

# SÜT VE ÜRÜNLERİNDE KOLESTEROL OKSİDASYON ÜRÜNLERİ

**A. Kemal SEÇKİN, Mustafa METİN**

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100/Bornova/İzmir

Geliş Tarihi : 01.05.2003

## ÖZET

Kolesterol oksidasyon ürünleri (KOÜ); kolesterol içeren gıdaların işlenmesi sırasında, uygun olmayan ambalajlama ve depolama koşullarında, ısı ve ışık gibi faktörlerin etkisi ile oluşmaktadır. Bu maddeler mutajenik, kanseriyojenik, sitotoksik, anjiyotoksik, hücre zarlarını tahrip edici ve metabolizmada kolesterol biyosentezini yavaşlatıcı özelliklere sahiptir. Bu nedenle gıdalardaki KOÜ halk sağlığı için potansiyel bir risk taşımaktadır. Kolesterolce zengin olan süt ve süt ürünlerinde de uygun olmayan şartlarda işleme ve depolama sırasında KOÜ oluşmaktadır. Bu nedenle süt ürünlerinin işlenmesi sırasında KOÜ oluşmaması için önlemlerin alınması ve bu konuda standartların getirilmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler :** Süt ve süt ürünleri, Kolesterol oksidasyon ürünleri

## CHOLESTEROL OXIDATION PRODUCTS IN MILK AND MILK PRODUCTS

### ABSTRACT

Cholesterol oxidation products (COPs) are occurred by heat and light factors during processing, improper packaging and storage conditions. COPs are mutagenic, carcinogenicity, cytotoxic, angiotoxic and damage to cell membrane and effect biosynthesis cholesterol in the metabolism . So, COPs have potential risk for public health. Also, in milk and milk products that have high cholesterol COPs can be also formed during processing and storage. Therefore it is necessary that measurements must be taken and standards must be in dairy about COPs.

**Key Words :** Milk and milk products, Cholesterol oxidation products

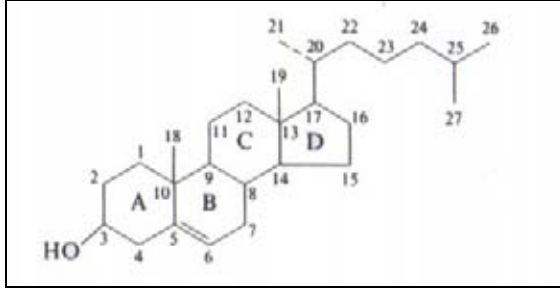
## 1. GİRİŞ

Kolesterol, insan ve hayvan doku ve hücrelerinde bulunan organik bir maddedir. Kolesterol, D vitamini sentezinde, kalsiyum ve fosforun kullanımında rol oynar. Sinir hücrelerinin önemli bileşenlerinden ve hücre zarlarının yapı taşı olan kolesterol safra asitlerinin ve cinsiyet hormonlarının sentezinde de kullanılan bir steroldür (Sieber, 1993).

Kolesterol doymamış bir moleküldür (Şekil 1). Bu nedenle hava, ışık, ısı ve iyonize ışınların varlığında kolayca okside olarak oksitlenme ürünleri

oluşabilmektedir. Hayvansal kaynaklı gıdalarda bulunan sterollerin en baskını kolesterol olmasına rağmen gıdalara uygulanan özellikle ısı işlemi nedeniyle kolesterol oksitlenme ürünleri (KOÜ) oluşabilmektedir. 60'ın üzerinde farklı KOÜ tespit edildiği belirtilmektedir (Paniangvait et al., 1995; Savage et al., 2002). KOÜ'nin insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerinin anlaşılmasından sonra son on yıl içinde bu konudaki çalışmalar artmıştır. Yapılan çalışmalar KOÜ'nin mutajenik, kanseriyojenik, sitotoksik, anjiyotoksik etki gösterdikleri, damar tıkanıklığına neden olan plak oluşumuna kolesterolde daha fazla etkili olduğunu ortaya koymuştur. Kolesterolün özellikle hayvansal

ürünlerde bulunması ve bu ürünlerin de günlük diyetle önemli bir yere sahip olması, gıdalardaki KOÜ'nin oluşumunun önemini arttırmaktadır. Yapılan invivo çalışmalarda bazı KOÜ'nin vücutta kolesterolün üre asidi ve steroid hormonlarına dönüşmesi sırasında da oluştuğunu ortaya koymuştur (Savage et al., 2002).



