir gereksinimi hamilelik döneminde de artmaktadır. Anne ve bebeğin gereksiniminin artmasından dolayı hamilelik boyunca 1 g ek demire gereksinim duyulur. Demir eksikliği aynı zamanda kan bağıışı, zayıflama diyeti ve düşük biyoyararlılıklı vejeteryan diyeti gibi dış faktörler etkisiyle de artabilir (Anonymous 2002).

Demir eksikliğinin en yaygın klinik belirtisi anemidir. Anemi demir eksikliğinin son safhasında kırmızı kan hücrelerinin sentezlenmesi eksikliği sonucu gelişir. Diğer klinik belirtiler yaşa ve kişinin durumuna bağlıdır.

Çizelge 1: Yaş ve bireye göre tavsiye edilen demir ihtiyaçları

Birey	Demir ihtiyaçları (mg/gün)
Çocuklar	7 (6 ay – 9 yaş)
Kadınlar	14 (13-19 yaş)
	16 (menstruasyon döneminde)
	25-35 (hamilelerde)
	10 (süt verenlerde)
Erkekler	9 (menopoz sonrası)
	12 (genç erkeklerde)
	9 (yetişkinlerde)

Yapılan birçok epidemiyolojik çalışmada küçük çocuklarda rastlanan gerilemiş zihinsel gelişimin demir eksikliği anemisi ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Eksiklik bulunan çocukların demir ilavesinden sonra ise öğrenme yeteneklerinde iyileşme saptanmıştır. Yaşça daha büyük çocuklarda ve gençlerde demir eksikliği, azalan akademik performans ile kendini göstermektedir. Hamilelik boyunca anemi, prematüre bebek dünyaya getirme riskini arttırmakta ve bazı durumlarda ise anne ölümlerine neden olmaktadır. Demir eksikliğinin teşhisinde ferritinin serum konsantrasyonu, transferrinin doymuşluk katsayısı ve hemoglobin tahlili gibi metodların kombinasyonundan yararlanılır.

Demir eksikliğine karşı diyetteki demir miktarı üç yolla artırılabilir. Bunlar; diyetteki demirin biyoyararlılığını arttırmak, tıbbi ilavelere başvurmak veya demirce zenginleştirilmiş gıda tüketmektir (Anonymous 2002).

Sütün Demir İçeriği ve Demirin Dağılımı

Süt demirce (0.2 mg/kg) fakir bir gıdadır. Sütün demir miktarı hayvana ve laktasyon zamanına göre değişebilmektedir. Fakat beslenmeye bağlı değildir. Demirin %14'ü süt yağında yağ globülü membranına bağlı olarak bulunur. %24'ü kazeine bağlı olarak bulunurken, %29'u serum proteinlerine bağlıdır ve %32'si de düşük moleküler ağırlıklı bir fraksiyonla birleşmiş durumdadır. Yağsız sütte ise %59-65'i kazeine bağlı, %18-33'ü serum proteini fraksiyonunda ve %15-33'ü protein olmayan fraksiyonda bulunur. Bu fraksiyon ve düşük moleküler ağırlıklı fraksiyon sitrik asit, orotik asit ve Pi (inorganik fosfat) gibi küçük moleküllere karşılık gelmektedir (Gaucheron 2000).

Süt ve Ürünlerinin Demirce Zenginleştirilmesi

Demirce zenginleştirme, bazı gıdaların bileşimine demir ilavesidir. Bu konuda ideal bir gıda mevcut değildir. Zenginleştirme stratejisinde hedef popülasyonun diyeti, zenginleştirme maliyeti, gıdanın raf ömrü ve gıdanın zenginleştirilmesinde kullanılacak demirin kimyasal formu ile uygunluğu (tat, renk, biyoyararlılık) dikkate alınmalıdır (Anonymous 2002).

Süt ve ürünlerinin demirce zenginleştirilmesinde hedef popülasyon çoğunlukla bebekler ve küçük çocuklardır. Zenginleştirmede sık olarak kullanılan ürünler ise inek sütü, kurutulmuş yağsız süt, tam yağlı süttöze ve buffalo süttüdür.

