

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
**AYÇİÇEK, MISIR VE KANOLA YAĞLARININ KIZARTMA
DAYANIKLILIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**
İKBAL SARIKAYA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI
DANIŞMAN: PROF. DR. HÜSEYİN TOPALLAR
2010, EDİRNE

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYÇİÇEK, MISIR VE KANOLA YAĞLARININ KIZARTMA
DAYANIKLILIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

İKBAL SARIKAYA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI
KİMYA BÖLÜMÜ

DANIŞMAN: PROF. DR. HÜSEYİN TOPALLAR

2010
EDİRNE

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYÇİÇEK, MISIR VE KANOLA YAĞLARININ KIZARTMA
DAYANIKLILIKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

İKBAL SARIKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI
KİMYA BÖLÜMÜ

Bu tez 11./08/ 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Danışman

Prof. Dr. Hüseyin TOPALLAR



Üye

Doç. Dr. Yüksel BAYRAK



Üye

Yrd. Doç. Dr. Şaban AKTAŞ



2010-EDİRNE

ÖZET

Bu çalışmada ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının yedi gün içerisinde kızartma işlemi gerçekleştirildi. Her kızartma işlemi sonunda, yağlarda meydana gelen yağ asidi bileşimi, ortalama molekül ağırlığı, yoğunluk, viskozite, kırılma indisi, pH, serbest yağ asidi (%), iyod değeri, sabunlaşma değeri, peroksid değeri ve renk skalası gibi, fizikokimyasal parametreler tayin edildi.

Yağ asidi bileşimi bakımından, kızartma işlemi esnasında, gün sayısı, yani kızartma işlemi sayısı arttıkça, her üç yağın doymamış yağ asidi miktarları azaldı, doymuş yağ asidleri de arttı. Bu tür değişiklikler daha çok üçüncü günden sonra daha belirgin bir hale geldi.

Kızartma işlemi esnasında tayin edilen bütün parametrelerin büyüklüklerine göre, incelenen yağlar için genel olarak aşağıdaki sıralamalar yapılabilir:

Ortalama molekül ağırlığı	: Ayçiçek > Kanola > Mısır
Yoğunluk	: Mısır > Ayçiçek > Kanola
Viskozite	: Kanola > Mısır > Ayçiçek
Kırılma indisi	: Mısır > Kanola > Ayçiçek
pH	: Kanola > Ayçiçek > Mısır
Serbest yağ asidi (%)	: Mısır > Ayçiçek > Kanola
İyod değeri	: Ayçiçek > Mısır > Kanola
Sabunlaşma değeri	: Mısır > Kanola > Ayçiçek
Peroksid değeri	: Ayçiçek > Mısır > Kanola
Renk skalası (Kırmızı-Sarı)	: Mısır > Kanola > Ayçiçek

Yukarıda görüldüğü gibi, amaca göre hangi parametre daha önemli olarak göz önünde tutulacaksa, o parametreye göre kullanım açısından yağın tercih edilmesi gerekir. Örneğin yağın bozulması ile ilgili olan peroksid değerine göre kanola yağı tercih edilebilir, ancak viskozite bakımından en düşük değere sahip olan ayçiçek yağı tercih edilebilir.

Tezin Sayfa Sayısı: 62

Anahtar Kelimeler: Ayçiçek yağı, Kanola yağı, Mısır yağı, Kızartma.

ABSTRACT

In this study frying process of sunflower, canola and corn oils were carried out within seven days. At the end of each frying process, physicochemical parameters such as fatty acid composition, average molecular weight, density, viscosity, refractive index, pH, free fatty acid (%), iodine value, saponification value, peroxide value and color scale were determined.

Unsaturated fatty acid contents of each three oils were decreased and saturated fatty acids were also increased during frying process, as day number, i.e. frying process number, increases in terms of fatty acid composition, such changes were became more apparent after third day.

In the following arrangements can be usually done according to magnitudes of determined all parameters for studied oils during frying process:

Average molecular weight	: Sunflower > Canola > Corn
Density	: Corn > Sunflower > Canola
Viscosity	: Canola > Corn > Sunflower
Refractive index	: Corn > Canola > Sunflower
pH	: Canola > Sunflower > Corn
Free fatty acid (%)	: Corn > Sunflower > Canola
Iodine value	: Sunflower > Corn > Canola
Saponification value ^e	: Corn > Canola > Sunflower
Peroxide value	: Sunflower > Corn > Canola
Color scale (Red-Yellow)	: Corn > Canola > Sunflower

As shown above, if which parameter will take into account according to the purpose, it should be preferred oil in terms of that parameter for use. For example, canola oil can be preferred according to peroxide value which is related to oil rancidity, but sunflower oil that has highest value in respect to viscosity can be preferred.

Page Number of Thesis: 62

Key Words: Sunflower oil, Canola oil, Corn oil, Frying.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No.</u>
1.GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	4
2.1. Yağın Tanımı ve Sınıflandırılması	4
2.2. Kızartma İşlemi	9
2.3. Kızartmada Yağın Rolü	9
2.4. Kızartma Yağı Uygulamaları	10
2.5. Kızartma Yağının Seçimi	10
2.6. Kızartma Esnasında Gıdada Meydana Gelen Değişiklikler	12
2.7. Kızartma Esnasında Yağda Meydana Gelen Değişiklikler	12
2.8. Kızartma Esnasında Yağda Meydana Gelen Kimyasal Reaksiyonlar	14
2.8.1. Hidroliz	14
2.8.2. Otoksidasyon	15
2.8.2.1. Adım 1. Başlama	16
2.8.2.2. Adım 2. Oksijenle Reaksiyon	16
2.8.2.3. Adım 3. Yayılma	16
2.8.2.4. Adım 4. Sonlanma	17

2.8.3. Serbest Radikal Kaynakları	19
2.8.4. Polimerizasyon	19
2.8.4.1. Oksidatif Polimerizasyon	20
2.8.4.2. Termal Polimerizasyon	22
2.9. Kızartma Esnasında Yağ Reaksiyonlarının Karmaşıklığı	23
2.10. Kızartma Yağı Performansının Artırılması	25
3. MATERYAL VE METOD	27
3.1. Kullanılan Maddeler	27
3.2. Kullanılan Aletler	27
3.3. Kullanılan Metodlar	28
3.2.1. Ortalama Molekül Ağırlıkları Tayini	28
3.3.2. Yoğunluk Tayini	28
3.3.3. Viskozite Tayini	28
3.3.4. Kırılma İndisi Tayini	29
3.3.5. pH Tayini	29
3.3.6. Serbest Yağ Asidi(SYA) Tayini	29
3.3.7. İyod Değeri Tayini	30
3.3.8. Sabunlaşma Değeri Tayini	30
3.3.9. Peroksid Tayini	31

3.3.10. Renk Tayini	32
4. SONUÇLAR	33
4.1. Yağların Bileşimi	33
4.2. Kızartma Esnasında Meydana Gelen Fizikokimyasal Değişiklikler	41
5. TARTIŞMA	44
KAYNAKLAR	59
TEŞEKKÜR	61
ÖZGEÇMİŞ	62

1. GİRİŞ

Kızartılan gıdalar yüzyıllardır dünya çapında insanlara yemek pişirme zevki vermiştir. Modern medeniyet kızartılmış ürünleri yeniden keşfetmeden önce, insanların kızartılmış ürünleri uzun süre kullandığına dair kanıtlar vardır.

Kızartılmış yiyecekler ve özellikle patates kızartması sadece endüstride değil yemek servisleri ve evlerde de çok popüler olmaya başlamıştır. Bu durum gösteriyor ki öğle yemeklerinin yaklaşık yarısı ve ticari restoranlardaki sipariş akşam yemekleri en az bir veya daha fazla kızartılmış madde içeriyor.

Günümüzün modern kızartması gelişmiş ekipman, teknikler, içindikiler ve ambalajlamayı kapsar. Bu, endüstriyel kızartılmış ürünlerin depolama, dağıtım ve satış için uzun raf ömrü gerektirmesinden dolayıdır.

Kızartma prosesinde, sebzeler, et veya deniz ürünü gibi gıda sıcak yağ ile temas ettirilir. Gıdanın yüzeyi altın sarısından koyu kahverengine kadar olan değişik renklerde olabilir ve hoş bir kızartma tadı gelişir.

Kızartma işlemi evlerde, restoranlarda (gıda hizmetleri) ve büyük endüstriyel işletmelerde yapılır. Tavada kızartma veya fritözde kızartma daha çok evlerde veya restoranlarda yapılır. Bu proste, ince bir yağ tabakası bir kızartma tavası veya bir fritözde ısıtılır ve gıda bu yağ tabakasında kızartılır.

Restoranlar, gıdanın sıcak yağın içerisine daldırılan tel bir sepete yerleştirildiği, kesikli kızartıcılar da kullanır. Ürün tamamen kızartıldığı zaman sepet sıcak yağdan çekilir. Restoranlar kızartma sıcaklığı ve kızartma zamanı talimatlarına uyarlar. Kızartma sıcaklığı ve kızartma zamanı kızartılan ürünlere göre değişir.

Büyük ölçekli aperiif yemek üretimi derin yağ kızartıcılarında yapılır. Bunlar ya kesikli ya da sürekli kızartıcılarıdır. Kesikli bir kızartıcıda, gıda sıcak yağlı büyük bir tavaya konur. Yağ ya kızartıcı altından direkt olarak ya da dış bir ısıtıcıda ısıtılır.

İkinci durumda, yağ tavaya yeniden sirküle edilir ve bir karıştırıcı ile karıştırılır. Daha önceden, elle karıştırma işlemi yaygındı, ama modern kazanlar genellikle mekanik karıştırıcılarla donatılmıştır.

Kızartılmış ürün uzaklaştırılır ve yüzeyden fazla yağı çekmek için bir santrifüj aleti ile döndürülür. Ürüne baharat katılır ve sonra ambaljanır. Geri kazanılan yağ yeniden kullanılır.

Sürekli bir kızartıcıda, gıda bir uça kızartıcıya girer, kızartılır ve diğer uçtan dışarı alınır. Kızartılacak gıdanın tipine göre belirli bir zamanda ürün sıcak yağın içerisine daldırılır. Kesikli kızartıcılar için yukarıda tarif edildiği gibi, yağ direkt olarak veya dolaylı olarak ısıtılır.

Yukarıdaki prosedürlerde ürünler tamamen kızartılır ve tüketime hazırdır. Oldukça geniş ölçüde kullanılan başka bir endüstriyel kızartma metodu vardır. Bu par-kızartma prosesi olarak bilinir. Gıda endüstriyel bir kızartıcıda dehidrate edilir ve -20°C 'de aniden dondurulur.

Ambalajlanmış par-kızartılmış gıda 20.6°C ile 23.3°C muhafaza edilir ve soğutucu kamyonlarda dağıtılır. Gidilecek yerde ürün bir soğutucu içinde kalır. Soğutucudan çıkarılır ve buzu çözülmeden hemen kızartılır.

En yaygın kızartma ürünleri cips, patates dilimleri, tavuk kotletpane, üzeri kaplanmış veya kaplanmamış sebzeler, peynirli sebzeler, üzeri kaplanmış peynir çubukları, vs.'dir. Bu restoranlarda insan gücü ve hazırlık zamanlarını azaltır ve restoranlar ve gıda hizmetleri için büyük ölçüde kolaylık ve maliyet tasarrufu sağlar.

Kızartılmış ürünün depolama dayanıklılığı kalitesinin tayininde yağ büyük bir rol oynar. Bununla birlikte, yağ depolama esnasında ürünün acılaşmasına neden olan oksidasyona da eğilimlidir.

Yüksek oksijen, azot ve nem önleme özellikleri olan ambalajlama malzemesinin kullanılması önemli derecede yağın bozulmasını azaltabilir ve paketlenmiş kızartılmış gıdanın raf ömrünü de arttırabilir.

Dünyanın çeşitli yerlerinde kızartma yağı kullanılmaktadır. Yerel olarak bulunabildiği için çoğu zaman kızartma için spesifik bir yağ seçilmiştir. Teknoloji ilerledikçe insanoğlu ham preslenmiş yağlardan rafine yağlara geçti.

Ayrıca, yıllarca gelişen taşıma ve depolama sistemlerinden dolayı, dünya çapında pek çok yağın olmasını da arttırdı. Tüketiciler bir süre farklı yağ tiplerinde kızartılan ürünlerin tadını fark ettiler.

Dünya çapında çeşitli yağ tiplerinin yaygın dağıtımına rağmen, kızartılmış yağlarda özel yağlar için bölgesel tercihlerin olduğu anlaşılmıştır. Örneğin, pamuk tohumu yağı A.B.D.'de patates cipsi için "altın standard" olarak düşünülmüştür.

Patates cipsleri Saratoga Falls, New York'ta 150 yıl önce kullanılmaya başlandığı zaman pamuk tohumu yağı A.B.D.'de yetiştirilen en önemli bitkisel yağ olduğu için bu yağ çöktür (1).

Aynı şekilde, Meksikalı tüketiciler kızartılmış hafif yemeklerde susam tohumu yağı veya aspir yağını tercih ederler. Hint yarımadasındaki tüketiciler kızartılmış hafif yemeklerde fıstık (yerfıstığı) yağını tercih ederler. Her yağ üreten ülkede orijinal yerel yağa karşı eğilim olabilir.

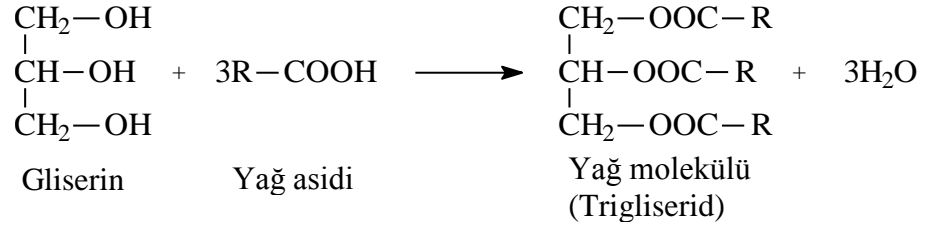
Yeterli yağ kaynağı için bulunabilirlik ve gereklilik kızartılan ürünler için yerel yağ seçiminde büyük bir rol oynar. Örneğin, Meksikalı tüketiciler aspir yağı veya susam tohumu yağını tercih ettikleri halde, kızartılmış gıdanın iyi bir lezzet ve tadı olduğu için, hafif yemeklerin kızartılmasında palmoleini kabul etmişlerdir.

Meksika'da palmoleinin kabul edilmesi, susam tohumu ve aspir yağlarının yetersiz ve çok pahalı olması ve palmoleinin düşük maliyette iyi kızartılmış gıda elde edilmesine yol açmasından etkilenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Yağın Tanımı ve Sınıflandırılması

Yağlar, uzun zincirli karboksilli yağ asidlerinin gliserin ile esterleşerek meydana getirdiği trigliseridler olarak tanımlanır. Bir trigliserid molekülünün sentezi şöyledir:

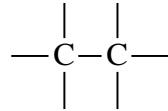


Gliserinle birleşerek trigliseridleri meydana getiren yağ asidleri değişik uzunlukta düz zincirlerden meydana gelmiş monobazik organik asidlerdir. Her yağ asidi bir alkil ve bir karboksil grubundan oluşur.

Bileşiğe asidik karakteri kazandıran karboksil grubudur. Trigliseridlerin yapı taşlarını oluştururlar. Bu nedenle yağların karakteri sahip oldukları yağ asitlerine ve bunların bulunma oranlarına bağlıdır.

Yağlar, içerdikleri yağ asidlerinin doymuşluk derecesine göre doymuş ve doymamış olmak üzere ikiye ayrılırlar. Doymuş yağlarda bulunan başlıca doymuş yağ asidleri Tablo 2.1’de verilmiştir.

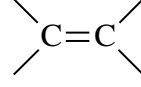
Bu tür asidler



şeklinde tekli bağlar bulundurduğu için, kimyasal olarak en az reaktif yağ asidleridir.

Tablo 2.1’den görüldüğü gibi, doymuş yağ asidlerinin erime noktası zincir uzunluğu arttıkça artar. Kaprik asid ve daha büyük zincir uzunluğuna sahip yağ asidleri oda sıcaklığında katı haldedirler.

Doymamış yağlarda bulunan başlıca doymamış yağ asitleri de Tablo 2.2'de görülmektedir. Buradaki yağ asitlerinde,



şeklinde çifte bağların olmasından dolayı, doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerine nazaran daha da reaktiftir.

Bu reaktivite zincirdeki çifte bağ sayısına bağlı olarak artar. Doymamış yağ asitleri bir çifte bağ buldukları zaman tekli doymamış veya monoenoik yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Birden fazla çifte bağ içerenler çoklu doymamış veya polienoik yağ asitleri olarak adlandırılırlar.

Doymamış yağ asitlerinin adlandırılması için Cenova sisteminde, yağ asidi zincirinde karboksil (–COOH) grubunun karbonu 1 (bir) numara olarak dikkate alınır ve düzenlemeler buna göre yapılır.

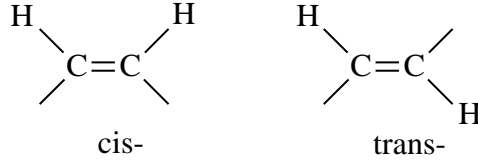
Doymamış yağ asitleri omega (Ω) ve n– (n eksi) sistemine göre de adlandırılırlar. Omega veya n– işaretlemesi, genellikle enzim aktivitesi ve spesifikliğı gösteren durumlarda, daha çok biyokimyacılar tarafından kullanılır.

Omega veya n– terimleri molekülün sonunda metile (CH₃–) göre yağ asidindeki çifte bağın yerini ifade eder. Örneğin, oleik asitte son metile göre çifte bağ 9.karbondadır. Bu nedenle, oleik asit omega-9 veya n–9 olarak adlandırılır.

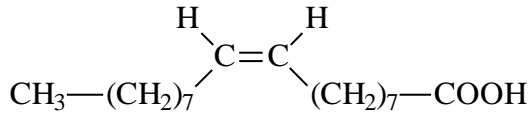
Linoleik asitte son metile göre iki çifte bağ sıra ile 6. ve 9.karbonlarda olduğu için, linoleik asit *omega-6* veya *n–6*, linolenik asitte ise üç çifte bağ sıra ile 3., 6. ve 9.karbonlarda olduğu için, linolenik asit *omega-3* veya *n–3* olarak adlandırılır.

