

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜLKEMİZDE ÜRETİLEN BAZI
ŞORTENİNGLERİN YAĞ ASİTİ
BİLEŞİMLERİNİN VE *TRANS*
YAĞ ASİTİ İÇERİKLERİNİN
BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA
BELGİN BAŞOL
YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2006 - TEKİRDAĞ
DANIŞMAN: Yrd. Doç.Dr. MURAT TAŞAN

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜLKEMİZDE ÜRETİLEN BAZI ŞORTENİNGLERİN YAĞ ASİTİ
BİLEŞİMLERİNİN VE *TRANS* YAĞ ASİTİ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

BELGİN BAŞOL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. MURAT TAŞAN

TEKİRDAĞ – 2006

TEŐEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenimim sırasında bana her türlü bilgi ve yardımı sağlayan değerli bölüm hocalarıma, Saygıdeğer Bölüm Başkanım Prof. Dr. Mehmet Demirci' ye, bu çalışmaya beni yönlendiren ve çalışmalarım süresince her türlü değerli görüş ve yardımlarını sağlayan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat TAŞAN' a, istatistiksel analizlerin yapılmasında yardımlarını gördüğüm saygı değer hocam Prof. Dr. İhsan SOYSAL' a ve çalışmanın gerçekleşmesinde bana laboratuvar imkânlarını sağlayan UNILEVER TÜRK A.Ő.' ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca benden manevi desteklerini esirgemeyen ve sabırla bana tüm desteği sağlayan ablam Ecz. Berrin BAŞOL başta olmak üzere ailemin tüm fertlerine ve emeği geçen tüm arkadaşlara sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Belgin BAŞOL

2006- TEKİRDAĞ

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÜLKEMİZDE ÜRETİLEN BAZI ŞORTENİNGLERİN YAĞ ASİTİ BİLEŞİMLERİNİN VE *TRANS* YAĞ ASİTİ İÇERİKLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Belgin BAŞOL

Trakya Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat TAŞAN

Bu araştırmada, ülkemizde üretilen şortening yağlarının yağ asiti bileşimleri ve *trans* yağ asiti içeriklerinin çeşit ve miktarlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, 7 endüstriyel margarin tesisinden 3 farklı zamanda alınan toplam 45 adet örnek incelenmiştir. Örneklerin yağ asiti bileşimlerinin belirlenmesinde kapiler kolon gaz-likit kromatografi cihazı kullanılmıştır. Sonuçlar, palmitik asit, stearik asit, *cis* oleik asit, *trans* oleik asit, *cis* linoleik asit, *trans* linoleik asit, *cis* linolenik asit ve *trans* linolenik asit olarak ifade edilmiştir. İlave olarak, bu yağ asitleri miktarlarına istatistiksel analizler uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, şortening örneklerinin

tamamında *trans* oleik asit ve *trans* linoleik asit belirlenmiştir. *Trans* linolenik asit sadece 2 örnekte belirlenmiştir. Örneklerin *trans* oleik asit, *trans* linoleik asit, *trans* linolenik asit miktarları sırasıyla; %2,4–21,3; %0,2–2,9; %0,0–0,1 arasında değişmektedir.

İncelenen şortening örneklerinin yağ asiti kompozisyonları büyük farklılıklar göstermektedir ($P < 0,01$). Elde edilen sonuçlar, ülkemizde şortening üretiminde, yüksek *trans* yağ asiti içeren kısmi hidrojene bitkisel yağların halen ana bileşen olarak kullanıldığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Gaz likit kromatografi, şortening, *trans* yağ asitleri, yağ asitleri

SUMMARY

A STUDY ON DETERMINATION OF FATTY ACID COMPOSITIONS AND *TRANS* FATTY ACID CONTENTS OF SHORTENINGS PRODUCED IN TURKEY

By Belgin BAŞOL

M.Sc. Thesis

Trakya University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Main Science Branch of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Professor Murat TAŞAN

In this research, it is aimed to determine fatty acid compositions and amounts of *trans* fatty acids of shortenings which are produced in Turkey. For this aim, 45 shortenings which were taken from 7 different industrially margarine companies in three different times were examined. It was used capillary column gas-liquid chromatography to determine of fatty acid compositions. The results were explained as; palmitic acid, stearic acid, *cis* oleic acid, *trans* oleic acid, *cis* linoleic acid, *trans* linoleic acid, *cis* linolenic acid, *trans* linolenic acid. In addition, it was applied statistical analyses to each fatty acid. According to the results it was determined *trans* oleic and

trans linoleic acids in all shortenings. *Trans* linolenic acid was determined in the samples of two brands. *Trans* oleic acid, *trans* linoleic acid and *trans* linolenic acid contents in the samples were changing between; 2.4–21.3%, 0.2–2.9% and 0.0–0.1%, respectively.

A large variability in the fatty acid compositions of the shortenings examined was observed ($P < 0.01$). It is clear from the results that partially hydrogenated vegetable oils with high *trans* fatty acid contents are still the major materials used in the production of Turkish shortenings.

Keywords: Fatty acids, gas-liquid chromatography, shortening, *trans* fatty acids

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
1.GİRİŞ.....	1
1.1.Şortening Çeşitleri.....	2
1.1.1.Fiziksel Yapılarına Göre Şorteningler.....	4
1.1.1.1.Plastik şorteningler.....	4
1.1.1.2.Dökülebilir- akışkan şorteningler.....	5
1.1.1.3.Sıvı şorteningler.....	6
1.1.1.4.Tozlaştırılmış şorteningler.....	7
1.1.2.Özel Kullanım Alanlarına Göre Şorteningler.....	8
1.1.2.1.Fırıncılık şorteningleri.....	8
1.1.2.2.Kek ve pasta şorteningleri.....	9
1.1.2.3.Genel amaçlı şorteningler.....	9
1.1.2.4.Milföy şorteningleri.....	10
1.1.2.5.Kremleştirme şorteningleri.....	10
1.3.Şortening Üretimi.....	11
1.4. <i>Trans</i> İzomerlerin Yapısı ve Kimyası.....	15
2.LİTERATÜR BİLGİSİ.....	21
3.MATERYAL VE METOD.....	39
3.1.Materyal.....	39
3.2.Metod.....	40
3.2.1. Yağ fazının ayrıştırılması.....	40
3.2.2. Yağ asiti bileşimlerinin belirlenmesi.....	40

3.3.İstatistiksel Analizler.....	41
4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	42
4.1.Şortening Örneklerinin Yağ Asidi Bileşimleri.....	42
4.2.Palmitik Asit (C _{16:0}).....	44
4.3.Stearik Asit(C _{18:0})	46
4.4.Cis Oleik Asit(C _{18:1}).....	49
4.5.Trans Oleik Asit(C _{18:1})	51
4.6.Cis Linoleik Asit(C _{18:2}).....	53
4.7.Trans Linoleik Asit(C _{18:2}).....	56
4.8.Cis Linolenik Asit(C _{18:3}).....	58
4.9.Trans Linolenik Asit(C _{18:3}).....	60
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	61
6.KAYNAKLAR.....	64
7.EKLER.....	74

ÇİZELGE LİSTESİ

SAYFA NO

ÇİZELGE.4.1.1.Şorteninglerin yağ asidi bileşimleri ile toplam <i>trans</i> oleik(C _{18:1}), toplam <i>trans</i> linoleik(C _{18:2}), toplam <i>trans</i> linolenik asit(C _{18:3}) ve toplam <i>trans</i> yağ asitleri miktarları.....	43
ÇİZELGE.4.2.1.Şortening markalarına ait toplam palmitik asit (C _{16:0}) miktarları varyans analiz çizelgesi.....	44
ÇİZELGE .4.2.2. Şortening markalarına ait toplam palmitik asit (C _{16:0}) miktarlarının Duncan testi sonuçları.....	45
ÇİZELGE.4.3.1.Şortening markalarına ait toplam stearik asit (C _{18:0}) miktarları varyans analiz çizelgesi.....	47
ÇİZELGE.4.3.2. Şortening markalarına ait toplam stearik asit (C _{18:0}) miktarlarının Duncan testi sonuçları.....	48
ÇİZELGE.4.4.1.Şortening markalarına ait toplam <i>cis</i> oleik asit (C _{18:1}) miktarları varyans analiz çizelgesi.....	49
ÇİZELGE.4.4.2. Şortening markalarına ait toplam <i>cis</i> oleik asit (C _{18:1}) miktarlarının Duncan testi sonuçları.....	50
ÇİZELGE.4.5.1.Şortening markalarına ait toplam <i>trans</i> oleik asit (C _{18:1}) miktarları varyans analiz çizelgesi.....	52
ÇİZELGE.4.5.2. Şortening markalarına ait toplam <i>trans</i> oleik asit (C _{18:1}) miktarlarının Duncan testi sonuçları.....	52

ÇİZELGE.4.6.1.Şortening markalarına ait toplam <i>cis</i> linoleik asit (C _{18:2})	
miktarları varyans analiz çizelgesi.....	54
ÇİZELGE.4.6.2. Şortening markalarına ait toplam <i>cis</i> linoleik asit (C _{18:2})	
miktarlarının Duncan testi sonuçları.....	55
ÇİZELGE.4.7.1.Şortening markalarına ait toplam <i>trans</i> linoleik asit (C _{18:2})	
miktarları varyans analiz çizelgesi.....	56
ÇİZELGE.4.7.2. Şortening markalarına ait toplam <i>trans</i> linoleik asit (C _{18:2})	
miktarlarının Duncan testi sonuçları.....	57
ÇİZELGE.4.8.1.Şortening markalarına ait toplam <i>cis</i> linolenik asit (C _{18:3})	
miktarları varyans analiz çizelgesi.....	59
ÇİZELGE.4.8.2. Şortening markalarına ait toplam <i>cis</i> linolenik asit (C _{18:3})	
miktarlarının Duncan testi sonuçları.....	59

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

ŞEKİL.1.4.1.Geometrik izomer formları kesiti	15
ŞEKİL.1.4.2. <i>Cis</i> ve <i>trans</i> formdaki yağ asidi zincirleri	17
ŞEKİL.2.1.Linoleik asitin hidrojenasyonunda linoleik asitin geometrik ve pozisyonel izomerlerinin, elaidik asit ve pozisyonel izomerlerinin, oleik asit ve pozisyonel izomerlerinin ve stearik asitin oluşumu.....	26
ŞEKİL.2.2. Dönüşüm kinetiği.....	27
ŞEKİL.4.2.1.Şorteninglerin toplam palmitik asit (C _{16:0}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi.....	44
ŞEKİL.4.3.1.Şorteninglerin toplam stearik asit (C _{18:0}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi.....	47
ŞEKİL.4.4.1.Şorteninglerin toplam <i>cis</i> oleik asit (C _{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi.....	49
ŞEKİL.4.5.1.Şorteninglerin toplam <i>trans</i> oleik asit (C _{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi.....	51
ŞEKİL.4.6.1.Şorteninglerin toplam <i>cis</i> linoleik asit (C _{18:2}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi.....	54
ŞEKİL.4.7.1.Şorteninglerin toplam <i>trans</i> linoleik asit (C _{18:2}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi.....	56
ŞEKİL.4.8.1.Şorteninglerin toplam <i>cis</i> linolenik asit (C _{18:3}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi.....	58

ÖZGEÇMİŞ

1978 Hayrabolu-TEKİRDAĞ doğumlu. Hayrabolu lisesinde öğrenimini tamamladıktan sonra 1994 yılında Ege Üniversitesi Yabancı Diller Bölümünde İngilizce Hazırlık eğitiminden sonra, 1995–1999 yılları arasında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümünde mesleki eğitimini tamamladı. Öğretmenlik ve Tıbbi Mümessillik yaptıktan sonra, 2002–2003 yılları arasında Guryağ Gıda Sanayinde Kalite Kontrol Sorumlusu olarak çalıştı.

1.GİRİŞ

Şortening kelimesinin sözlük anlamı “kısaltıcı” demektir ve söz konusu yağlara bu adın verilmesinin nedeni, hamur işlerinde kullanıldıklarında birbirlerini sararak uzun bir diziliş gösteren glüten ve nişasta yapısının hücre duvarlarını kırmasıdır. Çünkü bu etki sonucu hamur, uzun lifler yerine kısa ve yağlı lif parçaları içeren yeni ve yumuşak bir yapı kazanır. Bu yüzden şorteningleri “lif kısaltıcılar” olarak da tanımlayabiliriz (Kayahan, 2002).

Aslında, “şortening” terimi; protein ve karbonhidrat bileşenlerini sert sürekli bir kütle olarak pişirilmesini önlemek vasıtasıyla fırıncılık gıdalarını kısaltmak veya gevrekletmek için kullanılan, özellikle domuz yağı olmak üzere hayvansal yağ tanımlar ve tarihte domuz yağı ilk kullanılan şortening sayılmıştır (Chrysam ve ark., 1985). Daha sonraları, rafine edilmiş pamuk yağı ile hayvansal doku ve organ yağlarının çeşitli fraksiyonları karıştırılarak üretilmiştir. Elde edilen bu yağ, esas olarak tereyağına benzer bir yağ yapabilme düşüncesiyle geliştirilmiş olup, ekmeğe sürülebilen yağlar olmasına karşın (Kayahan, 2002), 1900’lu yılların başlangıcında hidrojenasyon işleminin başlaması ve pamuk tohumu yağı üretiminin artmasıyla şortening imalatında yeni bir dönem başlamıştır (Nas ve ark., 1998). Bugün, şortening terimiyle, bazı fırıncılık ürünlerinde emülsifikasyon, kremalaştırma ve yağlama gibi dış cila ve nem direncini sağlamak amacıyla kullanılan geniş bir ürün grubu anlatılır. Kıvartma uygulamalarında, şorteningler pişirme için çabuk, düzgün bir ısı transferine izin verir ve nem bariyerinin oluşumuna yardımcı olurlar (Chrysam ve ark., 1985).

1.1.Şortening Çeşitleri

Şorteningler çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler. Bunlar; a) katı yağ içeriğine göre: hayvansal veya bitkisel, bileşik veya tamamı hidrojene, emülsiyon halinde veya emülsiyon olmayan, b) fiziksel yapılarına göre: plastik, sıvı, akışkan ve toz, c) özel kullanım alanlarında fonksiyonelliğine göre: ekmek, kek, dondurma, kızartma, vs. (Hoffman, 1989; Chrysam ve ark., 1985; Paulicka, 1990).

Şorteningler, kullanılacağı yere ve geleneklere göre farklı ülkelerde, farklı formüllerde yağların harmanlanmasıyla üretilmektedir. Örneğin, palm, pamuk tohumu, yer fıstığı, ayçiçeği ve mısır yağlarının tümü şorteninglerin kabul edilebilir formülasyonlarında kullanılabilir. Ancak bu yağların elverişliliği genellikle, yağların soya yağına kıyasla fiyat ve elde edilebilirliği yüzünden sınırlıdır. Yüksek fiyatları, düşük dumanlanma noktası ve sınırlı plastisite aralığına sahip olmaları nedeniyle şortening imalatında laurik katı yağlar yaygın olarak kullanım alanı bulamaz. Yüksek kaliteli hindistan cevizi veya palm çekirdeği yağı içeren şorteninglerden sadece fındık, ceviz kavurma işlemlerinde, dondurmada ve dolgu katı yağ formülasyonlarında, sprey yağı gibi ve maksimum oksidatif stabilite veya net erime karakteristiklerine gerek olduğu diğer uygulamalarda faydalanılır. Laurik katı yağlar çoğunlukla süsleme kaplamalarında ve süt katı yağ benzeri olarak kullanılır. Don yağı, şortening olarak direkt kullanım için oldukça sert bir yağdır. Don yağı, don yağı stearin, hidrojene don yağı, domuz yağı ve modifiye domuz yağı, bitkisel sıvı yağlarla karıştırılarak düşük maliyetli bileşik şortening üretimi için kullanılır (Chrysam ve ark., 1985; Andersen ve Williams, 1965).

Hidrojene şorteningler, yalnızca bir yağın hidrojenasyonu ile üretilmektedir. Fakat bazıları iki veya daha fazla hidrojene yağın karışımından da hazırlanır. Örneğin, kısmi hidrojene palm veya pamuk yağı kremleşme konsistansı ve iyi depolanma stabilitesi gibi özelliklerin geliştirilmesini sağlamak amacıyla kısmi hidrojene soya yağıyla karıştırılabilmektedir. Hidrojenasyon şartları ve kapsamı şorteningte istenen özelliklere ve farklı yağ kaynaklarına göre değiştirilir (Block ve

Borrero-Arellano, 1994; Paulicka, 1990). Böylece, son üründe istenen özelliklere göre, hidrojene şorteninglerin imalatında uygun esneklik sağlanabilmektedir. Çeşitli hayvansal yağlar, hayvansal ve bitkisel yağların karışımları da şortening olarak kullanılmıştır. Hayvansal ve bitkisel yağların karışımları daha uygun fiziksel özelliklerde şortening elde etmek için sık sık hidrojene de edilmiştir. Bu tip ürünler, pasta ve ekmek imalatında kullanılmıştır (Nas ve ark, 1998).

Düşük erusik asitli kolza yağı Kanada'da majör bileşendir. Bitkisel sıvı yağlara ve hayvansal et katı yağlarına ilaveten, hidrojene balık yağları da Kanada ve Avrupa'da şortening imalatında yaygın olarak kullanılır (Paulicka, 1990; Klimes, 1990).

İlk yıllarda, çoklu doymamış yağ asidi içeriği (PUFA) %5–12 arasında olacak şekilde ayarlanan şorteningler daha sonra; bu yağ asitlerinin vücuda alımını arttırmak amacıyla PUFA içeriği %10–30 olacak şekilde tipik bir şortening üretilmiştir. Bazı şortening imalatçıları PUFA içeriği %30–50 arasında olan sıvı veya çok az hidrojene edilmiş bitkisel yağları esas alan sıvı şortening ürünlerini, ticari ekmek ve diğer tip fırıncılık ürünlerinde kullanılmak üzere pazarlamışlardır. Ülkemizde özellikle ekmek ve diğer fırın ürünlerinde ve fast-foodların hazırlanmasında şortening tipi yağlar kullanılmaktadır. Şorteningler, ekmek, bisküvi, kek ve diğer fırın ürünlerine, gerekli kalitatif özelliklerin kazandırılması, ürünlerin muhafaza kalitesinin ve kalori değerinin artırılması, uniform ve stabil yapıda arzu edilen aromada ürün elde edilmesi amacıyla katılırlar (Nas ve ark, 1998).

Emülsiyon halinde olmayan genel amaçlı şorteninglerin plastisite aralığı oldukça geniştir. Genellikle, %10–15 oranında tam hidrojene katı yağ ile kısmi hidrojene bitkisel yağ veya interesterifiye yağ veya bunların tümünün karıştırılması ile elde edilir. Katı yağ kısmı, pamuk veya diğer yağların hidrojenasyonu ile üretilir. Genel amaçlı yağlar, kızartma yağı olarak üretiliyorsa, daha çok hidrojene edilir. Ancak bunlarda iyi krema elde edilemeyeceğinden pastacılık sektöründe kullanılmazlar. Bu nedenle hidrojenasyon derecesi amaca yönelik belirlenir.

Emülsiyon halinde olan genel amaçlı şorteninglerin yağ kompozisyonları emülsiyon olmayan şorteninglerle benzer olup, emülsiyon oluşumunun sağlanması amacıyla formülasyona %2,25–2,75 oranında mono ve digliseritler ilave edilir. Ayrıca mono ve digliseritler hamur ve sert kremaların su ve hava kapasitesini olumlu yönde etkilemektedir (Nas ve ark., 1998). 1960'lar öncesi emülsifiye edici olarak mono ve digliseritler kullanılırken, daha sonraları poligliserol esterler, sodyum stearoyl laktilat; etoksile edilmiş monogliseritler; sorbitan yağ asiti esterleri; propilen glikol monostearat ve laktik, suksinik, veya diasetil tartarik asitlerin monogliserit esterlerinin kombinasyonları emülsifiye edici olarak kullanılmıştır (Chrysam ve ark., 1985).

1.1.1.Fiziksel Yapılarına Göre Şorteningler

1.1.1.1.Plastik şorteningler

Amerika Birleşik Devletleri'nde birçok plastik şortening tamamıyla hidrojene edilmiş bitkisel sıvı yağların formüle edilmesi ile üretilir. Bu yağlar, soya veya soya ve palm veya pamuk tohumu yağıdır. Genellikle şortening için sıvı yağların hidrojenasyonu az seçici koşullar (düşük sıcaklık ve/veya yüksek basınç) da yapılır. Plastik şorteninglerin hidrojenasyonu stabilite ve plastisite aralığında bir uzlaşma sağlar. Pratikte, istenen stabiliteyi elde etmek için hafif seçici koşullar kullanılır ve reaksiyon düşük bir katı yağ içeriğinde durdurulur. Düşük yüzdeli β' katı yağ yüksek sıcaklıklarda istenen kütleyi sağlamak için eklenir. Bu karışım metodu, tamamen seçici olmayan hidrojenasyona göre daha kararlı şortening üretimi sağlar. Dolgu yağı, hidrojene soya yağı karışımıdır. Tamamen hidrojene bitkisel şorteningler bazen, hem hayvansal ve bitkisel katı yağların hem de hidrojene bitkisel ve sıvı bitkisel yağların karışımı olan karışık–bileşik şorteninglerden ayrılır. Pek çok

hayvansal–bitkisel genel amaçlı ürünler ABD’de bitkisel sıvı yağların ve pamuk tohumu, palm veya don yağından türetilen katı yağın az miktarda (%35–60) don yağına ilave edilmesiyle üretilir. Bileşik şorteningler ayrıca %80 kadar interesterifiye domuz yağı ile de formüle edilir (Chrysam ve ark., 1985). Fırıncılık ve kaplama amaçlı kullanılan şorteninglerin üretimi endüstriyel margarinler gibidir. Genelde, plastik şorteningler renksizdir. Çünkü ürün geleneksel şortening olan domuz yağıyla bazı benzerliklere sahip olmalıdır (Hoffman, 1989).