Şekil 1. Kolesterolün kimyasal yapısı (Kumar and Singhal, 1991)

## 2. KOLESTEROL OKSİDASYONU VE MEKANİZMASI

Kolesterol, oksidasyona neden olan faktörlerden uzak tutulduğunda 40.000-53.000 yıl kadar bozulmadan kalabilmektedir (Kumar and Singhal, 1991). Serbest kolesterol, oksidasyona karşı esterlerinden daha fazla stabilizeye sahiptir (Korahani et al., 1982). Kolesterolün kimyasal yapısında delta 5 bağının olması A ve B halkalarının şekli etkilemektedir (Şekil 1). Çünkü bu bağ serbest oksijene karşı çok hassastır (Paniangvait et al., 1995). Üçüncü karbon atomuna bağlı (C<sub>3</sub>) hidroksil gurubu dördüncü karbon atomunun (C<sub>4</sub>) oksijenle etkileşmesini hızlandırır. Yedinci karbon (C<sub>7</sub>) moleküler oksijene karşı çok duyarlı olduğu için A ve B halkalarında seri oksidasyon oluşmasına neden olur. Kenar zincirde bulunan yirminci (C<sub>20</sub>) ve yirmibeşinci (C<sub>25</sub>) atomlar merkezin oksidasyona karşı olan duyarlılığını artırır (Kumar ve Singhal, 1991). Gıda maddelerinde en fazla karşılaşılan kolesterol oksidasyon ürünlerinden 8 tanesinin kimyasal ve kısa isimleri Tablo 1'de, kimyasal yapıları ve oksidasyon mekanizması ise Şekil 2'de verilmiştir.

Kolesteroldeki hidrojenlerin bir veya birkaçının ortamda bulunan doymamış yağ asitlerinin hidroperoksitleri tarafından bağlanarak uzaklaştırılması ile KOÜ oluşumu meydana gelir (Paniangvait et al., 1995). Ortamdaki doymamış yağ asitlerinin varlığı doymuş yağ asitlerinden daha çok kolesterol oksidasyonunu hızlandırır (Kim and Nawar, 1991). Yapılan çalışmalarda doymamış yağ asitlerinin bulunmadığı ortamda, kolesterolün

100 °C de 24 saat bekletilmesine karşın oldukça stabil kaldığı tespit edilmiştir (Osada et al., 1993). Yüksek ısı uygulamalarında ortamda bulunan trigliseritlerin kolesterolün dekompozisyonu üzerine yapılan çalışmada özellikle trioleinin varlığının COPs oluşumu üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir (Kim and Nawar, 1991).

Tablo 1. Kolesterol Oksidasyon Ürünlerinden En Yaygın Olanlarının Kimyasal ve Kısa İsimleri (Paniangvait et al., 1995)

Kimyasal İsim	Kısa İsim
Cholest-5-ene-3 $\beta$ , 7 $\alpha$ diol	7 $\alpha$ hidroksikolesterol
Cholest-5-ene-3 $\beta$ , 7 $\beta$ dio	7 $\beta$ hidroksikolesterol
3 $\beta$ -hydroxycholest-5-ene-7-one	7 ketokolesterol
5 $\alpha$ -cholestane-3 $\beta$ , 5, 6 $\beta$ -triol	Kolestantriol
Cholest-5-ene-3 $\beta$ , 25 diol	25 hidroksikolesterol
Cholest-5-ene-3, 20 diol	20 $\alpha$ hidroksikolesterol
5, 6 $\alpha$ -epoxy-5 $\alpha$ cholestan-3 $\beta$ -ol	5 $\alpha$ , 6 $\alpha$ epoksikolesterol
5, 6 $\beta$ -epoxy-5 $\beta$ cholestan-3 $\beta$ -ol	5 $\beta$ , 6 $\beta$ epoksikolesterol

Gıda maddelerine uygulanan dehidrasyon (dondurarak veya sprey kurutma), KOÜ oluşumunu hızlandırmaktadır (Park and Addis, 1987). Sander et al., (1989) süt esaslı bebek konserve gıdalarında bulunan KOÜ miktarlarının dehidre edilmemiş olanlarında daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Bu konuda yapılan çalışmalar gıdalara uygulanan dehidrasyon işlemlerinin gıdalardaki kolesterolün genelde % 1'nin nadiren ise % 10 ve daha fazlası kadarının KOÜ'ne dönüşebileceğini ortaya koymuştur (Kumar and Singhal, 1992).