Doymamış yağ asitlerinde geometrik ve pozisyonel izomerizm olmak üzere iki çeşit izomerizm vardır. Geometrik izomerizm, çifte bağların etrafındaki karbon atomlarının konfigürasyonuna göre ortaya çıkan bir izomerizmdir.

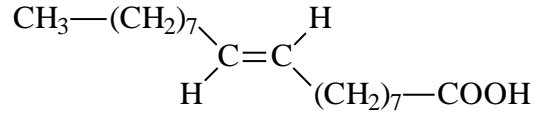
Burada hidrojen atomları karbon zincirinin aynı tarafında ise *cis*- izomerler, ters yönlerinde ise *trans*- izomerler oluşur.



Cis formundaki yağ asitlerinin erime noktaları trans formuna göre daha düşüktür. Cis formundaki oleik asidin erime noktası 16°C iken trans formu olan elaidik asidin erime noktası 43°C'dir.

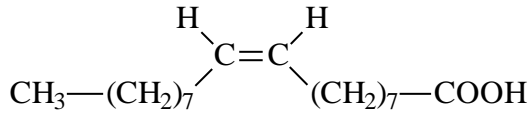


Oleik asid
(cis-9-oktadenoik asid)

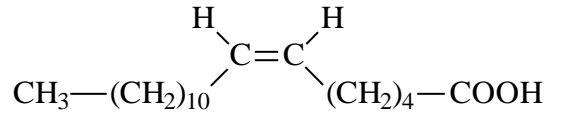


Elaidik asid
(trans-9-oktadenoik asid)

Pozisyonel izomerizm, karbon zincirinde çifte bağların yerini ifade eder. Bu izomerizm, aynı karbon ve aynı çifte bağ sayısına sahip doymamış yağ asitlerinde görülür. Örneğin, petroselinik asid (cis-6-oktadenoik asid) oleik asidin (cis-9-oktadenoik asid) pozisyonel bir izomeridir.



Oleik asid
(cis-9-oktadenoik)



Petroselinik asid
(cis-6-oktadenoik)

Tablo 2.1. Doymuş yağ asidleri.

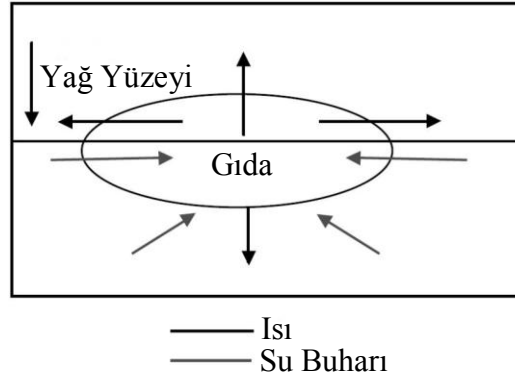
Yağ Asidinin Yaygın Adı (Sistemik Adı)	Karbon sayısı	Mol Ağ./g mol ⁻¹	E.n./°C	Bulunduğu Yer
Butirik (Butanoik)	C _{4:0}	88.11	(-7.9)-(-5.1)	Tereyağı
Kaproik (Heksanoik)	C _{6:0}	116.16	(-3.4)-(-3.9)	Tereyağı
Kaprilik (Oktanoik)	C _{8:0}	144.22	16.3-16.7	Hindistan cevizi yağı
Kaprik (Dekanoik)	C _{10:0}	172.27	31.2-31.6	Hindistan cevizi yağı
Laurik (Dodekanoik)	C _{12:0}	200.32	44.0-44.2	Hindistan cevizi yağı
Miristik (Tetradekanoik)	C _{14:0}	228.38	53.9-54.4	Hindistan cevizi yağı, tereyağı
Palmitik (Heksadekanoik)	C _{16:0}	256.43	62.5-63.1	Pek çok katı ve sıvı yağlar
Stearik (Oktadekanoik)	C _{18:0}	284.48	67.0-69.0	Pek çok katı ve sıvı yağlar
Araşidik (Eikosanoik)	C _{20:0}	312.54	75.3-75.4	Yer fıstığı yağı
Behenik (Dokosanoik)	C _{22:0}	340.60	79.9-90.0	Yer fıstığı yağı
Lignoserik (Tetrakosanoik)	C _{24:0}	368.65	75.0-83.0	Yer fıstığı yağı, kolza yağı

Tablo 2.2. Doymamış yağ asitleri.

Yağ Asidinin Yaygın Adı (Sistemik Adı)	Karbon sayısı ve çifte bağ sayısı	Mol Ağ./g mol ⁻¹	E.n./°C	Bulunduğu Yer
Palmitoleik (9-heksadesenoik)	C _{16:1}	254.42	0.5	Bazı balık yağları, sığır yağı
Petroselinik (cis-6-oktadesenoik)	C _{18:1}	282.47	29.5-30.1	Maydanoz tohum yağı
Oleik (cis-9-oktadesenoik)	C _{18:1,cis}	282.47	13.5(α)- 16.3(β)	Pek çok katı ve sıvı yağlar
Elaidik (trans-9-oktadesenoik)	C _{18:1,trans}	282.47	43-45	Pek çok hayvansal yağlar
Vaksenik (11-oktadesenoik)	C _{18:1,cis}	282.47	44	Pek çok hayvansal yağlar
Linoleik (cis-9,12-oktadesenoik)	C _{18:2}	280.46	-5	Pek çok bitkisel sıvı yağlar
Linolenik (cis-9,12,15-oktadekatrienoik)	C _{18:3}	278.44	-11	Soya yağı, keten ve kenevir yağları
Gadoleik (9-eikosenoik)	C _{20:1}	310.53	---	Bazı balık yağları
cis-11-eikosenoik	C _{20:1}	310.53	23-24	Bazı balık yağları
Araşidonik (cis-5,8,11,14-eikosatetraenoik)	C _{20:4}	304.48	-49	Domuz yağı
Timnodonik (cis-5,8,11,14,17-eikosapentaenoik)	C _{20:5}	302.46	(-54)-(-53)	Bazı balık yağları
Erusik (cis-13-dokosaenoik)	C _{22:1}	338.58	33-34	Düşük erusik asidli kolza yağı
Klupanodonik (4,8,12,15,18,21-dokosaheksaenoik)	C _{22:6}	324.47	---	Bazı balık yağları
Nervonik (cis-15-tetrakosenoik)	C _{24:1}	366.62	42-43	Bazı balık yağları

2.2. Kızartma İşlemi

Kızartma işlemi, kimyasal reaksiyonlar gibi aynı anda ısı ve kütle transferinin meydana geldiği kompleks bir süreçtir (2). Bu süreçte, sıcak yağ kızartılacak ürüne ısı verir. Isı gıda ürününün içindeki nemini su buharına dönüştürür. Su buharı dış yüzey sayesinde ürününden çıkar (Şekil 2.1). Bu, kızartılan gıdanın etrafında daima kabarcıkların görülebilmesinin nedenidir. Gıda sıcak yağın içerisine atıldığı zaman başlangıçta kabarcıkların olması şiddetlidir ve ürünlerdeki nem düşük bir düzeye geldiği zaman kabarcıklar sona erer. Gıda ürünü dehidrasyona uğrar. Aynı zamanda, aşağıda gösterildiği gibi, kızartma yağında olduğu kadar gıdada da çeşitli fiziksel değişiklikler ve kimyasal reaksiyonlar meydana gelir:



Şekil 2. 1. Kızartma esnasında kavramsal ısı ve kütle transferi.

2.3. Kızartmada Yağın Rolü

Yağ kızartılmış ürüne, kızartılmış gıdanın tüketiciler için lezzetli ve cazip olmasını sağlayan çeşitli önemli özellikler kazandırır, bunlar şunlardır:

- Doku
- Kızartılmış gıda lezzeti
- Ağız hissi
- Ağızda kalan tat

İyi ki, yağ kızartma esnasında gıdanın dehidrasyonu için mükemmel bir ısı transfer ortamı da olmuştur. Kızartma endüstrisinde bazı makine mühendisleri yağı

doğru bir ısı transfer ortamı olarak görmektedirler. Bu çalışmada daha sonraki bahislerde yağın kızartmada sadece bir ısı transfer ortamı olmasından daha büyük bir rol oynadığı gösterilecektir.

2.4. Kızartma Yağı Uygulamaları

Daha önce belirtildiği gibi, kızartma yağı evlerde, restoranlarda (gıda servisleri) ve endüstriyel kızartma işlemlerinde kullanılır. Evde kızartılan gıda hazırlandıktan sonra hemen tkutilir. Restoranlarda, kızartılmış gıda genellikle sipariş etmek ve hazırlandığı dakikada tkutilmesi için yapılır. Gıdada iyi lezzet ve doku veren yağın evlerde ve restoranlarda kızartma için her zaman kullanılacağı düşünülür. Diğer taraftan, endüstriyel ürünler ambalajlanır ve satış için dağıtılır. Bu rnlerin bazıları dağıtımı ve satışı için haftalar veya aylar gerektirebilir.

Bu nedenle, bu ürünler satın alındığı zaman tüketiciler tarafından kabul edilebilmesi için iyi lezzeti ve dokusu muhafaza edilmelidir. rnlerin uzun bir raf ömründe olması için, endüstriyel kızartma işleminde kullanılan yağların iyi oksidatif ve lezzet dayanıklılığı olmalıdır.

2.5. Kızartma Yağının Seçimi

Endüstriyel kızartma işlemi için yağ seçiminde aşağıdaki kriterler (3) uygulanır:

1. rn lezzeti
2. rn dokusu
3. Ürünün görünüşü
4. Ağız hissi
5. Ağızda kalan tat
6. Ürünün raf mr
7. Yağın bulunabilirliği
8. Maliyeti
9. Beslenme gereksinimleri

Lezzet, koku ve görünüş, genellikle kızartılmış yağda tüketicinin aradığı ilk üç özelliktir. Sonra, tüketici kızartılmış gıdayı doku, ağız hissi ve ağızda kalan tat bakımından değerlendirir. Bu nedenle, yukarıdaki listeden ilk beş madde ürünün tüketici tarafından kabul edilmesi için önemlidir.

Ürünün raf ömrü kalite ve ekonomik nedenlerden dolayı önemlidir. Bütün ürünler dağıtım ve satış için birkaç hafta veya ay bile gerektirir. Ürünün lezzeti ve dokusu kullanıldığı zaman tüketici tarafından kabul edilebilir olmalıdır. Ürünün dokusu (bayatlığı) depolama esnasında nem kapmasına neden olur. Doğru ilk nem kontrolü ve iyi bir nem önleme özelliği olan uygun ambalaj kullanımı ile bu durum düzeltilebilir.

Yağ kalitesi ve yağ lezzet dayanıklılığı depolama esnasında daha çok lezzet dayanıklılığını etkiler.

Yağın bulunabilirliği ve maliyeti önemli ekonomik faktörlerdir. Eğer yeterli miktarda bulunamazsa, en iyi performanslı kızartma yağı bile işletme için faydalı değildir. Yağın maliyeti endüstri için son derece önemlidir. Hafif yemeklerin çoğu %20-40 oranında yağ içerir.

Hafif yemekte yağın beslenme değeri önemlidir. Bugünün tüketici isteklerini karşılamak için, kızartma yağı aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

1. Doymuş yağ bakımından düşük
2. Linolenik asid bakımından düşük
3. Yüksek oksidatif ve lezzet dayanıklılığı
4. Hidrojene edilmemiş (*trans*-yağsız)

Modifiye edilmiş bileşimli yağlar çok sınırlı kaynakta bulunduğu için, hafif yemek endüstrisi için bunu karşılamak için zor bir iştir. Palmoleinin hiç *trans*-yağı yoktur, ama doymuş yağ oranı yüksektir.

Soya yağı ve kanola yağı endüstriyel kızartma işlemi için hidrojene edilmelidir. Böylece, *trans*-yağa sahip olacaklardır. Bundan başka, palm yağı ve soya yağı ortak kaynağının dünya yağ tüketiminin hemen hemen %80'ini oluşturduğunu anlamak önemlidir (3).

Dünyanın toplam yağ ihtiyacını karşılamak için bu iki yağdan herhangi biri yeteri kadar yoktur. Mısır yağı, pamuk tohumu, modifiye edilmiş ayçiçeği ve modifiye edilmiş kanola yağları sınırlı kaynak olarak bulunmaktadır.

Bunlar diğer ihracat mahsulleri ile yoğun rekabet halinde oldukları sınırlı coğrafik bölgelerde yetiştirilirler. Bu nedenle, kızartılmış hafif yemeklerde beslenme gereksinimleri sınırlı coğrafik bölgelerde ve oldukça yüksek bir maliyette bulunabilir.

2.6. Kızartma Esnasında Gıdada Meydana Gelen Değişiklikler

Kızartma esnasında bir gıda ürününde görülen başlıca değişiklikler şunlardır:

- Gıda nem kaybeder.
- Gıda yüzeyi daha koyu bir renk alır (bazen, sert kabuk olur).
- Kızartılmış gıdada daha sıkı bir doku (veya kabuk) meydana gelir.
- Gıdada kızartma lezzeti ve kokusu da ortaya çıkar.

2.7. Kızartma Esnasında Yağda Meydana Gelen Değişiklikler

Kızartma esnasında yağda meydana gelen değişiklikler şunlardır:

• Kızartılmış gıda oldukça donuk görüldüğü esnada taze yağ bir bozulma periyodundan geçer.

- Kızartma prosesi devam ettikçe kızartılmış gıda lezzeti gelişir.
- Lezzet gelişimi ile birlikte, yağ aşağıdaki kimyasal reaksiyonlara uğrar:
 - 1) Hidroliz
 - 2) Otoksidasyon
 - 3) Oksidatif Polimerizasyon ve
 - 4) Termal Polimerizasyon
- Kızartıcıdaki yağ daha koyu bir renk alır

Yağ kalitesi ve kızartılmış gıdanın lezzeti optimum bir aşamadan geçer. Bundan sonra, hem yağ kalitesi hem de ürünün lezzeti azalır (4). Yukarıdaki kimyasal reaksiyonların hepsi yağ moleküllerinin kimyasal yapısını değiştirir. Doymamış yağ asitleri çok etkilenir.

Kızartma esnasında yağda istenilmeyen kimyasal bileşikler yanında bazı istenilen bileşikler de meydana gelir (5). Yeni kızartılmış gıdalardaki yağ, kızartılmış yağda bulunan aynı bileşikleri içerir.

İstenilen bileşikler yeni kızartılmış ürünün iyi bir lezzete sahip olmasını sağlar. Bazen, istenilmeyen yağ bileşenleri yeni ürünün lezzetini etkileyebilir. Birçok durumda, iyi ilk lezzetiyle kızartılmış bir ürün depolama esnasında oksidlenebilir veya acı bir lezzete sahip olabilir. Bu, yağın oksidasyon ürünlerinin kuvvetli katalizörler ve depolama esnasında yağın (üründe bulunan) daha fazla bozulmasına neden olmasından dolayıdır.

Kızartma prosesinde yağ bozulmaya uğradığı zaman bu olay oldukça belirgin bir hale gelir. Bu, düşük taze yağ kalitesiyle yağdaki kızartma ürünlerinde daha da belirgindir. Bu nedenle, paketlenmiş kızartılmış gıdalarda yağın oksidatif dayanıklılığı ürün için istenilen raf ömrünün elde edilmesinde çok önemlidir.

Ürün yüzeyinin kararması, kahverengileşme reaksiyonu da denilir, kızartma yağı veya gıdada bulunan yağ (genellikle lipidler) ve proteinler ile gıdada bulunan sakkaridler arasındaki kimyasal reaksiyonla oluşur. Bu reaksiyon aşağıdakilerle ilgili olan Maillard reaksiyonu (6, 7) olarak bilinir:

1. Kızartılmış ürünün kahverengi veya koyu kahverengi görünüşü
2. Ürünün kızartılmış haldeki lezzeti

Kahverengileşme reaksiyonu fotooksidasyona (8, 9) karşı yağın biraz korunmasını da sağlar.

Genel olarak yağda meydana gelen fiziksel değişiklikler aşağıdaki gibi sıralanabilir (10).

- Viskozite artar
- Yağ koyulaşır
- Ara yüzey gerilimi azalır
- Yoğunluk artar
- Spesifik ısı artar

2.8. Kızartma Esnasında Yağda Meydana Gelen Kimyasal Reaksiyonlar

Kızartma esnasında yağda çeşitli kimyasal reaksiyonların meydana geldiği daha önce belirtilmiştir (11,12). Bunlar, aşağıda açıklandığı gibi, hidroliz, otoksidasyon, oksidatif polimerizasyon ve termal polimerizasyondur.

2.8.1. Hidroliz

Gliserid molekülünün çeşitli şekillerde hidrolizi sonucu yağ asitleri meydana gelir. Buna bağlı olarak da yağın serbest yağ asidi içeriği artar. Hidrolitik ransidite olarak da bilinen bu reaksiyon sulu ortamda gerçekleşir. Bu reaksiyon sonucunda oluşan yağ asitleri de ileri derecedeki reaksiyonlarla yağın acıması ve tüketilmez duruma gelmesine neden olur.

Bu proste, bir yağ (triaçilgliserol, trigliserid olarak da bilinir) molekülü bir su molekülü ile reaksiyona girer, bu esnada genellikle serbest yağ asidi (SYA) olarak bilinen, bir yağ asidi molekülü (13) ve bir diaçilgliserol molekülü (DG, diaçilgliserid de denilir) ayrılır. Bu reaksiyon şeması aşağıda gösterilmiştir:



Bu reaksiyona göre 1 mol suyla olan hidroliz sonucunda 1 mol serbest yağ asidi ayrılmakta, eğer 2 mol su olursa 2 mol serbest yağ asidi ve tam hidroliz sonucunda ise 3 mol serbest yağ asidi ile gliserin ortaya çıkar. Hidroliz sonucunda genellikle serbest yağ asitleri, monogliseridler, digliseridler ve gliserolden oluşan yapılar ortaya çıkmaktadır. Burada meydana gelen uzun zincirli yağ asitleri (C₁₆-C₂₀) belirli bir sınırı aşmadıkça yağın koku ve tadında önemli bir değişiklik meydana gelmez. Ancak bütirik, heksanoik, oktanoik ve dekanoik asitler gibi kısa zincirli yağ asitleri tatta çok önemli değişiklikler ve acılaşmaya neden olur.

Kızartma esnasında yağın bu reaksiyona maruz kalması olağan olmasına rağmen, bir surfaktantın bulunması hidrolizin meydana gelmesini gerektirir. Yağ ve su bir çözelti oluşturmadıkça hidroliz meydana gelemez (14) ve 260°C veya daha yüksek sıcaklıkta, deniz seviyesinde, su 100°C'de kaynar, yüksek basınç altında çok yüksek sıcaklıklar dışında yağ ve su karışmaz.

