

ÖNSÖZ

Dünya genelinde süt, süt ürünleri ve süt ve süt ürünlerinin çeşitli besin öğelerince zenginleştirilmesi ile ilgili çalışmalar oldukça popülerdir. Ülkemizde de çok fazla yaygın olmamakla birlikte süt ve süt ürünlerinin bazı gıda maddelerince zenginleştirilmesi ile ilgili çalışmalar ve bazı teknolojik uygulamalar yapılmaktadır. Pastörize sütün A ve D vitamin kayıplarının incelenmesi ve A ve D vitaminlerince zenginleştirilmesi isimli bu çalışma da pastörize içme sütü prosesi boyunca bazı kritik noktalarda içme sütündeki A ve D vitamini kaybını saptayarak son ürünün A ve D vitaminlerince zenginleştirilmesini amaçlamaktadır.

Bu çalışma boyunca katkılarını esirgemeyen başta danışmanım Prof. Dr. Artemis KARAALİ olmak üzere herkese teşekkürü bir borç bilirim.

NİSAN 2002

Bilgin ÖZKAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	III
TABLO LİSTESİ	IV
ŞEKİL LİSTESİ	V
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
1. GİRİŞ	1
2. SÜT ve SÜTÜN GENEL ÖZELLİKLERİ	2
2.1. Sütün Tanımı	2
2.2. Sütün Kompozisyonu	2
2.3. Süt Bileşenleri	4
2.3.1. Su	4
2.3.2. Süt Yağı	5
2.3.2.1. Trigliseritler	6
2.3.2.2. Fosfolipidler	7
2.3.2.3. Serbest Yağ Asitleri	7
2.3.2.4. Süt Lipidlerinde Meydana Gelen Değişmeler	8
2.3.3. Süt Proteinleri	8
2.3.3.1. Kazein	9
2.3.3.2. Süt Serumu Proteinleri	11
2.3.4. Süt Enzimleri	13
2.3.5 Süt Karbonhidratları	15
2.3.5.1. Laktoz	15
2.3.5.2. Diğer Süt Karbonhidratları	16
2.3.6. Süt Vitaminleri	17
2.3.7. Süt Mineralleri	17
2.4. Sütün İnsan Beslenmesindeki Önemi	20
3. PASTÖRİZE ve STERİLİZE İÇME SÜTÜ ÜRETİM PROSESİ	21
3.1. Pastörize Süt Üretim Prosesi	21
3.1.1. Sütün istenilen Niteliklere Uyup Uymadığının Kontrolü	23
3.1.2. Klarifikasyon	23
3.1.3. Standardizasyon	24
3.1.4. Homojenizasyon	25
3.1.5 Isıl İşlem	25
3.1.5.1. Sürekli Sistemde Isıl İşlem	25

3.1.5.2. Kesikli Sistemde Isıl İşlem	25
3.1.5.3. Yüksek Sıcaklık Kısa Süre Uygulaması	25
3.2. Sterilize Süt	26
3.2.1. Ultra High Temperature – UHT	26
3.2.2. Sterilizasyon	26
4.VİTAMİNLER	27
4.1. Vitaminlerin Genel Özelliklerine Bir Bakış	27
4.2. Vitaminlerin Sınıflandırılması	28
4.2.1. Suda Çözünebilen Vitaminler	28
4.2.2. Yağda Çözünebilen Vitaminler	28
4.3. Süt Vitaminleri	28
4.3.1. Suda Çözünen Süt Vitaminleri ve Üretim Süreçlerinde Uğradıkları Değişimler	29
4.3.2. Yağda Çözünen Süt Vitaminleri ve Üretim Süreçlerinde Uğradıkları Değişimler	32
5.ZENGİNLEŞTİRME	34
5.1. Zenginleştirmenin Tarihçesi	34
5.2. Zenginleştirme Kavramına Genel Bir Bakış	34
5.3. Zenginleştirme İçin Gerekli Teknolojik ve Yasal Zorunluluklar	37
5.4. Sütün Zenginleştirilmesi	38
5.5. Süt Zenginleştirme Teknolojisi	40
6. MATERYAL ve METOT	41
6.1. Materyal	41
6.2 Metodlar	42
7. SONUÇLAR ve TARTIŞMA	51
7.1. Sütün Yağ Miktarı Değişiminin Sütteki A ve D Vitamin Miktarları Üzerine Etkisi	51
7.2. Isıl İşlemin A ve D Vitaminleri Miktarları Üzerindeki Etkisi	53
7.3. Pastörize İçme Sütünün A ve D Vitaminlerince Zenginleştirilmesi	56
7.4. Sütteki A ve D Vitaminleri Kaybı Üzerine Işık ve Ambalaj Etkisi	59
8. SONUÇ	67
 KAYNAKLAR	 68
 EKLER	 72
 ÖZGEÇMİŞ	 86

KISALTMALAR

UHT	: Ultra High Temperature
HPLC	: High Pressure Liquid Chromotography
IU	: International Unit
FDA	: Food and Drug Administration
HDPE	: High Density Polyethylene

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1.	Sütün Kompozisyonu.....4
Tablo 4.1.	%3 Yağlı İnek Sütünün Vitamin İçeriği.....29
Tablo 5.1.	Zenginleştirmeye Tabi Tutulmuş Bazı Gıdalar.....36
Tablo 7.1.	Farklı Yağ Miktarına Sahip Çiğ Sütlerin Ortalama Vitamin Değerleri.....52
Tablo 7.2.	Süt Yağının %3'den %1.5'e İndirilmesi Sonucu Ortalama Vitamin Kayıpları.....53
Tablo 7.3.	%3 Yağ İçeren Çiğ Sütün Isıl İşlem Öncesi ve Sonrası Ortalama Vitamin Değerleri.....54
Tablo 7.4.	%1,5 Yağ İçeren Çiğ Sütün Isıl İşlem Öncesi ve Sonrası Ortalama Vitamin Değerleri.....54
Tablo 7.5.	%3 Yağlı Sütün Isıl İşlemler Sonucu Ortalama Vitamin Kaybı.. 56
Tablo 7.6.	%1.5 Yağlı Sütün Isıl İşlemler Sonucu Ortalama Vitamin Kaybı 56
Tablo 7.7.	%3 Yağlı Çiğ Süte Farklı Isıl İşlem Tipleri İçin İlave Edilecek Ortalama Vitamin Miktarları (IU).....57
Tablo 7.8.	%1,5 Yağlı Çiğ Süte Farklı Isıl İşlem Tipleri İçin İlave Edilecek Ortalama Vitamin Miktarları (IU).....58
Tablo 7.9.	%3 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Retinol Kayıpları.....61
Tablo 7.10.	%1.5 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Retinol Kayıpları.....61
Tablo 7.11.	%3 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Kolkalsiferol Kayıpları.....62
Tablo 7.12.	%1.5 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Kolkalsiferol Kayıpları.....62
Tablo 7.13.	%3 Yağlı Pastörize Sütün 2000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları.....63
Tablo 7.14.	%3 Yağlı Pastörize Sütün 1000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları.....64
Tablo 7.15.	%3 Yağlı Pastörize Sütün 500 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları.....64
Tablo 7.16.	%1.5 Yağlı Pastörize Sütün 2000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları.....65

Tablo 7.17.	%1.5 Yağlı Pastörize Sütün 1000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları.....65
Tablo 7.18.	%1.5 Yağlı Pastörize Sütün 500 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları.....66

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1.	: Pastörize İçme Sütü Prosesi.....31
Şekil 3.1.	: Klarifikatör.....24
Şekil 3.3.	: Krema seperatörü.....24
Şekil 3.4.	: Plakalı pastörizatör.....26
Şekil A.1.	: Standart Retinol Kromatogramı.....72
Şekil A.2.	: Standart Kolkalsiferol Kromatogramı.....73
Şekil A.3.	: Çiğ Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı.....74
Şekil A.4.	: Çiğ Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı75
Şekil A.5.	: Pastörize Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı76
Şekil A.6.	: Pastörize Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı77
Şekil A.7.	: UHT Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı.....78
Şekil A.8.	: UHT Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı79
Şekil A.9.	: Zenginleştirilmiş Pastörize Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı.....80
Şekil A.10.	: Zenginleştirilmiş Pastörize Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı.....81
Şekil A.11.	: Zenginleştirilmiş UHT Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı.....82
Şekil A.12.	: Zenginleştirilmiş UHT Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı.....83
Şekil A.13.	: Kaynamış Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı.....84
Şekil A.14.	: Kaynamış Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı.....85

ÖZET

PASTÖRİZE SÜTÜN A ve D VİTAMİN KAYIPLARININ İNCELENMESİ ve A – D VİTAMİNLERİNCE ZENGİNLEŞTİRİLMESİ

Süt insan beslenmesinde ve sağlığında önemli bir yere sahip olan değerli bir gıda maddesidir. Sahip olduğu yüksek değerde besin öğeleri dolayısıyla süt Dünya tarihi boyunca insanoğlu tarafından çok çeşitli şekillerde kullanılmıştır. Değişik çevresel, kültürel, bölgesel farklılıkların doğrultusunda günümüzde çok çeşitli süt ürünleri üretilmekte ve tüketilmektedir. Gelişen teknolojik olanaklar da süt sanayine yeni ufuklar kazandırmıştır. Süt ürünlerinin çeşitliliği arttırılmış, muhafaza ve nakil koşulları iyileştirilmiş, ürünlerin çeşitli arzu edilmeyen yönlerinin iyileştirilmesi yönünde de bu teknolojik olanaklar yardımıyla önemli aşamalar kaydedilmiştir.

Bu kaydedilen gelişmelerden biri de sütün tabi tutulduğu proses boyunca kaybettiği bazı bileşenlerinin ve niteliklerinin geri kazandırılması ya da istenen değerlere yaklaştırılması ile ilgili olan gelişmelerdir.

Bu araştırmada çiğ sütün pastörize süte işlenmesi süreçlerinde uğradığı vitamin kayıplarının HPLC metodu ile saptanması ve son ürünün vitamin kayıpları doğrultusunda zenginleştirilmesi incelenmektedir.

SUMMARY

INVESTIGATION of VITAMIN LOSSES DURING PASTEURIZATION PROCESS and VITAMIN A-D FORTIFICATION of MILK

Milk is a valuable food for human nutrition and health. Its components have high nutritional value so milk has been used extensively in the form of different products throughout history. Different kinds of milk products are being produced over the world due to cultural, local, and environmental differences. New technologies now prove new horizons to milk industry . Improvement of milk products varieties, improvement of storage and transportation conditions and removal of undesired properties are now possible with new technologies.

One of these technologies is vitamin fortification of milk which makes up for lost vitamins during the pasteurized milk production process. The aim of this project is to determine by HPLC the scope of losses of vitamin A and D during pasteurized milk processing and to investigate the efficiency of the fortification process.

1.GİRİŞ

Süt, sahip olduğu yüksek değerde besin öğeleri dolayısıyla insan sağlığı ve beslenmesinde çok önemli bir yer tutan gıda maddelerinden birisidir. Bu üstün niteliklerinden dolayı süttten insanlık tarihi boyunca çok çeşitli şekillerde faydalanılmış ve de faydalanılmaktadır. Değişik kültürel, yöresel, teknolojik farklılıklar doğrultusunda süttten çok çeşitli ürünler üretilmektedir. Özellikle gıda sanayinde önemli teknolojik gelişmelerin kaydedilmesi sonucu süt sanayinde de önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu gelişmeler ışığında süt ürünlerinin çeşitliliğı, kalitesi arttırılmıştır.

Süt sanayindeki ilerlemelerden bir kısmı da süttün hammaddeden mamul maddeye dönüşüncye kadar tabi tutulduğı proses boyunca kaybettiğı bazı bileşenlerinin ve niteliklerinin geri kazandırılması ya da bu bileşen miktarlarının sütte bulunandan daha yukarı seviyelere çekilmesi ile ilgili olan gelişmelerdir.

Süt, işlenmek için tabi tutulduğı proses boyunca bir takım değişikliklere uğramaktadır. Proses boyunca süttün yağ miktarı, su oranı, kuru madde miktarı, protein içeriğı ve yapısı, mineral madde ve vitamin miktarları değişebilmektedir.

Süttün vitamin içeriğı de süttün işlenme sürecinde çeşitli faktörler doğrultusunda değişmektedir. Süt yağının ayrılması, ısıl işlem gibi etmenler vitamin miktarını değiştiren başlıca faktörler olmaktadır.

Bu araştırma çiğ süttün pastörize süte işlenmesi sırasında süt yağı standardizasyonu, ısıl işlem sürecinde ve son ürünün ambalajlanma ve depolanma sürecinde meydana gelen A ve D vitamini kayıplarını HPLC ile saptamayı ve son ürünü vitamin kayıpları doğrultusunda A ve D vitaminlerince zenginleştirmeyi konu almaktadır.

2. SÜT ve SÜTÜN GENEL ÖZELLİKLERİ

2.1. Sütün Tanımı

Süt, memelilerin yavrularını besleme amacı ile ürettikleri bir gıda maddesidir. Dünya üzerinde inek, buffalo, deve, keçi, koyun ve insan gibi pek çok canlı beslenme ve gelişme açısından son derece değerli bir içeriğe sahip olan sütü vücutlarında üretebilmektedirler [1]. Zamanla değişen şartlar ve teknolojik imkanlarla beraber süt çok çeşitli şekillerde işlenen ve kullanılan bir gıda maddesi olarak insan hayatına daha fazla girmeye başlamıştır.

Süt, hem bir çözelti, hem bir süspansiyon, hem de bir emülsiyondur. Şöyle ki:

- Yağ globüllerinin sürekli bir serum fazında dağıldığı bir yağ – su emülsiyonu,
- Kazein misellerinin, globüler proteinlerin ve lipoprotein partiküllerinin koloidal bir süspansiyonu,
- Laktoz, çözünebilir protein, mineral, vitamin ve diğer komponentlerin bir çözeltisi olarak tanımlanabilir [1].

2.2. Sütün Kompozisyonu

Sütün besinsel ve ticari olarak sahip olduğu yüksek değer kimyasal bileşiminden kaynaklanmaktadır. Süt çok kompleks bir gıda maddesi olup, çok farklı türde moleküler yapılar içermektedir. Sütün bileşimi çok çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Sütü üreten canlının cinsi, beslenme koşulları ve gıdası, ırkı ve yaşı, coğrafi koşullar, iklimsel farklılıklar süt kompozisyonunu etkileyen ve farklı kompozisyonlarda sütler ortaya çıkmasına yol açan faktörlerden bazılarıdır. Farklı kompozisyonlardaki sütler de sahip oldukları kompozisyonlar doğrultusunda birbirinden farklı özellikler gösterebilmektedirler [1, 2].

Süt kompozisyonunu oluşturan bileşenler :

- Su,
- Süt yağı,
- Yağsız kuru madde,
- Protein,
- Laktoz,
- Mineraller – Kalsiyum, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum, demir, bakır ve diğerleri,
- Asitler – Sitrik, formik, laktik, asetik, okzalik asitler,
- Enzimler – Peroksidaz, katalaz, fosfataz, lipaz,
- Gazlar – Oksijen, nitrojen,
- Vitaminler – A, D, tiamin, riboflavin ve diğerleri.

Süt fraksiyonlarını şu şekilde tanımlayabilmekteyiz:

Plazma: Süt – süt yağı

Serum: Plazma – kazein miselleri

Yağsız kuru madde: Süt proteinleri, laktoz, mineraller, enzimler, vitaminler

Toplam katı madde: Yağ ve yağsız kuru madde

Yukarıda tanımlanan fraksiyonlar sütün temel yapısını oluşturan fraksiyonlardır. Bu fraksiyonlar sütün karakteristik özelliklerine göre veya sütün işlenmesi sırasında geçirdiği işlemlere göre farklılıklar gösterebilmektedir. Bu farklılıklar yapısal veya madde miktarına bağlı farklılıklar olabilmektedir. Bu da son ürün kalitesini direkt olarak etkilemektedir. Standart bir ürün kalitesi yakalayabilmek için süt komponentlerinin standardize edilmesi gereklidir [3].

Süt temel bileşenlerinin ortalama kompozisyonu Tablo 2.1’de verilmiştir:

Tablo 2.1. Sütün Kompozisyonu [3].

Süt Bileşenleri	Miktar (%)
Su	87.5
Kurumadde	12.5
Kurumaddede yağ	3.5
Yağsız Kurumadde	9.0
Protein (serumda)	3.6
Süt şekeri	4.7
Tuzlar	0.7

2.3. Süt Bileşenleri

2.3.1. Su

Sütün bileşimi türlere göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak sütün %60–90’ı sudan meydana gelmektedir. İnek ve insan sütünün yaklaşık olarak %87’si sudur. Sütün su içeriği metabolizmanın laktoz sentezine bağlıdır. Su miktarı az olan sütler daha yoğun bir protein ve lipid içeriğinden dolayı daha viskoz bir yapıdadır. Diğer süt bileşenleri süt içerisinde çözünmüş, süspansiyon halinde dağılmış ya da emülsifiye bir formda bulunmaktadır. Su sütteki tuz, mineral maddeler ve süt şekerleri için çözücü bir ortam oluşturmaktadır. Yağ ve protein gibi çözünmeyen maddeler için sütteki su dispersiyon ortamı oluşturmaktadır. Sütte yağ emülsiyon formunda, kazein ise kolloidal olarak dağılmış halde bulunmaktadır. Sütteki suyun çok az bir kısmı, yaklaşık %3-4 kadarı, hidrat suyu olarak bağlı bulunduğu bu bağlı su çözücü olarak işlev görmemektedir [2 , 3, 4].

Sütteki su sütte gerçekleşebilecek bütün kimyasal reaksiyonlar için bir substanz olarak kabul edilebilir. Bu nedenle sütün bazı ürünlere işlenmesi esnasında su miktarı azaltılarak ürün stabilitesi arttırılmakta ve mikrobiyal gelişim önemli ölçülerde engellenmektedir. Sütün su miktarının değişimi sütün donma noktası, ışığı kırma ile ilgili fiziksel özelliklerini değiştirmektedir. Bu fiziksel özelliklere dayanılarak sütün su içeriğindeki değişimler saptanabilmektedir. Sütlere yapılan su ilavelerinin saptanması da bu fiziksel değişimlerin takibi ile yapılmaktadır [3].

2.3.2. Süt Yağı

Sütün yapısındaki en önemli bileşenlerden birisi de süt yağı ya da daha geniş anlamda süt lipidleridir. Bilhassa ekonomik açıdan sütün yağ içeriği son derece önemlidir çünkü süt süt yağı kriter alınarak ticari açıdan değerlendirilmektedir. Süt işletmeleri genellikle işlemek için aldıkları sütü fiyat olarak değerlendirmede süt yağını baz olarak almaktadırlar [5].

Süt yağı ekonomik açıdan olduğu kadar fizyolojik açıdan da son derece önemlidir. Gıda tüketimiyle metabolik aktiviteler sonucu vücut için gerekli enerjinin yaklaşık olarak %25'i yağlardan karşılanmaktadır. Süt ve süt ürünleri tüketiminin yaygın olduğu ülkelerde yaklaşık 30-40 gram kadar süt yağı tüketimiyle vücut kendisi için gerekli enerjinin büyük bir kısmını süt yağı aracılığıyla sağlamış olmaktadır. Süt yağı ayrıca fizyolojik değeri yüksek yağ asitlerini, yağda çözünebilen vitaminleri de içermekte ve sindirim özelliklerinin yüksek olması nedeniyle de beslenmede önemli bir yere sahip olmaktadır [6].

Süt yağı süt için fizyolojik açıdan olduğu kadar sütün duysal özellikleri açısından da önemli bir bileşendir. Süt yağı süt aromasına katkıda bulunduğu gibi sütün tanecikli, aşırı viskoz bir yapı haline gelmesini de engellemektedir.

Süt yaklaşık olarak %3-4 oranında yağ içermektedir. Süt yağının bileşimi ve kıvamı büyük ölçüde beslenmeye bağlı olarak değişmektedir. Süt yağı, süt plazması içerisinde kaba dispers şekilde yağ globülleri halinde dağılmış olarak bulunmaktadır. Süt yağı globülleri, çekirdek kısmı ile bunu saran zardan meydana gelmektedir. Çekirdek kısmı trigliseridlerden meydana gelmekte ve bu çekirdeği radyal bir fosfolipid tabakası çevirmektedir. Fosfolipid tabakası lesitin, kefa lin, sfingomiyelin

ve serebrositlerden oluşmuştur. Karotenoid ve A vitamininin büyük kısmı bu fosfolipid tabaka içerisinde yer almaktadır. Fosfolipid tabakayı çevreleyen membran proteinleri, sütün yüksek düzeyde emülgasyon özelliğine sahip olmasında ve süt yağının kolloidal stabilitesinin oluşmasında rol oynarlar. Kolloidal stabilite yüksek kalitede bir son ürün için de son derece önemlidir [5, 6, 7].

2.3.2.1. Trigliseritler

Temel yağ lipidleri olan trigliseridler süt yağının yaklaşık %98,3'ünü meydana getirmektedirler. Sütteki diğer yağ lipidleri serbest yağ asitleri, mono ve digliseridler, fosfolipidler, steroller ve hidrokarbonlardır [8].

Trigliseritler gliserin ile üç değişik veya aynı türde yağ asidinin ester bağları yaparak biraraya gelmesi sonucu meydana gelirler. Süt yağı, yapısında kısa zincirli yağ asitlerinin fazla miktarda bulunmasıyla karakterizedir. Trigliseridlerin yapımı için gerekli gliserin hemen hemen tümüyle kan glikozundan sağlanmaktadır. Bu sentez meme bezinde gerçekleşmektedir [9, 10].

Trigliserid yapı içerisinde sütte bulunan yağ asitleri genellikle yapısal özellikleri dikkate alınarak bu özellikler doğrultusunda çok çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler:

- **Zincir uzunluklarına göre:**

Uzun zincirli yağ asitleri: Miristik, palmitik, stearik, oleik asitler

Kısa zincirli yağ asitleri: Bütirik, kaproik, kaprilik ve kaprik asitler

- **Çift bağların bulunmasına göre:**

Miristik, palmitik ve stearik asitler sütte yer alan doymuş yağ asitleridir. Yağ asitleri kompozisyonu sütün fiziksel yapısının oluşmasında önem arz etmektedir.

- **Karbon atomları sayılarına göre:**

Tek sayılı ve çift sayılı karbon atomuna sahip yağ asitleri.

- **Yapılarının dallanmış olmasına göre yağ asitleri [9].**

Yağ asitlerinin 15 kadarı majör yağ asitleri olup, miktarları %1'den fazladır. Süt yağındaki çift sayılı karbon atomlu doymuş yağ asitleri (özellikle miristik, palmitik, stearik asit) ve 18 karbonlu doymamış yağ asitleri daha fazla miktarda bulunmaktadır. Süt yağının bileşiminde bulunan yağ asitlerinin çeşitli özellikleri; oda sıcaklığında sıvı veya katı olmaları, erime ve donma dereceleri, suda ve alkolde çözünübilirlikleri, uçuculukları bileşimine girdikleri trigliseritlerin, dolayısıyla yağın fiziksel, kimyasal ve teknolojik özelliklerini etkilemektedir [11].