Tamamı bitkisel milföy (puff–pastry) karışımı genellikle pamuk tohumu katı yağı ile sıvı yağının harmanlanmasından elde edilir. Pasta (pay–pie) şorteningi özellikle hidrojene palm yağı ile sıvı soya yağının %2 civarında katı yağ ile karışımıdır. Palm yağı ilk olarak aktif nikel katalizörlüğünde hidrojene edilir ve bunu takiben sülfüre nikel katalizörlüğünde ikinci bir hidrojenasyona bırakılır ki bu *trans* yağ asidi miktarını maksimuma çıkarır. Fırıncılık margarinleri ve sulu faz içeren diğer şorteningler, genellikle standart margarin ekipmanında üretilirler. Büyük bir karıştırıcı kristalizasyon süresini hızlandırmak için kullanılır. Kolay kırılır, çalışılmaz ürünle sonuçlanan pakette kristalleşmeyi minimuma indirir (Chrysam ve ark., 1985; Andersen ve Williams, 1965).

1.1.1.2.Dökülebilir–akışkan (pourable–liquid) şorteningler

Dökülebilir–akışkan şorteningler terimi sıvı bir yağ içinde yüksek erime noktalı emülsifiye edicilerin veya tercihen β eğilimli katı yağların dağıldığı bir katıyı içeren tüm akışkan süspansiyonları kapsar. Bu tip ürünler, kolay işleme ve ölçüm sağlar ve Avrupa’da cips ve kızartılmış ürünlerin hazırlanmasında önemlidir. Akışkan şorteningler, fırıncılık ürünlerinin endüstriyel üretimi için, ticari büyük katı yağ sistemleri olarak Avrupa’da kullanılmaz (Klimes, 1990). Bunlar sadece yağlayıcılardır ve/veya ürünlerin yüzeyinde belirgin bir parlaklık sağlamak için

kullanılır, ayrıca derin kızartma (deep-frying) gibi bazı gıda üretim (suyun uzaklaştırılması) işlemlerinde, sıklıkla ısı transfer ortamı olarak kullanılır (Hoffman, 1989). Tipik kızartma yağı formülü, 20°C sıcaklıkta %1–4 arasında doymuş katı yağ miktarına sahip olacak şekilde tasarlanır (Klimes, 1990).

1.1.1.3.Sıvı (fluid) şorteningler

Sıvı şorteningler, sıvı yağda katı yağın ve/veya emülsifiye edicilerle akışkan süspansiyonudur. Sıvı yağ, bitmiş şorteningde ihtiyaç duyulan oksidatif stabiliteye bağlı olarak hidrojene edilmemiş, az hidrojene veya az hidrojene veya vinterize edilmiş olabilir. Katı seviyesi genellikle %2–10 arasında değişir (Chrysam ve ark., 1985). Sıvı şorteningler pompalarla transferi mümkün kılan β modifikasyon da düşük bir seviyede süspanse (asılı) katı yağ kristallerini içerir. Gerekli olan katı yağ içeriği sıvı yağa %80'den daha fazla C₁₈ yağ asiti zinciri veya β formunda katı yağ fraksiyonu (stearinler) içeren yüksek oranda doyurulmuş (hidrojene) katı yağ ilavesiyle üretilir (Hoffmann, 1989). Katı fraksiyon olarak, genellikle IS (İyot Sayısı) <10 olan hidrojene soya yağı kullanılır. Kızartma ve gıda kaplama uygulamalarında kullanılan sıvı şorteningler içindeki tek katı, katı yağdır ve sıklıkla renk ve aroma maddeleri ilave edilir (Chrysam ve ark., 1985). Sıvı yağ fazı, eğer tekrarlanan ısı transferi (derin kızartma)'nde kullanılacaksa; sıvı şorteninge kompozisyonel olarak benzer olmalıdır (Hoffmann, 1989). Sıvı şorteningler 18,33–32,22°C (65–90°F) civarında sıcaklıkta stabil olacak şekilde üretilir (Chrysam ve ark., 1985).

Kristalizasyon, kütlenin homojenizasyonu ile birlikte β modifikasyonu oluşturmak için aşama aşama sıcaklığın düşürülmesi ile yapılır (Hoffmann, 1990). Sıvı şorteningler $\leq 15\mu$ stabil sert katı yağ ve/veya emülsifiye edicinin β kristallerini oluşturmak için işlenir. Bu eritilmiş katı yağın büyük β kristalleri oluşturmak için aşamalı bir soğutmayı takip eden homojenizatör veya koloidal bir mil (öğütücü) gibi

bir alet ile mekaniksel çırpma sayesinde başarılıdır. Eğer eritilmiş şortening düz yüzey ısı değiştirici kullanılarak 29,44–32,22°C (85–90° F) sıcaklığa soğutuluyorsa ve sonra karıştırıcılı kristalizatöre besleniyorsa kristal stabilizasyonu sağlanana kadar birkaç gün karıştırarak veya karıştırmadan burada tutulmalıdır (Chrysam ve ark., 1985).

Hem sıvı hem de akışkan şorteningler, bazı kesin kompozisyonel limitlere sahiptir. abuk soğutma ve yavaş kristalizasyon, şorteninglerin kutulara doldurulmasından önce diğer bir farktır (Hoffmann, 1989). Sıvı şorteninglerin avantajı, otomatik sistemlerde, işleme, yayılma ve birleşme kolaylığının olmasıdır (Chrysam ve ark., 1985). Ana kullanım alanları, ekmek ve silindir yağlayıcılıktır. Eğer, uygun emülsifiye edici (örneğin %10–12 propilenglikol stearat) ilavesiyle zenginleştirilmişse; sıvı şorteningler kek imalatında uygulanabilir olduğu için daha fazla katı yağ ilave edilmeksizin kullanılabilir (Hoffmann, 1989).

1.1.1.4.Tozlaştırılmış (dry-powdered-solid) şorteningler

Kuru şorteningler sprey kristalize veya sprey kurutma ile tozlaştırılmış katı yağlar, genellikle “hazır karışım” ürünlerini hazırlamak için karışımlarda kullanılırlar (Klimes, 1990). Kuru şorteningler, kuru karışımlar hazırlanmasında onların yapılarına yakın olduğu için kullanılır. Eğer, orjinali farklı, suda çözünür katı yağ olmayan bileşenler ise sıklıkla sprey kurutulan plastik katı yağı yüksek oranda içerir (Hoffman, 1989). Kuru katı şorteningler birleşme kolaylığı için, bazen kek karışımları hazırlamada kullanılırlar. Bu şorteningler çeşitli yollarla tozlaştırılabilirler. Normalde, katı yağ emülsiyonlarının yağı alınmış süt, mısır şurubu katısı, veya sodyum kazeinat gibi bir taşıyıcıyla sprey kurutucuda kurutulmasıyla üretilirler. Emülsifiye ediciler katı yağa ilave edilebilir. Ayrıca; mikrokristalin selüloz, topaklanmayı önleyici (encapsulant) olarak suda çözünür proteinlerle birlikte kullanılmalıdır. %80 katı yağ ile jelatinize nişastanın mekanik karıştırılmasıyla hazırlanan bir şortening

tanımlanmıştır (Chrysam ve ark., 1985). Erime noktası 36–44°C sıcaklık aralığında olan soya yağı ve balık yağı ve erime noktası 40–46°C sıcaklık olan sertleştirilmiş palm yağı tipik toz yağlardır (Klimes, 1990). Kek karışımlarında, soya, pamuk tohumu veya yer fıstığı proteiniyle sarılmış şorteningin fonksiyonelliği sodyum kazeinatla hazırlanmış şorteningten daha iyi bulunmuştur. Nispeten sert katı yağ karışımları (harmanları), bir taşıyıcı yardımı olmaksızın da tozlaştırılabilir. Bu spreyci soğutulmuş katı yağla veya öğütme işlemiyle takip eden soğuk bir silindir üzerinde katıyağın katılaştırılmasıyla yapılabilir. Sürekli bir proses, sıvı damlacıkların soğuk silindir üzerine spreyleneceği (püskürtülmesi) ile soğutma ve öğütme ihtiyacını düşürebilir (Chrysam ve ark., 1985).

1.1.2.Özel Kullanım Alanlarına Göre Şorteningler

1.1.2.1.Fırıncılık şorteningleri

Yüksek oranda sıvı kek şorteningleri, laktile edilmiş monogliseritleri ve monodigliseritleri hidrojene sıvı soya yağında içerirler. Bu kekin yumuşaklığının, nemliliğini ve tüm kalitesinin artırılmasını sağlar. Bazı özel fırıncılık ürünleri, milföy, endüstriyel kekler, ekmek, kurabiyeler (bisküviler), krakerler ve ev yapımı için kuru kek karışımları gibi çok özellikli ve özel ürünlerdir ve özel şorteninglere gereksinim duyulur. Akışkan bir şortening 15,55–32,22°C (60-90 °F) sıcaklıkta pompalanabilir ve akışkan olan sürekli bir sıvı yağ içinde uygun polimorfik formda katıların stabil dağılımıdır. Katılar, stearinler ve emülsifiye edicilerden oluşturulmuş katkı maddelerinden türetilmiştir. Stearinler düşük iyot sayıları ve yüksek erime noktaları ile tanımlanır. Emülsifiye ediciler kabarma, nişasta kompleksi oluşturma ve hamur tavlama veya makinede işlenebilme fonksiyonel özellikleri sağlar (Paulicka, 1990).

1.1.2.2.Kek ve pasta şorteningleri

Plastik şorteninglerin büyük bir bölümü kek ve pasta üretiminde kullanılan katı yağlar olarak gösterilir. Hamur ve kullanılan karıştırma ekipmanlarına bağlı olarak katı yağların erime noktaları 32–42°C sıcaklık arasında değişir. Tipik bir Avrupa standardı şortening, erime noktası 35–38°C sıcaklıkta ve katı yağ miktarı 20°C sıcaklıkta %20–35'e kayar. Tipik düşük erime noktalı şortening, palm yağı, katılaştırılmış balık veya don yağının sıvı veya hidrojene bitkisel yumuşak yağ ile karışımını içerir. Orta erime noktalı ürünler palm ve hidrojene balık veya don yağının palm ve orta erimli hidrojene soya veya kolza yağının ve genişletmek gerekirse, interesterifiye domuz yağının karışımıdır. Katı yağ karışımları küçük miktarlarda, pişirme yağlarının plastikliğini iyileştirmek için yumuşak sıvı yağ da içerir (Klimes, 1990).

Katı yağ içermeyen fonksiyonel bir sıvı kek şorteningi sıvı yağdan ve propilen glikol mono esterden hazırlanabilir. Kristalleşme engelleyici olarak emülsifiye edicilerin ve serbest yağ asitlerinin sıvı yağda berrak bir solüsyonunun oluşturulmasıyla üretilir (Chrysam ve ark., 1985).

1.1.2.3.Genel amaçlı şorteningler

Ürünün pişirme performansını ve tatmin edici kızarma kalitesinin gözlendiği katı yağlar genel amaçlı yağlar olarak sınıflandırılmıştır. Bileşiminde katılaştırılmış bitkisel yağlar, yer fıstığı, palm yağı, palm olein, don yağı ve hatta orta erime oranına sahip hidrojene balık yağı bulunur (Klimes, 1990).

1.1.2.4.Milföy şorteningleri

Tipik milföy yağları, yuvarlatılırken sıvı yağlıktan ve yumuşaklıktan uzak stabil kristal yapı ve yeterli genişlemeye izin veren ortam sıcaklığında sert, mumsu bir kıvamdadır (Chrysam ve ark., 1985). Katılaştırılmış palm yağı, katılaştırılmış balık yağı ve katılaştırılmış don yağı veya sığır eti stearininden yapılmış, β' stabilize katı stoğun tipik bileşenleridir. Katılaştırılmış deniz ürünü oleinler, eğer mümkün ise, mumluluğu arttırır (Klimes, 1990). Su varlığında milföy şorteningi %80–90 katı yağ içeriğine sahiptir (Hoffman, 1989).

1.1.2.5.Kremleştirme (icing-creaming) şorteningleri

Yumuşak, esnek, dondurma ve krem dolgular için kullanılan katı yağlarda, çabuk erime karakteristiği ve mükemmel köpürme özelliklerinin olması beklenir. Bu yüzden, bu yağ sistemleri β' meyilli olmalıdır ve katı yağ miktarı eğrisi oldukça dik olmalıdır. Karışımlar, tercihen palm yağı, katılaştırılmış palm yağı veya palm oleinler ve orta erimeli katılaştırılmış balık yağının laurik yağlarla kombinasyonundan yapılır. Tipik kremleştirme şorteningleri 30–34°C sıcaklıkta erime noktasına sahiptir ve 20°C sıcaklıkta katı yağ içeriği %18–25 civarındadır. Geleneksel yüksek standartlı dolguların hazırlanmasında kullanılan şorteningler erime noktası 30°C sıcaklığa yaklaşan sertleştirilmiş yer fıstığı yağıdır (Klimes, 1990).

1.3.Şortening Üretimi

Genel olarak yağların %95–99 gibi tamamına yakın bir kısmını oluşturan trigliseritler, yapısında yer aldıkları yağın fiziksel, kimyasal ve fizyolojik özelliklerini belirleyen başlıca unsurlardır. Bu nedenle, yağların normal oda sıcaklığında sıvı ya da katı olmaları gibi fiziksel niteliklerini belirleyici en önemli etken de yine yağları oluşturan trigliserilerin bileşimleridir. Bileşenleri yönünden incelendiğinde, herhangi bir trigliserit molekülünün üç değerlikli bir alkol olan gliserin ile değişik zincir uzunluğu ve yapısındaki yağ asitlerinin esterleşme ürünleri olduğu görülür. Esas yapı taşı olan gliserin, bir trigliserit molekülünde, molekülün ağırlıkça sadece %4–6'sını oluşturmaktadır ve yağ asitleri ise %94–96'sını oluşturmaktadır (Kayahan, 2002).

Yağ asitlerinde fiziksel özelliklerini belirleyen zincir uzunluğu, doymuşluk-doymamışlık derecesi ve geometrik izomerizasyondur. Doymamış yağ asitlerinde geometrik izomeriye bağlı olarak çıkan en yaygın izomeri şekli, *cis-trans* dönüşümüdür. Yapısında buldukları yağların erime noktaları üzerine önemli ölçüde etki ederler ve *trans* formalar *cis* formlara göre 20–30°C sıcaklıktan daha yüksek bir sıcaklıkta erirler (Kayahan, 1998). Sıvı yağların sertleştirilmesi ile elde edilen katı yağın erime noktası vücut sıcaklığının altında olması fizyolojik bir zorunluluktur. Bu nedenle, hidrojenasyon işlemi ile sıvı yağlar hiçbir zaman sıfır iyot sayısına sahip olacak şekilde doyurulmazlar (Kayahan, 2002). Şortening ana maddelerinin (base-stock) üretiminde sıvı bitkisel yağlar 80 iyot sayısına hidrojene edilerek hazırlanır. Katı yağ içeriğini azaltmak için sıvı yağ ilavesi yapılır. Tamamiyle hidrojenlenmiş katı stok %10–12 ilave edilir. 33–40°C sıcaklıkta katı yağ içeriği değerleri yükseltilir (Shurtleff ve Aoyagi, 2004). Hidrojenasyon tekniği yağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini oldukça değiştiren bir yöntemdir ve yemeklik olarak kullanılacak katı yağların üretiminde doyurma işleminin kısmi olarak uygulanması sonucu, kalan doymamış bileşenlerin büyük ölçüde *trans* forma dönüşmesine neden olur (Kayahan, 2002).

Modern tesislerde, şorteninge %10–15 hava veya nitrojen gibi inert bir gaz verilir. Bu gazın, hızlı yayılımı ve ayrıca opaklığı sağlayan iyi kristalizasyon gereklidir. Çırpma %50 hacim artışı ile sonuçlanır ve opaklık nitrojen gazının hacmi dolayısıyla %33 ise yüksek basınç altında birleştirilir. Gaz ilavesi yüksek basınç itici pompa ve yapılandırma valfi kullanımıyla başarılabilir. Bu son iki eleman son kristalizatör veya dinlendirme tüpünden önceki şorteningin havalandırılması için kullanılabilir. Çırpma halinde nitrojen gazı yüksek basınç altında itici pompa ve soğutucuya girmeden önce ilave edilir. Tüm durumlarda valf soğutulmuş kristalize kütlelerin basıncı 19,74–49,35 atm (20–50 bar)'dan paketlemede 0,987 atm(1 bar)'a düşürülür. Yapılandırma valfi yerine küçük hacimli yüksek hızlı (900 rpm) bağlayıcı silindirde bağlayıcı rotorlu kristalizatör basıncı düşürmek için kullanılabilir ve yarı katı yağ karışımından nitrojeni uzaklaştırır. Şortening üretimi modern margarin üretimiyle aynıdır. Ancak dolunun nasıl yapılacağına göre paketleme işlemi seçilir (Hoffmann, 1989).

Şorteningler ve margarinler arasındaki temel fark margarinler genellikle %20 süt veya benzer sulu faz içerirken şortening, genellikle %100 yağ içerir. Bunun % 25–29'u doymuş yağdır, geri kalanını doymamış yağ asitleri oluşturur. Çoğu %3–5 sert katı yağların (genellikle iyot sayısı yaklaşık 1–8'e tamamen hidrojenlenmiş palm veya pamuk yağı) yaklaşık 220°C (425°F) sıcaklıkta ve 10 pound basınçta (Shurtleff ve Aoyagi, 2004) yaklaşık 75 iyot sayısına hidrojenlenmiş soya yağı içerikli bir soya yağı şortening bazı (temeli) ile karıştırılarak yapılır. Bu karışım daha sonra katı yağın sürekli iç soğutucu silindirler üzerinde katılaştırıldığı ve üzerinden kazındığı küçük kapalı sisteme pompalanır. Akışkan katı yağ 16–18°C sıcaklığa hızlı bir şekilde soğutulur ve küçük kristaller oluşur. Hızlı bir şekilde soğutulmuş akışkan karışım soğutmaksızın daha büyük kristallerin oluştuğu ikinci bölüme alınır. Şortening paketlenir ve uygun kristal yapısını vermek için 1–3 gün 27°C sıcaklıkta kıvamlandırmaya bırakılır (Shurtleff ve Aoyagi, 2004). Tamamen hidrojenlenmiş sıvı yağlardan oluşan tüm hidrojene shorteningler, genelde fırıncılık ürünlerinde kullanılır. Sıvı şorteningler, kolay ölçüm ve doymuş yağ oranını düşürmek için çok yeni geliştirilmiştir. Sıvı şorteningler, hidrojene veya hidrojene olmayan sıvı bitkisel

yağda %2–20 katı yağ içeren kararlı bileşimlerdir (Herzing, 1996; Andre ve Going, 1957; Holman ve Quimby, 1950; Mitchell, 1950). Yüksek katı madde içeriği gerektirmeyen fırıncılık ürünlerinde kullanılırlar (Shurtleff ve Aoyagi, 2004).

Yağların erime ve donma noktalarına etki eden diğer bir faktörde yağ asitlerinin yağı oluşturan trigliserit molekülü üzerinde yerleşim yerleri yönünden gösterdikleri dağılımdır. Özellikle β formunda yerleştiğinde trigliserit molekülünün özelliklerini belirleyici rol oynar. Aynı yağ asidinin trigliserit molekülünde farklı yerleşim yerine sahip olması yanında, oluşan trigliseritlerin birbirleri içinde çözünme düzeyleri ve konsantrasyonları da yağların erime noktalarına önemli ölçüde etki etmektedir. Bunun yanında, tüm uzun zincirli organik bileşiklerde olduğu gibi, trigliseritlerin kristalize olurken gösterdikleri polimorfik niteliklerde, yağların fiziksel özelliklerini, özellikle de değişik sıcaklıklarda gösterecekleri davranış ve formlarını belirler. Ancak günümüzde *trans* yağ asidi içermeyen katı yağ üretmek üzere yağların sıfır ya da 1–2 iyot sayısına kadar doyurulması ve daha sonra elde edilen sert katı yağın sıvı yağlarla inter-esterifikasyon (radikal göçü) tepkimelerine sokularak beslenme koşullarına uygun nitelikte yağ üretimi gerçekleştirilebilir. Buna karşın diğer modifikasyon yöntemlerinden fraksiyone kristalizasyon tekniğinde, yağlar hiçbir kimyasal işlemde geçirilmeden içerdiği trigliseritlerin erime veya donma noktaları farkından yararlanılarak iki veya daha fazla fraksiyona ayrıştırılır. Günümüzde inter-esterifikasyon tekniği ile kombine kullanılır (Kayahan, 2002).

Sortening üretiminde kanola, pamuk, mısır, palm, soya, ayçiçek yağları kullanılmaktadır. Yağ rafinasyonu sırasında uygulanan vinterizasyon işlemi sırasında soğukta kristalleşerek bulanık bir görüntü veren yüksek erime noktalı doymuş trigliseritlerin uzaklaştırılması amacıyla fraksiyone kristalizasyon işlemi uygulanır. Kısaca soğutulup kristalleşen doymuş trigliseritlerin basınçsız filtrasyonla ayrıştırma işlemi olan vinterizasyondan çıkan filtre keki yani doymuş trigliseritler çoğunlukla ticari pişirme yağlarının veya margarinlerin üretiminde kullanılır (Gümüskesen, 1999).

Yemeklik katı yağ üretiminde ise hidrojenasyon ve interesterifikasyon teknikleri uygulanmaktadır (Yıldız, 1996). Şortening üretiminde genellikle kısmi hidrojenasyon tekniği ile üretilmiş yağlar kullanılmaktadır (Gümüşkesen, 1999). Fraksiyone kristalizasyon ve vinterizasyon işlemlerinden çıkan yüksek erime noktasına sahip doymuş trigliseritler kısmi hidrojenasyon veya kimyasal ya da enzimatik interesterifikasyonla istenilen yapı oluşacak şekilde modifiye edilir. Kısmi hidrojenasyon işlemi tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin *cis* formdan *trans* forma dönüşmesine neden olmaktadır. İnteresterifikasyon tekniği sıfır *trans* içerikli şortening üretiminde kullanılmaktadır (Kayahan, 2002; Gümüşkesen, 1999). Hidrojenasyon işlemi karbon zincirinde çift bağ bulduran yağ asitlerini içeren bitkisel sıvı yağların belirli koşullar altında ve katalizör varlığında çift bağlarının hidrojen atomuyla kimyasal olarak doyurulması işlemidir. İnteresterifikasyon tekniği ise; gliseridlerde asit köklerinin yer değişimi ile istenen fiziksel özellikte yağ üretimini mümkün kılan bir tepkimedir (Gümüşkesen, 1999). Kimyasal ve enzimatik olmak üzere iki yolla gerçekleştirilebilir. Sanayi tipi margarin üretiminde erime noktaları yüksek olan (54–65°C) doymuş trigliseritlerce zengin (SSS) katı yağlar (yani fraksiyone kristalizasyon ve vinterizasyondan çıkan yağlar) kullanılır. İnteresterifikasyon reaksiyonunun önemi, reaksiyona giren yağın yağ asitleri kompozisyonunun değişmeden yağ asitlerinin triaçilgliserol molekülü üzerinde *trans* yağ asitleri oluşmadan yeniden düzenlenmesini sağlayarak yağın erime noktası, değişik sıcaklıklardaki katı yağ içeriği, kristalizasyon ve rekristalizasyon gibi önemli fizikokimyasal özelliklerini değiştirmesindedir (Yıldız, 1996).

