

# SİĞİR, TAVUK VE ALABALIK ETLERİNDEKİ TRANS-YAĞ ASİTLERİ ÜZERİNE PİŞİRME VE DONDURARAK DEPOLAMANIN ETKİSİ

Dr. Efsun KARABUDAK\*

## ÖZET

*Trans yağ asitleri, trans konfüğürasyonunda, en az bir çift bağ içeren doymamış yağ asitleridir. Geviş getiren hayvanların iškembelerinde hidrojenzasyon işleminin sonucu oluşan trans yağ asitleri süt ürünlerinde ve ette az miktarda bulunur. İlginç olan, trans yağ asitleri kimyasal ve fiziksel özelliklerinden dolayı oksidasyona daha dayanıklılık gösterirler. Bu çalışmada sığır, tavuk, alabalık etlerinin trans yağ asit bileşimi çiğken ve yağsız tavada pişirilip, 18°C'de 15, 30 ve 45 gün süre ile depolanmaları sonunda ölçülmüştür. Çalışmanın sonucunda farklı et çeşitlerinin trans yağ asitleri miktarlarının yağsız tavada pişirme ve dondurarak depolama sonucunda azaldığı gösterilmiştir.*

**Anahtar sözcükler:** *Trans yağ asitleri, sığır, tavuk, alabalık, pişirme, dondurma, depolama*

## ABSTRACT

**Effects of Cooking and Frozen Storage on The Trans Fatty Acids of Ground Beef, Chicken, Rainbow Trout**

*Trans fatty acids are unsaturated fatty acids with at least one double bound in the trans configuration. The little common source of trans fatty acids are dairy products and meat from ruminant animals deriving their trans fatty acids from the hydrogenation process in the rumen. Interestingly, the trans fatty acids show more resistance*

*to the oxidizing process due to their chemical and physical characteristics. In the present study, trans fatty acids composition of raw beef, chicken and rainbow trout were measured. In addition, the trans fatty acids composition of these meats which pan cooked without oil and after stored 15, 30 and 45 days at 18 °C were also measured. The results of the present study showed that trans fatty acid content of these different meats were decreased in pan cook without oil and frozen storage.*

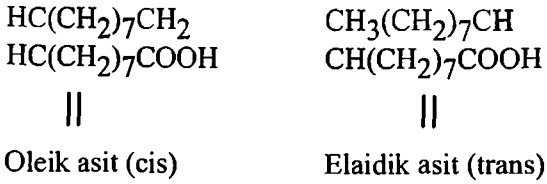
**Key words:** *Trans fatty acids, beef, chicken, rainbow trout, cooking, frozen, storage*

## GİRİŞ

Doğadaki yağ asitlerinin çoğunluğu cis formda bulunmasına rağmen, son yıllarda yapılan çalışmalarla doğal yağların yapısında trans yağların varlığı da ortaya konmuştur (1). Bir karbon zincirinde çift bağın bulunması, molekülün çift bağı etrafında cis ve trans olmak üzere iki farklı geometrik konfüğürasyonun oluşmasına neden olmaktadır (2). Bu nedenle trans yağ asitleri, doğal olarak bulunan cis yağ asitlerinin stereozomerleridir (3). Trans yağ asidinin çoğunluğu tekli doymamış olmasına rağmen çeşitli cistrans ve trans-cis izomerleri de bulunabilir (4). Bu izomerizasyon şeklinde en önemli özellik, trans yağ asitlerinin cisformlara kıyasla 25-30 °C gibi daha yüksek bir sıcaklık derecesinde erimeleridir. Röntgenografik ve IR-spektroskopik araştırma sonuçlarına göre, cis formlar da zincirdeki radikaller çift bağına göre bir kırılma gösterdiğinden, moleküllerin boşlukta kapladığı hacim, trans-formlara kıyasla

yaşla daha fazladır (Şekil 1). Ayrıca trans formlar oksidatif tepkimelere karşı daha stabildirler (1).

Trans yağ asitlerini doğal olarak yapısında bulunan besinler sınırlıdır (2). Geviş getiren hayvanların iştaklarında bulunan ve anaerobik fermentasyon yapan bakteriler, hidrojenizasyon işlemi sonucunda trans yağ asitlerini yaparlar ve bunlar hayvanların süt, süt ürünleri ve etlerinde depolanırlar (46). Süt, tereyağı, peynir, domuz yağı gibi ürünlerde, toplam trans yağ asitlerinin %5-10'unu trans monoenlerden gelmektedir. Bunun başlıcası vakkenik asittir (C18:1,11tr) (5). Bazı deniz ürünlerinin yağ içeriğinin %5 kadarını trans yağ asitleri içermektedir (7). Yapılan çalışmalarda, geviş getiren hayvanların, kümes hayvanlarının ve domuzun beslenmesine bağlı olarak da dokudaki trans yağ asidi miktarları değişebilmektedir (8-10). Geviş getirmeyen hayvanlardaki trans yağ asidi ise besinlerinden gelir (5).



Şekil 1. Monoen Yağ Asitlerinde Cis ve Trans İzomeri

Bitkisel sıvı yağlardaki doymamış yağ asitleri normalde cis formunda bulunur. Bitkisel sıvı yağların hidrojenizasyon işlemi süresince yağ asitlerinin doymuşluk derecesi artarken bu doğal cisizomerlerinin bir kısmı trans izomerlerine dönüşür. Bunun sonucunda hidrojenlendirme işlemiyle elde edilen margarinlerde trans yağ asitlerinin konsantrasyonu artar (3,6,8). Tereyağı ve margarinlerin trans izomer dağılımı benzerdir. Bu ürünler, neredeyse oleik ve linoleik asidin stereo pozisyonel izomerlerini içerir. Margarinlerin toplam trans yağ asit içeriğinin çoğunluğu, trans18:1 monoenlerden özellikle de elaidik asitten (C18:1,9tr) gelmektedir. Katılaştırılmış yağlar, geviş getirenlerin mikrofloraları tarafından üretilen trans yağ asidi izomerlerini içermediğinden bunlardaki trans yağ asidi izomerleri, "sente-

tik", "fizyolojik olmayan" veya "doğal olmayan" olarak da adlandırılabilir (5).

Trans yağ asitlerinin besinlerde bulunma miktarları kadar, bu besinlerin tüketim miktarı ve sıklığı da önemlidir (11,12). Bu izomerik yağ asitlerinin tüketimi, ülkeden ülkeye beslenme alışkanlıkları arasındaki farklılıklardan dolayı ve tüketimin değerlendirilmesindeki yöntem zorluklarından dolayı değişmektedir (4,6). Amerika'da ortalama trans yağ asit tüketimi 7.6-8.1 g/kişi/gün'dür. Bu trans yağ asidinin 1/3'ü evde kullanılan margarinler, soslar ve yumuşak margarinlerin tüketimiyle alınırken; 1/3'i besinlerin (pasta ürünleri, krakerler, ekmekek, kek, patates cipsi ve snackler) hazırlanmasında kullanılan katı ve sıvı yağlardan; geri kalan ise et ve süt ürünlerinde bulunan yağlardan gelmektedir (4,13). İngiliz halkının tüketim miktarı 5-27 g/kişi/gün arasında değişirken, Hindistan'da 2.04g/gün'dür ve bunun %55'i hidrojenize yağlardan gelmektedir (4). Batı Almanya'da trans yağ asit tüketimi 4.5-6.4 g/kişi/gün'dür. Bunun yaklaşık %35-45'inin geviş getiren hayvanların ürünlerinden geldiği (biyohidrojenizasyon sonucu) gösterilmiştir (4,6). İspanya'da ortalama trans yağ asit tüketimi ise 2.4g/kişi/gün'dür. İspanya diyetinde ilk sırayı trans yağ asit içeriği düşük olan bitkisel sıvı yağlar almaktadır. Bunu görünmez yağ ve trans yağ asit içeriği yüksek olan sığır eti takip etmektedir (11). Trans yağ asidi tüketim miktarı bireyler arasında değişkenlik gösterse de ortalama günlük enerjinin %24'ü kadardır (3).

Dokularda biriken trans yağ asidinin miktarı diyetteki miktarına bağlıdır. Trans yağ asidinin biyolojik etkisi üzerine yapılan çalışmalar elaidik asit (trans-9-octadecenoate) üzerinde odaklanmıştır. Çünkü monoenoik asitler (C18:1 tr) diyetin önemli büyük bir bileşenini oluşturmaktadır ve bunlardan elaidik asit, özellikle plazma, karaciğer, kalp, böbrek, adipoz doku ve kırmızı kan hücrelerinin fosfolipidleri ve triaçilgliserollerine yerleşmektedir (14). Trans asitleri %2 ile %15 arasında dokularda birikir (4,5,15). Trans yağ asidi tüketimi 1990'lardan bu yana kardiyovasküler hastalıkların temelinde yatan bir risk faktörü ola-

arak değerlendirilmektedir (16). Son yapılan çalışmalar başta elaidik asit olmak üzere trans yağ asidi tüketiminin, plazma LDL kolesterol düzeyini önemli ölçüde artırdığını, plazma HDL kolesterol düzeyini ise düşürdüğünü göstermiştir (4,17-19). Trans yağ asidi, enzim sistemleri için elzem yağ asitleri ile yarışa girer ve linoleik asitin diyetle alımı yetersiz olduğunda (enerjinin %2'sinden az) ekzonoidlerin sentezini olumsuz etkiler (4,7,8).

