

**KAHVALTILIK VE YEMEKLİK MARGARİNLERİN GENEL VE TRANS
YAĞ ASİTLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

77862

**A RESEARCH ON THE GENERAL AND TRANS FATTY ACIDS OF
BREAKFAST AND COOKING MARGARINES**

Göktay TAŞ

77862

Hacettepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin
Gıda Mühendisliği
Anabilim Dalı için öngördüğü
YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ
olarak hazırlanmıştır

Ankara

1998

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne;

Bu çalışma, jürimiz tarafından **GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda**
YÜKSEK MÜHENDİSLİK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan

:
Prof. Dr. Gürol ERGİN

Üye

:
Doç. Dr. Aydın ÖZTAN

Üye

:
Doç. Dr. Hamit KÖKSEL

ONAY

Bu tez/...../1998 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri
üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

...../...../1998

Prof. Dr. Seyfi KULAKSIZ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

ÖZET

Bu araştırmada ülkemizde gerek kahvaltılık, gerekse yemeklik yağ olarak tüketilen ve özellikle ‘fast food’ türü ürünlerin hazırlanmasında sıklıkla kullanılan margarinler, beslenme fizyolojisi açısından incelenmiştir.

Çalışmada 14 değişik marka kahvaltılık ve yemeklik margarin örneği ile bir adet ayçiçek yağı örneği incelemeye alınmış ve örneklerin genel yağ asidi bileşimleri ile trans yağ asitlerinin nicel ve nitel analizi yapılmıştır.

İncelenen yemeklik margarin çeşitlerinde kaprik ($C_{10:0}$) ve kaprilik ($C_{8:0}$) asitler, örneklerin çoğunda saptanamazken diğerlerinde ise % 0.20 gibi düşük miktarlardadır. Miristik asit oranı ($C_{14:0}$) örneklerin ikisinde saptanamazken diğer 7 örnekte % 0.22-1.49 arasında değişen oranlarda belirlenmiştir. Palmitik asit ($C_{16:0}$) oranının ise örneklerde % 18.65-29.07 arasında değiştiği dolayısıyla oksidasyon stabilitesinin sağlanabilmesi için margarinlere belirli oranda hurma yağının katıldığı saptanmıştır. Yemeklik margarin örneklerindeki stearik asit ($C_{18:0}$) oranının % 5.05-8.15 arasında değiştiği tesbit edilmiştir. Örneklerde oleik asit ($C_{18:1}$) oranı % 35.92 ile en yüksek değerine ulaşırken, % 24.83 ile en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir. Beslenme fizyolojisi açısından büyük öneme sahip olan linoleik asit ($C_{18:2}$) oranının % 23.9-% 10.61 arasında değiştiği saptanmıştır. Linolenik asit ($C_{18:3}$) oranı margarinlerde düşük değerlerde saptanırken, iki margarinde saptanamamıştır. İncelenen margarin örneklerin çoğunda araşidik asit ($C_{20:0}$) saptanamamıştır.

Yemeklik margarin örneklerinin tamamında trans yağ asidi içeriğinin % 10’dan fazla olduğu saptanmıştır. En yüksek trans yağ asidi içeriği ise % 24.34 oranında belirlenmiştir.

Analize tabi tutulan kahvaltılık margarinlerin hiçbirinde kaprik ve kaprilik asit saptanmazken sadece bir örnekte % 1.0’in altında lavrik asit varlığı saptanmıştır.

Örneklerin tümünde miristik asit miktarı %1.0'in altında saptanmıştır. Kahvaltılık margarinlerin palmitik asit oranının % 16.50-24.50 arasında değişmekle birlikte genellikle yemeklik margarinlerin palmitik asit oranından daha düşük olduğu bulunmuştur. Kahvaltılık margarinlerin stearik asit miktarının % 8-10 arasında değiştiği ve yemeklik margarinlerle aynı değerlere sahip olduğu dikkat çekmektedir. Bu sonuçlardan; kahvaltılık margarinlerin oksidasyon stabilitesini sağlayabilmek amacıyla hurma yağı kullanıldığı anlaşılmaktadır.

Kahvaltılık margarinlerin iki örneğinde trans yağ asidi miktarı % 1.40 ile % 1.90 gibi oldukça düşük değerlerde tesbit edilmiştir. Diğer iki örnekte ise bu oranın % 10 civarında olduğu gözlenmiştir. Kahvaltılık margarin çeşitlerindeki oleik ve linoleik asit oranları birbirine benzemekle birlikte % 27-35 arasında olup yemeklik margarin çeşitlerine kıyasla daha yüksek değerlerde bulunmuştur.

Piyasada yemeklik sıvı margarin adı ile satılan ürünün genel yağ asidi bileşimi ve trans yağ asidi içeriği incelenmiş ve düşük miktarda lavrik ve miristik asit içerdiği, palmitik asit oranının ise kahvaltılık ve yemeklik margarin çeşitlerinin aksine çok daha düşük miktarda olduğu belirlenmiştir (% 9.28). Bu ürünün trans yağ asidi içeriğinin % 1.60 gibi düşük düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu margarinin doymamış yağ asitleri toplamı % 75.5 olup incelenen diğer tüm margarin çeşitlerinden daha yüksek değerde olduğu bulunmuştur.

Araştırmanın sonuçları; ülkemizde birkaç margarin üreticisi dışındaki firmaların tümünde, trans yağ asidi oluşumunu artıran bir metot olan hidrojenasyon tekniğinin kullanıldığına işaret etmektedir. Ülkemizde geçmiş yıllarda yapılan diğer çalışmalarda da incelenen margarinlerin trans yağ asidi oranlarının yüksek değerlerde olduğu göz önüne alınırsa, üreticilerin margarinlerde trans yağ asidi oranını düşürmek için etkili bir çalışma yapmadıkları ortaya çıkmaktadır. Beslenme fizyolojisi açısından önem arz eden linoleik asit oranının, margarinlerin çoğunda yüksek düzeyde olduğu dikkat çekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Margarin, hidrojenasyon, trans yağ asitleri.

ABSTRACT

In this research, margarines used in our country (Turkey) for breakfast and cooking, and specifically the ones used in preparing fast food products, are investigated from the nutritional physiology perspective.

Samples of fourteen different brands of margarines used for breakfast and cooking as well as one sunflower oil sample are studied for their fatty acid compositions, and a qualitative and quantitative analysis of the trans fatty acids are performed.

For most of the nine cooking margarines that are under consideration, capric ($C_{10:0}$) and caprylic ($C_{8:0}$) acids are in very low quantities: 0.20 % for a few samples, and for others none was detected. Quantities of myristic acid ($C_{14:0}$) was not detected for two of the samples, for the other seven it varied in the range 0.22-1.49 %. Palmitic acid ($C_{16:0}$) quantities of the samples varied in the range 18.65-29.07 %. Palm fat was added to the margarines, in order to ensure that oxidation stability is maintained. Stearic acid ($C_{18:0}$) quantities were in the range 5.05-8.15 %. Oleic acid ($C_{18:1}$) quantity was the highest for samples with 35.92 % , and the lowest quantity was detected with 24.83 %. Linoleic acid ($C_{18:2}$), which is of great importance from the nutritional physiology perspective, was in the range of 23.96-10.61 %. Linolenic acid ($C_{18:3}$) was not detected in two samples and was in low quantities in the other samples. Arachidic acid was not detected in four of the samples, and it was in low quantities (0.33-1.11 %) in the others.

For all of the nine cooking margarine samples, trans fatty acids were more than 10%. The highest quantity of trans fatty acids was determined as 24.34 %. For the breakfast margarines which were analysed, no capric or caprylic acid was detected. Lauric acid was detected in only one of the samples with a quantity of under 1.0 %. Myristic acid was under 1.0% for all of the samples. Palmitic acid quantities for the breakfast margarines were in the range 16.50-24.50 %. In general, palmitic acid was detected in

lower quantities in breakfast margarines than the ones in cooking margarines. Stearic acid quantities of breakfast margarines were similar to the cooking margarines. 8-10 %. As can be deduced from the above results, palm fat was added to the margarines to maintain their oxidation stability.

Trans fatty acid was in quite low quantities (1.40-1.90 %) for first two samples of the breakfast margarines. For the other two samples, trans fatty acid quantity was higher: 10 %. Oleic and linoleic acid quantities for the breakfast margarines were in the range 27-35 %, lower than the ones for cooking margarines.

The product that is sold in the market under the name “cooking liquid margarine” was analysed for its fatty acid composition and trans fatty acid content. It has low quantities of lauric and myristic acid. Palmitic acid is also in lower quantities compared with the cooking and breakfast margarines. Trans fatty acid was detected in a low quantity of 1.60 %. The unsaturated fatty acids of the liquid margarine was at a ratio of 75.5 %, for the rest of the margarines analysed this ratio was higher. The fatty acid composition of the sunflower oil that was used in the study was found to be at its own characteristic values.

The results of the search shows that, in our country margarine producers, except of a few, use the hydrogenation technique that increases the trans fatty acid production. If we consider that margarines searched in the previous researches in our country had high quantities of trans fatty acids, producers are not searching in order to decrease the trans fatty acid level in margarines. Linoleic acid which is of great importance from the nutritional physiology perspective, was in the high quantities in the margarine samples.

Key Words: Margarines, hydrogenation, trans fatty acids

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, planlanması ve yürütülmesi aşamalarında büyük yardım ve desteğini gördüğüm danışman hocam Prof. Dr. Gürol Ergin'e içtenlikle teşekkür ederim.

Çalışmamın çeşitli aşamalarında ilgisini ve yardımlarını esirgemeyen Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği bilim uzmanlarından Dr. İsa Cavidoglu'na en içten teşekkürler.

Çalışmamın spektrofotometrik ölçümleri sırasında gösterdiği yardımlardan dolayı Uzman Nezire Saygılı'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamın yürütülmesi ve yazımı sırasında destek ve yardımlarını gördüğüm arkadaşım Arş. Gör. Betül Vazgeçer'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çeşitli zamanlarda hoş görülerine sığındığım bölümümüz öğretim üyeleri ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çalışmam sırasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili eşim Esin'e şükran borçluyum.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	6
3. MATERYAL VE METOT	27
3.1. Materyal.....	27
3.2. Metot.....	27
3.2.1. Araştırma Planı.....	27
3.2.2. Örneklerin Hazırlanması.....	27
3.2.3. Gaz Kromatografisi Yöntemi.....	27
3.2.3.1. Kromatografide Tanımlama ve Oransal Nicelik Tayini.....	28
3.2.4. F.T.I.R. (Fourier Transform İnfrared Spektroskopi) Yöntemi.....	30
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	31
4.1. Yemeklik Margarin Çeşitlerinin Genel Yağ Asidi ve Trans Yağ Asidi Bileşimi.....	31
4.2. Kahvaltılık Margarin Çeşitlerinin Genel Yağ Asidi ve Trans Yağ Asidi Bileşimi.....	35
4.3. Ayçiçek Yağı ile Yemeklik Sıvı Margarinin Genel Yağ Asidi ve Trans Yağ Asidi Bileşimi.....	37
5. ÖNERİLER	39
6. KAYNAKLAR DİZİNİ	42

İÇİNDEKİLER DİZİNİ (DEVAMI)

7.EKLER.....	45
Ek 1. Trans Yağ Asitinin F.T.I.R Spektumu.....	46
Ek 2. %10 Seyreltilmiş Trans Yağ asitinin F.T.I.R Spektrumu.....	47
Ek 3. %100 Seyreltilmiş Trans Yağ Asitinin F.T.I.R Spektrumu.....	48
Ek 4. YM1 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	49
Ek 5. YM2 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	50
Ek 6. YM3 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	51
Ek 7. YM4 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	52
Ek 8. YM5 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	53
Ek 9. YM6 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	54
Ek 10. YM7 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	55
Ek 11. YM8 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	56
Ek 12. YM9 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	57
Ek 13. KM1 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	58
Ek 14. KM2 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	59
Ek 15. KM3 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	60
Ek 16. KM4 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	61
Ek 17. AY Nolu Ayçiçek Yağı Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	62
Ek 18. SM Nolu Bitkisel Sıvı Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu.....	63
8.ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİLLER DİZİNİ**Sayfa**

Şekil 2.1. Trans monoenik yağ asitinin çok doymamış yağ asiti metabolizmasına etkisi.....

21



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Kullanılan Gaz kromatografisi aleti ve çalışma koşulları.....	29
Çizelge 4.1. Yemeklik margarin çeşitlerinin genel yağ asitleri ve trans yağ asitleri içeriği (%).....	31
Çizelge 4.2. Kahvaltılık margarin çeşitlerinin genel yağ asitleri ve trans yağ asitleri içeriği (%).....	35
Çizelge 4.3. Ayçiçek yağı ile yemeklik sıvı margarinin genel yağ asitleri ve trans Yağ Asitleri İçeriği (%).....	37

1. GİRİŞ

Çeşitli yağlar insan beslenmesinde ve sağlık üzerinde çok değişik fizyolojik etkilere sahiptirler. Yağların bu değişik etkilerinde farklı yağ asidi bileşimine sahip oluşları ve herhangi bir teknolojik işleme tabi tutulmuş iseler bu işlem sonucu uğradıkları değişim önemli rol oynamaktadır. Son zamanlarda gerek kalp-damar hastalıkları, gerekse kanser riski açısından önemli sorunlar yaşanması yağların insan sağlığı üzerine her iki konudaki etkilerinin sıklıkla incelenmesini gerekli kılmıştır. Beslenmede yağların en önemli fonksiyonu vücuda gerekli enerjinin sağlanmasında protein ve karbonhidrat gibi diğer besin öğelerine göre 2 kat daha fazla enerji sağlamasıdır. Bunun yanında esansiyel yağ asidi ve yağda çözünen vitaminleri içeriyor olması da yağın önemli fizyolojik özellikleri arasındadır. Çeşitli mineral maddeleri,enzimleri,cinsiyet hormonlarının öncülleri olan steroidleri içermesi de yağlara beslenme açısından ayrı bir önem kazandırır (Ergin, 1996).

Yağ asitleri yapılarında çift bağ bulunup bulunmamasına göre doymamış ve doymuş asitler olarak ayrılmakta; yağlar da bileşimlerinde bulunan asitlerin doymamışlık durumları dikkate alınarak doymuş ve doymamış yağlar olarak nitelendirilmektedir. Doymamış yağlar ise tekli ve çoklu doymamış yağlar olarak sınıflandırılırlar (Anonymous, 1992). Çift bağlı karbon atomu üzerinde farklı iki atom ya da atom grubu içeren doymamış bağlı yapıların iki geometrik izomeri vardır. Bunlar cis ve trans izomerleridir. Yağ asitlerinde trans formdaki yağ asitleri cis formdakilere göre daha yüksek erime ve donma noktasına sahip olup yağ çözücülerinde daha zor çözünürler (Chisholm et al., 1996; Ergin, 1996). Sıvı yağlardaki doymamış yağ asitlerinin bir bölümü doyurma işlemi sırasında bitkisel yağların doğal yapısında bulunmayan trans yağ asitlerine dönüşmektedir. Oluşan bu asitlerin kan lipoprotein fraksiyonlarına etkisi olduğu ve serum kolesterol oranını olumsuz yönde etkilediği araştırmacılar tarafından belirtilmektedir. Ayrıca doymuş yağ asitleri tüketiminin azaltılması istemlerinin trans yağ asidi tüketiminin artmasına neden olacağından endişe duyulmaktadır (Favier et al., 1996).

Bitkisel yağlar söz konusu olduğunda doyum tepkimesinden en fazla doymamış yapıdaki yağ asitleri etkilenmektedir. Bilinen yemeklik bitkisel yağlarda en fazla bulunan doymamış yağ asitleri oleik, linoleik ve linolenik asitlerdir. Bunlardan linoleik asit vücuttaki yadsınamayan işlevleri ve bu nedenle hazır olarak dışarıdan alınma zorunluluğu nedeniyle esansiyel özellik taşıırken, oleik asit te vücutta iyi huylu kolesterol olarak bilinen yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL)'ün sentezinde rol oynamaktadır. Buna bağlı olarak hidrojenasyon sonucu elde edilen katı yağlar margarine işlenirken, bir yandan bu yağ asitlerini fazlaca içeren yağlarla paçal yapılmakta, diğer yandan da üretimlerinde selektif koşullar yaratılarak özellikle oleik asit korunmaya çalışılmaktadır (Kayahan ve ark., 1996 b).

Yemeklik yağların hidrojenasyon işlemiyle katılaştırılması sırasında bünyelerindeki doymamış yağ asitleri katalizör eşliğinde doyurularak, bu yağdan daha yüksek derecede ergiyen ürünler elde edilmesi amaçlanır. Ancak burada tepkimeler kesinlikle sonuna kadar yürütülmez, yani sıfır iyot değeri istenmez. Bunun yerine kısmi veya selektif hidrojenasyon tekniklerinin birinden yararlanılmaktadır. Kısmi hidrojenasyonda, ürün belirli bir iyot değerine kadar doyurulmakta, selektif (seçici) hidrojenasyonda ise belirli bir iyot değeri amaçlanırken, aynı zamanda polienik yağ asitlerinin mümkün olduğu kadar monoenik yağ asitlerine dönüşmesini ve bu sırada monoenik yağ asitlerinin de mümkün olduğunca doymamasını sağlayan koşullar yaratılmaya çalışılmaktadır (Kayahan ve Tekin, 1994).

Çeşitli tıbbi araştırmalar, yoğun oranda doymuş yağ asidi içeren diyetler ile hem doymuş hem de doymamış yağlardaki trans yağ asitlerinin koroner kalp hastalıkları riskini arttırdığını göstermiştir. Uzmanlar diyetlerdeki doymuş yağ asitleri ile trans yağ asitleri miktarının düşürülmesi gerektiğini belirtmektedirler. Bu yüzyılın başlarında, hidrojen varlığında sıcaklık ve çeşitli metal katalizörler kullanılarak , doğal sıvı bitkisel yağları katı yağ haline dönüştüren bir yöntem geliştirilmiştir. Böylece fiziksel bir değişim meydana gelmektedir, çünkü doymamış yağların bir kısmı doymuş hale gelirken diğerleri doğal cis formlarından trans forma dönüşmektedirler. Kısmi Hidrojenasyon işlemi kısa sürede ticari

boyut kazanarak hayvansal yağlardan daha ekonomik fakat yüksek miktarda trans yağ asidi içeren bitkisel margarin elde edilmesini sağlamıştır (Willett and Ascherio, 1994).

Hidrojenasyon tekniği ile sertleştirilen yağların yemeklik yağ sanayii tarafından margarinlere işlenmeye başlaması ilk kez 1909 yılında gerçekleştiği bildirilmektedir (Anonymous, 1982). Hatta 1910 yılında margarin ve bitkisel şortening üretimi Amerika Birleşik Devletleri'nde nüfus başına yılda 4 kg düzeyinde gerçekleşmiştir. Sonraki yıllarda üretim oldukça artarak margarin kullanımı tereyağın yerini almaya başlamıştır. 1960'lı yıllarda daha fazla doymamış yağ tüketim eğilimi nedeniyle hidrojenasyon düzeyi düşürülmüştür. Böylece trans yağ asidi alımında toplam kalorinin % 2.2' si oranında bir azalma oluşmuştur. 1980 li yıllarda yapılan incelemelerde alınan ortalama trans yağ asidi miktarının toplam enerjinin % 2.1'ine denk olduğu ve bu oranın beslenme alışkanlıklarına göre değiştiği belirtilmektedir (Willett and Ascherio, 1994).

Son yıllarda trans yağ asidi alımı ile ilgili önemli değişiklikler oluşmuştur. Kızartma yağları 1985'den sonra uzun süreli hidrojenasyona tabi tutulmamaktadır. Çeşitli fast food restaurant zincirleri de kızartma için % 25-% 35 trans yağ asidi içeren kızartma yağlarını kullanmaktadırlar. Bu yüzyılın başlarında Amerika Birleşik Devletleri'nde kısmi hidrojene yağların kullanımındaki artış, şu sıralarda üçüncü dünya ülkelerinde de gözlenmektedir. Örneğin Hindistanda % 60'tan fazla trans yağ içeren kısmi hidrojene yağlar, o ülkenin bir çeşit tereyağının yerini almıştır. Ayrıca tropikal ülkelerde de yağların dayanıklılığını arttırmak için yüksek derecede hidrojene edilmiş yağ kullanımı en üst düzeye erişmiştir (Willett et al., 1992).

