

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNİN ÇİNKO İLE ZENGİNLEŞTİRİLMESİNE İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR

Özge Kahraman*

Marche Politeknik Üniversitesi, Ziraat Fakültesi; Gıda, Endüstriyel ve Çevresel Mikrobiyoloji Bölümü,
60131 Ancona / İtalya

Geliş tarihi / Received: 14.04.2011

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 13.06. 2011

Kabul tarihi / Accepted: 30.06.2011

Özet

Çinko vücutta pek çok temel fizyolojik fonksiyonda yer alır ve eksikliği ciddi hastalıklara yol açar. Yanlış beslenme alışkanlıkları, fakirlik, besin yetersizliği, parazitik enfeksiyonlar, hatta çevre kirliliği gibi pek çok primer ve sekonder faktörler vücutta çinko düzeyinin düşmesine neden olur. Kalsiyum, metal-kompleksleri, proteinler, fitat, buğday kepeği, lignin ve hemiselülozlar da vücutta çinko emilimini etkilemektedir. Bu nedenle, son zamanlarda gıda zenginleştirme çalışmalarında çinko ilavesi de ele alınmaya başlanmıştır. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından beş çinko bileşiği genellikle güvenli olarak (GRAS) tanınmaktadır. Bu bileşiklerden bazıları, tüketimi fazla olan süt ve bazı süt ürünlerinin zenginleştirilmesinde kullanılmaktadır. Çünkü süt ve süt ürünleri bazı mineraller bakımından zengin ama çinko açısından yeterince zengin değildir. Makalede de süt ve süt ürünlerinin çinko ile zenginleştirilmesine ilişkin yaklaşımlar tartışılacaktır.

Anahtar kelimeler: Çinko, gıda zenginleştirme, süt ürünleri

THE APPROACHES TO FORTIFICATION OF DAIRY PRODUCTS WITH ZINC

Abstract

Many basic physiological functions require zinc and if lacking in the human body, several diseases or disorders can occur. There are several primary and secondary factors leading to reduced levels of zinc in the human body such as certain dietary habits and lifestyles, poverty, malnutrition, parasitic infections and environmental pollutions. Calcium, metal complexes, proteins, wheat bran, lignin and hemicelluloses also affect zinc absorption. These problems have led to zinc fortification in staple foods. Five zinc salts have obtained the generally recognized as safe (GRAS) status from the American Food and Drug Administration (FDA). Some of these zinc salts are commonly used to fortify milk and other dairy products, which are extensively consumed. Because, milk and dairy products are good sources in terms of some minerals but not so rich sources in terms of zinc. Therefore, this review will evaluate approaches to fortification of dairy products with zinc.

Keywords: Zinc, food fortification, dairy

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ o.kahraman@univpm.it

☎ (+39) 071 2204985

☎ (+39) 071-2204988

GİRİŞ

Çinko; vücutta demirden sonra ikinci bol bulunan iz elementtir. Ayrıca gözün ve prostatın diğer dokulara nazaran daha fazla çinko içerdiği bilinmektedir (1-3). Hücre seviyesinde DNA metabolizması, farklılaşma ve apoptozisde (programlı hücre ölümü) görev alan yaklaşık 300 enzimin yapısına katılmaktadır (4, 5). İnsan gelişimi, üreme, immünolojik savunma, tat ve koku algılanması, kemiklerin mineralizasyonu gibi pek çok temel fizyolojik fonksiyon için gereklidir (6-8). Çinkonun bu kadar çok fizyolojik olayda rol alması, eksikliğinde parakeratoz (üstderi hücrelerinin olgunlaşma ve farklılaşma sürecinde ortaya çıkan bozukluk), hiperkeratoz (nasır), akantoz (üstderideki malpighi katmanının kalınlaşması), alopesi (saç dökülmesi) gibi ciddi rahatsızlıklara neden olmaktadır (1, 9) ve RNA polimerazın doğasını, mRNA'nın baz kompozisyonunu değiştirebilmektedir (10).

Yanlış diyet uygulamaları, fakirlik, besin yetersizliği, parazitik enfeksiyonlar, orak hücre anemisi gibi genetik hastalıklar, hatta sıcak ve nemli iklim koşulları gibi primer ve sekonder faktörler vücutta çinko düzeyinin kolayca düşmesine neden olur (1).

Yapraklı ve köklü sebzeler, koyun eti, böbrek, ciğer ve tahıllar gibi doğal olarak çinko içeren pek çok gıda vardır (1). Süt ve süt ürünleri ise çinko açısından değişkenlik gösterse de çok zengin kaynaklar değildir (Çizelge 1).