2.3.2.2. Fosfolipidler

Fosfolipidler veya gliserolfosfatidler olarak da bilinen fosfolipidler süt yağının yaklaşık olarak %0.2-1'ini oluşturmaktadırlar. Sütteki fosfolipid miktarı mevsim ve beslenme koşullarına göre değişmektedir. Fosfolipidlerde gliserin genellikle iki hidroksil grubu yağ asidi, bir hidroksil grubu da fosforik asit ve azotlu bir baz köküyle birleşerek esterleşmiştir. Fosfolipidler özellikle hücre zarında bulunurlar. Membran yapısının %20 kadarı fosfolipidlerden oluşmaktadır. Alkol, eter, kloroform gibi organik çözücülerde çözünübilirler. Suda çözünmeyerek kolloidal çözeltiler oluştururlar.

Fosfolipidler esansiyel yağ asitlerini yüksek oranlarda içermeleri sebebiyle beslenme açısından önemli bileşenlerdir. Fosfolipidler yağ globülleri etrafında emülsiyon kılıfları oluşturarak emilimi arttıırırlar. Fosfolipidler kolesterolü çözerek damar tıkanıklığı olarak bilinen arterios-klerosis oluşumunu engellerler [12, 13].

2.3.2.3. Serbest Yağ Asitleri

Süt yağında %0.2-0.4 gibi az bir oranda serbest yağ asitleri bulunmaktadır. Bu yağ asitlerinin serbest bir formda bulunması, sütün oluşumu esnasında kan yoluyla meme bezlerine taşınan yağ asitlerinin az da olsa bir kısmının gliserin ile esterleşmemiş olmasından kaynaklanmaktadır. Bir süre beklemiş sütlerde de hidrolizasyon sonucu serbest yağ asitleri meydana gelmektedir. Kısa zincirli serbest yağ asitlerinin miktarca artışı acılaşmaya neden olarak sütün doğal tat ve aromasını bozmaktadır [13].

2.3.2.4. Süt Lipidlerinde Meydana Gelen Değişmeler

Süt lipidlerinde çeşitli etmenler sonucu fiziksel ve kimyasal çok çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir. Homojenizasyon, ısıl işlem gibi teknolojik uygulamalar, mikrobiyal ve enzimatik faktörler süt lipidleri üzerinde bazı değişmelere yol açmaktadır [14].

Homojenizasyon işlemi ile yağ globüllerinin boyutu küçültülerek sütün içinde disperzif bir şekilde dağılmaları sağlanır. Bu şekilde yağ globüllerinin bir araya gelerek tabaka oluşturmaları engellenmiş olur. Homojenizasyon işlemi süt yağında sadece fiziksel değişmelere yol açmaktadır [15].

Süt yağında meydana gelen oksidatif ve lipolitik değişiklikler ise kimyasal değişiklikler olup sütün aromasında, tat ve görünümünde istenmeyen değişikliklere sebep olmaktadır. Bu değişikliklerden aynı zamanda yağda çözünmüş durumda bulunan maddeler de etkilenmektedirler. Yağda çözünen vitaminler ve bazı yağ asitleri bu reaksiyonlar sırasında tahrip olmaktadır [14].

2.3.3. Süt Proteinleri

Proteinler hem bir besin ögesi hem de bir yapı materyali olarak önem kazanmaktadır. Proteinler canlıların büyüme, çoğalma, vücut yapısının oluşturulması ve onarılması süreçleriyle son derece sıkı bir şekilde ilişkilidirler. Süt proteinleri organizmada sentezi yapılamayan, gıdalarla alınması zorunlu olan esansiyel aminoasitleri de içerdiğinden dolayı insan beslenmesinde son derece önemli bir rol oynamaktadır. Süt proteinleri teknolojik ve ekonomik açıdan da değeri yüksek proteinlerdir. Süt fiyatlarının tespitinde süt yağı ile beraber süt proteinleri miktarı da baz alınmaktadır. Süt proteinleri özellikle peynir üretiminde temel maddeyi oluşturduğundan dolayı ekonomik ve teknolojik olarak değer kazanmaktadır. Ayrıca yoğurt, süt tozu, koyulaştırılmış süt gibi ürünlerde de süt proteini en önemli bileşen konumundadır [16].

Protein moleküllerinin yapıtaşları aminoasitlerdir. Aminoasitlerden birinin karboksil grubu diğer amino asidin amino grubuyla bağlanarak peptid bağları oluşturarak peptidleşme reaksiyonu verirler. Peptidleşme reaksiyonları sonucu

kompleks yapılı protein molekülleri ortaya çıkmaktadır. Organizmada yapılan protein sentezi organizmanın sahip olduğu genetik materyal doğrultusunda, organizmaya özgü bir şekilde yapılmaktadır. Her proteinde amino asit sırası ve sayısı genetik olarak tespit edilmektedir. Amino asitlerin bir araya gelerek peptid zincirlerini meydana getirmeleri proteinlerin primer yapılarını meydana getirir. Oluşan polipeptid zincirlerinin kendi eksenleri etrafında kıvrılmasıyla ya da hidrojen köprüleri vasıtasıyla birbirleriyle birleşmeleri sonucu sekonder yapı meydana gelir. Sekonder yapının üstüste katlanması veya sarılması sonucu proteinlerin tersiyer yapısı ortaya çıkmaktadır. Benzer özelliklere sahip protein ünitelerinin bir araya gelerek topluluklar oluşturması ile protein polimerizasyonu oluşmakta ve proteinlerin uzaydaki üç boyutlu yapıları, kuartern yapı ortaya çıkmaktadır [16,17].

Süt proteini tüm amino asitleri içermektedir. Vücutta yapılamayan fakat metabolik aktiviteler için alınması gerekli tüm esansiyel amino asitler sütte mevcuttur [17].

Çeşitli gıda proteinlerinin biyolojik değerleri incelendiğinde süt proteinlerinin oldukça yüksek bir biyolojik değere sahip olduğu görülmektedir. Biyolojik değer; gıdadan 100 gram protein alındığı zaman bunun kaç gramının doku proteinine dönüştüğünü ifade eden değer olmaktadır. Bu açıdan yumurta proteini baz alınmakta ve biyolojik değeri 100 olarak ifade edilmektedir. Diğer proteinlerin biyolojik değerleri yumurta proteinine göre tespit edilmektedir [17].

Süt proteini, özellikle peynir suyu proteini fraksiyonu laktalbuminin biyolojik değeri oldukça yüksektir [17].

Süt proteinleri %3 kazein, %0.5 laktalbumin, %0.05 laktoglobulinden oluşmaktadır. Süt proteinlerinin yaklaşık olarak %80'ini oluşturan kazein sütün en büyük protein fraksiyonunu meydana getirmektedir [16,17].

2.3.3.1. Kazein

Kazein tüm süt proteinlerinin yaklaşık olarak %80'ini oluşturmaktadır. Sütteki kazein miktarı sütün çeşidine, beslenme, çeşitli mevsimsel ve çevresel koşullara bağlı olarak değişmektedir. En önemli kazein fraksiyonları alfa (s1), alfa (s2)

kazeinleri, β kazein ve kapa kazeinleridir. Kazein bu fraksiyonların birleşmesinden meydana gelmiş heterojen bir kompleksdir. Kazein sütte bir kalsiyum tuzu halinde bulunmaktadır. Ayrıca kazein yapısında %6 oranında kolloid halinde kalsiyum fosfat bulunmaktadır. Kazein bir kalsiyum kazeinat–fosfat kompleksidir. Taşıdığı bir miktar fosforik asit dolayısıyla da kazeinler fosfoproteidler olarak da anılmaktadırlar [18].

Kazeini oluşturan komponentler çeşitli yöntemlerle birbirinden ayrılabilirler. Kazein komponentleri alkol, üre solüsyonlarında ve tuzları oluşturulmak suretiyle çöktürülerek ayrılmaktadır. Kazeinlerin en belirgin ayırıcı özellikleri pH 4.6’da olan düşük çözünürlükleridir. Yani pH 4.6 kazeinin izoelektrik noktasıdır [18].

• Kazein Kompleksinin Stabilesini Etkileyen Faktörler

Kalsiyum iyonları,

Hidrojen bağları,

Disülfid bağları,

Hidrofobik etkiler,

Elektrostatik etkiler,

Van der Waals kuvvetleri,

Ortamdaki tuz miktarı,

pH,

Sıcaklık,

Isıl işlemler,

Dehidrasyon [18].

•Kazein Kompleksinin Pıhtılaşması

Kazeinin pıhtılaşması süt sanayinde önemli bir konudur. Kazein çeşitli etmenler sebebiyle pıhtılaşmaktadır.

Süt asitliğinin sütün bayatlaması ya da daha başka sebeplerle artışından dolayı kazein pıhtılaşmaktadır. Asit etkisiyle pıhtılaşma sonucu kalsiyum, kazeinattan ayrılarak dibe çökmektedir. Eriyik haline geçmiş olan kazein ise jelleşmektedir. Kazeinin asit etkisiyle pıhtılaşmasında sıcaklık artışı pıhtılaşma sürecini hızlandırmaktadır. Asitlik artışı ile kazeinin pıhtılaşması olayından gıda sanayinde yoğurt ve bazı ekşitilmiş süt ürünlerinin eldesinde yararlanılmaktadır.

Kazeinin pıhtılaşmasına yol açan bir diğer faktör ise, proteolitik enzimlerdir. Kazeinin enzim etkisiyle pıhtılaşmasının midede sindiriminde ve peynir teknolojisinde büyük önemi vardır. Kazeini pıhtılaştırmak amacıyla peynir teknolojisinde genellikle kullanılan enzim süt buzağılarının şirden adı verilen dördüncü mide kısmından çıkarılan rennin enzimidir. Sıcaklık, pH, substrat konsantrasyonu, kazein misellerinin büyüklüğü, kalsiyum, enzimin kökeni ve konsantrasyonu, ortamdaki anyonlar ve katyonlar, yağ asitleri, fosfat ve sitratlar, homojenizasyon kazeinin enzimatik pıhtılaşmasını etkileyen faktörlerdir [18, 19].

Kazein alkol ve ağır metallerin etkisiyle de pıhtılaşma göstermektedir [18].

Kazein gıda sanayinde ve bazı sanayi kollarında yaygın olarak kullanılan bir maddedir. Gıda sanayinde esansiyel amino asitlerce fakir olan ekmek, çeşitli bitkisel ürünlerin esansiyel amino asitlerce zenginleştirilmesi, yoğurt ve kremalarda kurumadde oranının arttırılması ve ürün yapısının iyileştirilmesi; dondurma, sosis ve diğer bazı et ürünlerinde de yapısal iyileştirmeler amacıyla kazein ve türevleri kullanılmaktadır [19].

2.3.3.2. Süt Serumı Proteinleri

Süt serumu proteinleri tüm süt proteinlerinin yaklaşık olarak %20'sini oluşturmaktadır. Lakalbumin, laktoglobulin, immünoglobulin, proteoz peptonları süt serum proteinlerinin başlıcalarıdır.

- **Laktalbumin:** Süt proteinlerinin %10'luk bir bölümünü oluşturan laktalbumin biyolojik değeri itibariyle tam protein olarak kabul edilen yumurtadan dahi yüksek bir biyolojik değere sahip olan bir proteindir. Laktalbumin süt proteinlerinin asit veya peynir mayası ile çöktürülemeyen peynir suyu proteinlerine dahil olup peynir suyu proteininden doymuş amonyum sülfat ile çöktürülerek ayrılabilir.

Laktalbumin suda kolloidal olarak çözünmektedir. Süt serumunda kazeinden daha küçük kolloid tanecikler meydana getirmiştir. Sütteki hidrofil karakterli proteinlerden olup hidrofil özelliğe olmasından dolayı asit etkisiyle kolayca pıhtılaşmaz. Bu özelliği ile kazeinin de pıhtılaşmasını bir dereceye kadar engelleyerek süt yapısını koruyucu bir rol oynar [20].

Peynir mayasının da laktalbumin üzerinde bir etkisi yoktur. Bu sebeple peynir yapımında pıhtıya geçmeyerek peynir suyunda immünoglobulinle beraber ayrılır.

Laktalbumin asit ve enzimatik etkilere dirençli olmasına karşın ısı uygulamalara karşı hassas olup ısı işlemlerle çökmektedir. Laktalbuminin ısı işlemlere olan hassasiyeti peynir teknolojisinde sorun oluşturmaktadır. Denatüre olan laktalbumin kazein miselleri üzerinde yerleşerek peynir mayasının kazeine etkisini engellemektedir. Laktalbuminin ısı işleme olan duyarlılığından bazı tip peynirlerin eldesinde yararlanılmaktadır. Lor peyniri peynir altı suyu ısıtılarak laktalbuminin pıhtılaşmasıyla elde edilmektedir. Peynir altı suyundan esansiyel amino asitler açısından fakir olan ekmek ve tahıl ürünlerinin zenginleştirilmesinde peynir suyu tozu olarak faydalanılmaktadır [20, 21].

- **Laktoglobulin:** Laktoglobulin tüm süt proteinlerinin %2'sini oluşturmaktadır. Kolostrumda ise miktarı oldukça yüksek olup kolostrum proteini olarak da bilinmektedir. Kolostrumda yüksek miktarda olması yeni doğan yavruyu enfeksiyonlara karşı korumada önemli bir rol oynamaktadır. Sütte antimikrobiyal bir fonksiyonu bulunmaktadır. Bağışıklık sistemine yaptığı katkıdan dolayı son yıllarda immünoglobulin veya immünoprotein olarak da adlandırılmaktadır [21].

• **Proteoz - Peptonlar:** Süt serumunda bulunan süt proteinlerinin parçalanma ürünleridir. Proteoz ve peptonlar süt proteinleri içinde ısıya karşı en dirençli olanlardır [21].

2.3.4. Süt Enzimleri

Enzimler metabolik aktivite içerisinde gerçekleşen kimyasal reaksiyonları kataliz eden protein yapıdaki biyolojik katalizörlerdir. Süt bileşenlerinin sentezlenmesi boyunca gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar bir çok enzim tarafından kataliz edilmektedir. Meme bezlerinde süt maddelerinin oluşumunda görev yapan enzimler; somatik hücreler, lökositler aracılığıyla süte geçmektedirler. Süte geçen enzimler süt içerisinde de çeşitli reaksiyonları katalizlemektedirler. Ayrıca süte dışarıdan mikrobiyal bulaşım sonucu bu mikroorganizmalar da sütte enzimatik aktivitelerde bulunmaktadır.

Süt teknolojisinde enzimlerden geniş ölçüde yararlanılmaktadır. Örneğin, peynir yapımı ve peynirin olgunlaşmasında, tereyağ yapımında kremanın olgunlaşmasında enzimlerden yararlanılmaktadır. Çeşitli süt ürünlerinde tat ve aroma gelişiminde enzimlerin önemli rolü olmaktadır. Süte uygulanan ısı işlemlerin yeterli düzeyde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediğinin anlaşılmasında ve meme bezleri hastalıkları teşhisinde enzimler indikatör olarak kullanılmaktadırlar [22].

Süt sanayinde enzimlerden olumlu yönde faydalanılması yanında enzimlerin olumsuz etkileri de söz konusudur. Enzimler süt bileşenlerini parçalayarak süt ve süt ürünlerinde istenilmeyen tat ve koku oluşumlarına sebep olmakta, süütün bozulmasına ve kalite düşüklüğüne yol açmaktadırlar. Süt enzimleri 5 grup altında toplanmaktadırlar:

1. Glukozidazlar,
2. Esterazlar,
3. Proteinazlar,
4. Oksiredüktazlar,
5. Aldolazlar.

1. Glukozidazlar:

- **Amilaz:** Diastaz ismiyle de bilinen amilaz nişasta ve glikojendeki glikozid bağlarını parçalamaktadır. Süt kökenli enzimlerden olup pastörize ve kaynatılmış sütlerin yeterince ısıtılma tabi tutulup tutulmadığının anlaşılması için süt sanayinde indikatör olarak kullanılmaktadır. Isıtılma tabi tutulmuş sütler pozitif amilaz reaksiyonu veriyorsa bu ısıtılmanın yetersiz olduğunu ya da ısıtılma işlemi geçirmiş süte çiğ süt katıldığı anlamına gelmektedir.

- **Laktaz:** Laktaz laktozu glikoz ve galaktoza parçalamaktadır.

2. Esterazlar:

- **Lipaz:** Lipaz enzimi trigliseritleri gliserin ve yağ asidine parçalamaktadır. Laktasyon periyodunun ileri dönemlerinde ve meme hastalıklarında lipaz aktivitesi artmaktadır. Lipaz aktivitesinin artışı sütün kaymak bağlama kapasitesini düşürmekte ve süte acı bir lezzet kazandırmaktadır. Enzim aktivitesi asidik ortamlarda azalmaktadır.

- **Fosfataz:** Fosfataz organik fosfor asit esterlerini alkol ve fosforik aside parçalayan enzimdir. Pastörizasyon işleminin etkinliğinin tespitinde indikatör olarak kullanılmaktadır. Fosfataz sütte orijiner bir enzim olabildiği gibi süte karışan mikroorganizmalar tarafından da meydana getirilmektedir.

3. Proteinazlar: Polipeptid zincirleri içerisinde yer alan peptid bağlarını parçalayan enzimlerdir.

4. Oksiredüktazlar:

- **Ksantinoksidaz:** Yağ globülleri membranında yer alan ksantinoksidaz enzimi hipoksantin ve ksantin ürik aside dönüşmesindeki oksidasyon olayını kataliz etmektedir. Aynı zamanda alifatik ve aromatik aldehitleri asitlere çevirmektedir.

- **Peroksidaz:** Peroksidaz, hidrojen peroksit, etil peroksit, baryum peroksit ve peroksit içeren yağları hidrasyona uğratmakta ve aynı zamanda fenol derivatlarını dehidratasyon yoluyla kinona çevirmektedir. Peroksidaz enzimi ısıl işleme karşı hassas olup pastörizasyon işleminin etkinliğinin kontrolü amacıyla kullanılmaktadır.

- **Katalaz:** Katalaz enzimi hidrojen peroksitin su ve oksijene parçalanma reaksiyonunu kataliz etmektedir. Katalaz, peroksidazın aksine diğer peroksitlerle reaksiyona girmemektedir.

5. Aldolazlar

Aldolaz enzimi sütteki fruktoz – 1, 6 difosfatı dioksiaseton fosfor asidine ve gliserinaldehit – fosfor asidine dönüştürmektedir [22].

2.3.5. Süt Karbonhidratları

Sütün karbonhidrat içeriğinin en önemli kısmını süt şekeri olarak anılan laktoz meydana getirmektedir. Sütte yer alan diğer karbonhidratların konsantrasyonları laktoz kadar önemli miktarlarda olmayıp, laktoz kadar fazla bir öneme de sahip değillerdir. Laktoz sütün sentezi esnasında temel bir rol oynamaktadır. Düşük konsantrasyonda bulunan diğer karbonhidratlar arasında serbest glikoz ve galaktoz, amino şekerleri, şeker fosfatları yer almaktadır.

Süt, önemli bir karbonhidrat kaynağı olmadığından beslenme yönünden laktozun enerji değeri beslenme için fazla önem arz etmemektedir. Günde karbonhidratlardan sağlanması gereken enerjinin, toplam enerjinin %50'si kadar olması gerektiği önerildiğine göre süt ve süt ürünlerinin enerji sağlamada karbonhidratlar yönünden payları oldukça düşük olmaktadır [23].

2.3.5.1. Laktoz

Laktoz doğada sütte yer aldığı için süt şekeri olarak da bilinmektedir. Sütteki ortalama miktarı %4-6 olup, osmotik sistemde yer alışı dolayısıyla varyasyonu oldukça dar bölgeler içinde kalmaktadır. Gebelik ve emzirme dönemlerinde çok az

miktarlarda kan ve idrarda da görülmektedir. Süt kurumaddesinin de 1/3'ünden fazlasını laktoz oluşturmaktadır.

Laktoz d-galaktoz ve d-glikoz monosakkaritlerinden oluşmuş bir disakkarittir. Laktoz α ve β olmak üzere iki fraksiyona sahiptir. Sütte asitliğin artmasıyla beraber laktoz laktik aside dönüşmektedir. Asidik ortamda ısıtma veya enzimatik etki sonucu laktoz kendini oluşturan bileşenlerine ayrılmaktadır.

Laktoz fizyolojik yönden büyük önem taşımaktadır. Özellikle laktozun yapısındaki galaktozun beyin dokusundaki glikolipidlerin kaynağını oluşturması laktoza önem kazandırmaktadır. Yapılan çok sayıda araştırma ile beyin gelişimi ile o canlının sütündeki laktoz miktarı arasında ilişki olduğu saptanmıştır.

Gıdada bulunan laktoz, bağırsaklarda kalsiyum emiliminin uzun süreli ve yüksek oranda olmasını sağlamaktadır. Ancak laktozun bu etkisi kendisinden değil, parçalanma ürünü olan süt asidinden kaynaklanmaktadır. Çünkü laktaz eksikliği gösteren kişilerde yapılan deneylerde kalsiyum absorpsiyonunun önemli ölçülerde gerilediği tespit edilmiştir. Normal şartlar altında organizmada mikroorganizmaların faaliyetleri sonucunda oluşan süt asidi bağırsakta asidik ortam oluşturarak kalsiyumun emilimini yükseltmektedir. Bu etki asitliği yüksek süt ürünleri tüketimiyle de gerçekleşmektedir. Süt asidi yalnız kalsiyumun değil, magnezyum ve fosfor gibi diğer minerallerin de emilimini teşvik etmektedir. Ayrıca bağırsakta oluşan asidik ortam bağırsakta yabancı mikroorganizmaların gelişmesini engelleyici antiseptik etki yapmaktadır. Laktoz yağ metabolizması üzerinde de etkili olmaktadır. Laktoz karaciğerde aşırı yağ birikimini engelleyici bir etki göstermektedir.

Bazı kimseler laktozu parçalayan laktaz enzimine sahip olmadıkları için laktozu metabolize edememektedirler. Laktoz intölerans olarak bilinen bu probleme sahip kişilerin süt şekerinin süt asidine dönüştürülmüş olduğu süt ürünlerini tüketmeleri gerekmektedir [23, 24].

2.3.5.2. Diğer Süt Karbonhidratları

Sütte laktoz dışında diğer karbonhidratlar iz olarak yer almaktadır. Glikoz, galaktoz ve diğer çeşitli şekerler iz olarak bulunan karbonhidratlardır [23].

2.3.6. Süt Vitaminleri

Vitaminler organik bileşikler olup yaşam için gerekli bir çok proseste rol oynamaktadırlar. Vitaminler organizmada enzimler, mineral maddeler ve hormonlarla beraber işlev görmektedirler ve vitaminler olmaksızın metabolik aktiviteler yürümekte ya da metabolik aktivitelerde aksaklıklar meydana gelmektedir. Süt süt yağında çözünmüş olarak A, D, E, K vitaminlerini içermektedir. Bunun yanında süt önemli ölçüde suda çözünen vitaminlere de kaynaklık etmektedir. Tiamin, riboflavin, pridoksin, siyanokobalamin, niasin, pantotenik asit bu vitaminler arasında yer almaktadırlar. Çiğ sütte çok az miktarlarda olmasına karşın C vitamini de yer almaktadır [25].