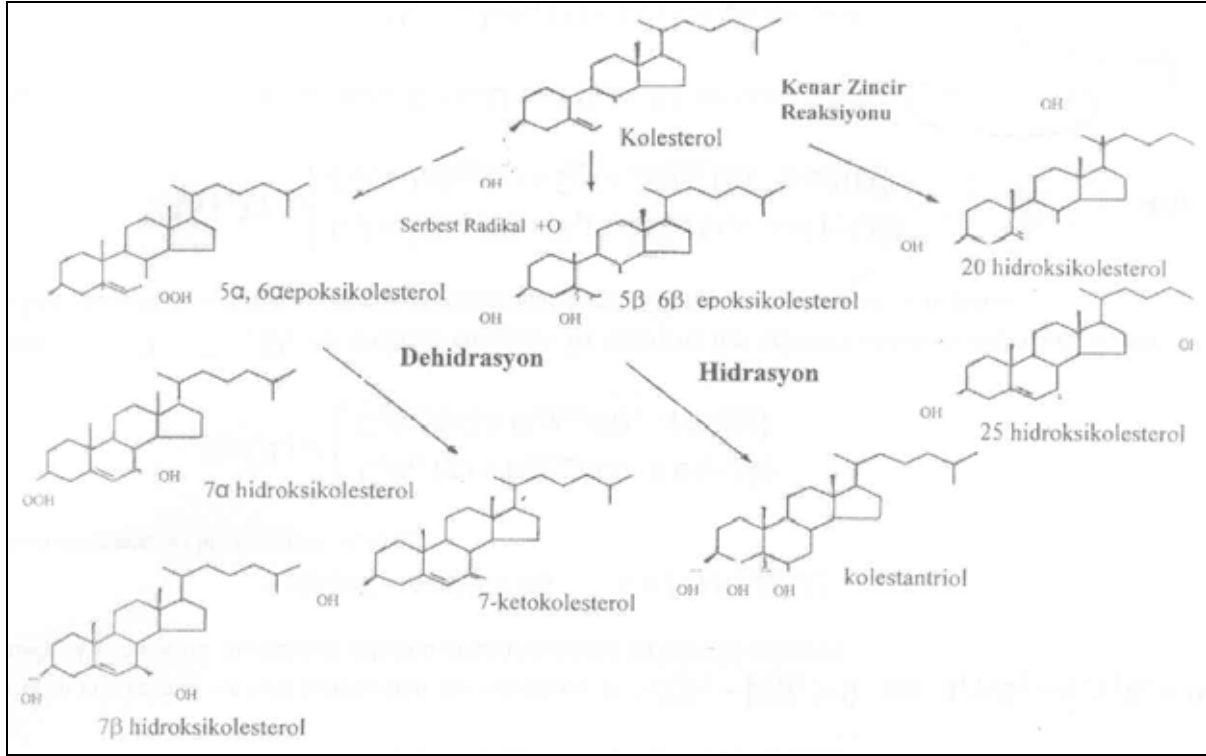
## 3. SÜT VE ÜRÜNLERİNDE KOLESTEROL OKSİDASYON ÜRÜNLERİNİN OLUŞMASI

### 3. 1. Çiğ Süt, Pastörize ve UHT Süt, Krema

Çiğ süt, pastörize süt, krema işlem sırasında veya depolama esnasında ısı, ışık, hava gibi etkilere maruz kalmaktadır. Bunun sonucu olarak süt ve ürünlerinde uyarıcıların şiddetine ve süresine, depolama ve ambalajlama şartlarına bağlı olarak belli seviyelerde KOÜ oluşabilmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda çiğ süt, pastörize ve UHT sütlerde KOÜ'ne rastlanmamıştır (Cleveland and Harris, 1987). Tereyağının üretimi sırasında kremaya uygulanan işlemlerin kremalarda KOÜ oluşumuna etkileri önemsenecek kadar az veya hiç olmamaktadır (Kou and Holmes, 1985; Sander et al., 1988). Kumar and Singhal (1992), inek sütünden elde edilmiş kremalarda oluşan KOÜ'nin 1 ppm' den daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir.

Sander et al., (1988) kremalarda 5 $\alpha$ , 6 $\alpha$  epoksikolesterol miktarının 2 ppm civarında olduğunu, yayıklama işleminden sonra ise 4 ppm'e kadar çıktığını bildirmişlerdir. Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada kremalardaki toplam oksisterollerin 0.5-0.6 ppm arasında olduğu bildirilmiştir (Cleveland and Harris, 1987). Savage et al. (2002) yaptığı çalışmada -18 °C'de 13 hafta depolanan kremalarda düşük miktarlarda da olsa

KOÜ'ne rastlandığını bildirmişlerdir. Tam yağlı krema tozları üzerinde yapılmış olan çalışmada 2-8 ppm arasında epoksitler ve 2-16 ppm arasında da 7 hidrosikolesterol türevleri tespit edilmiştir (Sarantinos et al., 1993).



Şekil 2. Kolesterolün oksidasyon mekanizması ve bazı oksidasyon ürünlerinin kimyasal yapıları (Paniangvait et al., 1995)

### 3. 2. Tereyağı

Yeni üretilen tereyağlarında 0.2 ppm'den daha düşük miktarlarda KOÜ'ne rastlandığı bildirilmiştir (Pie et al., 1990). Tereyağlarında uygulanan ısı işleme, süreye ve depolama şartlarına bağlı olarak farklı çeşit ve miktarlarda KOÜ meydana gelmektedir. Kumar and Singhal (1992) inek sütlerinden üretilen tereyağlarında KOÜ'nin iz miktarlarda (<0.1 ppm) olduğunu bildirmişlerdir.

Tereyağı; pasta, kek ve geleneksel hamurlu tatlılarda (baklava vb) kullanılmaktadır. Bu ürünlerin üretiminde yüksek sıcaklıkta pişirme işlemi uygulanır. Tereyağlarının fırınlama sıcaklıklarına kadar ısıtılması, kolesterol içeriğinde azalmalara neden olmaktadır. Bu azalma kolesterolün KOÜ'ne

dönüştüğünü göstermektedir. Pişirme işlemi ile tereyağlarındaki KOÜ miktarlarının değişimi üzerine yapılan çalışmada tencere içinde tereyağının sıcaklığı 150 °C'den 190 °C'ye yükseltilmiş ve 10 dakika sonunda 0.7 ppm epoksitlerin (5 $\alpha$ , 6 $\alpha$  epoksikolesterol ve 5 $\beta$ , 6 $\beta$  epoksikolesterol) ve 1.6 ppm 7 hidrosikolesterol türevlerinin oluştuğu bildirilmiştir (Nourooz and Appelquist, 1988a). Tereyağları 100 °C'ye kadar ısıtıldığında herhangi bir oksidasyon ürünü oluşmaz. Ancak sıcaklık 120 °C ve üzerine çıktığında çok kısa süre içinde oksidasyon ürünleri oluşmaya başlar. 150-200 °C arasında 10 dakika ısıtım işlemi uygulanmış tereyağlarındaki KOÜ miktarlarında önemli artışlar meydana geldiği bildirilmiştir (Savage et al., 2002). Yapılan bir çalışmada, tereyağlarının 180 °C'de