Çizelge 1: Çeşitli gıdaların içerdiği çinko miktarları

Gıda Türü	Çinko Miktarı (mg/100g-mL)
İstiridye ^a	87.1
Pirinç ^a	1.0
Nohut ^a	1.0
Hindi eti ^a	2.5
Tavuk eti ^a	0.9
Siğir eti ^a	4.9
Süt ürünleri	
Krem Peynir ^a	1.4
Mozzarella ^a	3.1
Ricotta ^a	1.1
Yoğurt ^a	0.9
Süt (Çikolatalı Milkshake) ^a	0.4
İnek sütü ^b	0.3
Keçi sütü ^b	0.3
Koyun sütü ^b	0.5-0.7

^a (11), ^b(12)

Avrupa Birliği Komisyonu'nca (13) belirlenen günlük çinko ihtiyacı 10 mg iken, bu oran farklı ülkelerde 4.7-18.6 mg arasında değişmektedir (9). Ayrıca bu değerlerin değişik beslenme tarzına göre de düzenlenmesi söz konusudur. Keza, Dünya Sağlık Örgütü ile Gıda ve Tarım Örgütü; yetişkinlerde günlük alınması gereken miktarı, biyoyararlılığı yüksek beslenme tipi için 3-4.2 mg, biyoyararlılığı orta olan beslenme tipi için 4.9-7.0 mg, biyoyararlılığı düşük olan beslenme tipi için 9.8-14.0 mg olarak belirlemiştir (1). Tolere edilebilen günlük en yüksek çinko değeri ise yetişkinlerde 40 mg'dır. Bunun yanı sıra, günlük yaklaşık 150 mg ve üstü çinko alınımında da mide bulantısı, kusma gibi zehirlenme semptomları görülmektedir (14, 15).

Gıda zenginleştirme üç farklı amaçla yapılabilmektedir. Popülasyonda sıkça rastlanan vitamin ve mineral madde kayıplarını engellemek için, gıda işleme sırasında kaybolan besin öğelerinin yerine konması için ya da gıdada az miktarda mevcut olan besin öğelerini takviye etmek için (16). Başarılı bir gıda zenginleştirme için; hedef popülasyonun, gıda zenginleştirme aracının ve katkı düzeyinin belirlenmesi, zenginleştirilmiş gıdanın duyusal olarak uygunluğunun değerlendirilmesi, yeterli biyoyararlılığının olup olmadığının onaylanması aşamaları ve bütçe önemlidir (15, 17). Bunun yanı sıra, zenginleştirme ajanı; inhibitörlere dayanıklı, güvenli, kararlı, gıda karakterini değiştirmeyecek nitelikte olmalıdır (18, 19). Bütün zenginleştirme ajanları için, yasal minimum düzey ve fazla tüketilmesi sağlık açısından risk taşıyan zenginleştirme ajanları için maksimum tolere edilebilen düzeyin belirlenmesi gerekir.

Süt ve süt ürünleri çinko bakımından yeterince zengin gıdalar değildir. Bu makalede, süt ve süt ürünlerinin çinko ile zenginleştirilmesi, zenginleştirmede kullanılan bileşikler, bu bileşiklerin süt ve süt ürünlerindeki diğer bileşenlerle ve bu ürünlerin yapımında kullanılan starter kültürler ile etkileşimlerine ilişkin yaklaşımlar değerlendirilecektir.

ÇİNKO BİYOYARARLANIMI

Biyoyararlılık; etkin maddenin gıdalardan absorblanan miktarı olarak tanımlanır (20). Besinlerdeki bileşikler birbirleriyle etkileşime girerek etkin maddenin biyoyararlılığını engelleyebilmektedir ve bu etkileşimler farklı

birkaç mekanizmayla gerçekleşir. Kimyasal olarak benzer mineraller, şelatlayıcı organik maddelerin yanı sıra taşınım proteinleri veya diğer alımın mekanizmaları için rekabet edebilirler bu da absorpsiyonu kolaylaştırır ya da engeller. Çinko absorpsiyonu ince bağırsakta aktif ve pasif taşıma mekanizmalarıyla gerçekleşir (1, 21, 22). Bu mekanizmaları etkileyen aktivatörler veya inhibitörler vardır. Örneğin; bağırsaktan salgılanan pikolinik asit, sitrat ve glisin, histidin, lizin, sistein, metionin gibi aminoasitler absorpsiyon aktivatörleridir. Inhibitörler arasında fitik asit, okzalik asit, selenyum, demir ve kalsiyum sayılabilir (22). Çinko plasmaya geçtiğinde en fazla albumin tarafından taşınır, daha düşük oranda da diğer plasma bileşenlerine bağlanır (1) ve plasmadaki çinkonun çoğu buradan karaciğere ulaşır oradan da dokulara geçer. Ancak çinko için özelleşmiş bir depolama sistemi yoktur (1). Bu nedenle çinko seviyesinin korunması açısından dışarıdan diyet yoluyla alınması gerekir (22, 23).