Süt vitaminleri sütün işlenmesi, depolanması, taşınması sırasında karşılaştıkları kimyasal ve mekanik bir çok etki sonucu önemli miktarlarda kayba uğrayabilmektedirler. Vitaminler ile ilgili daha geniş bilgi bölüm 4’de verilmiştir

2.3.7. Süt Mineralleri

Sütte karbonhidrat, protein ve yağ gibi temel bileşenlerin yanında metabolizmada çeşitli fonksiyonlara sahip başka bileşenler de yer almaktadır. Mineraller de metabolik aktivitelerin yürütülmesinde rol oynayan maddelerdir. Sütün 500°C’ye kadar ısıtılmasıyla beyaz mavi renkte bir kül oluşmaktadır. Bu kül süt mineral maddelerini içermektedir [26].

Kanın ve sütün mineral madde miktarları karşılaştırıldığında süt bezlerinin seleksiyon yeteneğinde olduğu, yani, kandan mineral maddeleri ayrı ayrı seçebilme yeteneğinde olduğu ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda sütte potasyum, kalsiyum ve fosfor miktarı kandaki bu maddelerin miktarına göre fazla olup, buna karşın sodyum ve klor sütte fazla miktarlarda bulunmamaktadır. Bu olayın mekanizması tam anlaşılamamış olup alveollerin hücre membranlarının seçici özelliklerinden kaynaklandığı sanılmaktadır.

Çeşitli türdeki canlıların sütlerindeki mineral maddelerin miktarları farklılık göstermektedir. Keçi sütlerinin mineral madde toplamı inek sütüne yakın olup, kadın sütünün mineral maddeleri ise inek sütüyle kıyaslandığında inek sütünün mineral madde miktarı kadın sütünün 1/3’ü kadardır. Koyun sütleri ise mineral maddece en

zengin stlerdir.

Beslenme, mevsim, evre koşulları ve sekresyon rahatsızlıkları sütün mineral madde miktarını az ya da çok olarak etkilemektedir [26, 27].

• Sütteki Mineral Maddeler

• **Kalsiyum:** Süt, organizma için en önemli kalsiyum kaynaklarından birisidir. Sanayileşmiş ülkelerde gıda ile alınan kalsiyumun % 60 - 90'ı süt ve süt ürünlerinden gelmektedir. Kalsiyum sütte bağlı ve iyonize formda bulunmaktadır. Kalsiyumun yaklaşık %20'si kalsiyum – kazeinat – fosfat kompleksi formunda kazeine bağlı olarak bulunmaktadır. Kalsiyumun %50'si kolloidal anorganik kalsiyum ve %30'u da anorganik kalsiyum olarak çözeltide iyonize olarak bulunmaktadır.

Kalsiyumun organizma için önemi öncelikli olarak kemik ve diş yapısına katılmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca kalsiyum farklı metabolik aktivitelere de katılmaktadır. Kalsiyum absorpsiyonu bir dizi süt komponentleri aracılığıyla, özellikle laktoz, amino asitler, D vitamini ve sitrik asit ile daha da artmaktadır.

Kalsiyum süt teknolojisinde de önemli bir yere sahiptir. Özellikle de peynir gibi, süt proteinlerinin pıhtılaştırılması suretiyle üretilen süt ürünlerinin imalatında önemlidir. Peynir mayasının sütü pıhtılaştırabilmesi, yani kazeinatın parçalanması ile oluşan parakazeinin pıhtı haline geçmesi için ortamda yeterli miktarda çözünür kalsiyum tuzu bulunması gereklidir. Bu bakımdan peynir yapılacak sütlere dışarıdan kalsiyum ilavesi ile daha sert bir pıhtı elde edilmektedir [27].

• **Fosfor:** Sütteki fosforun %20'si kalsiyum - kazeinat kompleksine bağlı olarak kazein misellerinin yapısında yer almaktadır. Sütte fosforun %40'lık kısmı kolloidal anorganik fosfor, %30'u anorganik formda çözünmüş durumda, %10'luk kadarı da organik bileşiklere bağlı olarak bulunmaktadır. Fosfor da kalsiyum gibi kemik ve diş yapısına katılmaktadır [27].

• **Potasyum:** Potasyum sütte çözünür halde; fosforik asit, sitrik asit ve sülfirik asit ile tuzlar meydana getirmiştir. Vücut gelişimine katkıda bulunmaktadır [27].

- **Sodyum:** Sodyum vücutta yaklaşık olarak %0.2 oranında bulunmaktadır. Tuzları suda kolay çözüldüğünden tamamına yakını vücudun hücre dışı sıvılarında yer almaktadır. Sodyum klorür, sodyum nitrat, sodyum karbonat ve sodyum bikarbonat tuzları şeklinde suda çözünür halde bulunmaktadır. Dokulardaki miktarı ise çok azdır. Sütteki miktarı çeşitli faktörlere bağlı olup özellikle mastitisli sütlerde ve ağız sütlerindeki miktarı fazladır. Laktasyon periyodunun sonunda da sodyum miktarı yükselmektedir.

Sodyum süt teknolojisi için önemli bir mineral maddedir. Sodyum klorür bir çok süt ürünüde dayanıklılığın artırılması ve aromanın geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Sütteki sodyum miktarı ile sütün peynir mayası ile pıhtılaşma süresi ve pıhtının sıkı yapı örgüsü arasında da doğru orantılı bir ilişki söz konusudur. Sodyum bikarbonat veya sodyum karbonattan tereyağ üretiminde kremanın asitliğini gidermek için yararlanılmaktadır. Sütün pastörizasyonunun kontrolü fosfataz enziminin aktivitesi sodyum difenil fosfat ile ölçülerek yapılmaktadır. Dondurma karışımlarında da stabilize edici olarak sodyum alginat kullanılmaktadır [27].

- **Klor:** Süt içerisinde genellikle sodyum ve potasyum ile tuz oluşturmuş bir şekilde bulunmaktadır. Bir miktar klor da kalsiyum ile bağlanmış durumdadır. İnek sütündeki miktarı insan sütündekinden daha fazladır. Miktarı çeşitli faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Özellikle meme hastalıklarında ve laktasyonun değişik devrelerinde miktarı artmaktadır. Bu artış meme hastalıklarının teşhisinde indikatör olarak kullanılmaktadır. Sütte klor miktarının aşırı artışı süte tuzlumsu bir tat vermektedir [27].

- **Magnezyum:** Sütteki formu genellikle fosfor ve sitrik asit ile tuz oluşturmuş şeklidir. Yaklaşık olarak 1/3'ü kazeine bağlıdır. Vücuttaki magnezyumun yaklaşık olarak %71'i kemiklerde bulunmaktadır. Kaslardaki magnezyum oranı kalsiyumdan daha fazladır. Magnezyum kemik ve diş yapısının oluşturulmasında, gelişmede, sinir ve sindirim sisteminin düzenli bir şekilde işleminde büyük rol oynamaktadır [27].

Süt teknolojisinde kalsiyum ile birlikte sütün ısıya karşı dayanıklılığını etkilemekte ve sütün peynir mayası ile pıhtılaşmasını kolaylaştırmaktadır. Fakat aşırı miktarları pıhtı sıkılığını olumsuz yönde etkilemektedir [27].

- **Kükürt:** Sütte yaklaşık %85'i proteinlerin ve sistin, metionin gibi kükürtü amino asitlerin yapısında yer almaktadır. %10'u SO₃ halinde, %5 kadarı da proteinden başka organik maddelere bağlı olarak bulunmaktadır [27].

2.4. Sütün İnsan Beslenmesindeki Önemi

Süt, organizma yapısının oluşturulması ve canlılık faaliyetlerinin devam ettirilebilmesi için gerekli olan besin öğelerinin hemen hepsini farklı miktarlarda içermektedir. Bu nedenle süt çok eski devirlerden beri tüketilegelen bir besin maddesi olmuştur.

Dengeli ve yeterli beslenme yaşam kalitesini arttıran ve insan sağlığını direkt olarak etkileyen bir olgudur. Her yaşta ve fiziksel aktivite grubundaki insan sağlıklı ve dengeli beslenebilmek için yeterli enerji, protein, yağ, vitamin ve mineral madde almak zorundadır. Bundan dolayı süt ve süt ürünleri yaşamın her döneminde çocuk, genç, gebe, emzikli kadınlarda ve yaşlılarda vazgeçilmez bir besindir.

İskeletin başlıca yapıtaşı kalsiyumdur. Kemikte kalsiyum birikimi büyüme hızına bağlı olarak artmakta ve 25 yaşında en üst düzeye ulaşmaktadır. 30 yaşından sonra kemiğin kalsiyum içeriği azalmakta ve kadınlarda menapozla hızlanmaktadır. Kalsiyum alımı, ergenlik döneminde kemik kütlesinin gelişimini, yetişkinlerde ise bu kütlenin korunmasını, postmenopozal dönemde de kemik kaybının yavaşlamasını sağlamaktadır. Kalsiyum açısından zengin bir beslenme, kişinin genetik sınırlar içerisinde kemik kütlesinin en üst düzeye ulaşmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle osteoporoz riskinin azaltılmasında büyüme çağında yeterli miktarda kalsiyum alımı önem taşımaktadır. Kalsiyumun en iyi kaynakları arasında süt ve türevleri (yoğurt, peynir, dondurma vb.) birinci sırada yer almaktadır. Süt aynı zamanda kemik yapısında etkili diğer bir mineral olan fosforca da zengindir. Kalsiyum emiliminde besinlerde kalsiyum ve fosfor arasındaki denge için en uygun besin süttür. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 1 - 10 yaş için 800 mg/gün, 11 - 24 yaş için 1200 mg/gün, sonrasında 800 mg/gün kalsiyum alınmasını önermektedir.

Süt ayrıca B grubu vitaminleri ve A vitamini bakımından da önemli bir kaynaktır. Özellikle D vitaminiyle zenginleştirilmiş sütlerin çocuklara düzenli bir şekilde verilmesiyle çocukların raşitizme karşı en iyi şekilde korunmaları

sağlanabilmektedir [28].

Süt, sahip olduğu proteinlerce de önemli bir gıda maddesidir. Süt proteinleri yaşam için büyük önem taşıyan eksojen amino asitlerin tümünü yüksek düzeyde içermektedir. Bundan dolayı süt proteinlerinin biyolojik değeri son derece yüksektir.

Öte yandan, birim miktarındaki besin öğeleri esas alındığında süt besin değeri açısından diğer hayvansal kökenli gıdalara oranla daha ucuzdur. Süt ve süt ürünleri bu açıdan da toplum beslenmesinde rağbet görmektedir. Süt ve süt ürünlerinin tüketiminin başta çocuklar olmak üzere yaygınlaşması koruyucu hekimlik açısından da önemli sonuçlar doğurmaktadır. İleri yaşlarda görülebilecek bir çok sağlık probleminin önüne çocuk ve gençlik döneminde kazanılmış düzenli bir süt ve süt ürünleri tüketim alışkanlığıyla geçilebilir [28].

3. PASTÖRİZE ve STERİLİZE İÇME SÜTÜ ÜRETİM PROSESİ

Isıl işlem görmüş içme sütü kavramıyla pastörizasyon, UHT veya sterilizasyon işlemlerinden birine tabi tutularak tüketiciye sunulan içme sütü kastedilmektedir.

3.1. Pastörize Süt Üretim Prosesi

Süt, hammadde olarak işletmeye gelmesinden ve işletmeden pastörize içme sütü olarak tüketiciye ulaşmasına kadar geçen zaman dilimi içerisinde bir dizi prosese tabi tutulmaktadır.

Süt ve süt ürünleri tüketime sunulmadan önce iki temel amaç doğrultusunda ısıl işleme tabi tutulmakta ve pastörize edilmektedir:

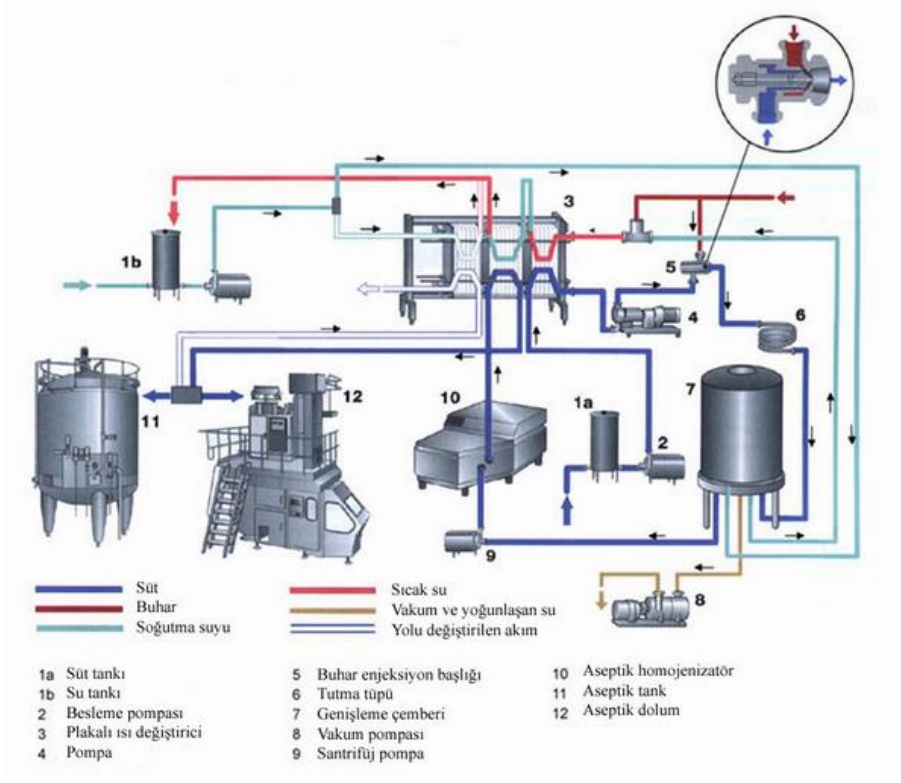
1. Isıl işlem yoluyla, sütte bulunan veya çeşitli yollarla süte geçen insan sağlığını tehdit eden patojen ve toksijen mikroorganizmaların imhası,

2. Süt ve süt ürünlerinin raf ömrünü kısaltan, ürün kalitesini düşüren, bozulmalara yol açan ve ürün standardizasyonunu etkileyen mikroorganizmaların

ortadan kaldırılması.

Kontamine olmuş çiğ süttten tüberküloz, bruselloz, malta humması, dizanteri, tifo gibi insan sağlığı için son derece tehlikeli hastalıklar insana geçebilmektedir. Bütün bu hastalıkların etmeni olan patojenik karakterdeki mikroorganizmalar pastörizasyon işlemi ile ortadan kaldırılabilmektedirler. Pastörizasyon sıcaklığı, patojen mikroorganizmalar içinde ısıya en dayanıklı olan tüberküloz etmeni *Mycobacterium tuberculosis*'in ölme derecesine göre ayarlanmaktadır.

Pastörizasyon işlemi ile hammaddeden mamul madde üretiminde sağlık, teknolojik ve ticari yönden sorun çıkarabilecek mikrobiyal etmenler ortadan kaldırılmakta veya sütte bulunan miktarları sağlık ve ticari koşullar dikkate alınarak en alt seviyelere çekilmektedir [29].



Şekil 3.1. Pastörize İçme Sütü Prosesi

3.1.1. Sütün İstenilen Niteliklere Uyup Uymadığının Kontrolü

İstenilen nitelikte, üstün kaliteye sahip ürün üretilebilmesi için öncelikle işlenecek olan hammadde konumundaki sütün istenilen nitelikleri taşıması ve bunun için de hammadde seçiminin titizlikle yapılmış olması gerekmektedir. Sütün istenilen nitelikleri taşıyıp taşımadığı da süte uygulanan bazı muayene ve testlerle saptanmaktadır. İşleme tesislerinde hammadde sütün tabi tutulduğu muayene ve testleri şu şekilde sınıflayabiliriz:

- Kirlilik oranının tespiti,
- Bakteriyolojik muayene,
- Koruyucu madde taraması,
- Duyusal muayeneler,
- Yağ miktarı tayini,
- Asitlik derecesinin saptanması,
- Süt yoğunluğunun saptanması [30, 31].

İstenilen niteliklere sahip olan süt işlenmek üzere prosese alınmaktadır. Eğer süt istenilen niteliklere uymuyorsa ya prosese dahil edilmemekte ya da istenilmeyen özellikler proses içindeki bazı uygulamalar ile istenilen derecelere getirilebilmektedir.

3.1.2. Klarifikasyon

Klarifikasyon sütü kaba kirliliklerden temizleme işlemidir. Süt içerdiği kir maddelerinden bazı ince filtreler yardımıyla temizlenebilmektedir. Fakat asıl temizleme işlemi günümüz teknolojisinde seperatörler kullanılarak yapılmakta ve sütteki bazı büyük bakteriler, kan pıhtıları ve kalıntıları, epitel hücreleri dahi bu yolla süttten ayrılmaktadır [31].



Şekil 3.2. Klarifikatör

3.1.3. Standardizasyon

Pastörize içme sütü hem yasal hem de teknolojik gerekliliklerden dolayı standardizasyona tabi tutulmaktadır. Pastörize içme sütünde süt yağı standardizasyonu üzerinde durulan en önemli faktör olmaktadır. Süt yağı süt çeşidine ve mevsime göre değişiklik gösterebilmekte ancak pastörize içme sütünde istenen yağ oranına göre separatörler vasıtasıyla süt yağı istenen seviyelere çekilebilmektedir [32].



Şekil 3.3. Krema Seperatörü

3.1.4. Homojenizasyon

Süt yağı süt içerisinde emülsiyon halinde bulunmaktadır. Fakat zamanla bu emülsiyonun kararlılığı bozulmakta ve bunun sonucunda yağ partikülleri birleşerek yağ kümeleri meydana getirmektedirler. Bu yağ kitleleri düşük yoğunluklu olduklarından yüzeyde birirmektedirler. Yüzeyde böyle bir yağ birikimi süt sanayinde istenilmeyen bir durum olduğundan bunu engellemek için yağ globüllerinin süt içerisinde homojen şekilde dağıtılması gerekmektedir. Bu işlemin adı da homojenizasyondur [32].

3.1.5. Isıl İşlem

Süte ısı işlem uygulanma amaçları kısaca süt ve süt ürünlerinde sağlık ve kalite problemleri meydana getiren mikroorganizmaların imhası olarak özetlenebilmektedir. Pastörize içme sütü değişik metodlarla ısı işleme tabii tutulmaktadır.

3.1.5.1. Sürekli Sistemde Isıl İşlem

Sürekli ısı işlem uygulamasında süt karıştırma tertibatı olan çift cidarlı kazanlarda buharla ısıtılarak pastörize edilmektedir. İşlem 65°C’de 30 dakika süreyle gerçekleştirilmektedir. İşlem sonunda toplam mikroorganizma sayısı %90 oranında azaltılmaktadır [32].

3.1.5.2. Kesikli Sistemde Isıl İşlem

İşlem sürekli sistem gibi aynı sıcaklık ve sürede gerçekleştirilmesine rağmen çift cidarlı kazanlarda belirli periyotlar dahilinde kesikli olarak gerçekleştirilmektedir [32].

3.1.5.3. Yüksek Sıcaklık Kısa Süre Uygulaması

Diğer iki uygulamaya göre daha fazla tercih edilen bir yöntemdir. Süt 90,6°C’de 40-60 saniye ya da 85°C’de 30 dakika ısı işleme tabii tutulmaktadır. Bu yöntem plakalı ısı değiştiricilerde gerçekleştirilmektedir. Bu tip pastörizasyon işlemi vejetatif formun %99’unu öldürmektedir [32].

3.2. Sterilize Süt

3.2.1. Ultra High Temperature - UHT

Oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile normal depolama şartlarında bozulmaya neden olacak tüm mikroorganizmaları ve sporlarını yok eden, en az 135°C'de 1 saniyede, uygun zaman sıcaklık kombinasyonunda yüksek sıcaklıkta kısa süreli sürekli akış altında uygulanan ısıtım işlemidir [32, 33].

3.2.2 Sterilizasyon

Oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile normal depolama şartlarında bozulmaya neden olabilecek tüm mikroorganizmaları ve sporlarını yok eden en az 115°C 'de 13 dakika veya 121°C'de 3 dakika gibi uygun zaman sıcaklık kombinasyonunda, yüksek sıcaklıkta uzun süreli uygulanan ısıtım işlemidir [33].



Şekil 3.4. Plakalı pastörizatör

4. VİTAMİNLER

4.1. Vitaminlerin Genel Özelliklerine Bir Bakış

Vitaminler diğer organik besin elementleriyle kıyaslandıklarında gıdalarda daha düşük seviyelerde yer alan, insan beslenmesinde “olmazsa, olmaz” türden olan bileşiklerdir. İnsan ve hayvan vücudunda sentezlenemediklerinden dolayı muhakkak diyetle alınmaları gerekmektedir [34]. Vitaminlerin önemi vücuttaki biokimyasal reaksiyonları düzenlemeleri ve bu reaksiyonların devam etmesini sağlamalarından kaynaklanmaktadır. Farklı tip vitamin grupları farklı gıda grupları tarafından içerilmekte olup her farklı vitamin grubunun da vücutta metabolizma üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Vitamin eksikliği ya da vücuda aşırı derecede vitamin alımı vücutta önemli metabolizmal bozukluklara yol açmakta ve çeşitli boyutlarda sağlık problemleri ortaya çıkmaktadır [34, 35].

Vitaminler proteinler, karbonhidratlar ve lipidlerden tamamıyla farklı metabolik aktivitelere sahiptirler. Vitaminler proteinler, karbonhidratlar ve lipidler gibi yapısal destek sağlamazlar ve enerji vermezler. Ancak rol aldıkları metabolik aktiviteler şu şekilde özetlenebilir:

- Enzim kofaktörü olarak görev yaparlar,
- Enerji transferinde rol oynarlar,
- Membran bütünlüğünü sağlarlar [35].

Vitaminlerin aktivitesi ve stabilitesi çok çeşitli faktörler tarafından etkilenmekte bunun sonucunda da vitaminlerin vücutta gösterdikleri etkinlikler değişebilmektedir. Vitaminlerin aktivitesini ve stabilitesini etkileyen faktörler şunlardır:

- Hava ya da oksijen,
- Asit ya da alkali koşullar,
- Gıda işleme prosesleri,

- Çeşitli kimyasal ajanlar ve bunların oluşturduğu koşullar,
- Işık [35].

4.2. Vitaminlerin Sınıflandırılması

Vitaminler fiziksel fonksiyonlarına göre veya çözünülebilirliklerine göre sınıflandırılabilirler [35].

4.2.1. Suda Çözünebilen Vitaminler

Suda çözünabilir karakterdeki vitaminlerin suda çözünbilme özellikleri sahip oldukları polar elektronegatif atomlardan kaynaklanmaktadır. Suda çözünabilen başlıca vitaminler C vitamini, B kompleks grubu (Tiamin, riboflavin, B₆, niasin, folik asit, pantotenik asit, biotin, B₁₂) vitaminleridir [36].