Trans yağ asidi içeren bu tür kısmi hidrojene yağlar raf ömrünün uzun olması ve diğer yağlara göre daha ucuz olmasına rağmen son yıllarda, sağlık üzerine olumsuz etkileri nedeniyle ilgi odağı olmaktadır. Bu araştırmaların yapılma nedeni; trans yağ asitlerinin doymuş yağlar ile aynı olumsuz etkilere sahip olma kuşkuları yanında doymamış yağlardaki özellikle esansiyel yağ asitleri gibi önemli metabolik fonksiyonlardan yoksun olmalarıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan epidemiyolojik çalışmalarda kısmi

hidrojene yağların tüketimi ile koroner kalp hastalıkları arasında bir ilişki olduğu gözlenmiştir. Metabolik çalışmaların bir çoğu trans yağ asitlerinin serum total kolesterolünü yükselttiğini göstermiştir. Son zamanlarda yapılan çalışmalarda trans yağ asitlerinin kan lipoprotein fraksiyonlarını etkilediği belirtilmektedir (Willett et al.,1992).

İzomerik cis ve trans yağ asitlerinin başlıca kaynağı bitkisel yağların hidrojenasyonu ile elde edilen margarinler, şortening ve kızartma yağlarıdır. Hidrojenasyon süresinin uzunluğu son üründe istenilen özelliklere bağlıdır. Hidrojenasyon sırasında karbon zinciri üzerinde doğal olarak bulunan cis çift bağ sayısında azalma meydana gelir, bu ise esansiyel yağ asitlerinin azalması demektir. Proses sırasında ürünün toplam yağ asitlerinin % 60'ı cis ve trans izomerler haline dönüşür. Oluşan pozisyonel izomerlerin % 90'ı monoenoik ve % 10'u dienoik olup, monoenoik yağ asitlerinden en çok oluşan trans-9-C_{18:1} (elaidik asit) ile trans-11-C_{18:1} (vaksenik asit)'dir (Galli et al., 1994).

Trans yağ asitleri geniş getiren hayvanların etlerinde ve sütlerinde düşük miktarlarda yer almaları nedeniyle insanların diyetlerinde sürekli bulunmaktadır. Oysa ki önemli miktarda trans yağ asidi alımı endüstriyel olarak üretilen başlıca trans oktadekenoik asit (elaidik asit)'in yer aldığı kısmi hidrojene bitkisel ve deniz hayvanı yağlarının tüketiminden kaynaklanmaktadır. Plazma lipidlerindeki trans yağ asidi dağılımı koroner kalp hastalığı riskini artırdığından son zamanlarda bu konu üzerine yoğun bilimsel ilgi toplanmakta ve bilim adamları tarafından yüksek oranlarda trans yağ asidi içeren gıdaların tüketiminde dikkatli olunması gerektiği belirtilmektedir. Bu yüzden Avrupa'daki bir çok margarin üreticisi düşük miktarda trans yağ asidi içeren ürünler üretme yoluna gitmektedirler (Ovesen et al., 1996).

Trans yağ asidi içeriği yüksek olan bir gıdanın kan kolesterol düzeyini artırıcı etkisi, doymuş yağ asidi yüksek olan gıdanın etkisinden düşük olmakla birlikte doymamış yağ asidi yüksek olan gıdanın etkisinden oldukça fazladır. Bu yüzden trans yağ asidi oranı

yüksek olan gıdalar ancak doymuş yağ asidi oranı yüksek olan gıdalara tercih edilebilir (Feldman et al.,1996).

Yapılan çalışmalar ile konuyla ilgili bilgi sahibi olan tüketiciler, trans yağ asitlerine kuşku ile bakmaktadırlar. Böylece aldıkları ürünlerde yağ asidi kompozisyonuna ve doymuş yağ ile trans yağ asidi içeriğine daha çok dikkat etmekte ve bu bilgilerin gıda ambalajı üzerinde yer almasını istemektedirler (Endres, 1994).

Araştırmacılar sağlıklı beslenme için günlük enerjinin en çok % 30'unun yağlardan alınması gerektiğini ve doymuş yağ tüketiminin ise alınan enerjinin % 10'undan düşük olması gerektiğini bildirmektedirler. Bu oranlara erişmek için yapılan diyet modifikasyonları ile trans yağ asidi alımında da önemli düşüş elde edileceği bildirilmektedir (Feldman et al., 1996).

Bu çalışmada; ülkemizde yaygın olarak tüketilen yemeklik ve kahvaltılık margarinlerin genel yağ asidi bileşenleri ile trans yağ asidi içeriğinin saptanması amaçlanmış ve elde edilen sonuçlardan yola çıkarak ülkemizde genel olarak kullanılan margarin üretim tekniği ve tüketilebilecek trans yağ asidi miktarı üzerinde yorum yapılmaya çalışılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Doymamış bir yağ asidindeki *trans* çift bağ, çift bağı oluşturan karbon atomuna bağlı hidrojen atomlarının karbon zincirinin farklı taraflarında yer almasıyla gerçekleşmektedir. *Cis* konfigürasyonda ise hidrojen atomları karbon zincirinin aynı tarafında yer alarak zincirin halat görünümünde olmasına neden olur (Dziezak, 1989; Ergin, 1996).

Trans yağ asidi konfigürasyonu *cis* yağ asidi konfigürasyonuna göre daha küçük çift bağ açısına ve daha doğrusal yapıya sahiptir. Bu da molekülün daha katı ve erime noktasının yüksek olmasına neden olur. *Trans* yağ asitleri hayvansal yağlar ve süt yağlarında düşük miktarda doğal olarak bulunmakta, yağların hidrojenasyonu sırasında ise yüksek oranlarda oluşmaktadır. Hidrojenasyon; yağların fiziksel özelliklerini değiştirme ve oksidatif tepkimelere karşı daha dayanıklı hale getirip tereyağı benzeri margarinlere dönüştürme amacıyla bu yağların çift bağlarının hidrojenle doyurulması işlemidir. Tüm dourma tepkimelerinde olduğu gibi hidrojenasyon bir katalizör ile yapılır. İdeal katalizörler, Pt ve Au gibi metallerdir. Ancak bunlar pahalı olduğundan daha ucuz olup aynı etkiyi gösteren ve inert bir maddeye emdirilmiş nikel kullanılır (Feldman et al., 1996). Sanayide dourma belli bir basınç altında yapılır. Hidrojenasyonda katı, sıvı ve gaz olarak üç faz oluşmaktadır. Bunlardan katı fazı katalizör, sıvı fazı trigliseritler ve gaz fazını da yağda belirli oranda çözünmüş hidrojen oluşturur. Bu oluşum için sıvı-gaz fazın katı faz üzerinde ve belli bir sıcaklıkta yer alması gerekir. Isı yardımıyla hidrojenin yağda çözünme oranı yükselirken , basınç çözünme oranını daha da artırır. Bu nedenle dourma işlemi süresince reaktördeki sıcaklık uygulanan teknolojiye göre 95⁰C-200⁰C arasında değişir, basınç 0-7 atm olabilir. Gaz fazı olarak kullanılan hidrojenin yüksek derecede saf olması gerekir (Ergin, 1996).

Hidrojenasyon işleminde ilk kademe konjuge dönüşümüdür. Daha sonra *cis-trans* dönüşümü ve çift bağ kayması olayları birbirinin içine girmiş halde ve birlikte yürümektedir. Bu dönüşümlerde, yağın doymamışlık derecesi, sıcaklık, basınç, hidrojen ve doymamış bileşenlerin katalizör yüzeyine difüze olabilme gücü ve en önemlisi de katalizörün poröz özellikleri ile birlikte desorpsiyon gücü, yani yüzeyinde tuttuğu doymamış bileşenleri belirli oranda doyurduktan sonra sıvı faza geri verebilme özelliği önem taşır. Çünkü araştırmacılar katalizör yüzeyindeki ürünün desorbe edilememesinin yan tepkimeler açısından en önemli sorun olduğunu ve desorpsiyonun yeterince gerçekleşmediği hallerde tepkimelerin çok daha hızlı gelişeceğini belirtmektedirler. Ancak burada yan tepkimeler denilince anlaşılan konjuge ve *trans* asit miktarlarının, birbirleriyle orantılı olarak artacağı düşünülmemelidir. Çünkü hidrojenasyon işlemlerinin yanı sıra, ham yağın rafinasyonu aşamalarında uygulanan ağartma işlemiyle ve oksidatif tepkimelerle de çeşitli izomerler meydana gelebilmektedir (Kayahan ve Tekin,1994). Hidrojenasyon sonunda elde edilen ürünün bileşim ve özellikleri; katalizör tipi ve konsantrasyonu, hidrojen basıncı, sıcaklık ve tepkime süresi gibi değişken işlem koşullarına bağlıdır (Kayahan ve ark., 1996-a).

Hidrojenasyon ortamdaki doymamış bileşiklerin hidrojenle doyurulmasıdır. Ancak, doyurma işleminin özellikle kısmi ya da seçici olarak uygulanması durumunda, ortamda doyurulmaksızın kalan bileşiklerde geometrik izomer çeşitlerinden *cis-trans* dönüşümü ile çift bağların farklı karbon atomları arasında yer almasından kaynaklanan yerel izomerlerin oluşumu da bir yan tepkime olarak ortaya çıkmaktadır (Mensink and Katan, 1990).

Hidrojenasyon işleminin sıvı yağdaki iyot değerinin sıfıra ulaşmasını sağlayacak şekilde tam olarak uygulanması halinde, doymamış bileşiklerdeki tüm çift bağlar doyurulduğundan, son üründe bu izomerlere rastlamak mümkün değildir. Sıvı yağların sertleştirilmesiyle elde edilen ürünlerin yemeklik katı yağa işlenmeleri söz konusu olduğundan, erime noktalarının vücut sıcaklığının altında olması, fizyolojik bir zorunluluktur. Bu nedenle de değinilen amaca yönelik bir hidrojenasyon işleminde sıvı

yağlar hiç bir zaman sıfır iyot sayısına sahip olacak şekilde doyurulmazlar (Baltes, 1975). Bu durumda da izlenen selektif ya da kısmi hidrojenasyon tekniği sonucu elde edilen yağlardan üretilen margarinlerde, hem yerel hem de geometrik izomeri gösteren yağ asitlerine rastlamak kaçınılmaz bir sonuçtur. Hatta bu bileşiklerin son ürünlerdeki varlığı, çoğu araştırmacılar tarafından hidrojenasyon işleminin selektif ya da kısmi şekilde uygulandığına dair güvenilir bir kanıt olarak kabul edilmektedir (Anonymous, 1982). Ancak son yıllarda, yemeklik katı yağ üretim tekniklerinde yeni yöntemlerin geliştirilmesi ve interesterifikasyon denilen bu tekniğe göre, yağların ergime noktaları, margarin üretimine uygun hale getirildiği halde, son ürünün doğal yağ asitleri yapısında herhangi bir değişikliğe veya dönüşüme neden olmaması (Kayahan, 1980), hidrojenasyon tekniği ile üretilen yağların beslenme fizyolojisi açısından yeniden değerlendirilmesine neden olmuştur. Bu kapsamda olmak üzere, tüketilen yağ miktarı ve niteliği ile kalp-damar hastalıkları arasındaki yeni bulgular ışığında, *trans* yağ asitleri, sağlıklı beslenme açısından yapılan araştırmalarla sorgulanmaya başlanmıştır. Çünkü yapılan araştırma bulgularına göre kısmi ya da selektif tekniklerle hidrojene edilen yağlarda, konjuge yağ asidi oluşumu doyma tepkimelerinin ilk kademesini oluştururken son ürünlerdeki *trans* yağ asitleri miktarı hiç de azımsanmayacak bir düzeye ulaşmaktadır. Nitekim, özellikle seçilen katalizör çeşitine bağlı olmakla birlikte, bir sıvı yağ iyot sayısı yarıya düşecek şekilde doyurulduğunda oluşan *trans* yağ asidi miktarı maksimuma ulaşmakta ve bu da ortamdaki doymamış yağ asitlerinin % 40-44'üne ulaşmaktadır (Kayahan ve Tekin, 1994).

Kısmi ya da selektif olarak hidrojene edilen yağlarda gerek konjuge, gerekse *trans* yağ asitleri oluşumu işlem koşullarına bağlı olmakla birlikte kullanılan katalizörlerin niteliklerinin de bu konuda etkili olduğu ifade edilmektedir. Bakırlı katalizörlerin kullanılması halinde % 10-25 oranında, nikelli katalizörlerin kullanılması halinde % 40-90 oranında *trans* yağ asidi oluşmaktadır. Homojen yapıdaki katalizörlerde ise bu dönüşüm, yapıdaki metal çeşitine bağlı olarak % 10-80 arasında değişmektedir (Baltes, 1975).

Ülkemizde margarine işlenmek üzere sertleştirilmiş yağ üretimi sırasında ve işletmelerin tamamında nikelli katalizörlerin kullanıldığı düşünülürse, tüketime sunulan margarinlerde hiç de azımsanmayacak düzeyde *trans* asitlerin bulunması hatalı bir beklenti olarak düşünülmemesi gereken bir konudur (Kayahan ve Tekin, 1994).

Margarin üretim teknolojisini geliştirmek üzere daha etkin katalizör, daha saf hidrojen ve daha kaliteli margarin elde edilmesini amaçlayan sayısız araştırma yürütülmüştür. Ancak yapılan tüm çalışmalara rağmen hidrojenasyon yoluyla üretilen ve margarine işlenen yağlarda, hammadde olarak kullanılan yağlara kıyasla önemli yapısal değişikliklerin oluşması bu gıda maddelerinin sağlıklı beslenme ilkeleri açısından sürekli irdelenmelerine neden olmuştur (Kayahan ve Tekin , 1994; Ergin, 1996).

Yakın bir geçmişe değin yapısında yer aldıkları yağın erime noktasını yükselterek bu yağların oda sıcaklığında katı formda bulunmasını sağlamaları nedeniyle margarin üretimi için kullanılacak katı yağlarda *trans* formdaki asitlerin bulunmasına özen gösterilirdi (Anonymous, 1982). Fakat son yıllarda, *trans* yağ asitlerinin vücut metabolizmasında tıpkı doymuş yağ asitleri gibi kandaki kolesterol düzeyini yükseltici etkide bulunduğu konusunda tartışmalar başladıktan sonra margarinlerdeki *trans* yağ asidi miktarı üzerinde çalışmalar başlamıştır (Anonymous, 1992).

Hidrojenasyon işleminde yağların erime derecesinin yükseltilmesi amaçlanmaktadır. Örneğin aynı zincir uzunluğuna sahip asitlerden *cis* yapıdaki tekli doymamış yağ asidi olan oleik asit ($9c-C_{18:1}$), *trans* yapıdaki elaidik asit ($9t-C_{18:1}$) ile doymuş yağ asidi olan stearik asidin ($C_{18:0}$) erime noktaları sırasıyla; $13^{\circ}C$, $44^{\circ}C$, $70^{\circ}C$ 'dir. Ticari olarak elde edilen *trans* yağ asitlerinin çoğu monoendirler. Hidrojenasyon işlemi uygun sıcaklık, basınç, süre, katalizörler ve ürün için istenilen nitelikte yağ seçimi ile kontrol edilir. Yağların kısmi hidrojenasyonu sonucu; *trans* izomerler ile doymuş ve doymamış yağ asitlerinden oluşan bir karışım elde edilir. Hidrojenasyon derecesi yükseldikçe çok doymamışların oranı düşerken tek doymamışlar ve *trans* yağ asitlerinin oranı yükselir. Doymuş yağ asitleri ise yavaş bir yükselme eğilimindedirler. A.B.D Gıda ve İlaç İdaresi (FDA) hidrojene yağı; oda sıcaklığında katı ve tipik olarak % 15-20 *trans* yağ

asidi içeriğine sahip olan; kısmi hidrojene yağı ise; oda sıcaklığında sıvı ve trans yağ asidi içeriği daha düşük olan yağ olarak tanımlamaktadır. Örneğin Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan bir çok bitkisel yağ düşük derecede hidrojene yağlardır (Feldman et al., 1996).

Trans yağ asitleri doğal olarak sığır ve koyun gibi hayvanların vücut yağlarında aynı tereyağında olduğu gibi % 4-11 oranında bulunmaktadır. Süt, tereyağı ve sığır yağlarındaki temel trans yağ asidi vaksenik asit (11t-C_{18:1})'dir. Trans yağ asidi ayrıca keçi ve geyik gibi hayvanların yağlarında da yer alır. Sommerfeld bitkilerde trans yağ asitleri ile çalışan az sayıda araştırmacıdan biridir. Çalışmalarında bitkilerin çok nadir olarak trans yağ asitleri içerdiğini ve içlerinde narın da bulunduğu altı çeşit bitki türünde % 70'ini Punisik asit (9c-11t,13c-C_{18:3})'in oluşturduğu trans yağ asidine rastlamıştır (Wolff, 1992; Feldman et al., 1996).

Çeşitli çalışmalardan yola çıkılarak, tüketilen *trans* yağ asidi miktarları tahmin edilmektedir. Bu değerler endüstriyel ülkelerde kişi başına günde 6.10-8.90 g olup alınan toplam enerjinin % 4'üne denk gelmektedir (Pettersen and Opstvedt, 1988). *Trans* yağ asidinin diyetteki en önemli ve sürekli kaynağı hidrojene bitkisel yağlardır. Bu yağların Amerikan diyetinin *trans* yağ asidi içeriğinin % 80-90'ını oluşturduğu bildirilmektedir (Ahmed, 1995).

Beslenme alışkanlıkları ile tüketilen *trans* yağ asidi miktarları hakkında bilgi edinebilmek için çeşitli anketler hazırlanmaktadır. Amerika'da uygulanan ve hangi gıdanın ne kadar sıklıkla tüketildiğini belirleyen "gıda frekans" anketi ile "uygunluk" anketini bunlara örnek olarak verebiliriz. Adipoz doku yağ asidi kompozisyonu tahlilleri de tüketilen trans yağ asidi miktarı hakkında bilgi almak için kullanılan bir başka yöntemdir. Bu yöntemle elde edilen verilerde, Amerika Birleşik Devletleri'nde tüketilen ortalama *trans* yağ asidi miktarının alınan toplam yağın % 8'i kadar olduğu ortaya çıkmaktadır (Galli et al., 1994; Feldman et al., 1996).

Yukarıda belirtilen bu yöntemlerin yapısında yer alan bazı sorunlardan dolayı *trans* yağ asidi alımında kesin ve doğru sonuçlar elde etme açısından özellikle bireysel anlamda birtakım sınırlandırmalar yapılması gerekmektedir. Örneğin; uygunluk anket sonuçları *trans* yağ asidi alımıyla ilgili tamamlanmamış bilgiler vermektedir. Çünkü kızartma için kullanılan kısmi hidrojene yağlardan büyük çoğunluğu kullanımdan sonra atılmaktadır. Gıda frekans anketleri de doğruluk açısından kuşkulu görülmektedir. Çünkü anket ile alınan bilgilerin değerlendirilmesinde, anketörler tarafından verilen cevaplarda yanlış hatırlama, porsiyon büyüklüğünün tam tahmin edilemeyişi gibi etkenler yanlış sonuçlara neden olabilmektedir. Adipoz doku analizleri ise uzun süreli (300-600 gün) *trans* yağ asidi alımını göstermektedir. Dolayısıyla bu süreç içerisinde *trans* yağ asidi oranları; kilo alımı, kilo verme, egzersiz yapma ve emzirme gibi dönemlerde farklılık göstermektedir. Bu nedenlerden ötürü *trans* yağ asidi alımı ile ilgili bilgilerin ortalama değerler olduğu kanısına varılmaktadır (Feldman et al., 1996).

Trans yağ asitleri özellikle hidrojene bitkisel ve deniz hayvanı yağlarında ve düşük miktarlarda kara hayvanı yağları ile et ve süt ürünlerinde yer almaktadır. *Trans* yağ asidi alımına neden olan başlıca gıdalar; ticari amaçla üretilen yağda kızarmış çörekler (% 37 *trans* yağ asidi), tavuk veya patates gibi yağda kızartılmış ürünler (% 36 *trans* yağ asidi), imitasyon peynir (% 35 *trans* yağ asidi), margarinler (% 11-49 *trans* yağ asidi) ve çikolata ile şekerleme yağlarıdır (% 27 *trans* yağ asidi). Amerika Birleşik Devletleri'nde 1970'den 1992 yılına kadar geleneksel margarin tüketimi aynı oranda kalmıştır (kişi başına 4.77-5.00 kg/yıl). Bu margarinler zincir uzunluğu 4-18 C atomuna sahip çeşitli *cis* ve *trans* yağ asitlerini içerirler. Çeşitli gıdaların hazırlanmasında hidrojene bitkisel yağların kullanılması *trans* yağ asidi alımının artışına neden olmaktadır (Carnoll, 1988; Feldman et al., 1996).