İnsanlarda yapılan bağırsak perfüzyon çalışmaları artan çinko konsantrasyonlarında çinko absorpsiyonunda da lineer bir artış olduğunu göstermiştir. Bunun yanı sıra, yapılan çoğu çalışmada da düşük oranda çinko alımının, absorpsiyon yüzdesini yüksek oranda çinko alımına oranla daha fazla arttırdığı gözlenmiştir. Bu da aslında vücutta homeostatik mekanizmaların çinko alımını düzenleyerek toksik seviyede çinko alımının kısmen önlenemediğini açıklamaktadır (9, 24). Ancak, kronik olarak düşük çinko alımını, genetik bozukluklar, fizyolojik ve patolojik uyarılar bu denge mekanizmalarını bozabilmektedir (21).

Çinko biyoyararlılığını azaltan etmenler

Çinko eksikliği yetersiz çinko alımına bağlı olsa da, çinko biyoyararlılığını engelleyen inhibitörlerin varlığı da yaygın faktörlerden biridir. Çinkonun bağırsaktan emilimini etkileyen kalsiyum, metal-kompleksleri, proteinler ve fitat gibi pek çok ajan vardır (9, 20). Bunların yanı sıra, buğday kepeği, lignin ve hemiselülozlar çinko biyoyararlılığını düşürmektedir (9, 25).

Çinko biyoyararlılığını düşüren etmenlerin yanı sıra, çinko da bakır, demir, magnezyum gibi bazı minerallerin biyoyararlılığını az da olsa azaltmaktadır (14, 26). Çinko ilave edilmiş sütlerin serum bakır

konsantrasyonları üzerine yapılan pek çok çalışmada hiç bir etki görülmemiştir (15). Ancak çinko ile zenginleştirmenin demir absorpsiyonunu etkileyip etkilemediğini araştırmak için yapılan bir takım çalışmalarda çinko oksitle yapılan zenginleştirmede demir absorpsiyonunda bir fark gözlenmemiştir. Çinko sülfat ile yapılan zenginleştirmede ise % 28 oranında anlamlı bir düşüş gözlenmiştir (9). Bu son sonucun aksine başka bir çalışmada ise, çinko sülfat veya çinko metionin ile yapılan zenginleştirmede yine demir absorpsiyonunda anlamlı bir değişme gözlenmemiştir (9). Şimdiye kadar mevcut olan çalışmalar birbiriyle çelişiyor olsa da, genel olarak gıdalara çinko ilavesinin demir absorpsiyonunu çok fazla etkilemediği görülmektedir (9, 27). Aynı zamanda demir ile yapılan zenginleştirmelerde de çinko biyoyararlılığının düşmemesi için demir/çinko oranının ikiyi geçmemesi gerektiği rapor edilmiştir (28)

Çinko biyoyararlılığını arttıran etmenler

Gıdalardaki protein miktarlarının çinko absorpsiyonuna etkisi vardır ve bu etki genelde absorpsiyonun artışı yönündedir. Bitki kaynaklı proteinlerin hayvan kaynaklı proteinlere göre daha çok çinko biyoyararlılığını düşürdüğü görülmüştür ve hayvan kaynaklı besinleri az tüketenlerde genellikle çinko eksikliği görülmektedir (14, 29). Bu nedenle özellikle vejetaryen beslenme tarzına sahip kişilerin çinko alımını arttırması gerekebilmektedir.

Histidin, sistein gibi bazı aminoasitler de çinko biyoyararlılığını arttırmaktadır (22, 24). Anne sütü de yüksek histidin ve sistein içeriğine sahiptir ve çinko absorpsiyonunu arttırması buna bağlanabilir. Aynı zamanda, anne sütündeki proteinlerin inek sütüne göre daha kolay parçalanıyor olması da çinko alımını arttırmaktadır (4).

Şelatlayıcı ajanların etkisine bakıldığında, pirinç unuyla hazırlanan yerel bir gıda çinko oksit ve EDTA (Etilendiamintetraasetik asit) ile zenginleştirilmiş ve EDTA'nın çinko absorpsiyonunu arttırdığı, ancak başka bir çalışmada çinko ve EDTA ile yapılan zenginleştirme sonucunda ise, çinko absorpsiyonunda belirgin bir fark olmadığı görülmüştür (15).