5 dakika bekletilmesi ile önemli miktarda 25 hidroksikolesterol, 7 $\alpha$  hidroksikolesterol, 7 $\beta$  hidroksikolesterol ve 7 ketokolesterol ürünlerinin meydana geldiği tespit edilmiştir (Osada et al., 1993).

Depolama sırasında oluşan KOÜ'nin miktarları ile ilgili olarak yapılan çalışmada, 1 yıl ambalajı açık bir şekilde depolanan tam yağlı kremalarda 1.49 ppm civarında KOÜ'nin olduğu bildirilmiştir (Rose et al., 1995). Yapılan diğer bir çalışmada tereyağlarının 20 °C 'de 13 hafta depolanması ile önemli miktarda KOÜ meydana geldiği, KOÜ içinde en baskın olanın 7 ketokolesterolün olduğu tespit edilmiştir (Nielsen et al., 1996a). Sander et al (1988) tereyağlarını 4 °C'de 4-6 ay depolamış ve depolama süresince 5 $\alpha$ , 6 $\alpha$  epoksikolesterol, 5 $\beta$ , 6 $\beta$  epoksikolesterol, 7 $\beta$  hidroksikolesterol ve 7 ketokolesterol miktarlarında artışlar olduğunu bildirmiştir. Tereyağının 15 °C'de ambalajsız şekilde 1 yıl depolanması ile yapılan çalışmada toplam KOÜ miktarlarında 60 $\mu$ g/g artış olduğu tespit edilmiştir (Finocchiaro et al., 1984).

Tereyağları buzdolabı şartlarında depolandığında oksidasyon ürünlerine ancak üçüncü haftadan sonra rastlanabilmektedir. Sander et al., (1988) tereyağlarını +4 °C'de 12 hafta depolamışlar ve tereyağlarında toplam 3 ppm KOÜ oluştuğunu tespit etmişlerdir. Pie et al (1990) tereyağlarının 180 °C'de 10 dakika bekletilmesi ile epoksit miktarlarının 5.6 ppm ve 7 hidroksikolesterol türevlerinin ise 90 ppm civarında olduğunu ve -20 °C 'de 3 ve 6 ay depolama ile KOÜ miktarında önemli bir değişiklik meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Nielsen et al. (1996a) % 80 yağ içeren kremaların +4 °C'de 7 hafta depolanması ile KOÜ miktarlarında önemli bir değişiklik meydana gelmediğini bildirmişlerdir. Ambalajlama materyalinin ve floresan ışığın KOÜ oluşumuna büyük etkisi vardır. Işığı geçiren materyallerle ambalajlanarak ışığa maruz bırakılan tereyağların KOÜ oluşumu çok hızlı olmaktadır. Ancak alüminyum folyo ile ambalajlama KOÜ oluşumunu önemli derecede yavaşlatmaktadır (Luby et al., 1986; Hiesberger and Luf, 2000).

### 3. 3. Süt Tozu

Yeni üretilmiş süt tozlarında oldukça düşük miktarlarda KOÜ'ne rastlanmıştır. Bu konuda yapılan çalışmada taze süt tozlarında 1-3 ppm arasında epoksitler ve 2-4 ppm arasında 7 hidroksikolesterol türevlerinin olduğu bildirilmiştir (Nourooz and Appelquist, 1988b). Depolama şartlarına bağlı olarak tam yağlı süt tozlarındaki KOÜ miktarlarında önemli artışlar olmaktadır. Van de Bovenkamp et al. (1988) tam yağlı süttozlarının 2

yıl depolanması üzerine yaptıkları çalışmada ürünlerdeki KOÜ miktarlarının 4.1 ppm civarında olduğunu tespit etmişlerdir. Tam yağlı süt tozlarının üretiminde uygulanan ısıl işlemin KOÜ oluşumuna etkisi çok fazla olmamaktadır. Yüksek sıcaklıkta işlem gören süttozlarında oluşan KOÜ ile düşük sıcaklıkta işlem gören süt tozlarında oluşan KOÜ arasında tip ve miktar bakımından çok fazla fark olmamaktadır (McCluskey et al., 1995). Püskürtmeli kurutucularda üretilen süt tozlarının polietilen ve cam kavanozlarda 20 °C 'de 6 ay depolanması ile 10 ppm KOÜ oluştuğu tespit edilmiştir (Chan et al., 1993). Penazzi et al., (1995) tarafından tam yağlı süt tozları üzerinde yapılan çalışmada, 7 ketokolesterol miktarlarının 1.1-1.2 ppm arasında olduğu tespit edilmiştir. Süt tozunda yapılan bir çalışmada, üretim sırasında uygulanan ısıl işlem nedeni ile KOÜ miktarlarının toplam kolesterolün % 20-45'i arasında olabileceği bildirilmiştir (Paniangvait et al., 1995).