Bu nedenle, kızartıcıda az bir miktarda surfaktant bulunmadıkça, kızartma sıcaklıklarında (149-213°C) çok az da olsa yağ ve su çözeltisinin meydana gelmesi bunların dışında tutulabilir (15 16). Kızartma esnasında bir surfaktant bir yağ/su çözeltisinin oluşmasını kolaylaştırabilir. Bu durum daha çok kızartma yağında SYA'nın meydana gelmesinden sorumludur.

2.8.2. Otoksidasyon

Atmosfer oksijeninin yağ asidi molekülünün çift bağlarına tesir etmesiyle oluşan acılaşmaya oksidatif ransidite (otooksidasyon) denir. Oksidlenmiş yağ asitleri kızartılmış yağın lezzetini değiştirir (17). Okside olmuş yağların dumanlanma ve ateşlenme noktaları düşer. Buna bağlı olarak yağın kızartmalık kullanımı sınırlanır. Bu tip yağlar kullanılarak kızartılan ürünlerde renk koyu olur. Kızartılmış ürünlerde istenmeyen koku ve aroma oluşur. Ayrıca okside olmuş yağların kızartmalık maksatlarla kullanımı esnasında yağda tıpkı su varmış gibi aşırı sıçrama meydana gelir.

Kızartılmış gıdaya iyi lezzet verdiği bilinen bileşikler laktonlar ve bazı aldehidlerdir. Bu bileşiklerin çoğu linoleik asidden kaynaklanır. Otoksidasyon, kızartma esnasında (17 18) ve daha sonra depolama esnasında paketlenmiş üründe bulunan yağda meydana gelen başlıca reaksiyonlardan biridir.

Demir, nikel veya bakır gibi bir metal başlatıcının varlığında doymamış bir yağ asidi oksijenle etkileştiği zaman yağda oluşan serbest bir radikal ile doymamış yağ asidlerinin otoksidasyonu başlar.

Yağ asidi, bir triaçilgliserol molekülünde bir yağ asidi parçası olabilir veya ya taze yağda bulunan ya da kızartma esnasında hidrolizden yağda meydana gelen serbest bir yağ asidi molekülü olabilir. Aşağıda belirtildiği gibi, otoksidasyona ait reaksiyon mekanizması çeşitli mekanizmaları içerir.

2.8.2.1. Adım 1: Başlama

Metal başlatıcı doymamış bir yağ asidi molekülünden serbest bir alkil radikali oluşturur. Bu reaksiyon adımı için aşağıdaki şartlar gereklidir:

- Bir metal başlatıcı (demir, nikel, bakır) doymamış yağ asidi ile temasta olmalıdır.
- Isı genellikle serbest radikal oluşma prosesini ve daha sonraki reaksiyon adımlarını hızlandırır.
- Fosfolipidler, monoaçilgliserol ve diaçilgliserol yağ ve hava arasındaki ara yüzey gerilimini düşürebilir. Bu durum, otoksidasyonu arttıran, kızartma esnasında yağ ve oksijen arasındaki temas miktarını artırır.
- Kalsiyum ve magnezyumun kızartıcıdaki yağda bulunan serbest yağ asidi ile reaksiyonu sonucunda sabunu meydana getirir, böylece sabunlar oluşur. Bunlar kızartıcıdaki yağda otoksidasyonun artmasına neden olan, fosfolipidler gibi aynı şekilde davranabilirler.

2.8.2.2. Adım 2: Oksijenle Reaksiyon

Serbest radikal, bir peroksi (alkoksi) radikali oluşturarak, bir oksijen molekülü ile reaksiyona girer. Oksijenin olması kesinlikle gereklidir. Bu, vakum altında depolandığı veya azotla doyurulduğu zaman yağın oksidlenmemesinin nedenidir.

2.8.2.3. Adım 3: Yayılma

Bu adımda, peroksi radikali doymamış bir yağ asidi molekülü ile reaksiyona girer, bir hidroperoksid molekülü oluşur ve daha sonra bir peroksi (alkoksi) radikalini oluşturmak için bir oksijen molekülü ile reaksiyona girebilen başka bir serbest alkil radikali ayrılır. Yağ linolenik asid içerdiği zaman bu adım hızlı ve daha karmaşık olur.

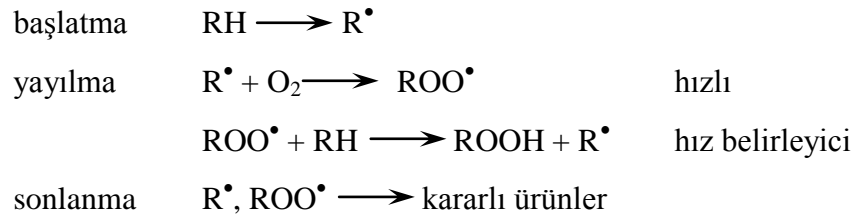
Hidroperoksidler çok kararsızdırlar ve yağ oksidasyon prosesi devam ettikçe, bir dizi aldehid, keton, hidrokarbon, alkol ve birçok reaksiyon ürününe bozunur. Gerçekte, üründeki yağ otoksidasyon ile parçalanmaya devam ettikçe ve oksidlenme ve üründe acı lezzet oluşumu ilerledikçe, paketlenmiş ürünün depolanması esnasında bu reaksiyonlar devam eder.

2.8.2.4. Adım 4: Sonlanma

Serbest radikaller birbiriyle reaksiyona girebilirler. Aşağıdaki durumlar meydana geldiği zaman bu olay gerçekleşir:

1. Sistemde kalan hiçbir doymamış yağ asidi olmadığı zaman, veya
2. Sistemde oksijen bulunmadığı zaman.

Bu dört adımı birlikte incelediğimizde, otoksidasyon, zinciri başlatan, yayan ve sonlandıran karmaşık bir reaksiyon dizisinden ibaret olan bir serbest radikal zincir reaksiyonudur.

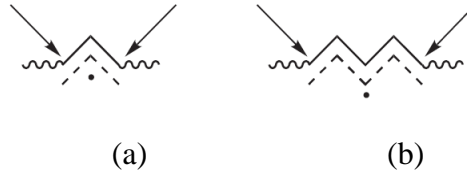


Üç veya üçten fazla karbon üzerindeki delokalizasyon sayesinde zincir reaksiyonu, allilik bir radikal vermek için allilik bir hidrojenin ayrılması ile başlatılır. Başlatıcı, büyük olasılıkla daha önceden bulunan veya fotooksidasyon ile oluşan hidroperoksidlerin bozunması ile meydana gelen serbest bir radikaldir. Bozunma termal olabilir, ama büyük bir olasılıkla eser miktarlarda değişken redoks basamaklı metal iyonları ile ilerletilir.

Otoksidasyon, otokatalitik yayılma adımları hakim olana kadar serbest radikallerin artması esnasında, bir indüksiyon dönemi ile karakterize edilir. İndüksiyon dönemi esnasında, oksidasyon ürünlerinde biraz artış olur.

Yayıma silsilesinin ilk adımı, bir peroksi radikali veren, allilik radikalın moleküler oksijen ile olan reaksiyonudur. Bu adım, zincir reaksiyonunu devam ettiren hem allilik bir hidroperoksid hem de yeni bir allilik radikal meydana getirerek, peroksi radikali sayesinde daha sonra ortaya çıkan başka bir allilik hidrojenin ayrılmasından daha hızlıdır. Hidrojenin ayrılması hız belirleyici adımdır ve bu nedenle en kolay bir şekilde ayrılan hidrojen için seçimidir.

Allilik radikalın beş karbon üzerinde delokalize olabildiği, metilen aralıklı dienler ve polienler, radikalın üç karbon üzerinde delokalize olduğu monoenlerden daha hızlı oksidlenir (Şekil 2.2).



Şekil 2. 2. Otoksidasyon esnasında meydana gelen allilik radikaller. a) İzole çifte bağlardan oluşanlar üç karbon üzerinde delokalize olmuştur. b) Metilen aralıklı dienler veya polienlerden oluşanlar beş karbon üzerinde delokalize olmuştur. Oklar bir peroksi radikalını veren O₂'nin bağ yapabileceği yerleri göstermektedir.

Başka bir şekilde hidrojen ayrılması ile daha allilik radikalleri oluşturan radikalleri yok eden reaksiyonlar sayesinde zincir reaksiyonu sonlanır. Buna örnekler, radikal olmayan ürünlere yol açan iki hidroksi radikalının ve moleküler oksijen veya daha kararlı bir radikal oluşturan bir serbest radikal tutucu (antioksidant) ile meydana gelen reaksiyonun kombinasyonudur.

Otoksidasyon hızı genellikle doymamışlığın artması ile artar. Saf metil veya etil ester halindeki linoleat oleattan yaklaşık olarak 40 misli daha hızlı reaksiyona girer ve daha yüksek polienler için, ilave edilen her bir çifte bağ için hız iki misli olur (19).

Trilinolein basit esterler gibi aynı kinetiği izlemez ve biraz daha hızlı oksidlenir. Oksidasyona karşı olan duyarlılığı ortam da etkiler ve oksidasyonun su ve yağ fazları arasında ara yüzeyde meydana geldiği emülsiyonlaşmış sistemlerde (örneğin, birçok gıda formülasyonları) bu genelleştirmeler geçerli olamayabilir (20).

2.8. 3. Serbest Radikal Kaynakları

Her ne zaman doymamış yağ asidlerini içeren yağ demir, nikel veya bakır gibi bir metal başlatıcı (21) varlığında ısıtılırsa serbest radikaller meydana gelir. Kızartma esnasında yağda serbest radikaller oluşur. Kızartma prosesinde metal başlatıcı aşağıda verildiği gibi çeşitli kaynaklardan ileri gelebilir:

1. Kızartılacak gıda
2. Yağın kendisi

İz metaller ham bitkisel yağlarda milyonda bir parça (ppm) düzeylerinde bulunurlar. Araştırmacılar, deodorize yağda 0.3 ppm (22) kadar düşük bir demir miktarında bile soya yağı lezzetinin otoksidasyondan bozulabileceğini göstermişlerdir. Metal başlatıcıları bütün bitkisel yağlar ve hayvansal yağlarda otoksidasyonu başlatırlar. Ham yağdaki iz metaller rafinasyonda ve özellikle, ağartma adımlarında (23-24) uzaklaştırılırlar.

Yağın yetersiz ağartılması yağda yüksek konsantrasyonda iz metallerinin kalmasına neden olabilir. Bu durum kızartıcıda otoksidasyonu arttırabilir. Ayrıca, atmosferik ağartma, vakumla ağartıcıda düşük vakum, ağartıcıda yüksek sıcaklık veya deodorizerde düşük vakum taze yağda serbest radikalleri oluşturabilir (25). Bu serbest radikaller bir kızartıcıdaki yağı hızla oksidleyebilirler.

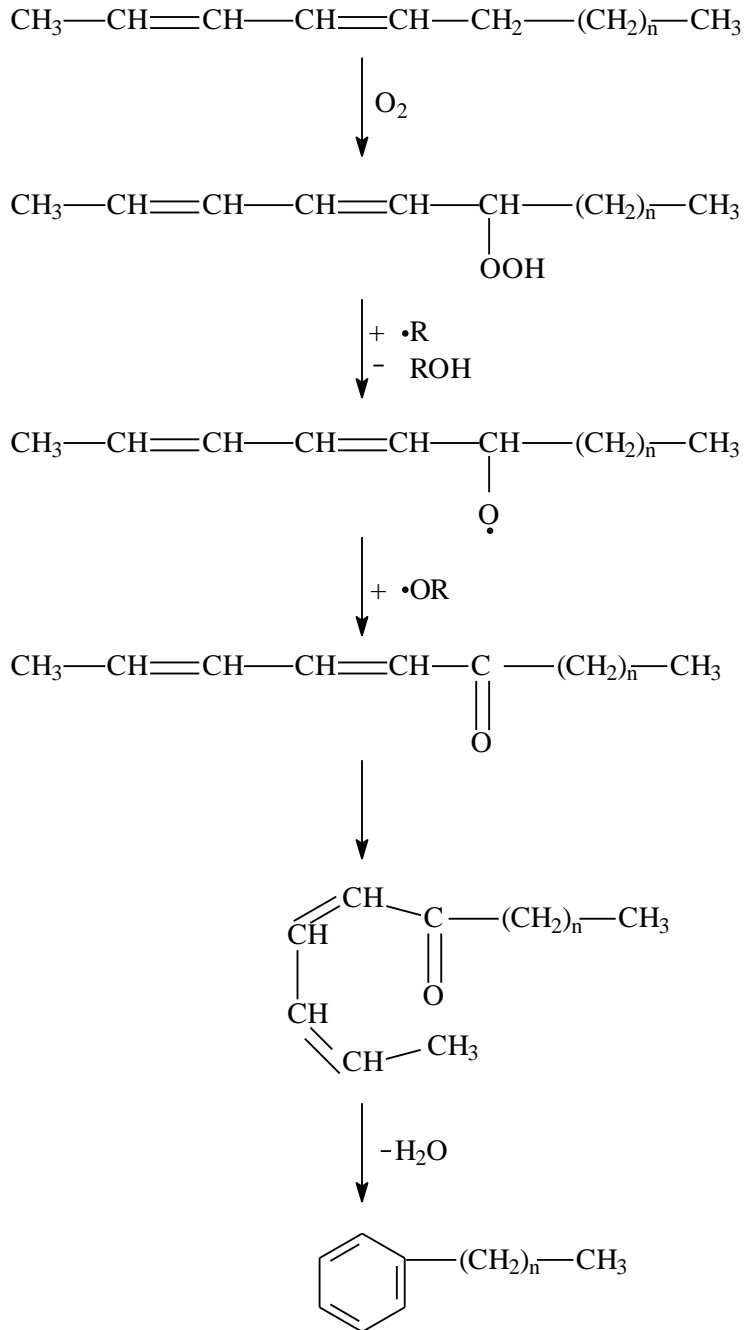
2.8.4. Polimerizasyon

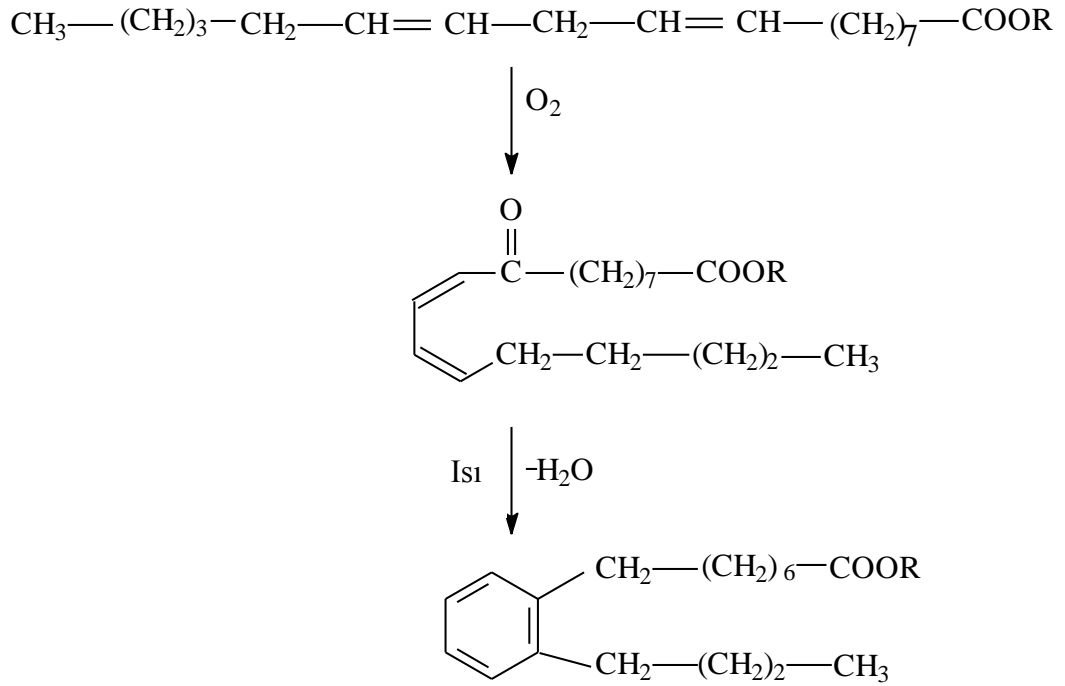
Doymamış yağ moleküllerinin (trigliseridlerin) iki karbon atomu arasındaki çapraz bağlanma olarak ifade edilmektedir. Kızartıcıdaki yağda oluşan iki tip polimerizasyon vardır (21). Bunlar şunlardır:

- Oksidatif polimerizasyon
- Termal polimerizasyon

2.8.4.1. Oksidatif Polimerizasyon

Otoksidasyonda olduğu gibi serbest radikaller birbirini yok ettiği zaman oksidatif polimerler oluşur. Bir triaçilgliserol molekülü otoksidasyon esnasında parçalandığı zaman, parçalı triaçilgliserol molekülleri deodorizasyon prosesinde uzaklaştırılmazlar ve dimerleri, trimerleri veya polimerleri oluşturarak, birbiriyle reaksiyona girebilirler.





Bu oksidatif polimerler yeni kızartılmış gıdaya daima kötü bir lezzet vermezler. Bununla birlikte, paketlenmiş üründe kötü bir lezzet üretimden sonraki birkaç gün içinde gözlenebilir ve ambalaj üzerindeki kod tarihinin bitmesinden önce oksidlenebilir veya üründe acı lezzet oluşabilir. Bu durum aşağıda meydana gelebilen olaylardan dolaydır:

- Oksidatif polimerler kuvvetli serbest radikallerdir ve kızartılmış ürün depolandığı esnada bozunabilirler.
- Bazı oksidatif polimer molekülleri triaçilgliserol molekülünden daha yüksek bir miktarda oksijen içerebilirler. Bu oksidatif polimerler bozunduğu zaman, serbest radikalleri meydana getirirler ve bir miktar oksijen açığa çıkar (26).
- Serbest radikaller ve açığa çıkan oksijen depolama esnasında otoksidasyon prosesini devam ettirebilirler.

- Yüksek oranda azotu engelleme özelliği olan bir film kullanılarak, ambalaj azot ortamında olduğu zaman bile, bu olay paketlenmiş kızartma ürünlerinde gözlenebilir.

- Yukarıdaki ürün bir dondurucuda tutulduğu zaman bile, bu reaksiyon devam edebilir.