4.2.2. Yağda Çözünabilen Vitaminler

Yağda çözünabilen vitaminlerin karakteri ise polar olmayan yapılarından ve elektronegatif atom içermemelerinden kaynaklanmaktadır. Yaygın olarak bilinen yağda çözünabilen vitaminlerin başlıcaları A, D, E, K, F vitaminleridir [36].

4.3. Süt Vitaminleri

Süt insan vücuduna yapısal olarak ve metabolik faaliyetlerinin yürütmesi açısından çok önemli katkılar sağlamaktadır. Sütün böyle önemli bir besin maddesi olması sütün içerdiği makro ve mikro bazda besin öğelerinden kaynaklanmaktadır. Mikro bileşenler bazında incelendiğinde sütün zengin bir vitamin ve mineral madde kaynağı olduğu görülmektedir. Süt vitamin ve mineral madde içeriği de diğer süt bileşenlerinde olduğu gibi hayvan ırkına, beslenme çeşidine, mevsimsel farklılıklara, çeşitli kimyasallara bağlı olarak değişim göstermektedir [36].

Tablo 4.1. %3 Yağlı İnek Sütünün Vitamin İçeriği [36].

Vitaminler	1 lt süt için vitamin miktarı
A (IU)	1300
B1 (mg)	0.4
B2 (mg)	1.4-1.8
B3 (mg)	0.87
B6 (mg)	0.6-1.5
B12 (mg)	2-5
Biotin (µg)	30 – 40
C (mg)	5 – 28
D (IU)	40
E (mg)	0.6
Folik asit (mcg)	50
K (mg)	0.32
Niasin (mg)	0.5 – 4
Pantotenik asit (mg)	2.8 – 3.6

4.3.1. Suda Çözünen Süt Vitaminleri ve Üretim Süreçlerinde Uğradıkları Değişimler

1. C vitamini: C vitamini ya da diğer adıyla askorbik asit poli alkol karakterli bir vitamin olup vitaminler içerisinde en düşük stabiliteye sahip olan vitamindir. Bu düşük stabilitesinden dolayı C vitamini gıda işleme prosesleri boyunca önemli kayıplara uğramaktadır. Askorbik asit sıcaklık, yüksek tuz ve şeker konsantrasyonları, ışık, pH, oksijen, enzimler ve metal katalizörlere karşı son derece duyarlı olup gıda işleme prosesleri ve depolama esnasında bu faktörlerden dolayı C vitaminin büyük bölümü kaybolmaktadır. Çiğ sütün litresinde yaklaşık olarak 5–28 mg kadar C vitamini yer almaktadır. Sütün işlenmesi esnasında bu oran litrede

yaklaşık olarak 10 mg'a kadar inebilmektedir. Peynir ve dondurma ise hiç C vitamini içermemektedir. Süt tozu üretiminde sütün C vitamini kaybı %20-30 arasında olabilmektedir. Evaporasyon uygulanan süt ürünlerinde C vitamini kaybı %50-90 arasında değişmektedir.

C vitamini eksikliği skorbit ve vücudun enfeksiyonlara karşı direncinde düşmelere yol açmaktadır [36, 37].

2. B grubu vitaminleri: B grubu vitaminleri grup içerisinde kimyasal yapıları bakımından homojenlik göstermezler. Her B grubu vitamini farklı bir kimyasal yapıya sahiptir. B grubu vitaminleri yaşayan dokularda ve hasadı yapılmış gıda materyallerinde koenzim olarak görev yapmaktadırlar [37].

- **Tiamin (Vitamin B₁):** Vitamin B₁ yaygın olarak buğday, pirinç, bezelye, sığır eti, patates gibi kaynaklardan elde edilmektedir. 1 lt süt yaklaşık olarak 0,4 mg B₁ vitamini içermektedir. Isı, oksijen, kükürtdioksit, asidite bakımından nötral ve bazik koşullar gıdalardaki tiamin seviyesini azaltmaktadır. Sütün işlenmesi esnasında pastörizasyon ile %3-20, sterilizasyon ile %30-50, silindirik kurutucular ile %20-30, püskürtmeli kurutucular ile %10 oranında tiamin kaybolabilmektedir.

B₁ vitamini sindirim ve sinir sisteminin düzgün bir şekilde işlemesine katkıda bulunmaktadır. Bu vitaminin eksikliğinde sindirim ve sinir sistemi problemleri meydana gelmektedir [37, 38].

- **Riboflavin (Vitamin B₂):** Vitamin B₂, süt serumunun sarı veya sarı-yeşil floresan renk veren maddesidir. Vücutta sarı fermentin proteinine bağlı halde bulunan renk maddesi, inek sütünde serbest ve diyalize edilebilir formda bulunmaktadır. Sütün litresinde yaklaşık olarak 1.4–1.8 mg B₂ vitamini bulunmaktadır. Süt ve süt ürünleri B₂ vitamini için oldukça iyi kaynaklardır [37].

B₂ vitamini stabilitesi en yüksek vitaminlerden birisidir ve oksijene, asidik koşullara, nötral ve asidik koşullarda ısıtmaya karşı son derece dayanıklıdır. Fakat alkali koşullara ve görünebilir ışığa karşı dayanıklı değildir. Pastörizasyon dikkate değer B₂ vitamini kayıplarına yol açmazken 2 saat kadar cam şişeler içinde ışığa maruz kalan sütün B₂ vitamin içeriğinin %50'sini kaybettiği görülmüştür. 500–520

nm dalga boyu altındaki görünür ışık B₂ vitamini üzerinde en tahrip edici etkiyi oluşturmaktadır.

B₂ vitamini eksiklikleri büyümenin yavaşlamasına, hücre solunumunun aksamasına yol açmaktadır [37, 38].

- **B₆ vitamini:** Büyüme faktörü olarak bilinen B₆ vitamini inek sütünün litresinde 0.6–1.5 mg olarak bulunmaktadır. Pridoksin, pridoksamin, pridoksal B₆ vitamini aktivitesini gösteren üç tane bileşiktir.

Süt işleme prosesinde pastörizasyon, homojenizasyon ve kurutma işlemleri B₆ vitamini kaybına yol açmamaktadır. Fakat B₆ vitamini ışığa karşı hassas olup ışığa maruz kaldığı 8 saatlik bir süre içerisinde %21’lik bir kayba uğramaktadır [38].

- **Niasin:** Pellegra önleyici faktör olarak bilinen niasinin yalnızca nikotinamid formu sütte yer almaktadır. Stabilitesi yüksek olan vitaminlerden biri olup süt işleme prosesleri sırasında önemli kayıplara uğramamaktadır. Ancak sütte mevcut bakterilerin etkisiyle giderek azalma göstermektedir. Niasin sütün litresinde 0.5-4 mg kadar bulunmaktadır.

Niasin eksikliği deri hastalıklarına, sinir ve sindirim sistemi bozukluklarına yol açmaktadır [38].

- **Folik asit:** Daha ziyade yeşil yapraklı bitkiler, karaciğer, soya fasulyesinde bulunan folik asit, sütün litresinde yaklaşık olarak 50 µg düzeyinde yer almaktadır. Vitamin M olarak da anılan folik asit sütün kaynatılması, pastörizasyonu ve sterilizasyonu ile stabilitesini kaybetmemekte, mevcudiyetini korumaktadır. Fermentasyon sütte folik asit miktarını arttırıcı bir faktördür [38].

- **Vitamin B₁₂:** Sütün litresinde 2-5 mg oranında yer alan B₁₂ vitamini merkezi sinir sisteminin hücre fonksiyonlarını ayarlamaktadır. Ayrıca, proteinlerin organizmaca en iyi şekilde kullanılmalarını da sağlamaktadır [38].

- **Pantotenik asit:** Böbrek üstü bezinin kabuğunda bazı hormonların sentezi ile ilgili bir fonksiyonu vardır. Eksikliği durumunda büyümede gecikmeler görülebilir.

Ayrıca, deride, sinir ve sindirim sisteminde de sorunlar görülebilmektedir. İnek sütünün litresinde 2.8–3.6 mg pantotenik asit bulunmaktadır [38].

- **Biotin:** Meyve, sebze ve tahıllarda yaygın olarak bulunan biotin sütün litresinde 30–40 µg oranında bulunmaktadır. İnce bağırsaklardan emilimi son derece kolay olup karaciğer ve böbreklerde depolanmaktadır [38].

4.3.2. Yağda Çözünen Süt Vitaminleri ve Üretim Süreçlerinde Uğradıkları Değişimler

1. A vitamini: Vitamin A yapı olarak doymamış hidrokarbonlar, retinol, retinal, retinoik asit, karoten gibi bileşiklerden meydana gelmiştir. Bu komponentler sütte yağ globüllerinin içerisinde yer almaktadırlar. Süt yağına sarı rengini veren faktör de karotendir.

Genellikle turunçgiller, yeşil yapraklı sebzeler başta olmak üzere sebzelerde karoten (provitamin A), balık yağı, karaciğer, süt, peynir, yumurtada ise A vitamini olarak bulunur. Sütün litresinde yaklaşık olarak 1300 IU A vitamini yer almaktadır. A vitamini 100°C'nin üzerinde sterilizasyon uygulamalarında önemli kayıplar vermektedir. Vitamin A ışığa ve oksijene karşı da son derece hassas olup proses esnasında bu faktörlere maruz kalması durumunda A vitamini kayıpları meydana gelebilmektedir. A vitamini süt yağında çözünmüş olarak bulunan bir vitamin olduğundan süt yağı miktarının azaltılması direkt olarak sütün A vitamini içeriğini de azaltmaktadır.

A vitamini eksikliği endokrin bezi sorunlarına, gece körlüğüne, korneanın matlaşmasına ve çeşitli enfeksiyonlara sebep olmaktadır [39].

2. D vitamini: D vitamini yağda çözünebilen iki önemli sterol formundan meydana gelmektedir. Bu iki form kolkalsiferol (Vitamin D₃) ve de ergokalsiferoldür (Vitamin D₂). Balık, yumurta, en başta sayılabilecek vitamin D₃ kaynaklarıdır. Vitamin D₂ ise az miktarlarda balık karaciğer yağlarında yer almaktadır. Sütün 1 litresi yaklaşık olarak 40 IU kadar D vitamini içermektedir. Süt önemli bir D vitamini kaynağı sayılmamaktadır. Vitamin D₃'ün asıl kaynağı ise insan derisindeki 7-dehidroksikolesteroldür. 7-dehidroksikolesterol UV ışığı ile

etkileşerek vücutta D₃ vitamini formuna çevrilmektedir.

D vitamini antirakitik etkisinden dolayı son derece önem taşımaktadır. Sağlıklı bir kemik ve iskelet yapısı gelişimi için mutlaka yeterli miktarda D vitamini alınması gereklidir. D vitamini eksiklikleri kalsiyum metabolizmasının bozulmasına yol açmakta, büyüme bozuklukları meydana gelmektedir.

D vitamini oldukça stabil bir yapıya sahip olduğundan sütün işlenmesi esnasında fazla bir kayba uğramamaktadır [39].

3.Vitamin E: Anti sterilitte faktörü ve doğal antioksidan olarak bilinen E vitamininin diğer yaygın adı da tokoferoldür. Çeşitli ağaçların yağları, hindistan cevizi yağı, hurma yağı vitamin E bakımından zengin olan kaynaklardır. 1 litre süt yaklaşık olarak 0.6 mg kadar E vitamini içermektedir.

E vitamini organizmanın protein metabolizması üzerinde etkindir. Eksikliğinde kısırlık, tiroid bezi bozuklukları, kas metabolizmasında aksaklıklar meydana gelmektedir. E vitamini antioksidan özelliği ile A vitaminini de oksidasyona karşı korumaktadır [39].

4. K vitamini: Koagülasyon faktörü olarak bilinmektedir. Kanın pıhtılaşmasını sağlamaktadır. Balık unları, yonca K vitamini kaynağı olduğu gibi K vitamini bağırsaklarda bakterilerce de üretilmektedir. 1 litre süt 0.32 mg K vitamini içermektedir.

K vitamini ışık ve oksijene karşı son derece duyarlı olup bu faktörlerle kolayca yıkılmaktadır [39].

5. ZENGİNLEŞTİRME

5.1. Zenginleştirmenin Tarihçesi

Bugüne kadar elde edilmiş bazı tarihsel bulgulara göre gıdaların bazı besin öğelerince zenginleştirilmesi, desteklenmesi kavramı ilk olarak milattan önce 400 yıllarında yaşamış olan bir Pers doktoru Melanpus tarafından ortaya atılmıştır. Melanpus askerlerin içeceklerinin askerlerin kuvvetlerinin artırılması amacıyla demirce zenginleştirilmesini önermiştir [40]. 1831 yılında bir Fransız doktor Boussingault yemek tuzuna guatırı engellemek amacıyla iyot ilavesini savunmuştur. Bu konudaki ilk ciddi pratik uygulamalar 1920 yılında başlamıştır. 1930’larda Amerika’da American Medical Association ve National Academy of Sciences kurumları gıdaların bazı besin öğelerince zenginleştirilmesi konusunda yaptıkları çalışmalar sonucu bu çalışmaların da etkileriyle zenginleştirme konusu Dünya’da popüler bir konu olmaya başlamıştır [40, 41]. 1940’lı yılların ilk döneminde yine bir Amerikan kurumu ola FDA zenginleştirilmiş gıdalar ile ilgili ilk standartları yayınlamıştır. Standartların yayınlanmasından sonra İkinci Dünya Savaşı döneminde de zenginleştirme işlemine gösterilen ilgi artarak devam etmiştir. Fakat 1950 ve 1970 yılları arasında gıda zenginleştirilmesine ait uygulamalar FDA tarafından uygulamalarda ve yasal alanlardaki eksiklikler göz önüne alınarak kademeli olarak azaltılmış ve bu konuda tüketiciyi bilinçlendirmeye yönelik çalışmalar hız kazanmıştır. 1970’lerden sonra daha kapsamlı yasal düzenlemelerin yapılmış olmasının yanı sıra gelişen teknolojik koşullar ve işin ticari boyutunun daha da büyümüş olması sonucu zenginleştirme gıda sanayinde yaygın bir şekilde uygulanan bir proses halini almıştır. Çeşitli besin öğelerince zenginleştirilmiş gıdaların Dünya genelinde daha fazla tanınmaya ve tüketilmeye başlanmasıyla beraber bu tip gıdalar üzerinde artan ticaret hacmi sonucu zenginleştirme işlemi yasal zorunlulukların biraz daha az önemsenerek uygulandığı bir proses olmaya başlamıştır [41].

5.2. Zenginleştirme Kavramına Genel Bir Bakış

Kodeks Alimentarius’a göre zenginleştirme kavramı gıda maddelerine normal olarak o anda bulunan seviyelerdeki besin öğelerinin miktarını, seviyesini arttırmak

amacıyla belli miktarda o besin öğelerinin eklenmesi anlamına gelmektedir. Yine Kodeks'te yer alan diğer bir tanıma göre bir ya da daha fazla yaşamsal ölçüde gerekli, önem arzeden gıda bileşeninin populasyon gruplarında o gıda bileşenlerinin eksikliğinin görülmesi durumunda ortaya çıkabilecek ya da çıkmış problemlerin önlenmesi ya da düzeltilmesi, tedavi edilmesi maksadıyla gıdalarda normal olarak bulunan ya da gıda prosesi boyunca kaybolmuş, miktar olarak azalmış ya da gıda maddesinde hiç yer almayan bu gıda bileşenlerinin gıdalara eklenmesidir. Gıda maddelerine bileşenlerin ilave edilmesi sağlıkla, teknolojiyle, ekonomik koşullarla ilgili bir çok faktöre bağlı olup bu faktörler doğrultusunda bileşen ilavesi yapılmaktadır. Bundan dolayı zenginleştirme ile ilgili geniş yasal düzenlemeler ve gıda zenginleştirme programları geliştirilmiştir [41].

Gıda maddelerine bazı besin öğelerinin ilave sebepleri teknik açıdan kısaca şu maddeler altında toplanabilmektedir:

1. Gıda prosesi esnasında kaybolan besin öğeleri kaybını tamir etmek, besin öğesi kayıplarını karşılamak. Prosese tabi tutulan gıda maddesine kaybolan besin öğelerinin yakın ya da eşit miktarları gıda maddesine gıda maddesi prosese tabi tutulmadan önce eklenebildiği gibi prostesten sonra da ilave edilebilmektedir.

2. Gıda maddelerine besin elementi eklenmesindeki ikinci sebep, eklenen gıda bileşeninin doğal olarak o gıda maddesinde hiç yer almaması ya da ilave miktarının gıda maddesinde bulunan o besin öğesinin normal miktarından daha yüksek seviyelerde yapılabilmesidir. Zenginleştirme işlemi bir standardizasyon işlemi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Örneğin portakal suyuna C vitamini ilavesi ile portakal suyunun C vitamini konsantrasyonu istenilen seviyede standardize edilmiş olmakla beraber mevsimsel vitamin farklılıklarının ve işleme sırasında meydana gelen değişikliklerin de önüne geçilmiş olur. Bu tipik bir zenginleştirme işlemidir.

3. Bazı besin öğelerinin gıda maddelerine eklenmesi gıda maddesini koruma, gıda maddesine renk kazandırma ya da teknik olarak çeşitli özelliklerinin iyileştirilmesi amacıyla olabilmektedir [42].

Yukarıda bahsedilenler doğrultusunda besin öğeleri ilaveleri gıda maddesinin besin değeri kalitesinin ve çeşitli kalite özelliklerinin korunmasına, besin öğeleri seviyelerinin korunarak o besin öğelerinin yokluğunda toplumun belli kesiminde ya da tümünde ortaya çıkabilecek sorun ve yetersizliklerin önlenmesine yönelik yapılan uygulamalardır.

Bu bahsedilenler doğrultusunda çeşitli ülkelerde çok çeşitli gıda maddeleri çeşitli gıda öğelerince zenginleştirilmekte, desteklenmektedir.

Çeşitli hububat ürünleri, un, ekmek, süt, margarin, bebek mamaları, soya sütü, portakal suyu, tuz, şeker, çay, çeşitli diyet içecekler, anne ve baba olmaya yönelik hazırlanmış bazı çözeltiler yaygın olarak çeşitli besin öğeleri ilaveleri yapılan gıda materyalleri arasında yer almaktadır.

En yaygın kullanılan zenginleştirme ajanları ise vitaminler, mineraller, bazı esansiyel aminoasitler ve proteinlerdir [43].

Tablo 5.1. Zenginleştirmeye Tabii Tutulmuş Bazı Gıdalar [39].

Ürün	Fortifikasyon ajanı
Tuz	İyot ve demir
Un, ekmek, pirinç	B ₁ , B ₂ , niasin vitaminleri
Süt, margarin	A ve D vitaminleri
Şeker, çay	A vitamini
Bebek mamaları, kurabiyeler	Demir
Sebze karışımları	Vitamin, mineral, aminoasit ve proteinler
Soya sütü, portakal suyu	Kalsiyum
Yemeye hazır tahıllar	Vitaminler ve mineraller
Diyet içecekler	Vitaminler ve mineraller
Anne ve babalık karışımları	Vitaminler ve mineraller

5.3. Zenginleştirme İçin Gerekli Teknolojik ve Yasal Zorunluluklar

Zenginleştirme işleminin gerçekleştirilmesinde bir takım temel faktörlerin göz önünde tutulması gerekmektedir. Bu faktörler teknolojik, yasal, ekonomik ya da sağlıkla ilgili faktörler olabilirler. Bu faktörler göz önüne alınmadan yapılacak uygulamalardan iyi neticeler beklemek zordur [41, 43].

Zenginleştirme uygulamaları için şu faktörlerin gözönünde tutulması gerekmektedir:

- Hedef alınan tüketici kitleleri. Hedef kitle çok farklı yaş grubunda, fiziksel özellik ve aktivitede, cinsiyette, yaşam koşullarında olan kimseler olabilir. Örneğin hedef alınan kitle hamile kadınlar, bebekler, sporcular, diyetlerinde bazı gıdaları yeterince alamayan kimseler, yaşlılar, çeşitli sağlık problemleri olan kimseler olabilirler. Bu grupların her birinin özellik ve ihtiyaçları ayrı ayrı tespit edilerek zenginleştirme programları uygulanması gerekmektedir. Hedef alınan kitlenin ihtiyaçları tam olarak belirlenerek bu doğrultuda zenginleştirme programları hazırlanması gerekmektedir. Örneğin, Orta Amerika’da A vitamini eksikliğinden doğan sağlık problemlerinin giderilebilmesi için tüketilen şekerin A vitamini ile takviye edilmesi yoluna gidilmiştir. Guatr hastalığının engellenmesi amacıyla tuzun iyotça zenginleştirilmesi de diğer bir örnek olarak verilebilir.

- Zenginleştirme ajanı fiziksel, kimyasal, duyuşal olarak uygun şartları sağlamalıdır. Zenginleştirme işlemine tabi tutulan madde ile fortifikasyon ajanı arasında gerekli uyum sağlanmış olmalıdır. İşlem sonunda gıda maddesinin özellikleri değışmemeli ya da değışiklikler izin verilen ölçüler içerisinde kalmalıdır. Gıda maddesinin kokusu, rengi, lezzeti değışmemelidir.

- Zenginleştirme ajanı kolay elde edilebilir olmalıdır. Örneğin, vitaminler kolay elde edilebilen zenginleştirme ajanlarıdır.

- Zenginleştirme işlemi sonucunda elde edilen ürün yüksek maliyette olmamalıdır. Yüksek maliyetli ürünlerin daha düşük maliyetli ürünlere oranla daha geniş kitlelere ulaşma oranı düşük olduğundan zenginleştirme ile hedeflenen insan kitlelerine ulaşma hedefi tam olarak gerçekleşmemiş olacaktır.

- Zenginleştirme ajanlarının kullanım dozları son derece önemlidir. Yetersiz ya da aşırı dozda kullanımlarda işlem istenilen amaca ulaşmamış olacaktır. Yetersiz dozda kullanımda zaten besin ögesi içeriği belli bir seviyeye yükseltilmeye çalışıldığından yapılan ilavenin mantiki bir izahı olmamaktadır. Aşırı dozda kullanımlarda ortaya çıkabilecek toksik etkiler zenginleştirme işleminin yarar yerine zararlar sonuçlanmasına sebep olacaktır.

- Yasal olarak böyle bir programın kim tarafından yürütüldüğü, hangi aşamalardan geçtiğı, nasıl finanse edildiğı son derece önemli konulardır. İşlemin insan sağlığına hizmet edebilmesi ve istismarların önlenmesi için bu konuların yasal mercilerce takibinin sıkı bir şekilde yürütülmesi gerekmektedir.

- Elde edilen son ürün kararlılığı ürün kalitesi açısından önemlidir. Bunda da kullanılan ajan önemli bir yere sahiptir. Örneğın bir gıda maddesindeki demir miktarı arttırılmak için yapılan bir çalışmada ilave demirin gıdadaki yağ asitleriyle reaksiyonu sonucu demirce zenginleştirilen gıdada oksidasyon sonucu serbest radikallerin oluşumu söz konusudur. Ürün kalitesi oksidasyon mekanizması sonucu oluşan istenilmeyen lezzet, koku, görünüş gibi karakterlerin kazanılmasıyla düşmektedir. Bunun sonucunda arzu edilmeyen stabilite ve kalitede ürün meydana gelmektedir.