1970'lerden sonra kızartma ve pişirme işlemleri için bitkisel yağ kullanımının artışı, hayvansal yağ (tereyağı, kuyruk yağı ve domuz yağı gibi) tüketiminin azalmasına, düşük *trans* yağ içeriğine sahip margarinlerin marketlerde yer alması ise *trans* yağ asidi alımında azalmalara neden olmuştur (Holley and Phillips, 1995).

Trans yağ asidi tüketim miktarının, ABD’de ortalama kişi başına 25 ± 1.1 g/gün, Hollanda ve diğer Avrupa ülkelerinde ise 17 ± 0.5 g/gün olduğu ifade edilmektedir. Bu sonuç hidrojene yağların sıklıkla kullanıldığı ülkelerde *trans* yağ asidi alımının toplam enerjinin yaklaşık % 4’üne eşit olduğunu göstermektedir (Christie and Holt, 1993; Galli et al., 1994).

Berger (1996) tarafından İskandinav ülkeleri olan Norveç, İsveç, Finlandiya ve Danimarka’daki insanların diyetleri ile aldıkları *trans* yağ asidi miktarları incelenmiştir. Çalışmada insanların diyetleri ile aldıkları *trans* yağ asidi miktarının 2-10 g/gün olduğu belirtilmektedir. *Trans* yağ asitlerinin başlıca kaynaklarının; işlenmiş gıdalar, pastacılık ürünleri, soslar, et ve süt ürünleri olduğu ve Danimarka, İsveç ve Norveç’te *trans* yağ asidi alımının % 50-60’ının süt yağları ve hayvansal yağlardan oluştuğu bildirilmektedir. Çalışmada yeni üretim teknikleri ile margarinlerdeki *trans* yağ asidi miktarının azalması sonucu diyetle alınan *trans* yağ asidi miktarının düşmeye başladığı da belirtilmektedir.

Hidrojene bitkisel ve deniz hayvanı yağlarındaki *trans* yağ asitlerinin doymuş yağlar gibi hiperkolesterolemik ve aterosjenik etkileri olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Bu yüzden özellikle margarinler ve diğer ilgili gıdaların *trans* yağ asidi içeriğinin bilinmesi gerekmektedir. 1992 ve 1995 yıllarında tekrarlanarak yapılan bir çalışmada Danimarka’da marketlerde satılan tüm margarin çeşitlerinin *trans* yağ asidi içeriği saptanmıştır. Katı margarinlerde her iki yılda yapılan analizlerde yüksek miktarda (% 28) 9t-C_{18:1} elaidik yağ asidi saptanmıştır. Yumuşak ve yarı sert margarinlerde ise 9t-C_{18:1} oranının 1995 yılında 1992 yılına göre daha düşük olduğu belirlenmiş, hidrojene deniz hayvanı yağlarında ise daha yüksek oranda *trans* monoenik yağ asitleri saptanmıştır (% 15). Yumuşak ve yarı sert yağlarda 1992 yılında 9t-C_{18:1} oranı % 6.1 iken bu oran 1995 yılında % 2.2’ye düşmüştür. Bu yağların satış istatistiklerinden yola çıkılarak yapılan hesaplama sonucunda, üç yıl içerisinde kişi başına günlük *trans* monoenik yağ asidi tüketimi ile doymuş yağ asidi tüketiminin 1.4 g.

azaldığı ve bu boşluğu *cis* tek doymamış yağ asitleri ile çok doymamış yağ asitlerinin doldurduğu bildirilmektedir (Ovesen et al., 1996).

Yapılan bir çalışmada Yunanistan'daki marketlerden toplanan on çeşit margarinin yağ asidi kompozisyonu 1991 yılının hem Ocak hem de Haziran aylarında incelenmiştir. Çalışmada dört marka'nın % 40'dan fazla doymuş yağ asidi içerdiği, *trans* yağların ise genellikle monoenoik yağ asitleri olduğu ve geleneksel oranların elde edildiği, *trans* monoenoik yağ asitleri oranının % 5.40-% 9.54 arasında değiştiği, *cis-trans*, *trans-cis* 18:2 yağ asitleri oranının ise % 0.40-% 3.65 arasında değiştiği ve *trans-trans* 18:2 yağ asidi oranının % 0.00-% 1.23 olduğu belirtilmektedir. Yunanlı'ların gıda tüketim alışkanlıklarına bakarak margarin tüketiminin çocuklar için günde 9 g, yetişkinler için ise günde 2 g. olduğu bildirilmektedir. Aynı araştırmacıların Giritli 70 avukatın adipoz dokularında yaptıkları araştırmada; halen margarin tüketimleri oldukça düşük miktarlarda olmasına rağmen *trans* yağ asitleri varlığı saptandığı bildirilmektedir (Peraki et al., 1994).

Noakes ve Nestel (1994), Avusturalya'da yaptıkları bir çalışmada, geleneksel diyet alışkanlıklarına göre hazırlanan gıdalar ile beslenen kadın ve erkeklerin günlük *trans* yağ asidi alımlarının erkeklerde 6.5 g, kadınlarda ise 4.4 g olduğunu ve bu miktarın günlük diyet enerjisinin % 2.0-2.5'ine eşit olduğunu bildirmektedirler. Hidrojene margarinler ve ticari yağların fazla miktarlarda tüketimi ile *trans* yağ asidi alımının ikiye katlandığı da belirtilmektedir.

Bu konuda yapılan diğer bir çalışmada İskoç popülasyonunun diyetlerinde yer alan *trans* yağ asidi kaynakları ve değişim miktarları ile günlük *trans* yağ asidi alımı incelenmiştir. Bunun için yaşları 40-59 arasında değişen 10,359 İskoç kadın ve erkek üzerinde 1984-1986 yılları arasında yapılan çalışmada tüketilen *trans* yağ asidi değerleri cinsiyet, yaş, sigara tüketimi ve sosyal gruplara göre değerlendirilmiştir. Ortalama *trans* yağ asidi alımının erkeklerde 7.1 g/gün, kadınlarda ise 6.4 g/gün

olduğu saptanmıştır. Erkeklerin aldığı *trans* yağ asidi miktarının % 58'inin, kadınların aldığı *trans* yağ asidi miktarının % 61'inin hidrojenasyon sırasında oluşan *trans* yağ asitlerinden kaynaklandığı ve mümkün olabilecek en yüksek *trans* yağ asidi alımının 48 g/gün olduğu belirtilmektedir (Smith et al., 1995).

Avusturalya'nın üç değişik ilinde çeşitli marketlerden sağlanan 13 çeşit margarin, 5 çeşit tereyağı ve 2 çeşit hayvansal yağ örneklerinin yağ asidi kompozisyonu ile *trans* yağ asitlerini saptamak amacıyla GLC ve FTIR yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışma sonunda *trans* yağ asidi miktarının; margarinlerde % 9.2- % 16.2 arasında değiştiği belirlenmiştir (ortalama % 13.1). Tereyağı ve sütli ürünlerin % 3.2-% 4.1 (ortalama % 3.8) *trans* yağ asidi içerdiği, hayvansal yağların ise ortalama % 0.4 *trans* yağ asidi içerdiği bildirilmektedir. Diyetle alınan günlük *trans* yağ asidi miktarı 2.7-4.8 g/kişi olup, bu, *trans* yağ asitlerinin % 36-64'ünün margarinlerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır (Noakes and Nestel, 1994).

Bir çalışmada Belçika, Macaristan ve İngiltere'den alınan margarin örneklerinde *trans* yağ asitleri varlığı ve miktarları saptanmaya çalışılmıştır. *Trans* yağ asitlerinin çoğunlukla C_{18:1} izomerlerinden oluştuğu saptanmıştır. Belçika'dan alınan örneklerde % 0.8 - 17.8, Macaristan örneklerinde % 2.0 - 24.5 ve İngiliz örneklerinde % 7.7 - 11.3 *trans* yağ asidi varlığı belirlenmiştir. Belçika halkının margarinler ile aldıkları *trans* yağ asidi miktarının günlük 1.1 g/kişi olduğu, dolayısıyla *trans* yağ asidi içeriği sifıra yakın margarinler tüketilmesi ile günlük *trans* yağ asidi alımının çok düşük değerlere çekilebileceği açıklanmaktadır (Michels and Sacks, 1995).

Manteca ve Noble yaptıkları bir çalışmada; tavuğun beslenmesi sırasında çevreden aldığı gıdalardaki *trans* yağ asitlerinin belirgin oranda yumurtaya geçtiğini ve embriyo dokusunda da ortaya çıktığını saptamışlardır (Manteca and Noble, 1993).

İnsan sütündeki *trans* yağ asitlerinin varlığı; yeni doğmuş bir bebekde olumsuz fizyolojik ve besinsel etkiler oluşturabileceğinden çeşitli araştırmacılar tarafından inceleme konusu olmaktadır. Bu konuda yapılan bir araştırmada 198 Kanada'lı anneden alınan süt örneklerinde ortalama *trans* yağ asidi miktarının % 7.2 (t-C_{18:1}, t-C_{18:2}, t-C_{18:3}) olduğu saptanmıştır. Trans-C_{18:1} izomerlerinin dağılımının analizi insan sütündeki bu *trans* yağ asitlerinin asıl kaynağının kısmi hidrojene bitkisel yağlar olduğunu, buna karşılık süt ürünlerinin *trans* asitlere katkısının oldukça düşük olduğunu göstermiştir (Ratnayake and Chen, 1996). *Trans* yağ asitlerinin sağlık üzerine etkilerini tahmin edebilmek için; bu asitlerin, toplam serum kolesterolünün yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL) oranına etkisini ve yağ oranı ile koroner kalp rahatsızlıkları arasındaki ilişkiyi bilmek gereklidir. Şayet kısmi hidrojene yağlardan toplam enerjinin % 2'si kadar *trans* yağ asidi alınır ki bu oran ortalama Amerika'da tüketilen *trans* yağ asidi miktarıdır, bu durumda kandaki trigliserit oranında 0.14'lük bir artış meydana geldiği, bunun da kalp hastalıklarında % 7'lik bir risk artışına neden olduğu bildirilmektedir (Willett and Ascherio, 1994).

Trans yağ asidi alımı ile miyokardiyal enfarktüs riski arasındaki ilişki 90.000 kadın ile oluşturulan bir popülasyonla yapılan çalışmada araştırılmıştır. On yıl süreyle margarin alımı azaltılıp artırılmak suretiyle ve diğer koroner kalp rahatsızlık riski faktörleri sabit tutulmak koşuluyla yüksek miktarda *trans* yağ asidi (toplam enerjinin % 3.2'si) alanlarda düşük miktarda (toplam enerjinin % 1.3'ü) *trans* yağ asidi alanlara göre miyokardiyal enfarktüs riskinin 1.8 kat artış gösterdiği gözlenmiştir (Pettersson and Opstvedt, 1988).

Diyetsel izomerik *trans* yağ asitleri kardiyovasküler hastalık nedenleri arasında sayılmaya başlanmasına karşın bilimsel alanda çeşitli tartışmalara neden olmaktadır. Yakın zamanlarda yapılan çalışmalarda hidrojenasyon sırasında meydana gelen *trans* yağ asitlerinin hayvan deneylerinde elde edilen sonuçlara göre çok daha fazla olumsuz sağlık sorunlarına neden olduğu, düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL) ve yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterol (HDL) ile lipoprotein a (Lp(a)) konsantrasyonlarını olumsuz yönde etkilediği belirtilmektedir. Kardiyovasküler

rahatsızlıklardan ölen insanların adipoz dokularında diğer hastalıklardan ölenlerinkine oranla daha yüksek miktarda *trans* yağ asidi saptandığı bildirilmektedir (Galli et al.,1994).

Mensink ve Katan (1990), oleik asit yerine *trans* doymamış yağ asitleri kullanılmasının düşük dansiteli lipoprotein (LDL) kolesterol düzeylerini yükseltip yüksek dansiteli lipoprotein (HDL) kolesterol düzeylerini azalttığını bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre, alınan enerjinin % 11 kadarının *trans* yağ asitleri ile sağlanması, plazma kolesterolünü, oleik asit yerine doymuş yağ asidi karışımı (lavrik, miristik, palmitik asitler) kullanıldığı zamankinin yarısı kadar yükseltmiştir. *Trans* yağ asitlerinin kullanılması, LDL kolesterol konsantrasyonlarının, anlamlı şekilde daha düşük olmakla birlikte, doymuş yağ asitleri ile elde edilen düzeylere yükselmesiyle sonuçlanmıştır. Yine *trans* yağ asitleri, HDL kolesterol düzeylerinin oleik asitle yada doymuş yağ asitleri ile elde edilen değerlerden % 12 daha düşük olmasına yol açmıştır. Böylece *trans* yağ asitleri tüketildiği zamanki LDL/HDL kolesterol oranı, doymuş yağ asitleri tüketildiği zamankinden daha yüksek olmuştur.

Kontrol gruplarına yer verilerek gerçekleştirilip bilimsel yayınlarda yer alan diyet çalışmalarının sonuçlarına dayanan Hegsted ve arkadaşları tekli doymamış yağ asitlerinin, serum kolesterolünü bağımsız bir şekilde etkilemediğini bildirmişlerdir. Buna karşılık tipik Amerikan diyetinde yer alan miktarın yaklaşık 4 katı miktarda tüketilen *trans* tekli doymamış yağ asitlerinin LDL kolesterol düzeyini yükselttiği bulunmuştur. Bitkisel yağlarda bulunan *cis* tekli doymamış yağ asidi olan oleik asidin, bitkisel yağların kısmen hidrojenasyonu sırasında meydana gelen *trans* tekli doymamış yağ asitlerinin ve hayvansal yağlarla bazı tropikal yağlarda yüksek konsantrasyonlarda bulunan doymuş yağ asitlerinin kan lipidleri üzerinde birbirlerine kıyasla sahip oldukları etkiler; bu tür farklı yağları ve yağ asitlerini içeren besinler arasında seçim yapmak durumunda olan tüketicilerle, bu besinleri sağlayan gıda sanayii açısından büyük önem taşır. Kısmen hidrojene bitkisel yağlar, hayvansal yağlar ve diğer doymuş yağlar; erime noktası, oksidasyona karşı dayanıklılık gibi, istenen bir çok özellikler

bakımından birbirlerine benzediklerinden besin imalatı sırasında çok zaman birbirinin yerine kullanılmaktadır (Hegsted et.al.,1989).

Kırk yılı aşan süre içerisinde, hidrojene yağların plazma lipid konsantrasyonuna etkileri üzerine yapılan çalışmalarda ; hidrojene bitkisel yağ tüketenlerin bitkisel sıvı yağ tüketenlere oranla kan total kolesterol düzeylerinin yükseldiği ve doymuş yağlarla karşılaştırıldığında ise bu etkilerinin daha ılımlı olmakla birlikte benzer nitelikte olduğu sonucuna varılmıştır. Ayakta tedavi olan hastalar üzerinde yapılan ortak çalışmada diyetteki yağlar, hidrojene yağ ve sıvı yağ ile değiştirilmiştir. Hayvansal yağ yerine hidrojene yağın kullanımı sonucu kan lipid konsantrasyonu düşmüş ve hidrojene yağın da sıvı yağ ile değiştirilmesi sonucu kan lipid konsantrasyonundaki düşüş hızlanarak devam etmiştir (Feldman et al.,1996).

Yapılan bir çalışmada *cis* tekli doymamış yağ asitlerinin yerine aynı miktarda enerji sağlayan *trans* tekli doymamış yağ asitlerinin veya doymuş yağ asitlerinin tüketilmesinin kan lipid ve lipoproteinleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Altışar haftalık dört dönem halinde gerçekleştirilen ve dönemler arasında herhangi bir zaman aralığı bırakmayan bu çapraz çalışmaya yaşları 25-65 arasında değişen 64 gönüllü katılmıştır. Vücut kütle indeksleri, arzu edilen değerin % 85-120'si arasında değişen bu gönüllülerin anamnezlerinde kanser, kalp hastalığı, hipertansiyon, hiperlipidemi, diabetes, periferik damar hastalığı, gut, böbrek veya karaciğer hastalığı yada hormonal hastalıklar yoktur. Lipid düzeylerini düşüren ilaç kullananların çalışma dışında bırakıldığı bildirilmektedir. Çalışma başlangıcındaki total kolesterol düzeyleri ortalama 205 ± 23 mg/dl olan gönüllülerde HDL kolesterol düzeyinin erkeklerde 35 mg/dl, kadınlarda 40 mg/dl'nin üzerinde olması koşulu aranmıştır. Plazma trigliserit konsantrasyonlarının ise 300 mg/dl'nin altında olması öngörülmüştür. Çalışma sırasında hepsi aynı miktarda enerji veren ve toplam enerjinin % 15'inin proteinlerden ve % 40'ının yağ asitlerinden sağlandığı 4 deneysel diyet kullanılmıştır. Bunlar oleik asit diyeti, ılımlı (total enerjinin % 3'ü) miktarda *trans* yağ asidi içeren diyet, yüksek (total enerjinin % 6'sı) miktarda *trans* yağ asidi içeren diyet ve doymuş yağ asidi diyetidir. Gerek ılımlı gerekse yüksek miktarda *trans* yağ asidi içeren diyetlerle

doymuş yağ asidi diyeti sonrasındaki total/HDL kolesterol oranlarının, oleik asit sonrasındakinden anlamlı şekilde daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Bu bakımdan en yüksek orana yüksek miktarda *trans* yağ asidi içeren diyetten sonra rastlandığı ve bu değerin, diğer üç diyet sonrasındaki her değerden anlamlı şekilde daha yüksek çıktığı belirtilmektedir. İlmli miktarda *trans* yağ asidi sonrasındaki oranın, doymuş yağ asidi sonrasındakinden farksız olduğu, LDL/HDL kolesterol ve apo B/apo A-I arasındaki oran farkları ve anlam düzeylerinin, total kolesterol/HDL kolesterol oranı farklarına paralel olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada total ve LDL kolesterol düzeyleriyle ilgili olarak elde edilen sonuçlar, toplam enerjinin % 6'sını karşılayacak miktarda *trans* doymamış yağ asidi tüketilmesinin, aynı miktarda enerji veren, kolesterolemik doymuş yağ asitleriyle aynı yönde, ancak daha hafif etkide bulunduğunu, yani plazma kolesterolünü doymuş yağlar kadar fazla olmamakla birlikte artırdığını ortaya koymaktadır. Bu miktar *trans* doymamış yağ asidinin, ortalama ABD diyetinde bulunan miktardan fazla olduğu ve *trans* yağ asitleri ile doymuş yağ asitlerinin bu bakımdan etkilerinin karşılaştırılmasının, *trans* yağ asitlerinin diyetteki doymuş yağların yerini alması nedeniyle önemli olduğu belirtilmektedir. Elde edilen sonuçlar hem doymuş, hem de *trans* yağ asitlerinin plazmadaki total ve LDL kolesterol düzeylerini *cis* tekli doymamış bir yağ asidi olan oleik asite kıyasla yükselttiğini göstermektedir (Clevidence et al., 1994).

Otuzbir genç erkek üzerinde yapılan çalışmada kısmi hidrojene balık yağı, kısmi hidrojene soya yağı ve tereyağının serum lipidleri ve lipoprotein üzerine etkileri araştırılmıştır. Diyetlerdeki kolesterol kurutulmuş yumurta ile 420 µg/10µJ düzeyine getirilmiştir. Genç erkekler düzenli öğünler halinde 21 gün bu diyetle beslenmişlerdir. Toplam kolesterol ve LDL kolesterol miktarlarında; kısmi hidrojene balık yağı diyetinde, kısmi hidrojene soya yağı diyetine göre belirgin bir yükselme gözlenmiştir. Fakat tereyağı diyetinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Kısmi hidrojene balık yağı ile beslenenlerde LDL/HDL oranı, tereyağı ve kısmi hidrojene soya yağı ile beslenenlere oranla daha yüksek çıkmıştır. Trigliserit değerlerinde ise belirgin bir farklılık gözlenmemiştir. Kısmi hidrojene soya yağı ve balık yağı diyetleri ile beslenenlerde tereyağı diyeti ile beslenenlere oranla lipoprotein (a) değeri yüksek çıkmıştır. Sonuç

olarak kısmi hidrojene balık yağı ve aynı oranda tereyağı koroner kalp hastalıkları indikatörü olan lipid değerlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkilerin kısmi hidrojene balık yağının tekli ve çiftli doymamış *trans* yağ asitleri ile doymuş uzun zincirli yağ asitleri içeriğinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Almendingen et al., 1995).