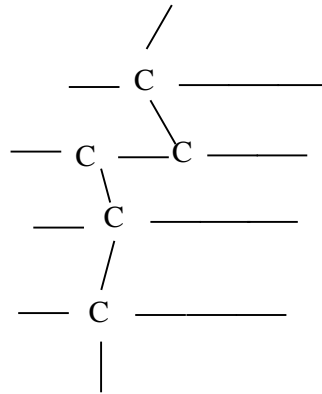
- Bazı araştırmacılar bu reaksiyona “gizli oksidasyon” demişlerdir (27).

Yetersiz bir biçimde işlenen yağı deodorizasyondan sonra bile yüksek konsantrasyonlarda serbest radikalleri buldurabilir (26). Bu, kızartma esnasında yağın hızlı oksidasyonuna neden olan durumu arttırabilir.

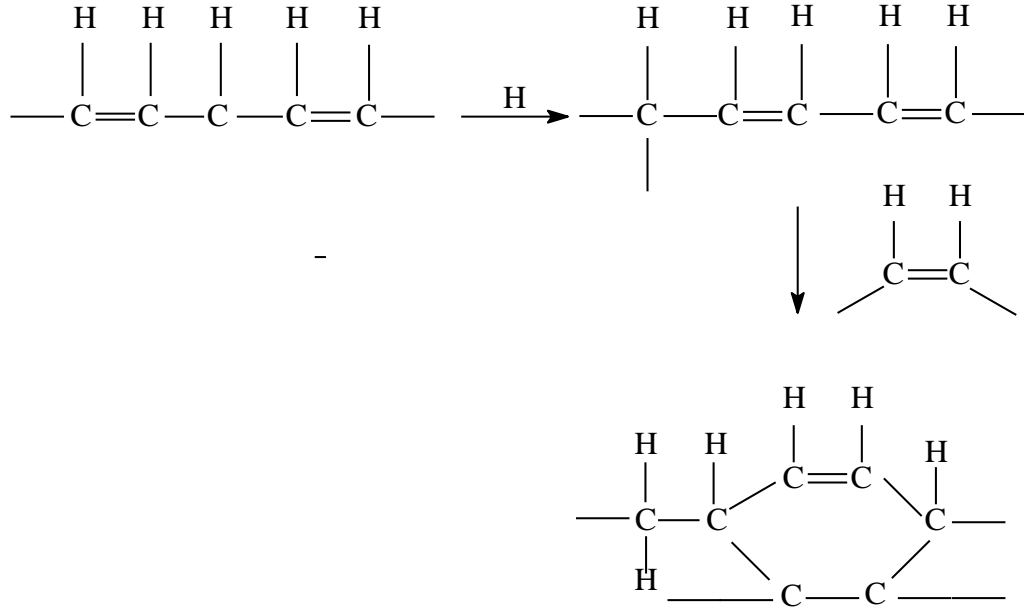
2.8.4.2. Termal Polimerizasyon

Yağın polimerizasyonu oksijen ile veya oksijen olmadan ısı etkisiyle meydana gelir. Isı yağ molekülünü veya yağ asidini parçalayabilir. Daha sonra bu parçalanma bileşikleri, büyük molekülleri meydana getirerek, birbiriyle reaksiyona girebilirler. Bu polimerler termal polimerler olarak bilinirler.

Karbon-karbon bağları sayesinde meydana gelen vinil tipi polimerizasyon:



Karbon-karbon bağları sayesinde meydana gelen Diels Alder tipi polimerizasyon:



Diels Alder tipi polimerizasyon moleküller içi veya moleküller arası meydana gelebilir.

Kızartma prosesinde, aşırı kızartıcı ısı ve arıza dolayısıyla kızartıcının çok fazla çalışmadığı zamanlar yüksek düzeylerde termal polimerlerin oluşmasına yol açabilir. Termal polimerler, genellikle kızartılmış yağa ağızda kalan acı bir tat verdikleri için taze üründe uzman kişiler tarafından anlaşılabilir.

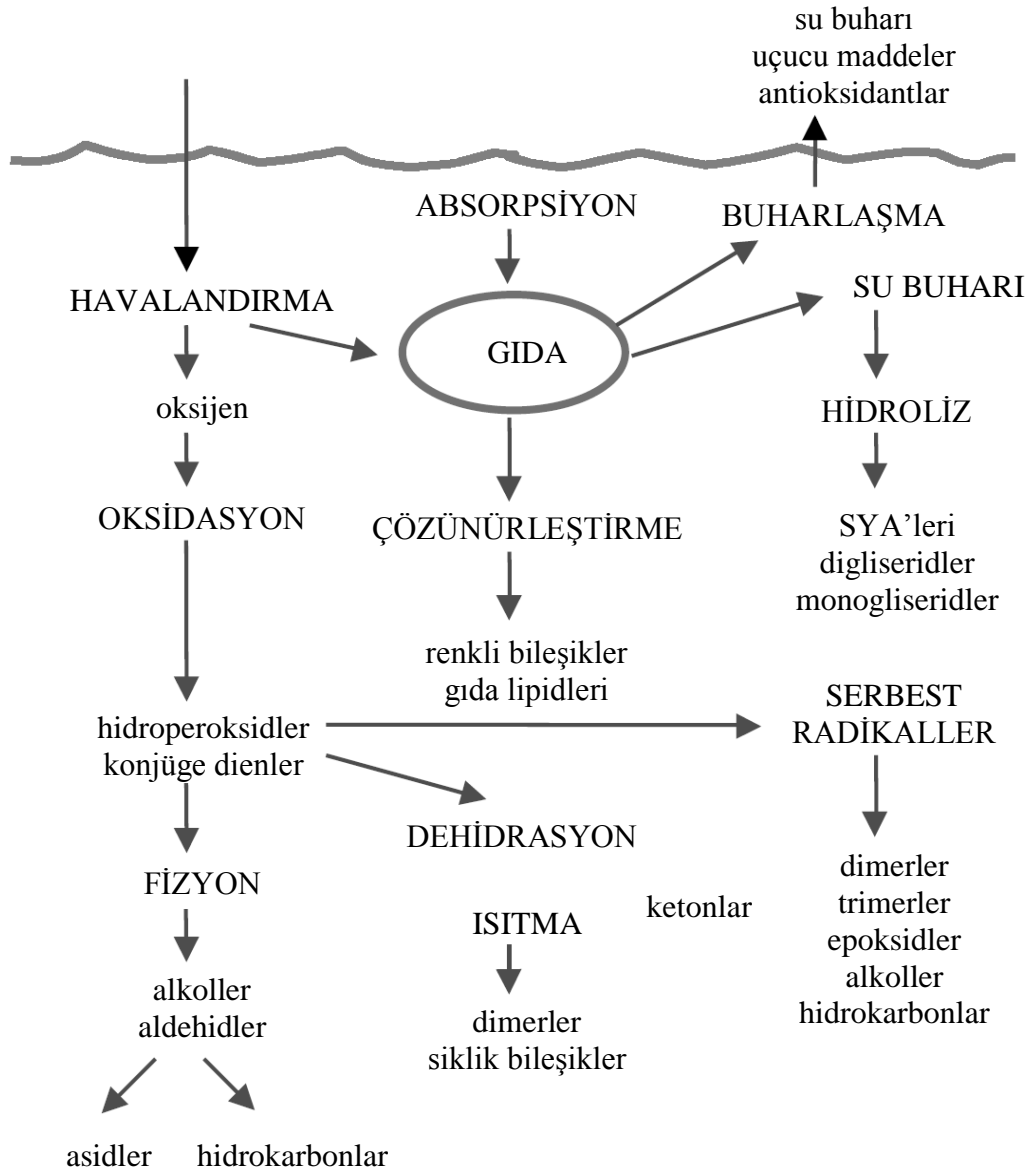
2.9. Kızartma Esnasında Yağ Reaksiyonlarının Karmaşıklığı

Kızartma prosesinde yağdaki reaksiyonlar çok komplekstir. Carl W. Fritsch tarafından yayınlanan, Şekil 2.3 kızartıcı içinde meydana gelen çeşitli yağ reaksiyonlarını ve otoksidasyon reaksiyonunun diğerleri arasında, alkoller ve asitleri verdiğini göstermektedir (11). Bunların bazıları dibazik asitlerdir, yani, iki karboksilik asid (-COOH) grubunu içerirler.

Bu, oldukça oksidlenmiş veya kızartılmış acı bir üründen alınan yağın, ürün olarak aynı zamanda numunelik alınan kızartma yağından daha yüksek bir miktarda serbest yağ asidine sahip olmasının nedenidir.

Bu, üründeki yağın depolama esnasında hidrolizlendiği anlamına gelmez. Ürün paketlenildiği zaman yağın zarar gördüğü anlamına gelir. Ürün azot ortamında ambalajlansa bile, kızartılmış gıdada yukarıdaki olay gözlenir. Ayrıca, ürün lezzetinin bozulması oksidasyon ve yağdaki diğer reaksiyonlar ile birlikte meydana gelir.

Bununla birlikte, kızartma yağında serbest yağ asidi ölçülmesinin yağın mutlak kalitesini tam olarak göstermediğine dikkat etmek önemlidir. Bu, kızartma yağında yağ asidi miktarının pek çok hafif yemek ürünleri için %0.25-0.40 arasında olmasından dolayıdır.



Şekil 2.3. Kızartma esnasında yağda meydana gelen reaksiyonlar.

Birçok kızartma işlemlerinde, serbest yağ asidi düzeyi %0.35'i aştığı zaman kızartma yağının bir kısmı taze yağ ile değiştirilir. Bu düşük serbest yağ asidi düzeyinde, serbest yağ asidi ve kızartma yağın oksidasyon derecesi arasında az da olsa bir ilişki vardır.

Kızartma yağında serbest yağ asitleri geçerli bir yağ kalitesi göstergesi olarak düşünülmektedir, bu göstergede serbest yağ asitlerinin kızartıcıda >%0.5 olması istenir. Şekil 2.3'ten, aynı anda kızartma yağında çok sayıda reaksiyon meydana geldiği görülebilir. Bu, hidroliz, otoksidasyon, polimerizasyon ve diğerlerini kapsar.

Bu nedenle, kızartma yağı serbest yağ asitlerinden başka oksidatif ve polimerik bozunma hali için de analiz edilmelidir. Bu analizler kızartılan her tip gıda için aynı olmayacaktır. Raf ömrü çalışması ve ürün üzerine tüketici tarafından kabul edilebilme testleri sayesinde yapılacak spesifik analizler gereklidir.

2.10. Kızartma Yağı Performansının Arttırılması

Sentetik antioksidantlar gibi doğal antioksidantlar da yemeklik yağların oksidatif dayanıklılığını arttırabilir. En yaygın doğal antioksidantlar karışık tokoferollerdir. Tersiyer butilhidrokinon (TBHK) ticari kızartma yağlarda kullanılan en yaygın sentetik antioksidantlardan biridir. Bu, doğal antioksidantların sadece bir fraksiyonunu da oluşturur.

Tokoferoller doğal olarak yağda bulunur. Tokoferollerin miktarı ve türleri yağın tipiyle değişir. Tohum yağlarında en yaygın türler alfa-, gama- ve delta-tokoferollerdir. Bu bileşikler işleme, depolama, taşıma esnasında ve daha sonra kızartıcı içinde de yağı oksidasyondan korur.

Tokoferoller otoksidasyon reaksiyonunda serbest radikallerle reaksiyona girerek yok olmalarına neden olur. Serbest radikal tutucular/yok ediciler olarak bilinmesinin nedeni budur.

Daha önce belirtildiği gibi, çeşitli nedenlerle, taze rafine yağ istenilen düzeyden daha düşük düzeyde tokoferol içerebilir. Bu durumlarda, yağa gama- ve delta-tokoferoller veya gama- ve delta-tokotrienollerin ilave edilmesi yağın oksidatif

dayanıklılığını önemli derecede arttırabilir. Antioksidantların yüksek maliyetinden dolayı bu ticari olarak uygulanamaz.

Antioksidantlar serbest radikal yok edicileri olduğu için, yağ depolanır veya bir yerden başka bir yere taşınırken, rafine yağda ilave edilen antioksidantların düzeyi azalır. Bununla birlikte, antioksidantların olmasından dolayı, kızartıcıya ilave edildiği zaman yağın serbest radikal miktarının düşük olacağı farkına varılmalıdır (yağı uzun süre depolamamak veya kullanmadan önce kötü bir şekilde muhafaza edilmesinin bir sonucu olarak oksidlenmemesi şartıyla).

Yüksek ısı ve karıştırmanın bir sonucu olarak kızartma esnasında TBHK'nın büyük bir kısmı kaybolur. Bu nedenle, bazıları kızartma esnasında TBHK ilavesinin faydalı olmayacağını ileri sürer.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Kullanılan Maddeler

Ayçiçek, kanola, mısır yağları Olin Edirne Yağ Sanayi ve Ticaret A.Ş.'nin ürünüdür. Kullanılan kimyasal maddeler; Kloroform + Asetik Asid çözeltisi, doymuş Potasyum İyodür , 0.01N Sodyum Tiyosülfat , %1'lik Nişasta indikatörü, Alkol-Eter çözeltisi (1/1), 0.1N Sodyum Hidroksit, %1'lik Fenol Ftalein indikatörü, % 1'lik Sodyum Hidroksit, Karbontetraklorür, Wijs çözeltisi, 0.5N etanollü Potasyum Hidroksit, 0.5N Hidroklorik Asit.

3.2. Kullanılan Aletler

Gaz Kromatografisi: Agilent 9C 6890N GC SAM Agilent Technologies, CA(Kaliforniya), ABD.

Yoğunluk Ölçer (dansitometre): DMA 4500 model Anton Paar-Graz-Avusturya.
Etüv : 0-240°C arasında, MIDO/2/AL, Genlab/Widnes, İngiltere.

Tintometre (Renk Ölçüm Cihazı): Lovibond PF×880.

Santrifüj: MISTRAL 2000, U.K.

Refraktometre: Bellingham + Stanley Limited 60/70 ABBE Refractometer, İngiltere.

Hassas Terazi: GECAVERY, Model VA304-1AAZM13AAE, U.K.

Viskozimetre: AND Vibro Viscometer A&D Company, Limited N92 D0001,

pH metre: pH 330i/SET,Almanya.

Teflon Tava: Tefal Teflon Tava, Almanya.

3.3. Kullanılan Metodlar

3.3.1. Yağlarının Yüzde Yağ Asidi Bileşimleri

Gaz Kromatografisi cihazı ile ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının yüzde yağ asidi miktarları tayin edildi.

3.3.2. Ortalama Molekül Ağırlıkları Tayini

Gaz kromatografisi ile elde edilen yüzde yağ asidi bileşimlerinden faydalanarak aşağıdaki formül ile ortalama molekül ağırlıkları tayin edildi.

$$\langle M_A \rangle = 3 \left[\sum_{i=1}^N x_i M_i \right] + M_{\text{CH-C-CH}}$$

burada x_i , yağın içinde bulunan yağ asidlerinin mol kesri; M_i , yağın içinde bulunan her bir yağ asidinin molar kütlesi; N , yağ asidi sayısı ve $M_{\text{CH-C-CH}}$, gliserol molekülünün molar kütle katkısıdır (28).

3.3.2. Yoğunluk Tayini

Ayçiçek, mısır ve kanola yağlarının yoğunlukları, bu yağların 25°C'de dansitometre cihazına enjekte edilmesi ile tayin edildi.

3.3.3. Viskozite Tayini

100 mL'lik beher içerisine 80 mL ile 100 mL arasında numune alınarak 25°C'de viskozimetre cihazı ile viskoziteler mpa s olarak tayin edildi.

3.3.4. Kırılma İndisi Tayini

Refraktometreye bağlanan termostatlı su banyosu 25°C'ye ayarlanır. Refraktometrenin iki prizması arasına 2-3 damla örnek konur. Sıcaklığın en az 5 dk değişmemesi sağlandıktan sonra kırılma indisi virgülden sonra dördüncü haneye kadar okunur.

3.3.5. pH Tayini

100 mL'lik beherlere belirli miktarda numune alınarak pH metre cihazı ile 25°C'de pH ölçümü yapıldı.

3.3.6. Serbest Yağ Asidi (SYA) Tayini

100 mL'lik erlenmayer alınır ve hassas terazide tartılır. İçine 40ml alkol-eter çözeltisi konur ve üzerine 2-3damla %1'lik fenolftaleyn indikatörü damlatılır. Hafif pembe renk görülünceye kadar 0.1N NaOH çözeltisi ile titre edilerek nötralleştirilir. Nötral çözeltinin üzerine yaklaşık 10 mL yağ numunesinden konularak çalkalanır ve yağın çözünmesi sağlanır. Üzerine 1-2 damla %1'lik NaOH çözeltisi ile titrasyon yapılarak büretten sarfiyat okunur ve hesaplamaya geçilir.

$$\%FFA = \frac{S \times N \times M \times F}{10 \times \ddot{O}}$$

burada S, titrasyonda harcanan NaOH Miktarı (mL); N, titrasyonda kullanılan NaOH'ın normalitesi; M, ifade edilecek asid cinsinden moleköl ağırlığı (g); F, 0.1N NaOH'ın faktörü ve Ö ise alınan numune miktarıdır (g) (29).

3.3.7. İyod Değeri Tayini

Tayini yapılacak numune erlenmayer içerisinde tartılır. Yağın çözünmesi için erlenmayerin içerisine 15 mL karbontetraklorür konular ve iyice çalkalanır. 25 mL wijs çözeltisi ilave edilir.

Erlenmayerlerin kapağı kapatılarak yavaşça çalkalanır. Eğer iyod değeri 150'nin altında ise bir saat, iyot sayısı 150'nin üzerinde ve polimerize veya okside yağlarda ise iki saat karanlık bir yerde bekletilir. Bu süre sonunda 20 mL potasyum iyodür çözeltisi ve 150 mL saf su eklenir. 1 mL nişasta çözeltisi ilave edildikten sonra 0.1N sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilir. Titrasyona sıvı renksiz hale gelene kadar devam edilir. Aynı işlemler bir de şahit deneme için yapılır.

$$\text{İyod Değeri} = \frac{V_2 - V_1}{m} \times 1.269$$

burada V_1 , şahit için harcanan 0.1N sodyum tiyosülfat çözeltisi (mL); V_2 , numune için harcanan 0.1N sodyum tiyosülfat çözeltisi (mL) ve m ise numune ağırlığıdır (g) (30).

3.3.8. Sabunlaşma Değeri Tayini

Alkaliye dayanıklı bir sabunlaştırma balonu içinde 2g numune tartılır. Üzerine 25mL 0.5N etanollü KOH konularak balon geri soğutucuya bağlanır ve zaman zaman karıştırılarak yavaş bir şekilde 60 dakika süreyle kaynatılır.