- Zenginleştirilmeye tabi tutulacak gıda ile zenginleştirme ajanının uyumu son ürün kalitesi ve stabilitesi açısından titizlikle üzerinde durulması gerekli faktörlerdir. İlave edilen ve kendisine ilave yapılan ünitelerin işlem için gerekli teknolojik koşulları sağlamaları gerekmektedir. Çözünürlük, pH, sıcaklık, stabiliteyi etkileyen koşullar vs gibi faktörlerin teknolojik olarak başarı elde edilebilmesi için üzerlerinde titizlikle durulması gereklidir.

- Yapılan bütün ilaveler ilgili yasal düzenlemeler ve programlar dahilinde olmalıdır [42, 43].

5.4. Sütün zenginleştirilmesi

Süt tüketiciye içme sütü ya da çeşitli süt ürünleri olarak ulaşmadan önce endüstriyel ölçekte çeşitli proseslerden geçmektedir. Bu prosesler esnasında süt

bileşenlerinde uygulanan proses ve maruz kalınan etkiler doğrultusunda kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir. Süt bileşenleri yapısal, kimyasal değişikliklere uğrayabildikleri gibi miktarları da değişebilmektedir. Sütte bileşen olarak makro ölçekte süt proteinleri, süt lipidleri, süt şekeri üretilmek istenen ürün için uygulanan proses esnasında proses ve diğer etkilere bağlı olarak değiştikleri ve kayba uğrayabildikleri gibi mikro ölçekte de süt vitamin ve mineralleri kayba uğramaktadır [30, 32, 43].

İçme sütü için en temel proses basamağı ısıtma işlemi olarak görünmektedir. Endüstriyel ölçekte en yaygın ısıtma işlemi uygulamaları pastörizasyon, UHT ve sterilizasyondur. Bir çok süt bileşeni ısıtma işleminin sıcaklık – süre ilişkisine bağlı olarak ısıtma işleminden etkilenmektedirler. Isıtma işlemi sırasında ısıya hassas vitaminlerin de ısıtma işlemi tipine bağlı olarak kayıpları gözlenmektedir [38, 39].

İçme sütü prosesinde çoğu ülkelerde ticari ve teknolojik hedefler doğrultusunda süt yağı belirli oranlarda süttan ayrılmaktadır. Bunun sonucu yağda çözünen vitaminler de ayrılan yağ tabakasıyla beraber süttan ayrılmış olmakta fakat bu kayıplar zenginleştirme işlemi ile telafi edilebilmektedir [39].

Çoğu ülkelerde içme sütü A ve D vitaminlerince zenginleştirilmektedir. Amerika ve Avrupa'daki bazı işletmeler sütü A ve D vitaminleri yanı sıra C ve E vitaminleri ve kalsiyum ile de zenginleştirilmektedir [42].

Tereyağı gibi bazı süt ürünlerine renk ajanı olarak β karoten ilavesi yapılmaktadır. Süt tozları A ve D vitaminleri, kalsiyum ve demir ile zenginleştirilmektedir. Süt bazlı bebek mamaları çok çeşitli vitamin, mineral ve çoklu doymamış yağ asitleriyle zenginleştirilmektedirler [42, 43].

Süt ve ürünlerinin çeşitli besin elementleriyle zenginleştirilmesiyle ilgili çok sayıda örnek verilebilmektedir. Besin öğelerinin süte ilavesinde yapılacak ilave çok sayıda faktöre bağlı olmaktadır. Hedef kitlenin süt tüketimi, hedef kitlenin besin öğesi gereksinimleri, eklenen öğelerin süttan karakteristik özellikleri üzerine etkileri, süttan işlenmesi ve depolanması esnasında eklenen bileşenlerin stabilitesi, son ürün stabilitesi dikkate alınması gerekli faktörlerdir [44].

Süttan çeşitli besin öğeleri ile zenginleştirilmeye başlanması 1900'lü yılların

ilk yarısına rastlamaktadır. 1923 yılında İngiltere’de sütün D vitamini ile ilk zenginleştirme işlemi gerçekleştirilmiştir. ABD’de toplumda D vitamini eksikliği sebebiyle görülen sağlık problemleri sebebiyle ‘Food and Nutrition Council of the American Medical Association’ 1939 yılında süte 400 IU’dan fazla olmamak kaydıyla süte D vitamini katılmasına izin vermiştir. İngiltere ve ABD’de öncülük niteliğinde yapılan çalışmalar daha sonra Dünya geneline yayılmıştır. Olayın sağlık ve ticari açıdan kazandırdıkları kısa zamanda farkedilmiş ve bunun sonucu süt ve süt ürünlerinin zenginleştirilmesi kısa sürede çok sayıda ülkede kendi şartları ve yasal prosedürleri doğrultusunda uygulanır olmuştur [43, 44].

5.5. Süt Zenginleştirme Teknolojisi

İçme sütünün A ve D vitaminlerince zenginleştirilmesini zorunlu kılan en önemli faktör yaşamın sağlıklı sürdürülebilmesi için son derece önemli yere sahip olan bu vitaminlerin sütte bir kişinin günlük ihtiyacını karşılayacak oranlarda bulunmaması ve sütün işlenmesi esnasında çeşitli etkenlerden dolayı kayba uğramalarıdır. Günlük hayatta bu vitamin eksikliklerinin giderilmesinde özellikle de çocuklar açısından bu vitaminlerce zenginleştirilmiş süt önemli bir aracı olmaktadır. Bir kişinin günlük D vitamini ihtiyacı 400 IU’dur. Kemik erimesi ve benzeri rahatsızlıklarda vücuda alınması gerekli D vitamini oranı 600 IU olmaktadır.

Yetişkin bir kişinin günlük olarak A vitamini ihtiyacı ise 5000 IU kadar olmaktadır. Çocuklar için bu oran günlük ortalama 2500 IU olmaktadır [42, 43]. Vitamince zenginleştirilecek içme sütünün öncelikle vitamin miktarı ve zenginleştirme yapılacak maksimum ve minimum oranların saptanması gerekmektedir. Yetersiz oranlarda yapılacak zenginleştirme amacına ulaşamayacağı gibi aşırı dozlarda yapılan zenginleştirme işlemleri de aşırı dozlarda vitaminlerin toksik etki göstermesi sebebiyle tehlikelidir. Homojenize içme sütü için izin verilen D vitamini ilavesi sütün litresine en fazla 600 IU, A vitamini ilavesi ise sütün litresine en fazla 6000 IU’dur. Bu değerler zenginleştirilenin %100–150 arasında gerçekleştirildiği değerlere karşılık gelmektedir [43].

Süt zenginleştirme teknolojisi bazı faktörlere dikkat edildiği takdirde çok karmaşık değildir. İlave edilecek vitamin ve mineraller süte kurutulmuş toz formunda

ilave edilebilmektedirler. Fakat yağda çözünen vitaminlerin süte ilavesi ise genellikle yağda çözülmüş bir form halinde olmaktadır. Süte sadece yağda çözünen vitaminlerin ilavesi yapılmıyor aynı anda diğer vitamin ve mineral maddelerin ilavesi de gerçekleştiriliyorsa yağda çözünen vitaminler soğuk süte bir ön karışım olarak ilave edilmektedirler.

Uygulanan teknolojik işlemler şu sırada gerçekleşmektedir:

- Yağda çözünen vitaminlerin soğuk süte yağda çözülmüş bir formda ilavesi,
- Homojenizasyon işlemi,
- Eğer ilave edilecekse diğer vitamin ve mineral maddeler (toz formunda),
- Karıştırma işlemi,
- Bekletme,
- İkinci bir karıştırma işlemi,
- Pastörizasyon,
- Soğutma,
- Ambalajlama.

6. MATERYAL ve METOT

6.1. MATERYAL

Bu çalışmada çiğ sütün pastörize içme sütüne işlenmesi sırasında süt yağı standardizasyonu, ısıl işlem, ambalaj materyali ve depolama koşullarından kaynaklanan süt yağında çözülmüş halde bulunan A vitamini türevi retinol ve D vitamini türevi kolkalsiferol kayıpları incelenmiştir.

6.2. METODLAR

Çalışmada ilk olarak sütün yağ oranının standardize edilmesi sırasında meydana gelen A ve D vitamini kayıpları incelenmiştir. Kromel marka yağ seperatörü ile çiğ sütün yağ oranı %3, %1,5 ve tam yağsız olacak şekilde ayarlanmış ve HPLC ile farklı yağ miktarlarına sahip çiğ sütün A ve D vitamini oranları ve yağ oranı değişimden kaynaklanan A ve D vitamini kayıpları saptanmıştır.

Çalışmada ikinci olarak ısıt işlem sürecinde sütün vitamin kayıplarının incelenmesi amacıyla %3, %1.5 yağ oranlarına sahip çiğ süt ile yağsız çiğ süt örnekleri üç farklı tip ısıt işleme tabi tutulmuştur:

- Çiğ süt ev koşullarında 60°C’de 30 dakika süreyle pastörize edilmiştir,
- Fabrika ortamında 72°C’de 15 saniye süre ile pastörizasyon işlemine tabi tutulmuştur,
- Fabrika koşullarında 140°C’de 2 saniye süre ile UHT süt prosesine tabi tutulmuştur.

Yağ oranları farklı bu süt örnekleri üç farklı ısıt işlem sonucunda meydana gelen A ve D vitamini kayıplarının saptanabilmesi için HPLC yöntemi kullanılarak ısıt işlem sonrası örneklerin A ve D vitamini değerleri saptanmıştır. Yapılan çalışmada ev koşullarında pastörize edilen süt, pastörize süt ve UHT süt aynı çiğ sütün ısıt işleme tabi tutulmasıyla elde edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü kısmında sütün standardizasyon ve ısıt işlemler dolayısıyla uğradığı kayıpların telafisi ve de bilhassa çocuk gelişimi için A ve D vitamini değerlerinin yükseltilmesi yani sütün A ve D vitaminlerince zenginleştirilmesi amacıyla retinol ve kolkalsiferol vitaminlerinin yağda çözünmüş formdaki preparatları alınmış ve retinol ve kolkalsiferol miktarlarının ısıt işlem ve yağ standardizasyonu yoluyla ne kadarının kaybedildiği hesaplanmış; sütün bu bileşenlerce zenginleştirilmesi için ilgili standartlara başvurulmuş, bu standartlar doğrultusunda çiğ süt A ve D vitaminlerince zenginleştirilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında zenginleştirme işleminin gerçekleştirilmesiyle elde farklı yağ oranlarına sahip, farklı ısı işlem görmüş süt örneklerinin zenginleştirme işlemi sonucunda sahip oldukları yeni retinol ve kolkalsiferol miktarlarının korunması yani son üründe bulunan A ve D vitaminlerinin kaybına yol açan en önemli faktörler üzerinde durularak zenginleştirme işleminin hedefine ulaşması amaçlanmıştır. Bundan dolayı son üründe vitamin kaybına sebep olabilecek en önemli iki faktör üzerinde durulmuştur:

- Ambalaj materyali,
- Depolama koşullarındaki aydınlatmanın şiddeti.

Çalışmada sütün ambalajlanmasında plastik şişe ve tetrapak ambalajlar kullanılmıştır. Aydınlatma şiddetleri 2000 lümen/metre, 1000 lümen/metre ve 500 lümen/metre olan üç farklı şiddette ışık kaynağı seçilmiş ve bu ışık kaynaklarının yüksek yoğunluklu polietilen plastik şişe ve tetrapak ambalajlar ile ambalajlanan zenginleştirilmiş ve ısı işlem görmüş sütlerde yol açtığı A ve D vitamini kayıpları incelenmiştir. Örnekler üç farklı ışık kaynağına sahip depo odalarında 24 saat süreyle bekletilerek içerdikleri retinol ve kolkalsiferol miktarı HPLC metodu ile tespit edilmiştir.

Çalışmada örnekler ayrıca 3 saat süreyle güneş ışığında bırakılmış ve 72 saat süre ile de karanlık oda koşullarında bekletilmiştir. Bunun sonucunda örneklerin içerdikleri retinol ve kolkalsiferol miktarı HPLC metodu ile tespit edilmiştir.

•A Vitamini Analizi

A vitamini analizi için AOAC'de yer alan 992.04 nolu likit kromatografisine dayanan metod kullanılmıştır. Bu metod çiğ süt ve zenginleştirilmiş süt örnekleri için kullanılmıştır [46].

Metodun prensibi: Örnekler etanolik potasyum hidroksit ile karıştırılarak bu karışımdan A vitamini dietil eter hekzan içerisine ekstrakte edilmiştir. Evaporasyondan sonra vitaminin yıkımını engellemek amacıyla hekzadecane ilavesi yapılmıştır. Kalıntı heptan içerisinde çözünmüş ve A vitamini izomerleri slika kolonda likit kromatografisi ile saptanmıştır.

Kullanılan materyaller:

- Alkalın çözücü düzenek: 100 ml'lik cam balon, mağnetik karıştırıcı, karıştırma çubuğu

- Ekstraksiyon düzeneği: 15 ml'lik tıpalı santrifüj tüpleri, pipetler, su banyosu

- Likit kromatografi sistemi: 100 µL enjeksiyon kapasitesindeki enjektörler, 3000 psi kapasitesinde pompa, 15X4,5 mm'lik 3µm silika kaplı kolon, 340 nm dalga boyunda absorbanısı kaydedebilen dedektör, kayıt sistemi. Likit kromatografi cihazı olarak Hewlett Packard 1010 A cihazı kullanılmıştır.

- Reaktifler:

Etanolik pirogalol çözeltisi: %95'lik etanol içerisinde %2'lik pirogalol (%98 1, 3, 5 – trihidroksibenzen),

Ekstraksiyon çözeltisi: Hekzan - dietil eter (85 – 15)

Etanolik KOH çözeltisi: %90'lık etanol çözeltisi içerisinde %10'luk KOH çözeltisi,

Hekzadecane çözeltisi: 100 ml hekzan içinde 1 ml hekzadecane çözeltisi,

Mobil faz çözeltisi: Heptan-izopropanol,

Standart yağ çözeltisi: Standart yağ çözeltisini hazırlamak amacıyla şu işlemler takip edilmiştir:

- Kristal haldeki 100 mg retinol, 50 gram pamuk tohumu yağı içerisinde çözülmüş ve nitrojen altında mağnetik bir karıştırıcı ile karıştırılmıştır.

- Elde edilen bu çözelti nitrojen altında 4°C altında saklanmıştır.

- Üç ayrı 50 ml'lik balonun her birine tartılarak birer damla bu çözeltiden damlatılmıştır.

- Balonlara çözme ve seyreltme amacıyla izopropanol ilave edilmiştir.

- Çözelti absorbensları 324.5 nm’de referans hücreğine %0.1’lik izopropanol içerisinde pamuk tohumu yağı konularak ölçülmüştür.

Standart çalışma çözeltisi: Standart çalışma çözeltisini hazırlamak amacıyla şu işlemler takip edilmiştir:

- Hazırlanan standart yağ çözeltisinden üçer damla alındı ve tartılarak üç ayrı 50 ml’lik balona aktarılmıştır.

- %0.5 izopropanol içeren heptan çözeltisi çözme ve seyreltme amacıyla balonlara ilave edilmiştir. Karışım günlük olarak hazırlanmıştır. Elde edilen bu çözelti nitrojen altında 4°C altında saklanmıştır.

- Üç ayrı 50 ml’lik balonun her birine tartılarak birer damla bu çözeltiden damlatılmıştır.

- Balonlara çözme ve seyreltme amacıyla izopropanol ilave edilmiştir.

- Çözelti absorbensları 324.5 nm’de referans hücreğine %0.1’lik izopropanol içerisinde pamuk tohumu yağı konularak ölçülmüştür.

Analizin Yapılışı

Sistemin uygunluğunun testi: Sistemin yapılacak olan işlemlere uygunluğunun saptanması amacıyla şu işlemler takip edilmiştir:

- Sisteme 100 µL standart çalışma çözeltisi enjekte edilmiştir

- Uygun tutulma zamanları elde edilebilmesi için mobil faz bileşenlerinin oranları, izopropanol miktarı kolon içerisindeki çözeltideki oranı %1-5 olacak şekilde ayarlanmıştır.

- Akış hızı 1-2 ml/dakika ve uygun tutulma zamanları 4.5 - 5.5 dakika olarak tespit edilmiştir.

Analiz

- 40 ml süt rneği alınarak bu örneğe 10 ml etanolik pirogallol zltisi ve 40 ml etanolik KOH ilave edilmiştir. Karışım alüminyum folyo ile güneş ışığından etkilenmemesi için sarılmış ve uygun bir ortamda bileşenlerin yeterli bir şekilde karışabilmesi için 18 saat bekletilmiştir.

- Karışım 18 saat bekletildikten sonra etanolik pirogallol ile seyreltilmiştir.

- Bu karışımın 3 ml'si bir ekstraksiyon tüpüne alınarak, 2 ml su ve 7 ml ekstraksiyon zltisi ilave edilmiştir.

- Elde edilen yeni karışım 2000 rpm'de 5 dakika süreyle santrifüj edilmiştir.

- şt katmanı oluşturan hekzan tabakası ayrılarak, 7 ml'lik iki adet ekstraksiyon zltisi ile iki kez daha ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

- Karışıma 1 ml hegzadecane zltisi ilave edildi ve hekzanla seyreltilmiştir.

- Yapılan seyreltme işleminden sonra karışımda belirgin bir faz ayrımı ve çökelme olana kadar beklenmiştir.

- Çözelti ve ken kısımlar birbirinden tamamen ayrıldıktan sonra, çözelti durumundaki kısımdan 15 ml alınarak bir santrifüj tüpüne aktarıldı ve nitrojen altında buharlaştırılmıştır.

- Buharlaştırma işleminden sonra elde edilen kalıntı 0.5 ml heptan ile çözülerek kromatografik uygulama için hazır hale getirilmiştir.

- Kolona 100 µL standart çalışma çözeltisi ve 100 µL ekstakte edilmiş ve hazırlanan örnek enjekte edilmiştir. Mobil faz çözeltisi olarak heptan – izopropanol karışımı kullanılmıştır. 324.5 nm'de ölçüm yapılmıştır.

- Elde edilen pik alanları saptanarak hesaplamalar yapılmıştır.

• D Vitamini Analizi

D vitamini analizi için AOAC’de yer alan 981.17 nolu likit kromatografisine dayanan metod kullanılmıştır. Bu metod çiğ süt ve zenginleştirilmiş süt örnekleri için kullanılmıştır (Referans: AOAC 65, 1228 (1982)).

Metodun prensibi: Örnekler sabunlaştırılmakta ve ekstrakte edilmektedir. D vitamini ve izomerleri temizleme kolonunda yabancı maddelerden ayrılmaktadır. İkinci kolon safsızlıkların ayrılması için kullanılmaktadır.

Kullanılan materyaller:

- Likit kromatografi cihazı: Likit kromatografi cihazı olarak 254 nm UV dedektöre ve analitik ve temizleme kolonu olmak üzere iki kolona sahip Hewlett Packard 1010 A cihazı kullanılmıştır.

- Temizleme kolonu: 250 x 4.6 mm paslanmaz çelik ve partikül boyutu 10 µm olan Sil-60D-10CN ile çevrili.

Akış hızı: 1 ml/dakika,

Dedektör hassaslığı: 0.128 AUFS,

Enjeksiyon hacmi: 200 µL

Mobil faz: %0.35 n – amil alkol içeren n-hekzan çözeltisi.

- Analiz kolonu: 250 x 4.6 mm paslanmaz çelik ve partikül boyutu 5 µm olan Partisil ile çevrili.

Akış hızı: 2.5 ml/dakika,

Dedektör hassaslığı: 0.008 AUFS,

Enjeksiyon hacmi: 500 µL

Mobil faz: %0.35 n – amil alkol içeren n-hekzan çözeltisi.

- Reaktifler:

n- hekzan,

Antioksidan çözeltisi: n-hekzan içerisinde %0.1'lik bütillendirilmiş hidroksitoluen çözeltisi (BHT).

D vitamini standart çözeltisi: D vitamini standart çözeltisi hazırlamak amacıyla şu işlemler takip edilmiştir:

- 12.5 mg standart D vitamini tartılarak 100 ml'lik balon içerisine alınmıştır,
- Balon içerisine tartılan 12.5 mg standart D vitamini ısıtılmadan tolue ile çözülmüştür,
- Karışım tolue ile seyreltikten sonra bu karışımın 10 ml'si mobil faz ile 100 ml'ye seyreltilmiştir,
- Elde edilen bu seyreltik çözeltinin 25 ml'si tolue-mobil faz (5 + 95) karışımı ile 100 ml'ye seyreltilmiştir,
- Seyreltme işlemi sonucu 125 IU/ml D vitamini içeren D vitamini standart çözeltisi elde edilmiştir.

Sistem uygunluğunu test için standart çözelti: Sistem uygunluğunu test etmek amacıyla sistem uygunluğu standart çözeltisi hazırlamak için şu işlemler takip edilmiştir:

- 1 g bitkisel yağ içerisinde 2 mg D₃ vitamini ve 0.2 mg trans vitamin D₃ çözülmüştür,
- Provitamin D₃ ve trans vitamin D₃'ün pik yüksekliklerinin aynı olup olmadığı kontrol edilmiş ve pik yüksekliklerinin aynı olduğu görülmüştür. Pik yüksekliklerinin aynı oluşu sistem uygunluğunun göstergesi konumundadır.
- Pik yükseklikleri aynı değilse çözeltideki D₃ vitamini konsantrasyonu yağ çözeltisi ısıtılarak arttırılabilir.

Analizin Yapılışı

Sistemin uygunluğunun testi:

Sistemin yapılacak olan işlemlere uygunluğunun saptanması amacıyla şu işlemler yapılmıştır:

- 0.1 g sistem uygunluk çözeltisi 100 ml toluen mobil faz (5+95) içerisinde çözülmüştür.

- Provitamin D₃ ve trans-vitamin D₃ ile ilgili elde edilen veriler kontrol edilerek iki vitamin arasındaki pik çözünürlüğünün uygun değerde olduğu görülmüş ve sistemin işlem için uygunluğu saptanmıştır. Spesifik D₃ vitamini tutulma zamanları saptanabilmesi için mobil faz içerisindeki amil alkol miktarı ayarlanmıştır.

Kalibrasyon

- 200 µl standart D vitamini çözeltisi temizleme kolonuna enjekte edilmiştir.
- Analitik kolon ve temizleme kolonuna ait tutulma zamanları kontrol edilmiştir.
- Temizleme kolonundaki tutulma zamanı 14 dakika olarak saptanmıştır.
- Sağlıklı bir analiz için temizleme kolonunda tutulma zamanı 10 ve 20 dakika arasında olmak zorundadır.