Bu araştırmada bireylere ve ülkelere göre de tüketim kaynağı ve miktarı değişebilen trans yağ asitlerinin önemli kaynaklarından biri olan farklı çığ et çeşitlerindeki trans yağ asitlerinin, miktarları belirlendikten sonra, kuru ısıda yağsız pişirme yönteminin ve çığ ile pişmiş etlerin 18°C'de dondurarak farklı sürelerde depolamanın trans yağ asitleri üzerine etkisi incelenmiştir.

## ARAŞTIRMA YÖNTEMİ VE ARAÇLARI

**Örneklerin hazırlanması:** Mantofan ırkından 3 farklı sığır karkasının, herbir kas ağırlığı 5.0-5.5 kg olan longismus dorsi kasları; Salmonida familyasından *Oncorhynchus mykiss* cinsi 9 aylık 60 adet (her birinin ağırlığı ortalama 220-250 gram) alabalık ve Rosspm3 cinsi 47 günlük toplam 30 adet tavuk göğüs ve but etleri (broilers) özel üretim çiftliklerinden temin edilmiştir. Tüm et çeşitleri soğuk zincirle analiz yapılacak laboratuvara taşındıktan sonra görünür yağlarından ayrıldıktan sonra analize alınmıştır. Kas örnekleri 1 cm delikleri olan et kıyma makinasından geçirilerek iyice homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler eşit ağırlıkta iki ayrı gruba ayrılmıştır. İki ayrı grubun herbirinden alınan örnekler, polietilen buzdolabı poşeti içinde hassas terazi kullanılarak 9.5 cm çapında, 1 cm yüksekliğinde olan 100 gramlık köfteler şeklinde tartılarak analize hazırlanmıştır.

Köfteler kuru ısı pişirme yöntemi ile teflon tavada, hiç yağ eklemesi yapılmaksızın pişirilmiştir. Pişirme işlemi için doğalgaz ile çalışan mutfak tipi ocak kullanılmıştır. Pişirme öncesi teflon tava iyice ısıtılmış ve sığır köfteleri iç sıcaklık derecesi 72 °C, alabalık 77 °C ve tavuk göğüs ve but

köfteleri 85 °C olana kadar pişirilmiştir. Örneklerin iç sıcaklık derecelerini ölçümünde Fluke 51K/J marka promp termometre kullanılmıştır. Pişirilen örnekler iç sıcaklık dereceleri 40 °C olana kadar oda sıcaklığında soğutulmuştur. Bir kısım örnek soğuma işlemi tamamlanır tamamlanmaz analize alınırken, bir kısım örnek polietilen yapıdaki buzdolabı poşetlerine sarılarak -18 °C'de 15, 30, 45 gün sürelerinde saklanmak üzere depolanmıştır. Depolama sürelerinin bitiminde örnekler, derin dondurucudan çıkarılarak buzdolabında (4°C) yaklaşık 10 saat bekletildikten sonra analize alınmışlardır. Örnekler duplike olarak analize alınmıştır.

**Analitik yöntemler:** Örneklerin toplam yağ içeriği, modifiye Folch ekstraksiyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir (20). Örneklerin homojenizasyon aşamasında et çeşidi ve kas türüne göre BHT antioksidanı eklenmiştir (21). Toplam yağ miktarı solvent ayrıldıktan sonra gravimetrik olarak belirlenmiştir. Elde edilen lipid ekstraktlarından izooktan ve metanollü potasyum hidroksit çözeltisi kullanılarak yağ asitlerinin metil esterleri (FAME) hazırlanmıştır. Yağ asitlerinin metil esterleri, Hewlett Packard HP 6890 serisi gaz kromatografisi ile analiz edilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak helyum (toplam akış hızı 17.8 ml/dk) ve 50 m uzunluğunda kapiller kolon ile buna uygun alev iyonlaşma dedektörü (FID) kullanılmıştır. Enjeksiyon sıcaklığı 250 °C, dedektör sıcaklığı 250 °C, kolon sıcaklığı 177 °C'ye ayarlanmıştır. Gaz kromatografisinde elde edilen kromatogramlardaki pikler, standart yağ asitleri metil esterlerinin aynı koşullarda elde edilen kromatogram piklerinin alıkonma sürelerine göre karşılık gelen pik alanları ile karşılaştırılarak tanımlanmıştır.

**İstatistiksel değerlendirme:** Çığ, pişirme ve farklı sürelerde depolanmış örnekler dublike çalışıldığından ortalama (x) ve standart sapma (S) değerleri dışında istatistiksel bir analiz uygulanmamıştır. İstatistiksel analizler için SPSS for Windows 11.0 istatistik paket programı kullanılmıştır. Tüm analizlerde varyasyon katsayısı (VK) hesaplanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Örneklerin Toplam Yağ, Yağ Asitleri Kompozisyonu ve Trans Yağ Asitleri İçeriği

Bu araştırmada sığır etinde toplam yağ içeriği %3.54, alabalık etinde %9.44, tavuk göğüs ve but etlerinde sırasıyla, %1.31 ve %5.14 olarak saptanmıştır (Tablo 1). Rossell'in yaptığı bir çalışmada (22), yağsız sığır etinde %5 toplam yağ bulunurken, görünür tüm yağlarından temizlendikten sonra bu değer %2'ye düşmüştür. Balıkların yağ içeriğini, balığın cinsi yanında yaşı, beslenmesi, mevsim ve ay da etkilemektedir (23). Alabalığın farklı türlerinin bile yağ içeriği değişmektedir. Örneğin; dere alabalığının toplam yağ miktarı %2.7, gökkuşuğu alabalığının toplam yağ miktarı %3.4 ve göl alabalığının toplam yağ miktarı ise %9.7'dir (24). Ang (25), çığ tavuk etinin %1.54, tavuk but etinin %7.84 toplam yağ içerdiğini belirtmektedir. Pikul ve Kummerow ise (26), çığ tavuk göğüs etinin toplam yağ içeriğini %1.2, tavuk but etinin ise %3.2 olarak saptamıştır.

Bu araştırmada çığ, kuru ısıda pişmiş et çeşitlerinin ortalama (x), standart sapma (S) ve varyasyon katsayısı (VK) değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Buna göre çığ et çeşitlerine kuru ısıda pişirme uygulandıktan sonra toplam ortalama yağ miktarlarında bir artış gözlenmektedir. Rhee ve arkadaşları (27), %4.42 olan çığ sığır köftesinin toplam yağ içeriğinin fırında pişirme sonucu %5.28'e yükseldiğini, %1.41 toplam yağ içeren tavuk göğüs etinin pişirilmesi sonucu bu değer %1.92'ye; tavuk but etinde ise %5.99'dan %7.46'ya yükseldiğini göstermişlerdir. Campbell ve Turkkı (28), fırında pişirilmiş sığır köftelerinin toplam yağ miktarında çığ değerlerine oranla bir artışın olduğunu saptamışlardır.

Hayvanların toplam yağ depolarını, cinsiyete ait faktörler (genetik) ve beslenme durumları etkilemektedir. Tür ve genetik, yağ asit profili veya kolesterol içeriği üzerinde çok az etkilidir. Beslenme, monogastrik hayvanların (domuz gibi) yağ asit profilini geviş getiren hayvanlarınkinden (sığır, dana, kuzu) daha fazla etkilemektedir (6).

Tablo 1. Çığ ve Pişmiş Etlerin Toplam Yağ İçerikleri (g/100g)

Örnek	Çığ			Pişmiş		
	x	S	VK	x	S	VK
Sığır	3.54	0.22	6.4	4.51	0.14	2.9
Alabalık	9.44	0.10	1.1	11.41	0.38	3.3
Tavuk göğüs	1.31	0.11	8.4	1.81	0.11	2.4
Tavuk but	5.14	0.11	2.2	6.57	0.18	2.5

Araştırma sonuçlarına göre çığ sığır etinin doymuş yağ asitleri (DYA) değeri %44.20±2.90, tekli doymamış yağ asitleri (TDYA) içeriği %43.60±2.73 ve çoklu doymamış yağ asitleri (ÇDYA) içeriği ise %11.30±4.85 olarak bulunmuştur (Tablo 2). Rhee ve arkadaşları (27), sığır l.dorsi kasının doymuş ve doymamış yağ asitleri değerini sırasıyla, %41.13 ve %52.70 olarak bulmuşlardır. Bu araştırmada sığır etinde en çok bulunan yağ asitleri sırasıyla, C16:0, C18:0, C18:1, C16:1, C20:2 ve C18:2'dir (Tablo 2). Geviş getiren hayvanların beslendiği diyet tipi, işkembe bakteriyel popülasyonunu etkilemektedir. Bu hayvanlarda yağ asitleri, mikroorganizma faaliyetlerinden dolayı işkembelelerinde oluşmaktadır (29).