### 3. 4. Peynir

Peynirlerde kolesterol oksidasyonu özellikle ışıklı ortamda ve uzun süre depolama nedeni ile meydana gelmektedir (Nielsen et al., 1996b). Eritme peynirlerindeki KOÜ'nin oluşmasına sıcaklığın etkisi, depolamanın etkisinden daha fazla olmaktadır (Kristensen and Skipted, 1999). Bununla birlikte eritme peynirleri üzerine yapılan bir çalışmada oda sıcaklığında 1 yıl ışıklı ortamda depolanan peynirlerde 3.3  $\mu$ g/g 7 ketokolesterol oluştuğu tespit edilmiştir (Kristensen et al., 2001). Rendelenerek üretilen peynirlerde (Parmesan ve Romano gibi) rendeleme işlemi peynirlerin yüzey alanını arttırmakta dolayısı ile oksidasyonunu stimüle edici etki yapmaktadır. Bu konuda yapılan çalışmada taze peynirlerdeki KOÜ'nin iz miktarlarda olduğu ancak rendelenerek üretilen peynirlerde ise KOÜ miktarlarının 6-32 $\mu$ g/g arasında değiştiği bildirilmiştir (Finocchiaro et al., 1984). Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada rendelenmiş peynirlerin 18 °C 'de 12 ay depolanması ile KOÜ miktarlarında önemli artışlar tespit edilmiştir (Nourooz and Appelquist, 1988a). Nielsen et al., (1995) Feta peynirlerinde 0.7 ppm epoksikolesterol türevleri tespit etmişlerdir. Bununla birlikte farklı zaman periyotlarında ışığa maruz bırakılan peynirlerde 220 ppm kadar 7 ketokolesterol oluştuğu bildirilmiştir. Sander et al., (1989) yapmış olduğu çalışmada, Cheddar peynirlerinin üretimi aşamasında iz miktarda (<1ppm) KOÜ'ne rastlandığını bildirmiştir. Peynirlerin ambalajlanmasının KOÜ oluşumunda önemli etkisi vardır. Bununla birlikte ışık geçirmeyen karton kutularda depolama, oksidasyonu önemli ölçülerde azaltmaktadır (Finocchiaro et al., 1984).

#### 4. KOLESTEROL OKSİDAZLARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Yapılan çalışmalar KOÜ'nin organizmaya kolesterolden daha fazla zararlı etkisinin olduğunu ortaya koymuştur.

KOÜ mutagenik, kanseriyojenik, sitotoksik etkiye sahiptirler (Nourooz, 1990; Prasad and Subrammion., 1992; Rao et al., 1996). Gıda kaynaklı KOÜ düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL) ile karaciğere taşınırlar. Gıdalarda bulunan KOÜ çok kolay bir şekilde kana karışırlar (Bascoul et al., 1985; Emmanuel et al., 1991). Son yıllarda yapılan çalışmalar KOÜ'nin serum albuminde toplandıklarını göstermektedir (Lin and Morrel, 1995). KOÜ'nin vücuttan atılması ile ilgili olarak nasıl bir yol izlediği konusunda ise tam bir kesinlik yoktur (Savage et al., 2002).

Higley et al., (1986) KOÜ'nin farelerin arterial lezyonları üzerine direkt etkisinin olduğunu bildirmiştir. Yapılan çalışmalar kolestantriol ve 25 hidroksikolesterolün damar tıkanıklığına kolesterolden çok daha fazla etkiye sahip olduklarını ortaya koymuştur (Kumar and Singhal, 1992). Diğer oksidasyon ürünlerinden 25 hidroksikolesterol, kolestantriol ve özellikle de 7β hidroksikolesterolün damar sertliği oluşmasında etken olan faktörlerden olduğu bilinmektedir (Peng et al., 1982). KOÜ metabolizmada hücre zarında önemli rolü olan kolesterol sentezini de önler. Kolesterol sentezinin azalması hücrelerde ölümlere dolayısı ile damar tıkanıklığına neden olmaktadır (Peng et al., 1979). Diyetle alınabilecek maksimum KOÜ miktarı üzerinde yapılan çalışmalarda deneklere günde 1 mg 7β hidroksikolesterol ve 0.5 mg 5α, 6α-epoksikolesterol verilmiş ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Fakat bu miktarların kabul edilebilirliği konusunda tam bir sonuç alınamamıştır. Bununla birlikte bu konuda çalışan araştırmacılar KOÜ alımının mümkün olduğunca az olmasının gerektiği konusunda bir görüş birliğine varmışlardır (Savage et al., 2002).