Bu süre sonunda, geri soğutucunun üstünden bir pipet yardımıyla geri soğutucunun içi balona doğru yıkanır. 4-5 damla fenolftalein çözeltisi ilave edip, 0.5N HCl çözeltisi ile renksiz çözeltili gözlenene kadar titre edilir. Aynı işlemler bir de şahit deney için yapılır. Deney hesaplaması sonucunda belirlenen sabunlaşma sayısı tam sayı olarak ifade edilir.

$$\text{Sabunlaşma Değeri} = \frac{V_2 - V_1}{m} \times 28.05 \text{ mg KOH/g yağ}$$

burada V_1 , numune için harcanan 0.5N HCl çözeltisi (mL); V_2 , şahit için harcanan 0.5N HCl çözeltisi (mL) ve m ise alınan numune miktarıdır (g) (31).

3.3.9. Peroksid Değeri Tayini

250 mL'lik şilifli ve kapaklı bir erlenmayer içerisine 5-6 g civarında numune konur. Üzerine 25 mL Kloroform+Asetik Asid (10 mL Kloroform-15 mL Asetik Asid) çözeltisinden eklenir.

Erlenmayerin kapağı kapatılıp örnek, çözelti içerisinde çözününceye kadar çalkalandıktan sonra üzerine 1mL doymuş potasyum iyodür ilave edilir. 3-5 dakika karanlık bir yerde bekletilir. Daha sonra 1mL %1'lik nişasta indikatörü ilave edilir ve üzerine 80-100 mL saf su eklenerek çalkalanır. 0.01N Sodyum tiyosülfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) çözeltisi ile mavi renk kaybolup beyaz (berrak) renk olana kadar titre edilir. Büretten sarfiyat okunarak hesaplamaya geçilir.

$$\text{Peroksit Sayısı (meg/kg)} = \frac{(S - B) \times N \times F}{\text{Ö}} \times 1000$$

burada S , titrasyonda harcanan sarfiyat (mL); B , şahit denemede harcanan çözelti ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$); N , sodyum tiyosülfatın normalitesi; F , sodyum tiyosülfatın faktörü ve Ö ise numune miktarıdır (g) (32).

3.3. Renk Tayini

Yağların bileşiminde bulunan pigmentlerin yağa verdiği doğal rengin durumunu kontrol etmek, ağartma işleminin ne derece etkili yapıldığını ve yağlarda sonradan ilave edilen renk maddelerinin (β -karoten gibi) yeterli olup olmadığını ve yağın arzulan görünümünü kazanıp kazanmadığını kontrol etmek için yapılan bir tayindir.

Renk tayini tintometre gibi otomatik ölçüm yapan renk tayin cihazlarıyla yapılır. Numune tintometre küvetinin içi ağızına kadar doldurulur. Daha sonra küvet cihaz içine yerleştirilir. Renk sarı ve kırmızı olarak okunur (33).

4. SONUÇLAR

4.1. Yağların Bileşimleri

Tablo 4.1.1. Rafine ayçiçeği, kanola ve mısır yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı
		Yüzde Oranı	Yüzde Oranı	Yüzde Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	0.1982	0.0480	0.0964
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	–	–	–
Pentadekanoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.2683	0.5715	0.0282
Palmitik, C _{16:0}	256.42	7.0560	5.1021	10.8245
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1731	0.2804	0.1245
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	0.0543	0.1192
Heptadekanoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	0.1351	0.0254
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.3061	1.7174	2.0155
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	18.9617	60.7088	25.4057
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	–	–	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	67.5091	20.7071	59.5311
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	–	–	–
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	0.7778	7.7151	1.2074
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	–
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.2939	0.6840	0.4192
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.1552	1.0897	0.2853
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	–
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	–	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	–	–	0.0294
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	0.0620	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.6325	0.2736	0.1094
Erusik, C _{22:1}	338.57	0.0153	0.6935	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.0447	–	–
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	–	–	0.2308
Nervonik, C _{24:1}	366.62	–	–	–

Tablo 4.1.2. I. Kızartma sonucu ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı
		Yüzde Oranı	Yüzde Oranı	Yüzde Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	0.2472	0.1049	0.1753
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	–	–	–
Pentadekenoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.2037	0.5010	–
Palmitik, C _{16:0}	256.42	7.4007	5.5192	11.1549
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1710	0.2780	0.1197
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	0.0132	0.0644
Heptadekenoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	0.0883	0.0138
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.4458	1.9543	2.4398
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	18.1325	60.0254	25.0135
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	–	–	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	63.1032	18.0356	54.0684
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	0.0601	0.3480	0.0189
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	0.5364	5.3479	1.0216
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	–
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.3192	0.7463	0.4615
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.1187	1.0628	0.2931
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	–
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	0.0102	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	–	0.0723	0.0061
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	0.0245	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.6726	0.3207	0.1417
Erusik, C _{22:1}	338.57	0.0102	0.6032	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.0635	0.0136	0.0204
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	0.1201	0.0789	0.4083
Nervonik, C _{24:1}	366.62	0.0223	0.1106	0.0713

Tablo 4.1.3. II. Kızartma sonucu ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı
		Yüzde Oranı	Yüzde Oranı	Yüzde Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	0.4000	0.1756	0.2567
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	–	–	–
Pentadekanoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.1229	0.4027	–
Palmitik, C _{16:0}	256.42	8.0065	5.9458	11.9302
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1698	0.2754	0.1159
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	0.0619
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	–	0.0324
Heptadekanoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	–	0.0134
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.5834	2.1502	2.6948
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	17.2031	59.2345	24.1358
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	0.1390	0.0285	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	59.9364	15.2205	49.6033
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	0.1147	0.0705	0.0374
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	0.4915	3.6964	0.8526
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	0.0061
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.3605	0.8421	0.4969
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.0983	1.0345	0.2345
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	0.0010
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	0.0243	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	0.0306	0.0329	–
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	0.0056	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.7094	0.3752	0.1948
Erusik, C _{22:1}	338.57	0.0044	0.5256	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.0976	0.0319	0.0468
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	0.2032	0.1314	0.5358
Nervonik, C _{24:1}	366.62	0.0445	0.2108	0.1347

Tablo 4.1.4. III. Kızartma sonucu ayçiçek, mısır ve kanola yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı
		Yüzde Oranı	Yüzde Oranı	Yüzde Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	0.5772	0.2506	0.4135
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	0.1859	–	–
Pentadekanoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.0680	0.3012	–
Palmitik, C _{16:0}	256.42	8.4157	6.5587	12.5932
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1687	0.2735	0.1129
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	0.0659
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	–	0.0113
Heptadekanoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	–	–
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.7435	2.3196	2.8269
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	16.3104	58.6453	23.8932
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	0.4793	0.1034	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	56.0213	12.6722	44.8765
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	0.1625	0.0976	0.0506
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	0.3221	1.5086	0.6973
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	0.0132
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.3989	0.9605	0.5666
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.0812	0.9887	0.2136
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	0.0027
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	0.0411	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	0.0052	0.0081	–
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	–	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.7532	0.4308	0.2472
Erusik, C _{22:1}	338.57	–	0.4654	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.1368	0.0578	0.0731
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	0.2713	0.1702	0.6479
Nervonik, C _{24:1}	366.62	0.0614	0.2979	0.1906

Tablo 4.1.5. IV. Kızartma sonucu ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek	Kanola	Mısır
		Yağı	Yağı	Yağı
		Yüzde	Yüzde	Yüzde
		Oranı	Oranı	Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	0.7579	0.3469	0.5493
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	0.3580	–	–
Pentadekanoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.0391	0.1985	–
Palmitik, C _{16:0}	256.42	9.2316	7.0705	13.5768
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1654	0.2677	0.1093
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	–	–
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.8403	2.4613	2.9332
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	15.1967	57.0932	21.7809
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	0.7193	0.2351	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	53.4558	10.1933	41.3286
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	0.2053	0.1249	0.0583
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	0.2287	1.5996	0.4889
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	0.0209
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.4408	1.0846	0.6223
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.0706	0.9424	0.1887
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	0.0049
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	0.0618	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	–	–	–
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	–	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.7831	0.4816	0.2973
Erusik, C _{22:1}	338.57	–	0.4163	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.1732	0.0821	0.0989
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	0.3404	0.1959	0.7397
Nervonik, C _{24:1}	366.62	0.0727	0.3702	0.2341

Tablo 4.1.6. V. Kızartma sonucu ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı
		Yüzde Oranı	Yüzde Oranı	Yüzde Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	0.9120	0.4503	0.6724
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	0.4727	–	–
Pentadekanoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.0253	0.0987	–
Palmitik, C _{16:0}	256.42	10.0710	7.8534	14.4035
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1619	0.2619	0.1059
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	–	–
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.9146	2.5365	2.9943
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	13.5689	54.8787	20.0135
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	0.9486	0.3953	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	51.0132	9.0134	38.5468
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	0.2421	0.1458	0.0679
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	0.2032	1.0258	0.3246
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	0.0278
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.4854	0.8906	0.1578
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.0567	1.3058	0.4602
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	0.0073
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	0.0825	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	–	–	–
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	–	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.8029	0.5345	0.3546
Erusik, C _{22:1}	338.57	–	0.3807	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.2123	0.1092	0.1275
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	0.3941	0.2076	0.8338
Nervonik, C _{24:1}	366.62	0.0802	0.4354	0.2698

Tablo 4.1.7. VI. Kızartma sonucu ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı
		Yüzde Oranı	Yüzde Oranı	Yüzde Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	1.0700	0.5510	0.7756
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	0.5674	–	–
Pentadekanoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.0157	0.0536	–
Palmitik, C _{16:0}	256.42	10.8954	8.3562	15.0104
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1559	0.2545	0.1020
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	–	–
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.9414	2.5924	3.0494
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	11.2314	52.0435	18.5434
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	1.2546	0.5634	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	49.0135	7.2368	35.9231
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	0.2748	0.1623	0.0720
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	0.0913	0.5647	0.1260
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	0.0321
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.5073	1.2625	0.7113
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.0364	0.8562	0.1404
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	0.0096
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	0.1026	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	–	–	–
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	–	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.8203	0.5683	0.3960
Erusik, C _{22:1}	338.57	–	0.3448	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.2419	0.1283	0.1492
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	0.4402	0.2231	0.9055
Nervonik, C _{24:1}	366.62	0.0889	0.4965	0.2903

Tablo 4.1.8. VII. Kızartma sonucu ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının % yağ asidi bileşimleri.

Yağ Asidi	Mol Ağ. (g/mol)	Ayçiçek Yağı	Kanola Yağı	Mısır Yağı
		Yüzde Oranı	Yüzde Oranı	Yüzde Oranı
Miristik, C _{14:0}	228.3709	1.2035	0.6388	0.8532
Pentadekanoik, C _{15:0}	242.4	0.6498	–	–
Pentadekenoik, C _{15:1,cis}	240.4	0.0102	0.0453	–
Palmitik, C _{16:0}	256.42	11.3895	8.8436	15.3921
Palmitoleik, C _{16:1,cis}	254.408	0.1463	0.2454	0.0954
Palmitoleik, C _{16:1,trans}	254.408	–	–	–
Heptadekanoik, C _{17:0}	270.45	–	–	–
Heptadekenoik, C _{17:1,cis}	268.44	–	–	–
Stearik, C _{18:0}	284.48	4.9502	2.6102	3.0665
Oleik, C _{18:1,cis}	282.4614	9.1256	48.0876	15.4021
Elaidik, C _{18:1,trans}	282.4614	1.4876	0.7278	–
Linoleik, C _{18:2,cis}	280.45	47.9356	6.0356	34.3067
Linoelaidik, C _{18:2,trans}	280.45	0.3059	0.1711	0.0755
Linolenik, C _{18:3,cis}	278.43	–	0.2056	–
Linolenik, C _{18:3,trans}	278.43	–	–	0.0330
Araşidik, C _{20:0}	312.5304	0.5231	1.2967	0.7389
Gadoleik, C _{20:1,cis}	310.51	0.0286	0.8275	0.1342
Gadoleik, C _{20:1,trans}	310.51	–	–	0.0115
Eikosadienoik, C _{20:2}	308.5	0.1168	–	–
Eikosatrienoik, C _{20:3}	306.4828	–	–	–
Eikosapentaenoik, C _{20:5}	302.451	–	–	–
Behenik, C _{22:0}	340.58	0.8316	0.5904	0.4153
Erusik, C _{22:1}	338.57	–	0.3239	–
Dokosaheksaenoik, C _{22:6}	328.488	–	–	–
Trikosanoik, C _{23:0}	354.617	0.2604	0.1408	0.1683
Lignoserik, C _{24:0}	368.63	0.4657	0.2317	0.9487
Nervonik, C _{24:1}	366.62	0.0901	0.5511	0.2932

4.2. Kızartma Esnasında Meydana Gelen Fizikokimyasal Değişiklikler

Tablo 4.2.1. Ayçiçek yağına ait kızartma esnasında meydana gelen karakteristik fizikokimyasal değişiklikler (25° de).

Karakteristikler	0. Gün	I. Gün	II. Gün	III. Gün	IV. Gün	V.Gün	VI.Gün	VII:Gün
Ortalama molekül ağırlığı (g/mol)	880.6635	840.5894	815.8556	785.7236	780.2163	746.0175	721.5266	701.4974
Yoğunluk (g/mL)	0.91534	0.91898	0.92185	0.92799	0.93102	0.93576	0.93780	0.94356
Viskozite (mPa s)	44.1	48.1	51.7	60.4	72.5	87.9	102.7	134.8
Kırılma indisi (25°C)	1.4645	1.4647	1.4651	1.4653	1.4656	1.4657	1.4660	1.4662
pH	6.747	5.932	5.304	4.785	4.398	4.182	4.021	3.989
Serbest yağ asidi (%)	0.080	0.150	0.230	0.328	0.443	0.620	0.729	0.870
İyod değeri (Wijs)	135.2032	124.5643	119.9550	113.4902	105.9834	100.9876	93.9871	91.2341
Sabunlaşma değeri (mg KOH/g yağ)	190.7653	199.8593	205.9188	213.8157	215.3249	225.1958	233.0041	239.4877
Peroksid değeri (meg/kg)	0.82	4.37	7.32	10.34	16.76	20.01	22.64	25.98
Renk (Lovibond 5 1/4 cell)	1.1 K; 11 S	1.6 K; 15 S	2.0 K; 24 S	2.6 K; 35 S	3.1 K; 47 S	3.7 K; 59 S	4.3 K; 68 S	5.0 K; 70 S

Tablo 4.2.2. Kanola yağına ait kızartma esnasında meydana gelen karakteristik kimyasal değişiklikler (25° de).

Karakteristikler	0. Gün	I. Gün	II. Gün	III. Gün	IV. Gün	V.Gün	VI.Gün	VII:Gün
Ortalama molekül ağırlığı (g/mol)	879.5298	835.469	799.7272	764.685	740.4198	717.9566	681.6749	641.7835
Yoğunluk (g/mL)	0.91329	0.9163	0.91898	0.92245	0.92569	0.93090	0.93156	0.93765
Viskozite (mPa s)	51.2	80.1	135.3	215.4	300.0	356.9	445.2	479.0
Kırılma indisi (25°C)	1.4660	1.4666	1.4673	1.4680	1.4692	1.4701	1.4705	1.4713
pH	6.868	6.143	5.556	5.052	4.702	4.504	4.361	4.302
Serbest yağ asidi (%)	0.050	0.091	0.107	0.140	0.218	0.296	0.403	0.538
İyod değeri (Wijs)	109.8559	97.8976	87.6354	78.6543	71.2341	66.998	61.9534	53.9123
Sabunlaşma değeri (mg KOH/g yağ)	191.0112	201.0847	210.0716	219.6983	226.8983	233.9974	246.4517	261.7705
Peroksid değeri (meg/kg)	0.40	2.07	3.92	6.70	13.89	17.12	18.23	25.98
Renk (Lovibond 5 1/4 cell)	1.3 K; 15 S	2.0 K; 22 S	2.7 K; 32 S	3.4 K; 44 S	4.2 K; 56 S	5.1 K; 66 S	6.2 K; 70 S	7.3 K; 70 S

Tablo 4.2.3. Mısır yağına ait kızartma esnasında meydana gelen karakteristik kimyasal değişiklikler (25° de).

Karakteristikler	0. Gün	I. Gün	II. Gün	III. Gün	IV. Gün	V.Gün	VI.Gün	VII:Gün
Ortalama molekül ağırlığı (g/mol)	877.25	837.015	802.3536	769.5768	731.5886	700.1911	673.7908	637.2492
Yoğunluk (g/mL)	0.91715	0.92371	0.92890	0.93684	0.94178	0.94765	0.95489	0.96134
Viskozite (mPa s)	43.2	54.0	78.6	112.3	150.3	192.5	219.8	244.0
Kırılma indisi (25°C)	1.4720	1.4730	1.4740	1.4752	1.4763	1.4772	1.4780	1.4794
pH	6.455	5.672	5.016	4.464	4.051	3.776	3.623	3.602
Serbest yağ asidi (%)	0.110	0.248	0.403	0.628	0.713	0.904	1.040	1.280
İyod değeri (Wijs)	127.7440	116.5921	107.3467	99.7865	90.1456	86.5432	77.8965	71.2348
Sabunlaşma değeri (mg KOH/g yağ)	191.5075	200.7132	209.3839	218.3017	229.6372	239.9344	249.3355	263.6331
Peroksit değeri (meg/kg)	0.68	3.18	5.57	7.91	15.16	19.03	20.01	23.12
Renk (Lovibond 5 1/4 cell)	2.1 K; 20 S	2.8 K; 31 S	3.5 K; 43 S	4.5 K; 54 S	5.6 K; 64 S	7.0 K; 70 S	8.6 K; 70 S	10.4 K; 70 S

5. TARTIŞMA

Tablo 4.1.1’de ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının kızartma işlemine başlanmadan önceki yüzde yağ asidi bileşimleri görülmektedir. Bu tabloda ele alınan yağlar içerdiği doymamış yağ asitleri bakımından doymamışlık derecesine göre aşağıdaki gibi sıralanabilir:

Ayçiçek yağı > Mısır yağı > Kanola yağı

Tablo 4.1.2’den Tablo 4.1.8’e kadar olan tablolarda ayçiçek, mısır ve kanola yağlarının kızartma işlemi uygulandıktan sonra gaz kromatografisi ile tayin edilen yüzde yağ asidi bileşimleri yer almaktadır. Bu tablolardan kızartma işlemi, yani gün sayısı arttıkça, her üç yağda meydana gelen değişiklikler sonucunda özellikle doymamış yağ asidi miktarlarında azalma olduğu, bu esnada doymuş yağ asidlerinin de arttığı görülmektedir. Bu değişikliklerin daha çok üçüncü günden sonra belirgin bir hale geldiği tespit edildi.