Trans yağ asidi içerik ve miktarını mümkün olduğu kadar sıfıra yaklaştıran, kimyasal hidrojenasyon prosesinin düşük *trans* yağ asidi miktarına sahip kısmi hidrojene katı yağ üretimi için modifikasyonu, bitki türleri ve genetik mühendisliği tekniklerinin yağ asidi kompozisyonlarını değiştirerek yağlı tohumların üretimi, tropik yağaların (palm, palm çekirdeği, hindistan cevizi gibi)ve tropikal yağların fraksiyonlarının kullanımı, karışık katı yağların interesterifikasyonu kısmi hidrojenasyona alternatif olarak geliştirilen teknikler olarak sıralanabilir (Tarrago-Triani ve ark., 2006).

1.4. *Trans* İzomerlerin Yapısı ve Kimyası

İzomer yapılar organik bileşiklere özgü bir özellik olup, bu durumu kısaca aynı kapalı formülle gösterilebilmelerine karşın, bileşiklerin düzlem veya üçlü boyutta farklı molekül yapılarına sahip olması şeklinde tanımlamak mümkündür. Tüm organik bileşikler gibi, yağ asitlerinde de fiziksel ve kimyasal özellik farklılıklarına neden olan tüm izomeri şekilleri söz konusudur. Bu nedenle yağ asitlerinde belirlenen izomeri şekillerini yerel (pozisyon) ve uzay (geometrik) izomeri olarak iki grupta incelemek gerekmektedir (Kayahan, 2002, Kayahan, 2003).

Geometrik izomerizm, çift bağlar etrafındaki karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna göre şekillenen bir izomerizm şeklidir. Doymamış yağ asitlerinde, çift bağlar etrafındaki karbon atomlarına bağlı hidrojen atomlarının konfigürasyonuna bağlı olarak *cis* ve *trans* konfigürasyonlu iki geometrik izomer bulunur (Nas ve ark., 1998).

Hidrojen atomları karbon zincirinin aynı tarafında ise *cis* izomerler, aksi yönlerde ise *trans* izomerler oluşmaktadır (Şekil 1.4.1). Pozisyon izomerizm ise molekül içinde çift bağların yer değiştirmesini ifade etmektedir (Mensink ve Katan, 1990).



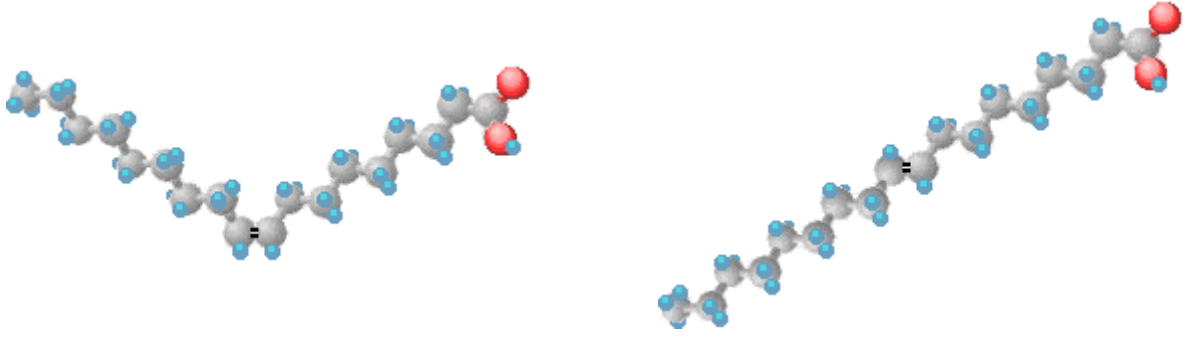
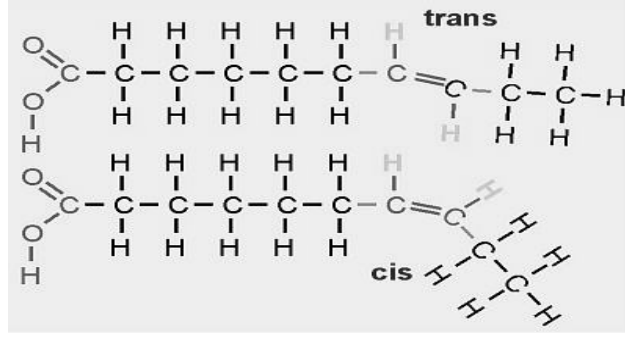
konfigürasyonu konfigürasyonu

Şekil 1.4.1.Geometrik izomer formları kesiti

Trans konfigürasyonu *t* harfi ile belirtilir. Bu harf (*t*), yağ asidinin karboksil ucundan itibaren sayılmak üzere çift bağın moleküldeki pozisyonunu göstermektedir. *Cis* izomeri ise *c* harfi ile sembolize edilmektedir. Buna göre, 18:1 *9t*, elaidik asite

(*trans*- Δ -9-oktadesenoik asite) karşılık gelmektedir. 18:1 9c ise oleik asitin (*cis*- Δ -9-oktadesenoik asit) *cis* formunu göstermektedir (Larque ve ark., 2001).

Cis formu molekülde bir bükülmeye yol açarken, *trans* formu doymuş yağ asitlerinin düz zincirine benzerlik göstermektedir (Şekil 1.4.2). *Trans* yağ asitlerinin çift bağ açısı *cis* izomer konfigürasyonundan daha küçük, açıl zinciri daha doğrusaldır. Böylece aynı sayıda karbon, hidrojen ve oksijen atomlarına sahip olan iki izomer farklı üç boyutlu yapılara sahip olmaktadır. Bu durum, farklı fiziksel özelliklere sahip (örneğin erime noktası ve termodinamik stabilitesi daha yüksek) daha sert bir molekül oluşumuna yol açmaktadır (Larque ve ark., 2001). Örneğin; oleik asit (*cis*-C_{18:1} *n*-9) ve elaidik asit (*trans*-C_{18:1} *n*-9) geometrik izomerlerdir. Her iki molekülde de 18 karbon atomu, 34 hidrojen atomu, 2 oksijen atomu ve (*n*-9) pozisyonunda bir tek çift bağ bulunmaktadır. Oleik asitin erime noktası 13°C, elaidik asitin 44°C sıcaklıkta ve C₁₈ serisinden doymuş bir yağ asidi olan stearik asitin (C_{18:0}) erime noktası ise 70°C sıcaklıktadır. Bu oldukça yüksek erime noktası, *trans* izomerlerini yarı-katı yağlar ve margarin/shortening üretimi için cazip hale getirmektedir (Kayahan, 1998).



cis-9-oktadekenoik asit (Oleik asit)

trans-9-oktadekenoik asit (Elaidik asit)

Şekil 1.4.2. *Cis* ve *trans* formdaki yağ asiti zincirleri

Trans yağ asitleri çok eski çağlardan bu yana insan beslenmesinde yer almaktadır. Çünkü inek ve koyun gibi geviş getiren hayvanların sütlerinde ve yağlarında az miktarlarda mevcuttur. Buna karşılık, *trans* yağ asidi içeriği yüksek yağların büyük çaplı ticari üretimleri, gelişen margarin endüstrisi ile birlikte başlamıştır. Margarinler ve shorteningleler genelde kısmi hidrojenasyon yöntemleriyle elde edilen bitkisel yağlardan üretilmektedir. Hidrojenasyon işlemleri süresince, doymamış yağ asitlerinin *trans* izomerleri meydana gelmektedir. Oluşan *trans* yağ asitlerinin büyük bir bölümünü de *trans* C_{18:1} oluşturmaktadır. Kısmi hidrojenasyon ile elde olunan yağlardaki *trans* izomerleri günümüz insan beslenmesinin bir unsuru haline gelmiştir.

Doymuş ve *trans* yağ asitlerinin insan sağlığı ve beslenme üzerindeki etkileri tartışmalara yol açan konulardır. Çeşitli bilimsel çalışmalarda, *trans* izomerlerinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin bulunduğu belirtilmektedir.

Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization (FAO–WHO) (1993), tüketimde *trans* izomer miktarlarının düşürülmesi için gıda ve yağ endüstrilerinde üretilen ürünlerde *trans* izomer oluşumunu engelleyici veya düşürücü uygulamaların yapılmasına yönelik önerilerde bulunmaktadır. FDA (2004), 1 Ocak 2006'dan itibaren bütün gıda maddeleri etiketlerinde *trans* yağ asidi içeriğine ait bilgilerin bulundurulmasıyla ilgili kriterleri açıklamıştır. Bu kriterler gıda ve yağ endüstrisinde büyük etkilerde bulunabilecektir.

Yağları işlevsellik ve oksidasyona dayanıklılık açısından geliştirmek için hidrojenasyon tekniği haricinde interesterifikasyon, fraksiyonizasyon ve çeşitli kombinasyonlar yapma gibi farklı yağ modifikasyon teknikleri de uygulanmaktadır. Dünya çapında üretilen yağın yaklaşık olarak %10'u interesterifikasyon/fraksiyonizasyonla üretilirken, üçte birinin hidrojenasyona tabi tutulduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca, adı geçen ilk iki tekniğin gelecekte daha çok kullanım alanı bulacağı tahmin edilmektedir (Haumann, 1994). Toplum sağlığının önemini kavrayan ülkelerde, *trans* yağ asidi içermeyen veya çok düşük düzeylerde içeren margarin ve shortening formülasyonları geliştirilmekte, bu tip ürünlerin üretim ve tüketimi her geçen gün yaygınlaşmaktadır (Gürcan, 2002). Bir çok gelişmiş ülkede yağ endüstrileri, *trans* izomer ve doymuş yağ asidi içeriklerini azaltacak çeşitli proses ve formülasyon stratejileri geliştirmekte olup bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

Cis-trans izomerinin en önemli özelliği *trans* yağ asitlerinin *cis* formlara kıyasla daha yüksek (25–30°C) bir sıcaklıkta erimeleridir. Bu nedenle bir kısım biyokimya ve beslenme alanındaki uzmanlar *trans* yağ asitlerinin, beslenme fizyolojisi ve kalp damar hastalıkları açısından doymuş yağ asitleri gibi olumsuz etkilere sahip olduklarını savunmaktadırlar (Valenzuela ve Morgado, 1999; Hunter, 2005). Bu konuda diğer bir husus ise, sıvı yağların katılaştırılması sırasında uygulanan hidrojenasyon işleminin işlem koşulları ve kullanılan katalizöre bağlı olarak *cis* formdaki yağ asitlerinin (kimi araştırmacılara göre *cis* yağ asitlerinin 3'te

2'si kadarı) *trans* yağ asitlerine dönüşecek şekilde bir denge oluşmaktadır. Bu nedenle elaidizasyon denilen bu teknik uzun yıllar kullanılmıştır (Kayahan, 1998).

Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Bakanlığı (FDA) *trans* yağ asitlerinin sağlık riski olduğunu kabuletmiştir ve yeni gıda etiketleme standartları önermiştir. Bu yeni etiketleme standartları henüz oluşturamamışlardır. Temmuz 2002'de FDA panelinde *trans* yağ asitlerinin en üst güvenlik limitlerini düşürmüştür, ama günlük diyetle alımını mümkün olduğu kadar en düşük miktarlara düşürülmesini ileri sürmüştür. Temmuz 2003'te FDA sonunda *trans* yağ asitleri için yeni etiketleme kuralları ihtiyacını ilan etmiştir. *Trans* yağ asitleri için güvenlik limitlerini beyan etmemiştir, bilimsel panelde *trans* yağ asitlerinin herhangi bir miktarının bile kötü olduğunu belirtmişler. Yeni etiketleme ihtiyacının *trans* yağ asitlerinin miktarını gıda firmalarının belirtmesi (doymuş yağ asitlerinde olduğu gibi) tüm işlenmiş gıdalarda 2006'dan önce yapılamayacağını belirtmiştir. Bu gecikme gıda firmalarına işlenmiş ürünlerine *trans* yağ asitleri içeriğini düşürecek yeni formüller bulmaları için bir şans vermiştir.

Tüketici sağlığını yakından ilgilendiren *trans* yağ asitlerinin çeşitli ürünlerde içeriklerinin belirlenmesi aslında bir zorunluluktur. FAO-WHO (1993), tüketimde *trans* izomer miktarlarının düşürülmesi için gıda ve yağ endüstrilerinde üretilen ürünlerde *trans* izomer oluşumunu engelleyici veya düşürücü uygulamaların yapılmasına yönelik tavsiyelerde bulunmaktadır. FDA (2004), 1 Ocak 2006'dan itibaren bütün gıda maddeleri etiketlerinde *trans* yağ asidi içeriğine ait bilgilerin bulundurulmasıyla ilgili kriterleri açıklamıştır. Ülkemizde özellikle kısmi hidrojenasyon tekniği ile üretilmiş yağları içeren ürünlerin *trans* yağ asiti tip ve miktarlarının belirlendiği çalışmaların yapılması, bu yağ asitlerin oluşumunun azaltılması veya önlenmesine yönelik uygulamalara ve yasal limitlerin oluşturulmasına yol gösterecektir.

Birçok araştırmacı özellikle de kısmi hidrojenasyon tekniği kullanılarak üretilen yağları içeren ürünlerin yağ asiti bileşimlerini ve *trans* yağ asiti içeriklerini

araştırarak ÷lkelerine ait verilerin oluşturulmasında katkıda bulunmuşlardır. ÷lkemizde de bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmakta olup benzer katkılar sağlanmaktadır. Diğer taraftan, bu çeşit araştırmalar ilgili standartların hazırlanmasında fayda getirecektir. Bu çalışma ile ÷lkemizde üretilen bazı shorteninglerin yağ asiti bileşimlerinin ve *trans* yağ asiti içeriklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.LİTERATÜR BİLGİSİ

Trans yağ asitleri yalnızca geviş getiren hayvanların rumenlerinde bulunan flora aracılığı ile oluşmakta ve dolayısıyla bu hayvanların yağlarının bileşimlerinde doğal olarak düşük miktarlarda bulunmaktadır (Smith ve ark., 1978). Çoklu doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonu inek, koyun ve diğer ruminantların rumenlerinde de gerçekleşmektedir. Ruminantlar tarafından tüketilen yağlardaki ester bağları mikrobiyal lipazlar tarafından katalizlenen reaksiyon ile hidroliz edilir. Bu oluşum doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonu için gereklidir. Rumende doymamış yağ asitlerinin biyohidrojenasyonundan çoğunlukla bakteriler sorumludur. Oksijensiz ortamda, bakteriler yağ asitlerinin çift bağlarını metabolizma sırasında üretilen hidrojen için akseptör olarak kullanır. Bu işlem, doymamış yağ asitlerinin doymasına ve *trans* yağ asitlerinin oluşumuna yol açmaktadır (Sanders, 1988). Dolayısıyla bu hayvanların et ve sütlerindeki yağların yağ asiti bileşimlerinde yer almaktadır (Kayahan, 2002). Ruminant hayvanların etlerinde *trans* yağ asiti oranı %1–11 arasında değişmektedir (Steinhart ve Pfalzgraf, 1994). Sağdıç ve ark. (2004)'nın yaptığı çalışmada, keçi, koyun ve inek sütlerinden üretilmiş tereyağlarında %0,11–0,26 arasında değişen oranlarda *trans* yağ asiti belirlenmiştir. Precht ve ark. (1999) süt yağlarında *trans* yağ asiti varlığını tespit ederken, yüksek sıcaklık uygulamalarının *trans* yağ asiti miktarlarında artışlara neden olduğunu bildirmektedir.

Bitkisel dokulardaki doymamış yağ asitleri *cis* formda olup çift bağlar genellikle *n-3*, *n-6* ve/veya *n-9* pozisyonunda yer almaktadır. Buna karşılık bazı istisnalar da vardır. Palmitoleik asit, oleik asit ve çoklu doymamış yağ asitlerinin *trans* izomerleri çeşitli bitkilerin yapraklarında ve tohumlarında bulunmuştur. Ancak bitki yapraklarındaki yağ miktarları düşüktür. Yemelik yağ olarak kullanılmayan bitki tohumlarının bazılarının yağlarında yüksek miktarlarda *trans* yağ asiti bulunmasına karşın insan beslenmesinde hemen hemen hiç yer almadıklarından dolayı önemli bir etkileri söz konusu değildir. Bitkisel yağ kaynaklarından (yağlı

tohum ve yağlı meyveler) elde edilen ve yemeklik bitkisel yağ olarak kullanılan yağların yağ asiti bileşimlerinde yer alan yağ asitlerinin hemen hemen tamamı *cis* formdadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, bitkisel ham sıvı yağlarda ihmal edilebilir miktarlarda *trans* yağ asitlerinin bulunduğu ve bu yağların rafinasyonu sırasında özellikle de deodorizasyon/buhar distilasyonu aşaması sonrasında *trans* yağ asiti miktarlarında artışlar olduğu belirlenmiştir. Bu konudaki ilk çalışma 1970’li yılların başlarında Ackman ve ark. (1974) tarafından yapılmıştır. Çalışmada, endüstriyel rafinasyon şartlarında deodorizasyon aşamasında linoleik ve linolenik asitlerin geometrik izomerlerinin olduğu belirlenmiştir. Bu alanda çok sayıda çalışma 1990’lı yıllarda özellikle Wolff (1992, 1993-a, 1993-b, 1993-c, 1994) tarafından yapılmıştır.

Schwarz (2000), bitkisel ham sıvı yağlarda toplam *trans* yağ asiti miktarının %0,1–0,3 düzeylerinde olduğunu bildirmektedir. Ferrari ve ark. (1996) çalışmalarında, ham mısır, soya ve kolza yağlarında %0,1 düzeylerinde toplam *trans* yağ asitinin bulunduğunu belirlemişlerdir. Bruehl (1996), bitkisel sıvı ham yağlarda *trans* yağ asitlerinin bulunabileceğini ve miktarlarının toplam %0,05 düzeylerinde olduğunu bildirmektedir. Taşan ve Demirci (2003) tarafından yapılan çalışmada, ham ayçiçeği yağlarında düşük miktarlarda *trans* oleik ve *trans* linoleik asitlerin bulunduğu ve toplam *trans* yağ asiti miktarının %0,06’ya ulaştığı ifade edilmektedir. Türk Gıda Kodeksi yemeklik zeytinyağı hakkındaki tebliğde (Anon., 1998) kalite ve saflık kriterleri içerisinde naturel zeytinyağları için her bir *trans* yağ asiti limitleri verilmiştir.

Rafine sıvı yağlarda *trans* izomerler kısmi hidrojene edilmiş yağlardaki izomerlerden tip ve miktar bakımından farklıdır. Kısmi hidrojene yağlarda başlıca monoenoik *trans* yağ asitleri, rafine sıvı yağlarda ise daha çok di ve trienoik *trans* yağ asitleri bulunmaktadır (Duchateau ve ark., 1996).

Trans yağ asitleri varlığının belirlenmesi üzerine yapılan ilk çalışmalarda hayvansal yağlar ve kısmi hidrojene yağ içeren ürünler üzerinde duruluyordu. Ancak

son yıllarda yapılan çalışmalarda, bitkisel sıvı yağların rafinasyonu sırasında deodorizasyon/buhar distilasyonu aşaması sonrasında *trans* yağ asiti oluşumu belirlenmiştir. Deodorizasyon/buhar distilasyon aşamalarının yüksek sıcaklık uygulamalarından dolayı yağ asiti bileşimlerine etkili olduğunu ve doymamış yağ asitlerinde geometrik izomerizm olayının söz konusu olduğunu belirlemiştir (Kellens, 1997; Henon ve ark., 1999; Medina ve ark., 2000; Kemeny ve ark., 2001; Taşan ve Demirci, 2003). Rafinasyon tekniklerinde deodorizasyon/buhar distilasyonu aşamasında uygulanan sıcaklık ve süresi, basınç miktarı ve kullanılan buhar oranı *trans* yağ asiti oluşumunda önemli etkilere sahiptir (Wolff, 1993-b, Kemeny ve ark., 2001).

Trans izomerlerin oluşumunun deodorizasyon sıcaklık ve süresine bağlı olduğunu, yüksek sıcaklık ve sürenin uzun olmasının toplam *trans* izomerlerinin %3,5'ten fazla olmasına neden olduğu bildirilmiştir (Wolf, 1993-a).

Trans izomerlerin teşekkülünün deodorizasyon/buhar distilasyon aşaması sıcaklık ve süresine bağlı olduğunu bildiren Wolff (1993-a), yüksek sıcaklıkta ve uzun sürede gerçekleştirilen deodorizasyon işlemleri sonucu elde edilen sıvı yağlarda %3,5'ten fazla toplam *trans* izomerleri olduğunu bildirmektedir. Ferrari ve ark. (1996) çalışmalarında, rafine mısır, soya ve kolza yağlarında sırasıyla %1,5, %4,6 ve %2,4 düzeylerinde toplam *trans* yağ asiti belirlemişlerdir. Medina ve ark. (2000), fiziksel ve kimyasal rafinasyon işlemleri uygulanmış rafine yağlarda %0,90–2,93 arasında toplam *trans* yağ asitleri belirlemişlerdir. Fiziksel rafinasyon tekniğinde buhar-distilasyon aşamasında kimyasal rafinasyon tekniğine göre daha yüksek sıcaklık uygulanmasından dolayı fiziksel rafinasyon ürünü ayçiçeği yağlarında *trans* yağ asiti içeriği yüksektir (Taşan ve Demirci, 2003).

Ohlson ve Svensson (1976)'nın kolza ve soya yağının *trans* yağ asiti içeriklerine degumming aşamasında kullanılan asitlerin etkilerini inceledikleri çalışmalarında deodorizasyon çıkışı soya yağında %2,0–3,7 ve kolza yağında ise %2,0–2,8 arasında değişen *trans* yağ asiti içeriği saptanmıştır.