Süt 1 ppm'den daha az miktarda demir içerir. Yapılan çalışmaların çoğunda süte 10-25 mg Fe/L 'lik zenginleştirme düzeyi uygulanmakta, bazen ise bu düzey 100-125 mg Fe/L 'e kadar çıkabilmektedir. Demirce zenginleştirme işleminde ilave edilen askorbik asidin miktarları da 50-100 ppm arasındadır (Lotfi, Mannar, Merx and Van den Heuvel 1996).

Çizelge 2'de çeşitli ülkelerde piyasaya sunulan demirce zenginleştirilmiş ürünler verilmektedir (Anonymous 2002).

Süt ve ürünlerinin demirce zenginleştirilmesinde demir bileşiklerinden üç kategori kullanılmaktadır (Çizelge 3).En sık kullanılan ilk kategori demir tuzlarıdır. Bu tuzlar (Fe^{+2} ve Fe^{+3}) suda ve sütte tamamen çözünürler. Bu kategoride kompleks oluşturan ajanlar demire bağlanabilir. İkinci kategori (FeO gibi elemental demir) elektroliz veya karbonil prosesi ile elde edilir. Üçüncü kategori ise demirin protein veya fosfolipidler ile yaptığı komplekslerdir. Demirin bağlanan kısımları temel olarak Pser (fosfoserin) asparagin ve glutamin gibi amino asitlerdir.

Seçilen gıda ve demir bileşikleri optimum demir biyoyararlılığını sağlamak ve gıdadaki ransiditeden kaçınmak üzere çok iyi bir şekilde uyuşmalıdır. Zenginleştirmede kullanılacak gıda seçiminde dikkate alınması gerekli diğer önemli bir nokta da besin öğeleri arasındaki interaksiyonlardır. Gıdalarda bulunan bazı bileşiklerin emilimi veya metabolizması yüksek demir miktarından etkilenebilmektedir. A, C ve E vitamini veya folik asit demir emilimi üzerinde pozitif etki gösterirken; Ca, P, Mg, malonaldehit, poli fenoller veya oksalik asit ve fitik asitler negatif yönde etkiler.

Süt ve ürünlerinin demirce zenginleştirilmesinde oksidasyon olayından olabildiğince kaçınmak üzere süütün demirce zenginleştirilmesinin homojenizasyondan sonra ve pastörizasyondan hemen önce yapılması tavsiye edilmiştir. Zenginleştirilmiş pastörize süütün bazı yabancı tatlar gelişebileceğinden dolayı sadece birkaç gün saklanabileceği de bildirilmiştir (Lotfi et al. 1996).

Çizelge 2. Dünya piyasasında bulunan demirce zenginleştirilmiş ürünlere örnekler

Hedef grup	Ürün tipi	Demir miktarı mg/100g (mg/100ml)	Ülke
Kadınlar	Yemeklere ilave edilen vanilyalı veya çikolatalı krema	1/1.6	Fransa
	Yemeklere ilave edilen vanilyalı veya çikolatalı krema	3.2	Avrupa
	Kalsiyum ve vitamin ilaveli az yağlı yoğurt RDA'nın 1/3'ü		Japonya
	Aromalı set yoğurt	1.2	Arjantin
	Aromalı ayran	1.8	Arjantin
	Yağsız süt	3	İspanya
Bebekler ve küçük çocuklar	Çinko, vitamin ve esansiyel yağ asitleri ilaveli büyüme sütü	0.9	Fransa
	1-3 yaş için doğal aromalı veya meyve aromalı lor peyniri	1.1/1.3	Fransa
	Sütlü tatlılar	1.25	Arjantin
	Büyüme sütü ve tahıl içeren içecek	0.9	Fransa
	6 ay üzeri bebekler için süt içeren sebze püresi	6	Almanya
	Ekstra kalsiyum içeren buğday bazlı bisküvi	4.8	Almanya
Çocuklar ve yetişkinler	Meyveli lor peyniri	1.5	Brezilya
	Kahvaltılık tahıllar	11.9	Fransa
	Tatlılarda kullanılan tatlı krema	3	Brezilya
	Fındık, hindistan cevizi ve çikolata içeren kurabiye	3.5	Fransa