#### 5. KOLESTEROL OKSİDASYONUNUN ÖNLENMESİ

Kolesterol oksidasyonunun gelişmesini etkileyen bir çok faktör vardır. Fosfolipitlerin, doymamış yağ asitlerinin ve γ ışınları ile UV ışınlarının varlığı, ortamda peroksitlerin bulunması oksidasyonu teşvik eden en önemli faktörlerdendir (Igene et al., 1980;

Allen and Foegeding, 1981; Lakritz and Maerker, 1989). Isıl işlem uygulaması, ışıklı ortamda uzun süre depolama, yüksek sıcaklıkta depolama, ambalajlama materyalinde veya gıdada bulunan aktifleştiriciler (ağır metaller gibi) oksidasyonu teşvik etmektedir (Monahan et al., 1994; Paniangvait et al., 1995). Kolesterol oksidasyonu için alınan önlemler, lipit oksidasyonunun oluşmasında alınan önlemlere benzerdir (Morgan and Armstrong, 1987). Ambalajlama materyali KOÜ'nin oluşumunda çok önemlidir. KOÜ oluşumunda depolama şartlarından ziyade gıdaların ışığa maruz kalmaları daha etkilidir (Van de Bovenkamp et al., 1988). Yapılan çalışmalarda alimünyum folyo ile ambalajlamanın KOÜ oluşumunu önemli ölçüde önlediği tespit edilmiştir. Mumlu kağıt ve parşömen kağıtları ile ambalajlamanın ise oksidasyonu yeterince önlemediği bildirilmiştir (Luby et al., 1986). Yapılan çalışmalarda hayvanların α-tokoferolle beslenmesinin ürünlerde KOÜ'nin oluşumunu önemli derecede önlediği bildirilmektedir. Aynı çalışmada 1 kg hayvan yemi içine 500 mg α-tokoferol ilavesi ile hayvansal ürünlerin depolanmasında % 65 oranında KOÜ'nin oluşumunun önlediği tespit edilmiştir (Engesth et al., 1993).

Düşük sıcaklıkta işleme, işleme sırasında antioksidant kullanılması, oksijensiz ortamda ambalajlama, karanlıkta depolama, hayvanların antioksidant içeren yemler ile beslenmeleri gibi önlemler ile gıdalarda KOÜ'nin oluşumu engellenebilir (Bucley and Cannolly, 1980; Tuohy and Kelly, 1989; Chan et al., 1993).

#### 6. SONUÇ

Süt ve ürünleri günlük diyetin en önemli bölümünü oluşturur. Bu ürünlerde işleme, ambalajlama ve depolama şartlarına bağlı olarak belli oranlarda KOÜ meydana gelir. KOÜ metabolizmada damar sertliğinde rol oynayan plak oluşumuna neden olurlar. Bununla birlikte KOÜ mutagenik, kanseriyojenik, sitotoksik etkiye sahiptirler (Nourooz, 1990; Prasad and Subrammion, 1992).

Çiğ süt, pastörize ve UHT süt ve kremada bulunan KOÜ'nin gözardı edilebilecek kadar düşük miktarlarda olduğu yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur. Kurutma teknolojisi (özellikle süt tozu üretimi) KOÜ'nin miktarlarını oldukça arttırmaktadır. Yeni üretilen tereyağlarında KOÜ miktarları çok düşük seviyededir. Ancak depolamadaki sıcaklık ve süre tereyağlarında KOÜ'nin oluşumunu hızlandırmaktadır. Fırınlama ve mutfakta uygulanan ısıl işlemler ile üretilen

gıdalardaki KOÜ'nin miktarı uygulanan sıcaklık derecesi ve süresine bağlı olarak artmaktadır. Peynirlerde oldukça düşük KOÜ tespit edilmiştir. Peynirlerdeki KOÜ miktarları depolama sırasında ışığa maruz bırakılması ile orantılı olarak değişmektedir. Rendelenerek üretilen peynirlerde ise uygulanan işlemde dolayı, KOÜ miktarlarında artışlar olmaktadır. Süt ve ürünlerinde floresan ışığının etkisi ile de KOÜ'nde önemli artışlar meydana gelmektedir.

Süt endüstrisinde gıda güvenliği açısından işleme, depolama işlemleri KOÜ oluşumunun önlenmesine göre düzenlenmelidir. Türk Gıda Kodeksi ve uluslararası gıda standartları hazırlama komisyonu (Codex Alimentarius Commission) tarafından hazırlanan gıda standartlarında da herhangi bir limit verilmemiştir. Bununla birlikte özellikle ısıl işleme tabi tutulan süt ve ürünlerinde bulunabilecek maksimum KOÜ miktarlarına yönelik çalışmalar yapılarak bu konuda standartlar getirilmelidir.

## 7. KAYNAKLAR

Allen, C. E. and Foegeding, E. A. 1981. Some Lipid Characteristics and Interactions In Foods. *Food Technology* 35: 253-257.

Bascoul, J., Domergue, N., Mourot, J., Derby, G. and Crastes, A. 1985. Intestinal Absorption and Fecal Extraction of 5, 6 alfa-epoxy-5alfa-cholestan-3-ol by Male Winston Rat. *Lipids* 21:744-747.

Bucley, J. and Cannolly, J. F. 1980. Influence of alpha-tocopherol (vit E) On Storage Stability of Raw Pork and Bacon. *J. Food Protection* 43:265-267.

Chan, S.H., Gray, J. I. and Gomag, E.A. 1993. Cholesterol Oxidation In Whole Milk Powders As Influenced By Processing and Packaging. *Food Chem.* 47: 321-328.