ÇINKONUN SÜTTEKİ MİNERALLER İLE ETKİLEŞİMİ

Süt içerisinde kalsiyum (~120mg/100gr), fosfor (~95mg/100gr), potasyum (~150mg/100gr), magnezyum (~12mg/100gr) ve daha az oranda demir (~0.05mg/100gr) bulunur (30). Ancak kalsiyumun çinko biyoyararlılığı üzerine etkileri çokça tartışılmaktadır. İnsanlar üzerinde yapılan absorpsiyon çalışmalarında, kalsiyumun fitat varlığında bile çinko absorpsiyonunu arttırdığı, negatif etkinin sadece yüksek kalsiyum alınımıyla ortaya çıktığı gözlenmiştir. Lönnerdal ve ark. (31) tarafından yapılan bir çalışmada, fitat içeren soya temelli besinlere inek sütündeki miktar kadar kalsiyum eklendiğinde çinko absorpsiyonunda kalsiyum eklenmeyen soya formülasyonuna göre % 6 oranında bir artış gözlenmiştir. Bu artışın nedeninin, kalsiyumun fitata bağlanarak çinko absorpsiyonunu kolaylaştırması olduğu düşünülmektedir (24). Bunun gibi kalsiyumun çinko alınımı üzerine destekleyici etkisi olduğu başka çalışmalarda da ortaya konmuştur (32, 33). Bu görüşlerin aksine, Ahmed ve ark. (34) çinko, kalsiyum ve demir ile zenginleştirilmiş unlarla ilgili yaptıkları bir çalışmada, sadece çinko ile yapılan zenginleştirmenin, kalsiyum, demir ve çinko ile beraber yapılan zenginleştirmeye göre çinko biyoyararlılığında yaklaşık % 10 artışa neden olduğunu görmüşlerdir. Bu da kalsiyum ve demirin az da olsa çinko biyoyararlılığını etkilediğini göstermektedir.

Yine, bazı kaynaklara göre de; yüksek kalsiyum alınımı çinko biyoyararlılığını düşürmektedir (13, 35). Bazı kaynaklarda ise, sadece fitat içeren besinlerde, kalsiyumun fitat ve çinko ile oluşturduğu kompleksten dolayı çinko absorpsiyonuna engel olduğu görülmektedir (20). Yine de şuan ki veriler yeterli düzeyde çinko alan kişilerde çinkonun absorpsiyonunun kalsiyumdan pek etkilenmediğini göstermektedir (14).

ÇINKONUN SÜTTEKİ PROTEİNLER İLE ETKİLEŞİMİ

Süt proteinleri; kazein (α 1, α 2, β , κ), serum (whey) proteinleri (β -laktoglobulin, α -laktalbumin, laktoferrin, immunoglobulinler, bovin serum albumin) ve süt yağı globul membranı proteinlerini içerir (36). Bunlardan, süt proteinlerinin % 80'ini

oluşturan kazeinin hafif alkali pH'da çinko bağlama kapasitesi 8.4 μ g/mg'dır (25). Ancak, çinkonun defosforilize olmuş kazeine bağlanmaması, bivalent çinko iyonunun kazein ile negatif yüklü fosfat grupları sayesinde bağ yaptığını açıklamaktadır. Bunun diğer bir kanıtı; asitli ortamda kazeinlerin çinko ile bağ yapamamalarıdır. Çinko sadece asit varlığında kazeinden ayrılmaktadır ve yeni doğanlarda mide asiditesi düşük olduğundan dolayı proteinlerin çoğu mideden sindirilmeden geçer bu da oniki parmak bağırsağında çinkonun alınımını engeller. Tripsin ve kimotripsin aktivitesiyle ortaya çıkan fosfopeptidler de çinko absorpsiyonunu etkilemektedir. Ancak, anne sütünün inek sütündekinin yarısı kadar fosfor içermesi ve toplam protein miktarının inek sütünde % 3, anne sütünde % 1 olması bebeklerde çinko alımını avantajını arttırmaktadır (25, 37).

Farklı serum proteini (whey)/kazein oranlarında üretilmiş iki sütün, yetişkin insanlarda ki çinko absorpsiyonu üzerine etkileri araştırıldığında, çinko absorpsiyonunun serum proteini (whey) ağırlıklı olarak üretilen sütte daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çünkü kısmen sindirilmiş kazein alt birimlerinde fosforillenmiş serin ve treonin kalıntıları taşıdıkları negatif yük nedeniyle daha öncede belirtildiği gibi çinko gibi mineral iyonlarını bağlanmakta ve biyoyararlılığı düşürmektedir (19, 24).