Analiz

- Örneğin hazırlanabilmesi için 200 ml süt 1 lt'lik sabunlaşma balonuna alınmıştır,
- 200 ml sütün üzerine 300 ml alkol ve 5 g sodyum askorbat ve 50 ml %50'lik KOH ilavesi yapılmıştır. 45 dakika süreyle balon buhar banyosunda tutulduktan sonra suyla hızlı bir şekilde soğutulmuştur,
- 150 ml su, 50 ml alkol ve 200 ml eter ilave edildikten sonra balon iki ayrı tabaka açıkça birbirinden ayrılana kadar çalkalanmıştır,

- Sıvı faz ayrılarak 25 ml alkol ve 100 ml pentan ile çalkalanmıştır,
- Faz ayrılması gerçekleştikten sonra sıvı faz üçüncü bir ayırma balonuna alınmış ve pentan fazı birinci ayırma balonuna eklenmiştir,
- İkinci ayırma balonundaki kısım 10 ml'lik pentanla yıkanmıştır,
- 10 ml pentanla ikinci bir yıkama daha yapılarak pentan fazı birinci balona eklenmiştir,
- Sıvı faz 100 ml pentan ve 25 ml alkol ile çalkalanmış ve pentan fazı birinci ayırma balonuna alınmıştır,
- Pentan fazı 3 adet 100 ml'lik %3'lük KOH çözeltisiyle yıkanmıştır,
- Daha sonra 100 ml su kullanılarak bir yıkama yapılmıştır,
- Yıkama etkinliği fenolftalein ile kontrol edilmiştir,
- Çözelti buharlaştırılarak 2-3 ml tolue ile çözülmüştür,
- Hazırlanan 200 µl örnek temizleme kolonuna enjekte edilmiştir,
- D vitaminine ait pikin elde edilmesinden 2 dakika önce ve sonrasına ait fraksiyonlar 10 ml'lik bir balon içerisinde toplanmıştır,
- Toplanan bu fraksiyonların üzerine 1 ml antioksidan çözeltisi ilave edilerek azot buharı altında kuruluk sağlanana kadar evaporasyon işlemine tabi tutulmuştur,
- Kalıntı 2 ml tolue-hekzan (5+95) içerisinde çözülmüştür,
- Bu çözeltinin 500 µl'si analitik kolona enjekte edilmiştir,
- 254 nm'de pik yükseklikleri ölçülmüş ve vitamin D₃ miktarı hesaplanmıştır.

7. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Süt ve süt ürünleri insan beslenmesinde ve sağlığında önemli yer tutan gıda maddeleridir. Özellikle çocuk sağlığı, beslenmesi ve gelişiminde süt ve süt ürünleri büyük rol oynamaktadır. Çocuklarda bağışıklık sisteminin ve iskelet yapısının gelişimine süt ve süt ürünleri önemli katkılarda bulunmaktadır.

Vitaminler vücut içerisinde genellikle yapılamayan fakat vücuttaki metabolik aktivitelerin düzenli bir şekilde yürüyebilmesi için kesinlikle diyetle beraber alınması gerekli maddelerdir. Vitaminlerin vücuda yetersiz ya da aşırı derecede alınması metabolik aktiviteleri aksatmakta, çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına yol açmaktadır.

Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı süt ve ürünleri ve vitaminlerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmış ve de yapılmaktadır. Bu çalışmalarla süt ve vitaminlere ait çok çeşitli özellikler üzerinde çalışılmış, elde edilen sonuçlarla gıda sanayine çeşitli katkılar sağlanmış, yeni teknolojiler geliştirilmiştir.

Bu çalışmada süt ve vitamin kavramları beraber olarak incelenmiştir. Çalışmada çiğ sütün pastörize edilme prosesi esnasında süt yağında çözünmüş halde bulunan A ve D vitaminlerinin türevleri olan retinol ve kolkalsiferol kayıpları HPLC ile saptanarak, kayıplar doğrultusunda retinol ve kolkalsiferolce süt zenginleştirilmiştir.

Çalışmada çiğ sütün pastörize süte işlenmesi sırasında geçirdiği süt yağı standardizasyonu, ısıl işlem, ambalajlama ve depolama işlemleri esnasındaki A ve D vitamini kayıpları incelenmiştir.

Analizlerle ilgili kromatogramlar Ekte verilmiştir.

7.1. Sütün Yağ Miktarı Değişiminin Sütteki A ve D Vitamin Miktarları Üzerine Etkisi

Farklı günlere ait alınan çiğ süt örneklerinde öncelikle farklı yağ miktarlarının içerdikleri A ve D vitamini miktarları saptanmıştır. Bu şekilde çiğ sütün yağ oranının

standardize edilmesi ile meydana gelebilecek A ve D vitamini kayıpları saptanmaya çalışılmıştır.

%3, %1,5 yağ içeren ve yağ içermeyen çiğ süt örneklerinin ortalama vitamin miktarları Tablo 7.1’de verilmiştir.

Tablo 7.1. Farklı Yağ Miktarına Sahip Çiğ Sütlerin Ortalama Vitamin Değerleri

Vitaminler	HPLC ile örneklerde saptanan ortalama vitamin miktarları (IU / lt)		
	%3 Yağ İçeren Çiğ Süt	%1,5 Yağ İçeren Çiğ Süt	Yağsız Çiğ Süt
Retinol	2180.38	1072.13	-
Kolkalsiferol	40.22	21.53	-

Süt sanayinde gerek teknolojik gerekse ticari sebepler dolayısıyla sütün kuru madde miktarı ve yağ oranı standardize edilmektedir. Yağ standardizasyonu krema seperatörleriyle gerçekleştirilmektedir. Süt yağının belli bir miktarını ya da tamamını süttten uzaklaştırmak, süt yağında bulunan bileşenlerin de süttten uzaklaşması anlamına gelmektedir. A ve D vitaminleri yağda çözünen vitaminler olduklarından dolayı Tablo 7.1 ve 7.2’de görüldüğü üzere sütün yağ miktarını azaltmakla sütte yağda çözünmüş durumdaki A ve D vitamin miktarları da azaltılmaktadır.

Tablo 7.1’de verilen değerlere dikkat edildiğinde sütün yağ miktarını %3’den %1.5’e indirmek sütte önemli ölçüde A ve D vitamini kaybına yol açmaktadır. Her iki vitamin yaklaşık olarak %50 kayba uğramaktadır. Bu önemli bir vitamin miktarı kaybıdır. Süt yağı tamamen alındığında ise doğal olarak sütte hiç yağda çözünen vitamin kalmamaktadır.

Tablo 7.2. Süt Yağının %3'den %1.5'e Çekilmesi Sonucu Ortalama Vitamin Kayıpları

Vitaminler	HPLC ile örneklerde saptanan ortalama % vitamin kaybı
Retinol Kaybı	50.83
Kolkalsiferol Kaybı	46.47

Süt yağındaki A ve D vitaminleri süt yağında çözünmüş bulunmakla beraber yağ globülleri ile bu vitaminlerin yağ globülleri arasındaki yerleşiminde henüz açıklanamamış noktalar bulunmaktadır. A ve D vitaminlerinin süt yağı içerisindeki bu sıkı yerleşimi sonucu süt yağı azaltılma yoluna gidildiğinde A ve D vitamini ve diğer yağda çözünen vitamin miktarındaki azalma süt yağı miktarındaki azalma ile tam bir doğru orantı göstermemektedir. Bu da süt yağında çözünen bileşenlerin süt yağı içinde oldukça kompleks bir biçimde dağıldığını göstermektedir. Yapılan bazı çalışmalar süt yağının %50'sinin süttten uzaklaştırılmasının A ve D vitaminlerinde yaklaşık olarak %45'lik bir kayba yol açtığını göstermektedir [5, 7].

Bu çalışmada da yağ miktarı %50 azaltıldığı halde A ve D vitaminleri miktarları tam olarak %50 oranında azalma göstermemişlerdir.

7.2. Isıl İşlemin A ve D Vitaminleri Miktarları Üzerindeki Etkisi

Çalışmanın ikinci aşamasında ısıl işlem uygulamalarının A ve D vitaminleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Isıl işlem ve yağ miktarı faktörünün vitamin A ve D vitaminleri kaybı üzerindeki etkisi beraber incelenmek istendiğinden farklı günlere ait yağ miktarları %3 ve %1,5 olan süt örnekleri pastörize edilmek ve UHT tekniği uygulanmak suretiyle farklı tipte ısıl işleme tabi tutulmuştur.

- Çiğ süt ev koşullarında 60°C’de 30 dakika ısıtma işlemine tabi tutulmuştur,
- İşletmede 72°C’de 15 saniye süre ile pastörizasyon işlemine tabi tutulmuştur,
- İşletmede 140°C’de 2 saniye süre ile UHT süt prosesine tabi tutulmuştur.

Tablo 7.3 ve 7.4’de %3 ve %1.5 yağlı sütün ısıtma işlem öncesi ve sonrası A ve D vitamini değerleri verilmektedir:

Tablo 7.3. %3 Yağ İçeren Çiğ Sütün Isıtma İşlem Öncesi ve Sonrası Ortalama Vitamin Değerleri

Vitaminler	HPLC ile örneklerde saptanan ortalama vitamin miktarları (IU / lt)			
	Çiğ Süt	60°C’de 30 dk Isıtma İşlemine Tabi Tutulmuş Süt	Pastörize Süt	UHT Süt
Retinol	2180.38	1182. 24	1038.95	834.87
Kolkalsiferol	40.22	36.88	35.30	34.94

Tablo 7.4. %1,5 Yağ İçeren Çiğ Sütün Isıtma İşlem Öncesi ve Sonrası Ortalama Vitamin Değerleri

Vitaminler	HPLC ile örneklerde saptanan ortalama vitamin miktarları (IU / lt)			
	Çiğ Süt	60°C’de 30 dk Isıtma İşlemine Tabi Tutulmuş Süt	Pastörize Süt	UHT Süt
Retinol	1072.13	531.99	544.53	380.82
Kolkalsiferol	21.53	17.99	17.71	16.47

Tablo 7.5 ve Tablo 7.6’de görülebileceği üzere çiğ süt ısıtma uygulamaları sonucu içerdiği A ve D vitaminlerinin bir kısmını kaybetmektedir.

Farklı tip ısıtma uygulamaları farklı miktarlarda vitamin kaybına yol açmaktadır. Isıtma uygulamalarındaki sıcaklık – süre ilişkisi vitamin kayıpları üzerindeki en önemli faktördür. Düşük sıcaklık ve kısa süreli ısıtma uygulamalarında fazla miktarlarda A ve D vitamini kaybı olmazken yüksek sıcaklık ve uzun süreli uygulamalarda kayıplar artmaktadır. Özellikle 100°C’nin üzerindeki ısıtma uygulamalarında A vitamini önemli ölçüde tahrip olmaktadır. 100°C’nin üzerindeki ısıtma uygulamalarında A vitamini kayıpları %60-70 oranında olabilmektedir. Daha düşük sıcaklık ve süre süre uygulamalarında A vitamini kaybı %10 ile %50 arasında değişebilmektedir. Sütteki D vitamini kaybı A vitamini kaybına göre daha az oranda gerçekleşmektedir. Isıtma işlem görmüş sütlerdeki D vitamini kaybı yaklaşık olarak %10-40 arasında değişmektedir. Sütlerdeki asitliğin artışı her iki vitaminin kaybını da arttırıcı rol oynamaktadır. [17, 25].

Bu çalışmada A vitamini kayıpları yaklaşık olarak %45-65 arasında, D vitamini kayıpları da yaklaşık olarak %13-24 arasında değişmektedir.

Tablo 7.5 ve 7.6 incelendiğinde üç ısıtma işlemde de %1.5 yağ oranına sahip olan sütün %3 yağlı süte göre daha fazla vitamin kaybına uğradığı görülmektedir. 1999 yılında yayınlanan Walstra’nın çalışmalarında da süt yağı ve ısıtma işlem etkileşimi üzerinde durulmuş ve süt yağının mekanizması tam olarak bilinmese de içerisinde çözünmüş durumda olan maddeleri, madde çeşidine ve süt yağı miktarına bağlı olarak koruduğu görülmüştür. Bu çalışmada da görüldüğü üzere yağda çözünen vitaminler olan A ve D vitaminleri içinde bulundukları daha yüksek yağ konsantrasyonunda ısıtma işlemleri sonucu daha az kayba uğramışlardır.

Walstra’nın çalışmasında süt yağının yağda çözünen vitaminler için bir tabaka meydana getirdiği, bu tabakanın da ısıtma işleme karşı yağda çözünen vitaminleri bir dereceye kadar koruduğu ifade edilmiştir [18].

Tablo 7.5 %3 Yağlı Sütün Isıl İşlemler Sonucu Ortalama Vitamin Kaybı

Vitaminler	% Kayıp		
	60°C’de 30 dk Pastörize Edilmiş Süt	Pastörize Süt	UHT Süt
Retinol Kaybı	45.78	47.12	61.71
Kolkalsiferol Kaybı	13.28	14.83	21.97

Tablo 7.6 %1.5 Yağlı Sütün Isıl İşlemler Sonucu Ortalama Vitamin Kaybı

Vitaminler	% Kayıp		
	60°C’de 30dk Pastörize Edilmiş Süt	Pastörize Süt	UHT Süt
Retinol Kaybı	50.38	49.21	64.48
Kolkalsiferol Kaybı	16.43	17.75	23.51

7.3. Pastörize İçme Sütünün A ve D Vitaminlerince Zenginleştirilmesi

Süt ısıt işlem görmemiş olsa dahi içerdiği A ve D vitaminleri miktarı günlük A ve D vitaminleri ihtiyacının karşılanması için yeterli değildir. Dünya Sağlık Örgütü’nün yaptığı yayınlarda günlük A vitamini gereksiniminin çocuklar için 2000-3000 IU, yetişkinler için 5000 IU; günlük D vitamini gereksiniminin ise çocuklar ve

hamileler için 600 IU, yetişkinler için ise 800 IU olduğu açıklanmıştır [42, 43]. Isıl işlemler sonucu sütte günlük ihtiyacı karşılamayan seviyede bulunan A ve D vitamini seviyeleri daha da azalmaktadır. Zenginleştirme işlemi ile içme sütünün A ve D vitaminleri içeriği günlük alınması gerekli A ve D vitaminleri seviyesine çıkarılmaktadır.

Bu çalışmada ısıl işlem geçirmiş içme sütü A ve D vitaminlerince zenginleştirilmiştir. Her bir ısıl işlem için değişik oranlarda zenginleştirme oranları uygulanmıştır. Bunun sebebi de farklı ısıl işlem uygulamalarında farklı miktarda vitamin kaybolmasıdır. Tablo 7.7 ve 7.8’de farklı ısıl işlem tipleri için çiğ süte ilave edilmesi gerekli A ve D vitaminleri miktarları verilmiştir. Farklı miktarlarda olan vitamin kayıpları doğrultusunda zenginleştirme işlemleri yapılmış ve zenginleştirme için en uygun ısıl işlem prosesinin hangisi olduğu saptanmıştır.

Isıl işlem geçirmiş olan içme sütünde zenginleştirme işlemi sonucu 2500 IU A vitamini, 600 IU D vitamini bulunması standartlar doğrultusunda bulunması gerekli vitamin değerleri olup bu çalışmada son ürünün değerleri 2500 IU A vitamini, 600 IU D vitamini olacak şekilde çiğ süte vitamin ilaveleri yapılmıştır [42, 43]. Yapılan ilaveler sonucu zenginleştirilen örnekler tekrar analiz edilerek zenginleştirme işleminin amacına ulaşp ulaşmadığı kontrol edilmiştir.

Tablo 7.7. %3 Yağlı Çiğ Süte Farklı Isıl İşlem Tipleri İçin İlave Edilecek Ortalama Vitamin Miktarları (IU) [40, 42].

Vitamin	Isıl İşlem Tipi	
	Pastörizasyon	UHT
Retinol	2600	4300
Kolkalsiferol	670	730

Tablo 7.8. %1,5 Yağlı Çiğ Süte Farklı Isıl İşlem Tipleri İçin İlave Edilecek Ortalama Vitamin Miktarları (IU)

Vitamin	Isıl İşlem Tipi	
	Pastörizasyon	UHT
Retinol	3850	6000
Kolkalsiferol	710	730

Bu çalışmada zenginleştirme için en uygun ısıl işlem tipinin yüksek sıcaklıkta kısa süreli pastörizasyon işlemi olduğu görülmektedir. Pastörizasyon işlemi esnasındaki vitamin kayıpları UHT işlemine göre daha az seviyelerde olmaktadır. Bu da zenginleştirme işlemini ekonomik olarak etkilemektedir. Ekonomik, teknolojik ve sağlık ile ilgili şartlar çiğ süte vitamin ilavesinden sonra uygulanacak olan ısıl işlemin pastörizasyon olduğunu göstermektedir.

Vitamin ilaveleri çiğ süte yapıldığından ve daha sonra ısıl işlem uygulamasına tabi tutulduğundan dolayı, ısıl işlem esnasında olabilecek kayıplar dikkate alınarak hedef zenginleştirme değerine ulaşabilmek için süte %10-50 kadar fazla bir vitamin ilavesi yapmak gerekli olmaktadır. Bu sebepten dolayı da ısıl işlem sırasında olabilecek vitamin kayıplarını bilmek önem kazanmaktadır.

Yapılan bu çalışmada vitamin kayıpları saptanmış ve bu doğrultuda süte ilave edilmesi gerekli vitamin oranları belirlenmiştir. Zenginleştirme prosesinde uygulanması gerekli en uygun ısıl işlem pastörizasyon olup vitamin ilavelerinden sonra içme sütü pastörizasyona tabi tutularak vitamince zenginleştirilmiş pastörize içme sütü elde edilmiştir. Türkiye koşullarında vitamince zenginleştirilmiş içme sütü eldesi için en uygun seçenek bu çalışmada verilmeye çalışılmıştır.

7.4. Sütteki A ve D Vitaminleri Kaybı Üzerine Işık ve Ambalaj Etkisi

Son ürün olarak elde edilen A ve D vitaminlerince zenginleştirilmiş pastörize sütün zenginleştirme işlemi ile kazanmış olduğu vitamin değerlerini ve diğer niteliklerini mümkün olan en uzun süre koruması için ürün eldesinden sonra yapılacak işlemler önem kazanmaktadır. Aksi taktirde kısa sürede vitamin ve sütte yer alan diğer besin öğelerinin kaybı yapılan zenginleştirme ve diğer işlemleri geçersiz kılmış olacaktır. Eklenen vitamin miktarının üretimden sonra kısa bir süre içerisinde üretim sonrası uygun koşullar sağlanamaması sebebiyle kaybedilerek eski değerlerine dönmesi mantıklı ve verimli bir çaba olmayacaktır.

Zenginleştirme işlemlerinde zenginleştirme ajanlarının stabiliteleri son derece önemlidir. Elde edilen son ürün ilave edilen zenginleştirme ajanlarının miktar ve niteliklerini kaybetmeksizin en uzun raf ömrüne sahip olmalıdır. Zenginleştirme ajanları türlerine bağlı olarak çok çeşitli faktörlerden etkilenebilmekteler ve stabilitelerini kaybedebilmektedirler. Bunun sonucunda ürün besin değerinde, lezzet özelliklerinde, görünümünde istenilmeyen değişiklikler meydana gelebilmektedir. Bu değişiklikler ürün kalitesini direkt olarak düşürmektedir. [40].

Vitaminler ısıya, ışığa, neme, kimyasal ajanlara ve bazı mekanik işlemlere karşı son derece duyarlıdır. Depolama koşulları esnasında son ürünün bu tip etkilerle karşı karşıya kalması vitamin stabilitesini ve aktivitesini etkileyerek, istenilmeyen değişiklikler meydana getirebileceği gibi diğer bileşenler üzerinde de olumsuz bir takım etkilere yol açabilecektir. Bundan dolayı depolama koşulları ve uygun ambalaj materyali seçimi son derece önem kazanmaktadır [31, 38, 42].

A ve D vitaminlerince zenginleştirilmiş pastörize sütün üretimden sonraki vitamin içeriğini etkileyen bazı kritik faktörler söz konusu olmaktadır. Bu çalışmada vitamin kaybına sebep olabilecek ve bu kaybı hızlandıracak faktörler ele alınmıştır.

Süt yağının yağda çözünen vitaminler üzerindeki koruyucu etkisi de düşünülerek çalışma farklı yağ miktarlarına sahip zenginleştirilmiş sütler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada vitamin kaybını etkileyen en önemli iki faktör üzerinde çalışılmıştır:

- Zenginleştirilmiş pastörize sütün ambalajlandığı materyal,

- Işıık faktörü.

Çalışmada %3, %1.5 yağlı ve yağsız pastörize sütün güneş ışığı altında, karanlık bir odada ve floresans bir ışığın olduğu ortamlarda çeşitli zaman dilimlerinde bekletilerek A ve D vitamini kayıpları incelenmiştir. Ambalaj materyali olarak ise tetrapak ambalaj ve yüksek yoğunluklu polietilen plastik şişeler kullanılmıştır. Tetrapak ambalaj ‘PE/karton/Alüminyum folyo/PE/PE’ şeklinde bir yapıya sahiptir. Dıştaki polietilen tabakalar ve alüminyum folyo tabakası 15µm, iç polietilen tabakalarının kalınlığı ise 35 µm’dir.

Tablo 7.9 ve 7.10’da görüldüğü üzere karanlık ortam koşullarında pastörize sütte Retinol kaybı olmamaktadır. 3 saatlik süre boyunca güneş ışığına maruz kalma sonucunda ambalaj tipine ve yağ miktarına bağılı olarak Retinol kaybı meydana gelmektedir. Plastik şişe (HDPE), tetrapak ambalaja göre daha fazla vitamin kaybına sebebiyet vermektedir. Kullanılan plastik şişe geleneksel polietilen şişe diye tabir edilen ışığa ve diğer etmenlere karşı bariyere sahip olmayan bir ambalaj materyali olarak seçildi. Yağ oranı %3’den %1.5’e düşürüldüğünde plastik şişede Retinol kaybı daha fazla olmaktadır. Bu da yüksek süt yağı içeriğinde Retinolün daha stabil olduğunu göstermektedir. Süt yağı güneş ışığına karşı Retinolü bir dereceye kadar korumaktadır.

Bradley’in 1996 yılında yayınlanan çalışmalarında plastik ve tetrapak ambalajlarda karanlık oda koşullarında 24, 48 ve 72 saat bekletilen süt örneklerinde vitamin kaybına rastlanmamıştır. İki ambalaj materyalindeki pastörize süt 2, 4 ve 6 saat süre ile güneş ışığında tutulduğunda tetrapak ambalajlı üründe vitamin kaybı görülmemiştir. Plastik şişede ise %8-15 arasında A vitamini ve %6-11 arasında D vitamini kaybına rastlanmıştır [45].

Tablo 7.9. %3 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Retinol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Güneş ışığı (3 saat süresince)	Karanlık oda (72 saat süresince)
Tetrapak	-	-
Plastik şişe	10	-

Tablo 7.10. %1.5 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Retinol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Güneş ışığı (3 saat süresince)	Karanlık oda (72 saat süresince)
Tetrapak	-	-
Plastik şişe	12	-

Tablo 7.11 ve 7.12’da görüldüğü üzere karanlık ortam koşullarında pastörize sütte Kolkalsiferol kaybı olmamaktadır. 3 saatlik süre boyunca güneş ışığına maruz kalma sonucunda ambalaj tipine ve yağ miktarına bağlı olarak Kolkalsiferol kaybı meydana gelmektedir. Plastik şişe, tetrapak ambalaja göre daha fazla vitamin kaybına sebebiyet vermektedir. Yağ oranı %3’den %1.5’e düşürüldüğünde plastik şişede Kolkalsiferol kaybı Retinoldeki gibi daha fazla olmaktadır. Bu da yüksek süt yağı içeriğinde Kolkalsiferolün daha stabil olduğunu göstermektedir. Süt yağı güneş ışığına karşı Kolkalsiferolü, aynı şekilde Retinolü koruduğu şekilde korumaktadır.

