

NKUBAP.00.24.AR.13.13 nolu proje

**FARKLI ÇELTİK ÇEŞİTLERİNE AİT
PİRİNÇ KEPEĞİ YAĞLARININ
FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE
OKSİDATİF STABİLİTELERİNİN BELİRLENMESİ**

**Yürütücü: Ümit Geçgel
Araştırmacılar: Demet Apaydın**

**Kadir Gürbüz Güner
Gizem Çağla Dülger
Orhan Dağhoğlu
Murat Taşan
İsmail Yılmaz
Onur Ay
Berna Ersöz
Yosun Çotra
Muhammet Arıcı**

ÖNSÖZ

NKUBAP.00.24.AR.13.13 nolu proje Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Maddi desteklerinden dolayı Namık Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ile projenin yürütülmesi esnasında çeltik numunelerinin temini ve pirinç kepeklerinin stabilizasyon işlemlerinin yapılması esnasında gösterilen yardım ve kolaylıklardan dolayı “Sezon Pirinç ve Tarım Ürünleri Gıda San. Tic. A.Ş. Edirne/İpsala” fabrikası personeline teşekkürlerimizi sunarız.

ÖZET

FARKLI ÇELTİK ÇEŞİTLERİNE AİT PİRİNÇ KEPEĞİ YAĞLARININ BAZI FİZİKO-KİMYASAL ÖZELLİKLERİ İLE OKSİDATİF STABİLİTELERİNİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmada;stabilizasyon işleminin pirinç kepeği yağının fizikokimyasal özelliklerine ve yağ asitleri bileşimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Osmancık ve Opela çeşitlerindeki iki pirinç kepeği çeşidi; mikrodalga, etüv ve mikrodalga+etüv olmak üzere 3 farklı yöntemle stabilize edilmiştir. Pirinç kepekleri toplamda dokuz farklı stabilizasyon şartında muamele edilmiştir. Mikrodalga ile stabilizasyonda 600 W 1 dk, 600 W 2 dk, 600 W 3 dk; etüv ile stabilizasyonda 80°C 30dk, 100°C 30dk, 120°C 30dk, etüv ve mikrodalga'nın birlikte kullanıldığı kombine yöntemde ise 600 W 2dk mikrodalga- 80°C 30dk etüv, 600 W 2dk mikrodalga- 100°C 30dk etüv, 600 W 2dk mikrodalga- 120C 30dk etüv uygulaması yapılmıştır. Stabilizasyon işleminden sonra pirinç kepeklerinin yağı solventekstraksiyon yöntemi ile elde edilmiştir. Elde edilen pirinç kepeği yağına serbest yağ asitliği, peroksit sayısı, yağ asitleri kompozisyonu, sterol kompozisyonu, iyot sayısı, sabunlaşma sayısı, özgül ağırlık sayısının belirlenmesi, kırılma indisi analizleri yapılmıştır. Uygulanan stabilizasyon işlemleri sonucunda pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve iyot sayısı değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Stabilizasyon işlemi pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısında istatistiksel açıdan önemli değişikliklere neden olmamıştır. Pirinç kepeği yağında en çok bulunan sterol β -sitosterol olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler:Pirinç kepeği yağı, oksidatif stabilite, fiziko-kimyasal özellikler, stabilizasyon

2015 , 61 sayfa

ABSTRACT

In this research, it has been aimed to determine the effects of stabilization on rice bran oil's some physicochemical properties and composition of fat acids. The rice bran samples (Osmancık and Opela) was stabilized under three ways (microwave, drying oven and microwave + drying oven) including nine conditions (drying oven: 80°C 30min, 100°C 30min, 120°C 30min; microwave :600 W 1 min, 600 W 2 min, 600 W 3 min; microwave + drying oven: 600 W 2min microwave - 80°C 30min drying oven, 600 W 2min microwave - 100°C 30min drying oven, 600 W 2min microwave - 120C 30min drying oven). The rice bran oil was obtained by solvent extraction technoloy. The stabilization effects on acidity, peroxide value, iodine number, saponification number, specific gravity number, refractive index, fatty acid composition, the sterol composition of ice bran oil were determined. The acidity, peroxide value and iodine number in all the types were significantly decreased with the stabilization. In contrast, the saponification number of rice bran oils exhibited non-significant changes. β -sitosterol is detected as the main sterol found in rice bran oil.