Bruggen ve ark. (1998) *trans* yağ asitlerinin, yüksek oranda, hayvan yağları veya kısmi hidrojenasyon sırasında oluştuğunu; ancak, rafinasyon sırasında düşük miktarlarda *trans* yağ asitleri oluştuğuna işaret etmiştir. Rafinasyon sırasında oluşan *trans* yağ asitleri %2'nin altındadır ve trienoik yağ asitlerinde isomerizasyon dienoik yağ asitlerine göre daha kolay olduğundan (rafinasyonda monoenoik yağ asitlerinde izomerizasyon çok düşüktür) C_{18:3} *trans* yağ asiti oluşumu daha fazla saptanmıştır.

Rafine kolza yağında ve soya yağında deodorizasyon etkilerinin araştırıldığı çalışmada; kolza yağında %1,3–2,99 *trans*-C_{18:3}, %0,25–0,47 *trans*-C_{18:2} ve soya yağında ise %0,16–1,91 *trans*-C_{18:3}, %0,10–1,04 *trans*-C_{18:2} yağ asitleri tespit edilmiştir (Wolf, 1992).

Bazı rafine bitkisel sıvı yağlar ile kızartma yağlarının *trans* yağ asiti içeriklerinin araştırıldığı bir çalışmada *trans* yağ asiti miktarının %1,1–3,5 olarak belirlenmiştir (Matsui ve ark, 1989).

Almanya, İngiltere ve Belçika'da satılan rafine kolza, soya ve bunların karışımları olan yağların yağ asiti kompozisyonları ve *trans* yağ asiti içerikleri incelendiğinde rafine soya yağında %0,06 *trans*-C_{18:1}, %0,65–0,91 *trans*-C_{18:2}, %1,08–1,65 *trans*-C_{18:3}, rafine kolza yağlarında %0,05–0,09 *trans*-C_{18:1}, %0,12–0,59 *trans*-C_{18:2}, %0,91–2,74 *trans*-C_{18:3}, bu yağların karışımlarında ise %0,05–0,06 *trans*-C_{18:1}, %0,31–0,35 *trans*-C_{18:2}, %1,56–1,84 *trans*-C_{18:3} tespit edilmiştir (Wolff, 1993-c).

Bruehl (1996) ham yağa sıcaklık işlemlerinin özellikle deodorizasyon sahasında çok yoğun buhar işlemi uygulanmasının ve proses işlemleri süresince uygun olmayan işlemlerin rafine çıkışı, yağın *trans* yağ asiti miktarının çok yüksek oranda artmasına neden olduğunu bildirmiştir.

Rafine yağlarda (deodorizasyon veya buhar distilasyonu) *trans* izomerleri kısmi hidrojenize edilmiş yağlardaki izomerlerden tip ve miktar bakımında farklı olduğu ifade edilmiş, deodorizasyon çıkışı yağlarda mono, di ve trienoik izomer miktarlarının %1–3 civarında meydana geldiği belirtilmiştir (Duchateau ve ark, 1996).

Pamuk tohumu, soya, ayçiçeği ve zeytinyağında *trans* çoklu doymamış yağ asitlerinin deodorizasyon süresince uygulanan yüksek sıcaklıktan dolayı meydana geldiği ifade edilmiştir (Grob ve ark, 1996).

Bitkisel sıvı yağlarda ise yağ asitleri *cis* formda bulunur. Çok az miktarda diğer bir ifade ile ihmal edilebilir düzeylerde *trans* yağ asiti olabilir. Bu oluşumun sebepleri ise yüksek sıcaklık ve basınç uygulamalarıdır. Asıl *trans* yağ asiti kaynağı ise kısmi hidrojenasyon işlemine maruz kalmış olan yağlardır (Kayahan, 2002).

Bitkisel yağlara ve bazı ülkelerde de balık yağlarına uygulanan hidrojenasyon işlemi o yağın kimyasal, fiziksel ve duyuşal özelliklerini değiştirerek çeşitli ürünlerin üretiminde kullanılmaya elverişli hale getirmektedir. Hidrojenasyon koşullarına (sıcaklık, karıştırma hızı, hidrojenasyon basıncı, katalist tipi ve konsantrasyonu) bağlı olarak üç tip reaksiyon meydana gelebilmektedir. Hidrojen, *cis*-karbon-karbon çift bağına ilave edilip hidrojen ile doymuş hale getirilebilir. Örneğin; linoleik (*cis,cis*-C_{18:2n-6}) veya α -linolenik (*cis,cis,cis*-C_{18:3n-3}) asitlerin tam hidrojenasyonu stearik asiti (C_{18:0}) vermektedir. Böylece hiç çift bağ kalmamaktadır. Alternatif olarak, *cis* formu hidrojen almadan *trans* formuna izomerize olabilir. İlave olarak, çift bağın yağ asiti molekülü boyunca hareketiyle pozisyon (yerel) izomerleri oluşabilir. Bu son iki işlem hidrojenasyon değil izomerizasyon olarak isimlendirilmelidir. Sıvı yağ daha katı bir ürüne dönüşmüş olsa da yağ asiti molekülüne hiç hidrojen katılmamaktadır. Bu nedenle, bitkisel yağ endüstrisinde geniş bir kullanım alanı olan bitkisel yağların kısmi hidrojenasyonu ile yağ asitlerinin kompleks bir karışımı elde edilir (Şekil 2.1). Kısmi hidrojenasyonda kullanılan yağların yağ asiti bileşimleri ve yağa uygulanan hidrojenasyon koşulları kısmi

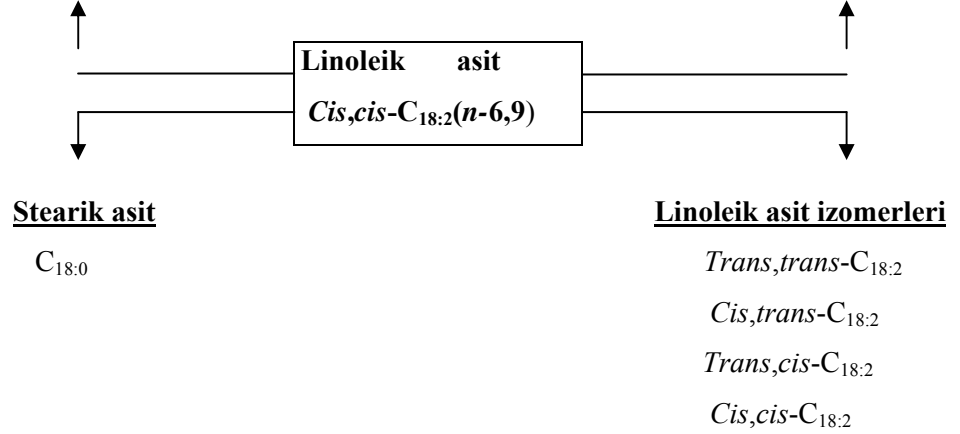
hidrojenize ürünün nihai kompozisyonunu belirlemektedir. Kısmi hidrojenize bitkisel yağlarda *trans*-C_{18:1} en fazla bulunan yağ asididir. Buna rağmen oleik asit (*cis*-C_{18:1}*n*-9)'in pozisyonel *cis* izomerleri de oluşur. Herhangi bir doymamış yağ asidinin verebileceği *cis* ve *trans* izomeri form adedi, asidin içerdiği çift bağ sayısına bağlı olarak artış göstermektedir. Örneğin bir yağ asidindeki çift bağ sayısı (n) ve bu asidin oluşturacağı toplam izomer sayısı (N) ise, oluşacak *trans* ve *cis* izomer toplamı $N=2^n$ eşitliğinden yararlanılarak hesaplanabilir. Bu durumda oleik asit bir adet çift bağ içermesinden dolayı *trans* ve *cis* form olarak, yalnızca iki izomer verirken, iki çift bağ içeren linoleik asit, toplam 4 adet izomer form oluşturur (Kayahan, 2003).

Cis-tekli doymamış yağ asitleri

Cis-C_{18:1}(*n*-7/Δ11)
Cis-C_{18:1}(*n*-8/Δ10)
Cis-C_{18:1}(*n*-9/Δ9)
(Oleik asit)
Cis-C_{18:1}(*n*-10/Δ8)
Cis-C_{18:1}(*n*-11/Δ7)

Trans-tekli doymamış yağ asitleri

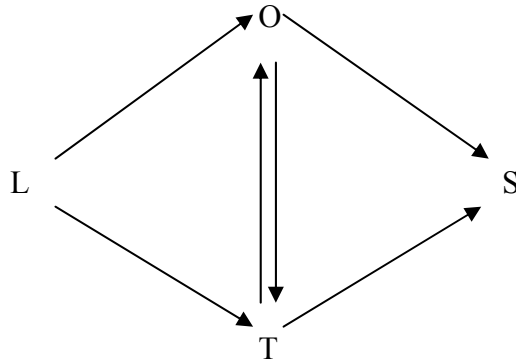
Trans-C_{18:1}(*n*-7/Δ11)
Trans-C_{18:1}(*n*-8/Δ10)
Trans-C_{18:1}(*n*-9/Δ9)
(Elaidik asit)
Trans-C_{18:1}(*n*-10/Δ8)
Trans-C_{18:1}(*n*-11/Δ7)



Şekil 2.1. Linoleik asitin hidrojenasyonunda linoleik asitin geometrik ve pozisyonel izomerlerinin, elaidik ve pozisyonel izomerlerinin, oleik asit ve pozisyonel izomerlerinin ve stearik asitin oluşumu (Mensink ve Katan, 1990)

Hidrojenasyon sırasında doymamış yağ asitlerinin reaksiyona girme oranları da birbirinden farklılık göstermektedir. Yağ asitlerinin reaksiyona girme oranları reaksiyon koşullarına bağlı olarak (sıcaklık, hidrojen basıncı, katalist konsantrasyonu) değişmektedir (Taşan ve Dağlıoğlu, 2005). Selektif hidrojenasyon sırasında, üç bağlı

linolenik asit, iki çift bağlı linoleik asitten önce, linoleik asitse tek çift bağlı oleik asitten önce hidrojenasyona uğramaktadır. Bu teknik ile doymamış yağ asitleri istenilen oranda doyurulup, erime noktalarının vücut sıcaklığının altında olması sağlanır. Selektif hidrojenasyon tekniği ile katı yağ üretiminde *trans* yağ asiti oluşmaktadır. Oluşan *trans* izomerlerin erime noktaları *cis* izomerlere göre daha yüksek olduğundan son ürünün fiziksel ve kimyasal özellikleri etkilenmektedir (Yıldız, 1996). *Trans* izomer oluşumu sıcaklık, karıştırma hızı, hidrojen basıncı ve katalist konsantrasyonu (reaksiyon parametreleri)na bağlı olarak değişim gösterir (Taşan ve Dağlıoğlu, 2005). Ayrıca kullanılan katalist tipinin de reaksiyonu ve ürünün kompozisyonunu etkilediği belirtilmiştir. Hidrojenasyon sırasında doymamış yağ asitlerinin *cis* ve *trans* izomerlere dönüşüm kinetiğinin modeli aşağıda verilmiştir. Burada L= linoleik asit($C_{18:2}$), O= oleik asit($C_{18:1}$), *t*= *trans* (oleik ve linoleik) asit ve S= stearik asit ($C_{18:0}$) olarak tanımlanmıştır (Krishnaiah ve Sarkar, 1990).



Şekil 2.2. Dönüşüm Kinetiği Modeli

Margarinlerin *trans* yağ asidi içerikleri margarin çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Margarindeki *trans* yağ asidi oranını margarin formülasyonunda yer alan kısmi hidrojenize yağ oranı ve bu yağın *trans* yağ asidi içeriği belirlemektedir. Kısmi hidrojenize bitkisel yağları yüksek oranda içeren sert tip margarinlerin *trans* yağ asidi içerikleri yumuşak tip margarinlerden oldukça yüksek düzeylerde-dir. Yumuşak margarinler daha az miktarda kısmi hidrojenize bitkisel yağ içermektedir. Hidrojenasyona alternatif olarak interesterifikasyon, fraksiyonizasyon ve çeşitli

kombinasyonlar yapma gibi farklı yağ modifikasyon teknikleri kullanmak suretiyle üretilen yağlar da yumuşak margarin formülasyonlarında yer almaktadır. Kısmi hidrojenize yağlardan üretilen erime noktası yüksek olan sert tip margarinler ve şorteninglerin *trans* yağ asidi içerikleri oldukça yüksektir. Sert tip margarinlerdeki *trans* yağ asiti miktarları yaklaşık olarak %10–35 arasında değişmektedir (Mansour ve Sinclair, 1993; Kafatos ve ark., 1994; Emken, 1995; Henninger ve Ulberth, 1996). Ülkemizde üretilen sert tip margarinlerde *trans* yağ asiti bu değerlere yakındır (Arıcı ve ark.,2002; Tekin ve ark., 2002). Diğer taraftan ülkemize ait yumuşak tip margarinlerin *trans* yağ asiti içerikleri %0,8–8,9 arasında değişmektedir (Arıcı ve ark., 2002).

Balık yağları çeşitli ülkelerde geleneksel olarak margarin üretiminin önemli bir hammaddesi olmuştur. Ancak günümüzde kısmi hidrojenize edilmiş balık yağlarının kullanımı İngiltere, Norveç ve Hollanda ile sınırlı kalmaktadır. Kısmi hidrojenasyon sırasında balık yağlarının karakteristik yağ asitleri olan eikosapentaenoik (EPA; C_{20:5} n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA; C_{22:6} n-3) kısmen doymuş hale gelirken *trans* formları da oluşmaktadır (Mensink ve Katan, 1990; Larque ve ark., 2001).

Karabulut ve ark. (2003) soya yağının hidrojenasyonu sırasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişimleri gözlemek için yaptıkları çalışmada, C_{18:3} ve C_{18:2}'den başlayarak hidrojenlendirme yapılarak C_{18:1}'e doyurulmuştur. Çok seçici koşullarda yüksek seçicilik oranına sahip katalist kullanımı ile daha düşük *trans* yağ asitleri oluşumu sağlanmıştır.

Yeni Zellanda'da sıvı yağ, margarin ve yağ karışımlarının *trans* yağ asiti içeriklerinin incelendiği bir çalışmada sıvı yağlarda toplam *trans* yağ asiti içeriklerinin %1'den daha az olduğu tespit edilmiştir (Ball ve ark, 1993).

Tsanev ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada, Bulgaristan'da tüketilen 4 çeşit ithal margarinin yağ asiti kompozisyonu incelenmiş ve bu sonuçlar

Alman lisanslı Bulgaristan margarin verileriyle karşılaştırılmıştır. Toplam oleik ve linoleik asitin *trans* izomer içeriği sırasıyla %1,9–8,0, ve %0,4–1,4 arasında değiştiği saptanmıştır.

En çok satan 109 Kanada margarininin incelenmiş olduğu çalışmada tüp margarinlerin (toplam 79 adet) ortalama toplam *trans* yağ asiti içeriği %18,8 (g/100 g yağ asiti) olarak saptanmış ve içeriğin %0,9–46,4 arasında değiştiği belirtilmiştir (Ratnayake ve ark.,1998).

Fransız margarinleri üzerine yapılan bir başka çalışma da dört yıl önce margarinlerin bünyesinde bulunan *trans* C_{18:1} miktarı %13,0 iken son zamanlarda Hollanda ve Amerika’da *trans* yağ asitlerinin insan sağlığına etkilerinin incelenmesi sonucu Fransız üreticilerin bu miktarı düşürmesine neden olmuştur (Bayard ve Wolff, 1995).

Yağlı meyve kaynaklı margarinlerden 4 örnek, yağ asiti içerikleri bakımından incelenmiş ve bu margarinlerin çoğunun %10’dan daha fazla *trans* yağ asiti içerdiği bulunmuştur (Katan, 1995).

Alonso ve ark. (2002), Frouier spektroskopik dönüşüm prosedürünü uygulayarak, toplam *trans* yağ asiti içeriklerini belirlemek amacıyla 34 marka İspanyol yemeklik katı yağı (22’si shortening ve 12’si bitkisel margarin olmak üzere) inceledikleri araştırmada; hamur işleri, sandviçler, dondurma, çikolata kaplamaları, fast food ürünleri hazırlama vesairede, kullanılan İspanyol shorteninglerini temsil eden grupta % 54’ten fazlasının %3’ten daha az *trans* yağ asiti içerdiği saptanmıştır. *Trans*-C_{18:2} isomerlerinin ortalama miktarının %0,58 (%0,0–3,4 arasında değişim), *trans*-C_{18:3} izomerlerinin %0,3 olduğu bulunmuştur. 22 shorteningin 18’i *trans*-C_{18:3} içerirken en yüksek değer %2,0 olarak bulunmuştur. Kısmi fraksiyone doyurulmuş örneklerde *trans* yağ asiti miktarı %59,95 ± 12,73 iken; 2 örnekte değer %83,0’ten büyük olduğu saptanmıştır.

Smith ve ark. (1978)'nin yaptığı çalışmada $C_{4:0}$ 'dan $C_{24:0}$ 'a bilinen doymuş yağ asitlerini ve $C_{14:1}$, $C_{16:1}$, $C_{18:1}$ ve $C_{18:2}$ *cis* ve *trans* isomerlerini içeren bir karışım doğrulama için kullanılarak 5 margarin ve 5 tereyağı örneği incelenmiş; margarinlerin %34–53 monoenoik, dienoik, ve %0,2–2,9 trienoik yağ asitleri ve başlıca *trans*- $C_{18:1}$ %12,9–20,9 oranında içerdiği saptanmıştır. Tereyağı örneklerinde sonucun margarin örneklerinden daha az olduğu; %27,8 monoenoik, %4,1 dienoik, %1,3 trienoik ve *trans*- $C_{18:1}$ %1,8 olarak gözlenmiştir.

Wolff ve Sebedio (1991), Fransa'da 20 adet düşük kalorili sürülebilir margarin örneğini inceledikleri çalışmalarında, 20 örneğin 5'inde linolenik asiti \geq %2,3 ve ayrıca *trans*- $C_{18:3}$ isomerlerini ve doymuş yağ (%20–65 toplam) içerdiğini saptamışlardır. Yine bu çalışmada; $9c,12c,15t$ - $C_{18:3}$ %52,0–55,0; $9t,12c,15c$ - $C_{18:3}$ %41,0–42,0; $9c,12t,15c$ - $C_{18:3}$ %4,0–6,0 oranında içerdiği gözlenmiştir.

Schakel ve ark. (1999) çeşitli gıdaların $C_{16:1}$, $C_{18:1}$ ve $C_{18:2}$ *trans* formlarını hangi oranlarda içerdiklerini incelemiş oldukları çalışmada; şorteningler ve margarinlerin *trans* yağ asiti içeriklerinin hidrojenasyonda kullanılan bitkisel kaynaklı yağların *trans* içeriklerinden ve hidrojenasyon işleminden gelen *trans* yağ asiti içeriğine sahip oldukları sonucuna varılmıştır.

En sık rastlanan hidrojenasyondan kaynaklı *trans* yağ asiti, elaidik asittir ($C_{18:1}$ *n:9 trans*). Bisküvi ve krakerler, margarin, tereyağı ve dilimlenmiş ekmek, mayonez ve patates cipslerinin incelendiği diğer bir çalışmada, mayonez ve bitkisel sıvı yağla hazırlanmış patates cipsleri hariç tüm örneklerin *trans* yağ asidi içerdikleri saptanmıştır. Toplam katı yağ miktarı ıslak ağırlık yüzdesi ve elaidik asit seviyesi yedi grup gıdada: dilimlenmiş ekmekte %2,8 ve %8,2; bisküvide ve krakerlerde %12,3 ve %10,5; margarinde %71,0 ve %27,5, tereyağında %85,0 ve %4,63; mayonezde %32,0 ve %0; patates cipsinde %35 ve %0; cips ve peynir aromalı çubuklarda %38 ve %6,0; bitkisel sıvı yağlarda %100 ve %0 olduğu bulunmuştur (Tavella ve ark., 2000).

Caponio ve ark. (2003) iki farklı yolla hidrojenlenmiş 12 marka margarinini incelemiş oldukları çalışmalarında; hidrojenasyon çıkışlı margarinlerin fraksiyone yağlara göre daha fazla *trans* yağ asiti içerdiği saptanmıştır. *Trans* oleik asit içeriğinin %0,1–27,0 olduğu ve *trans* linoleik ve *trans* linolenik toplamının daha düşük ve küçük farklılıklar gösterdiği (%0,1–1,4) bulunmuştur.

Ratnayake ve ark. (1998)'nin yaptığı çalışmada, Kanada margarinlerinde kısmi hidrojene bitkisel yağlardan hazırlanan margarinlerin tamamında majör *trans* grupun beklendiği gibi C_{18:1} (%16,3–43,7 arasında, ortalama %34,3) olduğuna dikkat çekilmiştir.

Anwar ve ark. (2006)'nın Pakistan'da tüketilen sofralık ve pişirme margarinlerinde yaptıkları çalışmada, *trans* C_{18:1} yağ asidi %2,45–19,1 ve *trans* C_{18:2} yağ asidi %0,5–2,0 oranında tespit edilmiştir.

Chardigny ve ark. (1996)'nın Fransız bebek formüllerinde C_{18:1} yağ asitlerinin *trans* izomerlerinin miktarlarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında 20 toz bebek mamasını incelemiş, tüm örneklerin C_{18:1} *trans* izomerlerini içerdiği ve ortalama, toplam yağ asitlerinin %1,97±0,28 oranında içerdiği saptanmıştır.

Torres ve ark. (2002)'nin Portekiz marketlerinde satılan sürülebilir 17 marka katı yağların yağ asitleri kompozisyonunu inceledikleri çalışmada, toplam *trans* yağ asitleri miktarının ortalama %2,6 olduğu ve bunun %0,2–9,0 arasında değiştiği (17 markanın 9'u bu aralıkta ve sadece biri %6,0'dan daha fazla seviyede) gözlemlenmiştir. C_{18:1} *trans* yağ asidi %0,1–8,2 aralığında tespit edilmiştir. C_{18:2} *trans* yağ asiti %0,1–2,2; C_{18:3} *trans* yağ asidi ise %0,2–8,9 arasında değiştiği gözlemlenmiştir ve *trans* yağ asiti içeriği düşük markaların üretiminde çeşitli tropik bitki yağlarının örneğin, palm ve palm çekirdeği veya hindistan cevizi yağı gibi kısmi hidrojenasyon yerine tamamen hidrojene ve doğal halleri ile karışımından üretildiği belirtilmiştir.