β -laktoglobulin ve çinko etkileşimleri üzerine yapılan bir çalışmada en az 5mM konsantrasyonda eklenen Zn^{+2} , α -laktoglobulinlerin kümeleşmesine neden olmuştur. Ancak bu konuda daha düşük seviyedeki çinko konsantrasyonlarının etkisi hakkında bir bilgi yoktur (38).

GIDALARIN ZENGİNLEŞTİRİLMESİNDE KULLANILAN ÇINKO BİLEŞİKLERİ

Gıda zenginleştirmede kullanılan çinko bileşikleri; çinko oksit, çinko stearat, çinko sülfat heptahidrat, çinko askorbat, çinko klorür, çinko pikolinat, çinko karbonat, çinko aminoat, çinko sitrat, çinko histidin, çinko asetat, çinko metionin, çinko glukonat (18). Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından beş çinko bileşiği genellikle güvenli olarak tanınmıştır (GRAS). Bunlar; çinko sülfat, çinko klorür, çinko glukonat, çinko oksit ve çinko stearattır (39). Gıda zenginleştirmelerinde bunlardan en çok kullanılanları ve en ucuz

olanları çinko sülfat ve çinko oksittir. Çinko oksit, nötral pH'da kolay çözünemez bu nedenle gıdalarda daha karardır ve gıdanın organoleptik karakterini değiştirmez (18). Ancak, katı gıdalarda çinko oksit parçacıkları arasındaki granulometrik ve yoğunluk farkı çinko oksidin paket dibinde kalmasına neden olmaktadır ve tüketim için uygun değildir. Sıvı gıdalarda ise, çözünmediği için çökmektedir (18, 40). Çinko oksitin çözünürlüğü sistein gibi organik şelatlayıcıların ilavesiyle artmaktadır (18). Biyoyararlılığı çözünürlüğü daha fazla olan çinko sülfatla aynıdır (17). Çinko sülfatın ise; gıdanın duysal karakterini değiştirdiği rapor edilmiştir (18, 22). Çinko asetat ise düşük mide pH'sında absorplanabilir olduğundan tavsiye edilmektedir. Çinko sitrat az miktarlarda bile istenmeyen tat değişimlerine yol açmıştır. Çinko metioninin ise, kükürtlü bir tat verdiği rapor edilmiştir (18).

ÇİNKO BİLEŞİKLERİNİN SÜT ÜRÜNLERİ YAPIMINDA KULLANILAN STARTER KÜLTÜRLER ÜZERİNE EKİLERİ

Çinkonun, süt ürünleri yapımında starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakterileri (LAB) üzerine etkisi hakkında var olan bilgiler sınırlıdır. Bir çalışmada 0.016 mM Zn⁺⁺ besiyeri ortamına katılmış ve *L. casei* ve *L. delbrueckii* üzerine etkisi araştırıldığında, çinkonun büyümeye ılımlı bir katkısı olduğu gözlenmiştir (41).

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Süt ürünlerinin zenginleştirilmesi endüstrileşmiş ülkelerde başarıyla uygulanmaktadır (19, 42). Örneğin, Amerika'da süt ürünlerinin zenginleştirilmesiyle B vitamini eksikleri giderilmiştir (16). Süt ürünlerinin, günlük çinko ihtiyacına ancak yaklaşık % 19 ile % 31 arasında bir oranda katkı sağladığı tahmin edilmektedir (4). Bu nedenle bu ürünlerin çinko ile zenginleştirilmesi günlük çinko alınımına katkı sağlayacaktır. Hali hazırda ticari olarak çinko ile zenginleştirilmiş yoğurt, sıvı veya toz süt ürünleri mevcuttur ve bunlar geniş ölçüde tüketici bulmaktadır. Ancak, peynir gibi süt ürünleri ve olgunlaşma sırasındaki kararlılıkları üzerine yapılmış çalışmalar araştırma seviyesinde kalmıştır.

2010 yılında Abd-Rabou ve ark. (43) Hollanda'ya özgü Edam peynirini çinko asetat, çinko klorür ve çinko sülfat ile zenginleştirdiklerinde çinko asetat ve çinko klorürü peynirin organoleptik karakterleri açısından daha uygun bulmuşlardır. Ancak, bunlardan çinko asetat Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA)'nin genellikle güvenli olarak tanınan çinko bileşikler listesinde yer almamaktadır.