Willett ve Ascherio (1994) tarafından yapılan bir çalışmada koroner kalp hastalığı, diyabet, hiperkolesterolemi, hipertansiyon rahatsızlığı olmayan toplam 85.095 kadın üzerinde 8 yıl süreyle *trans* yağ asidi alımları incelenmiştir. Bu süre içerisinde 431 koroner kalp hastalığı gözlenmiş ve bu hastalarda toplam alınan enerji ile tüketilen yağ asidi arasındaki ilişki incelendiğinde direkt bir korelasyon gözlenmiştir. Ayrıca topluluk içerisinde daha sık margarin tüketenlerin koroner kalp hastalığına yakalanma riskinin daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Yapılan bir çalışmada; orta derecede *trans* yağ asidi içeren diyet; zengin elaidik asit içeren *trans* yağ asitli diyet; zengin oleik asit diyeti ve doymuş yağ asitlerince zenginleştirilmiş diyet ile karşılaştırılmıştır. *Trans* yağ asitlerince zenginleştirilmiş diyetde başlıca elaidik asit olmak üzere alınan toplam enerjinin % 7'si kadar *trans* yağ asidi eklenmiştir. 27 orta derecede hiperkolesterolemik erkek hasta üzerinde yapılan bu denemede 3 hafta boyunca *trans* yağ asitlerince zenginleştirilmiş diyet ile doymuş yağ asitlerince zenginleştirilmiş diyetle LDL kolesterol düzeyi yükselirken diğer diyetlerde LDL ve toplam kolesterol düzeyinde belirgin düşüş gözlenmiştir. Önemli diğer bir bulgu ise zengin elaidik asit içeren diyetin, plazma lipoprotein a (Lp(a)) düzeyini diğer tüm diyetlere göre belirgin düzeyde yükseltmesidir. Ayrıca bu çalışmada elaidik asidin LDL kolesterolünü daha kolay okside olabilir hale getirdiği gözlenmiştir. Aynı diyetlerle beslenen Hollandalı bir grup üzerinde yapılan bir başka çalışmada yukarıdaki sonuçlara paralel sonuçlar elde edilmekle birlikte HDL kolesterol düzeyinde belirgin oranda azalma olduğu gözlenmiştir. Araştırmacılar burada elde edilen sonuçların nedenini; *trans* yağ asitlerinin protein transfer aktivitesinin yükselmesine neden olması dolayısıyla kolesterol esterlerinin HDL'den LDL'ye transfer olması olarak bildirmektedirler (Noakes and Nestel , 1994).

Polijenik hiperkolesterolemiye sahip 49 gönüllü hasta üzerinde tereyağ ve margarin ile hazırlanan diyetlerin serum lipitleri ve lipoproteinler üzerine etkilerinin altı haftalık iki periyod halinde incelendiği araştırmada; serum total lipoprotein, apolipoprotein B, apolipoprotein A₁ konsantrasyonları saptanmıştır. LDL kolesterolü ve apolipoprotein B konsantrasyonlarının margarin ile yapılan diyetle tereyağına göre % 10 daha düşük olduğu gözlenirken, HDL kolesterolü ve lipoprotein a düzeyleri her iki diyetle de eşit olarak bulunmuştur (Chisholm et al., 1996).

Fareler ile yapılan çalışmalarda trans yağ asitleri; linoleik asit (18:2 ω 6) ve α -linoleik asit (18:3 ω 3)'in zincir uzamasını ve mikrozomal desaturasyonu bozmaktadır. Bu oluşumlar ise ileriki dönem gelişimi sağlayacak önemli membran komponentleri olan 20 ve 22 C atomlu araşidonik asit ve dokozahekzaenoik asitlerin oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. *Trans* yağ asitleriyle beslenen yeni doğmuş farelerin ağırlık artışları ve gelişme trendi bozulmaktadır. Hayvanlardaki bu perinatal dönemdeki *trans* yağ asidinin olumsuz etkilerinden yola çıkılarak yapılan bir çalışmada ağırlıkları 1700 $\pm$ 127 g olan prematüre çocuklar üzerinde *trans* yağ asitlerinin benzer yan etkilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. Doğumdan 96 saat sonra belirlenen elaidik asit ve toplam *trans* yağ asitleri miktarı sırasıyla % 5 ile % 3.8 bulunmuştur. Prematüre bebekler dışarıdan besin almaya yeni başladıkları sırada her bir bebeğin plazma trigliseritlerinde, sterollerde ve fosfolipitlerde *trans* yağ asitleri saptanmıştır. Dolayısıyla bebeklerin plazma lipitlerinin anne karnındaki beslenmelerinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Bu yüzden *trans* yağ asitlerinin neden olduğu istenmeyen aterojenik risk faktörlerinde daha küçük yaşlarda artışlar olduğu saptanmıştır. Kolet'in yapmış olduğu çalışmaya göre de prematüre çocukların plazma kolesterol esterlerindeki elaidik asit miktarı ile doğuş ağırlıkları arasında ters bir ilişki olduğu bildirilmektedir (Galli et al., 1994).

Kardiyovasküler rahatsızlığa sahip hastaların başlıca ölüm nedeni olan trombozsis'in oluşumunda pıhtılaşmaya neden olan kan elemanın hassaslığının diyet ile alınan yağlar tarafından modifiye edildiği ve izomerik yağ asitlerinin trombogenesis'i

olumsuz yönde etkilediği çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Kanhai,1988; Clevidence et.al. 1994; Galli et.al.,1994).

Bolton ve arkadaşları diyetteki *trans* yağ asitleriyle kanser arasındaki ilişkiyi saptayabilmek amacıyla çalışmalarında çeşitli denek hayvanlarından yararlanmışlardır. Bu denekler üzerinde kimyasal olarak başlatılan tümörlere değişik diyet yağlarının etkisi araştırılmış ve kanser ile *trans* yağ asidi alımı arasında bir ilişki bulunmadığı belirlenmiştir (Schaub and Green,1988).

Bazı araştırmacılar tarafından *trans* yağ asitlerinin prostaglandin (PGE_1 , PGE_2 , PGI_2 ve TXA_2) üretimine herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmekle birlikte; farelere *trans* yağ asitleri verilmesi durumunda *cis* yağlara göre vazodilating PGE_2 /vazokonstriking $PGF_{2\alpha}$ oranında belirgin artış gözlendiği bunun da hipertansiyonu önleyici etkisi olduğu belirtilmektedir. *Trans* oktadekenoik asit; besinlerle yeterli miktarda linoleik asit alındığı sürece aykosanoid üretimini etkilememektedir (Şekil 2.1).

Şekil 2.1. *Trans* monoenik yağ asidinin çok doymamış yağ asidi metabolizmasına etkisi (Galli et al.,1994).



Besinlerle alınan linoleik asit miktarının düşük olması durumunda bile *trans* yağ asitlerinin linoleik asitten araşidonik asit oluşumunu azalttığı belirtilmekle birlikte

aykosanoid üretimi için belirli miktarda *trans* yağ asidi gerektiği ve oluşan aykosanoidin düşük düzeylerde gerçekleştiği bildirilmektedir (Galli et al.,1994). Ayrıca *trans* yağ asitlerinin prostaglandin ve leukotrien oluşumunda görev alan enzimleri de modifiye edici özellik taşımadığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Laryae et al,1988).

Gıda teknolojisindeki gelişmeler düşük *trans* yağ asidi içerikli gıda üretimine olanak sağlamaktadır. Hidrojenasyon prosesindeki ögelerde (sıcaklık, basınç, süre, katalizörler, yöntem ve başlangıç yağı) değişimler ile *trans* yağ asidi içeriğinde azalma meydana gelmesi kaçınılmazdır. İnteresterifikasyon prosesi (sıvı ya da katı yağların gliserol molekülünde yeniden düzenlenmeyi sağlayan kimyasal bir reaksiyon) ile bitkisel yağların işlenmesi sırasında *trans* yağ asidi oluşumu düşük düzeylere çekilebilmektedir. Bir başka yöntemde ise; çeşitli katı ve sıvı yağlar hidrojenasyon prosesinde sıvı faz yerine kullanılarak aynı etki elde edilebilmektedir. Bu proseste kullanılan katı yağın sıvı yağdaki doymuş yağ asidine katıldığı ve böylece katılaştan yağın doymuş yağ asidi oranı artarken *trans* yağ asidi miktarında herhangi bir değişim olmadığı çeşitli literatürlerde yer almaktadır. Genetik mühendisliğinin yağlık tohumlu bitkilerde tohumların yağ asidi kompozisyonuyla ilgili modifikasyon çalışmaları yapmakta olduğu ve gelişen gıda teknolojilerinin diyetlerdeki *trans* yağ asidi içeriğini düşük düzeylere getireceği birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Feldman et al., 1996).

Bilim adamları, bitkisel yağların hidrojene edilmeden doğal haliyle tüketiminin dengeli tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri alımı açısından öncelikle tercih edilmesi gerektiğini, ayrıca hidrojene olmamış bitkisel yağların (susam, soya yağı, ayçiçek yağı ve zeytinyağı gibi) birçok kızartma ve pişirme işlemlerinde kısmi hidrojene yağların yerine rahatlıkla kullanılabildiğini bildirmektedirler. Bir başka yağ çeşidi de hurma yağı olmakla birlikte bu konu üzerinde çok daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Hurma yağındaki doymuş yağ asitlerinin kan lipidlerini ve total kolesterol, HDL oranını, *trans* yağ asitlerine göre daha az etkilediği bildirilmektedir (Willett and Ascherio,1994)

Bir başka çalışmada insan diyetinde bulunan başlıca *trans* yağ asidi kaynağının margarin olduğu ve *trans* yağ asidi miktarının azaltılması için katı yağ kaynağı olarak hurma yağının kullanılması önerilmektedir. Hurma yağından elde edilen katı yağ daha yumuşak karakterli olmaktadır. Bu bileşiminden ötürü margarin ve şortening üretiminde kullanılan farklı yağlarla paçal yapılabilecek polimorfik özelliklere sahip olduğu, ayrıca hurma yağı içeriğindeki karotenoid, tokoferol ve tokotrienollerin uygun oranları sayesinde sahip olduğu anti-kanserojen etkileri nedeniyle de kullanıldığı, kızartma ve pişirme işlemlerinde hurma yağının kullanımıyla yüksek bir oksidatif stabilite ve uzun bir raf ömrü sağlandığı da belirtilmektedir (Berger, 1996).

Margarinlerin *trans* yağ asidi içeriğinin azaltılmasına ilişkin bir çalışmada biri erime noktası 42.2°C olan ve % 40 kısmi hidrojene çığit yağı, % 40 hidrojene edilmemiş çığit yağı ile % 20 zeytinyağından oluşan; diğeri erime noktası 67.2°C olan % 86.5'i lipaz interesterifikasyonu ile sertleştirilmiş çığit yağı ile ve % 13.5'i tamamıyla hidrojene edilmiş soya yağı içeren (*trans* yağ asidi içermeyen) iki margarin çeşidi ticari olarak soya yağından elde edilen margarin ile karşılaştırılmıştır. Araştırmada *trans* yağ asidi içermeyen margarinin ticari margarin ile aynı özelliği taşıdığı ve % 20 zeytin yağı içeren margarinin ise daha olumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir (Muhammed et al., 1995).

Bir çalışmada; 38 sağlıklı erkek 6 hafta boyunca o bölgede yaşayan insanların normal beslenme alışkanlıklarını içeren bir kontrol diyeti ile beslenmişlerdir. Bu süre sonunda gerekli incelemeler yapıp belli bir bekleme sürecinin ardından aynı kişiler % 70 hurma yağı içeren margarin, kızartma yağları, dondurma ve fırıncılık ürünleri ile tekrar 6 hafta boyunca beslenmişlerdir. Deney sonucunda alınan toplam yağ asitlerinden miristik asit değeri kontrol diyetinde % 4.7 iken hurma yağında % 2.4'e stearik asit % 8.6'dan % 6.9'a düşerken palmitik asit değeri % 20.8'den % 28.6'ya yükselmiştir. Linoleik asit (% 13.3) ve oleik asit (% 38) değerlerinde değişme gözlenmemiştir. Kontrol diyetinde toplam *trans* C_{18:1} yağ asidi % 4.7 iken hurma yağlı diyetinde ise bu oran % 2.1'e düşmüştür. *Trans* C_{18:1} oranı; serum trigliseritinde % 3.5'ten % 2.8'e; platelet fosfolipitlerinde ise % 1.0'dan % 0.7'ye düşmüştür. Hurma yağı diyetinde serum lipoprotein a (Lp (a)) düzeyinde % 10 oranında belirgin bir düşüşle birlikte

LDL/HDL oranında % 8 gibi önemli bir düşüş gözlenmiştir. Bu çalışmada alışılan diyetin yerine hurma yağı içeren diyetle beslenme sonucunda serum lipoprotein bileşenlerinde olumlu yönde değişimler olduğu, dolayısıyla yüksek stearik ve/veya palmitik asit içeren doymuş yağların hidrojene yağlara oranla daha sağlıklı olup olmadıkları konusunda çalışmalar yapılması gerektiği bildirilmektedir (Galli et al., 1994; Wood et al., 1993).

Willet ve Ascherio (1994)'ya göre, doymuş yağ asitleri miktarının gıda ambalajı üzerinde yer alması gerekliliğinin FDA tarafından 1994 yılının mayıs ayından itibaren yürürlüğe konması; trans yağ asidi ile çalışma yapan araştırmacıların trans izomer içeriklerinin de etiket üzerinde yer alması istemlerinin gün geçtikçe artmasına neden olmuştur. Çünkü gıda üreticileri doymuş yağ asidi miktarını düşürmek ve aynı özellikte ürün elde edebilmek için trans yağ asidi miktarını artırma yoluna gidebilmektedirler. Örneğin Kanada'da yapılan araştırmalarda doymuş yağ asidi düşük olan ürünlerin trans yağ asidi içeriğinin yüksek olduğu gözlenmiştir. Trans yağ asitlerinin olumsuz etkilerini bilmezlikten gelmek ne kadar yanlış bir tutum ise, bu olumsuz etkilerinin doymuş yağ asitlerinden daha yüksek olduğu kanısına varmak ta o kadar yanlıştır. Trans yağ asitleri ile çalışma yapan araştırmacılar; gıda etiketi üzerinde trans izomerlerle ilgili bilgi olması gerekliliği hakkında görüşlerini FDA'ya belirtmişlerdir. Fakat konunun yeni olması, argümanlarının yetersiz görülmesi, halkın bu yeni konu hakkında bilgi sahibi olmayışı göz önüne alınarak başvuru kabul edilmemiştir. Araştırmacılar özellikle fast food gibi trans yağ asidi içeriği yüksek olan işlenmiş gıdaların etiketinde trans yağlar ile ilgili bilgilerin yer alması gerekliliğini vurgulamaktadırlar.

Kanada Sağlık Koruma Kurulu tarafından, gıda firmalarına trans yağ asidi içeren ürünlerinin etiketlerinde konuyla ilgili bilgi verilmesi gerekliliği getirilmiştir. FDA, son yapılan çalışmalara dayanarak ürünlerin üzerinde trans yağ asitleri ile ilgili etiket olmasının uygun görüldüğünü, fakat bu konuyla ilgili zorunluluk için henüz erken olduğunu bildirmektedir. İngiltere'de ise İngiliz Beslenme Örgütü (BNF) yayınladığı bir bildiride, İngiltere'de alınan günlük ortalama trans yağ asidi miktarının 4-6 g/kişi

olduğu ve bu oranın herhangi bir sağlık sorunu yaratmayacağı belirtilmektedir (Anonymous, 1995).

Epidemiyolojik, diyetel ve biyokimyasal çalışmalar izomerik yağ asitlerinin ve özellikle trans yağ asitlerinin kardiyovasküler rahatsızlıklarda önemli rol oynadıklarını ortaya çıkarmaktadır. Bu izomerlerin olumsuz etkilerinin, esansiyel yağ asitlerinin metabolizmasını etkilemelerinden ve/veya diğer kan hücrelerine etkileri ile kanın pıhtılaşmasını sağlayan (platelet fonksiyonu) ögelerine etkisinden kaynaklandığı, ve bu konu üzerinde daha fazla çalışma yapılması gerektiği araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Galli et al., 1994).

Clevidence ve ark. (1994), trans yağ asitlerinin plazma kolesterol ve lipoprotein konsantrasyonlarında değişiklik meydana getirme mekanizmalarının, doymuş yağ asitlerinin aynı yöndeki etki mekanizmalarından farklı görüldüğünü; nitekim doymuş yağ asitlerinin HDL kolesterol düzeyini yükseltme ya da en azından değiştirmeme özelliğine sahip olduğunu; oysa yüksek konsantrasyonda trans yağ asitlerinin böyle bir özellik taşımadığını belirtmektedirler. Araştırmacılar, trans yağ asitlerinin kolesterol düzeyini yükselten doymuş yağ asitlerine kıyasla insan sağlığı üzerindeki etkilerinin bir bütün olarak kısa süreli ve yalnızca plazma lipitleri üzerine etkilerini inceleyen çalışmalarla değerlendirebilmenin zor olduğunu bildirmektedirler. Araştırmacılar, plazma LDL kolesterol düzeylerindeki yükselmelerle HDL kolesterol düzeylerindeki azalmalar ve kardiyovasküler rahatsızlık riskinin artması arasında epidemiyolojik bağlantılar olduğunu, ama diyetdeki trans doymamış yağların kanın pıhtılaşması ve kan basıncı gibi diğer önemli risk faktörleri üzerindeki etkilerinin birbirleriyle çeliştiğini söylemektedirler. Bu nedenle de deneysel verilerin diyet önerilerine dönüştürülmesi sırasında dikkatli olunması gerekir. Bu araştırmacılar trans yağ asitlerinin insan sağlığı üzerindeki rolü konusunda ayrıntılı bilgiler elimizde olmadığı sürece besinlerin yağ asidi bileşiminin değiştirilip değiştirilmemesi ve değiştirilecekse bunun nasıl yapılması gerektiği konusunda görüşler öne sürmenin ya da insanlara hidrojenlenmiş yağ veya trans yağ asidi tüketimi ile ilgili önerilerde bulunmanın zor olduğunu öne sürmektedirler.

Değişik araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalardaki sonuçların birbiriyle çelişkili oluşu trans yağ asidi tüketilmesinin diğer koroner risk faktörleri üzerindeki etkilerini ortaya çıkaracak daha geniş çalışmalara ihtiyaç bulunduğunu göstermektedir (Ratnayake et al., 1990).



3.MATERYAL VE METOT

3.1.Materyal

Araştırmada, Ankara piyasasında satışa sunulan farklı üreticilere ait kahvaltılık ve yemeklik margarin çeşitleri ile ayçiçek yağı ve piyasada yemeklik sıvı margarin adıyla satışa sunulan margarin materyal olarak kullanılmıştır. Toplam 15 yağ örneği incelemeye alınmıştır.

3.2.Metot

3.2.1.Araştırma Planı

Bu çalışmada kullanılan örneklerin genel yağ asidi bileşimleri ile trans yağ asitlerinin nicel ve nitel analizi yapılmıştır.

3.2.2.Örneklerin Hazırlanması

Materyal olarak sağlanan margarinler 100 ml'lik beherlere alınmış ve 50-55 °C 'deki etüvde eritilmiştir. Eritilen materyaller aynı etüvde bulunan erlenmayere süzgeç kağıdından geçirilerek süzölmüştür. Bu işlem ile yabancı unsurlarından arındırılan yağların analizi yapılmıştır.

3.2.3.Gaz Kromatografisi Yöntemi

Gliseridlerdeki genel yağ asidi bileşenlerinin belirlenmesi için Christie (1973)'de belirtilen yöntem uygulanmış ve örnekler Borontriflorit-metanol karışımıyla esterleştirildikten sonra Çizelge 3.1'de çalışma koşulları verilen gaz kromatografisi cihazına enjekte edilmiştir. Sonuçlar yüzde olarak metil ester dağılımı halinde integratör aracılığı ile saptanmıştır.