Bayard ve Wolff (1995)'in 12 Fransız kutu margarin ve 3 endüstriyel shorteningte yaptıkları çalışmada; 4 marka margarinin *trans* C_{18:1} izomerlerini içermezken; birinin %2,0'dan daha az, diğer 7'sinin ise ortalama %13,5±3,6 *trans* C_{18:1} içerdiği gözlenmiştir. 3 shorteningten 2'sinin *trans* C_{18:1} miktarının %53,5 ve %62,5 olduğu belirtilmiştir.

Precht ve Molquentin (2000) Almanya'da ayçiçeği margarinleri ve shorteningleri ve yemeklik katı yağlarda *trans* C_{16:1}, C_{18:1}, C_{20:1}, C_{18:2}, C_{18:3}, yağ asitlerini inceledikleri bir çalışmada; margarinler için; sırasıyla %0,01; %4,88; %0,00; %0,45; %0,03 ve shorteningler için; sırasıyla %0,01; %5,02; %0,03; %0,70; %0,17 olarak bulunmuştur. 1994'te shorteningler için toplam *trans* içeriği %11,77, 1996'da %12,52 ve 1999'da %5,91'e düşüş göstermiştir.

Greyt ve ark. (1996), Belçika'lı diyetinde *trans* yağ asitleri dağılımını araştırdıkları bir çalışmada, Macaristan üretimi 7 margarinin %6,36 ortalama toplam *trans* yağ asiti içerdiğini, 3 marka Büyük Britanya üretimi markada ise *trans* yağ içeriğinin ortalama %14,06 olduğu gözlenmiştir.

Henninger ve Ulberth (1996)'in Avusturya'da yaptığı çalışmada diyet margarinlerin %1,0'dan daha fazla *trans* yağ asiti içerdiği; tub veya stick margarinlerin ise sırasıyla %15,7±5,8 ve %21,3±5,3 *trans* yağ asiti içerdiği saptanmıştır.

Zagarska ve Barejza (2001)'nin Polonya'da yaptıkları diğer bir çalışmada; cipsler, pastalar ve dondurma için yağ asitleri kompozisyonları incelendiğinde çalışılan 10 çeşit cipsin 6'sının %10'dan daha fazla (%10,3–17,3) diğer 4'ünün ise %0,5'ten daha az *trans* C_{18:1} içerdiği; keklerin ise %1,49–41,44 arasında değişim gösterdiği (4 marka kek %5,0'dan daha az) *trans* C_{18:1} içerdiği; dondurmaların 6 çeşitinin içermediği, 2 tipin %4,0, geri kalanının %11,3 ve %19,4 *trans* C_{18:1} içerdiği saptanmıştır.

Zagarska ve ark. (2005)'nin katı yağ karışımlarında yaptıkları çalışmada, *trans* C_{18:1} %1,9–24,2, *trans* C_{18:2} %0,3–1,1 olarak belirtilmiştir.

Alonso ve ark. (2002), İspanya'da 12 marka margarinin %0,15–20,21 *trans* oleik asit; %0,24–0,99 *trans* linoleik asit ve %0–0,4 *trans* linolenik asit içerdiğini belirtmiştir.

Precht ve Molquentin (1997), Almanya'da 123 bitkisel orjinli yemeklik katı yağ gaz kromatografisinde inceledikleri çalışmada, *trans* C_{18:1} ortalama %11,9 olarak saptanmıştır.

Block ve ark. (1994), Brezilya'da satılan endüstriyel seviyede kullanılan şorteningleri *trans* izomerler, fizikokimyasal özellikler, yağ asidi kompozisyonları bakımından incelemiş oldukları çalışmalarında, Brezilya'da şorteninglerin çoğunun soya yağının farklı hidrojenasyon seviyelerinde karışımları ile elde edildiğini; 19 şortening, 14 margarin ve 9 kahvaltılık margarin örneğinin çoğunun yüksek seviyede (%30) *trans* C_{18:1} yağ asiti içerdiğini ve bu örneklerin *trans* C_{18:1} içeriklerinin %0,0–62,0 aralığında değişim gösterdiği gözlenmiştir.

Par Cerisa ve ark. (1999)'nin İspanya'da en çok satılan endüstriyel fırıncılık ürünlerinden 15 örneği yağ asitleri bakımından inceledikleri çalışmada ortalama %5,7 *trans* C_{18:1} yağ asitine rastlanmıştır.

Ovesen ve ark. (1996), Danimarka'da 1992 ve 1995 yılları arasında 13 marka %20'den az linolenik asit içerikli margarin ve şorteningleri incelemiş oldukları çalışmalarında, *trans* C_{18:1} yağ asitleri sert margarinlerde %4,2±2,8 ve şorteninglerde ortalama %6,8±3,1 oranında bulunmuştur. 3 marka şorteningin ise *trans* yağ asiti içermediği gözlenmiştir. Danimarka piyasasındaki yemeklik–kahvaltılık margarinler çeşitli fast food restaurantlarında kullanılan kızartma yağlarında *trans* tekli doymamış yağ asiti içeriklerinin incelendiği bir başka çalışmada, sert margarinlerde *trans* C_{18:1}

içeriği %3,8 g/100g yağ asiti, yumuşak margarinlerde bu değer *trans* C_{18:1} %8,0 g/100g yağ asiti olarak tespit edilmiştir (Ovesen ve ark., 1998).

Sharp (2001), 20 endüstriyel bisküvi örneğini yağ orjinleri açısından incelediği çalışmada sadece bir markanın üretiminde hidrojene yağlar kullanıldığı ve sadece %6,5 oranında *trans* oleik asit içerdiğini belirtmiştir.

Vicaria ve ark. (2003), 39 marka İspanyol fırıncılık ürününü *trans* yağ içeriklerine özel önemle incelediği çalışmada baskın *trans* izomer olarak *t*-C_{18:1} ve ortalama %4,04 olduğunu belirtmiştir. Elde edilen değerlere bakılarak sadece birkaç örnekte ana yağ kaynağı olarak kısmi hidrojene bitkisel yağ kullanıldığı saptanmıştır.

Marekov ve ark. (2002), Bulgaristan marketlerinde 1995/2000 periyodunda satılan 68 sofralık margarin (50'si ithal), 10 kızartma katı yağ (6'sı ithal), 4 salata sosu (tamamı ithal) olmak üzere toplam 82 diyet yağı inceledikleri çalışmada; ithal sofralık margarinlerin toplam *trans* yağ asiti içeriği %0–26,9 (ortalama %8,6±7,2) ve Bulgar örnekler için toplam *trans* yağ asiti içeriği %1,6±3,4 olarak belirtilmektedir.

Anne sütündeki *trans* yağ asitleri beslenme sırasında alınan gıda maddelerinden kaynaklanmaktadır. Anne sütlerindeki *trans* yağ asitlerinin farklı miktarlarda ve çeşitlerde bulunmasına beslenmede yer alan gıdalardaki farklı *trans* yağ asiti miktarları ve çeşitleri neden olmaktadır. Özellikle kısmi hidrojenize edilmiş yağları içeren gıda maddelerinin etkisi söz konusudur. Genelde anne sütündeki *trans* yağ asiti içeriği toplam yağ asitlerinin yaklaşık olarak %2,0–5,0'ını oluşturmaktadır (Larque ve ark., 2001). Koletzko ve ark.(1988), Alman annelerinden laktasyonun 3. ve 4. aylarında alınan sütlerin yağ asiti bileşimlerinde toplam *trans* yağ asitinin %4,4 ve *trans* C_{18:1} miktarının %3,1 olduğunu belirtmiştir. Çalışmada, sütlerde 7 farklı *trans* yağ asitinin bulunduğu ve C_{14:1}, C_{16:1}, C_{20:1} ve C_{18:2} asitlerinin *trans* izomerlerininin %0,5'ten daha az olduğu ifade edilmektedir. Amerika'lı annelerin sütlerinde %2,8 oranında *trans* C_{18:1} bulunmuştur (Chappell ve ark., 1985). Toplam *trans* yağ asitleri, Kanada'lı annelerin sütlerinde %7,19 (Chen ve ark., 1995),

Nijeryalı annelerin sütünde ise %1,2 düzeyinde belirlenmiştir. Bu çalışmada, Nijeryalı annelerin kısmi hidrojene ve hayvansal yağ alımının düşük olduğu da bildirilmektedir (Koletzko ve ark., 1991).

Trans yağ asiti alım kaynağı sadece margarinler değildir. Kısmi hidrojenize yağlar kek, bisküvi, kurabiye, mayonez, cips, milföy hamuru, pizza, gofret ve benzeri birçok ürünün üretiminde ve derin yağda kızartılmış fast-food tipi gıdaların hazırlanmasında kullanılmaktadır. Bu ürünlerin yağ asitleri ve *trans* yağ asitleri içeriklerinde farklılıklar da söz konusu olmaktadır. Steinhart ve Pfalzgraf (1994), *trans* yağ asiti miktarlarını şortening, kek, cips, kızartılmış patateslerde sırasıyla %0,1–31,8, %0,0–15,5, %0,1–20,2, %5,8–32,8 olduğunu bildirmektedir.

Elios ve Innis (2002) hamilelerde *trans* yağ alımının hesaplanmasına dair yapılan çalışmalarında diyet enerjisinin %28'inin yağlardan alındığını dikkate alarak; ana yağ kaynakları ve bunların *trans* yağ asiti içeriklerini inceledikleri çalışmada, fırıncılık ürünlerinin %33,0, fast foodların %12,0, ekmek %10,0, çerezlerin %10,0 ve margarin/shorteningler %8,0 *trans* yağ asiti içerdiği saptanmıştır.

Fernandez (2000) 280 ticari İspanyol gıdanın yağ asitleri kompozisyonu incelemiş olduğu bir çalışmada kısmi hidrojene yağlarla hazırlanmış bazı gıdalarda saptanan *trans* yağ asitinin elaidik asit olduğu ve kızartma ya da pişirme prosesinden değil de hidrojenasyon kaynaklı *trans* oluşumu olduğunu belirtmiştir. İncelenen bazı gıdaların saptanan elaidik asit içerikleri: Fransız kızartması %16,0–27,0 (ortalama %20,9), mikrodalga popcorn %46,0, bisküvi ve sırasıyla %1,8 ve %4,6 gibi bir çeşitlilik göstermiştir. Ticari İspanyol fast foodların *trans* yağ asitleri ana kaynağının kısmi hidrojene bitkisel yağlar olduğuna dikkat çekilmiştir.

Enig ve ark. (1983)'nin yaptıkları bir çalışmada 7 marka bitkisel şorteningin C_{18:1} *trans* yağ asitini %8,7–35,4 arasında, C_{18:2} *trans* yağ asitlerini ise %1,9–4,4 arasında içerdikleri saptanmıştır. 8 adet ekmek ve yuvarlak ekmek de üretiminde

kullanılan bitkisel kısmi hidrojene yağlar sebebiyle incelenmiş ve %1,8–23,6 arasında değişen *trans* yağ içeriği saptanmıştır.

Arıcı ve ark. (2002)'nin Türk üretimi 10 yumuşak ve 13 sert margarini inceledikleri çalışmada, sert margarinlerin *trans* C_{18:1} yağ asitini %18,5–29,8; *trans* C_{18:2} %1,6–4,4 ve *trans* C_{18:3} sadece 3 markada %0,1 oranında içerdiği belirtilmiştir. Yumuşak margarinlerde ise *trans* C_{18:1} %0,7–8,1; *trans* C_{18:2} tüm çeşitlerde %0,1–1,5 ve *trans* C_{18:3} 2 markada %0,1 ve bir markada %0,2 oranında saptanmıştır.

Dağlıoğlu ve ark. (2000)'nin hidrojene yağlar kullanılarak hazırlanan yumuşak hamur işi böreklerinde (milföy) mikrodalga ve klasik pişirme yöntemleriyle oksidasyon stabilitesi ve yağ asiti kompozisyonu üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada *trans* C_{18:1} yağ asitinin %15,6–16,9 arasında değişim gösterdiği ve *trans* C_{18:2}'nin ise tüm örneklerde %0,9 değerinde olduğu belirlenmiştir.

Dağlıoğlu ve ark. (2000)'nin Türkiye'de üretilen bisküvilerde 4 firmanın 6 çeşit bisküvisinin incelendiği diğer bir araştırmada hepsinin birbirinden farklı % yağ içeriğine sahip oldukları ve farklı oranlarda *trans* C_{18:1}, *trans* C_{18:2} ve *trans* C_{18:3} içerdikleri gözlenmiştir. Bu farklılığın bisküvi tipi, firma farklılığı ve en çok da üretimde farklı şorteninglerin kullanılmasından kaynaklandığı sonucuna varılmıştır.

Ülkemize ait çeşitli ürünlerin *trans* yağ asiti içerikleri, bisküvi çeşitlerinde %1,0–30,5; gofret, mısır cipsi, kek, kraker, milföy hamuru ürünlerinde sırasıyla %21,8, %0,7, %4,6, %2,1, %2,1, %16,3 olduğu belirtilmiştir (Dağlıoğlu ve ark., 2002).

Brezilya üretimi kraker ve bisküvilerde; *trans* C_{18:1} %8,8–28,3, *trans* C_{18:2} %0,0–0,15, *trans* C_{18:3} %0,0–0,75 arasında değişen oranlarda tespit edilmiştir (Martin ve ark., 2005).

Brat ve Pokorny (2000)'nin Çekoslavakya marketlerinde satılan 20 margarin ve 9 pişirme yağlarında yapılan çalışmada *trans* monoenoik asitlerin (en önemli oktadekenoik asit-elaidik asit) 10 markada %1,0–2,0 arasında diğer markalarda ise maksimum %38,1'e varan değerler gösterdiği belirtilmiştir.

Wagner ve ark. (2000) Avusturya'da yaptıkları çalışmada yağ ve yağlı ürünleri incelemişler. Margarinlerde %0,3–3,7, ortalama %1,6; rafine bitkisel yağlarda % 0,0–0,8, ortalama %0,3; soğuk pres bitkisel yağlarda %0,0–0,1, ortalama %0,0; çerezlerde % 0,5–16,0, ortalama %2,9; fast-foodlarda %0,5–21,0, ortalama %5,9; sürülebilir çikolatalarda % 0,6–8,9, ortalama %4,9 olarak bulunmuştur. Ayrıca fast foodlarda kızartma ve ön kızartma uygulaması ve bunlarda kullanılan yağların önemine dikkat çekilmiş ve kızartma işleminin *trans* yağ asiti miktarını artırdığı ve hidrojene yağların kızartma işleminde kullanılmasının *trans* yağ asiti miktarı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir. Yine bu çalışmada çocukları ve gençlerin çok fazla tükettiği bu çerez, fast food ve çikolata ürünleri üreticilerine günlük *trans* yağ asiti alım miktarı fazla olacağından ürünlerinin *trans* yağ asiti içeriklerine dikkat edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Hışıl ve Oysu (1997)'nin yaptığı tereyağında *trans* yağ asitleri çalışmasında *trans*9-C_{14:1} %0,5220±0,19, *trans*9-C_{16:1} %1,1502±0,36, *trans*9-C_{18:1} %6,8367±4,33, *trans*11-C_{18:1} %2,5719±5,00, *trans*12-C_{18:1} %1,528±0,97, *trans*13 C_{18:1} %0,4504±0,39, *trans* 9,12,15 C_{18:3} %0,2577±0,03; toplam *trans* yağ asiti ortalama %13,3175±3,23 olarak bulunmuştur.

Wolff (1994) yaptığı çalışmasında, Avrupa halkının çoğunun *trans* yağ asiti alımının süt ve süt ürünlerinden olduğunu belirtmiştir. İnek sütü yağında %3,7±0,8, ette %1,9–5,0±0,8, keçi sütü ve koyun sütü yağında %2,7±0,9 olarak *trans* C_{18:1} bulunurken Fransız margarininde bu değer %13±7 olarak saptanmıştır.

Hayvansal yağlarda bulunan *trans* izomerlerin miktarları ve çeşitleri endüstriyel olarak kısmi hidrojenize edilmiş yağlar kadar farklılıklar göstermemektedir (Steinhart ve Pfalzgraf, 1994).

3.MATERYAL ve METOT

3.1.Materyal

Şortening örnekleri, ülkemizde faaliyet gösteren ve önemli üretim kapasitesine sahip 7 endüstriyel margarin üretim tesisinden 15 farklı marka olacak şekilde seçim yapılmıştır. Yaygın olarak bilinen markalardan oluşan bu örnekler, 2006 yılı Ocak-Mayıs periyodunda üç değişik zamanda alınmıştır. Çalışmada toplam 45 adet şortening örneği kullanılmıştır.

Alınan örnekler, 1 kg'lık paketlerde analiz uygulanıncaya kadar -18°C 'de muhafaza edilmiştir. Her bir marka (1, 2, 3, ...) şeklinde kodlanmıştır.

Her bir örnek üç kez analiz edilmiş olup sonuçlar her bir marka için üç analiz ortalaması şeklinde verilmiştir. Standart sapma ($\pm\text{SD},\%$) değerleri ise Ek 2'de yer almaktadır.

Yağ asiti metil esteri standartları Nu-Chek-Prep Inc.'den (Elysian, MN) temin edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Yağ Fazının Ayırıştırılması

Her bir örneğin yaklaşık 20 g'ı 50°C'de 20 dk. süre içerisinde eritilerek santrifüj yardımı ile yağ fazı ayırıştırılmıştır. Yağ fazı, susuz sodyum sülfat (NaSO₄) ile kurutulmuştur (Torres ve ark., 2002).

3.2.2. Yağ asiti Bileşimlerinin Belirlenmesi

İncelenen şortening örnekleri AOCS (1993)'nin Ce 2-66 nolu metotuna göre BF₃-metanol ile yağ asiti metil esterlerine dönüştürülmüştür (Anon., 1992). Yağ asiti metil esterleri gaz-likid kromatografisi cihazına 0,5 µl enjekte edilerek yağ asiti bileşimlerini gösteren kromatogramlar elde edilmiştir. Hewlett-Packard Chemstation 3365 ile donanmış olan gaz-likid kromatografisine ait özelliklerle, seçilen çalışma parametreleri aşağıda verilmiştir.

Gaz-Likid Kromatografisi: Hewlett-Packard 6890 Series II

Dedektör: Alev iyonizasyon dedektörü (FID)

Kolon: % 100 sianopropil polisiloksan ile kaplanmış, silika kapiler kolon (CP Sil 88, 50 m x 250 µm i.d., 0.20 µm film;

Chrompack, Middelburg, Hollanda)

Sıcaklıklar;

Dedektör: 250°C

Kolon: 177°C
Enjeksiyon bloku:250°C

Gazlar;

Taşıyıcı gaz, Helyum:1 ml/dk.

Hava: 400 ml/dk.

Hidrojen: 33 ml/dk.

Elde olunan pikler göreceli çıkış zamanlarına göre tanımlanmış, alanları ise integratör vasıtasıyla her yağ asidinin bütün içindeki oransal niceliği olarak hesaplanmıştır (Hışıl, 1988).

3.3. İstatistiksel analizler

Şortening markalarına ait sonuçların istatistikî analizlerinde SPSS bilgisayar paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmıştır. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Soysal, 1998).

4.ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

4.1.Şortening Örneklerinin Yağ Asiti Bileşimleri

Üç farklı zamanda 7 endüstriyel margarin üretim tesisinden alınan 15 marka şortening örneklerinin yağ asiti bileşimleri, toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri, tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri, toplam *trans* yağ asitleri Çizelge 4.1.1.'de verilmiştir.

İncelenen şortening örneklerinde toplam olarak 15 çeşit yağ asiti belirlenmiştir. Şortening örneklerinde *trans* yağ asiti varlığına rastlanmış olup bunlar toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}), toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}), toplam *trans* linolenik asit (C_{18:3}) ve toplam *trans* yağ asitleri şeklinde ifade edilmiştir. Birçok örnekte toplam *trans* linolenik asit (C_{18:3}) varlığı belirlenememiştir.

Şortening örneklerinin yağ asiti bileşimlerindeki palmitik (C_{16:0}) asit, stearik asit (C_{18:0}), *cis* oleik asit (C_{18:1}), *cis* linoleik asit (C_{18:2}), *cis* linolenik asit (C_{18:3}) ile her bir *trans* yağ asitlerine ayrı ayrı istatistiksel analizler uygulanmıştır.