Son yıllarda gıda zenginleştirmeleri için pek çok alternatif çinko bileşiği geliştirilmeye başlanmıştır. Bunlardan biri, çözünür olmayan çinko oksitin mikro boyuta indirgenip dağılıbilir hale getirilmesiyle yapılmıştır. Bu alternatif çinko oksit sıçanlarla ve yapay mide suyuyla yapılan çalışmalarda biyoyararlanımda artış sağlamıştır. Tat konusunda bir değişime yol açmamıştır (44).

Salgueiro ve ark. (40) mevcut olan bu sorunlara alternatif olarak glisin ile kararlı hale getirilmiş çinko glukonat üzerine yaptıkları biyoyararlılık denemelerinde, dişi sıçanlarda bu yeni çinko formunun absorpsiyonunun diğer çinko bileşikler (çinko sülfat, çinko glukonat ve çinko hidroksit) ile aynı olduğunu erkek sıçanlarda ise, daha yüksek olduğunu görmüşlerdir. Bu çinko formunun çözünürlüğünün yüksek olduğu, gıdada memnun edici hafif tatlı bir tat oluşturduğu belirtilmiş ve gıda zenginleştirmelerinde yeni bir alternatif olarak düşünülmüştür.

Tesan ve ark. (45) da gıda zenginleştirmelerinde alternatif olarak sunulan glisin ile kararlı hale getirilmiş çinko glukonat ve çinko sülfat ile zenginleştirilen yoğurtların biyoyararlılığını karşılaştırmış ve glisin ile kararlı hale getirilmiş çinko glukonatin yoğurt zenginleştirmelerinde uygun bir kaynak olduğunu ortaya koymuştur.

Achanta ve ark. (46) yağsız yoğurdu çinko glukonat ve diğer minerallerle günlük alınması gereken miktarın (15 mg çinko) % 25'i oranında zenginleştirmişlerdir. Yapılan testlere göre çinko son ürün kalitesinde değişime yol açmamıştır.

Türkiye'de, et ve et ürünleri tüketimi çok az bunun aksine tahıl tüketimi fazla olduğu için mineral eksiklikleri sıkça görülmektedir. Bu nedenle ülkemizde de çinko ile zenginleştirilmiş gıdalar önem arz etmektedir. Türkiye'de çinkoyle zenginleştirilmiş ekmekler okul çağında ki

çağındaki çocuklarda serum çinko oranlarında artış sağlamıştır (16). Uygulama kolaylığı ve düşük maliyetinden dolayı süt ve süt ürünlerinin zenginleştirilmesi de Türk popülasyonunda ki besin eksikliklerini gidermede yeni bir alternatif olmaktadır. Bu nedenle, pek çok zenginleştirme çalışması yapılmaktadır.

Gulbas ve Saldamlı (47) tarafından Türk beyaz peyniri çinko sülfat ile zenginleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, çinko bileşiği hem pastörize süte eklenerek hem de peynir tuzlama suyuna eklenerek sonuçlar değerlendirilmiştir. Çinko bileşiğinin pastörize süte eklenmesiyle yapılan zenginleştirmede daha yüksek oranda bir geri kazanım görülmüştür. Olgunlaşma sonrasında ise, tuzlama suyuna katılarak zenginleştirilen peynirin çinko düzeyinde bir artış gözlenirken, pastörize süte eklenerek zenginleştirilen beyaz peynirin çinko düzeyinde bir düşüş görülmüştür. Ancak, % 87'lik bir oranla en etkin geri kazanım, çinkonun pastörize süte eklenmesiyle elde edilmiştir. Daha önce tartışıldığı gibi, çinko negatif yüklü kazeinle bağ yapmaktadır ve süte ilave edilen çinkonun çökeltme sırasında peynir altı suyuyla gitmemesi buna bağlanabilir.