Uygulanan yöntem şöyledir:

Küçük bir şifli balona 0.15-0.20 gr yağ örneği tartılır. Üzerine 5 ml 0.5 N metanollü KOH çözeltisi ilave edilir. Kaynama taşı atılarak geri soğutucuya bağlanır ve kaynayan su banyosu üzerinde 10 dakika kadar tutularak sabunlaşma sağlanır. Soğutucunun üzerinden 5 ml BF₃-metanol reaktifi aktarılır. 2 dakika daha kaynatılır ve yine soğutucu üzerinden 5 ml heptan akıtılarak 1 dakika daha kaynatılır, su banyosundan alınarak soğutulur ve 25 ml'lik bir balonjojeye aktarılır. Esterleşmenin yapıldığı balon doymuş NaCl çözeltisi ile çalkalanarak bu da 25 ml'lik balonjojenin boynuna gelene kadar ilave edilir. Balon joje kapatılarak birkaç defa ters çevirme sureti ile çalkalanır. Fazların iyice ayrışması beklenir. Üstteki heptan fazından mikropipetle 1 ml kadar çekilerek küçük bir kapaklı cam şişeye aktarılır. Kalmış olabilecek suyu tutmak için birkaç kristal anhidrik sodyum sülfat ilave edilir. Şişenin üzerinden azot gazı verilerek havası boşaltılır, ağzı kapatılarak Gaz-kromatografisi cihazına verilmeye kadar buzdolabında saklanır.

3.2.3.1.Kromatografide Tanımlama ve Oransal Nicelik Tayini

Yağların uçucu metil esterlerine dönüştürülen yağ asitlerinin gaz kromatografisi cihazı ile birbirinden ayrıştırılması, kolondan çıkma süreleri göz önüne alınarak ve gerektiğinde standart yağ asidi metil esterleri kullanılarak teşhisi ve her yağ asidi metil esterinin pik alanının pik alanlarının toplamına oranından, o yağ asidinin tüm yağ içindeki niceliğinin saptanmasına dayanır.

Yağ asidi bileşimi belirlenecek olan yağ örneği metil esterlerine dönüştürüldükten sonra Çizelge 3.1'de verilen koşullarda gaz-kromatografisi cihazına uygulanır. Yapılan işlem şöyledir:

Cihazdan önce taşıyıcı gaz geçirilir. Çalışma sıcaklıkları ayarlanır. Örneklerin, hazırlanan metil esterlerinden, Hamilton şırıngası ile 2 mikrolitre kadar alınarak enjeksiyon kolonuna enjekte edilir. İğne geri çekildiğinde, kaydedici, kağıt üzerinde solventten gelen ilk piki verir ve bu nokta referans olarak işaretlenir. Tüm piklerin

çıkışı sona erdiğinde, kalem başlama hattına döner. Düşük karbon sayılı ve doymuş yağ asidi metil esterlerinin kolondan daha önce çıktıkları bilindiğinden, esterler, piklerin grafik üzerindeki relatif yerlerine göre ve gerektiğinde internal ve/veya eksternal standartlar kullanılarak tanımlanabilirler. Oransal niceliklerin hesaplanmasında ise, cihaza bağlanmış ve senkronize çalışan integratör kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1 Kullanılan Gaz-kromatografisi aleti ve çalışma koşulları

Alet	HP 5890 seri II
Dedektör	FID
Kolon	HP-1 30 mx0.53 mmx0.88 μ m
İntegratör	HP vectra PC
Enjeksiyon Parametreleri	
Sıcaklık	250 $^{\circ}$ C
Enjekte edilen hacim	2 μ l
Taşıyıcı gaz	Helyum, 61cm/san. 60 $^{\circ}$ C
Fırın parametreleri	
İlk sıcaklık	60 $^{\circ}$ C
Son sıcaklık	220 $^{\circ}$ C
Dedektör parametreleri	
Sıcaklık	320 $^{\circ}$ C
Taşıyıcı gaz	Nitrojen, 30ml/dak. Hidrojen, 30ml/dak. Hava, 295ml/dak

3.2.4. F.T.I.R. (Fourier Transform İnfrared Spektroskopisi) Yöntemi

Çeşitli kimyasal bağlar ve fonksiyonel gruplar infrared ışığına maruz kaldıklarında farklı titreşim ve gerilim göstermektedirler. Bu titreşim ve gerilim davranışlarının belli dalga boylarında karakteristik pikler şeklinde ortaya çıkması infrared spektroskopisinin temel prensibini oluşturur. Trans yağ asitlerinin karakteristik piki $925-1020\text{ cm}^{-1}$ aralığı içerisinde ortaya çıkmakta ve trans yağ asidi miktarına bağlı olarak pikin şiddeti değişmektedir. Bu yöntemin uygulanışı oldukça basit olup birkaç dakika içerisinde sonuç elde edilmektedir. Bu çalışmada AOAC (1990)'ın resmi yöntemleri arasında yer alan infrared spektroskopisi ile margarin ve şorteninglerde trans yağ asitleri tayini yönteminin Kayahan ve ark. (1996-a) tarafından geliştirilen bir modifikasyonu uygulanmıştır. Çalışmada standart trans yağ asidi olarak elaidik asit (Merck) kullanılmıştır. Standart trans yağ asitlerinden çeşitli derişimlerde CCl_4 çözeltileri hazırlanarak kalibrasyon eğrisi hazırlanmış ve bu kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak kahvaltılık ve yemeklik margarin örnekleri ile diğer yağların trans yağ asidi içerikleri saptanmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada Ankara piyasasında satışa sunulan kahvaltılık ve yemeklik 14 adet değişik marka margarin örneği ile bir adet ayçiçek yağı örneği genel yağ asidi bileşimi ve trans yağ asidi içeriği bakımından analize tabii tutulmuştur. Margarin örnekleri Ankara'nın çeşitli semtlerindeki marketlerden ve margarin pazarında söz sahibi olan markalardan sağlanmıştır.

4.1.Yemeklik Margarin Çeşitlerinin Genel Yağ Asidi ve Trans Yağ Asidi Bileşimi

Çizelge 1'de analizi yapılan yemeklik margarin çeşitlerinin genel yağ asidi bileşimleri ile trans yağ asidi içerikleri topluca gösterilmiştir (%).

Çizelge 4.1. Yemeklik margarin çeşitlerinin genel yağ asitleri ve trans yağ asitleri içeriği.

YAĞ ASİTLERİ (%)

ÖRNEK NO	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1 Trans	C18:1 Cis	C18:2	C18:3	C20:0
YM1	-	iz	-	0.22	22.58	-	6.62	24.34	28.32	16.93	-	0.96
YM2	-	-	-	0.24	22.17	-	6.34	22.46	24.83	23.96	-	-
YM3	-	-	iz	1.41	23.09	0.47	6.01	21.10	34.28	10.61	2.13	0.88
YM4	iz	0.21	0.59	0.86	27.55	0.20	5.75	20.12	33.09	11.05	0.54	-
YM5	0.24	-	0.64	-	21.85	-	5.05	19.66	33.18	17.72	0.91	0.72
YM6	-	-	0.16	-	18.65	-	8.15	15.45	34.49	21.93	0.82	0.33
YM7	0.21	-	0.08	0.56	29.07	-	6.66	12.64	33.94	16.28	0.53	-
YM8	-	-	iz	0.31	27.76	-	7.38	14.51	31.52	17.27	1.21	-
YM9	-	iz	-	0.38	28.01	-	7.12	11.00	35.92	14.86	1.41	1.11

*YM: Yemeklik Margarin

İncelenen yemeklik margarin çeşitlerinde kaprilik asit (C_{8:0}) miktarı 5 ve 6 nolu margarin çeşitinde sırasıyla % 0.24 ve % 0.21 gibi çok düşük miktarlarda bulunmakla birlikte 4 nolu margarin örneğinde iz miktarda saptanmış, diğer yemeklik margarinlerde ise saptanamamıştır. Aynı durum kaprik asit (C_{10:0}) için de geçerli olup

4 nolu margarin çeşitinde % 0.21 oranında kaprik asit yer alırken 1 ve 9 nolu margarinlerde iz miktarda olup diğer margarin örneklerinde bulunamamıştır.

Lavrik asit ($C_{12:0}$) analizi yapılan 9 adet yemeklik margarinin 3 ve 8 nolu örneklerinde iz miktarda belirlenirken 1, 2 ve 9 nolu örneklerde saptanamamıştır; diğer dört yemeklik margarin çeşitinden 4 ve 5 nolu örneklerde sırasıyla % 0.59 ve % 0.64 oranında olduğu görülmüştür. 6 ve 7 nolu örneklerde ise sırasıyla % 0.16 ve % 0.08 oranında ve 4 ile 5 nolu örneklere oranla çok düşük miktarda saptanmıştır.

Miristik asit ($C_{14:0}$) 5 ve 6 nolu örneklerde saptanamazken, diğer 7 örnekten 3 ve 4 nolu margarin çeşitlerinde sırasıyla % 1.41 ve % 0.86 oranında belirtilmiştir. 1, 2, 7, 8 ve 9 nolu örneklerde % 0.22-% 0.56 gibi birbirine yakın ancak 3 nolu örnekten çok daha düşük oranlarda belirlenmiştir.

Palmitik asit ($C_{16:0}$) oranı ise örneklerden 6 nolu margarin örneği (% 18.65) hariç tüm örneklerde % 21.00'in üzerinde çıkmıştır. 1, 2, 3 ve 5 nolu örneklerin palmitik asit değerleri birbirine yakın ve sırasıyla % 22.58, % 22.17, % 23.09, ve % 21.85 olarak saptanmıştır. 4, 7, 8 ve 9 nolu örneklerde de benzer sonuçlar elde edilmiş olup diğer örneklere göre daha yüksek miktarlarda ve sırasıyla % 27.55, % 29.07, % 27.76 ve % 28.01 oranlarında saptanmıştır. Dolayısıyla oksidasyon stabilitesinin sağlanabilmesi için yemeklik margarinlere belirgin oranda palm yağının katıldığı düşünülmektedir.

Margarinlerin plastisitesini olumlu yönde etkileyen stearik asit ($C_{18:0}$) miktarının incelediğimiz örneklerde birbirine yakın değerlerde ve % 5.05-% 8.15 arasında değiştiği görülmüştür. Stearik asit 4 ve 5 nolu örneklerde sırasıyla % 5.75 ve % 5.05; 1, 2, 3 ve 7 nolu yemeklik margarin örneklerinde sırasıyla % 6.62 % 6.34, % 6.01 ve % 6.66 olarak saptanmıştır. 6, 8 ve 9 nolu örneklerde belirlenen stearik asit oranı % 7'nin üstünde olup sırasıyla % 8.15, % 7.38, % 7.12 dir.

Kayahan ve Tekin (1994)'in, Türkiyede üretilen bazı margarinlerde belirledikleri kaprik, kaprilik, lavrik, miristik, palmitik ve stearik asit bileşimleri, çalışmamızdaki değerlerle paralellik göstermektedir.

Örneklerdeki oleik asit ($C_{18:1}$) oranı, 9 numaralı örnekte % 35.92 ile en yüksek değerine ulaşırken 2 numaralı örnekte % 24.83 ile en düşük değerde çıkmış ve diğer örneklerin çoğunda % 30'un üzerinde bulunmuştur. 1 nolu yemeklik margarin örneğinin oleik asit miktarı % 28.32 olup 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu örneklerde ise sırasıyla % 34.28, % 33.09, % 33.18, % 34.49, % 33.94 ve % 31.52 olarak belirlenmiştir.

Beslenme fizyolojisi açısından büyük öneme sahip olan linoleik asit ($C_{18:2}$) oranı ikinci margarin örneğinde en yüksek değere ulaşırken (% 23.96) üçüncü margarin örneğinde % 10.61 ile en düşük değeri göstermiştir. İncelenen yemeklik margarin örneklerinden ikisinde linoleik asit oranı % 20'nin üzerinde çıkarken diğer altı örnekte ise bu değerin altında oranlar elde edilmiştir. Bunlar 1, 4, 5, 7, 8 ve 9 nolu örnekler olup belirlenen linoleik asit oranları sırasıyla % 16.93, % 11.05, % 17.72, % 16.28, % 17.27 ve % 14.86 dır. Hesaplanan linoleik asit oranları yüksek miktarlarda olup margarin örnekleri için iyi bir özelliktir. Hastert (1983), tarafından belirtildiğine göre; trans yağ asitlerinin sağlığa olumsuz etkilerinin ortaya çıkabilmesi için, diyetteki yağ asitlerinin % 5'ten daha az linoleik asit içermesi gerekmektedir.

İncelenen yemeklik margarin örneklerinde linolenik asit ($C_{18:3}$) oranı düşük değerlerde saptanırken birinci ve ikinci margarinde saptanamamıştır. 4, 5, 6 ve 7 numaralı örneklerde linolenik asit oranı % 1.0'in altında olup sırasıyla % 0.54, % 0.91, % 0.82 ve % 0.53 olduğu belirlenmiştir. 8, 9 ve 3 nolu margarin örneklerinde ise ilk gruba göre biraz daha yüksek linolenik asit değerleri saptanmıştır. Bunlar sırasıyla, % 1.21, % 1.41 ve % 2.13 tür. Linolenik asit miktarının bu derece düşük çıkmasının nedeni; hidrojenasyonun başlangıcında bitkisel yağdan gelen linolenik asit ile üretim sırasında eklenmiş olması olası olan palm yağından gelen linolenik asidin, hidrojenasyon sırasında doyurularak cis ve trans linoleik asite, ardından cis ve trans oleik asite dönüşmesidir. Tepkime devam ettirildikçe oluşan monoenik yağ asitlerinden stearik asit oluşumu devam etmektedir. Dolayısıyla margarinlerin katılığını sağlamak amacıyla stearik asit oluşumu istenen bir olaydır.

İncelenen margarin örneklerindeki araşidik asit ($C_{20:0}$) dört örnekte saptanamazken diğer örneklerde % 0.33-% 1.11 gibi düşük değerlerde tesbit edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar Kanada margarinlerindeki yağ asidi kompozisyonu üzerinde çalışma yapan Ratnayake et al.(1991)'nin belirlediği oleik, linoleik ve linolenik asit miktarlarıyla paralellik göstermektedir.

Hidrojenasyon işleminin kısmi yada seçici olarak uygulanması durumunda, ortamda doyurulmaksızın kalan bileşiklerde geometrik izomer çeşitlerinden cis-trans dönüşümü yan tepkime olarak ortaya çıkmaktadır (Mensink and Katan,1990). Organik bileşiklerde trans form cis forma kıyasla daha yüksek ergime noktasına sahip olduğu için, elde edilecek üründe trans form oluşumu arzulanan katılığın sağlanmasına yardımcı olmaktadır. Bu nedenle yakın bir geçmişe kadar, margarin üretimi için kullanılacak katı yağlarda mümkün olduğunca trans formda yağ asidi bulunmasına özen gösterilirdi (Kayahan ve ark. 1996-b).

Çizelge 4.1' de görüldüğü gibi, incelenen dokuz adet yemeklik margarin örneğinin tamamında trans yağ asidi içeriğinin % 11'den fazla olduğu saptanmıştır. En yüksek trans yağ asidi içeriğinin birinci margarin örneğinde ve % 24.34 oranında olduğu, onu izleyen dört margarin örneğinde ise trans yağ asidi içeriğinin % 20'nin üzerinde olduğu saptanmıştır. Diğer örneklerin tamamında % 11'in üzerinde trans yağ asidi içeriği varlığı belirlenmiştir. 2, 3 ve 4 nolu örneklerin trans yağ asidi içeriği sırasıyla % 22.46, % 21.10 ve % 20.12 oranında ve oldukça yüksek değerlerdedir. 5, 6, 7 ve 8 nolu yemeklik margarin örneklerinde belirlenen trans yağ asidi miktarları sırasıyla % 19.66, % 15.45, % 12.64 ve % 14.51 dir. Çalışmamızda elde edilen değerler, Peraki ve arkadaşları (1994) ile, Michels ve Sacks (1995)'in Yunanistan ve Avrupa margarin çeşitlerinin trans yağ asidi içeriği üzerinde yapmış oldukları çalışma sonuçlarından daha yüksektir. Fakat Kayahan ve Tekin (1994), tarafından yapılan Türkiyede üretilen bazı margarinlerdeki trans yağ asidi miktarları analiz sonuçları ile paralel değerler elde edilmiştir.

4.2. Kahvaltılık Margarin Çeşitlerinin Genel Yağ Asidi ve Trans Yağ Asidi Bileşimi.

Çizelge 4.2’de kahvaltılık margarin çeşitlerinin genel yağ asidi bileşimleri ile trans yağ asidi içerikleri topluca gösterilmiştir (%).

Çizelge 4.2. Kahvaltılık margarin çeşitlerinin genel yağ asitleri ve trans yağ asitleri içeriği.

YAĞ ASİTLERİ (%)

ÖRNEK NO	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1 Trans	C18:1 Cis	C18:2	C18:3	C20:0
KM1	-	-	0.67	0.61	22.16	0.98	9.71	1.40	34.94	28.80	0.44	0.27
KM2	-	-	-	0.36	24.30	1.08	10.14	1.90	33.31	27.27	1.61	-
KM3	0.11	-	-	-	19.98	-	8.01	9.40	29.19	30.92	1.86	0.52
KM4	-	-	-	0.14	16.50	0.27	8.68	10.76	30.91	31.29	1.21	0.24

*KM: Kahvaltılık Margarin

Materyal ve metot bölümünde belirtilen yöntemlerle analizi yapılan kahvaltılık margarinlerde kaprilik asit miktarı 3 nolu örnekte % 0.11 çıkmış, diğer örneklerde ise bulunamamıştır. Analizi yapılan kahvaltılık margarin çeşitlerinin hiçbirinde kaprik asit saptanamamıştır. Lavrik asit oranı ise 1 nolu örnekte % 0.67 olarak belirlenirken, diğer üç kahvaltılık margarin örneğinde bulunamamıştır. Yemeklik ve kahvaltılık margarin örnekleri, kaprilik, kaprik ve lavrik asit içerikleri açısından birbirine benzerlik göstermektedir.

Miristik asit miktarları yemeklik margarin örneklerindeki değerlere benzemekte olup 1 nolu örnekte % 0.61, 2 nolu örnekte % 0.36, 4 nolu örnekte % 0.14 olarak belirlenmiş ve 3 nolu örnekte ise saptanamamıştır.

Kahvaltılık margarinlerin palmitik asit oranı % 16.50-24.30 arasında değişmekle birlikte genellikle yemeklik margarinlerin palmitik asit oranından daha düşük değerlere sahip oldukları gözlenmiştir. 1 nolu örneğin palmitik asit oranı % 22.16, 2 nolu

örneğin % 24.30, 3 nolu örneğin % 19.98 ve 4 nolu örneğin ise % 16.50 olduğu belirlenmiştir.

Kahvaltılık margarinlerin stearik asit içerikleri 1, 2, 3 ve 4 nolu örneklerde sırasıyla % 9.71, % 10.14, % 8.01 ve % 8.68 dir.

Kahvaltılık ve yemeklik margarin çeşitlerinin oleik asit oranlarının birbirine yakın değerlere sahip olduğu anlaşılmaktadır. 1 nolu örneğin oleik asit oranı % 34.94 ile en yüksek değere sahip olup 3 nolu örnek ise % 29.19 ile en düşük değere sahip olan yağdır. 2 ve 4 nolu örneklerin oleik asit miktarları sırasıyla % 33.31 ve % 30.91 dir.

Linoleik asit oranı yemeklik margarin çeşitlerine kıyasla daha yüksek değerlerde bulunmuştur. Böylece beslenme fizyolojisi açısından önem arzeden bu yağ asidi miktarının yüksekliği ülkemizde üretilen kahvaltılık margarinlere önemli avantaj sağlamaktadır. 1, 2, 3 ve 4 nolu margarinlerin linoleik asit miktarları sırasıyla % 28.80, % 27.27, % 30.92 ve % 31.29 olarak saptanmıştır. Linolenik asit içerikleri düşükdüzeylerde olup bu konuda yemeklik margarinlerin içeriklerine yakın sonuçlar elde edilmiştir. Bu değerler 1, 2, 3 ve 4 nolu margarinlerde sırasıyla % 0.44 % 1.61, % 1.86 ve % 1.21 olarak belirlenmiştir.

Araşidik asit 2 nolu örnekte belirlenemezken, 1 nolu örnekte % 0.27, 3 nolu örnekte % 0.52 ve 4 nolu örnekte ise % 0.24 değerleri saptanmıştır.