Keywords: Rice bran oil, oxidative stability, physicochemical properties, stabilization

2015 , 61 pages

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1 Materyal.....	15
3.1.1 Pirinç Kepeği.....	15
3.2 Yöntem	15
3.2.1 Pirinç Kepeğinin Stabilizasyonu	15
3.2.2 Pirinç kepeğinde yapılan analizler	15
3.2.2.1 Ham yağ analizi.....	15
3.2.3 Pirinç kepeği yağında yapılan analizler	16
3.2.3.1 Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi	16
3.2.3.2 Peroksit sayısının belirlenmesi	16
3.2.3.3 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi	16
3.2.3.4 Sterol analizi.....	17
3.2.3.5 Sabunlaşma sayısı analizi (TS - 894)	17
3.2.3.6 İyot sayısı analizi.....	18
3.2.3.7 Özgül ağırlık değeri.....	18
3.2.3.8 Kırılma indisi değeri.....	18
3.2.4 İstatistikî analizler	18
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	19
4.1 Farklı Stabilizasyon Şartları Göre Pirinç Kepeği Yağının Asitlik Değerlerindeki Değişim	19
4.2 Farklı Stabilizasyon Şartları Göre Pirinç Kepeği Yağının Peroksit Değerlerindeki Değişim	24
4.3 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının İyot Sayısı Değerlerindeki Değişim.....	28
4.4 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının Sabunlaşma Sayısı Değerlerindeki Değişim.....	31
4.5 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının Özgül Ağırlık Değerlerindeki Değişim.....	36

4.6 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının Kırılma İndisi Değerlerindeki Değişim	39
4.7 Farklı Stabilizasyon Şartlarının Pirinç Kepeği Yağının Sterol Kompozisyonuna Etkisi ..	43
4.8 Pirinç Kepeği Yağının Yağ Asitlei Kompozisyonu	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	55
6. KAYNAKLAR	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2-1.Pirinç kepeği yağının yağ asiti bileşimi (Orthofer, 1996).....	5
Şekil 2-2.Bazı bitkisel yağların yağ asiti bileşimlerinin karşılaştırılması	5
Şekil 2-3.Tokoferol ve tokotrienollerin kimyasal yapıları	8
Şekil 2-4.Bazı bitkisel yağlardaki tokoferol ve tokotrienol içerikleri	9
Şekil 2-5.Farklı bitkisel yağlardaki fitosterol içerikleri.....	10
Şekil 4-1.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği	22
Şekil 4-2.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik	23
Şekil 4-3.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit	25
Şekil 4-4.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit	27
Şekil 4-5. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı	29
Şekil 4-6. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı	31
Şekil 4-7. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri grafiği	33
Şekil 4-8.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma	35
Şekil 4-9.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık değerleri grafiği	37
Şekil 4-10.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık	38
Şekil 4-11. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi . değerleri grafiği	40
Şekil 4-12.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi	42
Şekil 4-13. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, Kampesterol, Stigmasterol değerleri (%) grafiği.....	44
Şekil 4-14. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri (%) grafiği.....	46
Şekil 4-15. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol,	48
Şekil 4-16.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol,	49
Şekil 4-17Stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisinin grafiği	51
Şekil 4-18Stabilizasyonun Opela pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisinin grafiği	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1.Rafine pirinç kepeği yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri ve yağ asitleri bileşimi	4
Çizelge 4.1.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri çizelgesi	20
Çizelge 4.2. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri çizelgesi	21
Çizelge 4.3.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri çizelgesi	25
Çizelge 4.4. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri çizelgesi	27
Çizelge 4.5. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri çizelgesi	28
Çizelge 4.6.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri çizelgesi	30
Çizelge 4.7. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri çizelgesi	32
Çizelge 4.8.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri çizelgesi	34
Çizelge 4.9.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık değerleri çizelgesi	36
Çizelge 4.10.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık değerleri çizelgesi	38
Çizelge 4.11.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi değerleri çizelgesi	40
Çizelge 4.12.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi değerleri çizelgesi	41
Çizelge 4.13 Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, Kampesterol, Stigmasterol değerleri (%) tablosu	43
Çizelge 4.14 Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri (%) tablosu	45
Çizelge 4.15 Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, Kampesterol, Stigmasterol değerleri tablosu	47
Çizelge 4.16 Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri tablosu	49
Çizelge 4.17 Stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisi	50
Çizelge 4.18.Stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının toplam doymuş ve toplam doymamış yağ asitleri bileşimine etkisi	51
Çizelge 4.19 Stabilizasyonun Opela pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisi	52
Çizelge 4.20 Stabilizasyonun Opela pirinç kepeği yağının toplam doymuş ve toplam doymamış yağ asitleri bileşimine etkisi	53