Cheddar peynirinin ferri-polifosfat-serum proteini kompleksi, ferrik-kazein kompleksi ve ferrik klorid ile zenginleştirilmesinin (40-50mg / kg) onun kalitesini etkilemeyeceğini bildirmişlerdir. Kazein veya serum protein şelatlı demir veya FeCl₃ ile zenginleştirilmiş süttten yapılan Mozarella peyniri 25-50 mg Fe / kg içerir. Demirce zenginleştirilmiş Cottage peyniri ise yağsız süttün ferrik amonyum sitrat ile zenginleştirilmesi ile elde edilir ve yaklaşık % 58 oranında demir içerir. Yapılan çalışmalarda yağsız ve az yağlı yoğurtlar demirce zenginleştirilmiştir. Depolama sonunda *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* sayılarında zen-

ginleştirilmemiş yoğurtlardan farklı olmadığı görülmüştür. Tüketiciler ise zenginleştirilmiş ve zenginleştirilmemiş yoğurtlar arasında görünüş, ağızda bırakılan his, aroma ve toplam kalite açısından farklılık görememişlerdir.

Çikolatalı süttün demirce zenginleştirildiği bir çalışmada sodyum ferrik pirofosfat, ferri-polifosfat ve efrri-polifosfat-serum proteini kompleksi kullanılmıştır. Ürünlerde başlangıçta ve iki hafta depolama sonunda renkte az miktarda değişim tespit edilmiş, bazılarında ise herhangi bir değişime rastlanamamıştır (Gaucheron 2000).

Çizelge 3. Süt ürünlerinin demirce zenginleştirilmesinde kullanılan bazı demir bileşikleri

Ferröz tuzları	Ferrik tuzlar	Elemental demir	Demir-bağlayıcı protein
Sülfat	Sülfat	Karbonil demir	Laktoferrin
Klorid	Klorid	Elektrolit demir	Demir-serum proteinleri
Glukonat	Sitrat		Demir-kazeinat
Amonyum sülfat	EDTA		Demir-protein süksinilat
Fumarat	Ortofosfat		Demir-fo ^s fopeptid
Karbonat	Pirofosfat		
Laktat	Nitriloasetat		
Sakkarat	Laktobionat		
	Amonyum		
	Sitrat		
	Amonyum		
	Sülfat		
	Kolin sitrat		
	Gliserofosfat		
	Glisinat		
	Fruktoz		
	Sitrat fosfat		
	Glukonat		
	Polifosfat		

Demirce Zenginleştirilmiş Sütte Meydana Gelen Biyofizikokimyasal Modifikasyonlar

Gıda zenginleştirmede demir kaynağı veya herhangi bir mineral seçerken biyoyararlılığı yanında diğer bazı özellikler de dikkate alınmalıdır. Bu özellikler çözünürlük, tat, renk, stabilite ve oksidasyon olarak sayılabilir. Demir ilavelerinde en sık kullanılan inorganik demirin zayıf biyoyararlılığına bağlı olarak daha fazla miktarda demire ihtiyaç duyulur. Fakat bu da zarar verici etkiler doğurabilmektedir. Besin öğelerindeki modifikasyonların yanında sonuçların yanında rengin bozulması, yabancı tatların oluşması ve yağ oksidasyonu gibi teknolojik problemlerle de karşılaşılabilir.

Tatta ve Lipid Oksidasyonundaki Değişimler

Demir, lipid oksidasyonunu kataliz ederek istenmeyen tat ve koku ile birlikte ransiditeye neden olması ile bilinir. Tiobarbitirik asit (TBA) reaksiyon ürünlerinin absorpsanları ile duyuşal değerdendirme nin pozitif bir şekilde yürüdüğü TBA testi yoğun olarak çığ süte uygulanmaktadır. FeCl₃, FeSO₄ veya ferrik / ferröz amonyum sülfat ile zenginleştirme okside olmuş tada ve yüksek TBA sayısına neden olur. Ferröz tuzları en fazla oksidasyona neden olurken, ferrik şelatları en düşük oksidasyon, polinükleer kompleksler ise orta derecede oksidasyon gösterirler. Okside olmuş ve metalik tat ile renk değışimlerinden kaçınmak için çeşitli seçenekler açıklanmıştır.

Demirce zenginleştirilmiş sütün homojenizasyonu sütteki okside tadı kontrol etmek üzere uygulanan etkin bir işlemdir. Zenginleştirme homojenizasyon ile birlikte kullanıldığında herhangi bir normal dışı tat gelişmediği saptanmıştır.