Kahvaltılık margarinlerin 1 ve 2 nolu örneklerinin trans yağ asidi içeriğinin % 1.40 ve % 1.90 gibi oldukça düşük değerlerde olduğu saptanmıştır. Diğer taraftan 3 ve 4 nolu örneklerin trans yağ asidi içerikleri ise sırasıyla % 9.40 ve % 10.76 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlardan; birinci ve ikinci margarin çeşitlerinin üretiminde trans yağ asidi oluşumunu yüksek oranda azaltan bir metot kullanıldığı anlaşılmaktadır. Ayrıca diğer iki kahvaltılık margarin çeşitindeki trans yağ asidi içeriğinin yemeklik margarinlerin trans yağ asidi içeriğinden düşük değerde olduğu gözlenmiştir. Özellikle 1 ve 2 nolu kahvaltılık margarinleri üreten firmaların sertleştirme sırasında trans yağ

asidi oluşumunu önleyici teknolojileri (interesterifikasyon yöntemi v.b.) uygulamaya başladıkları ve bu konuyla ilgili çalışmalarını izledikleri dikkat çekmektedir. Bu sonuçlar Michel ve Sacks'ın 1995'te İngiliz margarinleri ile yaptıkları çalışmada elde ettikleri trans yağ asidi sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Ancak çalışmamızda yine aynı araştırmacıların Macaristan margarin örneklerinden elde ettikleri sonuçlardan daha düşük değerler elde edilmiştir.

4.3. Ayçiçek Yağı ile Yemeklik Sıvı Margarinin Genel Yağ Asitleri ve Trans Yağ Asitleri Bileşimi.

Çizelge 4.3'te ayçiçek yağı ile yemeklik sıvı margarinin genel yağ asidi bileşimleri ile trans yağ asidi içerikleri topluca gösterilmiştir(%).

Çizelge 4.3. Ayçiçek yağı ile yemeklik sıvı margarinin genel yağ asitleri ve trans yağ asitleri içeriği.

YAĞ ASİTLERİ (%)

ÖRNEK NO	C8:0	C10:0	C12:0	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1 Trans	C18:1 Cis	C18:2	C18:3	C20:0
AY	-	-	-	-	5.56	0.24	5.32	0.50	20.08	68.20	iz	-
SM	-	-	0.27	1.11	9.28	0.62	9.74	1.60	26.67	45.14	4.21	1.31

*AY: Ayçiçek Yağı

**SM: Bitkisel Yemeklik Sıvı Margarin

Piyasada bitkisel sıvı margarin adı ile satılan ürünün genel yağ asidi bileşimi ve trans yağ asidi içeriği incelendiğinde Çizelge 4.3'te görülebileceği gibi kaprik ve kaprilik asit içermezken, % 0.27 oranında lavrik asit ve % 1.11 miristik asit içerdiği saptanmıştır. Palmitik asit oranının kahvaltılık ve yemeklik margarin çeşitlerinin aksine % 9.28 gibi çok daha düşük oranda olduğu görülmektedir. Bu ürüne katılan hurma yağının diğer margarin çeşitlerine katılandan daha düşük düzeylerde olduğu gözlenmektedir. Bitkisel sıvı margarinin trans yağ asidi içeriğinin % 1.60 gibi düşük düzeyde olduğu saptanmıştır. Bu durum ürüne olumlu özellikler katmaktadır.

Yüksek miktarda oleik ve linoleik asite sahip olan sıvı margarinin bu yağ asitleri toplamı orijinal ayçiçek yağının bu iki yağ asidi toplamına oldukça yakındır. Oranlar oleik asit için % 26.67 ve linoleik asit için % 45.14 tür.

Sıvı margarinin linolenik asit oranı % 4.21 ile hem yemeklik hemde kahvaltılık margarindekenden daha yüksektir. Araşidik asit oranı ise % 1.31 olarak saptanmıştır.

Bitkisel yemeklik sıvı margarinin doymamış yağ asidi toplamı % 75.5 olup incelenen diğer tüm margarin çeşitlerinden daha yüksek değerde olduğu ve beslenme fizyolojisi açısından diğer iki tip margarin çeşitlerinden üstün olduğu dikkat çeken bir başka husustur.

Araştırmada kullanılan ayçiçek yağının genel yağ asidi bileşimi kendine özgü karakteristik değerlerde olup, palmitik asit % 5.56; stearik asit % 5.32; oleik asit % 20.08 ve linoleik asit ise % 68.20 oranındadır (Çizelge 4.3).

Elde edilen bu değerlerden yola çıkılarak yemeklik ve kahvaltılık margarin üretiminde hidrojenasyon tekniğinin kullanıldığı ve sıvı yağlarla karışım yapıldığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca ülkemizde birkaç margarin üreticisi dışında diğer firmaların hiçbirinde trans yağ asidinin araştırmacılar tarafından belirtilen olumsuz özellikleri dikkate alınarak, ürünlerin trans yağ asidi içeriğinin düşürülmesi yolunda herhangi bir girişimde bulunmadıkları sonucuna varılmıştır.

5. ÖNERİLER

Bu araştırmada Ankaranın farklı marketlerinden sağlanan 9 adet yemeklik margarin, 4 adet kahvaltılık margarin ve 1 adet ayçiçek yağı ile piyasada yemeklik sıvı margarin adıyla satışı yapılan bir margarin olmak üzere toplam 15 adet örnek trans yağ asidi içerikleri ve genel yağ asidi bileşimleri açısından incelenmiştir. Araştırmada yağ örneklerinin trans yağ asidi miktarları Fourier Transform İnfrared Spektroskopi yöntemi ile genel yağ asidi bileşimleri ise Gaz Kromatografi yöntemiyle belirlenmiştir.

Araştırma sonuçları, konuyla ilgili olarak ülkemizde ve yurt dışında gerçekleştirilen diğer çalışmalar da dikkate alınarak irdelenmiş ve sonuçların genel bir değerlendirmesi yapılarak Bölüm 4’de topluca verilmiştir. Araştırma bulguları ve konuyla ilgili literatür bilgilerinin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar ve getirilen öneriler genel anlamda aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- İncelemeye alınan yemeklik margarin çeşitlerinde trans yağ asidi oranlarının yüksek çıktığı ve % 11.00 ile % 24.34 arasında değiştiği görülmüştür. Kahvaltılık margarin örneklerinin ikisinde trans yağ asidi % 1.40 ve % 1.90 gibi düşük oranlarda bulunmuş, fakat diğer iki örnekte ise % 9.40 ile % 10.76 olduğu gözlenmiştir. Bitkisel sıvı margarin örneğinde bu oran diğer yemeklik margarin çeşitlerine göre çok düşük olup, % 1.60’dır.

Ülkemizde gerçekleştirilen diğer çalışmalarda da, incelenen margarinlerin trans yağ asidi oranlarının oldukça yüksek düzeylerde olduğu dikkati çekmektedir. Daha önceki yıllarda yapılan çalışmalarda bu yüksek oranların bizim çalışmamızda da yinelenmesi; ülkemizde üretilen margarinlerde trans yağ asidi oranını düşürmek için etkili bir çalışma yapılmadığını ortaya koymaktadır.

- Margarin örneklerinin yağ asidi bileşimlerinde genel olarak palmitik asit oranının yüksek olması dikkat çekicidir. Bu oranın yemeklik margarin örneklerinde % 18.65-% 28.01; kahvaltılık margarinlerde % 16.50-% 24.30 olduğu saptanmıştır. Dolayısıyla

oksidasyon stabilitesini artırıp, katılığı geliştirebilmek amacıyla üretim aşamasında belli oranda hurma yağının katıldığı anlaşılmaktadır.

- Bitkisel yağların hirojenasyonu sırasında önce çok doymamış yağ asitlerindeki çift bağlar doyurularak tekli doymamış ve doymuş yağlar oluşmakta ve bu sırada cis formdaki bağların bir kısmı trans hale dönüşmektedir. Bu yüzden örneklerimizin genelinde fizyolojik önem arz eden linoleik asit miktarının yüksek çıkması olumlu bir sonuçtur. Ayrıca kahvaltılık margarin örneklerinin esansiyel yağ asidi oranı, yemeklik margarin örneklerinininkinden daha yüksektir.

- İncelediğimiz margarinlerin bir kısmında olduğu gibi, yüksek trans yağ asidi içeren margarinlerin ve üretiminde bu yağların yer aldığı gıdaların tüketimiyle kan total kolesterolü ve lipoprotein fraksiyonlarına olumsuz etkiler yapabileceği göz önünde bulundurularak; tüketicinin konuyla ilgili bilgilendirilmesi gerekmektedir.

- Konuyla ilgili araştırma yapan bilim adamlarının ortaya çıkardıkları bulgulara ek olarak, trans yağ asidi tüketiminin, diğer koroner risk faktörleri (kan basıncı, trombogenesis v.b.) üzerindeki etkilerini belirleyecek çalışmalar yapılarak trans yağ asitlerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerini bir bütün olarak değerlendirilmesi gereklidir.

- Kısmi hidrojene bitkisel yağlar ve hayvansal yağlar ile diğer doymuş yağlar özellikle erime noktası ve oksidatif stabilite gibi özelliklerinin birbirine benzemesi nedeniyle gıda formülasyonlarında sık sık birbirinin yerine kullanılmaktadır. Gıda endüstrisinde margarin kullanımı gün geçtikçe artış gösterip büyük ölçüde diğer yağların yerini almaktadır. Trans yağ asitlerinin bildirilen olumsuz özellikleri göz önünde bulundurularak gıda üretim yerlerinde trans yağ asidi yüksek ürünlerin azaltılmasıyla ilgili önlemler alınması gereklidir.

- Bitkisel yağlar (ayçiçek yağı, soya yağı v.b.) gıda üretimi sırasında örneğin kızartma ve pişirme işlemlerinde rahatlıkla hidrojene yağların yerine kullanılabilir.

Böylece hem trans yağ asidi alımı azalmakta hem de dengeli tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri tüketiminin artırılması sağlanmaktadır.

- Hidrojenasyon prosesinin çeşitli aşamalarında (sıcaklık, basınç, katalizörler v.b.) yapılacak değişimler ile margarinlerin trans yağ asidi içeriğinde azalma meydana getirilebilmektedir.

- Bitkisel yağların işlenmesi sırasında trans yağ asidi oluşumunu düşük düzeylere çeken bir başka yöntem interesterifikasyon yöntemidir. Bu işlem gliserol molekülünde yağ asitlerinin yeniden düzenlenmesi ile yağın erime noktasını daha yüksek sıcaklık derecelerine çıkartan kimyasal bir tepkimedir.

- Margarinlerin trans yağ asidi içeriğinin azaltılması amacıyla hurma yağı gibi bitkisel yağlar kullanılabilmektedir. Yaptığımız çalışmada ülkemizde üretilen margarinlerde hurma yağının kullanıldığı yüksek palmitik asit içeriklerinden anlaşılmaktadır. Hurma yağı margarinlere yüksek oksidatif stabilite ve uzun raf ömrü sağlamaktadır.

- Margarin üreticileri ürün içerisindeki doymuş yağ asidi oranını düşürmek amacıyla yüksek erime sıcaklığına sahip trans yağ asidi oluşumunu arttırmaktadırlar. Bu durum bazı araştırmacılar tarafından da saptanmıştır. Tüketicilerin trans yağ asitlerinin belirtilen olumsuz etkilerinden korunabilmesi için bir takım önlemler alınması gereklidir. Örneğin tüketicilere konuyla ilgili bilgi verilmelidir. Bir başka önlem ise gıda ambalajları üzerinde o gıdanın içerdiği trans yağ asidi ve doymuş yağ asidi ile genel yağ asidi bileşimleri hakkında bilgi verici etiketin yer almasıdır.

Çalışmamızda analizini yaptığımız margarin örneklerinden büyük çoğunluğunda yüksek trans yağ asidi varlığı saptanmış olup bir kaç çeşit örnekte ise düşük trans yağ asidi saptanmış bu da bazı üreticilerin trans yağ asidi oluşumunu azaltan interesterifikasyon veya fraksiyone kristalizasyon gibi katı yağ üretiminde yararlanılan fakat yapıda yer alan doymamış komponentlerde cis-trans izomeri dönüşümüne neden olmayan tekniklerden birisinin uygulanmış olduğunu göstermektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmed, J.I., 1995,** Trans Fixed, Food Science and Tech. Today, 9 (4), 228-231.
- Almendingen, K., Jordal, O., Kierulf, P., Sandstad, B., Pederson, J.I., 1995,** Effects of partially hydrogenated soybean oil and butter on serum lipoproteins and Lp(a) in men, J. Lipid Res., 7(1), 27-36.
- Anonymous, 1982,** Die Hydrierung von Fetten. Gemeinschaftsarbeit der Deutschen Gesellschaft für Fett Wissenschaft e. V. DGF. Sonderdruck aus Fette Seifen Anstrich., 78, 385 (1976), 79, 181.465 (1977), 80, 1 (1978), Industrieverlag von Hernhausen K.G., Hamburg 11, 44.
- Anonymous, 1990,** Isolated trans isomers in margarines and shortenings, AOAC 48, 437 (165).
- Anonymous, 1992,** Summary of trans fatty acid study results, Agricultural Research Service, US. Department of Agriculture 1 s.
- Anonymous, 1995,** Controversy: three nations wrestle with trans issue, Inform, 6 (10) 1148 - 1149.
- Baltes, J., 1975,** Hydrierung (Haertung), Gewinnung und Verarbeitung von Nahrungsfetten. Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg, 196-210.
- Berger, K.G., 1996,** Recent results on palm oil uses in food products, World Conference, Istanbul.
- Carnoll, K.K., 1988,** Upper limits of nutrients in infant formulas: Polyunsaturated fatty acids and trans fatty acids, J. Nutr., 119, 1810-1813.
- Chisholm, A., Mann, J., Sutherland, W., Duncan, A., Skeaff, M., Frampton, C., 1996,** Effect on lipoprotein profile of replacing butter with margarine in a low fat diet: randomised crossover study with hyper cholesteroleamic subjects, British Medical Journal, 312 (7036) 931-934.
- Christie, W.W., 1973,** Lipid analysis , Pergamon Press London, p:88
- Christie, W.W., Holt, C., 1993,** A comparison of silver ion HPLC plus GC with Fourier Transform IR spectroscopy for the determination of trans double bonds in unsaturated fatty acids, J. Sci. Food. Agric., 61, 261-266.
- Clevidence, B.A., Judd, J.T., Muesing, A.R., Wittes, J., Sunkin, M.E., Podczasi, J.J., 1994,** Dietary trans fatty acids: Effects on plasma lipids and lipoproteins of healthy men and women, Am.J.Clin.Nutr., 59, 861-868.
- Dziezak, J.D., 1989,** Fats, oils and fat substitutes, Food Technology, 66-74.

- Endres, J.G., 1994**, Future trends in low fat spreads, *Inform*, 5 (12)1354-1356.
- Ergin, G., 1996**, Yağ Teknolojisi, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Müh. Böl., Yayınlanmamış Ders Notları, Ankara.
- Favier, P.J., Bicanic, P.V., Chirtoc, C., Helander, P., 1996**, Detection of total trans fatty acids content in margarine: An intercomparison study of GLC, GLC+TLC, FT-IR and optothermal window (open photo acoustic cell), *Anal. Chem.* 68, 729-733.
- Feldman, B.E., Kris, M.P., Kritchevsky, D., Lichtenstein, H.A., 1996**, Position paper on trans fatty acids, *Am. J. Clin. Nutr.*, 63, 663-670.
- Galli, C., Simopoulos, P.A., Tremoli, E., 1994**, Fatty acids and lipids: Biological aspects, *World Rev. Nutr. Diet.*, 75, 82-85.
- Hastert, R.C., 1983**, Hydrogenation-a T-fool, not an epithat, *AOCS*, Champaign, IL.
- Hegsted, D.M., Ausman, L.M., Johnsan, J.A., Dallal, G.E., 1989**, Dietary fat and serum lipids: An evolution of the experimental data, *Am. J. Clin. Nutr.*, 57, 875-883.
- Holley, K.M., Phillips, P.S., 1995**, Trans fatty acids: An introduction, *Nutrition and Food Sci.*, 2, 31-33.
- Kanhai, J., 1988**, Hydrogenation of edible oils toxicological and nutritional implications: A review, *Food Chemistry*, 27, 191-201.
- Kayahan, M., 1980**, Yağlarda (trigliseritlerde) asit köklerinin yer değişimi, *Gıda*, 5 (5), 111-122.
- Kayahan, M., Tekin, A., 1994**, Türkiye’de üretilen bazı margarinlerdeki trans yağ asitleri ve konjuge yağ asitleri miktarları üzerine araştırma, *Gıda*, 19 (3), 147-153.
- Kayahan, M., Tekin. A., Javidipour, I., Küçük, M., Karabacak, H., 1996 a**, Ayçiçeği yağının bazı kimyasal özellikleri üzerine hidrojenasyonun etkisi, *Gıda*, 21, (5), 375-381.
- Kayahan, M., Tekin, A., Javidipour, I., Küçük, M., Karabacak, H., 1996 b**, Soya yağının bazı kimyasal özellikleri üzerine hidrojenasyonun etkisi, *Yayında*.
- Laryae, M.D., Biggemann, B., Funke, M., Lombeck, I., Bremer, H.J., 1988**, Trans fatty acid content of selected brands of west German nut-nougat cream, *Zeitschrift für Ernährungswissenschaft*, 27:266-271.
- Manteca, X., Noble, R., 1993**, C18 trans mono unsaturated fatty acid in the diet of the hen and its accumulation in yolk and embryo tissue, *Journal of Science Food Agric.*, 63, 251-255.
- 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, 45-49.

- Michels, K., Sacks, F., 1995,** Trans fatty acids in European margarines, *N. Eng. J. Med.*, 332 (8) 541-542.
- Mohamed, H.M.A., Iskandar, M.H., Sivik, B., Larsson, K., 1995,** Preparation and characterization of a zero-trans margarine, *Fett-Wissenschaft-Technologie*, 97 (9) 336-340.
- Noakes, M., Nestel, P.J., 1994,** Trans fatty acids in the Australian diet, *Food Australia*, 46 (3), 124-129.
- Ovesen, L., Leth, T., Hansen, K., 1996,** Fatty acid composition of Danish margarines and shortenings with special emphasis on trans fatty acids, *lipids*, 31(9), 971-975.
- Peraki, E., Kafatos, A., Chrysafidis, D., 1994,** Fatty acids composition of Greek margarines consumption by the population of Crete and its relationship to adipose tissue analysis, *Int. Journal of Food Science and Nutrition*, 45 (2), 107-114.
- Pettersen, J., Opstvedt, J., 1988,** Trans fatty acids. Fatty acid composition of the brain and other organs in the mature female pig, *Lipids*, 23(7), 720-726.
- Ratnayake, W.M.N., Hollywood, R., Grady, E.O., Beare, R.J.L., 1990,** Determination of cis and trans oktadecenoic acids in margarines by gas liquid chromatography- infrared spectrophotometry, *JAOCS*, 67, 804-809.
- Ratnayake, W.M.N., Hollywood, R., Grady, E.O., 1991,** Fatty acids in Canadian margarines, *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 24, 81-86.
- Ratnayake, W.M.N., Chen, Z.Y., 1996,** Trans n-3 and n-6 fatty acids in Canadian human milk, *Lipids*, 31, 279-282.
- Schaub, M., Green, N.R., 1988,** Effects of dietary trans fatty acids on mutagenesis of known carcinogens, *Journal of Food Protection*, 51(2), 117-120.
- Smith, C., Woodward, M., Fenton, S., McCluskey, M.K., Brown, C.A., 1995,** Trans fatty acids in the Scottish diet, An assessment using a semi-quantitative food frequency questionnaire, *British Journal of Nutrition*, 74 (5), 661-670.
- Willett, C.W., Troisi, R., Weiss, T.S., 1992,** Trans fatty acid intake in relation to serum lipid concentrations in adult men, *Am. J. Clin. Nutr.*, 56, 1019-1026.
- Willett, C.W., Ascherio, A., 1994,** Trans fatty acids: Are the effects only marginal, *Am. J. Public Health*, 84, 722-724.
- Wolff, L.R., 1992,** Trans polysaturated fatty acids in French edible rapeseed and soybean oils, *JAOCS*, 69(2), 106-110.
- Wood, R., Kubena, K., Tseng, S., Martin, G., Crook, R., 1993,** Effect of palm oil, margarine, butter and sunflower oil on the serum lipids and lipoproteins of normocholesterolemic middle-aged men, *J. Nutr. Biochem.*, 4, 286-297.