Cleveland, M. Z. and Harris, N. D. 1987 Oxidation of Cholesterol In Commercially Processed Cow's Milk. *J. Food Prot.* 50(10): 867-871.

Emmanuel, H. A., Hassel, C. A., Addis, P. B., Bergmann, S. D. and Zavoral, J. H. 1991. Plasma Cholesterol Oxidation Products In Human Subjects Feed A Meal Rich In Oxysterols. *J. Food Sci* 56: 843-847.

Engesth, N.J.; Gray, J.I.; Booren, A.M. and Ashgar, A. 1993 Improved Oxidative Stability of Veal Lipids and Cholesterol Through Dietary Vitamine E Supplementantion. *Meat Sci.* 35: 1-15.

Finocchiaro, E.T.; Lee, K. and Richardson, T. 1984 Identification and Quantification of Cholesterol Oxides In Greated Cheese and Bleached Butter Oil. *J. Ame. Oil Chem. Soc.* 61(5) 877-883.

Hiesberger, J. and Luf, W. 2000 Oxidation of Cholesterol In Butter During Storage-Effect of Light and Temperature. *European Food Research Technology* 211:161-164.

Higley, H.A.; Beery, J.T.; Taylor, S.L.; Porter, J.W.; Dziuba, J.A. and Laich, J.J. 1986 Comparative Atherogenic Effect of Cholesterol and Cholesterol Oxides. *Atherosclerosis* 62:91-104.

Igene, J.O.; Pearson, A.M.; Dugan, L.R. and Price, J.F. 1980 Role of Triglycerides and Phospholipids On Development of Rancidity In Model Meat System During Frozen Storage. *Food Chemistry* 5: 263-276.

Kim, S. K. and Nawar, W. W. 1991 Oxidative Interactions of Cholesterol With Triacylglycerols. *JAOCS* 68: 931-934.

Korahani V., Bascoul J. and Crots P.A. 1982 Autooxidation of Fatty Acids Esters In Solid State Andaqueous Dispersion. *Lipids* 17. 703-708.

Kou, I. L. and Holmes, R. P. 1985. Analysis of 25-hydroxy Cholesterol In Plasma and Cholesterol Containing Foods By HPLC. *J. of Chromotography* 330 (2), 339-346.

Kristensen, D. and Skipted, L.H. 1999 Comparison of Three Methods Based On Electron Spin Resonance Spectrometry For Evaluation of Oxidative Stability of Processed Cheese. *J. Agr. and Food Chem.* 47, 3099-3104.

Kristensen, D., Hansen, E.; Arndal, A., Trinderup, R.A. and Skibsted, L. H. 2001. Influence of Light and Temperature On The Colour and Oxidative Stability of Processed Cheese. *International Dairy Journal* 11, 837-843.

Kumar, N. and Singhal O. P. 1991. Cholesterol Oxides and Atherosclerosis *J. Sci. Food and Agr.* 55, 497-510

Kumar, N. and Singhal, O. P. 1992. Effect of Processing Conditions on the Oxidation of Cholesterol in Ghee. *J. of Sci. Food and Agr.* 58 (2): 267-273.