Demirce zenginleştirilmiş tam yağlı sütün duyuşal değerdendirilmesinde ferrik iyon bileşiklerinin pastörizasyon 79°C'nin altında uygulandığı taktirde ransid tada neden olabilecekleri bildirilmektedir. Bu tat kabul edilebilir veya pastörizasyon işle mi 81°C'de uygulanarak tamamen elimine edilebilir. Ferröz bileşikler ise normalde pastörizasyon öncesi tam yağlı çığ süte ilave edildiklerinde okside tada neden olurlar. Demir ilavesinden önce sütün dearasyon işlemine tabi tutulması ise bu tadı azaltmaktadır.

pH'da Azalma

Yağsız süte FeCl₂ ve FeCl₃ ilavesi pH'ın azalmasına neden olur. Bu azalma demir çözeltilerinin asiditesine ve demir iyonları ile misellerdeki bağlı olan H⁺ 'e bağlıdır.

Kazein Modifikasyonları

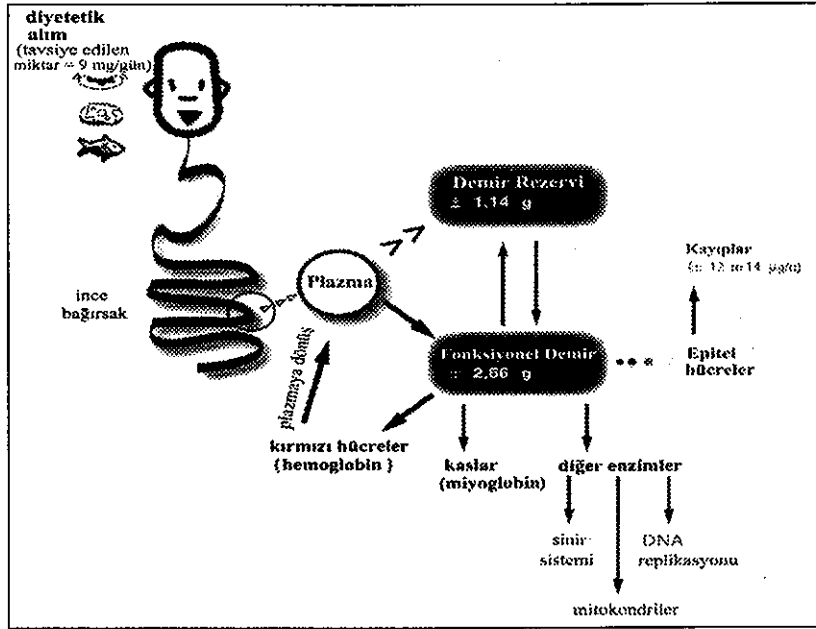
Kazeinde bulunan Pser (fosfozerin) kümelerinin Ca, Mg, Zn, Mn ve Fe'e bağlanma özellikleri vardır. Model çözeltilerde FeCl₂ varlığında kütle spektrometresi ile yapılan β-kazein'in triptik sindirim analizi, sadece 4 Pser'e sahip olan fosfopeptidin (1-25) demire bağlanabildiğini göstermiştir.

Kazeinlere bağlanan demir, onların doğasına (α_{s1}- , α_{s2}- , β- ve K-kazein) ve demir bileşiklerinin doğasına bağlıdır. Bileşik demiri kolaylıkla serbest bıraktığında kazeinlerin Pser kısımları başlıca bağlanma alanları haline gelir. β-kazein'in bağlanma kapasitesi her β-kazein için 7 demir iyonu olarak tahmin edilmektedir.

İlk olarak demirin kazeinlere bağlanması onların negatif yüklerinin nötralizasyonuna ve kümeleşmeleri sonucu hidrofobik interaksiyonların artmasına sebep olmaktadır. Demirin başlangıçtaki yükü (+2 veya +3) oldukça önemlidir. Bunun nedeni kazeinler 2 veya 4 mM konsantrasyonlarda sırasıyla FeCl₂ veya FeCl₃ varlığında çökerler. İkinci olarak, demirin kazeinlere bağlanması onların yapılarının değışimlerine neden olur.