Tablo 7.11. %3 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj	% Kayıp	
Tipi	Güneş ışığı (3 saat süresince)	Karanlık oda (72 saat süresince)
Tetrapak	-	-
Plastik şişe	7	-

Tablo 7.12. %1.5 Yağlı Pastörize Sütün Güneş Işığında ve Karanlık Ortamda, Farklı Ambalajlardaki Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj	% Kayıp	
Tipi	Güneş ışığı (3 saat süresince)	Karanlık oda (72 saat süresince)
Tetrapak	-	-
Plastik şişe	9	-

Çoğu süt işletmesinde üretilen mamul madde depolama koşullarında güneş ışığına maruz kalmasa da işletmede depolama koşullarında floresan ışımaya tipi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bunun sonucunda vitaminler ışığa karşı hassas olduklarından, stabilitelerini belli bir şiddetteki floresan ışığa maruz kalmaları sonucu kolayca kaybedebilmektedirler. Vitaminlerin stabil yapılarının bozulmasıyla beraber sütte önemli vitamin kayıpları meydana gelmektedir.

Bazı süt işletmelerinde ürün ambalajlanmasında uygun ambalaj materyalinin

seçilmemesi, gereğinden yüksek şiddette ışık kaynakları kullanılarak aydınlatma yapılması vitamince zenginleştirilmiş ürünün vitamin içeriğini kısa bir zaman dilimi içerisinde eski vitamin değerleri hatta, eski vitamin değerlerinin de altında seviyelere indirebilmektedir [44].

Bu çalışmada süt sanayinde yaygın olarak kullanılan plastik şişe ve tetrapak ambalaj materyali ile çalışıldı. Süt yağının floresan ışık sebebiyle olan vitamin kaybındaki rolünü tespit için %3 ve %1.5 yağlı süt örnekleri kullanıldı. Işık kaynaklarının şiddetleri 2000 lümen/metre, 1000 lümen/metre, 500 lümen/metre olarak seçildi. 2000 ve 1000 lümen/metre ışık şiddetine sahip kaynaklar işletmelerde kullanılmalarına rağmen oldukça yüksek şiddette olan ışık kaynaklarıdır.

Çalışmada üretimden hemen sonraki 24 saatlik depolama sürecindeki retinol ve kolkalsiferol miktarları ve ortalama retinol ve kolkalsiferol kayıpları saptanmıştır. Depolama süresince depo sıcaklığı, bağıl nemi ve çalışmayı etkileyebileceği düşünülen diğer ortam koşulları sabit tutuldu. Depolama 4°C ve %50 bağıl neme sahip bir ortamda gerçekleştirilmiştir.

Tablo 7.13, 7.14 ve 7.15’de %3 yağlı süt ile ilgili ortalama vitamin kayıpları verilmiştir:

Tablo 7.13. %3 Yağlı Pastörize Sütün 2000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Retinol	Kolkalsiferol
Tetrapak	8.21	1.31
Plastik şişe	52.32	1.43

Tablo 7.14. %3 Yağı Pastörize Sütün 1000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Retinol	Kolkalsiferol
Tetrapak	2.48	0.54
Plastik şişe	20.34	0.62

Tablo 7.15. %3 Yağı Pastörize Sütün 500 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Retinol	Kolkalsiferol
Tetrapak	0.11	0.13
Plastik şişe	0.13	0.23

Tablo 7.13, 7.14 ve 7.15’de % 3 yağlı süt ile ilgili ortalama vitamin kayıpları incelendiğinde plastik şişede, tetrapak ambalaja göre daha fazla vitamin kaybı olduğu görülmektedir. % 3 yağlı sütte 2000 lümen/metre’lik ışık kaynağının 1000 ve 500 lümen/metre’lik ışık kaynaklarına göre çok daha yüksek bir vitamin kaybına yol

açtığı görülmektedir. 500 lümen/metre’lik ışık kaynağı kayıplar incelendiğinde depolama için ideal gözükmemektedir.

2000 lümen/metre ışık kaynağı ile aydınlatılan bir ortamda zenginleştirme işleminin kayıplardan dolayı amacına ulaşamayacağı açık bir şekilde gözükmemektedir.

Tablo 7.16, 7.17 ve 7.18’de %1.5 yağlı sütün ortalama vitamin kayıpları verilmiştir:

Tablo 7.16. %1.5 Yağlı Pastörize Sütün 2000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Retinol	Kolkalsiferol
Tetrapak	12.13	2.33
Plastik şişe	58.39	2.59

Tablo 7.17. %1.5 Yağlı Pastörize Sütün 1000 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Retinol	Kolkalsiferol
Tetrapak	10.12	1.18
Plastik şişe	26.35	1.36

Tablo 7.18. %1.5 Yağlı Pastörize Sütün 500 lümen/metre Aydınlatma Şiddetinde ve Farklı Ambalajlardaki 24 Saat Depolama Süresi Boyunca Ortalama Retinol ve Kolkalsiferol Kayıpları

Ambalaj Tipi	% Kayıp	
	Retinol	Kolkalsiferol
Tetrapak	0.12	0.17
Plastik şişe	0.14	0.24

Tablo 7.15, 7.16 ve 7.17’de %1.5 yağlı süt ile ilgili ortalama vitamin kayıpları incelendiğinde plastik şişede, tetrapak ambalaja göre daha fazla vitamin kaybı olduğu görülmektedir. %1.5 yağlı sütte 2000 lümen/metre’lik ışık kaynağının 1000 ve 500 lümen/metre’lik ışık kaynaklarına göre %3 yağlı sütte olduğu gibi çok daha fazla vitamin kayıplarına yol açtığı görülmektedir. 500 lümen/metre’lik ışık kaynağı %3 yağlı süt için depolamada uygun ışık kaynağı olduğu gibi %1.5 yağlı süt için de ideal kaynak olarak gözükmektedir.

2000 lümen/metre ışık kaynağı ile aydınlatılan bir ortamda zenginleştirme işleminin amacına ulaşamayacağı %1.5 yağlı süt örneği ile yapılan çalışmalarda da açıkça ortadadır.

Aydınlatma şiddetinin A ve D vitamin kayıpları üzerindeki etkisi incelenirken ilgi çekici diğer bir özellik ise %3 yağ içeren süt örneğinin %1.5 yağ içeren süt örneğine göre daha az oranda vitamin kaybına uğramış olduğudur. Bu da göstermektedir ki yağ konsantrasyonunun yüksek oluşu yağda çözünen vitaminler için ışık ve diğer bazı etkilere karşı daha stabil kalabilecekleri bir ortam meydana getirmekte ve bu da vitamin kaybını azaltmaktadır.

ABD’de ambalaj materyalleri ve floresans ışık kaynaklarıyla ilgili yapılan bazı çalışmalarda 24 saatlik bir zaman dilimi içerisinde floresans ışık altında polietilen plastik şişeler içerisinde bekletilen pastörize sütlerde %90’a varan A vitamini kayıpları olduğu görülmüştür. Aynı zaman dilimi içerisinde D vitaminindeki kaybın yaklaşık olarak %2-3 olduğu görülmüştür. Sentetik olarak oluşturulan

vitaminlerin stabilite yönünden daha zayıf olduğu ve bu vitaminlerin daha kolay bir şekilde floresans ışık vasıtasıyla kaybolduğu da saptanmıştır. Ambalaj materyallerinin oksijen, nem ve ışık geçişini engelleyen çeşitli materyallerle kaplanması sonucu floresans ışık sebebiyle A ve D vitamini kayıpları %80-90 oranında azaltılmıştır [45].

Bu çalışmada da görüldüğü üzere tetrapak ambalajlar ile bariyersiz polietilen ambalajların arasında A ve D vitaminlerini floresans ışığa karşı korumada çok büyük farklar söz konusudur.

8. SONUÇ

İçme sütünün vitamin ve diğer minerallerce zenginleştirilmesi Türkiye’de süt sanainde özellikle ekonomik koşullar nedeniyle tercih edilen bir işlem olmamaktadır. Avrupa ülkelerinde ve ABD’de zenginleştirme işlemi hükümetlerin sağlık programları içerisinde olup işletmeler bu konuda ekonomik olarak desteklenmekte ve üretim maliyetleri düşmektedir. Türkiye’de süte vitamin ve mineral madde ilavesi daha yüksek fiyatlara mal olup dolayısıyla son ürün fiyatına da olumsuz bir şekilde yansımaktadır. Sadece A ve D vitamini ilaveleri ile pastörize içme sütü maliyeti yaklaşık olarak %20-30 oranında artmaktadır. Diğer vitamin ve mineral madde ilaveleri yapıldığı da göz önüne alındığında pastörize içme sütü yaklaşık olarak % 50 daha fazlaya mal olmaktadır. Gerekli yasal düzenlemelerin de tam olarak detaylandırılmamış olması ayrıca bir tıkanıklığa yol açmaktadır.

Yapılacak yasal düzenlemeler ve ekonomik koşullardaki iyileşmeler sınırlı sayıda uygulamaları olan vitamin ve mineral maddelerce zenginleştirilmiş süt ve süt ürünleri üretimine yeni ufuklar katabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Fox, P.F. and P.L.H., McSweeney.,** 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry, Blackie Academic and Professional.
- [2] **Patton, St., Mc. Carthy, R.D., Evans L., Lynn, T.R.,** 1970. Structure and synthesis of Milk. Journal of Dairy Science., 43, 1197.
- [3] **Robinson, R. K.,** 1994. Modern Dairy Technology. Vol. 1. Advances in Milk Products , 2nd Edition. Elsevier, New York.
- [4] **Wong, N.P., R. Jenness, M. Keeney, and E.H. Marth.,** 1988. Fundamentals of Dairy Chemistry, 3rd Edition Van Nostrand Reinhold, New York.
- [5] **Walstra, P., T.J. Geurts, A. Noomen, A. Jelema, and M.A.J.S. van Boekel.,** 1999. Dairy Technology (Principles of Milk Properties and Processes). Marcel Dekker, Inc.
- [6] **Goff, H.D. and A.R. Hill.,** 1993. Chemistry and physics. In Y.H. Hui (ed.), Dairy Science and Technology Handbook Vol.1: Principles and Properties, pp. 1-82. VCH Publishers, New York.
- [7] **Mulder, H., and P. Walstra.,** 1974. The Milk Fat Globule. Emulsion as Applied to Milk Products and Comparable Foods. Pudoc, Wageningen, the Netherlands.
- [8] **Kaptan, N.,** 1971. Süt ve Süt Mamülleri. A. Ü. Basımevi, Ankara.
- [9] **İzmen, E. R.,** 1978. Süt Mamülleri ve Teknolojisi. A.Ü.Z.F. Yayınları, Ankara.
- [10] **Richardson, C.W.,** 1980. Effects of various combinations of environmental temperature and humidity on the composition of milk and milk fat of the dairy cow. Diss. Abstract, 21, 2426.
- [11] **Hele, R.,** 1985. Biosynthesis of Fatty Acids. J. Dairy Sci., 73, 360-371.
- [12] **Davis, J.G.,** 1950. Dictionary of Dairying, New York.
- [13] **Stull, J.W., Brown, W.H.,** 1962. Seasonal and breed variation in the fatty acid content of milk fat. Journal of Dairy Science., 45,661.

- [14] **Shaw, J.C., Petersen, W.E.**, 1981. The Ratio of ratio of arterio-venous difference of certain substances to quantities secreted by the mammal gland. American Journal of Dairy., 123, 183.
- [15] **Şenel, H.S.**, 1986. Hayvan Besleme. İ.Ü Fen. Fak. Bas.Atölye., İstanbul.
- [16] **Rolleri, G.D., Larson, B.L., Touchberry, R.W.**, 1987. Protein production in bovine. Journ. Dairy Sci., 39, 1683-1689.
- [17] **Walstra, P. and R, Jenness.**, 1984. Dairy Chemistry and Physics. John Wiley and Sons, New York.
- [18] **Walstra, P.**, 1990. On the stability of casein micelles. J. Dairy Sci. 73:1965-1979
- [19] **Hipp, N. J., Groves, M.L., Custer, J.H., Mc. Meekin., T.L.**, Separation of α , β , γ casein. Journal of Dairy Science., 35, 272-281.
- [20] **Ganguli, N.C., Parabhakaran, R.. V., Paul, T.M.**, 1962. A comperative study of cow and buffalo milk casein. Journal of Dairy Science., 15, 123-124.
- [21] **Hunter, G. J. E.**, 1950. Milk protein properties. Journal of Dairy Res., 17, 79-90.
- [22] **Swanberg, O.**, 1975. Enzymatische Versuche mit Milchrüsen. Zeitschr. Physiolog. Chem., 188, 207-224.
- [23] **French, T.H., Popjak, G, Malpress, F.H.**, 1989. Biological Synthesis of Lactose from Carbon 14 Glucose. Nature, 169,71.
- [24] **Thompson, M.P., Brunner, I.R.**, 1987. Journ. Dairy Sci., 42, 369-370.
- [25] **Collins, E.D. and Norman,A.W.**, 1990. Handbook of Vitamins. Machlin,L.J., Ed., Marcel Dekker, New York.
- [26] **Liebert, J. L.**, 1951. Netherland. Milk Dairy Journ., 5, 118-124.
- [27] **Texdorf, I.**, 1972. Milchwissenschaft, 33/3, 142-145.
- [28] **Kon, S. K.**, 1959. Milk and milk products in human nutrition. FAO Nutr. Stud. No. 17.

- [29] **Mc Kellar, R.C.**, 1981. Milk pasteurization. Journ. Dairy Sci., 64/11, 2138-2145.
- [30] **Tolgay, Z., Tetik, İ.**, 1964. Muhtasar Gıda Kontrolü Klavuzu. Ege Matbaası, Ankara.
- [31] **Aschaffenburg, R.**, 1953. Dairy Industry. McGraw-Hill, New York.
- [32] **Kessler, H. G.**, 1981. Food Engineering and Dairy Technology. Verlag A. Kessler, Germany.
- [33] **Cerf, O.**, 1981. UHT Treatment. Int. Dairy Federation – Bulletin, Doc.130, Brüksel, 42-54.
- [34] **Borton, Benjamin.**, 1978. Human Nutrition. McGraw-Hill, New York.
- [35] **Benowieez, Robert.**, 1981. Vitamins & You. Berklett books, New York.
- [36] **Bosco, Dominick.**, 1980. The People's Guide to Vitamins & Minerals. Contemporary Books, Chicago.
- [37] **Mindell, Earl.**, 1999. Vitamin Book for the 21st Century. Berklett books, New York.
- [38] **Gottlieb, William.**, 1984. The Complete Book of Vitamins. Emmaus, Rodale Press.
- [39] **Kirschmann, John.**, 1984. Nutrition Almanac. McGraw-Hill, New York.
- [40] **Borenstein B.**, 1971. Rationale and technology of food fortification with vitamins, minerals and aminoacids. CRC Critical Reviews in Food Technology. Boca Raton, CRC Press, USA.
- [41] **Bauernfeind JC.**, 1991. Nutrient additions to food. Nutritional, technological and regulatory aspects. Trumbull, Conn, USA.
- [42] **Chopra JG.**, 1974. Enrichment and fortification of foods in Latin America. Am J Public Health.
- [43] **Hurrell RA.**, 1992. Prospects for improving the iron fortification of foods. In: Fomon SJ, Slotkin S. eds. Nutritional anemias. Raven Press, New York.

[44] **Harris RS.**, 1988. General discussion on the stability of nutrients. In: Karmes E, Harris RS, eds. Nutritional evaluation of food processing. 3rd ed. AVI/Van Nostrand Reinhold, New York.

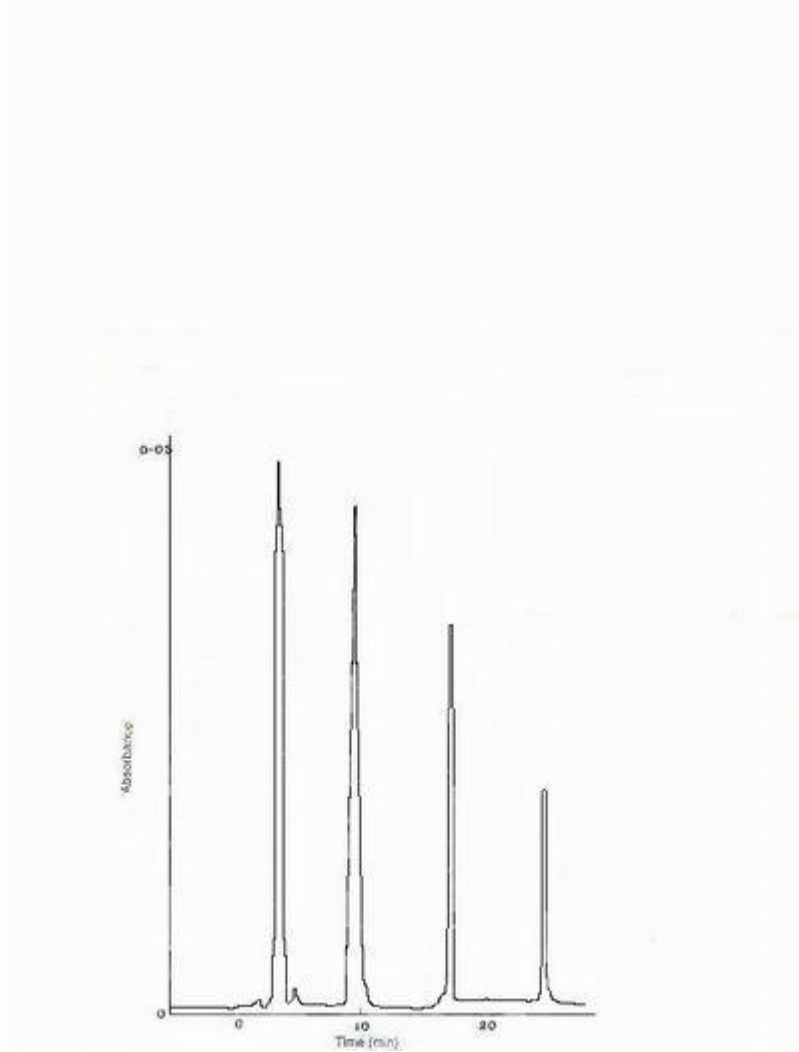
[45] **Bradley R.L., Jr.**, 1980. Effects of light on alteration of nutritional value and flavor of milk. J. Food Protection 43: 314-320,

[46] **JAOAC Int.** CAS-68-26,1992 .

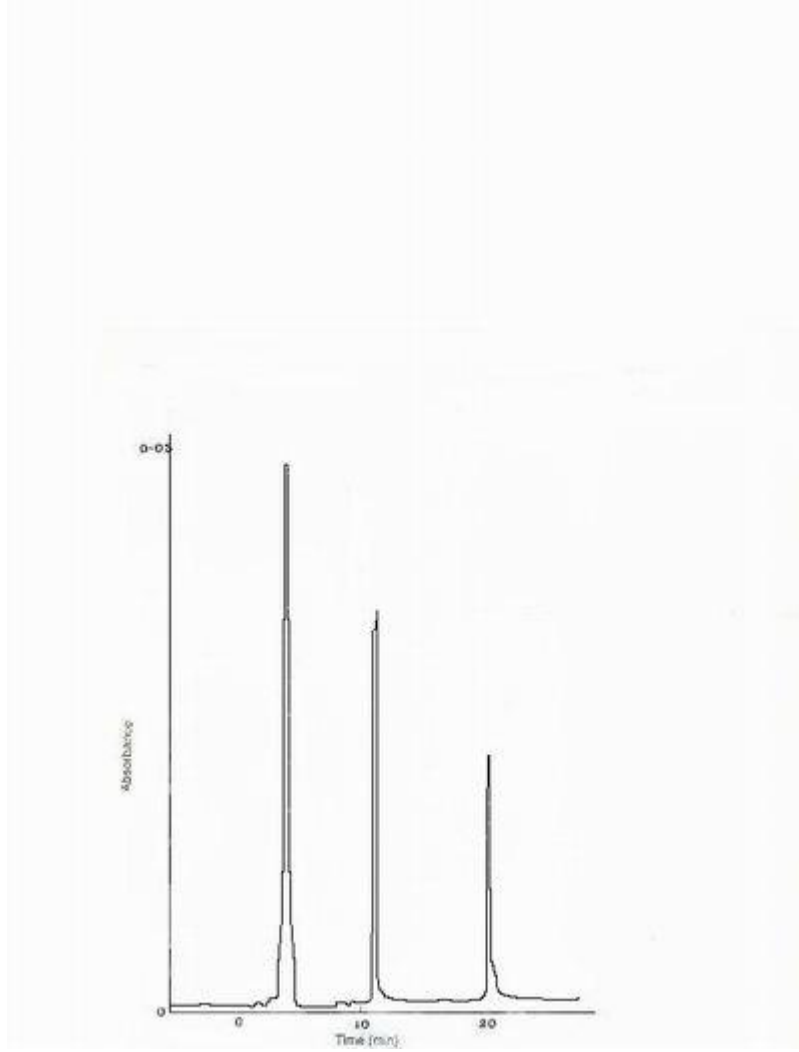
[47] **JAOAC Int.** 65, 1228, 1982.