Biringen Löker ve ark. (28) sütü çinko sülfat aynı zamanda demir ve C vitamini ile zenginleştirmişlerdir. Çalışmada, 100 ml süt 0.12 mg çinko sülfat zenginleştirilmiş ve tüm vitamin ve mineraller tartım hatalarını engellemek için stok solüsyondan katılmıştır. Daha sonra sütler pastörize edilmiştir. Zenginleştirilen sütün çinko oranında % 30 artış görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Shrimpton R, Shankar AH. 2008. *Nutrition and Health in Developing Countries* 2nd ed. Chapter 15: Zinc Deficiency R. D. Semba and M. W. Bloem (Ed.) Humana Press, Totowa, NJ
2. Wills NK, Sadagopa Ramanujam VM, Kalariya N, Lewis JR, van Kuijk FJGM. 2008. Copper and zinc distribution in the human retina: Relationship to cadmium accumulation, age, and gender. *Exp Eye Res*, 87:80.88
3. Song Y, Elias V, Loban A, Scrimgeour AG, Ho E. 2009. Marginal zinc deficiency increases oxidative DNA damage in the prostate after chronic exercise. *Free Radic Biol Med*, 48:82-88
4. Hunt CD, Nielsen FH. 2009. *Advanced Dairy Chemistry* Volume 3, 3rd ed. Chapter 10: Nutritional Aspects of Minerals in Bovine and Human Milk. PLH McSweeney and PF Fox (Ed), Springer, New York p:420.
5. Qin Y, Melse-Boonstra A, Shi Z, Pan X, Yuan B, Dai Y, Zhao J, Zimmermann MB, Kok FJ, Zhou M. 2009. Dietary intake of zinc in the population of Jiangsu Province, China. *Asia Pac J Clin Nutr*, 18:193-199
6. Lalles JP, Favier C, Jondreville C. 2007. A diet moderately deficient zinc induces limited intestinal alterations in weaned pigs. *Livestock Science*, 108:153-155.
7. Walingo, MK. 2009. Indigenous food processing methods that improve zinc absorption and bioavailability of plant diets consumed by the Kenyan population. *AJFAND*, 9(1):523-535.
8. Yamaguchi M. 2010. Role of nutritional zinc in the prevention of osteoporosis. *Mol Cell Biochem*, 338:241-254
9. Maret W, Sandstead HH. 2006. Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *J Trace Elem Med Biol*, 20:3-18.
10. Jeejeebhoy, K. 2009. Zinc: An essential trace element for parenteral nutrition. *Gastroenterology*, 137:S7-S12
11. Anon 2010. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 22, Content of Selected Foods per Common Measure, Zinc <http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=18877> (Erişim tarihi 13.04.2011).
12. Raynal-Ljutovac K, Lagriffoul G, Paccard P, Guillet I, Chilliard Y. 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Ruminant Res*, 79:57-72
13. Anon 2008. Council Directive 90/496/EEC on nutrition labelling for foodstuffs as regards recommended daily allowances, energy conversion factors and definitions. L 285/9 EN Official Journal of the European Union, Commission Regulation 2008/100/EC of 28 October 2008.