Kazein Misel Hidradasyonunda Azalma

Süte demir ilavesinden sonra kazeinlere Fe⁺² veya Fe⁺³ 'in bağlanması kazein misel hidradasyonunda azalmaya neden olur. Bu durum demir tuzunun doğasına bağlıdır ve FeCl₂ 'den çok FeCl₃ varlığında görülmektedir. Bu azalmalar amino asit zincirlerinin ve peptid bağlarının çözücü değışikliğinden ortaya çıkar ve so-



Şekil 1. Yetişkin bir insanın demir metabolizması

nuç olarak hidrofobik alanda lokalize olmuş boşluklarda bulunan su serbest kalır. Bu değişiklikler olmasına rağmen misel büyüklüğünde herhangi bir farklılık gözlenmez.

Serum Proteinini Modifikasyonları

Serum proteini fraksiyonu süte demir ilave edilmesiyle (toplam demirin %5-10 oranında ilave edilmesi durumunda) az miktarda modifikasyona uğrar. Serum proteinlerinin doğasının demir tarafından modifiye edildiği ise kesin olarak belirlenememiştir.

Süt Tuzu Dengesindeki Modifikasyonlar

Teknoloji ve beslenmedeki önemine rağmen demir ilavesinden sonraki tuz dengesinde meydana gelen modifikasyonlar ile ilgili çok fazla çalışma yapılmamıştır. Mineral dengesindeki modifikasyonlar genellikle demirin kazeinlere bağlanması sonucu ortaya çıkar. Demir kazeinlerle reaksiyona girdiğinde tuz dengesi üzerindeki etki demir bileşiklerinin doğası tarafından etkilenir. Böylece Fe^{+2} varlığında sütün su fazındaki Ca, inorganik fosfat ve sitrat demir konsantrasyonu ile linear olarak azalırken, Fe^{+3} varlığında sadece inorganik fosfat ve sitrat azalma gösterir.

Demirin Oksidasyon Durumundaki Değişimler

Demir-kazein kompleksleri demiri ferrözden ferrik duruma okside olmasına neden olur. Çözünmüş oksijen, reaksiyon anaerobik olarak oluştuğunda ve oksidasyon olmadığı takdirde bir oksidan gibi görev görür. Oksidasyon oranı ise kazein konsantrasyonu ile orantılıdır (Gaucheron 2000).

SONUÇ

Demir eksikliğinden korunmak ve bu durumu tedavi etmek için başvurulan yollardan birisi gıdaların zenginleştirilmesidir. Gıda zenginleştirmede ideal olan ürün; biyoyararlılığı yüksek olan demir sağlayan, oksidasyon nedeniyle gıdanın besleyici değerini azaltmayan, duyuşsal özelliklerini değiştirmeyen, gıda işleme proseslerine dayanıklı, katı ve sıvı gıdaların zenginleştirilmelerinde kullanılabilen ve tüm populasyonun kullanabilmesi için maliyeti düşük olan üründür.

Demirce zenginleştirmenin süt ve ürünlerinin özellikleri üzerinde önemli etkileri vardır. İlave edilen demirin yapısına bağlı olarak demir; lipid, kazein, serum proteinleri ve mineraller dahil neredeyse sütün tüm bile-

şenlerine direkt veya indirekt olarak etki etmektedir. Meydana gelen tüm bu modifikasyonlara rağmen zenginleştirilmiş süt ve süt ürünleri genellikle kabul edilmektedir. Bu modifikasyonlar ile ilgili bilgiler son yıllarda artmasına rağmen halen tamamlanamamıştır. Demirce zenginleştirmenin süt ve ürünlerinin bileşenlerinde meydana getirdiği değişimleri anlayabilmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Bunun yanında demirin farklı formlarının insan sağlığı üzerindeki gerçek etkisini saptamak üzere beslenme ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonymous. 2002. Meeting iron requirements. Nutritopics, Danone Vitapole.No:24.
- Gaucheron F. 2000. Iron Fortification in dairy industry. Trends in Food Science & Technology 11, 403-409.
- Lotfi M, Mannar V, Merx RJHM, Van den Heuvel PN. 1996. Micronutrient Fortification of Foods, The Micronutrient Initiative (MI), c/o International Development Research Centre (IDRC) / International Agriculture Centre (IAC), 108p.
- Martinez-Navarrete N, Camacho MM, Martinez-Lahuerta J, Martinez-Manza J, Fito P. 2000. Iron deficiency and iron fortified foods -a review. Food Research International 35. 225-231.