- Lakritz, L. and Maerker, G. 1989 Effect of Ionizing Radiation On Cholesterol In Aqueous Dispersion. *J. Food Sci.* 54:1569-1572
- Lin, C.Y. and Morrel, D. W. 1995. Distribution of Oxysterols In Human Serum Characterisation of 25-Hydroxycholesterol Association With Serum Albumin. *J. Nutr. Biochem.* 6:618-625
- Luby, J. M., Harte, B. R. and Gray, J. I. 1986 Effect of Packaging and Light Source on the Oxidative Stability In Butter. *J. Food Sci.* 51 (4), 908-911.
- McCluskey, S., Kelly, J., Brien, B., Stanton, C. and Connolly, B. 1995. Development of Cholesterol Oxidation Products In Whole Milk Powder. *Abst. Int. Dairy Fed. Meeting Paris* pp: 287.
- Monahan, F.C., Gray, J. I., Asgar, A., Haug, A., Starsburg, M. G., Buckley, D. J. and Morrissey, P. A. 1994. Influence of Diet on Lipid Oxidation and Membrane Structure In Muscle Microsomes. *J. Agri. Food. Chems.* 42:59-63
- Morgan, J. N. and Armstrong, D.J. 1987 Formation of Cholesterol 5, 6-Epoide During Spray Drying of Egg Yolk. *J. Food Sc.* 52: 1224-1227.
- Nielsen, J.H.; Olsen, C.E.; Dueldahl, C. and Skibsted, L.H. 1995 Isolation and Quantification of Cholesterol Oxides In Dairy Products By Selected Ion Monitoring Mass Spectrometry. *J. of Dairy Reseach* 62 (1): 101-113.
- Nielsen, J.H.; Olsen, C.E.; Jensen, C. and Shipsted, L.H. 1996a Cholesterol Oxidation In Butter And Dairy Spread During Storage. *J. Dairy Res.* 63 (1): 159-167.
- Nielsen, J.H.; Olsen, C.E.; Lyndon, J.; Sorensen, J and Skibsted, L.H. 1996b Cholesterol Oxidation In Feta Cheese Produced From High Temperature Bleached and From Non Bleached Butter Oil From Bovine Milk. *J. of Dairy Res.* 63, 615-621.
- Nourooz-Zadeh, J. and Appelquist, L.A. 1988a Cholesterol Oxides In Swedish Foods and Food Ingredients: Butter and Cheese. *J. Amer. Oil. Chem. Soc.* 65(10) 1635-1641.
- Nourooz-Zadeh, J. and Appelquist, L.A. 1988b Cholesterol Oxides In Swedish Foods And Food Ingredients: Milk Powder Products. *J. Food Sci* 53(1): 74-79, 87.
- Nourooz-Zadeh, J. 1990 Determination Of Autoxidation Products From Free or Total Cholesterol: A New Multistep Enrichment Methodology Including The Enzymatic Release of Esterified Cholesterol. *J. Agric. and Food Chmist.* 38, 1667-1673.
- Osada, K.; Kodama, T.; Yamuda, K. And Sugano, M. 1993. Oxidation of Cholesterol By Heating. *J. Agr. Food. Chem.* 41, 1198-1202.
- Paniangvait, P., King, A. J., Janes, A. D. and German, B. G. 1995. Cholesterol Oxides In Foods of Animal Origin. *J. of Food Sci.* Vol: (60) 1159-1174.
- Park, S. W. and Addis, P. B. 1987. Cholesterol Oxidation Products In Some Foods. *J. Food Sci.* 52: 1500-1503.
- Penazzi, G., Caboni, M. F., Zunin, P., Evangelisti, F., Tiscornia, E., Gallina, T. and Lercker, G. R. 1995. High Performans Liquid Chromatographic Determination of Free 7 Ketocholesterol in Some Foods By Two Different Analitical Methodss. *J. Amr. Oil. Chem. Soc.* 72(12): 1523-1527.
- Peng, S. K.. Tham, P., Taylor, C. B. and Mikkelson, B. 1979. Cytotoxicity of Oxidation Derivatives of Cholesterol on Cultured Aortic Smooth Muscle Cells and Their Effect on Cholesterol Biosynthesis. *Am. J. of Clin. Nutr.* 32: 1033-1042.
- Peng, S. K., Taylor, C. B., Mosbach, E. H., Hwang, W. Y., Hill, J. and Mikkelson, B. 1982 Distrubution Of 25-Hydroxycholesterol In Phase Lipoproteins and Its Role In Atherogenesis. *Atherosclerosis* 41: 395-402.
- Pie, J. E., Spahis, K. and Seilland, C. 1990. Evaluation of Oxidative Degradation of Cholesterol In Food and Food Ingredients: Identification and Quantification of Cholesterol Oxides. *J. Amer. Food Chem.* 38: 973-979.
- Prasad, C. R. and Subrammion, R. 1992 Quantitative And Comparative Studies of Cholesterol Oxides In Commercial and Home-Made Indian Ghees. *Food Chemistry* 45: 71-73.
- Rao, K. V., Kowale, B. N., Babu, N. P. and Bisht G. S. 1996. Effect of Cooking and Storage on Lipid Oxidation and Development of Cholesterol Oxidation Products In Bufalo Meat *Meat Sci.* Vol: 43 pp: 179-185.
- Rose-Sallin, C.. Huggett, A. C.; Rosset, T. O., Tabacchi, R and Fay, L. B. 1995. Quantification of Cholesterol Oxidation Products In Milk Powders Using <sup>2</sup>H<sub>7</sub> Cholesterol to Monitor Cholesterol Autoxidation Artefacts. *J Agric. and Food Chem.* 43: 935-941.

Sander, B. D., Smith, D. E. and Addis, P. B. 1988. Effect of Processing Stage and Storage Conditions On Cholesterol Oxidation Products In Butter and Cheddar Cheese. *J. Dairy Sci.* (71), 3173-3178.

Sander, B. D., Addis, P. B., Park, S. W. and Smith, D. E. 1989. Quantification of Cholesterol Oxidation Products In Variety of Foods *J. Food Protect.* (52), 109-114.

Sarantinos, J., Odeak, K and Sinclair, A. J. 1993. Cholesterol Oxides in Australian Foods. Identification and Quantification. *Food Australia* 45(10): 485-490.

Savage, P. G., Dutta, P. C., Rodrugez, M. T. 2002. Cholesterol Oxides; Their Occurrence and Methods

to Prevent Their Generation in Foods. *Asia Pacific J. of Cli. Nutr.* 11 (1): 72-78.

Sieber, R. 1993. Cholesterol Removal From Animal Food Can It Be Justified? *Food Sci. and Tech.* 26 (5): 375-387.

Tuohy, J. I. and Kelly, P. M. 1989 Effect of Direct Gas Fired Heating On The Oxidative Stability of Whole Milk Powder. *J. Food Sci.* 13: 33-41.

Van de Bovenkamp, P., Kosmeijer, T. G. and Katan, M. B. 1988 Quantification of Oxysterols In Dutch Foods: Egg Products And Mixed Diets. *Lipids* 23 (11): 1079-1085.