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler:

β	Beta
sn	Saniye
dk	Dakika
kg	Kilogram
g	Gram
mL	Mililitre
L	Litre
$^{\circ}\text{C}$	Celsius derecesi
MeV	Milyon elektron volt enerji birimi.
Ω	Omega
kGy	kiloGray

Kısaltmalar:

sd	Standart sapma
SAFA	Doymuş yağ asitleri
PUFA	Çoklu doymamış yağ asitleri
MUFA	Tekli doymamış yağ asitleri
UFA	Doymamış yağ asitleri

1. GİRİŞ

Pirinç kepeği yağı endüstriyel kullanımı, sağlık üzerindeki etkileri, eşsiz orizanol içeriği ve yüksek seviyede içerdiği sabunlaşmayan maddelerden dolayı dünyada giderek artan bir ilgi görmektedir (Gopala Krishna, 2002; Donley, 2009). Çeltik işleme yan ürünü olarak pirinç kepeğinden elde edilen pirinç kepeği yağının dünyadaki yıllık üretimi 1 ile 1,4 milyon ton arasında değişmektedir. Söz konusu üretimin önemli bir kısmını Hindistan, Çin, Japonya ve Myanmar gibi Asya'daki çeltik üreticisi ülkeler oluşturmaktadır. Ancak Hindistan pirinç kepeği yağının merkezidir. Dünya pirinç kepeği yağı üretiminin yarısından fazlası Hindistan'da gerçekleştirilmekte olup Japonya'dan sonra en büyük ithalatçıdır (40,000-45,000 ton/yıl). Aynı zamanda 20,000 ton ile 30,000 ton/yıl arasında da ihracat yapmakta ve pirinç kepeği yağı piyasasını belirlemektedir. (Donley, 2009).

Pirinç üretiminde ortalama olarak % 7-8 pirinç kepeği elde edilmekte ve pirinç kepeğinden elde edilen yağ oranı da % 15 civarında olmaktadır. Yağ ekstraksiyonundan sonra elde edilen yan ürün yağsız pirinç kepeğidir (Donley, 2009).

Bitkisel yağlar arasında pirinç kepeği yağı ticari olarak önemli bioaktif fitokimyasallarının eşsiz ve zengin bir kaynağı olup, bu fitokimyasalların çoğuna beslenme, eczacılık ve kozmetik alanlarında ilgi duyulmaktadır. Pirinç kepeği yağının sabunlaşmayan bileşenleri başlıca tokoferoller (vitamin E, % 0,10-0,14) ve γ -orizanol (steroller ve triterpenik alkoller ile birlikte *trans*-ferulik asitin esterleri, % 0,9-2,9)'den oluşmaktadır. Buna ilave olarak lesitin ve karotenoid gibi diğer bileşenler de daha düşük konsantrasyonlarda yer almaktadırlar (Lerma Garcia ve Ark., 2009).