Araştırmada sığır etinin toplam trans yağ asidi içeriği %2.60 olarak bulunmuştur. Kalp damar hastalıkları açısından önemli olan trans yağ asitleri diğer yağ asitleri içerisinde düşük düzeylerde olmasına rağmen bu araştırmada da özellikle C16:1 tr, C18:1 tr yağ asitleri sığır etinde yüksek bulunmuştur. Bunu, C18:2 tr ve C18:3 tr yağ asitleri izlemektedir (Tablo 2). Sığır etinin kas ve adipoz dokularındaki yağ asitlerinin en büyük grubu cistekli doymamış yağ asitleridir (30). Enser ve arkadaşları (30), doğal olarak yapısında bulunan ancak miktarı az olan besinler arasındaki sığır etinin trans yağ asidi içeriğini %2.75 olarak saptamıştır. Özellikle C18:1 tr konsantrasyonunu, koyunda sığırdan iki kat daha fazla bulmuşlardır. Diğer araştırmacılar sığır etinde toplam trans yağ asitlerini % 1.87 ile % 6.8 arasında belirlemişlerdir (12,31). Yağ içeriği %20.8 olan sığır etinin toplam trans yağ asidi içeriği %4.48 iken, yağ i-

Tablo 2. Çiğ ve Pişmiş Sığır Etinin -18 0C'de Depolama Sürelerine Göre Yağ Asitlerinin Toplam Yağ Üzerinden Değerleri\*

Yağ asitleri (g/100 g yağ)	Depolama süresi							
	Çiğ				Pişmiş			
	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
12.0	0.04±0.00	0.05±0.00	0.45±0.01	0.20±0.00	0.05±0.01	0.07±0.04	1.92±0.00	.....
14.0	8.35±0.64	8.85±0.07	8.60±0.57	7.70±0.00	7.15±0.07	7.25±0.35	8.35±0.50	6.90±0.99
15.0	0.15±0.07	0.15±0.07	0.15±0.07	0.20±0.00	0.15±0.07	0.10±0.00	0.15±0.07	0.20±0.00
16.0	21.2±1.70	22.70±0.14	22.70±0.00	21.40±1.98	23.00±0.00	22.90±0.07	22.90±0.35	23.20±0.21
17.0	0.55±0.07	0.55±0.07	0.60±0.00	0.60±0.00	0.60±0.00	0.60±0.00	0.55±0.07	0.55±0.07
18.0	12.80±0.92	13.30±0.07	13.50±0.07	13.00±1.06	13.60±0.14	13.40±0.00	13.70±0.71	13.80±0.07
20.0	0.90±0.57	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
22.0	0.15±0.07	0.20±0.00	0.20±0.00	0.15±0.07	0.20±0.00	0.20±0.00	0.25±0.07	0.15±0.07
14.1	0.85±0.07	0.75±0.07	0.80±0.00	0.65±0.07	0.80±0.00	0.80±0.00	0.65±0.07	0.70±0.00
16.1	4.45±0.35	4.70±0.00	4.80±0.00	4.70±0.57	4.85±0.07	4.85±0.07	4.60±0.28	4.95±0.35
16.1 trans	1.05±0.07	1.05±0.07	1.10±0.00	0.35±0.07	1.10±0.00	1.10±0.00	0.70±0.42	0.35±0.07
16.1 cis	3.40±0.28	3.65±0.07	3.70±0.00	4.35±0.49	3.75±0.07	3.75±0.07	3.90±0.70	4.60±0.29
18.1	38.10±2.38	41.40±0.14	41.70±0.07	40.00±3.68	42.30±0.28	41.80±0.64	40.80±2.37	42.80±0.42
18.1 trans	1.10±0.00	1.10±0.00	1.20±0.07	1.05±0.07	1.15±0.07	1.15±0.07	1.15±0.07	1.10±0.00
18.1 cis	37.0±2.38	40.3±0.14	40.5±0.14	39.0±3.60	41.2±0.21	40.6±0.70	39.8±2.26	41.7±0.42
20.1	0.25±0.07	0.30±0.00	0.30±0.00	0.55±0.07	0.30±0.00	0.30±0.00	0.45±0.21	0.60±0.00
18.2	4.80±0.42	5.40±0.14	5.25±0.07	5.00±0.28	5.45±0.07	6.15±0.78	5.10±0.14	5.05±0.21
18.2 trans	0.3±0.00	0.25±0.07	0.30±0.00	0.75±0.63	0.30±0.00	0.30±0.00	0.35±0.07	0.30±0.00
18.2 cis	4.50±0.42	5.15±0.07	4.95±0.07	4.25±0.36	5.15±0.07	5.85±0.78	4.75±0.07	4.75±0.21
18.3	0.40±0.14	0.30±0.00	0.30±0.00	0.20±0.00	0.30±0.00	0.35±0.07	0.30±0.14	0.20±0.00
18.3 trans	0.15±0.07	0.10±0.00	0.10±0.00	0.00±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.00±0.00
18.3 cis	0.25±0.07	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.25±0.07	0.25±0.07	0.20±0.00
20.2	5.30±7.21	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00
20.4	0.75±0.07	0.80±0.00	0.75±0.07	0.80±0.14	0.80±0.00	0.80±0.00	0.75±0.07	0.75±0.07
Toplam DYA	44.20±2.90	45.90±0.14	45.80±0.42	43.20±2.97	44.90±0.29	44.60±0.38	46.90±2.70	44.80±0.70
Toplam TDYA.cis	41.45	45.05	45.3	44.5	46.05	45.45	44.65	47.65
Toplam TDYA.trans	2.15	2.15	2.3	1.4	2.25	2.25	1.85	1.45
Toplam ÇDYA.cis	10.85	6.35	6.1	6.93	6.35	7.1	5.8	5.8
Toplam ÇDYA.trans	0.45	0.35	0.4	0.75	0.4	0.4	0.45	0.3
Toplam trans yağ asitleri	2.60	2.50	2.7	2.15	2.65	2.65	2.30	1.75
Doymamış/Doymuş	1.24	1.17	1.18	1.28	1.22	1.24	1.12	1.23

\* Ortalama ve standart sapma değerleri

çeriği %22.1'e çıkarıldığında trans yağ asidi içeriği %5.71 olarak değişmiştir (4). Aynı zamanda hayvanların beslenmesinde kullanılan yağ çeşidi (ayçiçek, keten tohumu ve balık yağı vb.) özellikle C18:1 trans yağ asitlerinin dokularda artmasına neden olmuştur (9,31). 100 gram sığır ve koyun kasındaki trans doymamış yağ asitlerinden ortalama günlük enerjinin %0.17 ve %0.53'ü gelebilmektedir. Bu da trans yağ asidi tüketimi için önerilen değer olan %2'nin altında kalmaktadır (32).

Analize alınan çiğ alabalık etinin ortalama DYA, TDYA ve ÇDYA değerleri sırasıyla, % 36.72±1.36, % 33.75±1.77, % 28.22±1.34 olarak saptanmıştır (Tablo 3). Çiğ alabalık etinde en

fazla bulunan yağ asitleri ise sırasıyla, C16:0, C14:0, C18:0, C18:1, C16:1, C18:2, C22:6 ve C18:4'dür. Alabalık etinin toplam yağ asit değerlerini inceleyen Johansson ve arkadaşları (23) ise, doymuş ve doymamış yağ asitlerini sırasıyla, % 23.62 ve %76.37 olarak bulmuşlardır. Mevsim değişiklikleri alabalık yağ asidi konsantrasyonunu etkilemektedir. Isı düştüğü zaman çoklu doymamışlık derecesi hepatik membran lipitlerinde ve hepatik nötral lipitlerde artmaktadır (33).