EKLER

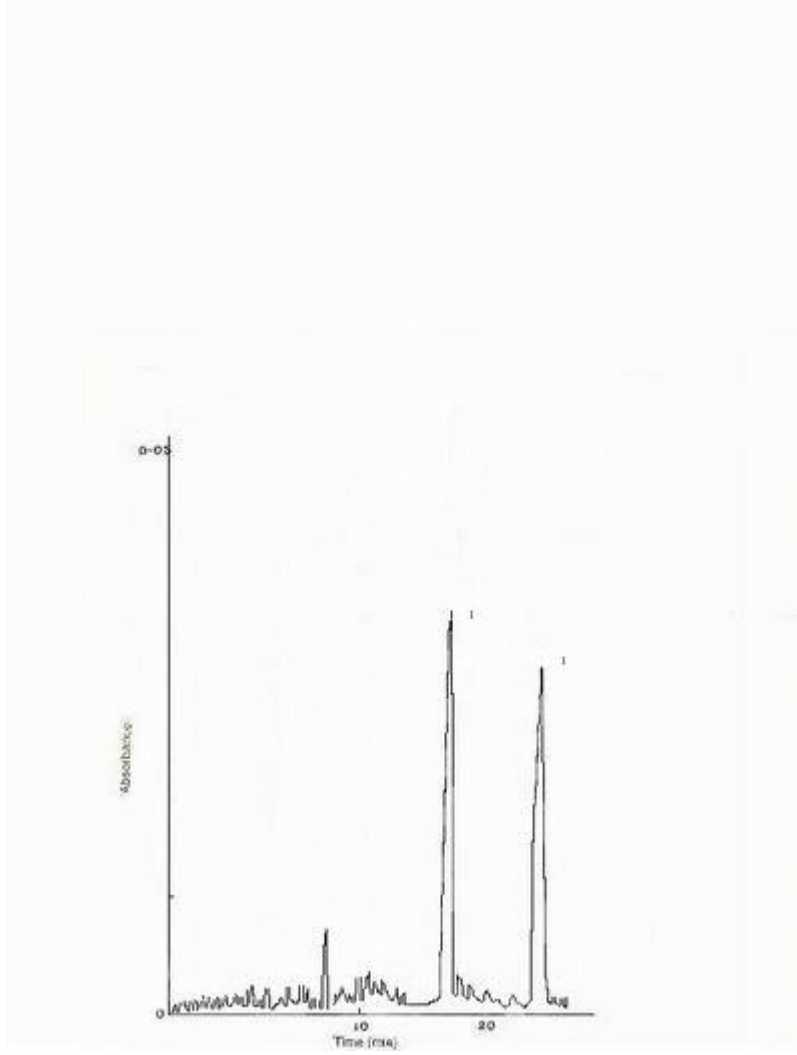
Süt örneklerinde yapılan retinol ve kolkalsiferol tayinine ait kromotogramlar:



Şekil A.1. Standart Retinol Kromatogramı

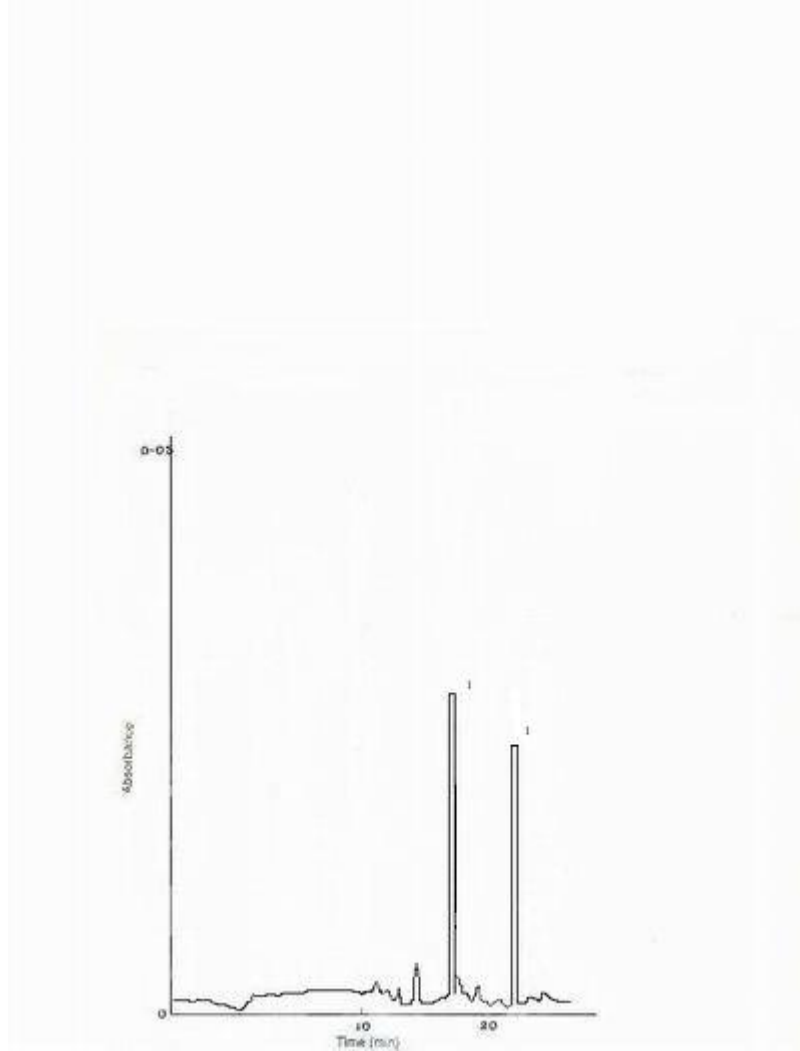


Şekil A.2. Standart Kolkalsiferol Kromatogramı



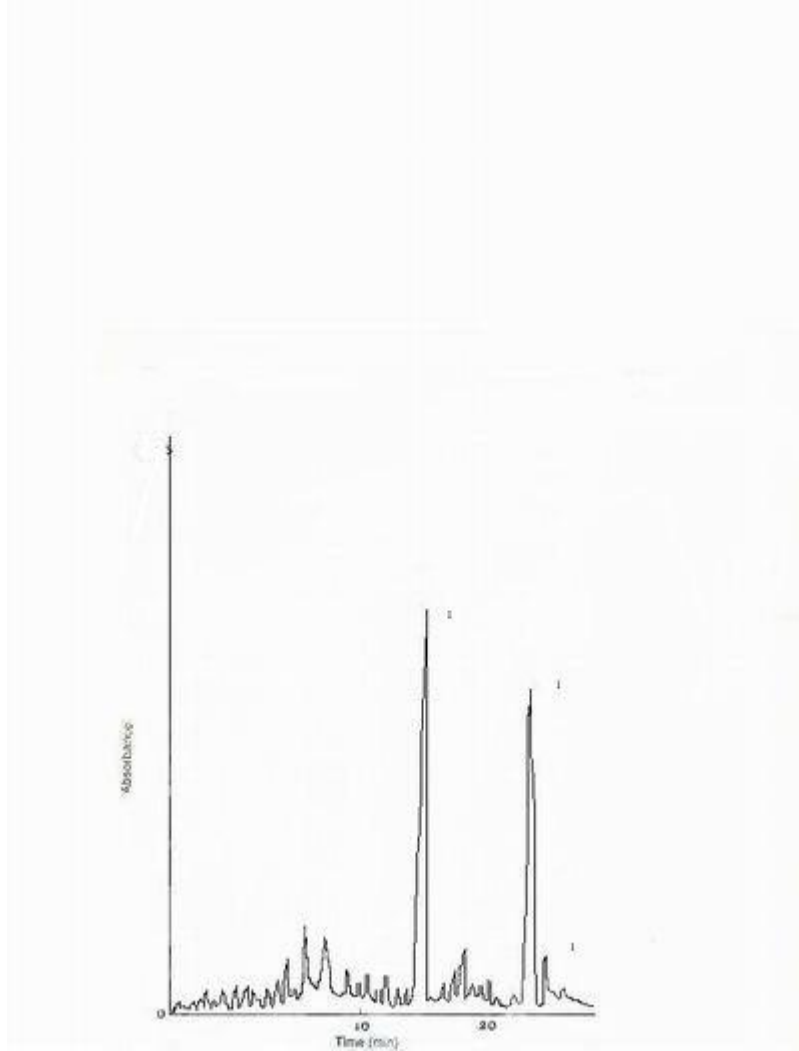
Şekil A.3. Çiğ Süt Örneğine Ait Retinol Kromotogramı

1. Retinol



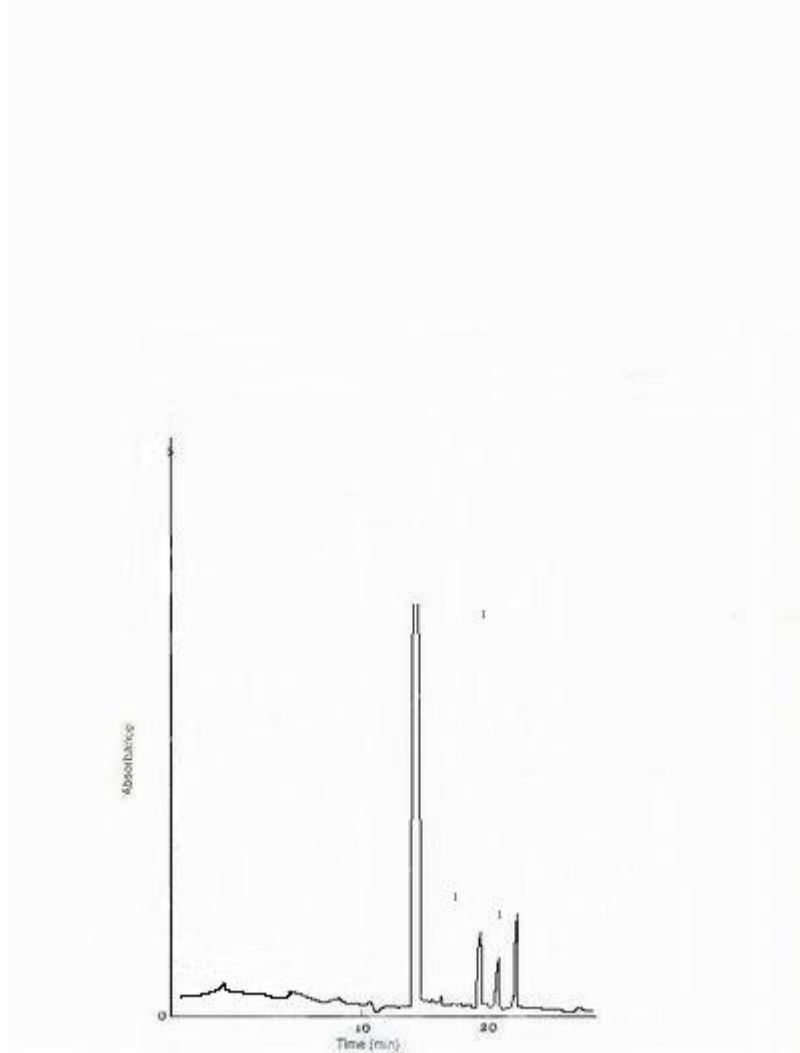
Şekil A.4. Çiğ Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı

1. Kolkalsiferol



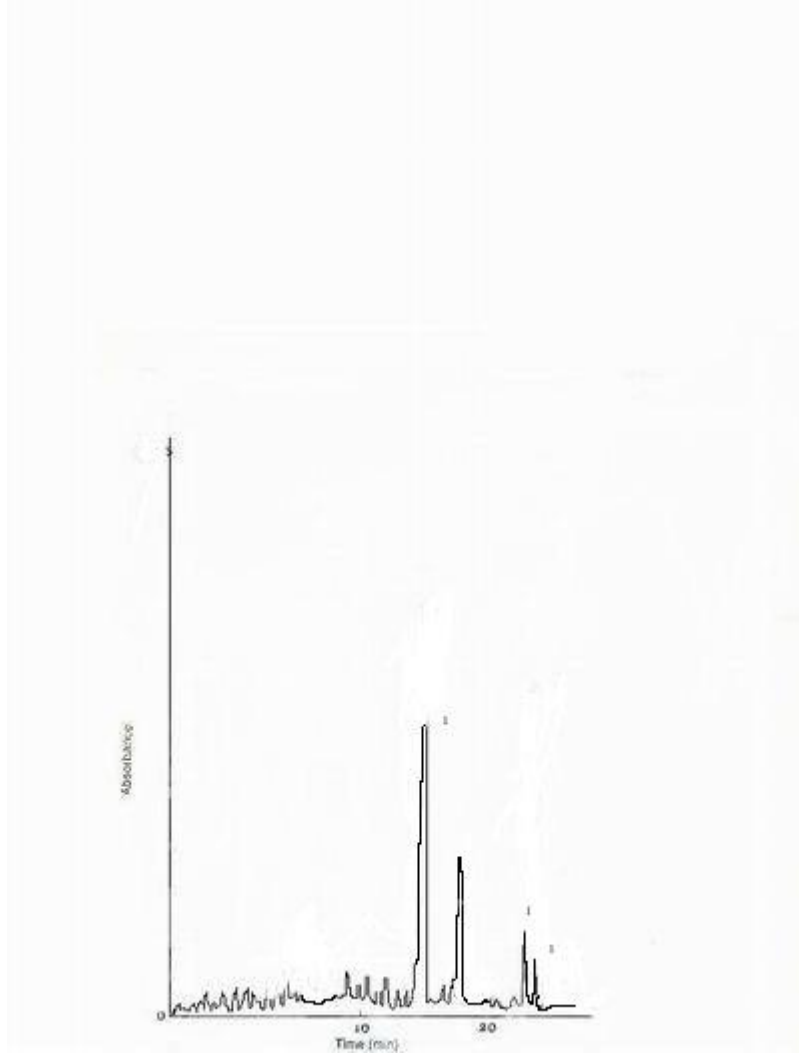
Şekil A.5. Pastörize Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı

1. Retinol



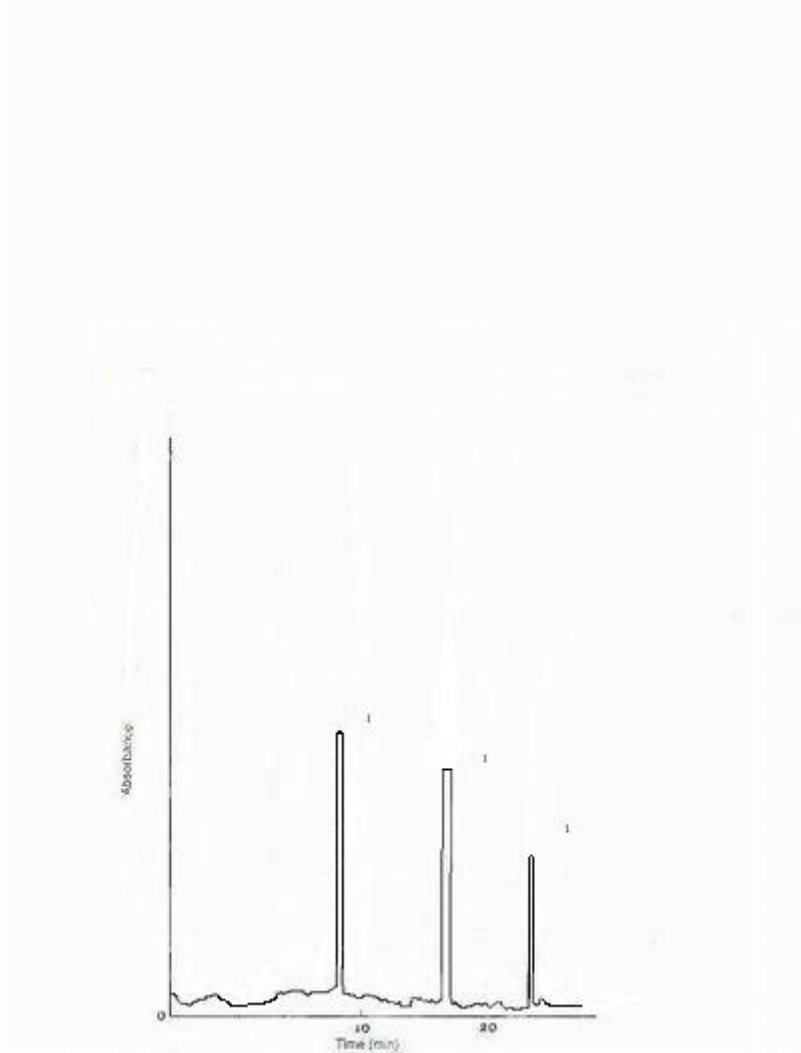
Şekil A.6. Pastörize Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı

1. Kolkalsiferol



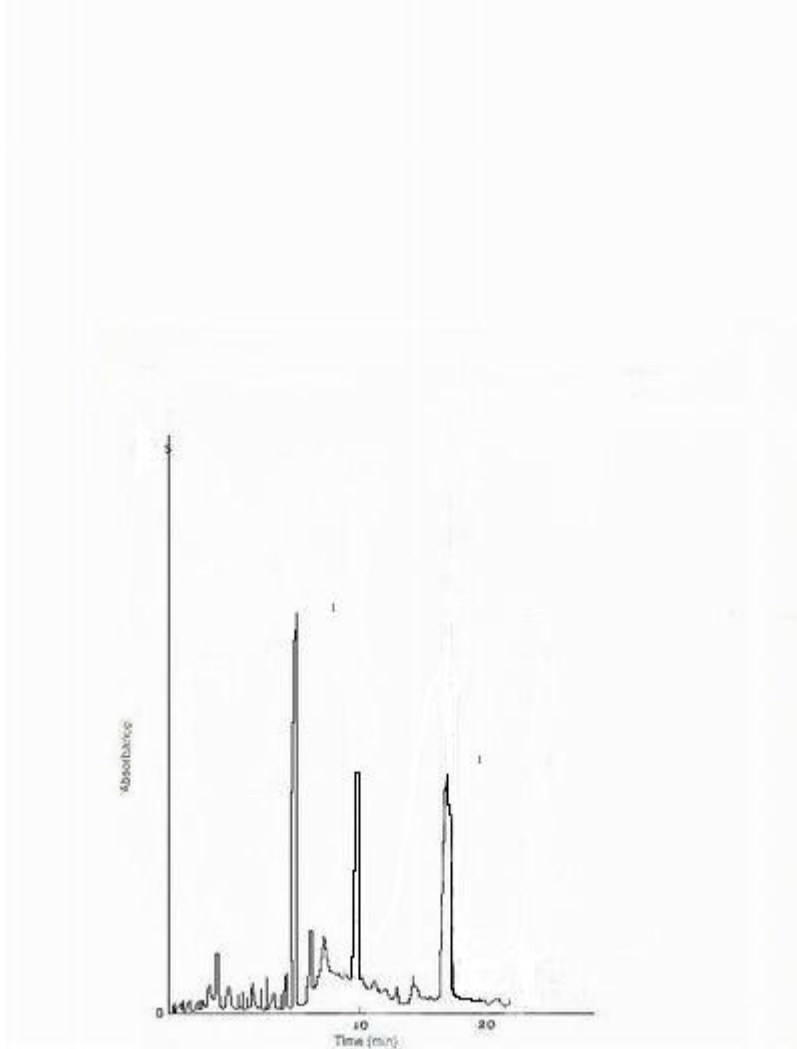
Şekil A.7. UHT Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı

1. Retinol



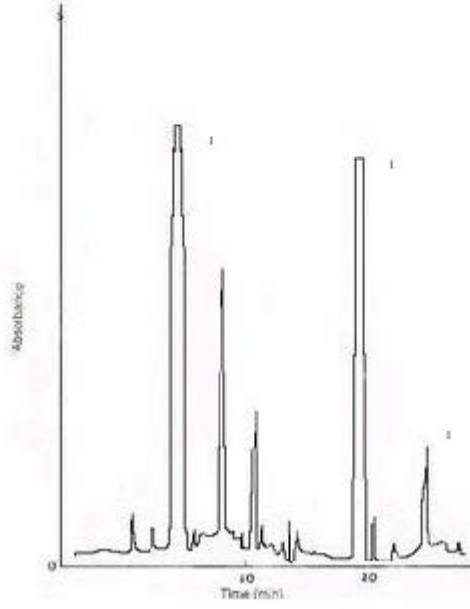
Şekil A.8. UHT Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromotogramı

1. Kolkalsiferol



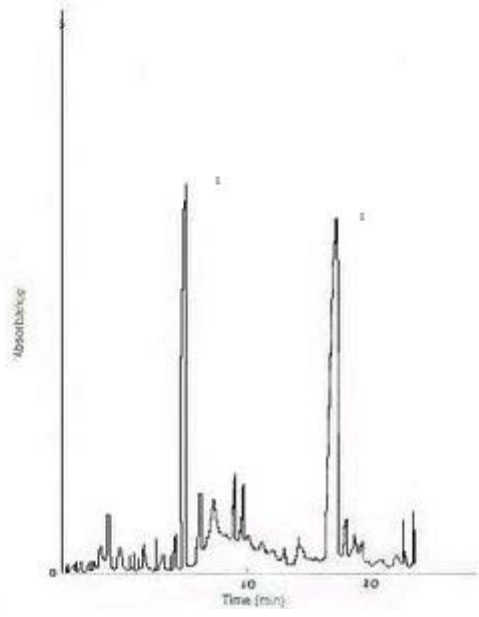
Şekil A.9. Zenginleştirilmiş Pastörize Süt Örneğine Ait Retinol Kromotogramı

1. Retinol



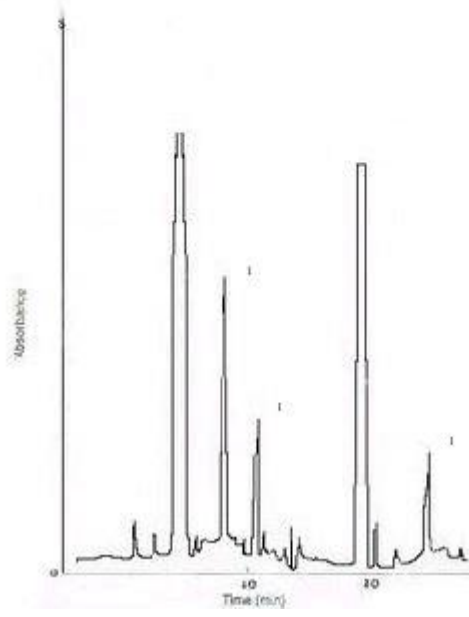
Şekil A.10. Zenginleştirilmiş Pastörize Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı

1. Kolkalsiferol



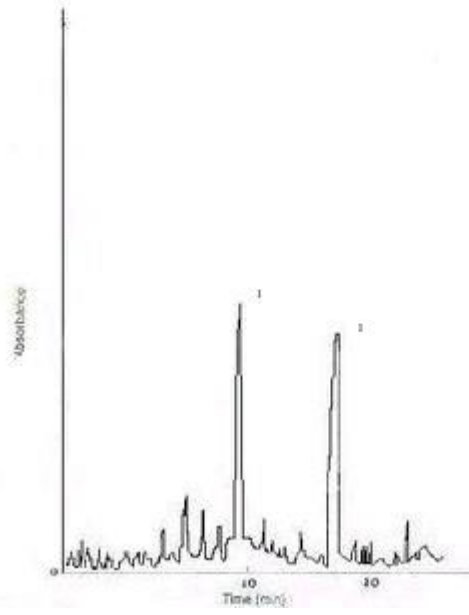
Şekil A.11. Zenginleştirilmiş UHT Süt Örneğine Ait Retinol Kromotogramı

1. Retinol



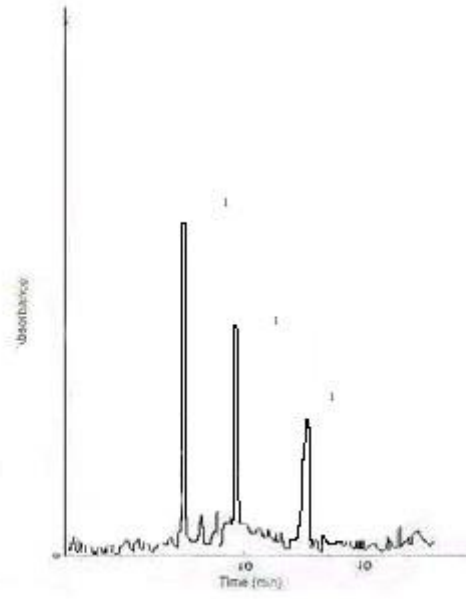
Şekil A.12. Zenginleştirilmiş UHT Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromotogramı

1. Kolkalsiferol



Şekil A.13. Kaynamış Süt Örneğine Ait Retinol Kromatogramı

1. Retinol



Şekil A.14. Kaynamış Süt Örneğine Ait Kolkalsiferol Kromatogramı

1. Kolkalsiferol

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Eskişehir’de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bursa Çelebi Mehmet Lisesi ve Avcılar İhsa Lisesi’nde tamamladı. 1994 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimine başladı. 1998 yılında lisans eğitimini tamamlayarak aynı yıl içinde İstanbul Teknik Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde yüksek lisans eğitimine başladı.