Daha önce yapılan çalışmalar, mısır yağı ve aspir yağı gibi yaygın olarak kullanılan bitkisel yağlara benzerliği ile birlikte, lipoprotein ve serum kolesterol seviyelerini iyileştirici etkisinden dolayı pirinç kepeği yağının tercih edilen bir bitkisel yağ olduğunu göstermiştir (Tahira ve Ark., 2007). İnsanlardaki kolesterol düşürücü aktivitesi ve düşük doymuş yağ

içeriğinden dolayı, oldukça kapsamlı olan bileşimi, besinsel profili ve fonksiyonel özellikleri olan pirinç kepeği yağının insan diyetinde geniş uygulama alanı olduğu görülmektedir. (Hragrove, 1994; Most ve Ark., 2005).

Pirinç kepeği yağı, sahip olduğu bileşim ve besleyici değer açısından oldukça kıymetli bir yağ olup, endüstrideki kullanım alanlarının giderek daha da artması ile günden güne önem kazanır bir hale gelmiştir. Bu derlemede, belki de ülkemizdeki insanlar tarafından hiç tanınmayan pirinç kepeği yağının bileşimi ve kullanım alanları üzerinde durulmuştur.

Türkiye’de genel anlamda pirinç kepeği yağının kalitesi üzerine yapılan çalışmalar çok sınırlı olup, yerli ve ithal çeşitlerin yağlarının fiziko-kimyasal özellikleri konusunda şu ana kadar yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Proje kapsamında farklı çeltik çeşitlerinden elde edilecek pirinç kepeği yağlarının bazı fiziko-kimyasal özellikleri (yoğunluk, kırılma indisi, renk, serbest yağ asitliği, iyot sayısı, yağ asitleri kompozisyonu, tokoferol ve sterol oranları v.b. gibi) ile oksidatif stabiliteleri (peroksit sayısı ve ransimat değerleri) incelenecek, yerli ve ithal çeşitler arasındaki farklılıklar belirlenecektir. Proje kapsamında, ülkemizde Trakya Bölgesinde yetiştirilen çeltik çeşitleri ile yurt dışından ithal olarak getirilen ve yine Trakya Bölgesinde yer alan fabrikalarda işlenen çeltiklerin kepeklerinden elde edilecek yağların kalite özelliklerinin araştırılması hedeflenmektedir. Böylece hem ülkemizde mevcut bir çok çeltik fabrikasında hâlihazırda değerlendirilme imkânı olmayan ve atık madde konumunda olan pirinç kepeğinin yağının çıkartılarak bitkisel yemeklik yağ olarak değerlendirilmesi ve bu yağın ülke ekonomisine kazandırılması, hem de yağı ekstrakte edilen ve yüksek oranda protein içeriğine sahip olan pirinç kepeği küspesinin de hayvan beslemede kullanılma imkânı doğmuş olacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Pirinç Kepeği Yağının Bileşimi:

Pirinç kepeği yağı, Japonya, Hindistan, Kore, Çin ve Endonezya gibi ülkelerde oldukça popüler olan bir yağdır. Pirinç kepeği yağının özellikle salata ve yemeklerde bu derece fazla tercih edilmesinin sebebi hoş tadı ve yüksek dumanlanma noktasından dolayıdır (Ghosh, 2007). Pirinç kepeği yağının raf ömrü diğer bitkisel yağlar ile karşılaştırıldığında içermiş olduğu antioksidant maddelerden dolayı oldukça iyidir. Düşük viskoziteye sahip olduğu için pişirme süresince daha az yağın absorbe edilmesine izin vermekte ve buna bağlı olarak pişirilen gıda maddesindeki kalori değerini de düşürmektedir (Chakrabarty, 1989). Pirinç kepeği yağı, diğer bazı bitkisel yağların aksine midede hazmedildiği zaman herhangi bir alerjik reaksiyon göstermemektedir (Crevel ve Ark., 2000; Joshi, 2002). Ayrıca, pirinç kepeği yağı, içermiş olduğu yağ asit bileşimi açısından (tekli doymamış / doymuş ve çoklu doymamış / doymuş) çok iyi bir dengeye sahiptir (Ghosh, 2007). Pirinç kepeği yağının yağ asit bileşimi açısından dengeli bir yapıya sahip olması, herhangi bir hidrojenasyon (tipik olarak *trans* yağ asitlerinin gelişmesine olanak vermektedir) işlemine tabii tutulmaksızın, kendine has doğal formda kızartma yağı olarak kullanılmasını tercih sebebi yapmaktadır (Tahira ve Ark., 2007). Stuttgart-Arkansas-A.B.D. Riceland Food ve Oil Seeds International Ltd., San Francisco, California A.B.D. ortaklı RITO'ya göre; pirinç kepeği yağı yenilebilir diğer bitkisel yağlara göre çok önemli birkaç farklı özelliğe sahiptir. Pirinç kepeği yağı fındığımsı aromaya ve iyi bir kızartma süresine sahip olup, %81-84'ünü trigliseridler, %2-3'ünü digliseridler %5-6'sını monogliseridler, %4'ünü sabunlaştırılmayan maddeler, %2-3'ünü serbest yağ asitleri ve %1'ini de fosfolipidler oluşturmaktadır (Donley, 2009). Çizelge 1'de rafine pirinç kepeği yağının bazı fiziksel, kimyasal özellikleri ve yağ asiti bileşimi gösterilmiştir.