Tablo 4.2.1-3’te ayçiçek, mısır ve kanola yağlarında meydana gelen karakteristik kimyasal değişimler, yani ortalama molekül ağırlığı, yoğunluk, viskozite, kırılma indisi, pH, serbest yağ asidi, iyod değeri, sabunlaşma değeri, peroksid değeri ve renk değerlerinin zamanla olan değişimleri görülmektedir.

Şekil 5.1’den ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının kızartma işlemi esnasında genel olarak ortalama molekül ağırlıklarında zamanla azalmaların meydana gelmiştir. Burada ortalama molekül ağırlığı bakımından önce ayçiçek yağında, sonra kanola yağında ve daha sonra da en çok mısır yağında daha belirgin bir şekilde azalma olmuştur. Ortalama molekül ağırlığındaki bu azalmalar, Bölüm 2.8’de açıklandığı gibi yağda meydana gelen fizikokimyasal reaksiyonlar sonucu büyük moleküler ağırlıklı yağ asidlerinin bozunup daha küçük molekül ağırlıklı yağ asidlerinin meydana geldiğini göstermektedir.

Her üç yağında kızartma işlemi sayısı arttıkça yoğunluklarında artma olduğu, bu yoğunluk artışının en fazla mısır yağında en az ise kanola yağında olduğu Şekil.5.2’den de anlaşılmaktadır. Kızartmadan önce, başlangıçta yağın içerisinde gliserinle esterleşmiş

halde, yani trigliserid halinde olan yağ asidlerinin yoğunluğu daha düşük olup, kızartma işlemi ilerledikçe meydana gelen hidroliz reaksiyonu sonucunda serbest yağ asidlerinin ortaya çıkması ile yoğunluklarda bir artma gerçekleşir (10).

Kızartma işlemi esnasında her üç yağın viskozitelerinde genel olarak bir artış gözlenmiştir (Şekil 5.3). Kanola yağının viskozitesindeki artışın mısır ve ayçiçek yağlarına nazaran daha fazla olduğu ve en az viskozite artışının ayçiçek yağında olduğu görülmektedir. Viskozite başlangıç değerleri dikkate alındığında, kızartma işlemi olmadan önce bile kanola yağının viskozitesi daha yüksek olduğu saptanmıştır. Kızartma işlemi ilerledikçe viskozite artışı kanola yağında daha belirgin bir hale gelmiştir. Viskozite değerindeki bu artışın asıl nedeni kızartma işlemlerinde farklı molekül ağırlıklı serbest yağ asidlerinin oluşması ile bu yağ asidlerinin birbirine hidrojen bağları ile bağlanması sonucunda ve doymamış yağ asidlerinin çifte bağlarının polimerleşmesinden de ileri gelir (34).

Kızartma işlemi ile kırılma indisi bakımından her üç yağda bir artış olduğu, ama daha çok mısır yağındaki artışın kanola ve ayçiçek yağlarına göre daha fazla olduğu Şekil.5.4'ten de görülmektedir. Bu durum kızartma oldukça yağlardaki yoğunluğun artması ve rengin koyulaşması, yani renk skalası değerlerinin artması ile açıklanabilir.

Ayçiçek, kanola ve mısır yağlarının pH değerlerinde, kızartma işlemi sonucunda bir azalma olduğu ve bu azalmanın en çok mısır yağında en az ise kanola yağında meydana geldiği Şekil 5.5'de görülmektedir. Yağlarda görülen pH azalmasının nedeni, kızartma işlemi ile aldehid ve keton gibi polar bileşiklerin meydana gelmesi ve serbest yağ asidlerinin ortaya çıkmasıdır.

Kızartma işlemi ile her üç yağın serberst yağ asidi değerleri artmaktadır, çünkü gliserine trigliserid şeklinde esterleşmiş halde bağlı olan yağ asidleri, daha çok hidroliz reaksiyonu sayesinde serbest yağ asidlerine dönüşür. Diğer taraftan, büyük molekül ağırlıklı yağ asidleri de parçalanarak daha küçük molekül ağırlıklı yeni yağ asidleri meydana geldiği gaz kromatografisi sonucu bulunan yüzde serbest yağ asidi değerlerinden de bu durum anlaşılmaktadır. Aynı zamanda, meydana gelen yağ asidleri arasında, yağlarda istenmeyen trans formlar ve doymamış çifte bağa sahip olmayan yeni doymuş yağ asidlerinin olduğu gözlenmiştir. Serbest yağ asidi bakımında artışının en çok mısır yağında meydana geldiği Şekil 5.6'da görülmektedir.

Kızartma işlemi ile iyod değerleri her üç yağ içinde azalmaktadır. Kanola yağının iyod değerindeki azalmanın diğer yağlara göre daha fazla olduğu Şekil.5.7'de görülmektedir. Bölüm 2.8'de bahsedildiği gibi, kızartma esnasında meydana gelen oksidasyon sonucunda çifte bağların bulunduğu yerde hidroperoksidlerin oluşması, ısı etkisi ile termal parçalanma ve polimerizasyon gibi çeşitli reaksiyonlardan dolayı çifte bağların sayısı, yani doymuşluk derecesinin azalması ile yağların iyod değerlerinde bir azalma ortaya çıkmıştır.

Alkali şartlar altında gliserinle esterleşmiş yağ asitlerinin hidrolizi ile ilgili olan sabunlaşma değeri kızartma işlemi yapıldıkça her üç yağda zamanla arttığı, fakat mısır yağındaki artışın kanola ve ayçiçek yağlarına nazaran daha fazla olmuştur (Şekil.5.8).

Kızartma esnasında meydana gelen özellikle oksidasyon ve otoksidasyon reaksiyonları (Bölüm 2.8) sonucunda peroksid değeri artmaktadır. Bu nedenle incelenen her üç yağın peroksid değerinde de artış saptanmıştır, yalnız burada en fazla doymamışlığa sahip olan ayçiçek yağında diğer yağlara kıyasla daha fazla peroksid değeri artışı gözlenmiştir (Şekil.5.9).

Renk skalası bakımından ise kızartma esnasında daima bir artış belirlenmiştir. Bu durum kızartmadan önce başlangıçtaki daha açık olan yağın renginin kızartma ile gittikçe daha da koyulaştığı görülmüştür. Başlangıçta bile incelenen yağların renk skalası en yüksek olan mısır olduğu için, kızartma işlemi ilerledikçe mısır yağının rengi diğer yağlara nazaran daha büyük bir artış göstermiştir (Şekil 5.10-11). Bu durum daha çok tohumdaki renk verici maddelerin mısırdaki daha fazla bulunduğu anlamına da gelir.

Elde edilen sonuçlara göre, yağların kızartma esnasında tespit edilen değişiklikler sonucunda, her üç yağın yedi gün yapılan kızartma işlemi ile daha çok üçüncü günden sonra hemen hemen her parametre ile ilgili değişikliklerin daha belirgin ve sağlık açısından sorun olabilecek bir şekilde meydana geldiği gözlenmiştir. Bu nedenle kızartma işleminde sıvı bir yağın en fazla üç defa kullanılabileceği sonucu çıkmaktadır.

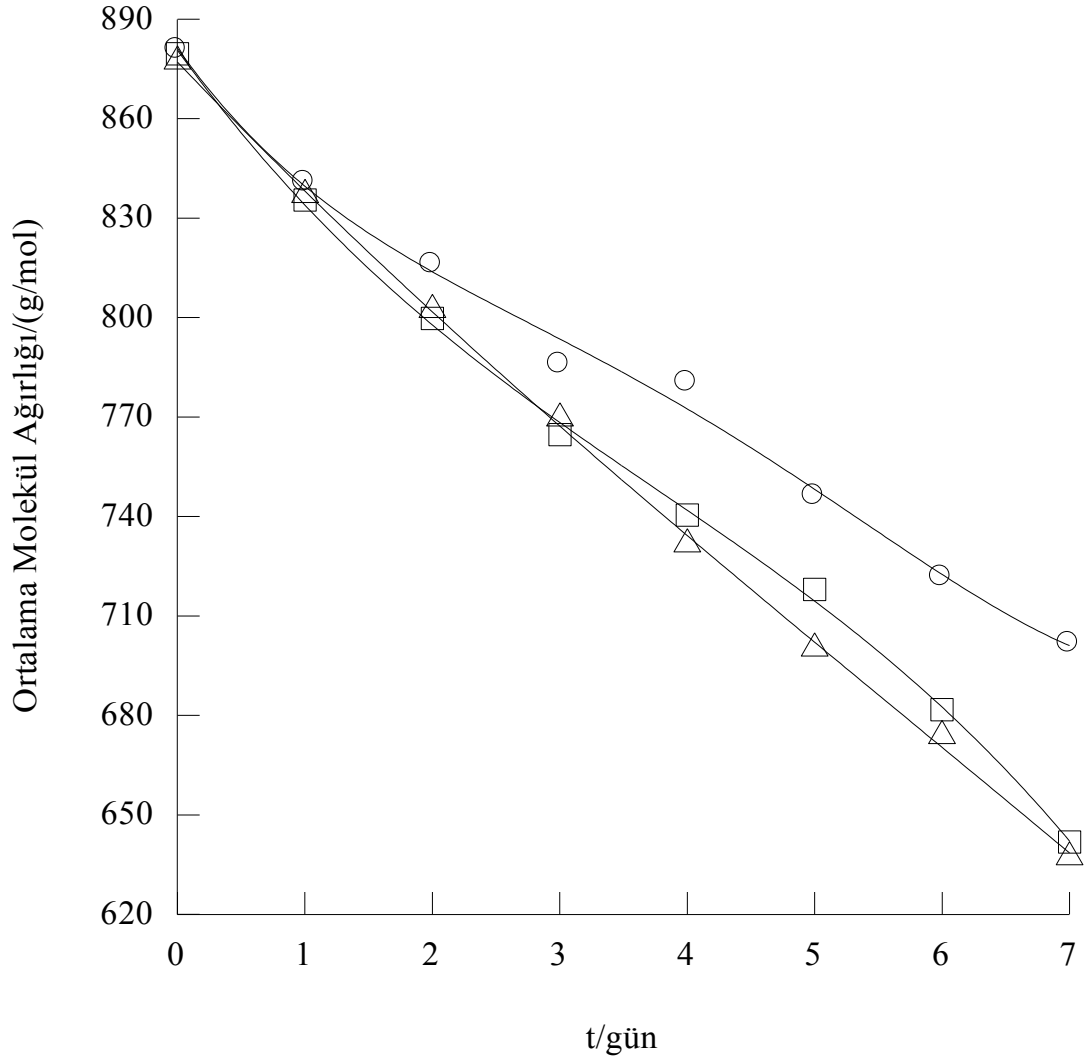
Ancak özellikle sağlık açısından büyük bir önem arz eden viskozite bakımından karşılaştırma yapılacak olursa, ayçiçek yağının tercih edilebileceği anlaşılmaktadır, çünkü viskozitesi yüksek olan bir gıda maddesi alındığı takdirde, vücudun kan dolaşım sistemini de yavaşlatacaktır.

Peroksid değeri sıvı yağların bozunması ile ilgili olarak özellikle oksidlenme derecelerini gösteren önemli bir parametredir. Türk Standardlarına (35) göre insan vücudunun kabul edebileceği en yüksek peroksid değeri 8 meg aktif oksijen/kg yağ olduğu için, yapılan kızartma işlemlerinde bu değerin üçüncü günden sonra daha hızlı bir şekilde arttığı gözlenmiştir,yani bu değerden daha yüksek olan yağlar yemeklik bakımından değerlendirilemez. Peroksid değeri bakımından kanola yağı tercih edilebilir.

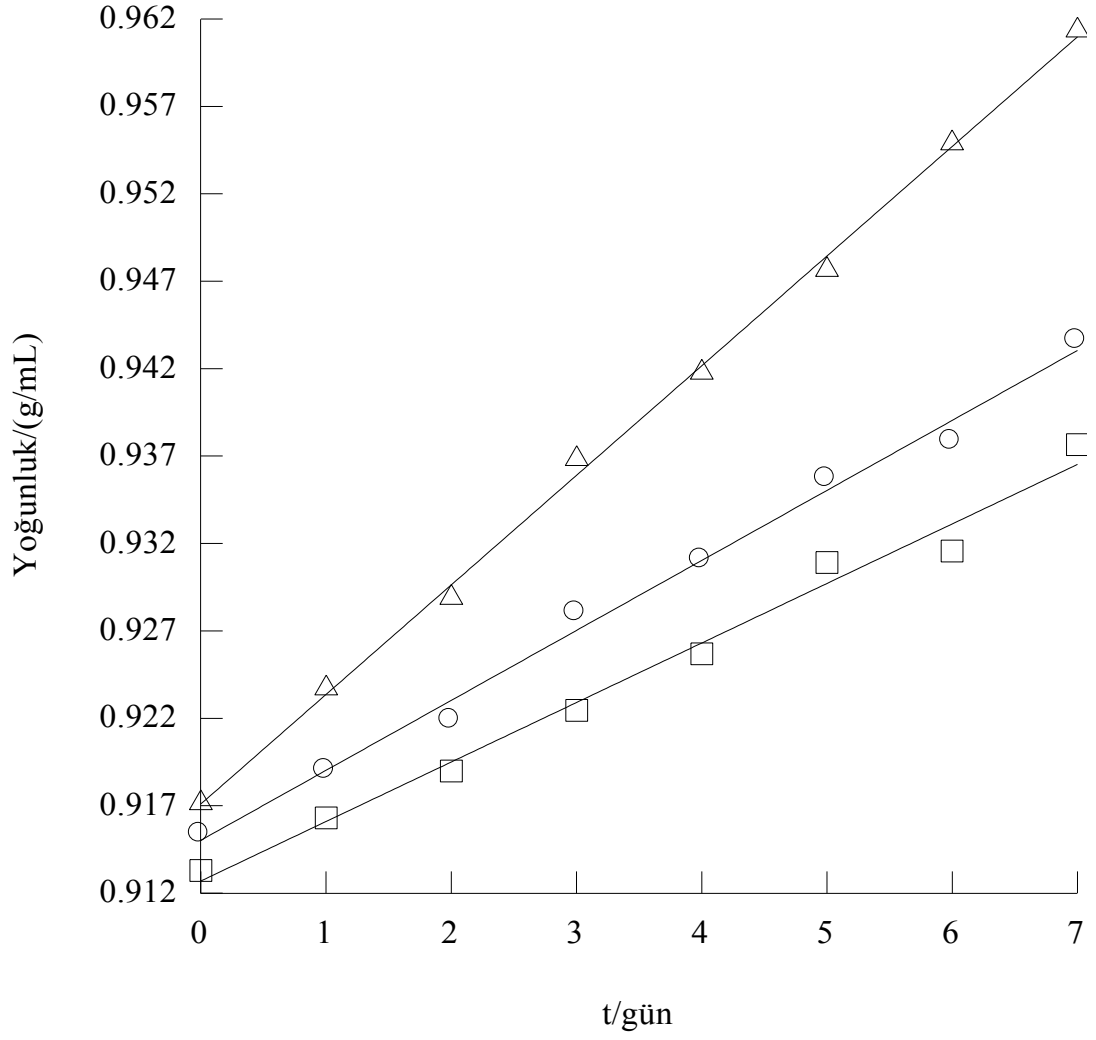
Kızartma işlemi esnasında tayin edilen bütün parametrelerin büyüklüklerine göre, incelenen yağlar için genel olarak aşağıdaki sıralamalar yapılabilir:

Ortalama molekül ağırlığı:	Ayçiçek > Kanola > Mısır
Yoğunluk:	Mısır > Ayçiçek > Kanola
Viskozite:	Kanola > Mısır > Ayçiçek
Kırılma indisi:	Mısır > Kanola > Ayçiçek
pH:	Kanola > Ayçiçek > Mısır
Serbest yağ asidi (%):	Mısır > Ayçiçek > Kanola
İyod değeri:	Ayçiçek > Mısır > Kanola
Sabunlaşma değeri:	Mısır > Kanola > Ayçiçek
Peroksid değeri:	Ayçiçek > Mısır > Kanola
Renk skalası (Kırmızı-Sarı):	Mısır > Kanola > Ayçiçek

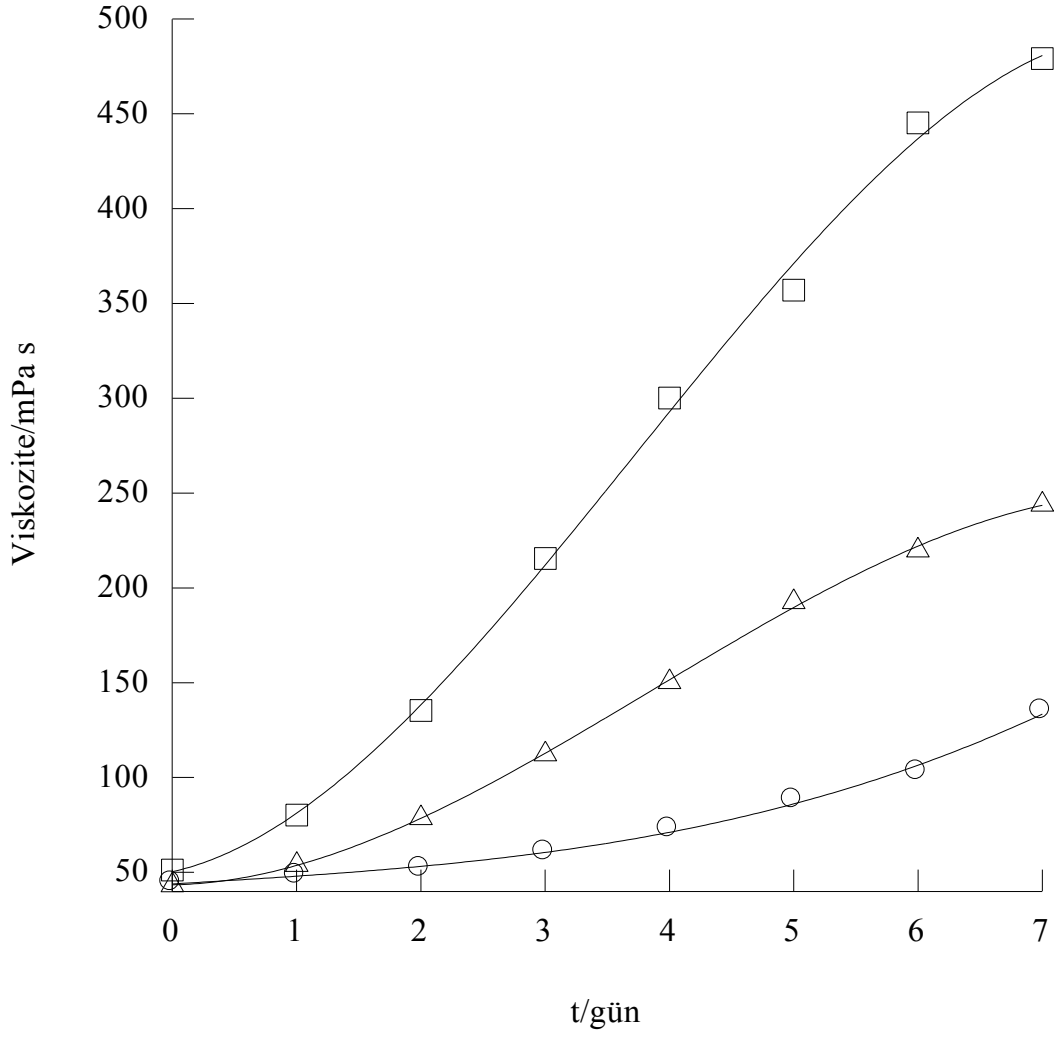
Yukarıda görüldüğü gibi, amaca göre hangi parametre daha önemli olarak göz önünde tutulacaksa, o parametreye göre kullanım açısından yağın tercih edilmesi gerekir.