Araştırmada çiğ alabalıkların toplam % 1.80 trans yağ asidi içerdiği saptanmıştır. Bu trans yağ asidi en fazla C18:1 tr'den gelmektedir. Sebedio ve arkadaşlarının (34), uskumru balığı üzerinde yaptığı bir araştırmada ise, trans yağ asidine rast-

Tablo 3. Çiğ ve Pişmiş Alabalık Etinin -18 0C'de Depolama Sürelerine Göre Yağ Asitlerinin Toplam Yağ Üzerinden Değerleri\*

Yağ asitleri (g/100 g yağ)	Depolama süresi							
	Çiğ				Pişmiş			
	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
12.0	0.08±0.01	0.10±0.00	0.15±0.07	0.05±0.00	0.15±0.07	0.08±0.03	.....	.....
14.0	10.74±0.30	13.30±0.57	12.30±1.69	11.27±0.53	10.40±0.28	12.45±1.20	9.95±0.21	11.85±1.34
15.0	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
16.0	19.25±1.49	17.65±0.21	17.80±0.71	19.00±1.56	18.50±0.14	18.05±0.35	18.35±0.35	17.35±0.35
17.0	0.95±0.21	1.05±0.07	1.10±0.00	1.00±0.28	1.00±0.07	1.15±0.07	0.40±0.00	0.35±0.07
18.0	5.15±0.50	4.85±0.07	4.75±0.21	4.80±0.28	4.95±0.07	4.80±0.00	5.30±0.14	5.10±0.14
20.0	0.20±0.14	0.40±0.00	0.45±0.07	0.30±0.00	0.45±0.07	0.35±0.07	0.20±0.14	0.30±0.00
22.0	0.25±0.07	0.20±0.00	0.20±0.00	0.25±0.07	0.20±0.00	0.20±0.00	0.25±0.07	0.20±0.00
14.1	0.75±0.07	0.70±0.00	0.70±0.00	0.75±0.07	0.70±0.00	0.70±0.00	.....	.....
14.1 tr	0.2±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	.....	.....
14.1 cis	0.55±0.07	0.50±0.00	0.50±0.00	0.55±0.07	0.50±0.00	0.50±0.00	0.60±0.00	0.45±0.07
16.1	6.95±0.50	6.45±0.21	6.45±0.21	7.00±0.57	6.85±0.07	6.50±0.14	7.30±0.14	6.20±1.13
16.1 tr	0.85±0.07	0.80±0.00	0.80±0.00	0.85±0.07	0.80±0.00	0.80±0.00	0.40±0.00	0.35±0.07
16.1cis	6.10±0.42	5.65±0.21	5.65±0.21	6.15±0.49	6.05±0.07	5.70±0.14	6.90±0.14	5.85±1.20
18.1	25.20±1.13	23.95±0.07	24.05±0.78	25.05±1.77	24.70±0.14	23.95±0.64	24.85±0.78	24.75±1.77
18.1 tr	0.23±0.04	0.25±0.07	0.30±0.00	0.20±0.00	0.25±0.07	0.20±0.00	0.25±0.07	0.50±0.42
18.1 cis	25.95±2.48	23.7±0.00	23.75±0.78	24.85±1.76	24.45±0.21	23.75±0.63	24.60±0.70	23.72±2.09
20.1	0.85±0.07	0.80±0.00	0.80±0.00	0.85±0.07	0.75±0.07	0.80±0.00	0.95±0.21	0.75±0.07
18.2	11.80±0.71	10.85±0.07	10.90±0.28	11.50±0.71	11.15±0.21	10.85±0.35	11.80±0.14	11.30±0.00
18.2 tr	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.20±0.14	0.20±0.00
18.2 cis	11.70±0.70	10.75±0.07	10.80±0.29	11.40±0.70	11.05±0.15	10.75±0.35	11.60±0.00	13.80±3.81
18.3	2.25±0.35	2.00±0.00	1.95±0.07	2.30±0.42	2.05±0.07	1.95±0.07	1.50±0.00	1.40±0.28
18.3 tr	0.65±0.21	0.50±0.00	0.50±0.00	0.70±0.28	0.50±0.00	0.50±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
18.3cis	1.60±0.14	1.50±0.00	1.45±0.07	1.60±0.14	1.55±0.07	1.45±0.07	1.40±0.00	1.30±0.00
18.4	2.50±0.28	2.25±0.07	2.25±0.07	2.35±0.21	2.35±0.07	2.25±0.07	2.75±0.21	3.00±0.00
20.3	0.80±0.00	0.70±0.00	0.75±0.07	0.75±0.07	0.80±0.00	0.75±0.07	0.80±0.00	0.80±0.14
20.4	0.55±0.64	1.45±0.07	1.50±0.14	1.10±0.78	1.45±0.07	1.45±0.07	1.10±0.14	1.00±0.14
20.5	0.82±0.07	0.77±0.00	0.75±0.07	0.74±0.05	0.77±0.00	0.75±0.03	0.80±0.00	0.65±0.11
22.5	0.70±0.50	0.70±0.00	0.70±0.00	0.75±0.07	0.70±0.00	0.70±0.00	0.70±0.00	0.60±0.14
22.6	9.15±1.63	10.05±0.07	10.55±0.78	10.10±7.14	10.15±0.92	10.30±0.42	10.80±1.27	9.80±2.55
Toplam DYA	36.72±1.36	37.65±0.50	36.85±0.78	36.77±1.10	35.75±0.50	37.18±0.88	34.55±0.07	35.20±1.63
Toplam TDYA.cis	32.7	30.9	31	32.6	32	30.95	32.7	31.35
Toplam TDYA.trans	1.05	1	1	1.05	1	1	0.4	0.35
Toplam ÇDYA.cis	27.47	28.17	28.75	21.59	28.82	28.4	29.2	28.25
Toplam ÇDYA.trans	0.75	0.6	0.6	0.8	0.6	0.6	0.3	0.3
Toplam trans yağ asitleri	1.80	1.6	1.6	1.85	1.6	1.6	0.7	1.65
Doymamış/Doymuş	1.68	1.96	1.66	1.57	1.75	1.64	1.85	1.78

\* Ortalama ve standart sapma değerleri

lanılmamıştır. Sardalya, uskumru ve salmon gibi yağlı balıkların çiğ etlerinde bulunan trans yağ asidi değerleri ise sırasıyla, %8.39, %11.12 ve %5.96 olarak saptanmıştır (35).

Çiğ tavuk göğüs etinin ortalama %42.85±1.49'unu DYA, % 33.10±0.14'ünü TDYA, % 20.05±7.28'ini ÇDYA oluşturmaktadır. Tavuk göğüs etinde en çok bulunan yağ asitleri sırasıyla, C16:0, C14:0, C18:0, C18:1, C16:1, C18:2 ve C22:6 olarak saptanmıştır (Tablo 4). Çiğ tavuk but etinde ortalama % 31.20(0.28 DYA, %

39.00(0.14 TDYA, % 29.75 ( 0.07 oranında ÇDYA olduğu görülmektedir. Tavuk but etinde en fazla bulunan yağ asitleri de sırasıyla, C16:0, C18:0, C14:0, C18:1, C16:1, C18:2 ve C18:3 olmuştur (Tablo 5). Kümes hayvanları, kırmızı etlerle karşılaştırıldığında doymamış yağları daha fazla içermektedir. Kümes hayvanlarının doku lipidlerinin yağ asit kompozisyonu, diyetdeki yağ asitleri tarafından belirgin derecede etkilenmektedir. Tavuklar %10 yağ içeren bir diyetle besledikleri zaman bile, doymuş ve tekli doymamış

Tablo 4. Çiğ ve Pişmiş Tavuk Göğüs Etinin -18 0C'de Depolama Sürelerine Göre Yağ Asitlerinin Toplam Yağ Üzerinden Değerleri\*

Yağ asitleri (g/100 g yağ)	Depolama süresi							
	Çiğ				Pişmiş			
	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
12.0	0.10±0.00	0.20±0.14	.....	.....	0.15±0.07	.....	.....	.....
14.0	15.95±1.91	14.80±1.69	14.80±1.69	17.25±2.34	13.35±0.78	11.65±0.78	12.35±0.35	14.75±0.21
16.0	18.55±0.50	18.75±0.50	18.75±0.50	18.10±0.71	19.15±0.07	19.10±0.28	19.00±0.14	18.45±0.35
17.0	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00
18.0	7.40±0.14	7.80±0.00	6.70±0.00	6.45±0.07	7.60±0.42	7.30±0.14	7.55±0.21	7.25±0.07
20.0	0.15±0.07	0.30±0.00	0.10±0.00	0.15±0.07	0.25±0.07	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
22.0	0.50±0.00	0.50±0.00	0.50±0.00	0.50±0.00	0.50±0.00	0.60±0.00	0.60±0.00	0.60±0.00
14.1	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.14	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00
16.1	2.75±0.07	2.70±0.14	3.90±0.14	3.80±0.14	2.80±0.00	3.75±0.07	3.65±0.07	3.75±0.07
16.1 tr	0.40±0.00	0.4±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.40±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00
16.1 cis	2.35±0.07	2.3±0.14	3.85±0.07	3.70±0.14	2.40±0.00	3.65±0.07	3.55±0.07	3.65±0.07
18.1	29.85±0.21	28.70±0.99	28.60±1.13	27.80±1.27	29.00±0.28	29.25±0.35	29.30±0.14	28.25±0.07
18.1 tr	1.15±0.07	1.20±0.29	1.10±0.00	1.05±0.07	1.10±0.00	1.10±0.00	1.20±0.00	1.10±0.14
18.1 cis	28.70±0.29	27.50±0.70	27.50±1.13	26.75±1.20	27.90±0.29	28.15±0.35	28.10±0.14	27.15±0.07
20.1	0.30±0.00	0.30±0.00	.....	.....	0.30±0.00	.....	.....	.....
18.2	14.85±0.13	19.35±0.21	19.60±0.57	19.20±0.85	19.95±0.07	20.60±0.14	20.10±0.00	19.65±0.50
18.2 tr	0.25±0.07	0.20±0.14	0.35±0.07	0.30±0.00	0.30±0.00	0.20±0.14	0.30±0.14	0.10±0.00
18.2 cis	14.60±8.06	19.20±0.14	19.30±0.56	18.95±0.78	19.65±0.07	20.40±0.00	19.80±0.14	19.55±0.49
18.3	1.30±0.14	1.35±0.07	1.40±0.00	1.55±0.07	1.50±0.28	1.65±0.21	1.65±0.07	1.50±0.00
18.3 tr	0.10±0.00	0.10±0.00	.....	.....	0.10±0.00	0.15±0.07	0.10±0.00	---
18.3 cis	1.20±0.14	1.25±0.07	1.40±0.00	1.55±0.07	1.40±0.29	1.50±0.14	1.55±0.07	1.50±0.00
20.2	1.00±0.28	1.20±0.00	1.35±0.21	1.30±0.28	1.10±0.14	1.35±0.07	1.20±0.00	1.30±0.00
22.5	0.45±0.63	0.95±0.07	1.10±0.28	1.05±0.00	1.05±0.21	0.85±0.21	0.75±0.14	1.00±0.00
22.6	0.90±0.07	2.70±0.00	2.75±0.07	2.50±0.00	2.70±0.00	3.20±0.14	3.10±0.00	3.00±0.00
Toplam ÇDYA	20.05±7.28	25.55±0.21	26.20±0.14	25.60±0.28	26.30±0.42	27.65±0.21	26.80±0.28	26.45±0.50
Toplam DYA	42.85±1.49	42.55±1.34	41.05±1.20	42.65±1.49	41.20±0.14	38.95±0.35	39.80±0.42	41.35±0.50
Toplam TDYA.cis	31.55	30.3	31.5	30.65	30.8	32	31.85	31
Toplam TDYA.trans	1.55	1.6	1.2	1.15	1.5	1.2	1.3	1.2
Toplam ÇDYA.cis	19.7	25.25	25.85	25.3	25.9	27.3	26.4	26.35
Toplam ÇDYA.trans	0.35	0.30	0.35	0.30	0.4	0.35	0.4	0.1
Toplam trans yağ asitleri	1.90	1.90	1.55	1.45	1.90	1.55	1.70	1.30
Doymamış/Doymuş	1.24	1.35	1.43	1.34	1.42	1.56	1.51	1.42