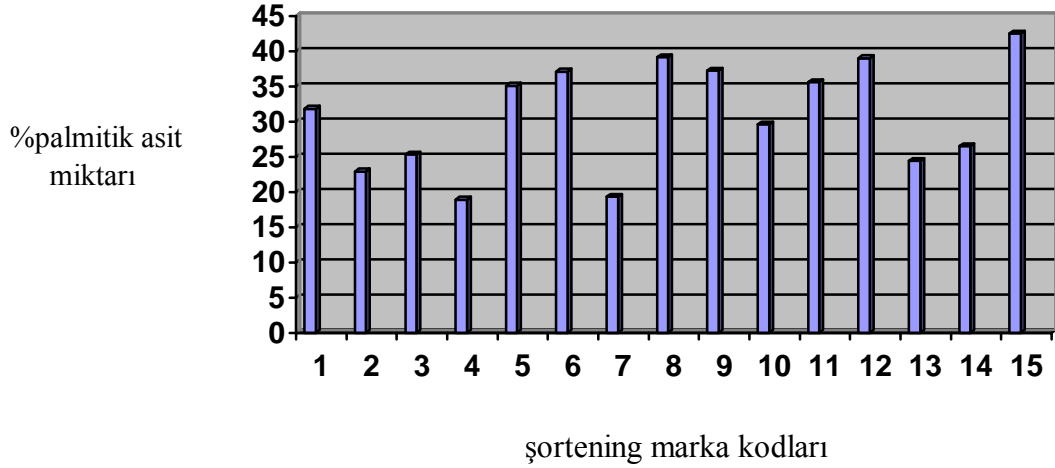
Çizelge 4.1.1. Şorteninglerin yağ asiti bileşimleri ile toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}), toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}), toplam *trans* linolenik asit (C_{18:3}) ve toplam *trans* yağ asitleri miktarları (%)

Yağ asitleri	Marka Kodları														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C _{10:0}	-	0,1	0,1	-	-	0,1	0,1	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-
C _{12:0}	0,5	0,3	0,5	0,4	0,4	0,2	0,4	0,2	0,6	0,3	0,6	0,9	0,4	0,2	0,5
C _{14:0}	0,7	0,5	0,6	0,6	0,9	0,7	0,5	0,6	0,9	0,5	1,0	1,2	0,8	0,6	0,9
C _{16:0}	31,8	22,9	25,3	18,9	35,1	37,1	19,3	39,1	37,2	29,6	35,6	39,0	24,4	26,5	42,5
C _{16:1 cis}	0,5	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,5	0,2	0,5
C _{18:0}	8,2	7,1	7,8	9,6	7,9	7,3	6,8	4,4	9,3	5,7	5,1	6,1	5,6	6,9	4,6
C _{18:1 cis}	19,9	31,7	32,4	28,3	30,3	26,8	30,1	38,6	36,2	34,1	36,4	17,8	28,5	35,2	39,0
C _{18:1 trans}	17,5	16,0	9,3	10,5	12,6	11,6	6,9	3,5	5,1	14,9	8,4	15,6	13,7	21,3	2,4
C _{18:2 cis}	16,5	18,4	20,4	29,2	9,2	12,7	33,8	11,9	7,8	11,4	10,4	14,3	23,5	5,6	8,7
C _{18:2 trans}	2,1	1,4	1,0	0,7	1,3	1,8	0,9	0,5	1,1	1,5	1,2	2,9	0,8	2,6	0,2
C _{18:3 cis}	1,2	0,8	1,4	0,9	1,2	0,7	0,6	0,4	0,8	0,9	0,5	1,0	0,7	0,2	0,3
C _{18:3 trans}	-	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	-	-	-	0,1
C _{20:0}	0,6	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4	0,3
C _{22:0}	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	-	0,4	0,3	0,3	-
C _{24:0}	0,2	-	-	0,2	0,2	-	-	-	0,1	0,2	-	0,1	0,2	-	-
toplam tekli doymamış yağ asitleri	37,9	48,0	42,1	39,2	43,3	38,7	37,3	42,4	41,7	49,3	45,0	33,8	42,7	56,7	41,9
toplam çoklu doymamış yağ asitleri	19,8	20,6	22,8	30,8	11,7	15,2	35,3	12,9	9,7	13,8	12,1	18,2	25,0	8,4	9,3
toplam doymamış yağ asitleri	57,7	68,6	64,9	70,0	55,0	53,9	72,6	55,3	51,4	63,1	57,1	52,0	67,7	65,1	51,2
toplam doymuş yağ asitleri	42,3	31,4	35,1	30,0	45,0	46,1	27,4	44,7	48,6	36,9	42,9	48,0	32,3	34,9	48,8
toplam <i>trans</i> yağ asitleri	19,6	17,4	10,3	11,2	13,9	13,4	7,8	4,1	6,2	16,4	9,6	18,5	14,5	23,9	2,7
toplam <i>trans</i> /toplam <i>cis</i>	0,51	0,34	0,19	0,19	0,34	0,33	0,12	0,08	0,14	0,35	0,20	0,55	0,27	0,58	0,05
toplam çoklu doymamış/toplam doymuş	0,47	0,65	0,65	1,03	0,26	0,33	1,29	0,29	0,20	0,37	0,28	0,38	0,77	0,24	0,19

4.2. Palmitik Asit (C_{16:0})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin palmitik asit (C_{16:0}) miktarlarına ait ortalamaların %18,9–42,5 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Palmitik asit (C_{16:0}) miktarı, en yüksek 15 no’lu markaya, en düşük 4 no’lu markaya ait şortening örneklerinde belirlenmiştir.

Şorteninglerin palmitik asit (C_{16:0}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri Şekil 4.2.1.’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2.1. Şorteninglerin palmitik asit (C_{16:0}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre 7 farklı endüstriyel margarin tesisine ait şorteninglerin palmitik asit miktarları arasında (Çizelge 4.2.1.) istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 4.2.1. Şortening markalarına ait palmitik asit (C_{16:0}) miktarları varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F
Markalar arası	14	2469,77	176,41	4410,31**
Hata	30	1,20	0,04	-
Genel	44	2470,97	-	-

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2.2. Şortening markalarına ait palmitik asit (C_{16:0}) miktarlarının Duncan testi sonuçları (P<0,01)

Şortening marka kodları	Ortalamalar (%)	Gruplar
4	18,9	a
7	19,3	a
2	22,9	ab
13	24,4	b
3	25,3	b
14	26,5	bc
10	29,6	cd
1	31,8	d
5	35,1	e
11	35,6	e
6	37,1	ef
9	37,2	ef
12	39,0	f
8	39,1	f
15	42,5	g

Çizelge 4.2.2. incelendiğinde, farklı margarin firmalarından alınan şorteninglerin, palmitik asit (C_{16:0}) miktarları bakımından 7 farklı grup oluşturdukları görülmektedir.

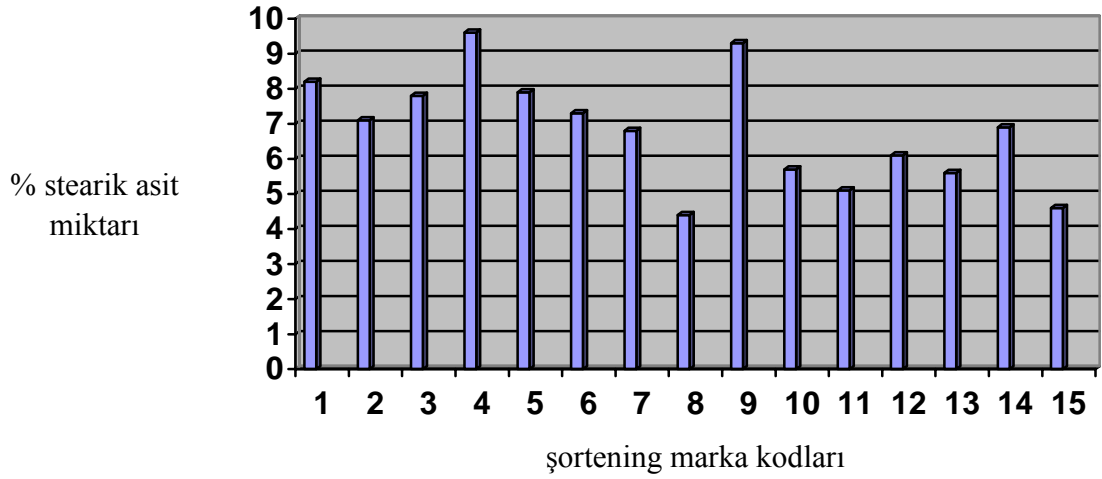
Mensink ve Katan (1993)'ın yaptıkları çalışmada farklı seviyelerde hidrojene edilmiş soya yağında 11g/100g yağ asiti olarak tespit edilmiştir. Torres ve ark. (2002) sürülebilir Portekiz yağlarında %11,9–37,7 oranında palmitik asit (C_{16:0}) miktarı saptamışlardır. Tavella ve ark. (2000) yaptıkları diğer bir çalışmada ise, margarinlerde palmitik asit %12,74–14,41; %2,7–38,0 arasında değişen miktarlarda yağ içeren kraker, bisküvi, dilimlenmiş ekmek, patates cipsi vs. gibi gıda ürünlerinde ise palmitik asit (C_{16:0}) miktarının %7,05–25,26 arasında değiştiği belirlenmiştir. Smith ve ark. (1978) beş farklı margarin örneğini inceledikleri çalışmalarında ise palmitik asit (C_{16:0}) içeriğinin %12,1–19,2 arasında değişen miktarlarda belirlemişlerdir. Caponio ve ark.(2003) çalışmalarında 12 farklı margarin örneğinde %18,6–50,3 oranında değişen miktarlarda palmitik asit (C_{16:0}) içeriği belirlenmiştir. Ovesen ve ark. (1996) Danimarka margarinleri ve şorteninglerinde yaptıkları çalışmalarında farklı margarinlerde ortalama

palmitik asit (C_{16:0}) miktarı %12,5–25,4 arasında farklılık gösterirken, şortening ürünlerinde ise %0–13,7 (43 adet örnekte ortalama %6,8) oranında palmitik asit (C_{16:0}) içerdikleri gözlenmiştir. Enig ve ark. (1983) bitkisel şorteninglerde yaptıkları çalışmalarında palmitik asit (C_{16:0}) miktarının %10,7–20,0 arasında değiştiği belirlenmiştir. İncelenen şortening örneklerinin palmitik asit (C_{16:0}) miktarları %18,9–42,5 arasında değişen değerlerde bulunmuş olup, birçok araştırmada belirlenen palmitik asit (C_{16:0}) içeriğinden daha yüksek olduğu gözlenmiştir ki; bu da şortening örneklerinin çoğunun yüksek oranda palm yağı fraksiyonu veya palmstearin içerdiğini göstermektedir.

4.3.Stearik Asit (C_{18:0})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin stearik asit (C_{18:0}) miktarlarına ait ortalamaların %4,4–9,3 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Stearik asit miktarı, en yüksek 9 no'lu markaya, en düşük 8 no'lu markaya ait şortening örneklerinde belirlenmiştir.

Şorteninglerin stearik asit (C_{18:0}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri Şekil 4.3.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3.1. Şorteninglerin stearik asit(C_{18:0}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre 7 farklı endüstriyel margarin tesisine ait şorteninglerin stearik asit (C_{18:0}) miktarları arasında (Çizelge 4.3.1) istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.1. Şortening markalarına ait stearik asit (C_{18:0}) miktarları varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F
Markalar arası	14	105,69	7,55	188,73**
Hata	30	1,20	0,04	-
Genel	44	106,89	-	-

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3.2. incelendiğinde, farklı margarin firmalarından alınan şorteninglerin, stearik asit (C_{18:0}) miktarları bakımından 8 farklı grup oluşturdukları görülmektedir.

Çizelge 4.3.2. Şortening markalarına ait stearik asit(C_{18:0}) miktarlarının Duncan testi sonuçları (P<0,01)

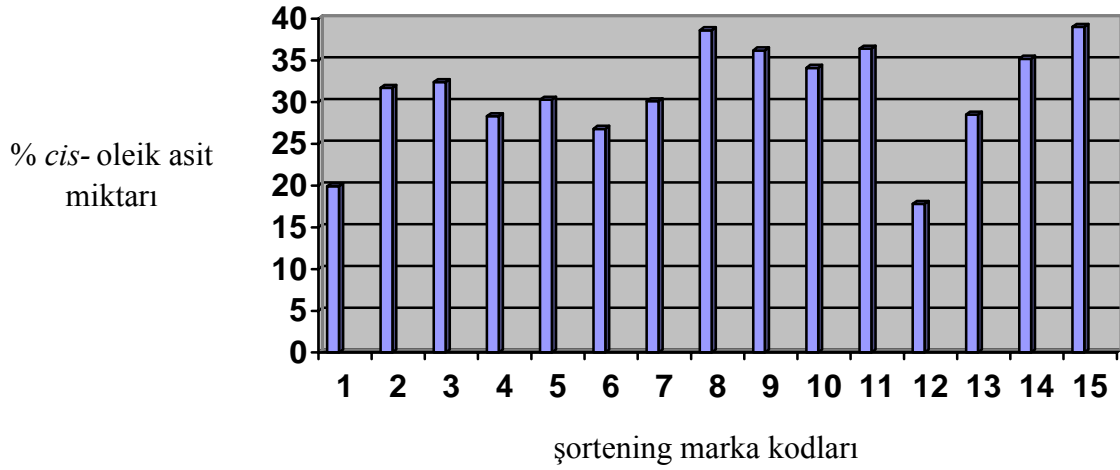
Şortening marka kodları	Ortalamalar (%)	Gruplar
8	4,4	a
15	4,6	a
11	5,1	ab
13	5,6	bc
10	5,7	bc
12	6,1	cd
7	6,8	de
14	6,9	de
2	7,1	ef
6	7,3	ef
3	7,8	fg
5	7,9	fg
1	8,2	g
9	9,3	h
4	9,6	h

İncelenen şortening örneklerinin stearik asit (C_{18:0}) miktarları, Ovesen ve ark. (1996)'nın şorteningler için verdiği %3,3–15,1 değerleri arasındadır ve Enig ve ark. (1983)'nin şorteningler için belirlediği %8,0–12,2 aralığında stearik asit (C_{18:0}) içeren 3 adet şortening markası bulunmaktadır. Tüm şortening örneklerinin Torres ve ark. (2002)'nin sürülebilir yağlar için verdikleri %4,0–12,3 değerleri arasında stearik asit içerdiği gözlenmiştir. Brat ve Pokorny (2000)'nin margarinler için verdiği %5,5–18,3 değerleri arasında olmayan ve alt değer de altında olan 3 adet şortening örneği gözlenmiştir ve yine pişirme yağları için verdikleri %6,7–15,4 değerleri altında olan 6 adet şortening örneği belirlenmiştir. Caponio ve ark. (2003)'nin çeşitli üretim teknikleri uygulanan margarinler için verdikleri %2,5–7,4 değerleri üstünde 5 adet şortening örneği tespit edilmiştir. Şortening örneklerindeki stearik asit içeriği, sadece palm stearin ilavesi olmadığını, hidrojene yağların veya interesterifiye yağların da bulunabileceğini göstermektedir.

4.4.Cis Oleik Asit (C_{18:1})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların %17,80–39,0 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. *Cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarları, en yüksek 15 no'lu markaya, en düşük 12 no'lu markaya ait şortening örneklerinde belirlenmiştir.

Şortening *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri Şekil 4.4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil.4.4.1. Şorteninglerin toplam *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimi

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre, 7 farklı şortening markasına ait şorteninglerin *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarları arasında (Çizelge 4.4.1) istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 4.4.1. Şortening markalarına ait toplam *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarları varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F
Markalar arası	14	1612,75	115,20	2879,91**
Hata	30	1,20	0,04	-
Genel	44	1313,95	-	-

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.4.2. Şortening markalarına ait toplam *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarının Duncan testi sonuçları (P<0,01)

Şortening marka kodları	Ortalamalar (%)	Gruplar
12	17,8	a
1	19,9	a
6	26,8	b
4	28,3	bc
13	28,5	bc
7	30,1	cd
5	30,3	cd
2	31,7	cde
3	32,4	de
10	34,1	ef
14	35,2	ef
9	36,2	fg
11	36,4	fg
8	38,6	g
15	39,0	g

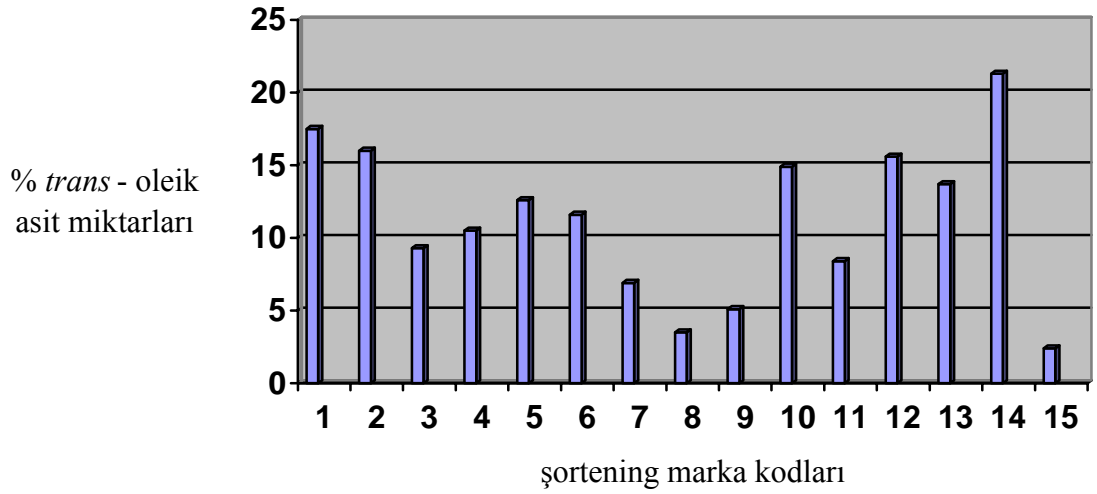
Çizelge 4.4.2. incelendiğinde, farklı markalardan alınan şortening yağlarının *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarları bakımından 7 farklı grup oluşturdukları görülmektedir.

İncelenen şortening örneklerinin *cis* oleik asit (C_{18:1}) miktarları, Ovesen ve ark. (1996)'nın şorteningler için verdiği %17,4–48,0 değerleri arasında bulunmaktadır. Tsanev ve ark. (1998)'nin yenilebilir margarinler için verdiği %18,8±1,9–49,2±1,8 değerleri arasında olmayan sadece bir şortening örneği gözlenmiştir. Torres ve ark. (2002)'nin sürülebilir yağlar için verdikleri %18,2–41,2 değerleri arasında olmayan bir örnek belirlenmiştir. Anwar ve ark. (2006)'nın sofralık ve fırıncılık margarinleri için verdikleri %21,9–35,8 değerlerine uymayan 6 adet şortening örneği olduğu görülmektedir. Caponio ve ark. (2003)'nin farklı üretim teknikleri uygulanmış margarinler ve katı yağlar için verdikleri %22,3–54,3 değerleri alt sınırın altında iki şortening örneği bulunmaktadır ve şortening örneklerinin bu değerlerin oldukça altında *cis* oleik asit içermekte olduklarını, buna rağmen %17,8–39,0 arasında değişen oranda *cis* oleik içeriği ile hidrojene veya kısmi hidrojene katı yağları, fraksiyone veya hidrojene edilmemiş katı yağlardan daha fazla içerdiği görülmektedir.

4.5. *Trans* Oleik Asit (C_{18:1})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların %2,4–21,3 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Şortening örneklerinin tamamında *trans* oleik asit (C_{18:1}) varlığına rastlanmıştır. En yüksek toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarları 14 no'lu markaya, en düşük 15 no'lu markaya ait şortening örneklerinde belirlenmiştir.

Şorteninglerin toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri Şekil 4.5.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5.1. Şorteninglerin toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre, 7 endüstriyel margarin tesisine ait şorteninglerin toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarları arasında (Çizelge 4.5.1) istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 4.5.1. Şortening markalarına ait toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarları varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F
Markalar arası	14	1231,25	87,95	2198,66**
Hata	30	1,20	0,04	-
Genel	44	1232,45	-	-

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.5.2.'de verilmiştir.

Çizelge.4.5.2. incelendiğinde, farklı markaların şortening yağlarının *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarları bakımından 11 farklı grup oluşturdukları görülmektedir.

Çizelge 4.5.2. Şortening markalarına ait toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) miktarlarının Duncan testi sonuçları (P<0,01)

Şortening marka kodları	Ortalamalar (%)	Gruplar
15	2,4	a
8	3,5	ab
9	5,1	bc
7	6,9	cd
11	8,4	de
3	9,3	def
4	10,5	efg
6	11,6	fg
5	12,6	gh
13	13,7	ghı
10	14,9	hii
12	15,6	hii
2	16,0	ii
1	17,5	i
14	21,3	k

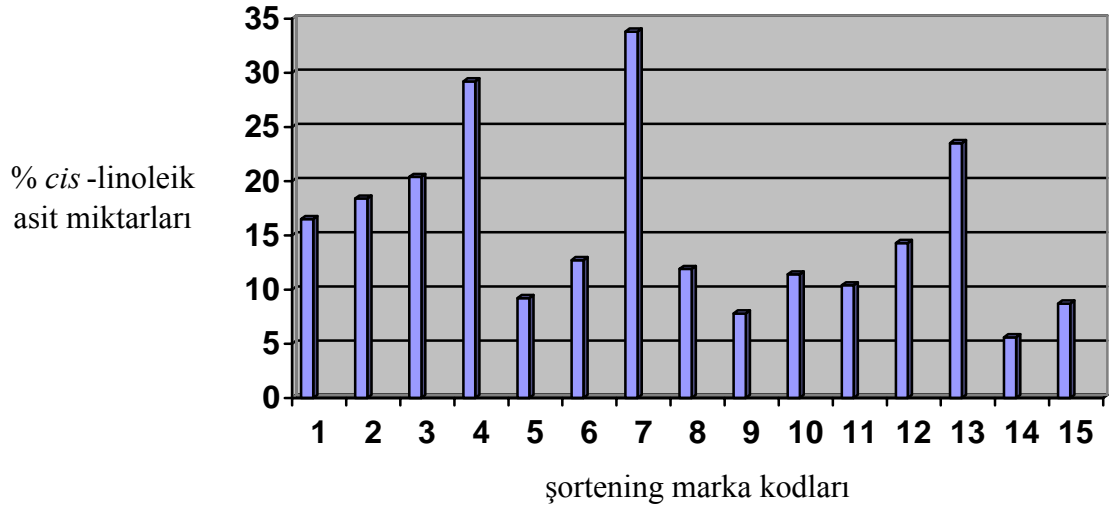
İncelenen şortening örneklerinde, Enig ve ark. (1983)'nın şorteningler için verdiği %8,7–35,4 aralığına uyan 10 örnek bulunurken, yine içeriğinde katı yağ kullanılan hamur işleri için verdikleri %0,6–32,1 aralığında toplam *trans* oleik asit (C_{18:1}) içeriğine uygunluk gösterdiği gözlenmiştir. *Trans* oleik asit (C_{18:1}), bitkisel yağların kısmi hidrojenasyonunda meydana gelmektedir ve bu kısmi hidrojene bitkisel yağlar margarin, şortening ve birçok gıda ürününün hazırlanmasında kullanılmaktadır (Fernandez, 2000). Martin ve ark. (2005)'nin bisküvi ve krakerler için %8,8–28,3 verdikleri değerlerin üst sınırı olan %28,3 şortening örneklerinde bulunan üst sınırın

oldukça üstünde olduğu ve alt sınır olan %8,8 değerinin de şortening örnekleri için bulunan değerlerin bir hayli üstünde olduğu gözlenmiş olup buna rağmen bu değerler arasında 10 adet şortening örneği bulunduğu belirlenmiştir. Ancak, Torres ve ark. (2002)'nin sürülebilir katı yağlar için verdikleri %0,1–8,2 değerlerinin oldukça üstünde *trans* oleik asit içeriğine sahip 11 şortening örneğinin bulunduğu gözlenmiştir. Anwar ve ark. (2005)'nin sofralık ve fırıncılık margarinleri için verdikleri %2,45–19,10 değerleri arasında olmayan sadece iki örnek belirlenmiştir. Tüm şortening örneklerinin, Caponio ve ark. (2003)'nin farklı üretilen margarin ve katı yağlar için verdikleri %0,1–27,0 değerleri arasında *trans* oleik asit içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Şortening örneklerinin yüksek *trans* oleik asit içeriğine bakılarak üretimde kısmi hidrojene katı yağların kullanıldığı sonucuna varılmıştır.