EKLER

Ek 1. Trans Yağ Asitinin F.T.I.R Spektrum Parametreleri

Measuring Mode : % T

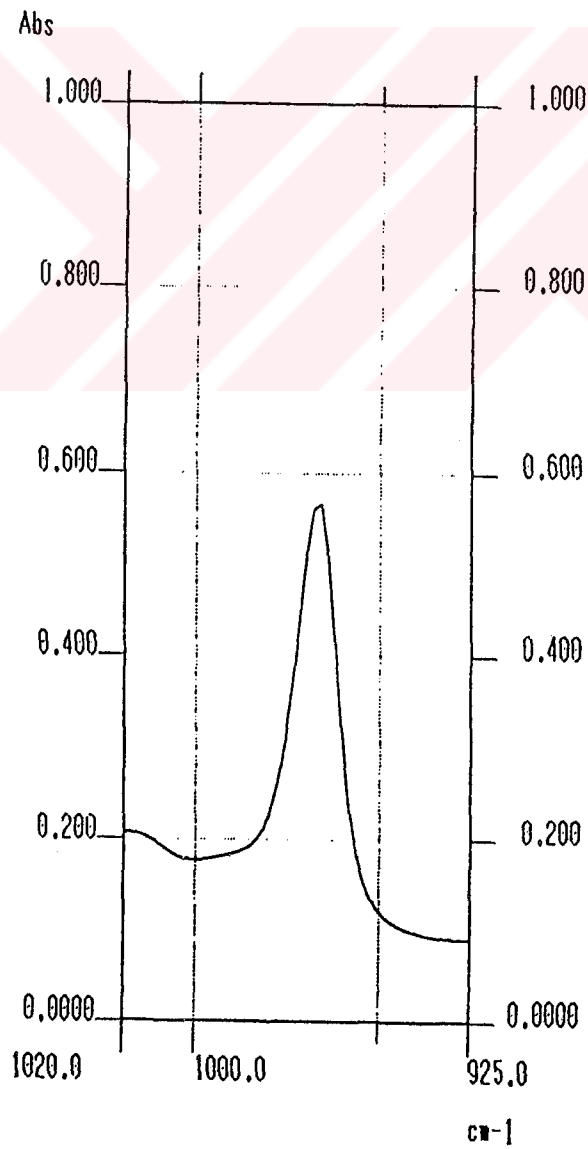
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 2. %10 Seyreltilmiş Trans Yağ asitinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

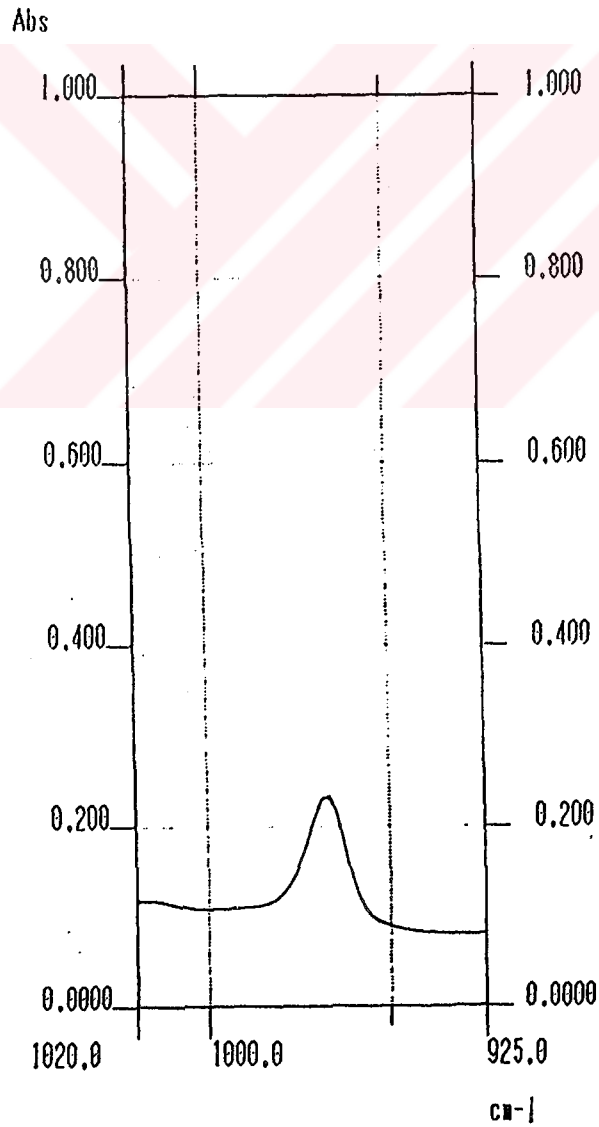
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 3. %100 Seyreltilmiş Trans Yağ Asitinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

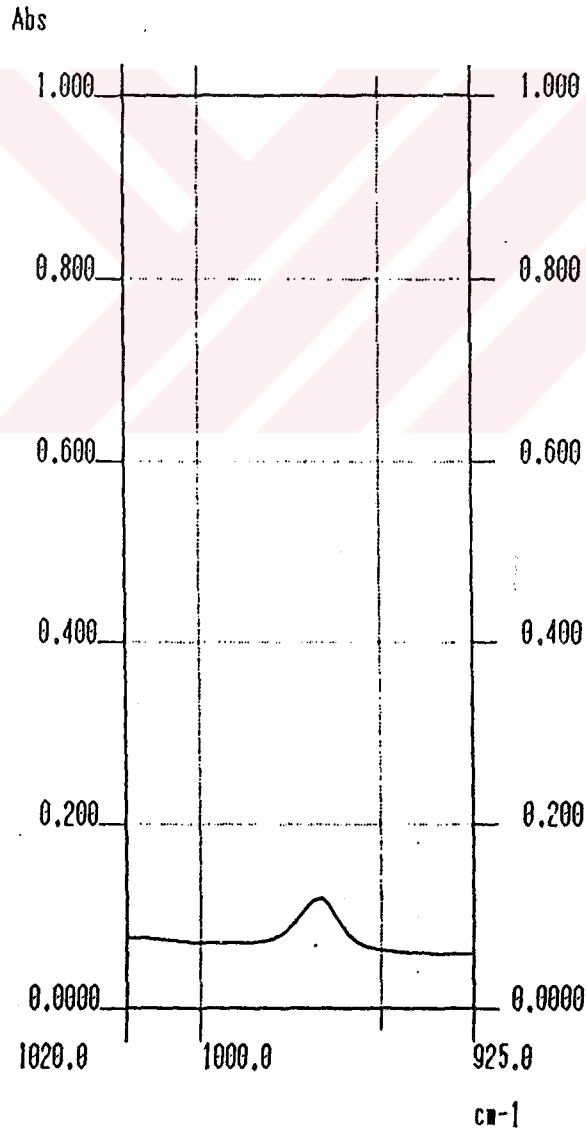
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 4. YM1 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

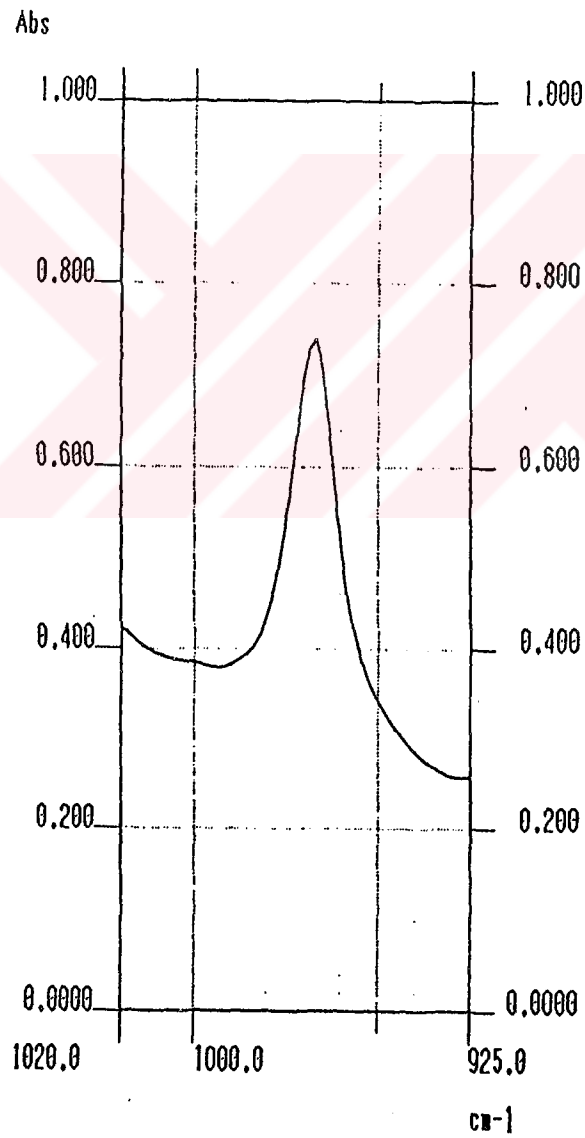
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 5. YM2 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

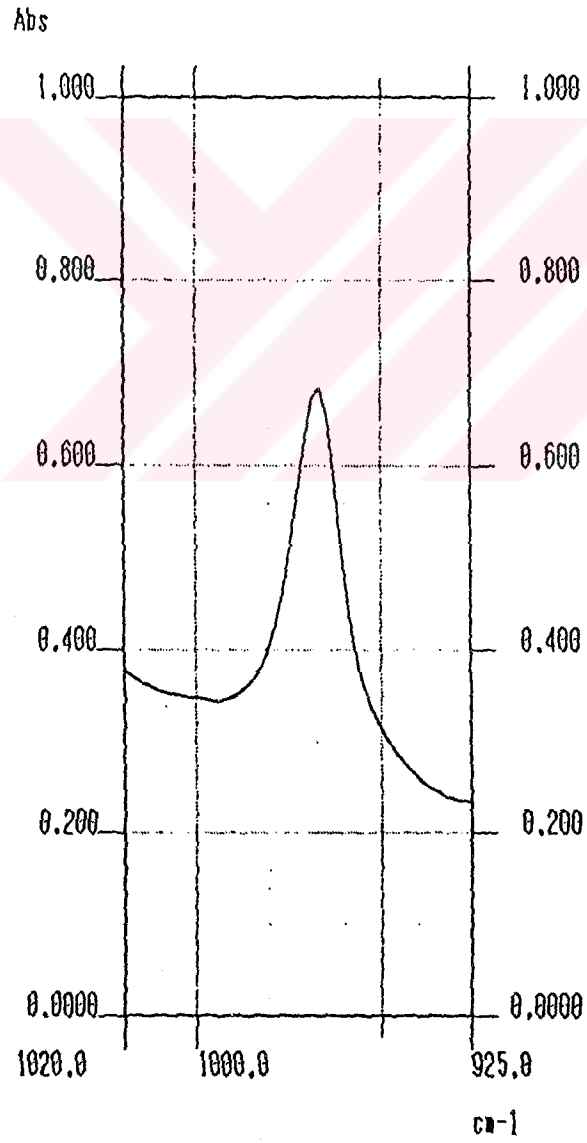
Resolution : 4.0 cm

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 6. YM3 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

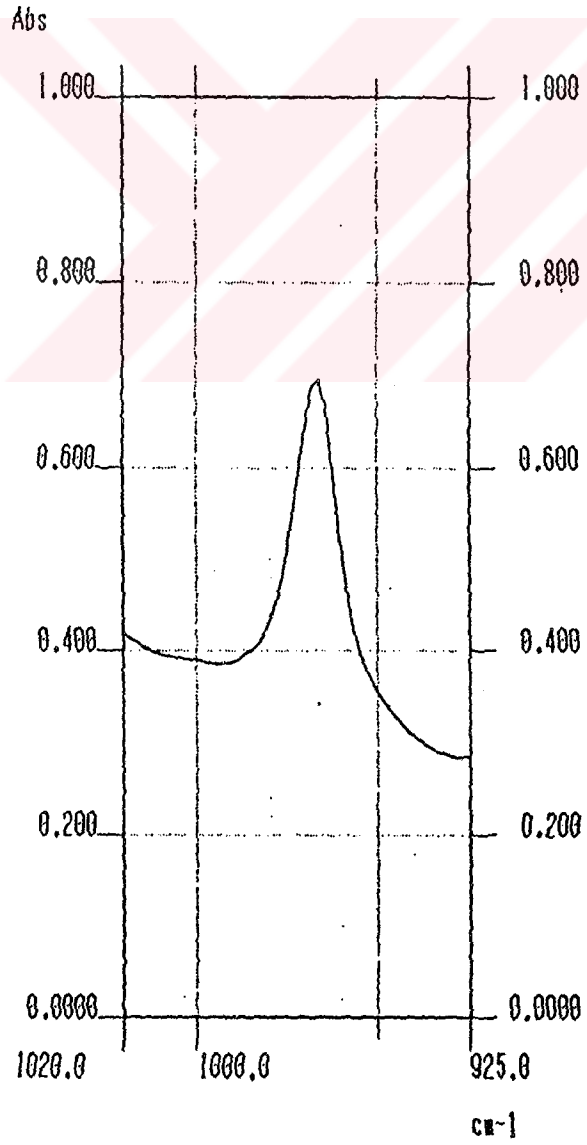
Resolution : 4.0 cm

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 7. YM4 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

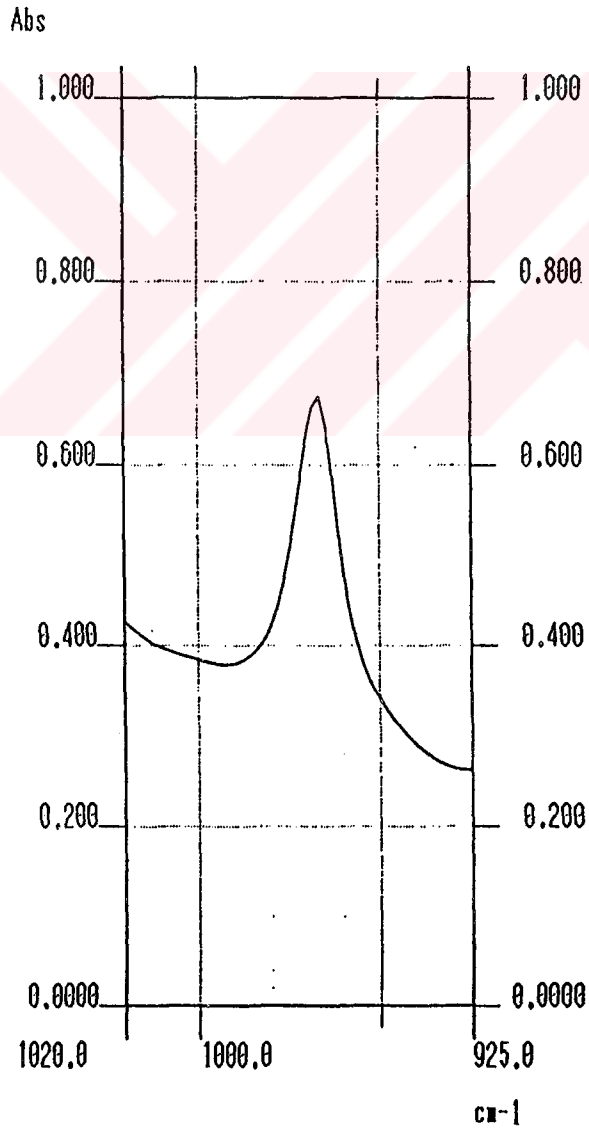
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

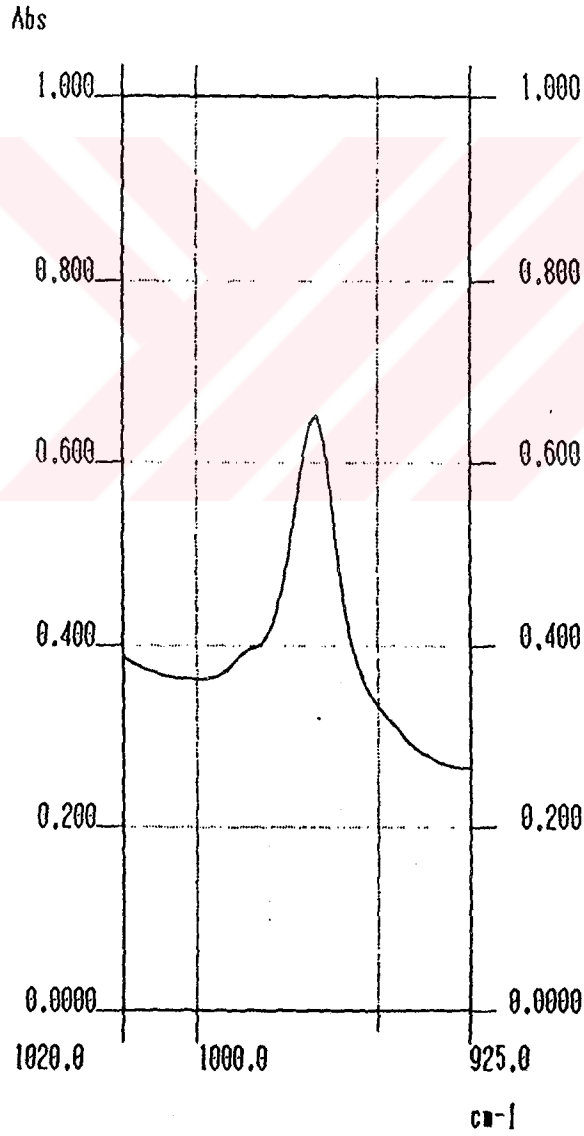
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 8. YM5 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T
Resolution : 4.0 cm^{-1}
Accumulation : 40
Amp Gain : Auto
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)
Apodization : Happ-Genzel



Ek 9. YM6 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

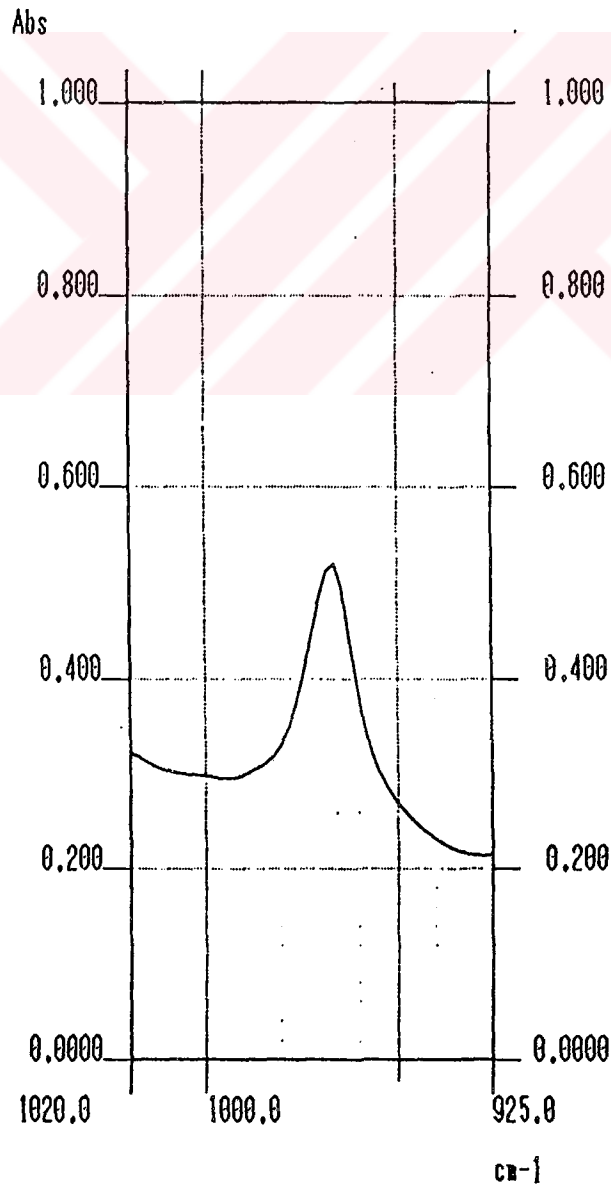
Resolution : 4.0 cm

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 10. YM7 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