Çizelge 2.1.Rafine pirinç kepeği yağının fiziksel ve kimyasal özellikleri ve yağ asitleri bileşimi

Parametreler	Tipik değerler	Değişim aralığı
Renk (Lovibond5.25 inch)	2,5R, 27Y	2,5-3,5R-25-35Y
Serbest yağ asitleri (% oleik)	0,05	0,05-0,12
Dumanlanma noktası (C°)	213	-
İyot değeri	95	90-110
Sabunlaşma sayısı	193	180-195
Özgül ağırlık (20 C°)	0,916	0,916-0,922
Kırılma İndisi (20 C°)	1,470	1,470-1,474
Yağ asitleri bileşimi (%)		
C14:0	0,4	0,2-0,7
C16:0	19,8	12-28
C16:1	0,2	0,1-0,5
C18:0	1,9	2-4
C18:1	42,3	35-50
C18:2	31,9	29-45
C18:3	1,2	0,5-1,8
C20:0	0,9	0,5-1,2
C20:1	0,5	0,3-1,0
C22:0	0,3	0,1-1,0
Diğerleri	0,6	1,0 mak.

Kaynak: Sayre ve Saunders, 1990; Orthofer, 1996; Firestone, 1999; Gopala Krishna, 2000

Diğer bitkisel yağlarla karşılaştırıldığında pirinç kepeği yağı yüksek düzeyde trigliserid olmayan bileşenler içermekte olup bunların büyük bir kısmı ileri rafinasyon işlemleri sırasında uzaklaştırılmaktadır. Pirinç kepeği yağının yağ asiti bileşimi (Şekil 1), toplam doymuş ve doymamış yağ asitleri bakımından (yerfistığı yağında sadece uzun zincirli yağ asitlerinin bulunmasının dışında) yerfistığı yağına oldukça benzemektedir. Oleik, linoleik ve palmitik asitler, pirinç kepeği yağının temel yağ asitleri olup, toplam yağ asitlerinin %

75'ten fazlasını oluşturmaktadırlar. Doğal pirinç kepeği yağında *trans* yağ asitleri bulunmamaktadır.