4.6.Cis Linoleik Asit (C_{18:2})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin *cis* linoleik asit (C_{18:2}) miktarlarına ait ortalamaların %5,60–33,80 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Toplam *cis* linoleik asit (C_{18:2}) miktarları, en yüksek 7 no'lu markaya, en düşük 14 no'lu markaya ait şortening örneklerinde belirlenmiştir.

Şorteninglerin *cis* linoleik asit (C_{18:2}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri Şekil 4.6.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6.1. Şorteninglerin toplam *cis* linoleik asit ($C_{18:2}$) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre, 7 endüstriyel margarin tesisine ait şorteninglerin *cis* linoleik asit ($C_{18:2}$) miktarları arasında (Çizelge 4.6.1) istatistiksel açıdan önemli ($P < 0,01$) farklılıklar belirlenmiştir.

Çizelge 4.6.1. Şortening markalarına ait toplam *cis* linoleik asit ($C_{18:2}$) miktarları varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F
Markalar arası	14	2698,90	192,78	4819,46**
Hata	30	1,20	0,04	-
Genel	44	2700,10	-	-

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.6.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.6.2. incelendiğinde, farklı margarin üretim tesislerinden alınan şorteninglerin *cis* linoleik asit ($C_{18:2}$) miktarları bakımından 9 farklı grup oluşturdukları görülmektedir.

Çizelge 4.6.2. Şortening markalarına ait toplam *cis* linoleik asit (C_{18:2}) miktarlarının Duncan testi sonuçları (P<0,01)

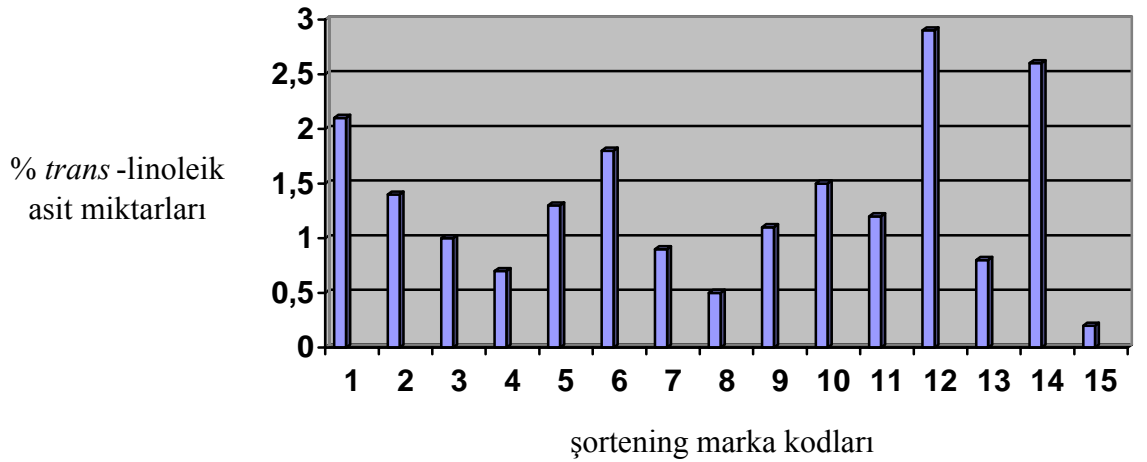
Şortening marka kodları	Ortalamalar (%)	Gruplar
14	5,6	a
9	7,8	abc
15	8,7	abc
5	9,2	abc
11	10,4	bcd
10	11,4	bcd
8	11,9	bcde
6	12,7	cde
12	14,3	def
1	16,5	efg
2	18,4	fg
3	20,4	gh
13	23,5	h
4	29,2	i
7	33,8	i

İncelenen şortening örneklerinin *cis* linoleik asit (C_{18:2}) miktarları, Ovesen ve ark. (1996)'nın şorteningler için verdiği %6,3–18,7 aralığına uymayan sadece 5 örnek gözlenmiştir. Enig ve ark. (1983)'nin şorteningler için verdiği %1,4–24,2 aralığına uymayan 2 örnek belirlenmiştir. Yine Enig ve ark. (1983)'nin yapımında katı yağlar kullanılan unlu mamüller için verdiği %1,1–38,4 aralığına ve Wolff ve Sebedio (1991)'nin düşük kalorili sürülebilir katı yağlar için verdikleri %1,23–43,65 aralığına ise tüm örneklerin uyum gösterdiği saptanmıştır. Tsanev ve ark. (1998)'nin margarinler için verdiği %13,0–37,0 değerleri altında kalan 8 adet şortening örneği bulunmaktadır. Brat ve Pokorny (2000)'nin margarinler için verdiği %3,7–49,4 aralığında olduğu, ancak pişirme yağları için verdikleri %1,7–25,1 değerlerinin üstünde *cis* linoleik asit içeriğine sahip 2 örnek bulunduğu belirlenmiştir. *Cis* linoleik asit içeriklerine bakılarak şorteninglerin üretiminde hidrojene edilmemiş bitkisel sıvı yağların da kullanıldığı sonucuna varılmaktadır.

4.7. *Trans* Linoleik Asit (C_{18:2})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarlarına ait ortalamaların %0,2–2,9 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. Şortening örneklerinin tamamında toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) varlığına rastlanmıştır. En yüksek toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarı 12 no'lu markaya ait şortening örneğinde belirlenmiştir. En düşük toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarı ise 15 no'lu markaya ait şortening örneğinde belirlenmiştir.

Şorteninglerin toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri Şekil 4.7.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7.1. Şorteninglerin toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre, farklı şortening markalarına ait şorteninglerin toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarları arasında (Çizelge 4.7.1) istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) farklılıklar bulunmuştur.

Çizelge 4.7.1. Şortening markalarına ait toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarları varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F
Markalar arası	14	23,80	1,70	42,50**
Hata	30	1,20	0,04	-
Genel	44	25,00	-	-

Şortening örneklerinin tamamında toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) varlığı belirlenmiştir. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.7.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.7.2. incelendiğinde, farklı margarin üretim tesislerinden alınan şorteninglerin *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarları bakımından 8 farklı grup oluşturdukları görülmektedir.

Çizelge 4.7.2. Şortening markalarına ait toplam *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarlarının Duncan testi sonuçları (P<0,01)

Şortening marka kodları	Ortalamalar (%)	Gruplar
15	0,2	a
8	0,5	abc
4	0,7	abcd
13	0,8	abcde
7	0,9	bcdef
3	1,0	cdef
9	1,1	cdefg
11	1,2	defg
5	1,3	defg
2	1,4	efgh
10	1,5	efgh
6	1,8	gh
1	2,1	hi
14	2,6	i
12	2,9	i

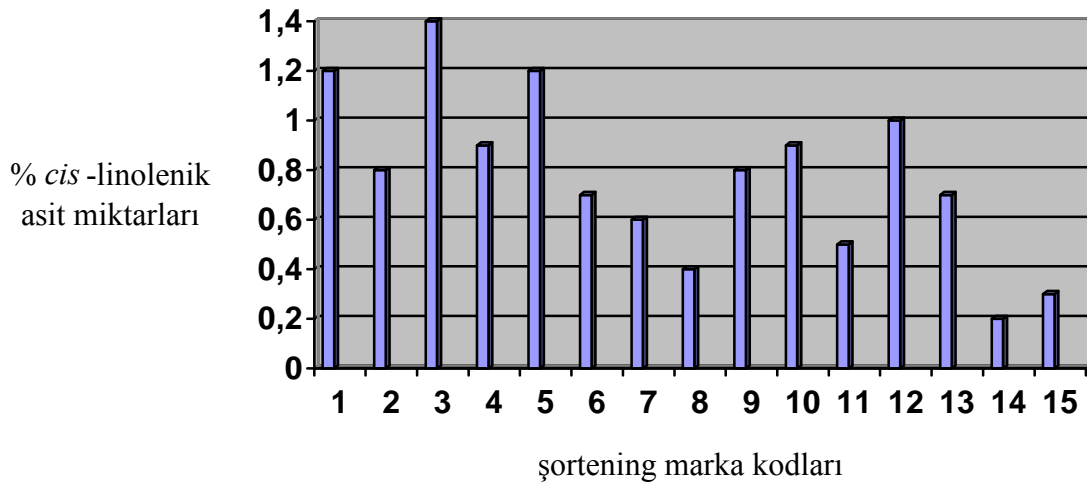
İncelenen şortening örneklerinin *trans* linoleik asit (C_{18:2}) miktarları, Arıcı ve ark. (2002)'nin sert tip margarinler için verdikleri %1,6–4,4 aralığına uyan sadece 4 örnek bulunmakta olup, geri kalan 11 örnek alt sınırın da altında değerlere sahiptir. Enig ve ark. (1983)'nin şorteningler için verdiği %1,9–4,4 aralığına uyan sadece 3 örnek bulunmaktadır ve geri kalan 12 örnek alt sınırın da altındadır. Ancak, Brat ve Pokorny (2000)'nin margarinler için verdiği %0,1–1,7 ve pişirme yağları için verdiği %0–2,4 değer aralığına uymayan sırasıyla 4 ve 2 adet şortening örneği görülmektedir. Torres ve ark. (2002)'nin sürülebilir katı yağlar için verdikleri %0,1–2,2 aralığı üst sınırından daha fazla *trans* linoleik asit içeren 2 örnek belirlenmiştir. Dağlıoğlu ve ark. (2000)'nin yapımında hidrojene katı yağlar kullanılan değişik bisküviler için verdiği %0,3–2,7

aralığına uymayan 2 örnek bulunmaktadır. Karabulut ve ark. (2003)'nın soya yağı hidrojenasyonunda gözlemlendiği gibi *trans* linoleik asit hidrojenasyonun belli bir zamanına kadar *cis* linoleik asitten dönüşmekte ancak daha sonra oleik ve stearik asite dönüşmektedir. Şortening örneklerinin içerdiği *trans* linoleik asit ya seçici olmayan koşullarda kısmi hidrojenasyona maruz kalmış katı stok kullanıldığının ya da uygun olmayan koşullarda rafine ve deodorize edilmiş sıvı bitkisel yağ kullanıldığının göstergesi olabilir.

4.8.Cis Linolenik Asit (C_{18:3})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarlarına ait ortalamaların %0,2–1,4 arasında değiştiği anlaşılmaktadır. *Cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarları, en yüksek 3 no'lu markaya, en düşük 14 no'lu markaya ait şortening örneklerinde belirlenmiştir.

Şorteninglerin *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri Şekil 4.8.1'te gösterilmiştir.



Şekil 4.8.1. Şorteninglerin toplam *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarlarına ait ortalamaların markalara göre değişimleri

Yapılan varyans analizleri sonuçlarına göre, farklı şortening markalarına ait şorteninglerin *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarları arasında (Çizelge 4.8.1) istatistiksel açıdan önemli (P<0,01) farklılıklar belirlemiştir.

Çizelge 4.8.1. Şorteninglerin markalarına ait toplam *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarları varyans analiz çizelgesi

Varyasyon Kaynağı	SD	KT	KO	F
Markalar arası	14	4,95	0,35	8,84**
Hata	30	1,20	0,04	-
Genel	44	6,15	-	-

Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmış olup, sonuçlar Çizelge 4.8.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8.2. incelendiğinde, farklı üretim tesislerinden alınan şorteninglerin *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarları bakımından 7 farklı grup oluşturdukları görülmektedir.

Çizelge 4.8.2. Şortening markalarına ait toplam *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarlarının Duncan testi sonuçları (P<0,01)

Şortening marka kodları	Ortalamalar (%)	Gruplar
14	0,2	a
15	0,3	ab
8	0,4	abc
11	0,5	abcd
7	0,6	abcde
6	0,7	bcde
13	0,7	bcde
2	0,8	cdef
9	0,8	cdef
4	0,9	def
10	0,9	def
12	1,0	efg
1	1,2	fg
5	1,2	fg
3	1,4	g

İncelenen şortening örneklerinin *cis* linolenik asit (C_{18:3}) miktarları, Arıcı ve ark. (2002)'nin sert tip margarinler için verdikleri %0,2–1,4 değerleri arasındadır ancak,

yumuşak margarinler için verdikleri %0,3–2,2 değer aralığının alt sınırının altında 1 örnek olduğu görülmüştür. Torres ve ark. (2002)'nin sürülebilir katı yağlar için verdikleri %0,1–5,2 değerleri ile uyum göstermektedir. Brat ve Pokorny (2000)'nin margarinler için verdiği %0,4–6,8 ve pişirme yağları için verdikleri %0,4–2,6 değerleri alt sınırının altında kalan 2 örnek bulunduğu gözlenmiştir. Ratnayake ve ark. (1998)'nin margarinler için verdikleri %0,1–8,2 değerleriyle de uyum göstermektedir. Caponio ve ark. (2003)'nin farklı üretim teknikleri ile üretilen margarinlerde belirledikleri %0,1–5,9 değerleri ile de uyum göstermektedir.

4.9. *Trans* Linolenik Asit (C_{18:3})

Çizelge 4.1.1. incelendiğinde, 7 endüstriyel margarin tesisinden üç farklı zamanda alınan şorteninglerin toplam *trans* linolenik asit (C_{18:3}) miktarlarına ait ortalamaların %0,1 olduğu ve bu değere, 8 ve 15 no'lu markaların şorteninglerinin sahip olduğu diğer markaların ise *trans* linolenik asit (C_{18:3}) içermediği gözlenmiştir. Arıcı ve ark. (2002)'nin sert tip margarinler için verdiği %0,1 değeriyle tamamen örtüşmektedir. Torres ve ark. (2002)'nin margarinler için verdiği %0,0–0,3 değerleri arasında olduğu, Brat ve Pokorny (2000)'nin margarinler için verdiği %0,1–1,2, pişirme yağları için verdiği %0,0–1,0 aralığında olduğu gözlenmiştir. Dağlıoğlu ve ark. (2000)'nin çeşitli bisküviler için verdikleri %0,0–0,2 aralığına uyum gösterdiği gözlenmiştir. Ovesen ve ark. (1996), Tsanev ve ark. (1998), Tavella ve ark. (2000)'nin yaptıkları çalışmalarda *trans* linolenik asit içeriğinden bahsedilmemiştir.

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Birçok ülkeye ait beslenme ile ilgili istatistiklerde gıda maddelerinin *trans* yağ asiti içerikleri yer almaktadır. Çeşitli gıda maddelerinde *trans* yağ asitlerinin araştırıldığı pek çok yayında, belirlenen *trans* yağ asiti miktarı üzerinden günlük *trans* yağ asiti alım miktarları tahmini olarak yer almaktadır.

Günlük tüketimde *trans* yağ asitlerinin %2–8'i süt ürünlerinden kaynaklanırken, %80–90 gibi büyük kısmı hidrojenasyon işlemleri ile oluşan *trans* yağ asitlerinden alınmaktadır. Diyetle alınan *trans* yağ asitleri miktarı toplam yağ asitlerinin Amerika Birleşik Devletleri'nde %6–8'i, İngiltere'de %4–6'sı, Almanya'da %2–4'ü ve İspanya'da %1,7'si civarındadır. Genel bir ifade olarak, *trans* yağ asitleri endüstrileşmiş ülkelerde daha fazla tüketilmekte olup 2-8 g/gün arasında değişmektedir (Larque ve ark., 2001). Ülkemizde ise günlük tüketimde *trans* yağ asitlerinin miktarı hakkında yeterli veriye rastlanmamaktadır. Bunun da ötesinde ülkemizde üretilen çeşitli gıda maddelerinin *trans* yağ asidi içerikleri hakkında düzenlenmiş yeterli bir veri tabanı bulunmamaktadır.

Son yıllarda elde edilen veriler sonucunda, *trans* yağ asiti alım miktarında azalmalar görülmektedir. Bunun nedeni olarak yemeklik yağlarda *trans* yağ asiti içeriğinin azaltılması ve hayvansal yağ tüketiminin azalması gösterilebilir. Gıda endüstrisinde kısmi hidrojenize yağların kullanımı, *trans* yağ asitleri alımının düşürülmesi amacıyla azalmaktadır. Margarin ve şortening üretimlerinde geliştirilen yeni metotların yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla söz konusu ürünlerde *trans* yağ asidi içeriklerinde azalmalar belirlenmektedir. Bununda ötesinde, sıfır veya çok düşük *trans* içerikli ürünler üretilmeye başlanmıştır. Ancak yine de dünyanın pek çok yerinde margarin ve şortening formülasyonlarında kısmi hidrojenasyon yöntemiyle elde edilen hidrojenize yağlar önemini korumaktadır. Dolayısıyla margarin/shortening ürünleri *trans* yağ asitleri alım kaynağı olmaya devam etmektedir. Özellikle kısmi hidrojenasyon tekniği ile kullanılarak elde edilmiş yağları önemli miktarlarda içeren

snack ve fast food ürünleri, çikolata ve benzer diğer ürünler çocuklar ve gençler tarafından yüksek oranlarda tüketilmektedir.

Birçok Avrupa ülkesi için margarin kaynaklı *trans* yağ asiti alım miktarı günlük kişi başına 1,0–1,3 g'dır. Danimarka'da düşük miktarda *trans* yağ asiti içeriğine rağmen yüksek oranda margarin tüketimi sebebiyle *trans* yağ asiti alımı 1,8 g'dır. İspanya'da ise margarin tüketiminin az olması nedeniyle bu değer çok düşük kalmaktadır (Greyt ve ark., 1996)

Ülkemize ait son on yıllık verilere bakıldığında, kahvaltılık ve yemeklik margarin tüketimi azalma eğilimi gösterirken, buna karşılık gıda endüstrisinde kullanılan margarin/shortening miktarı artış göstermiştir. 2003 yılı verilerine göre kişi başına yıllık bitkisel kaynaklı yağ tüketimi 17,6 kg iken bu miktarın yaklaşık olarak 6.6 kg'ını margarin/şortening oluşturmaktadır (FDA, 2004). Ülkemizde üretilen margarinler ile shorteningleri içeren gıda maddelerinin önemli bir bölümünün yüksek düzeylerde *trans* yağ asiti içerdikleri bazı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Dağlıoğlu ve ark., 2000; Tekin ve ark., 2002; Arıcı ve ark., 2002; Dağlıoğlu ve ark., 2002; Çetin ve ark., 2003). Bu nedenle ülkemizde, margarinler ile shorteninglerin yer aldığı gıda maddeleri önemli miktarda *trans* yağ asiti alım kaynağı olmaktadır.

Gıda-Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından gıda proseslerinin *trans* yağ asiti oluşumunu azaltacak yönde uygulanması konusunda tavsiyeler yapılmaktadır. Tüketici sağlığını yakından ilgilendiren *trans* yağ asiti miktarlarının yağ içeren bütün gıda maddeleri için üst limitlerinin belirlenmesi artık bir zorunluluktur. Gıda ve İlaç Federasyonu (FDA), besin etiketleriyle ilgili yapılan çalışmalara göre 1 Ocak 2006'dan itibaren bütün gıda etiketlerinde *trans* yağ asidi içeriği ile ilgili bilgilerin bulundurulmasıyla ilgili yeni getirilen kuralları açıklamıştır.

Trans izomerlerinin insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin bulunduğu bilinen bir gerçektir. Toplum sağlığının önemini kavrayan ülkelerde, gıda endüstrisinde kısmi hidrojenize yağların kullanımı, *trans* yağ asitleri alımının düşürülmesi amacıyla azalma eğilimindedir. Margarin ve şortening üretimlerinde geliştirilen yeni metotların

kullanılmasıyla *trans* yağ asidi içermeyen veya çok düşük düzeylerde içeren ürünler üretilebilmektedir.

Bu çalışma neticesinde, ülkemizde üretilen şorteninglerin formülasyonlarında kısmi hidrojenasyonla elde edilmiş yağların halen önemli miktarlarda yer aldığı anlaşılmıştır. Bu durum, şorteninglerde *trans* yağ asiti düzeylerinin yüksek miktarda bulunmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, elde edilen sonuçlardan toplam *trans* yağ asiti miktarları ile *trans* yağ asiti çeşitlerinin önemli düzeylerde farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. Toplam *trans* yağ asitlerinin çok önemli bir bölümünü *trans* C_{18:1} oluşturmaktadır. İlave olarak, doymuş yağ asitlerinin özellikle de palmitik asit (C_{16:0}) düzeylerinin yüksek seviyelerde olduğu da belirlenmiştir.

Tüketici sağlığını yakından ilgilendiren *trans* yağ asiti miktarlarının çeşitli yağlar ve yağ oranı yüksek gıda maddeleri için yasal üst limitlerinin belirlenmesi artık bir zorunluluk haline gelmiştir. Ülkemizde üretilen özellikle kısmi hidrojenize yağ içeren gıda maddelerindeki *trans* yağ asitleri tip ve miktarlarının belirlendiği çalışmaların yapılması, *trans* yağ asitlerinin oluşumunun azaltılması veya önlenmesine yönelik uygulamalara ve yasal limitlerin oluşturulmasına yol gösterecektir.

KAYNAKLAR

ACKMAN R.G., HOOPER S.N., HOOPER D.L., 1974, Linolenic acid artifacts from the deodorization of oils, J. Amer. Oil Chem. Soc., 51:42–49.

ALANSO L., FRAGA M.J., JUAREZ M., CARMONA P., 2002, Fatty acid composition of Spanish shortenings with special emphasis on trans unsaturation content as determined by fourier *trans* form infrared spectroscopy and gas chromatography, J. Amer. Oil Chem. Soc., 79(1): 1–6.

ANDERSEN A.J.C., WILLIAMS P.N., 1965, Margarine, Pergamon Pres.

ANDRE J.R., GOING L.H., 1957, Lipid Shortening, U.S. Patent 2,815,286.

ANONYMOUS, 1992, Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society, 4th edn., American Oil Chemists' Society, Champaign, 1992, Metot Ce 2-66.

ANONYMOUS, 1998, Türk Gıda Kodeksi, Yemeklik zeytinyağı ve yemeklik prina yağı hakkında tebliğ, Tebliğ no:98/7, Resmi Gazete, s.23323,8–16.

ANWAR F., BHANGER M.I., IQBAL S., SULTANA B., 2006, Fatty acid composition of different margarines and butters from Pakistan with special emphasis on *trans* unsaturated contents, Journal of Food Quality, 29:87–96.

ARICI M., TAŞAN M., GEÇGEL Ü., ÖZSOY, S., 2002, Determination of fatty acid composition and total *trans* fatty acids of Turkish margarines by capillary Gas-Liquid Chromatography, J. Amer. Oil Chem. Soc., 79:439–441.