\* Ortalama ve standart sapma değerleri

yağ asitlerinin %88'ni sentezleyebilmektedirler (30).

Tavuk göğüs etinin toplam trans yağ asidi içeriği %1.90 iken tavuk but etinde bu değer % 1.85 olarak bulunmuştur. Bu trans yağ asitleri içerisinde ise en fazla C18:1 tr yer almaktadır (Tablo 4, 5). Kümes hayvanlarının çiğ etlerinin toplam trans yağ asidi içeriği, yaklaşık olarak %25 arasında değişmektedir (36). Geviş getirmeyen hayvanlardaki trans yağ asidi hayvanın beslenmesinden ileri gelmektedir (5).

**Pişmiş Örneklerin Yağ Asit Kompozisyonunda Ve Trans Yağ Asitlerinde Meydana Gelen**

## Değişimler

Etlere pişirilmesi ile yağ asit kompozisyonunda özellikle de trans yağ asitlerinde meydana gelen değişimi gösteren araştırmalar oldukça sınırlıdır. Bu araştırmada, etlere pişirme uygulandıktan sonra sığır eti dışındaki etlerde DYA düzeyi azalırken, ÇDYA değeri artmıştır. TDYA değeri ise, sığır etinde artarken, tavuk göğüs etinde azalmış, alabalık ve tavuk but etlerinde değişmemiştir (Tablo2-5).

Çiğ sığır etine pişirme süreci uygulandıktan sonra C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 yağ asitlerinde artma olurken, C20:2 yağ asidinde bir azalma ol-

Tablo 5. Çiğ ve Pişmiş Tavuk But Etinin -18 0C'de Depolama Sürelerine Göre Yağ Asitlerinin Toplam Yağ Üzerinden Değerleri\*

Yağ asitleri (g/100 g yağ)	Depolama süresi							
	Çiğ				Pişmiş			
	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün	0.gün	15.gün	30.gün	45.gün
12.0	0.10±0.00	.....	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.00	.....	0.10±0.00	.....
14.0	5.05±0.35	2.95±0.07	5.35±0.35	4.90±0.14	4.20±0.56	2.60±0.28	4.20±0.85	4.10±0.28
16.0	18.75±0.07	19.20±0.14	18.70±0.14	18.60±0.00	18.70±0.14	19.10±0.00	18.75±0.21	18.65±0.07
17.0	0.40±0.14	0.30±0.00	0.30±0.00	0.40±0.14	0.40±0.14	0.50±0.28	0.30±0.00	0.30±0.00
18.0	6.50±0.00	6.45±0.07	6.50±0.282	6.85±0.07	6.80±0.28	6.60±0.00	7.00±0.00	6.55±0.07
20.0	0.10±0.00	0.10±0.00	0.10±0.000	0.15±0.07	0.15±0.07	0.15±0.07	0.20±0.00	0.10±0.00
22.0	0.30±0.00	0.30±0.00	0.30±0.00	0.30±0.00	0.60±0.00	0.35±0.07	0.25±0.07	0.30±0.00
14.1	0.20±0.00	0.30±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00	0.20±0.00
16.1	4.30±0.00	4.65±0.21	4.30±0.00	4.10±0.14	4.25±0.07	3.90±0.14	4.20±0.00	4.70±0.00
16.1 tr	0.50±0.00	---	0.50±0.00	0.50±0.00	0.50±0.00	0.30±0.28	0.50±0.00	0.10±0.00
16.1 cis	3.80±0.00	4.65±0.21	3.80±0.00	3.60±0.14	3.75±0.07	3.60±0.14	3.70±0.00	4.60±0.00
18.1	34.20±0.14	35.00±0.14	34.20±0.14	34.05±0.07	34.25±0.35	34.90±0.14	34.15±0.07	34.05±0.07
18.1 tr	0.80±0.00	0.80±0.00	0.80±0.00	0.85±0.07	0.80±0.00	0.80±0.00	0.95±0.07	0.85±0.07
18.1 cis	33.40±0.14	34.20±0.14	33.55±0.07	33.20±0.00	33.45±0.36	34.10±0.14	33.20±0.00	33.20±0.00
20.1	0.30±0.00	0.10±0.14	0.30±0.00	0.30±0.00	0.30±0.00	.....	0.30±0.00	.....
18.2	26.05±0.07	26.60±0.00	25.85±0.07	25.85±0.07	26.05±0.35	26.60±0.14	25.80±0.28	26.15±0.07
18.2 tr	0.25±0.07	0.20±0.14	0.25±0.07	0.25±0.07	0.20±0.00	0.35±0.07	0.25±0.07	0.20±0.14
18.2 cis	25.80±0.00	26.50±0.28	25.60±0.00	25.65±0.07	25.85±0.36	26.40±0.28	25.55±0.21	25.95±0.07
18.3	2.00±0.14	2.25±0.07	2.00±0.00	1.95±0.07	2.05±0.07	2.25±0.07	2.00±0.00	2.30±0.00
18.3 tr	0.30±0.00	0.15±0.07	0.30±0.00	0.25±0.07	0.30±0.00	0.20±0.00	0.30±0.00	0.20±0.00
18.3 cis	1.70±0.14	2.10±0.00	1.70±0.00	1.70±0.00	1.75±0.07	2.05±0.07	1.70±0.00	2.10±0.00
20.2	0.25±0.07	0.40±0.14	0.40±0.14	0.60±0.00	0.30±0.00	0.55±0.07	0.60±0.00	0.55±0.07
22.5	.....	.....	.....	0.20±0.02	0.30±0.21	0.30±0.21	0.15±0.07	0.20±0.14
22.6	1.45±0.07	1.40±0.00	1.25±0.07	1.35±0.07	1.50±0.00	1.50±0.00	1.50±0.00	1.40±0.00
Toplam DYA	31.20±0.28	29.30±0.14	31.35±0.21	31.30±0.28	30.95±0.64	29.30±0.57	30.38±0.07	30.00±0.14
Toplam TDYA.cis	37.7	39.25	37.85	37.3	37.7	37.9	37.4	38
Toplam TDYA.trans	1.3	0.8	1.3	1.35	1.3	1.1	1.45	0.95
Toplam ÇDYA.cis	29.2	30.3	28.95	29.45	29.55	30.5	29.5	30.1
Toplam ÇDYA.trans	0.55	0.35	0.55	0.5	0.5	0.55	0.55	0.4
Toplam trans yağ asitleri	1.85	1.15	1.85	1.40	1.80	1.65	2.0	1.35
Doymamış/Doymuş	2.2	2.41	2.19	2.19	2.23	2.39	2.27	2.32

\*Ortalama ve standart sapma değerleri

muştur (Tablo 2). Çiğ alabalık eti pişirildikten sonra C16:0, C18:0, C18:1 yağ asitlerinde azalma, C22:6 yağ asidinde bir artış görülmüştür (Tablo 3). Çiğ tavuk göğüs ve but etleri ise pişirildikten sonra C14:0 yağ asidinde bir azalma olurken, tavuk göğüs etinde C16:0, C18:2, C22:6 yağ asitlerinde; tavuk but etinde ise C14:0 yağ asidinde artış saptanmıştır (Tablo 4, 5). Etlerin pişirilmesi sırasında yağ asitlerinin yıkımındaki çeşitliliğe bağlı olarak, çiğ ve pişmiş etlerin yağ asit içeriği de değişmektedir (37). Aynı zamanda etlerin yağ asit profili, pişirme yöntemlerine bağlı olarak da değişmektedir. Çiğ ve pişmiş etler arasında yağ asit kompozisyonundaki farklılığın nedeni; çiğ etlerin trigliseritlerindeki yağ asitlerinde yapısal (konformasyon) farklılıkların olma-

sıdır. Yağlarda meydana gelen kayıplar özellikle nötral lipidlerde bulunan ve erime noktası düşük olan moleküllerde oluşmaktadır (35).