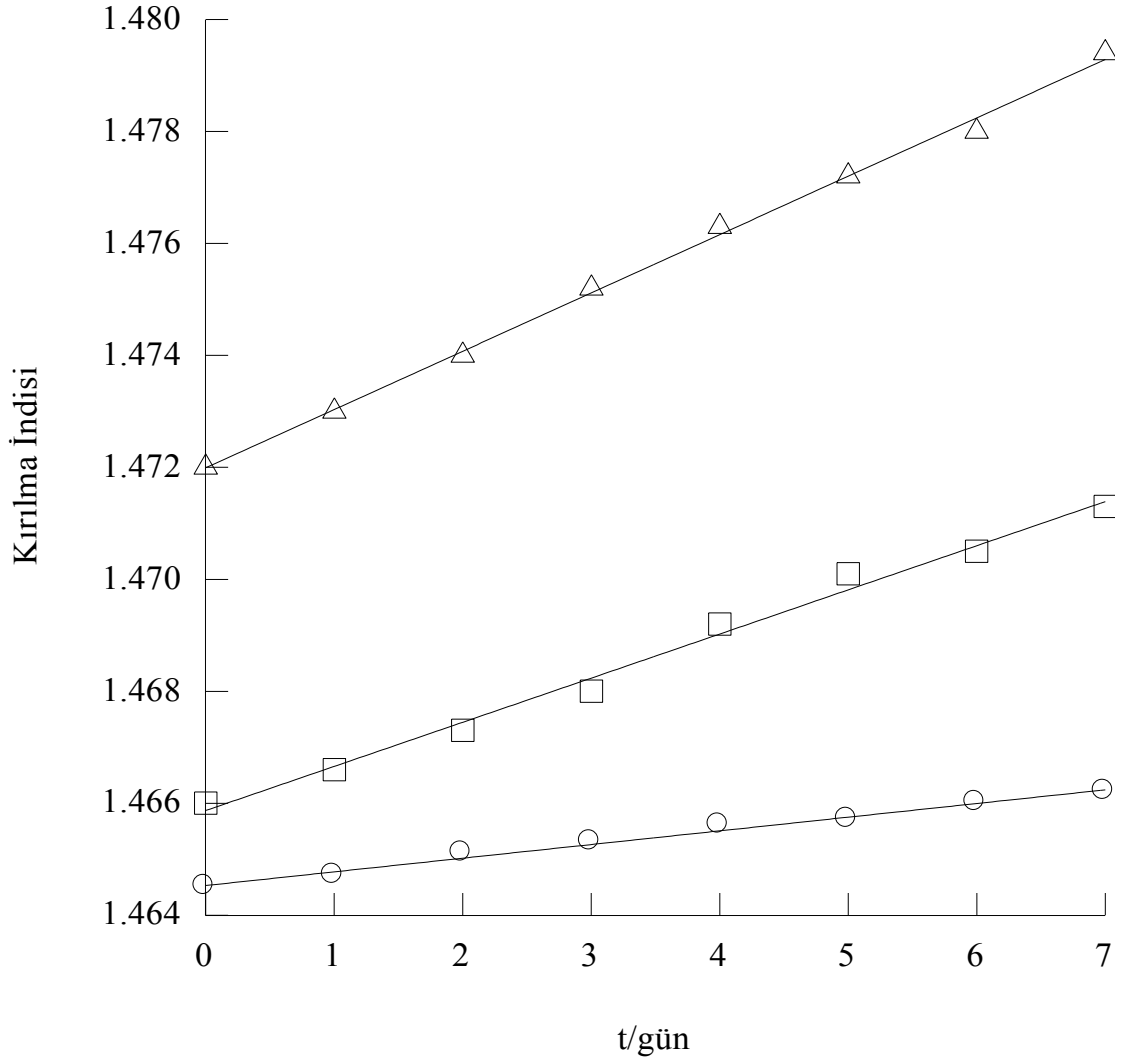
Şekil 5.1. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait ortalama molekül ağırlığı değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



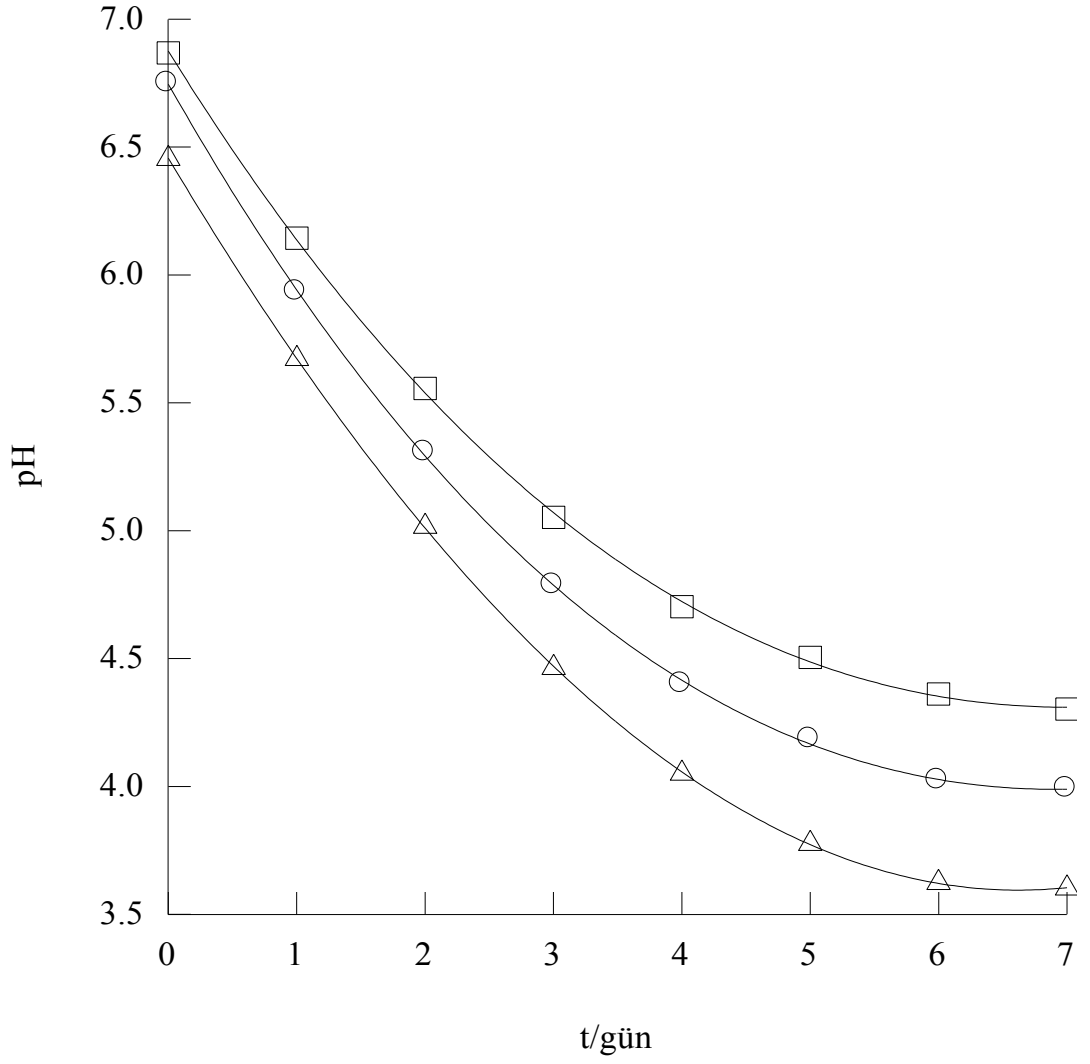
Şekil 5.2. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki yoğunluk değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



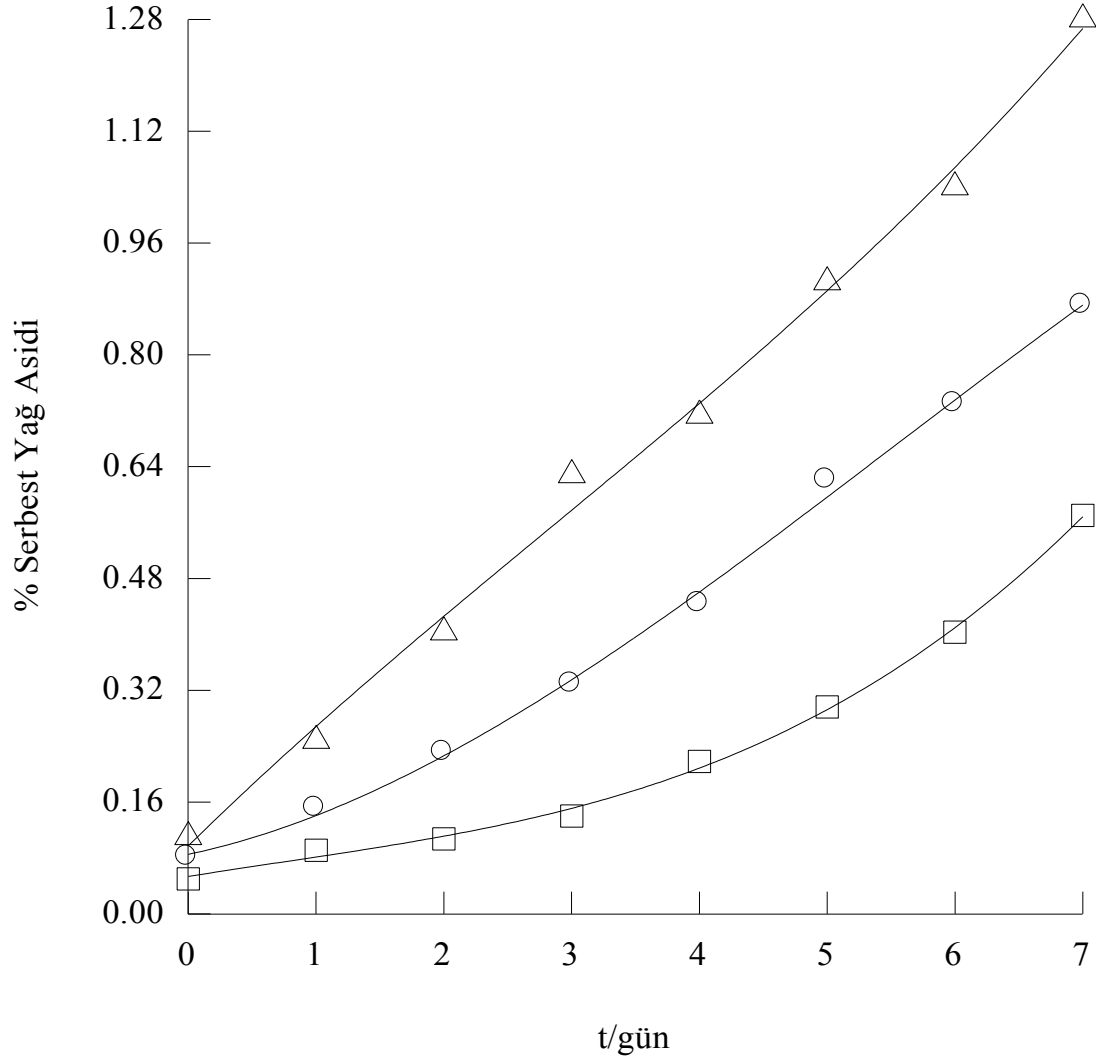
Şekil 5.3. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki viskozite değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



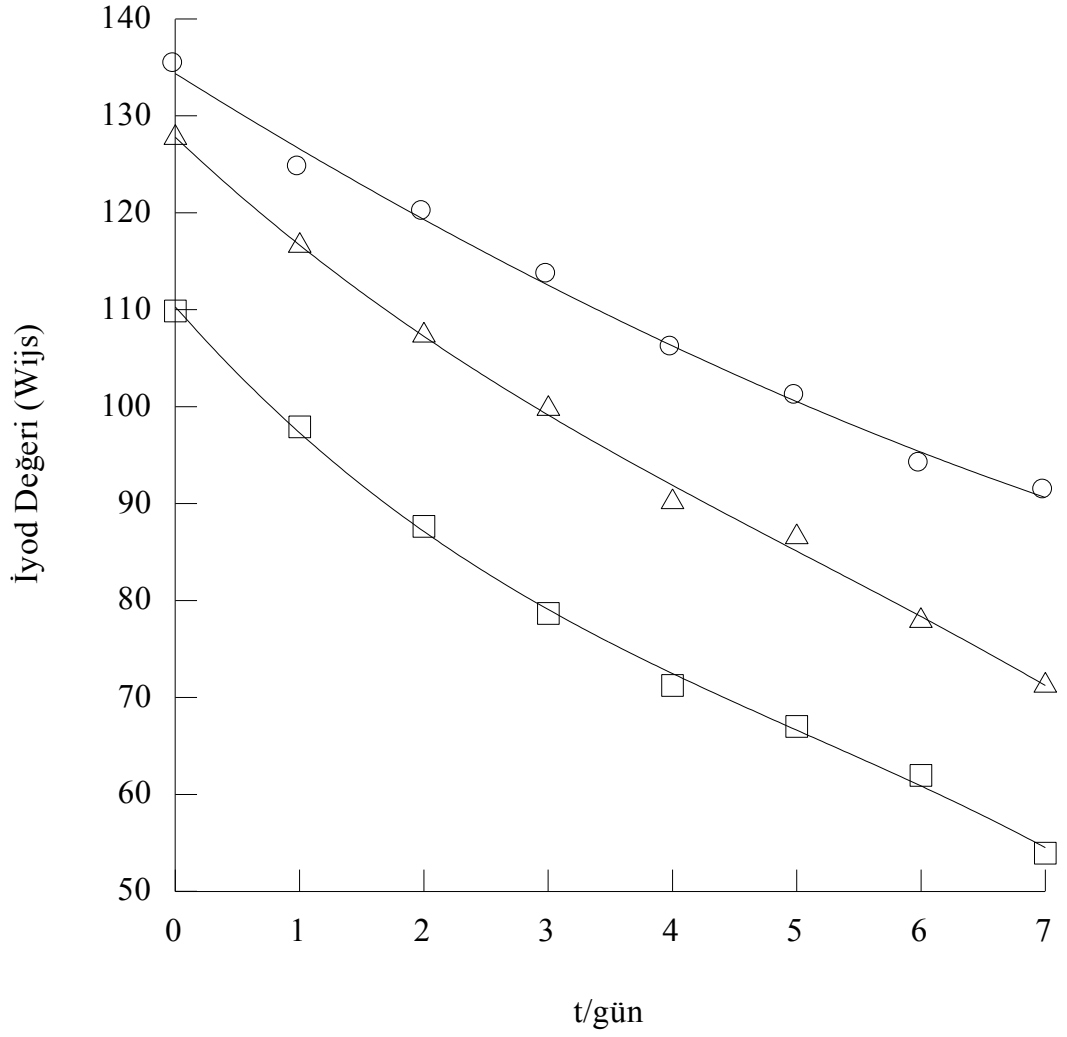
Şekil 5.4. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki kırılma indisi değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



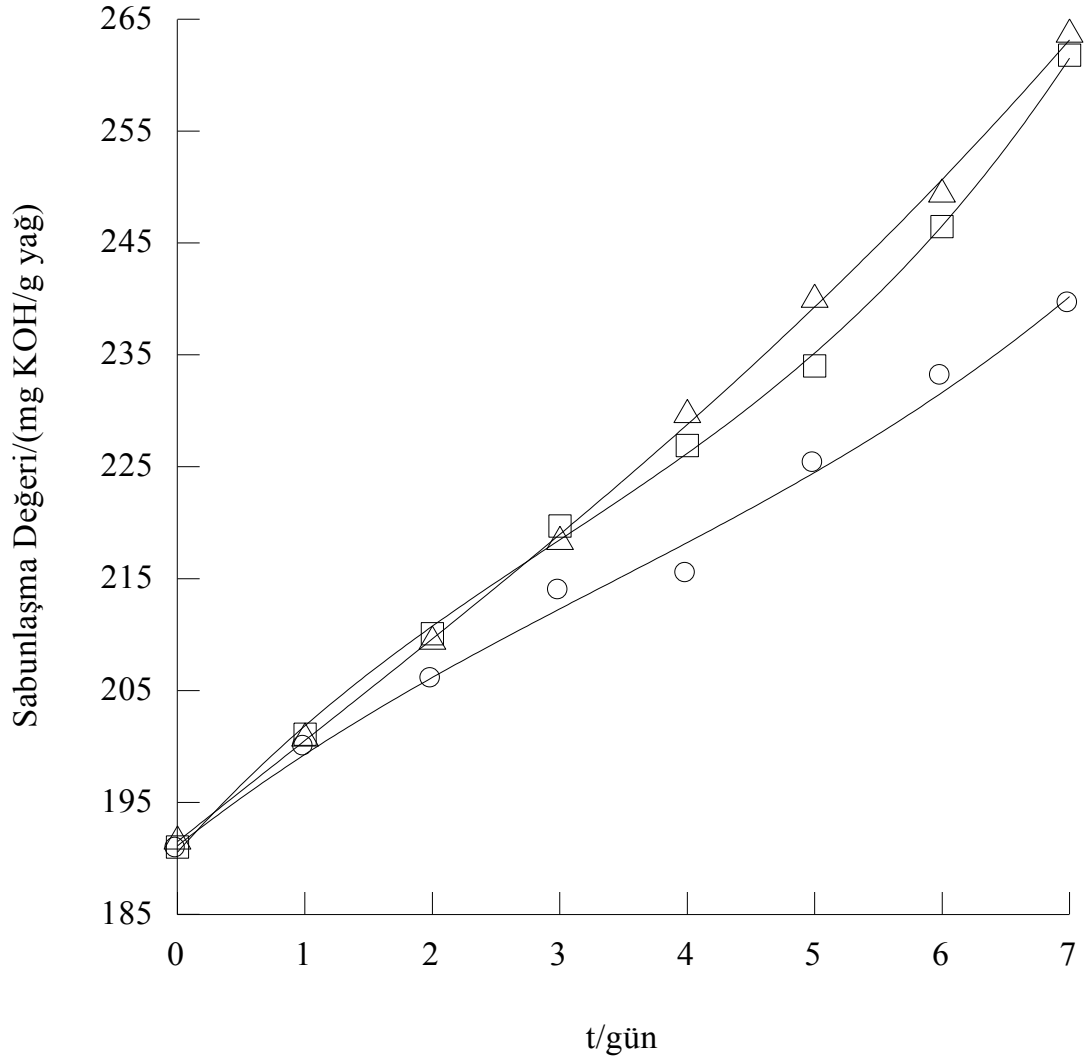
Şekil 5.5. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki pH değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