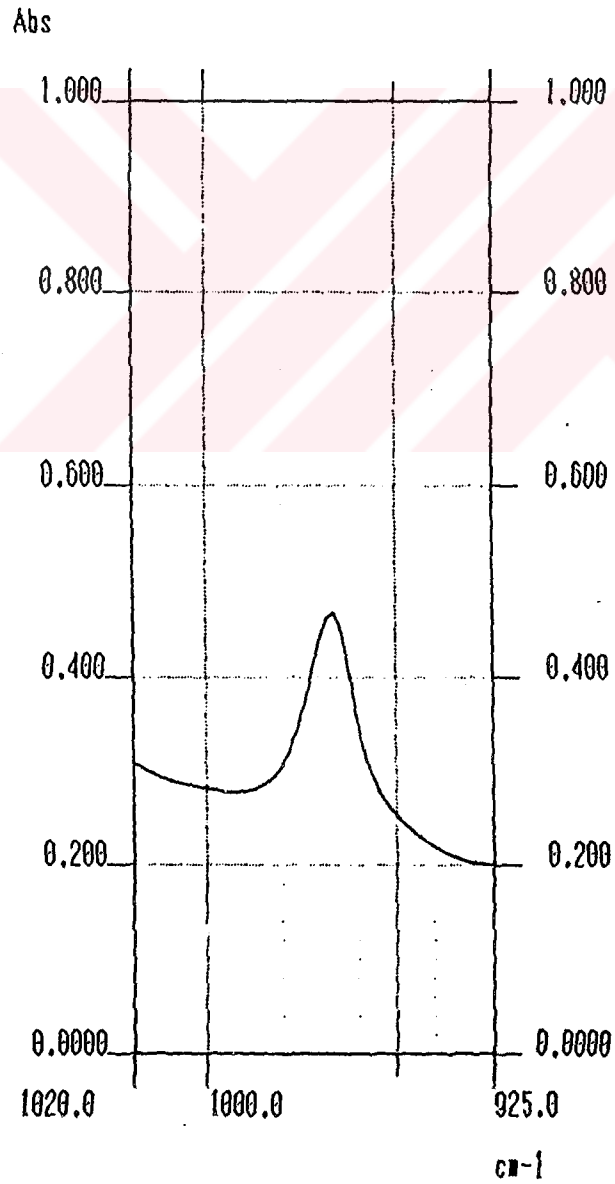
Resolution : 4.0 cm

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

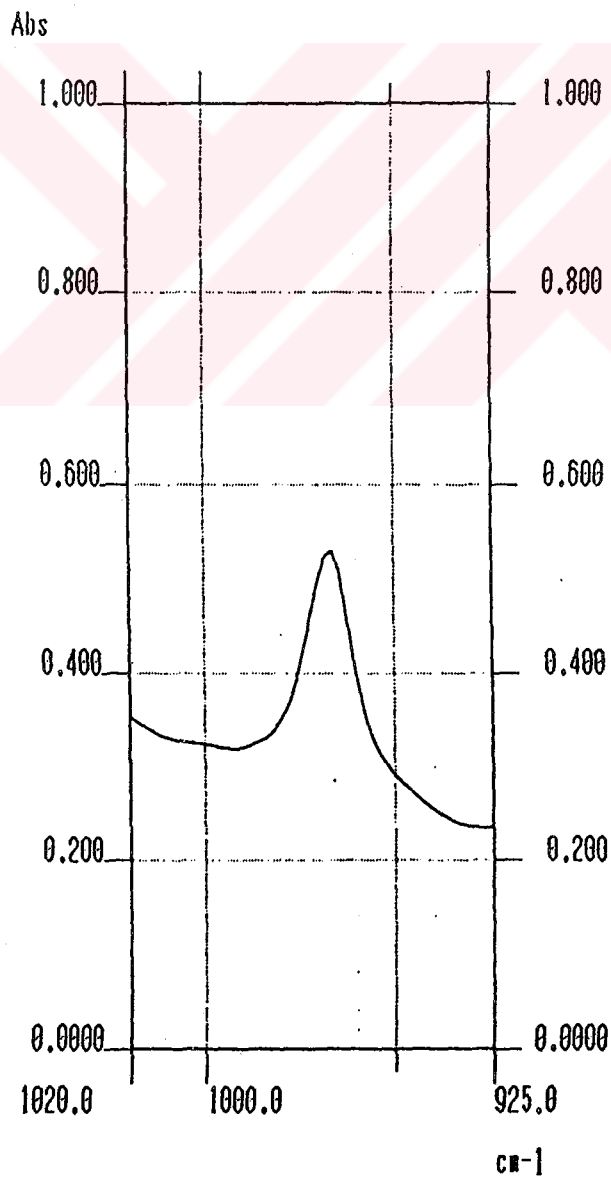
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



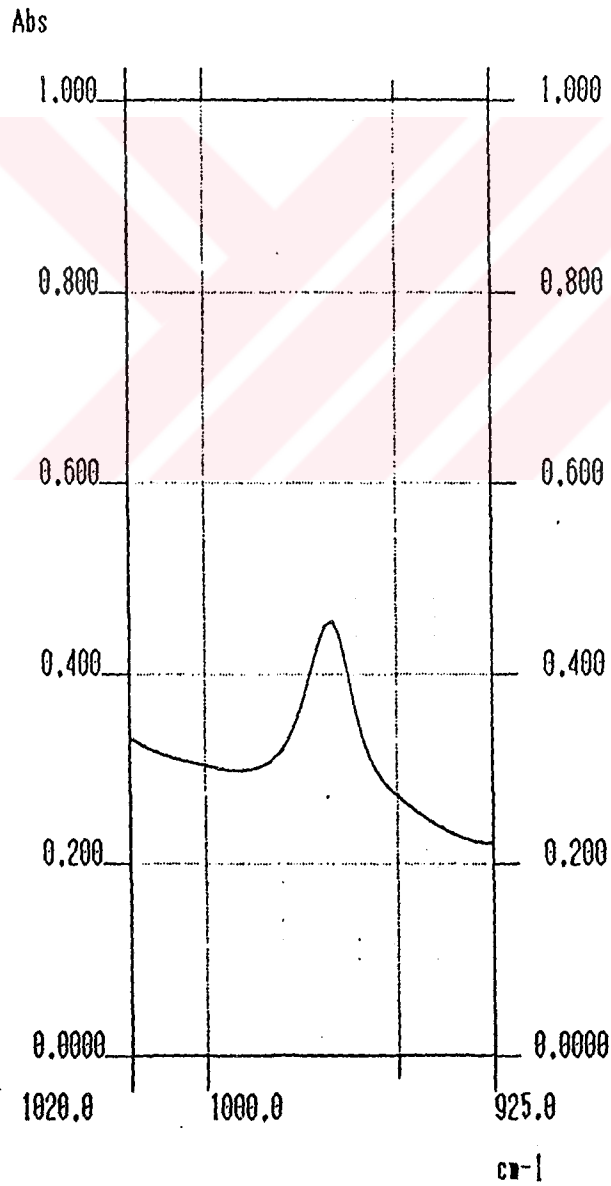
Ek 11. YM8 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T
Resolution : 4.0 cm
Accumulation : 40
Amp Gain : Auto
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)
Apodization : Happ-Genzel



Ek 12. YM9 Nolu Yemeklik Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T
Resolution : 4.0 cm
Accumulation : 40
Amp Gain : Auto
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)
Apodization : Happ-Genzel



Ek 13. KM1 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

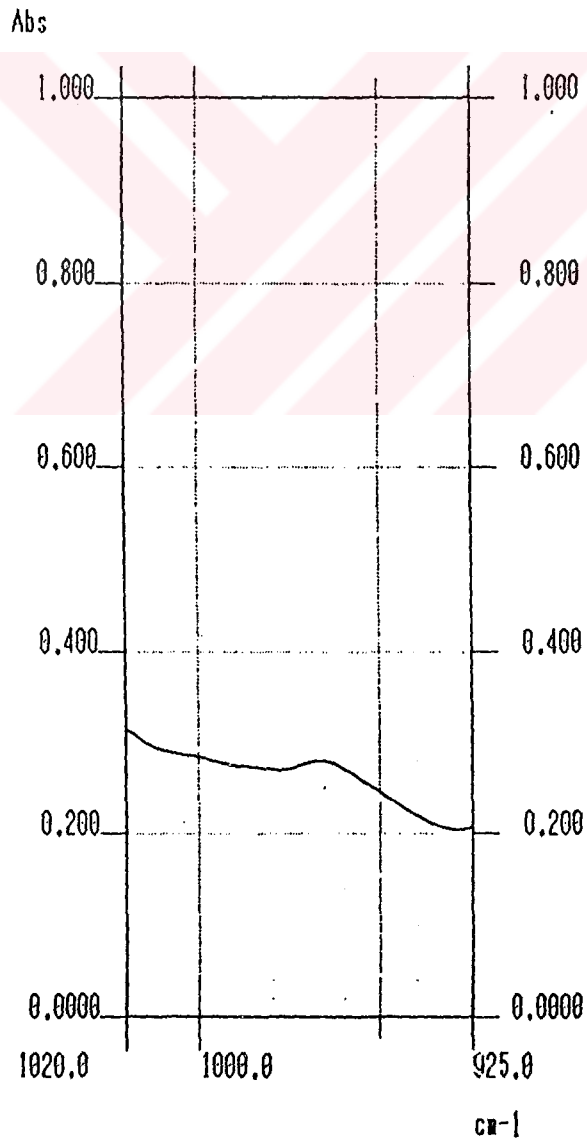
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



Ek 14. KM2 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

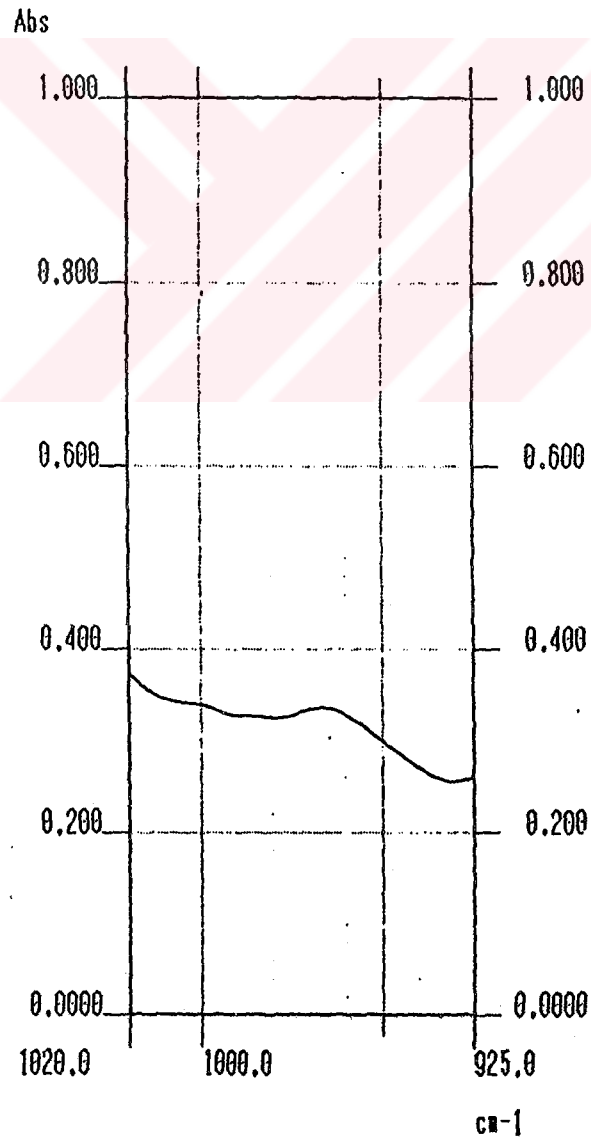
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

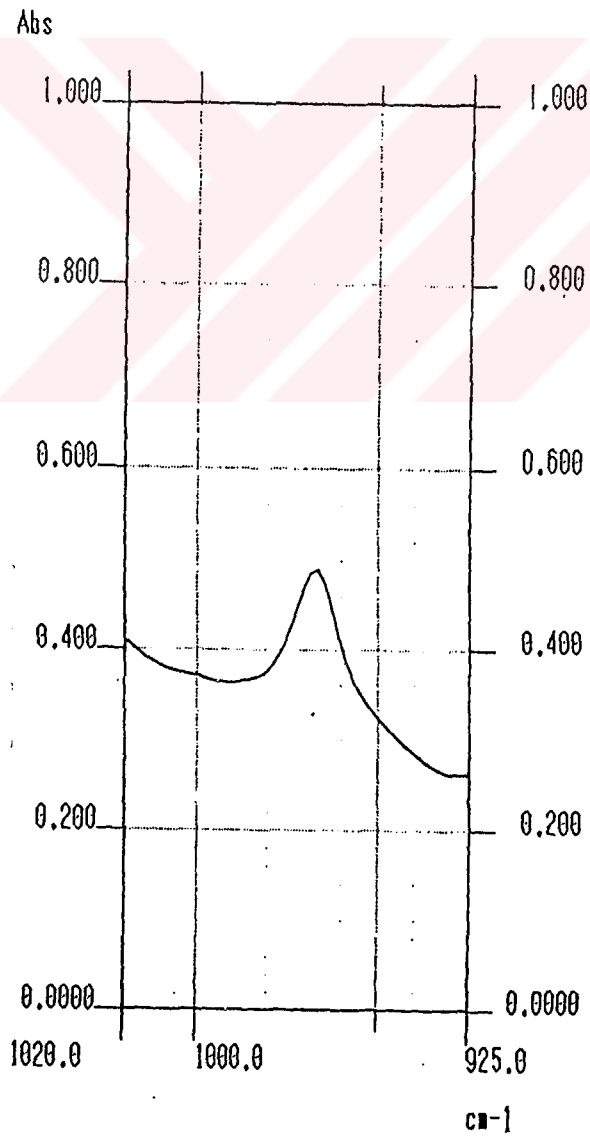
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



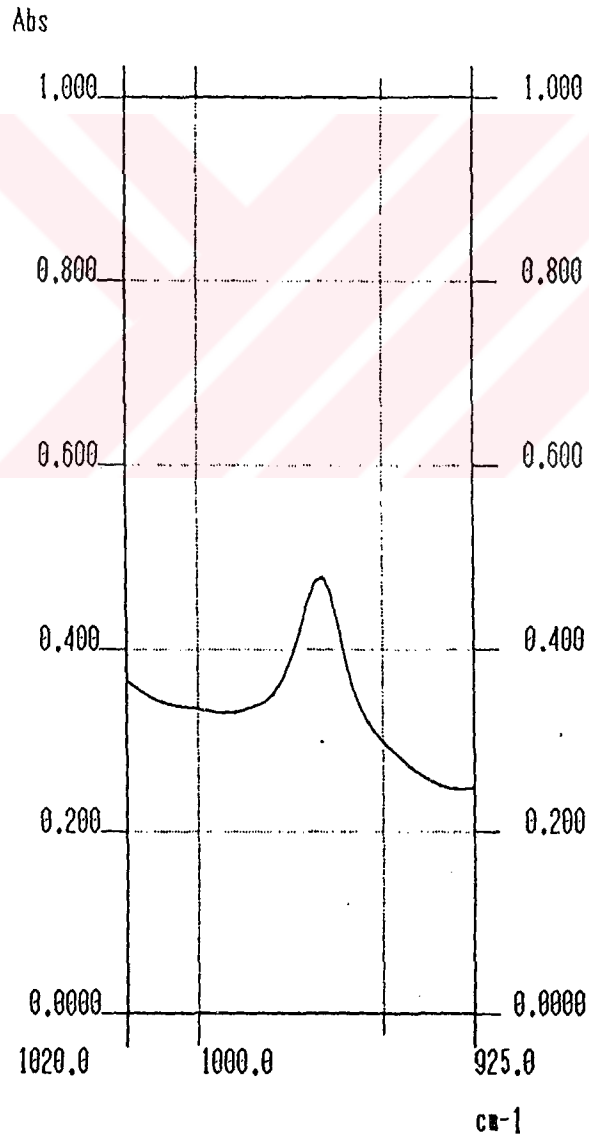
Ek 15. KM3 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : %T
Resolution : 4.0 cm^{-1}
Accumulation : 40
Amp Gain : Auto
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)
Apodization : Happ-Genzel



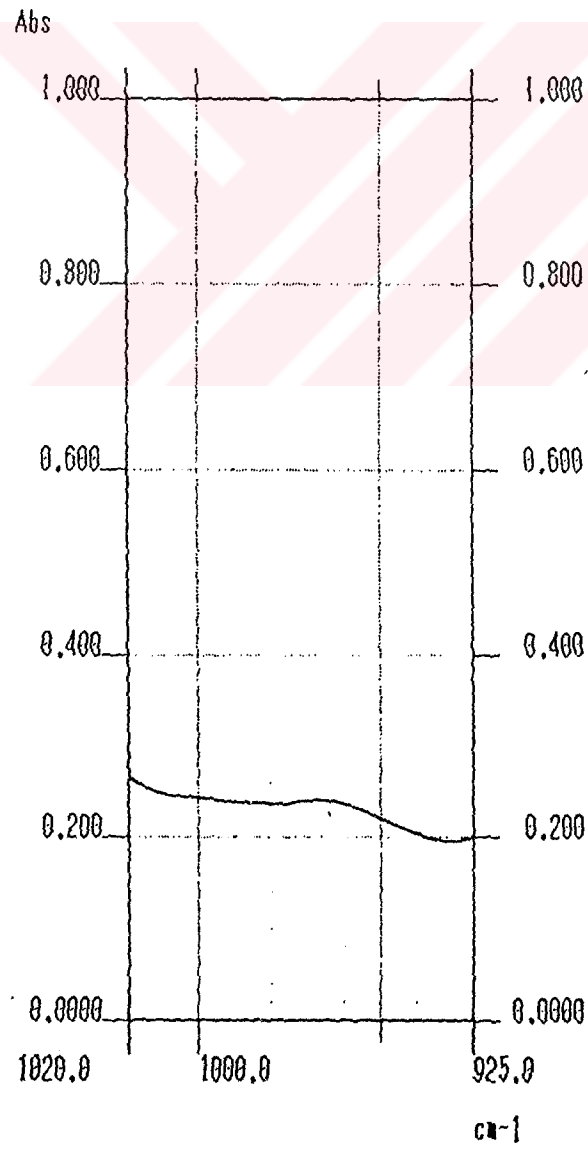
Ek 16. KM4 Nolu Kahvaltılık Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T
Resolution : 4.0 cm⁻¹
Accumulation : 40
Amp Gain : Auto
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)
Apodization : Happ-Genzel



Ek 17. AY Nolu Ayçiçek Yağı Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T
Resolution : 4.0 cm^{-1}
Accumulation : 40
Amp Gain : Auto
Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)
Apodization : Happ-Genzel



Ek 18. SM Nolu Bitkisel Sıvı Margarin Örneğinin F.T.I.R Spektrumu

Measuring Mode : % T

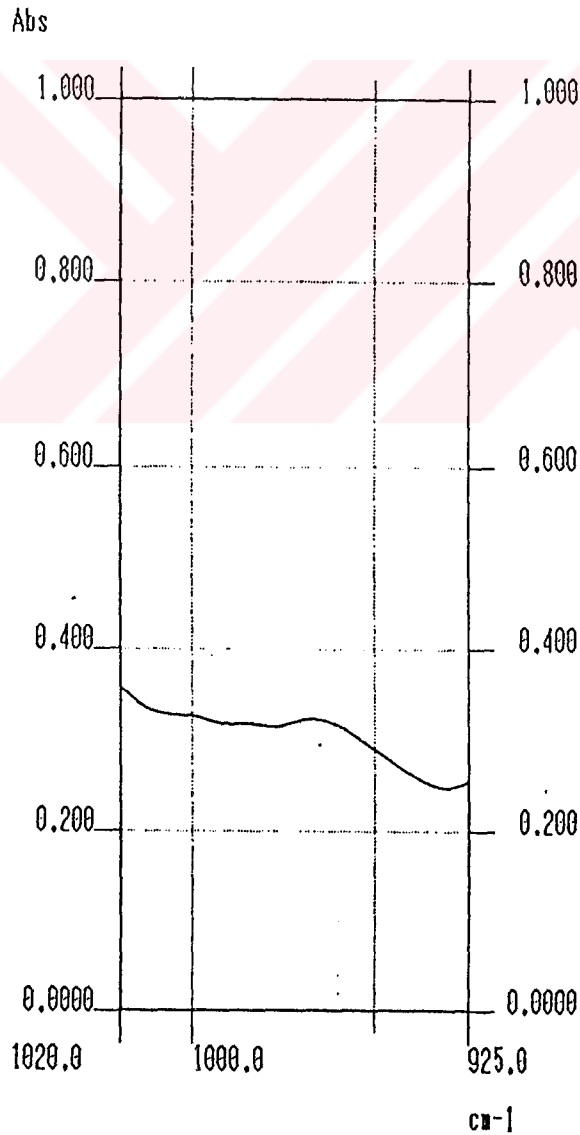
Resolution : 4.0 cm^{-1}

Accumulation : 40

Amp Gain : Auto

Detector : Detector 1 (2.8 mm/sec)

Apodization : Happ-Genzel



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Göktay TAŞ

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Yılı : 03.06.1973

Medeni Hali : Evli

Eğitimi ve Akademik Durumu

Lise : 1988-1989 Ankara Aydınlikevler Lisesi

Lisans : 1989-1994 Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi : Merk Gıda Katkı Maddeleri Turizm İnşaat Ticaret A.Ş.