Etlerin yağ asit kompozisyonu üzerine pişirmenin etkisi konusunda yapılan araştırmaların sonuçları ise çelişkilidir. Camphell (28), çiğ ve pişmiş sığır etinin yağ asit içeriklerinde herhangi bir fark bulamamıştır. Siedler (38), sığırın değişik bölgelerinden alınan örnekleri nemli ısı yöntemi ile pişirmiş, etlerin yağ asit dağılımında büyük değişiklikler olmadığını vurgulamıştır. Ancak küçük bir değişiklik pişirme yöntemleri arasında gözlenmiştir. Myers ve Harris (39), elektrikli bir fırında pişirdikleri sığır ve tavuk etlerinin yağ asit kompozisyonunda bir değişimin olmadığını a-



çıkılmaktadırlar. Buna karşın, Janicki ve Appledorf (40), haşlama, ızgara ve mikrodalgada pişirme süresince C16:0 yağ asidinde önemli kayıplar olduğunu bulmuşlardır. Bu araştırmacılar pişmiş etin C18:1 ve C18:2 yağ asitleri çığ değerleri ile karşılaştırıldığında arttığını göstermişlerdir. Özellikle, C18:1 ve C18:2 yağ asitlerinin et pişerken meydana gelen damlama sırasında daha az kayba uğradığı görüşünü ileri sürmüşlerdir. Terrell ve arkadaşları (41), ızgara yapılan sığır etlerinin fosfolipit fraksiyonlarında C14:0 ve C15:0 yağ asitleri, nötral lipidlerinde C18:3 yağ asidinde azalma olduğunu saptamışlardır. Bu azalmanın nedeni; C18:3 yağ asidinin düşük erime noktasından dolayı yağ damlamasıyla kayıpların olabileceği şeklinde açıklanmıştır. Fosfolipit fraksiyonlarında C8:0 yağ asit yüzdesinde bir artış bulmuşlardır. Bunda hayvanın cinsiyetinin de önemli olduğunu ifade etmişlerdir.

Çığ sığır eti örneklerinde bulunan toplam trans yağ asitleri %2.60 iken, pişirme sonucu bu değer % 2.65 olarak saptanmıştır (Tablo 2). Pişirme sonunda en fazla bulunan trans yağ asidi ise C18:1tr'dir. Scheder ve arkadaşları (31), grill'de pişirdikleri sığır etlerindeki C18:1 tr yağ asit dışındaki TDYA'nin içeriğinin çok fazla değişmediğini C18:1 tr yağ asidinin ise %2.54'den %2.48'e düştüğünü ve bunun istatistiksel açıdan önemli olduğunu belirlemişlerdir. Bu değişikliğin nedeni; adipoz dokunun en fazla oranda içerdiği trigliseritlerin yapısındaki doymuş yağların doymamışlara oranla fazla olması ve pişirme sırasında damlamalar ile meydana gelen kayıplar olarak açıklanmıştır. Yağ asitlerinin erime noktaları bunda en büyük etkenken, 150°C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerinde kayıplar artmaktadır (2,31). Başka bir araştırmada tavada kızartılan ve %24.7 yağ içeren sığır etlerinde toplam trans yağ asit içeriği 0.61g/100g'dan 0.49g/100g'a düşerken; ızgarada pişirilenlerde 0.73g/100g'a çıkmıştır (42).

Trans ve pozisyonel izomerler genellikle hidrojenasyonla oluşmasına rağmen işleme süresince veya ısıtma ile da oluşmaktadır (43). Yüksek sıcaklıklarda muamele edilmiş bitkisel sıvı yağla-

rın da trans izomerleri artmaktadır. Ticari derin yağ kızartıcılarında soya yağının 240 °C'de 10 saat ısıtılmasında C18:3 tr konsantrasyonu %34 bulunmuştur (44). Trans konfüğürasyonu ile molekülün zincir boyu uzar ve böylece doymuş bir yağ asidine benzediğinden, yağ asidinin erime noktası ve kristal oluşumu gibi fiziksel ve kimyasal özellikleri etkilenir. Yağların erime noktaları, yağ asidinin yapısına çok fazla bağlıdır. Cis konfüğürasyonu (oleik asidin erime noktası=16.3 °C), trans konfüğürasyonu (eladik asidin erime noktası= 45.0) ile karşılaştırıldığında erime noktası düşüktür. Bu azalma, molekülün sınırlı birleşmesiyle de bağlantılıdır (2).

Çığ alabalık etinde bulunan trans yağ asitleri değeri %1.05'den pişirme sonunda %1.0 olmuştur (Tablo 3). Fast food olarak tüketilen balık burgerler üzerinde yapılan araştırmada, toplam trans yağ asidi içeriği %7.4 olarak saptanırken bunun en fazla C18:1 tr yağ asitlerinden geldiği bulunmuştur (45).

Sardalya, uskumru ve salmon olmak üzere üç yağlı balık, ayçiçek yağında kızartıldığında trans yağ asidi içeriklerinde azalma olmuştur. Ayrıca "catering" sistemlerde bu besinler tüketime hazır halde bekletildiklerinden dolayı balıklar 65 0C'de 3 saat bekletilip trans yağ asidi içeriklerine bakıldığında ise, çığ değerlerine oranla azalırken, kızartılmış değerlerinden çok az farklı bulunmuştur. Bu balıklarda, trans yağ asitleri içerisinde en fazla brasidik trans yağ asidi (C22:1 tr) belirlenmiştir (35). Uskumru balığı kanola yağında kızartıldıktan sonra C18:2 tr ve C18:3 tr yağ asitleri meydana gelmiştir. Ayrıca balıklar pişirilirken ısının etkisi ile EPA'nın 20:5 5c, 8tr, 11c, 14tr, 17c olan en büyük izomerleri meydana gelmiştir (34).

Bu araştırmada tavuk göğüs ve but etlerinin toplam trans yağ asit değerleri sırasıyla, % 1.90 ve %1.80 olarak bulunmuştur. Bu trans yağ asitleri içerisinde ise en fazla C18:1 tr yer almaktadır (Tablo 45). Kümes hayvanları pişirildikten sonra toplam trans yağ asitleri içeriği yaklaşık olarak %3'dür (36). Tavuk burgerler üzerinde yapılan a-

raştırmada toplam trans yağ asit içeriğinin %2.4 olduğu; bunun da en fazla C18:2 tr yağ asidinden geldiği saptanmıştır (45).

### **Dondurularak Depolanmış Örneklerin Yağ Asit Kompozisyonunda ve Trans Yağ Asitlerinde Meydana Gelen Değişimler**

Bu araştırmada analiz edilen çiğ ve pişmiş sığır etleri, -18°C'de farklı depolama sürelerinde depolandığında toplam yağ asit değerleri üzerinde belirgin bir etkisi olmamıştır (Tablo 2). Gökalp ve arkadaşları (46) sığır köftelerini 18°C'de, 1.5, 3, 4.5 ay dondurarak depoladığında, 3. aydan sonra nötral lipitlerde, dienoik ve trienoik yağ asitlerinde; fosfolipit fraksiyonlarındaki dienoik, trienoik ve tetraenoik yağ asitlerinde bir artış olduğunu göstermişlerdir.

Dondurma işleminin uygun sıcaklıklarda ve hızda yapılmaması sonucu hücrelerde meydana gelen aşırı parçalanmalar yağ hücrelerinin de zarar görmesine neden olur (47,48). Ayrıca dondurulmuş etlerin çözündürülmesi sırasında, yapıdan bileşenlerin ayrılmasından dolayı yapısal bir parçalanma meydana gelir. Uzun süre, yüksek ve değişken sıcaklık derecelerinde depolama kristalizasyonun geri oluşmasına, dolayısıyla da hücre zararına neden olmaktadır (49).