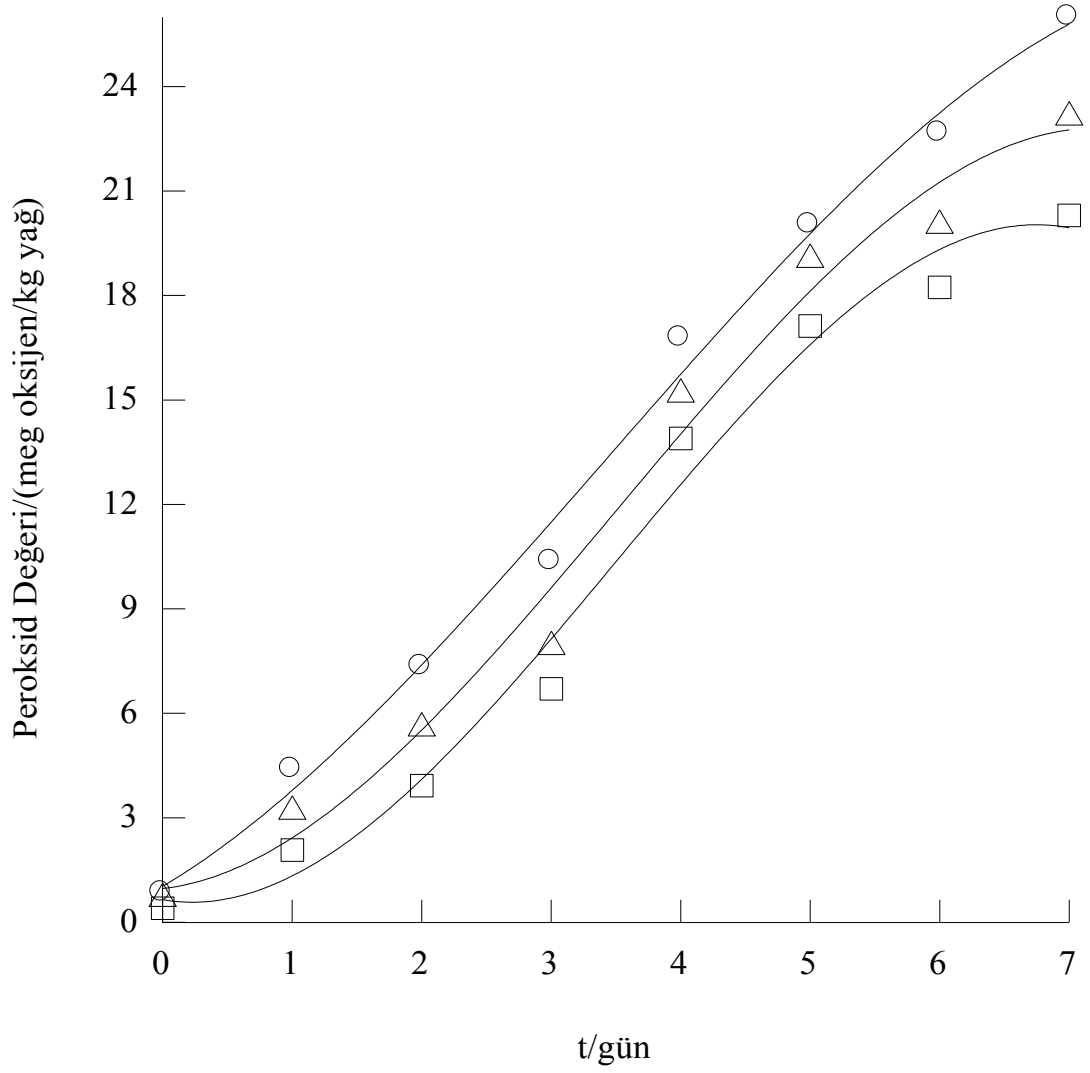
Şekil 5.6. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki serbest yağ asidleri(%) değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



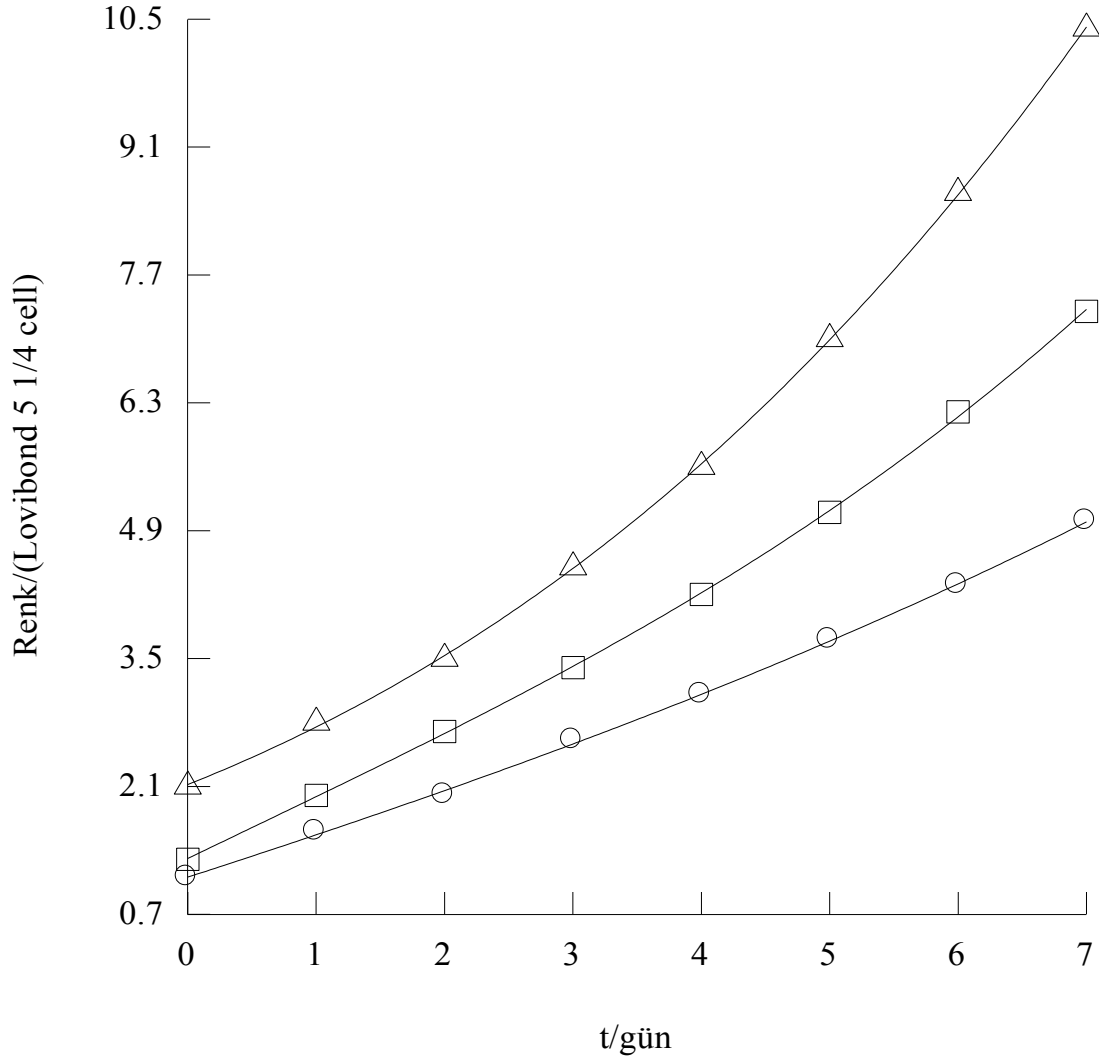
Şekil 5.7. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki iyod değeri değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



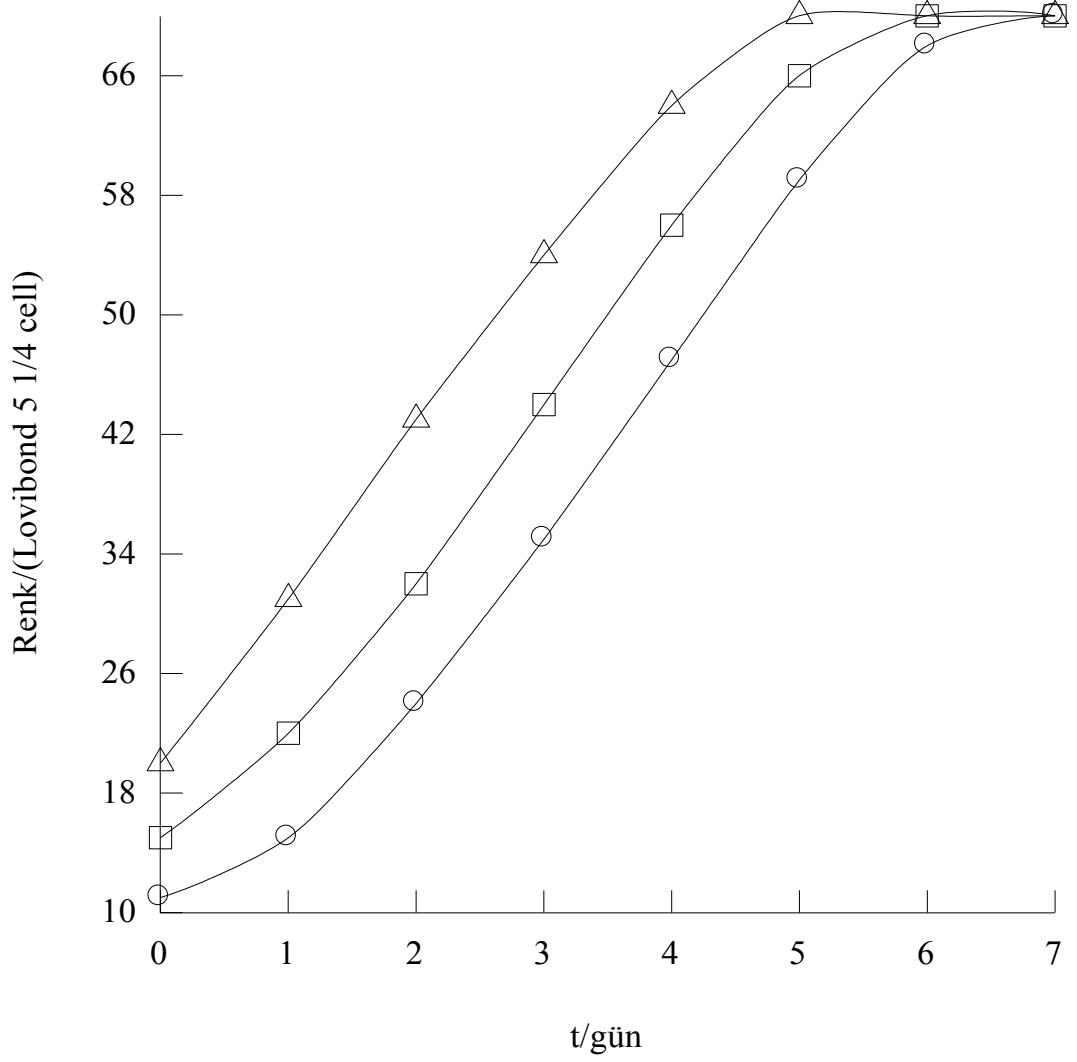
Şekil 5.8. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki sabunlaşma değeri değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



Şekil 5.9. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki peroksid değeri değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



Şekil 5.10. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki kırmızı renk değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.



Şekil 5.11. Ayçiçek (O), kanola (□) ve mısır (Δ) yağına ait 25°C'deki sarı renk değerlerinin kızartma zamanına karşı değişimi.

KAYNAKLAR

1. America Snack Food Association Web Site.
2. M. K. Gupta, in Proceedings of the World Conference of Oilseed Technology and Utilization, American Oil Chemists Society Publication, Champaign, Illinois, 1992.
3. M. K. Gupta, in Proceedings of the World Conference of Oilseed Technology and Utilization, American Oil Chemists Society Publication, Champaign, Illinois, 1992, p. 204.
4. M. M. Blumenthal, Optimum Frying: Theory and Practice, Libra Laboratories, Inc., Piscataway, New Jersey, 1987.
5. J. Pokorny, Flavor Chemistry of Deep Fat Frying, Flavor Chemistry of Lipid Foods, American Oil Chemists Society Publication, Champaign, Illinois, 1989.
6. L. C. Maillard, Compt. Rend., 154, 66 (1912).
7. L. C. Maillard, Ann. Chim., 9(5) 258 (1916).
8. J. S. Smith and M. Alfawaz, J. Food Sci., 60(2), 234 (1995).
9. J. P. Eiserich, C. Macku, and T. Shibamoto, J. Agric. Food. Chem., 40(10), 1982 (1992).
10. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Vol. 1, Fourth Edition, Edited by Daniel Swern, Authors: Marwin W. Formo, Eric Jungermann, Frank A. Norris, Norman O. V. Sonntag, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley and Sons, New York, pp 177-192, 1979).
11. C. W. Fritsch, J. Amer. Oil Chem. Soc., 58, 272 (1981).
12. J. Pokorny, Flavor Chemistry of Deep Fat Frying, Flavor Chemistry of Fats and Oils, American Oil Chemists Publication, Champaign, Illinois, 1989.
13. K. S. Markley, Fatty Acids, Interscience, New York, 1968.
14. L. L. Seifensieder, Ztg., 64, 122 (1937).
15. E. Y. Yuki, Ishikawa, and T. Okabe, Yukagaku, 23, 489 (1974).
16. M. M. Blumenthal, Food Technol., 45, 68 (1990).
17. E. N. Frankel, Chemistry of Autoxidation, Mechanism, Products and Flavor Significance, Flavor Chemistry of Fats and Oils, American Oil Chemists Society Publication, Peoria, Illinois, 1985.
18. H. W. S. Chan and J. Levitt, Lipids, 15, 837 (1977).

19. E. N. Frankel, *Lipid Oxidation*, The Oily Press, Dundee, U.K., 1998, pp. 19 and 43–54.
20. E. N. Frankel, *J. Oleo Sci.*, 50, 387–391 (2001).
21. W. W. Nawar, *Flavor Reversion in Soybean Oil*, American Oil Chemists Society Publication, Peoria, Illinois, 1985.
22. G. R. List and D. R. Ericson, *Storage, Stabilization and Handling*, Handbook of Soy Oil Processing and Utilization, 1st ed., American Oil Chemists Society Publication, Peoria, Illinois, 1985.
23. O. L. Brekke, *Bleaching*, Handbook of Soy Oil Processing, 1st ed., American Oil Chemists Society Publication, Peoria, Illinois, 1985.
24. W. Zschau, *Bleaching*, Introduction to Fats & Oils Technology, Second Edition, American Oil Chemists Society Publication, Peoria, Illinois, 2000.
25. M. K. Gupta, Presentation at the Short Course on Vegetable Oil Processing, Texas A&M University, 1998.
26. S. S. Chang and F. A. Kummerow, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, 31, 324 (1954).
27. E. N. Frankel, *Soybean Oil Flavor Stability*, Handbook of Soy Oil Processing and Utilization, American Oil Chemists Society Publication, Peoria, Illinois, 1985.
28. Gonzáles, C., Resa, J. M, Lanz, J., and Fanega, M. A., Excess Molar Volumes and Refractive Indices of Mixtures Formed by Acetates with Sunflower Oil at Different Temperatures, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79, 539-542, 2002).
29. AOCS Ca 5a-40.
30. AOCS Cd 1b-87.
31. AOCS Ce 17-79.
32. AOCS Official Method Cd 8-53.
33. AOCS Method Cc 13e-92.
34. Bailey's Industrial Oil and Fat products Sixth Edition Volume 4. Edible Oil and Fat Products: Products and Applications, M.K. Gupta, A. John Wiley & Sons. Inc., Publication. Pp 64-79-82.
35. TS 4964 ISO 3960, 2004.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımın her aőamasında tecrübelerini, pratik ve teorik bilgilerini, manevi desteğini esirgemeyen, yüksek lisans programım süresince beni daima en iyi Şekilde yönlendiren Sayın Prof. Dr. Hüseyin TOPALLAR hocama teőekkürü bir borç bilir, en içten saygılarımı sunarım.

Ayrıca tez hazırlama süresi boyunca destekleri ile beni yalnız bırakmayan sevgili aileme ve arkadaşım Gülçin Oktay'a teşekkür ederim.

ÖZGEÇMİŞ

09.11.1986 yılında İstanbul'da doğdum. İlk ve orta okulu İstiklal İlköğretim okulunda bitirdim. Lise öğrenimimi Mehmet Niyazi Altuğ Lisesinde tamamladım. 2004 yılında Trakya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü kazandım.

2008 yılında kimya bölümünde lisans eğitimimi tamamladıktan sonra aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Bölümü, Fizikokimya Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladım ve hala devam etmekteyim.