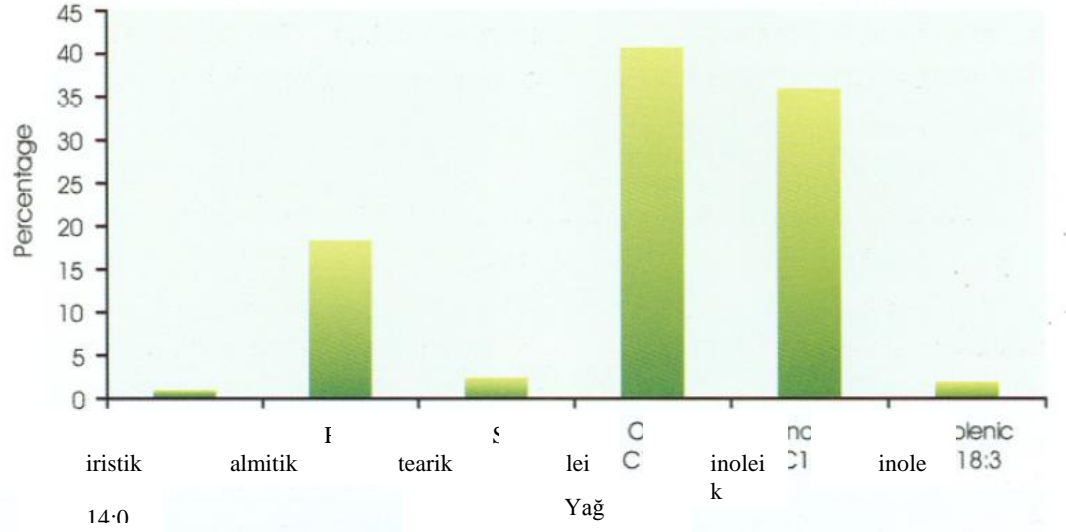
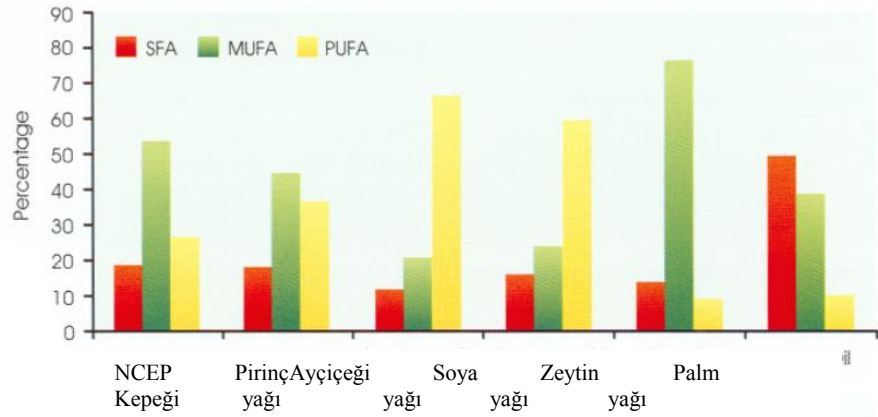


Figure 9 Fatty acid composition of rice bran oil

Şekil 2-1.Pirinç kepeği yağının yağ asiti bileşimi (Orthoefer, 1996)



(Boontaveeyuwat ve Chongsuwat, 2002) (NCEP: A.B.D. Ulusal Kolesterol Eğitim Programı)

Şekil 2-2.Bazı bitkisel yağların yağ asiti bileşimlerinin karşılaştırılması

Amerika Birleşik Devletleri hükümetinin Ulusal Kolesterol Eğitim Programına (NCEP) göre, yetişkin biri için toplam kalori alımının % 25-35 (genellikle % 30'unun) yağlar vasıtası ile alınması gerektiği bildirilmiştir. Bu yüzden, yetişkin bir erkek günlük diyetinde

2000 kalori tüketiyorsa, bunun 600 kalorisini (% 30) yağlardan karşılaması gerekmektedir. NCEP günlük diyetle yağlardan alınan % 30'luk kalorinin; % 7'sinden daha azının doymuş yağ asitleri (SFA), % 10'undan fazlasının çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) ve % 20'den fazlasının ise tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) şeklinde olmasını tavsiye etmektedir (Franz, 2003). Diğer bitkisel yağlar ile karşılaştırıldığında, NCEP'in tavsiyesine pirinç kepeği yağının yağ asiti bileşimi oldukça benzer özellikler göstermektedir (Şekil 2).