Çiğ ve pişmiş alabalık etinin farklı depolama sürelerine göre yağ asitlerinin toplam yağ üzerinden dağılımlarına bakıldığında; C12:0 yağ asidi pişmiş örneklerde 30. ve 45. günlerinde belirlenmemiştir. Tekli doymamış yağ asitlerinden C14:1 yağ asidi çiğ ve pişmiş örneklerde 30. ve 45. günlerde tespit edilememiştir (Tablo 3). Beltran ve Moral (50), 3 ay -18°C'de dondurarak sakladıkları balıkta, trigliserit fraksiyonlarındaki C14:0, C16:1, C20:1, C20:5, C22:1 ve C22:6 yağ asit yüzdelerinin; fosfolipit fraksiyonlarındaki C14:0, C16:0, C16:2, C18:1, C18:3, C20:1 ve C22:1 yağ asit yüzdelerinin arttığını saptamışlardır. Bunun nedenini; depolama süresince lipit hidrolizinden dolayı protein-lipit bağlanmaları arasındaki doğal değişikliklerin (zayıflama yönünde) olmasına bağlamışlardır (50). Dondurularak depolama sırasında yaygın balığın fosfolipit

fraksiyonundaki çoklu doymamış yağ asitlerinde, kayda değer ölçülebilir bir değişiklik olduğu ve kayıpların toplam yağ asit havuzunun sadece küçük bir yüzdesini ifade ettiği bulunmuştur (47). Castrillon ve arkadaşları (51), 4 ay -20°C'de dondurularak sakladıkları balık etinde C20:5 ve C22:6 yağ asitlerinin konsantrasyonlarında azalma olduğunu saptamışlardır. Bu azalmanın nedenini; yağların oksidasyonuna bağlamaktadırlar. Ancak linolenik, oleik ve palmitoleik asitlerin konsantrasyonunda artış olduğunu göstermelerine karşın nedenini açıklayamamaktadırlar. Alabalık kasındaki lipoliz, triaçilgliserollerinin sn1 ve sn3 açıl pozisyonunda daha çok meydana gelir. Lipoliz sonucu bu pozisyonlardan doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri ayrılır. Fakat dondurularak depolama süresince alabalıktan lipazın ayrılması, düşük sıcaklık derecelerinde azalmaktadır (52).

Çiğ tavuk göğüs etlerinde doymuş yağ asitlerinden C12:0 yağ asidi 30. günde bulunamamıştır. Pişirme süreci uygulanmış tavuk göğüs etinde ise C12:0 yağ asidi 15. günde saptanamamıştır. Tekli doymamış yağ asitlerinden C20:1 yağ asidi, çiğ örneklerde 30. günde; pişmiş örneklerde ise 0. gün dışındaki günlerde tespit edilememiştir (Tablo 4). Çiğ tavuk but örneklerinde doymuş yağ asitlerinden C12:0 yağ asidi 15. günde; pişmiş örneklerde ise 15. ve 45. günlerde; C20:1 yağ asidi pişirme süreci uygulanmış örneklerde ise 15. ve 45. günlerde tespit edilememiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden C22:5 yağ asidi çiğ örneklerde sadece 45. günde saptanmıştır (Tablo 5). Dondurulmuş tavuk, tazesini ile karşılaştırıldığında orta zincirli yağ asitleri (palmitik asit) artarken; uzun zincirli yağ asitlerinin (linoleik asit 18:2) içeriği azalmıştır (53). Miteva ve Bakalivanova (54), tavuk but etinin tavuk göğüs etinden daha fazla doymamış yağ içerdiğini ve dondurularak depolama süresince özellikle tavuk but etinin ÇDYA'ları yüzdesinde belirgin bir azalma olduğunu, oleik asit yüzdesinin ise değişmeden aynı kaldığını göstermiştir.

Araştırmada alabalık dışındaki tüm et çeşitlerinin -18 °C'de 45.günün sonundaki depolama süre-

cinde, trans yağ asitleri miktarında önemli ölçüde azalma olduğu saptanmıştır. Çiğ sığır eti ile pişmiş alabalık ve tavuk but etleri dışındaki etlerin, trans yağ asit içerikleri, 15. ve 30. günlerde de azalma göstermiştir (Tablo 2-5). Yağ asitlerinde çift bağın bulunduğu karbondaki hidrojen, ısı, ışık, iyonize radyasyon gibi aktivasyonlu bir radikal türü ile yer değiştirerek trans yağ asitlerinin oluşumunu artırmaktadır. Ancak yağ asitlerinin moleküler yapısındaki çift bağın kırılması sonucu serbest radikal ve trans yağ asitleri oluşumu gibi değişmelerden dolayı, yağ asitlerinde bir azalma ve trans yağ asitlerinde bir artış olmaktadır. Sığır kıymasına uygulanan farklı dozlardaki ışınlamada trans yağ asitlerinin oluşumu, dozun artırılması ile artmış, ancak 60. ve 90. günlerdeki depolama sürelerinden etkilenmemiştir. Halbuki bu çalışmada 15., 30. ve 45. günlerdeki depolama süreleri sonunda trans yağ asitleri değerinde belirgin bir azalma görülmektedir (Tablo 2-5). Ancak ilginç olan trans yağ asitlerinin kimyasal ve fiziksel karakteristiklerinden dolayı oksidasyon işlemine dayanıklı olmalarıdır (55).

Ayrıca, günümüzde patates kızartması gibi yarı hazır besinlerin tüketiminin artmasından dolayı bu ürünlere uygulanan ön kızartma işlemi sonrasında dondurma süreci devreye girer. Ancak trans yağ asitleri, dondurma sürecinden çok bu ürünlerin hazırlanması aşamasından (ön kızartma) gelmektedir. Ürünlerin hazırlanmasında kullanılan yağlarda ve üründe trans ÇDYA içeriği artmaktadır. Bunun nedeni ise; kızartmada kullanılan yağlarda çok düşük miktarlarda bulunan trans yağ asidinin yüksek ısı ile muamelesi sonucunda artması ile dondurma öncesi bu ürünlere uygulanan ön kızartma işlemidir (56).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmaların çoğunda, etler bitkisel ya da hayvansal yağlar ile pişirildiklerinden dolayı trans yağ asitleri değerinde bir artış gözlenmektedir. Oysaki bu çalışmada etlerin pişirilmesi için herhangi bir yağ eklemesi yapılmamış ve trans yağ asitleri değerinde kuru ısıda pişirme sonunda azalma olmuştur. Bu nedenle eğer etler pişirilir-

ken ayrıca yağ eklemesi yapılmazsa, etlerin trans yağ asitleri içeriğinde de bir artış olmayacaktır.

Trans yağ asitlerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri oksidasyona dayanıklı olduğundan dolayı dondurma işlemi sırasında da değişime uğramaları gerekirken, buna zıt olarak bu çalışmada dondurma süreci sonunda trans yağ asitleri miktarı azalmıştır. Bu nedenle buna benzer bir araştırma, farklı pişirme yöntemlerinin yanısıra farklı dondurma ve soğutma ısılarında ve sürelerinde, daha fazla örnekleme de içine alacak şekilde yapılabilir.

Diyette doymamış yağların/doymuş yağlara oranı hesaplandığında trans yağ asidi, genellikle doymuş yağların içinde yer almaktadır. Bu nedenle günümüzde artık besin etiketlemede trans yağ asidi içeriğinin, doymuş yağ asitleri değerinden ayrı yazılması gerektiğinden çiğ, pişmiş ve dondurulmuş besinlerde bulunan trans yağ asitlerinin miktarı belirlenmelidir.

Hayvansal hücrelerin fosfogliseritlerinin 2pozisyonuna ÇDYA, 1pozisyonuna doymuş yağ asitlerinde olduğu gibi izomerik tekli doymamış yağ asitlerinin yerleşme eğilimi vardır. Diyetle yeterli çoklu doymamış yağlar alınır (örneğin; %2 linoleik asit) izomerik tekli doymamış yağ asitleri, ne fosfogliseritlerin 2pozisyonuna yerleşir ne de ekozonoidlerin sentezini etkiler. Bu nedenle günlük enerjinin en fazla %2'si trans yağ asitlerinden gelmelidir.