BALL M.S., HACKETT D., DUNCAN A., 1993, *Trans* fatty acid content of margarines, oil and blended spreads available in New Zeland, Asia Pasific, J. Clinical Nutrition, 2(4),165–169.

BAYARD C.C., WOLFF R.L., 1995, *Trans*18:1 acids in french tube margarines and shortening: recent trends, J. Amer. Oil Chem. Soc., 72(12):1485–1489.

BLOCK J.M., BORRERO- ARELLANO D., 1994, Hydrojenated products in Brazil : *trans* isomers, physico-chemical characteristics and fatty acid composition, Arch. Latinoam. Nutr. 44(4):281–285.

BRAT J., POKORNY J., 2000, Fatty acid composition of margarines and cooking fats available on Czech market, *Journal of Composition and Analysis* , 13:337–343.

BRUEHL L., 1996, Determination of *trans* fatty acids in cold pressed oils and in dried seed, *Fett/Lipid*, 98:380–383.

BRUGGEN P.C.V, DUCHATEAU G.S.M.J.E., MOOOREN M.M.W., VAN OOSTEN H.J., 1998, Precision of low *trans* fatty acid level determination in refined oils. Results of a collaborative capillary gas- liquid chromatography study, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, Vol.75, No.4.

CAPONIO F., GOMES T., BILANCIA M.T., 2003, Measurement of degradation of the lipid fraction in margarines, *Eur. Food Res. Technol.*, 216:83–87.

CHAPPELL J.E., CLANDININ M.T., KEARNEYVOLPE C., 1985, *Trans* fatty-acids in human-milk lipids – Influence of Material Diet and Weight-Loss *American Journal of Clinical Nutrition*, 42(1):49–56.

CHARDIGNY JM.,WOLFF R.L.,MAGER E., BAYARD C.C., SEBEDIO J.L., MARTINE L., RATNAYAKE W.M.N., 1996, Fatty acid composition of French infant formulas with emphasis on the content and detailed profile of *trans* fatty acids, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*73(11) 1595-1601.

CHEN Z.Y., PELLETIER G., HOLLYWOOD R., 1995, *Trans* fatty acids isomers in Canadian human milk, *Lipids*, 30(1):15–21.

CHRYSAM M.M., ERICKSON D.R., JACKSON H.W., LEO D.A., LIST G.R., NORRIS F.A., SLEETER R.T., THOMAS A.E., 1985, Bailey' s industrial oil and fat products, (ed.by APPLEWHITE T.H.), Kraft Inc. Research and Development, 2:41–111.

CETIN M., YILDIRIM A., SAHIN A.M.,2003, Determination of fatty acids and some undesirable fatty acid isomers in selected Turkish margarines, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 105 (11): 683–687.

DAĞLIOĞLU O., TAŞAN M., TUNÇEL B., 2000, Determination of fatty acid composition and total *trans* fatty acids of Turkish Biscuits by capillary Gas-Liquid Chromatography, *Eur. Food Research and Techn.*, 211:41–44.

DAĞLIOĞLU O., TAŞAN M., TUNÇEL B., 2000, effects of microwave and conventional baking on the oxidative stability and fatty acid composition of puff pastry, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, vol.77, no.5, 543–545.

DAĞLIOĞLU O., TAŞAN M., TUNÇEL B., 2002, Determination of fatty acid composition and total *trans* fatty acids in cereal-based Turkish foods, Turkish J. Chem., 26:705–710.

DUCHATEAU G.S.M.J.E., VAN OOSTEN H.J., VASCONCELLOS M.A., 1996, Analysis of *cis* and *trans* fatty acid isomers in hydrogenated and refined vegetable oils by capillary gas-liquid chromatography, J. Amer. Oil Chem. Soc. 73:275–282.

ELIOS S.L., INNIS S.M., 2002, Bakery foods are the major dietary source of *trans* fatty acid among pregnant women with diets providing 30 percent energy from fat, Journal of American Dietetic Association 102(1):46–51.

EMKEN E.A., 1995, *Trans* fatty acids and coronary heart disease risk: physicochemical properties, intake and metabolism, Am. J. Clin. Nutr. 62:659–669.

ENIG M.G., 1995, *Trans* fatty acids in the food supply: a comprehensive report covering 60 years of research, New Hampshire, Enig Associates, Inc., 2nd edn., 51–115.

ENIG M. G., PALLANSCH L. A., SAMPUGNA J., and KEENEY M., 1983, Fatty acid composition of the fat in selected food items with emphasis on *trans* components, J. Amer. Oil Chem. Soc., Vol.60,no.10.

FAO-WHO, 1993, Fats and Oils in Human Nutrition. Report of a Joint Consultation, Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization.

FAO-WHO, 2003, Food and Agriculture Organization of the United Nations and the World Health Organization, Department of Health and Human Services, Agricultural statistical database, 2004, (<http://fao.org/>).

FDA, Food and Drug Administration, 2002, <http://www.fda.gov/oc/initiatives/transfat>.

FDA, Food and Drug Administration, 2003, <http://www.fda.gov/oc/initiatives/transfat>.

FDA, Food and Drug Administration, 2004, <http://www.fda.gov/oc/initiatives/transfat>.

FERNANDEZ S.J.P.M., 2000, Fatty acid composition of commercial Spanish fast food and snack food, Journal of Food Composition and Analysis, 13,275–281.

FERRARI R., SCHULTE E., ESTEVES W., BRUHL L., MUKHERJEE KD., 1996, Minor constituents of vegetable oils during industrial processing, J. Amer. Oil Chem. Soc., 73:587–592.

GREYT W.DE., RADANYI O., KELLENS M., HUYGHEBAERT A., 1996, Contribution of *trans* fatty acids from vegetable oils and margarines to the Belgian diet, Fett/Lipid 98:30–33.

GROB K., GROLMUND B., BRONZ M., BRUENNER M., ETTER R., 1996, *Trans*-diene and triene fatty acid in edible oils from deodorization, Mitteilungen Aus Dem Gebiete Der Lebensmitteluntersuchung Und Hygiene, 87(2),168–181.

GÜMÜŞKESEN A.S., 1999, Bitkisel yağ teknolojisi, İzmir, Bitkisel Yağ Sanayicileri Derneği, Yayın no.5, 93–143.

GÜRCAN T., 2002, *Trans* yağ asitleri ve kalp damar hastalıkları açısından önemi, Dünya Gıda, 8:70–71.

HAUMANN B.F., 1994, Tools: hydrojenation, interesterification, Inform. 5(6),668–678.

HÉNON G., KEMÉNY ZS., RECSEG K. , ZWOBADA F., AND KÓVARI K., 1997, Degradation of α -linolenic acid during heating, J. Am. Oil Chem. Soc. 74:1615–1617.

HENON G., KEMENY Z., RECSEG K., ZWOBADA F., KOWARI K., 1999, Deodorization of vegetable oils, part I: Modelling the geometrical isomerization of polyunsaturated fatty acids, J. Amer. Oil Chem. Soc. 76(1)73–81.

HENNINGER M., ULBERTH F., 1996, *Trans* fatty acids in margarines and shortenings marketed in Austria, Zeitschrift fur Lebensmitteluntersuchung und Forschung 203(3):210–215.

HERZING A.C., 1996, Fluid shortenings in bakery products, Food Technology, vol.58, no.1.

HIŞIL Y., 1988, Enstrumental Analiz Teknikleri, İzmir, E.Ü. Müh. Fak., çoğaltma yayın, 55.

HOFFMANN G., 1989, The chemistry and technology of edible oils and fats and their high fat products, Academic Press Ltd., 203–330.

HOLMAN G.W., QUIMBY O.T., 1950, Process of preparing suspensions of solid triglycerides and liquid oil, U.S. Patent 2,521,219.

HUNTER J.E., 2005, Dietary levels of *trans* fatty acids: basis for health concerns and industry efforts to limit use, Nutrition Research, 25, 499–513.

KAFATOS A., CHRYSAFIDIS D., AND PERAKI E., 1994, Fatty acid composition of greek margarines. margarine consumption by the population of crete and its relationship to adipose tissue analysis, Int. J. Food Sci. Nutr. 45:107–114.

KARABULUT İ., KAYAHAN K., YAPRAK S., 2003, Determination of changes in some physical and chemical properties of soybean oil during hydrogenation, Food Chemistry, 81:453–456.

KATAN M.B., 1995, Exit *Trans* fatty acids, Lancet, 346(8985):1245–1246.

KAYAHAN M., 1998, Lipidler, Gıda Kimyası (ed. Saldamlı İ.), Ankara, Hacettepe Ü. Yayınları.

KAYAHAN M., 2002, Modifiye Yağlar ve Üretim Teknolojileri, Ankara, 1. Baskı, ODTÜ Yayıncılık, 1–17.

KAYAHAN M., 2003, Yağ Kimyası, Ankara, 1. Baskı, ODTÜ Yayıncılık, s.40.

KELLENS M., 1997, Current Developments in Oil Refining Technology, Belgium, Technical Report De Smet-Belgium, Antwerp, 35–48.

KEMENY Z., RECSEG K., HENON G., KÖVARI K., ZWOBADA F., 2001, Deodorization of vegetable oils: Prediction of *trans* poyunsaturated fatty acid content, J. Amer. Oil Chem. Soc., 78:973–979.

KLIMES J., 1990, Shortening- Europe formulation and processing, formulation and processing of finished products, Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices,(Ed. By Erickson D.R.),207–213.

KOLETZKO B., MROTZEK M., BREMER HJ., 1988, Fatty-acid composition of mature human-milk in Germany, Amer. J. Clin. Nutr., 47:954–959.

KOLETZKO B., 1991, Intake, metabolism and biological effects of *trans*-isomeric fatty-acids with infants, Nahrung, 35:229–283.

KRISHNAIAH D., SARKAR S., 1990, Kinetics of liquid-phase hydrojenation of cottonseed oil with nickel-catalysts, The American Oil Chemists Society, 67(4):233–238.

LARQUE E., ZAMORA S., GIL A., 2001, Dietary *trans* fatty acids in early life: a review, *Early Human Development*, 65:31–41.

MANSOUR M.P., AND SINCLAIR A.J., 1993, The *trans* fatty acid and positional (sn-2) fatty acid composition of some australian margarines, dairy blends and animal fats, *Asia Pacific J. Clin. Nutr.*, 3:155–163.

MAREKOV I., TORANDJIISKA R., PANAYOTOVA S., NIKOLOVA N., 2002, Comparison of the fatty acid composition of domestic and imported margarines and frying fats in Bulgaria, *European Journal of Lipid Science and Technology* 104(7):410 – 418.

MARTIN C.A., CARAPELLI R., VISANTANIER J.V., MATSUSHITA M., SOUZA N.E., 2005, *Trans* fatty acid content of Brazilian biscuits, *Food Chemistry*, 93:445–448.

MATSUI T., HAYASHI T., HASEGAWA T., NAMEKAWA M., MIYAUCHI A., TSUSAKA N., 1989, Essential fatty acids and *trans* unsaturated fatty acids of Japanese retail fatty food and some oils, I. Commercial edible oils, refined vegetable oils and used frying oils, *Bulletin of Faculty of Agriculture, Meiji University*, 84,17–28.

MEDINA J.L.A., GAMEZ M.N., ORTEGA G.J., NORIEGA R.J.A., ANGULO G.O., 2000, *Trans* fatty acid composition and tocopherol content in vegetable oils produced in Mexico, *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 77:721–724.

MENSINK R.P., KATAN M.B., 1990, Effect of dietary *trans* fatty acids on high-density and low-density lipoprotein cholesterol levels in healthy subjects, *N. Eng. J. Med.* 323:439–445.

MENSINK R.P., KATAN M.B., 1993, *Trans* monounsaturated fatty acids in nutrition and their impact on serum lipoprotein levels in man, Pergamon Press, No:I, 111–122.

MITCHELL P.J., 1950, Permanently pumpable oleaginous suspensions, U.S., Patent 2,521,242.

NAS S., GÖKALP H.Y., ÜNSAL M., 1998, Bitkisel Yağ Teknolojisi, Denizli, Pamukkale Ü. Yayınları, No.5.

OHLSON R., SVENSSON C., 1976, Comparison of oxalic acid and phosphoric acid as degumming agents for vegetable oils, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 53, 8–11.

OVESEN L., LETH T., HANSEN K., 1996, Fatty acid composition of Danish margarines and shortening, with special emphasis on *trans* fatty acids, Denmark, Lipids 31(9):971–975.

OVESEN L., LETH T., HANSEN K., 1998, Fatty acid composition and contents of *trans* monounsaturated fatty acids in frying fats, and in margarines and shortenings, J. Amer. Oil Chem. Soc., 5, 1079–1083.

OYSUN G., HIŞIL Y., 1997, Investigation on *trans* fatty acids in butter. Gıda 22(5)359–363.

PAR CERISA J., CODANY R., BOATELLA J., RAFECAS M., 1999, Fatty acids including *trans* content of commercial bakery products manufactured in Spain, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47(5):2040–2043.

PAULICKA F., 1990, Shortening products, formulation and processing of finished products, Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices, (Ed. By Erickson D.R.)203–206.

PRECHT D., MOLKENTIN J., 1997, Comparison of the fatty acids and the isomeric distribution of *trans* C_{18:1} fatty acids of milk fat, margarine, shortenings, cooking and dietetic fats, Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte 49(1):17–34.

PRECHT D., MOLKENTIN J., 2000, Recent trends in the fatty acids composition of german sunflower margarines, shortenings and cooking fats with special emphasis on individual C_{16:1}, C_{18:1}, C_{18:2} and C_{20:1} *trans* isomers, Nahrung- Food 44(4):222–228.

PRECHT D., MOLKENTIN J., VAHLENDIECK M., 1999, Influence of the heating temperature on the fat composition of milk fat with emphasis on *cis/trans* isomerization, Nahrung, 43:25–33.

RATNAYAKE W.M.N., PELLETIER G., HOLLYWOOD R., BACLER S., and LEYTE D., 1998, *Trans* fatty acids in canadian margarines: recent trends, J. Amer. Oil Chem. Soc., Vol.75, No.11.

SAĞDIÇ O., DÖNMEZ M., DEMIRCI M., 2004, Comparison of characteristics and fatty acid profiles of traditional Turkish yayik butter produced from goats, ewes or cows milk, Food Control, 15:485–490.

SANDERS T.A.B., 1988, Essential and *trans*-fatty acids in nutrition, Nutrition Research Reviews, I, 57–78.

SCHAKEL S.F., HARNACK L., WOLD C., VAN HEEL N., and HIMES J.H., 1999, Incorporation of *trans* fatty acids into a comprehensive nutrient database, Journal of Food Composition and Analysis, 12, 323–331.

SCHWARZ W., 2000, Formation of *trans* polyalkenoic fatty acids during vegetable oil refining, Eur. J. Lipid Sci. Technol. 102:648–649.

SHARP T., 2001, Technical constraints in the development of reduced fat bakery products, Proceeding of the Nutritional Society 60(4):489–496.

SHURTLEFF W., AOYAGI A., 2004, History of Soy Oil Shortenings, Soy Foods Center, <http://www.thesoydaily.com/sfc,2004>.

SMITH L.M., DUNKLEY W.L., FRANKE A., DAIRIKI T., 1978, Measurement of *trans* and other isomeric unsaturated fatty acids in butter and margarine, J. Amer. Oil Chem. Soc., 55:257.

SOYSAL M.İ., 1998, Biometrinin Temel Prensipleri, Tekirdağ, Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, No. 95.

STEINHART H., PFALZGRAF A., 1994, *Trans*-fettsauren in lebensmitteln, Fat Sci. Technol., 96:42–44.

TARRAGO-TRANI M.T., PHILLIPS K.M., LEMAR L.E., HOLDEN J.M., 2006, New and existing oils and fats used in products with reduced *trans* fatty acid content, J. Am. Diet. Assoc. 106:867–880.

TAŞAN M., DAĞLIOĞLU O., 2005, *Trans* yağ asitlerinin yapısı, oluşumu ve gıdalarla alınması, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2(1).

TAŞAN M., DEMİRCİ M., 2003, *Trans* fatty acids in sunflower oil at different steps of refining, J. Amer. Oil Chem. Soc., 79:825–828.

TAVELLA M., PETERSON G., ESPECHE M., CAVALLERO E., CIPOLLA L., LUIS P., CABALLERO B., 2000, *Trans* fatty acid content of selection of foods in Argentina, Food Chemistry Analytical, Nutritional and Clinical Methods, Section: 69, 209–213.

TEKİN A., ÇİZMECİ M., KARABACAK H., KAYAHAN M., 2002, *Trans* FA and solid fat contents of margarines marketed in Turkey, J. Amer. Oil Chem. Soc., 80:443–445.

TORRES D., CASAL S., OLIVEIRA M.B.P.P., 2002, Fatty acid composition of Portuguese spreadable fats with emphasis on *trans* isomers, Eur. Food Technol., 214:108–111.

TSANEV R., RUSSEVA A., RIZOV T., DONTCHEVA IV., 1998, Content of *trans* fatty acids in edible margarines, J. Amer. Oil Chem. Soc., 75:143–145.

VALENZUELA A., MORGADO N., 1999, *Trans* fatty acid isomers in human health and in the food industry, Santiago, Biol. Res., v.32, n.4.

VICARIA T.M., GRIGUOL V., LEAN- CAMACHO M., 2003, Multivariate charecteritation of the fatty acid profile of Spanish cookies and bakery products, Journal of Agricultural and Food Chemistry 51(1):134–139.

WAGNER K.H. , AUER E., ELMADFA I., 2000, Content of *trans* fatty acids in margarines, plant oils, fried products and chocolate spreads in Austria, Eur. Food Res. Technol. 210:237–241.

WOLFF R.L., 1992, *Trans* -polyunsaturated fatty acid in french edible rapeseed and soybean oils, J. Amer. Oil Chem. Soc., 69:106–110.

WOLFF R.L., 1993-a, Heat-induced geometrical isomerization of α -linolenic acid: effect of temperature and heating time on the appearance of individual isomers, J. Amer. Oil Chem. Soc., 70:425–430.

WOLFF R.L., 1993-b, Occurence of artificial *trans* -polyunsaturated fatty acids in refined (deodorized) walnut oils, Sciences des Aliments, 13:155–163.

WOLFF R.L., 1993-c, Further studies on artificial geometrical isomers of α -linolenic acid in edible linolenic acid-containing oils, J. Amer. Oil Chem. Soc.,70:219–224.

WOLLF R.L., 1994, *Cis-trans* isomerization of octadecatrieonic acids during heating. study of linolenic (*cis*-5, *cis*-9, *cis*-12 18:3) acid geometrical isomers in heated pine seed oil, J. Amer. Oil Chem. Soc.,71:1129–1134.

WOLFF R.L. and SEBEDIO J.L., 1991, Geometrical isomers of linolenic acid in low-calorie spreads marketed in France, J. Amer. Oil Chem. Soc., Vol.68, No.10.

YILDIZ M., 1996, Margarin üretiminde yeni bir teknoloji: interesterifikasyon, Gıda Teknolojisi 1(5) 56–62.

ZAGARSKA Z., BAREJZA Z., 2001. *Trans* fatty acid content of some food products in poland, Journal of Food Lipids 8(4):271–279.

ZAGARSKA Z., PASZCZYK B., BOREJSZO Z., 2005, Content of *trans* C_{18:1} and *trans* C_{18:2} isomers and *cis9-trans11*- C_{18:2} (CLA) in fat blends, Journal of Food lipids, 12, 275–285.

EKLER

Ek 1. Şortening markalarına ait palmitik asit ($C_{16:0}$), stearik asit ($C_{18:0}$), toplam *cis* oleik asit ($C_{18:1}$), toplam *trans* oleik asit ($C_{18:1}$), toplam *cis* linoleik asit ($C_{18:2}$), toplam *trans* linoleik asit ($C_{18:2}$) ve toplam *cis* linolenik asit ($C_{18:3}$) arasındaki korelasyon katsayıları matrisi

YAĞ ASİTİ	$C_{16:0}$	$C_{18:0}$	<i>cis</i> $C_{18:1}$	<i>trans</i> $C_{18:1}$	<i>cis</i> $C_{18:2}$	<i>trans</i> $C_{18:2}$	<i>cis</i> $C_{18:3}$
$C_{16:0}$	1,000	-,389**	,137	-,347*	-,760**	,074	-,149
$C_{18:0}$	-,389**	1,000	-,338*	,221	,253	,186	,541**
<i>cis</i> $C_{18:1}$,137	-,338*	1,000	-,536**	-,354*	-,586**	-,494**
<i>trans</i> $C_{18:1}$	-,347*	,221	-,536**	1,000	-,58	,783**	,220
<i>cis</i> $C_{18:2}$	-,760**	,253	-,354*	-,058	1,000	-,275	,239
<i>trans</i> $C_{18:2}$,074	,186	-,586**	,783**	-,275	1,000	,250
<i>cis</i> $C_{18:3}$	-,149	,541**	-,494**	,220	,239	,250	1,000

Ek 2. Şortening markalarına ait palmitik (C_{16:0}), stearik (C_{18:0}), toplam *cis* oleik (C_{18:1}), toplam *trans* oleik (C_{18:1}), toplam *cis* linoleik (C_{18:2}), toplam *trans* linoleik (C_{18:2}) ve toplam *cis* linolenik (C_{18:3}) asitlerin standart sapma değerleri (\pm SD,%)

Yağ asitleri	Örnek Kodları														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C _{16:0}	1,9	0,2	1,1	0,5	1,1	1,0	1,2	0,5	0,9	1,4	0,6	1,0	0,9	1,4	1,9
C _{18:0}	0,2	0,4	1,0	0,5	1,0	0,3	0,4	0,3	1,1	0,9	0,7	0,3	0,4	0,8	0,9
C _{18:1} <i>cis</i>	0,5	0,6	0,8	0,3	0,8	0,8	0,9	0,4	1,2	0,7	0,5	0,6	0,8	1,3	1,2
C _{18:1} <i>trans</i>	0,6	0,3	0,5	0,6	1,0	0,9	0,6	0,5	0,4	1,0	0,5	0,6	0,4	1,2	0,8
C _{18:2} <i>cis</i>	0,5	0,4	1,0	0,7	0,4	0,6	2,0	0,3	0,4	0,8	0,5	0,9	1,2	0,7	0,9
C _{18:2} <i>trans</i>	0,2	0,2	0,4	0,3	0,3	0,4	0,1	0,2	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	0,4	0,1
C _{18:3} <i>cis</i>	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1
C _{18:3} <i>trans</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	-	0,1