14. Otten JJ, Hellwig JP, Meyers LD. 2006. *DRI, dietary reference intakes: the essential guide to nutrient requirements Part III Vitamins and Minerals*. The National Academies Press, Washington, DC.
15. Hess SY, and Brown KH. 2009. Impact of zinc fortification on zinc nutrition. *Food Nutr Bull*, 30:79-107.
16. Allen LH. 2006. New Approaches for Designing and Evaluating Food Fortification Programs *J Nutr*, 136(4): 1055 – 1058
17. Brown KH, Wessells KR, Hess SY. 2007. Zinc bioavailability from zinc-fortified foods. *Int J Vitam Nutr Res*, 77(3):174-81.
18. Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek A, Caro R, Weill R, Boccio J. 2002. Fortification strategies to combat zinc and iron deficiency. *Nutr Rev*, 60:52-8.
19. Drago SR, Valencia ME. 2002. Effect of fermentation on iron, zinc, and calcium availability from iron-fortified dairy products. *J Food Sci*, 67(8):3130-3134.
20. Gibson RS, Bailey KB, Gibbs M, Ferguson EL. 2010. A review of phytate, iron, zinc, and calcium concentrations in plant-based complementary foods used in low-income countries and implications for bioavailability. *Food Nutr Bull*, 31:134-146
21. Wang X, Zhou B. 2010. Dietary Zinc Absorption: A Play of Zips and ZnTs in the Gut. *IUBMB Life*, 62(3): 176–182.
22. Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek A, Sarabia M, De Paoli RCT, Hager A, Weill R, Boccio J. 2000. Zinc as an essential micronutrient: a review, *Nutr Res*, 20:737–755.
23. Rink L, Gabriel P. 2000. Zinc and the immune system. *Proc Nutr Soc*, 59:541-52.
24. Lönnerdal B. 2000. Dietary Factors Influencing Zinc Absorption. *The Journal of Nutrition*, 130: 1378S-1383S.
25. Harzer G, Kauer H. 1982. Binding of zinc to casein. *Am J Clin Nutr*, 35:981-987.
26. Spencer H, Norris C, Williams D. 1994. Inhibitory effects of zinc on magnesium balance and magnesium absorption in man. *J Am Coll Nutr*, 13(5):479-84
27. Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R. 2006. Guidelines on food fortification with micronutrients. World Health Organization and Food and Agriculture Organization of the United Nations, Geneva
28. Biringen Löker, G, Ugur, M, Yıldız, M. 2003. A partial supplementation of pasteurized milk with vitamin C, iron and zinc. *Nabrunğ/Food* 47(1):17-20
29. Akhtar S, Anjum FM, Rehman ZU, Sultan MT, Riaz M, Ahmed A. 2011. Effect of Mineral Fortification on Plasma Biochemical Profile in Rats. *Biol Trace Elem Res* (Basimda)
30. Unal NR, Besler T. 2008. Beslenme sütün önemi. Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727
31. Lönnerdal B, Cederblad A, Davidsson L, Sandström B. 1984. The effect of individual components of soy formula and cows' milk formula on zinc bioavailability. *Am J Clin Nutr*, 40:1064-1070.
32. Diaz-Castro J, Alferes MJM, Lopez-Aliaga I, Nestares T, Campos MS. 2009. Effect of calcium-supplemented goat or cow milk on zinc status in rats with nutritional ferropenic anaemia. *Int Dairy J*, 19:116–121.
33. Rosado JL, Diaz M, Gonzalez K, Griffin I, Abrams SA, Preciado R. 2004. The addition of milk or yoghurt to a plant-based diet increases zinc bioavailability but does not affect iron bioavailability in women. *J Nutr*, 135: 465–468.
34. Ahmed A, Anjum FM, Rehman SU, Randhawa MA, Farooq U. 2008. Bioavailability of calcium, iron and zinc fortified whole wheat flour chapatti. *Plant Foods Hum Nutr (Dordr)*, 63:7–13
35. Walter A, Rimbach G, Most E, Pallauf J. 2000. Effect of calcium supplements to a maize-soya diet on the bioavailability of minerals and trace elements and the accumulation of heavy metals in growing rats. *J Vet Med A*, 47: 367–377.
36. Livney YD. 2010. Milk proteins as vehicles for bioactives. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 15:73-83
37. Pabon ML, Lönnerdal B. 2000. Bioavailability of zinc and its casein in milks and formulas binding to casein in milks and formulas. *J Trace Elements Med Biol*, 14: 146-153.

38. Saeseaw S, Shiowatana J. 2006. Observation of salt-induced β -lactoglobulin aggregation using sedimentation field-flow fractionation. *Anal Bioanal Chem*, 386:1681-1688.
39. Anon 2011 Food and Drug Administration (FDA) Regulations 21 CFR Part 182, Subpart I: Nutrients, Substances Generally Recognized as Safe
40. Salgueiro MJ, Zubillaga M, Lysionek A, Sarabia I, Caro R, De Paoli T, Hager A, Ettlin E, Weill R, Boccio RJ. 2000. Bioavailability, biodistribution and toxicity of Bio-Zn-AAS: a new zinc source. Comparative studies in rats. *Nutrition* 16:762-6.
41. Boyaval P. 1989 Lactic acid bacteria and metal ions. *Lait* 69:87-113.
42. Gomez-Galera S, Rojas E, Sudhakar D, Zhu C, Pelacho AM, Capell T, Christou P. 2010 Critical evaluation of strategies for mineral fortification of staple food crops. *Transgenic Res* 19:165–180
43. Abd-Rabou NS, Zaghloul AH, Seleet FL, El-Hofi MA. 2010. Properties of Edam cheese fortified by dietary zinc salts. *Journal of American Science* 6(10): 441-446.
44. Ishihara K, Yamanami K, Takano M, Suzumura A, Mita Y, Oka T, Juneja LR, Yasumoto K. 2008. Zinc bioavailability is improved by the micronised dispersion of zinc oxide with the addition of L-histidine in zinc-deficient rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 54(1):54-60
45. Tesan FC, Colli N, Arnoldi S, Fuda J, Torti H, Weill R, Salgueiro MJ, Boccio J. 2009. Relative Bioavailability of Zinc in Yogurt Using Body Weight Gain, Femur Weight and Bone Zinc Content in Rats as Markers. *The Open Nutraceuticals Journal* 2:16-19.
46. Achanta K, Aryana KJ, Boeneke CA. 2007. Fat free plain set yogurts fortified with various minerals. *LWT* 40: 424–429
47. Gulbas SY, Saldamli I. 2005. The effect of selenium and zinc fortification on the quality of Turkish white cheese. *Int J Food Sci Nutr* 56(2), 141-146