*Teşekkür: Bu çalışmanın gerçekleşmesi için gerekli olan et örneklerinin sağlanmasında Aytaç Dış Ticaret Yatırım Sanayii A.Ş. ile Tipo tavukçuluk A.Ş.'ye ve yağ asit analizlerinin yapılmasında destek veren Unilever Çorlu Araştırma Merkezi laboratuvarına teşekkür ederim.*

## KAYNAKLAR

1. M. Kayahan. Lipidler, In: Saldamlı İ (eds). Gıda Kimyası, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 1998:107.
2. Duncan SE. Lipids:Basic concepts, In:Christen GL, Smith JS (eds). Food Chemistry: Principles and Applications, Science Technology System, America, 2000:82.
3. Krummel D. Nutrition in cardiovascular disease, In: Mahan LK, EscottStump S. (eds). Krauses's Food, Nutrition, and Diet Theraphy, Philadelphia, 2000:49.
4. Anon. Fats and oils in human nutrition. Organized by the Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization, Chapter 10:Isomeric fatty acids, Rome, 1993, October:1-26.
5. Sommerfeld M. Trans unsaturated fatty acids in natural products and processed foods. *Prog Lipid Res* 1983;22(3):221-33.
6. Jones GP. Fats, In: Wahlquist ML (eds)., Food and Nutrition, Australia, 1997:217.
7. Gunsone FD, Harwood JL, Padley FB. The Lipid Handbook, Second ed. Chapman & Hall, Cambridge, 1994:19..Institute of Food Science and Technology (IFST): Current Hot Topics, Trans Fatty Acids (TFA), UK, 1999:23.
9. Scollan ND, Choi NJ, Kurt E, et al. Manipulating the fatty acid composition of muscle and adipose tissue in beef cattle. *British J Nutrition* 2001;85:115-124.
10. Booyens J. The presence of trans unsaturated fatty acids in ruminant meat and milk is unnatural. *Med Hypotheses* 1986;21(3):249-52.
11. Boatella J, Rafecas M, Codony R. Isomeric trans fatty acids in the Spanish diet and their relationship with changes in fat intake patterns. *Eur J Clin Nutr* 1993;47:62-5.
12. Innis SM, Green TJ, Halsey TK. Variability in the trans fatty acid content of foods within a food category: Implications for estimation of dietary trans fatty acid intakes. *J Am College Nutrition* 1999;18:255-60.
13. Hunter JE. Reassessment of trans fatty acid availability in the US diet. *Am J Clin Nutr* 1991;54:36-39.
14. Chiang MT, Otoma MI, Itoh H, Futrukawa Y, et al. Effect of trans fatty acids on plasma lipids, platelet function and systolic blood pressure in strokeprone spontaneously hypertensive rats. *Lipids* 1991;26:46-52.
15. Hudgins LC, Hirsch J, Emken EA. Correlation of isomeric fatty acids in human adipose tissue with clinical factors for cardiovascular disease. *Am J Clin Nutr* 1991;53:474-82.
16. Precht D, Molkentin J. Recent trends in the fatty acid composition of German sunflower margarines, shortenings and cooking fats with emphasis on individual C16:1, C18:1, C18:2, C18:3 and C20:1 trans isomers. *Nahrung* 2000;44:222-28.
17. McNamara DJ. Dietary fatty acids, lipoproteins, and cardiovascular disease. *Advances in Food and Nutrition Research* 1992;36:253-351.
18. Ascherio A, Hennekens CH, Buring JE, et al. Trans-fatty acids intake and risk of myocardial infarction. *Circulation* 1994;89:94-101.
19. de Roos NM, Bots ML, Katan MB. Replacement of dietary saturated fatty acids by trans fatty acids lower serum HDL cholesterol and impairs endothelial function in healthy men and women. *Arterioscler Thromb Vasc Biol* 2001;21:1233-37.
20. Folch J, Lees M and Sloane Stanley GH. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. *J. Biol. Chem* 1957;226:497-509.
21. Pikul J, Leszczynski DE and Kummerow FA. Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *J Agri Food Chem* 1989;37:1309-13.
22. Rossell JB. Chemistry of lipids. In: Ledward DA, Johnston DE, Knight MK (eds). The Chemistry of Muscle-Based Foods. The Royal Society of Chemistry, 1992:193.
23. Johansson L, Kicsling A, Kicsling KH, et al. Effects of altered ration levels on sensory characteristics, lipid content and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Quality Preference* 2000;11:247-54.
24. Kathleen Mahan L, Arlin M. Krause's Food, Nutrition & Diet Therapy 8th ed, London, 1992:872.
25. Ang CYW. Comparison of broiler tissues for oxidative changes after cooking and refrigerated storage. *J Food Science* 1988;53:1072-5.
26. Pikul J, Kummerow FA. Lipid oxidation in chicken muscles and skin after roasting and refrigerated storage of main broiler parts. *J Food Science* 1990;55:30-7.
27. Rhee KS, Anderson LM, Sams AR. Lipid oxidation potential of beef, chicken, and pork. *J Food Science* 1996;61:8-12.
28. Campbell AM, Turkki PR. Lipids of raw and cooked ground beef and pork. *J Food Science* 1967;32:143-6.
29. Lawrie RA. Conversion of muscle into meat: Biochemistry. In: Ledward DA, Johnston DE, Knight MK. (eds). The Chemistry of MuscleBased Foods, The Royal Society of Chemistry, Special Publication, 1992:43.
30. Enser M, Hallett K, Hewett B, Fursey GAJ, Wood JD. Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science* 1996;42(4):443-56.
31. Scheder MRL, Casutt MM, Roulin M, et al. Fatty acid composition, cooking loss and texture of beef patties from meat of bulls fed different fats. *Meat Science* 2001;58:321-28.
32. COMA, Committee on Medical Aspects of Food and Nutrition Policy.
33. Henderson RJ, Tocher DR. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Prog Lipid Research* 1987;26:281-347.
34. Sebedio JL, Ratnayake MN, Ackman RG, et al. Stability of polyunsaturated omega3 fatty acids during deep fat frying of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus* L.). *Food Research Int* 1993;26:163-72.
35. Candela M, Astiasaran I, Bello J. Deepfat frying modifies highfat fish lipid fraction. *J Agric Food Chem*

- 1998;46:2793-6.
36. Anon. Nutrition Data Bank. Bulletin Board (US Department of Agriculture Research Service) USA, 1995.
  37. Pearson AM, Gray JI, Brenndand CP. Species-specific flavors and odors. In: Pearson AM, Dutson TR. (eds). Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, Blackie Academic, 1994:222.
  38. Siedler AJ, Springer D, Slover HT, et al. Nutrient content of variety meats. III. Fatty acid composition of lipids of certain raw and cooked variety meats. *J Food Science* 1964;29:877-80.
  39. Myers SJ, Harris ND. Effect of electronic cooking on fatty acids in meats. *J Am Diet Assoc* 1975; 67:23-24.
  40. Janicki LJ, Appendorf H. Effect of broiling, grill frying and microwave cooking on moisture, some lipid components and total fatty acids of ground beef. *J Food Science* 1974;39:715-7.
  41. Terrel RN, Succs GG, Cassens RG, et al. Broiling, sex and interrelationships with carcass and growth characteristics and their effect on the neutral and phospholipid fatty acids of the bovine longissimus dorsi. *J Food Science* 1968;33:5625.
  42. Canadianized Ground Beef Data. Beef Information Centre, British Columbia, 2002.
  43. O'Brien RD. Fats and Oils: Formulating and processing for applications, Technomic Publishing Company, Pennsylvania, 1998:254.
  44. Okcefc SF, Wilcy VA, Wringht D. Effects of temperature on linolenic acid loss and 183 delta 9cis,delta 12cis,delta 15trans formation in soybean oil. *American J of Oil Chemists's Society* 1993;70:915-9.
  45. Mario Fernandez PM. Fatty acid composition of commercial Spanish fast food and snack food. *J Food Composition and Analysis* 2000;13:275-81.
  46. Gökalp HY, Ockerman HW, Plimpton RF, et al. Fatty acids of neutral and phospholipids, rancidity scores and TBA values as influenced by packaging and storage. *J Food Science* 1983;48:829-34.
  47. Ericson MC. Lipid oxidation: Flavor and nutritional quality deterioration in frozen foods. In: Ericson MC, Hung YC (eds). *Quality in Frozen Foods*. Chapman & Hall, New York, 1997:141.
  48. Sheard PR, Nute GR, Chappell AG. The effects of cooking on the chemical composition of meat products with special reference to fat loss. *Meat Science* 1998;49(2):175-91.
  49. Pham QT, Mawson RF. Moisture migration and ice recrystallization in frozen foods. In: Ericson MC, Hung YC (eds). *Quality in Frozen Foods*. Chapman & Hall, New York, 1997:67.
  50. Beltran A, Moral A. Changes in fatty acid composition of fresh and frozen sardine (*Sardine pilchardus* W.) during smoking. *Food Chemistry* 1991;42:99-109.
  51. Castrillon AM, AlvarezPontes E, Garcia Arias MT, et al. Influence of frozen storage and defrosting on the chemical and nutritional quality of sardine (*Clupea pilchardus*). *J Sci Food Agric* 1996;70:29-34.
  52. Refsgaard HHF, Brockhoff PMB, Jensen B. Free polyunsaturated fatty acids cause taste deterioration of Salmon during frozen storage. *J Agric Food Chem* 2000;48:3280-5.
  53. Van Heerden SM, Schönfeldt HC, Smith MF, et al. Nutrient content of South African chickens. *J Food Composition and Analysis* 2002;15:47-64.
  54. Miteva E, Bakalivanova T. Changes in the fatty acid composition of dietetic ready-to-cook chicken meat products during frozen storage. *Nahrung* 1987;31:981-6.
  55. Brito MS, Villavicencio LCH, Mancini-filho J. Effects of irradiation on trans fatty acids formation in ground beef. *Radiation Physics Chemistry* 2002;63:337-340.
  56. Romero A, Cucsta C, SanchezMuniz FJ. Trans fatty acid production in deep fat frying of frozen foods with different oils and frying modalities. *Nutrition Research* 2000;20(4):599-608.