Pirinç Kepeği Yağının Besleyici Özellikleri: Pirinç kepeği yağının sabunlaşmayan kısmı tokoferoller, tokotrienoller, γ -orizanol, fitosteroller, polifenoller ve squalen yönünden oldukça zengindir. Bir çok çalışmada pirinç kepeği yağının zararlı kolesterol olarak isimlendirilen LDL'yi azalttığını, iyi kolesterol olarak bilinen HDL'ye ise olumsuz yönde etki etmediği bildirilmiştir. Bu çalışmalarda özellikle orizanolün kolesterol fonksiyonundan sorumlu anahtar bileşen olduğu vurgulanmıştır (Ghosh, 2007). Tokotrienoller ise doğada var olan en güçlü ve en kıymetli E vitamini kaynağı olup, anti-kanser etkisine sahip bileşenlerdir (Qureshi ve Ark., 1991; Guthrie ve Ark., 1997; Xu ve Ark., 2001). Pirinç kepeği yağı E grubu vitaminlerinden tokotrienoller ve γ -orizanol gibi antioksidanları içermekte ve kolesterol düzeyini azaltılmasına, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesine ve bazı hastalıklara karşı mücadeleye yardımcı olmaktadır (Donley, 2009).

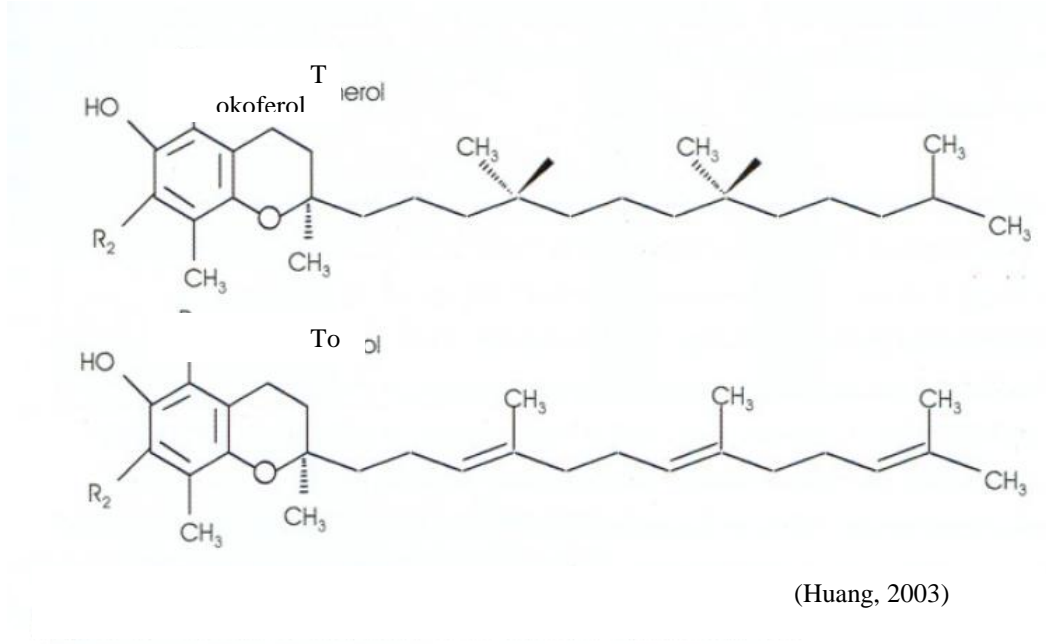
Çoklu Doymamış Yağ Asitleri: Beslenme üzerine yapılan son çalışmalar tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA-özellikle oleik asit, 18:1 n-9), LDL kolesterol seviyesini azalttığını, HDL kolesterol seviyesini arttırdığını ve sonuçta damar sertliği riskini azaltma yönünde etki ettiğini göstermektedir. Oleik asit, kardiovasküler hastalıklar karşısında koruyucu etkiye sahiptir. MUFA oranı yüksek diyetlerde, triaçilgliserol sirkülasyonunun daha düşük konsantrasyonlarda seyrettiği belirlenmiştir (Kris-Etherton, 1999; Ashton ve Ark., 2001; Kohler ve Ark., 2003). Rafine pirinç kepeği yağında MUFA oranı yüksektir, bu yüzden yağ antiarteriosklerosis ve kanda yağ-düşürücü etkiye sahiptir.

Linoleik asit (18:2 n-6) esansiyel bir yağ asiti olup, pirinç kepeği yağında % 33 oranında bulunmaktadır. Linoleik asit, omega-6 (n-6 veya ω -6) olarak bilinen PUFA'nın metabolik serisinde yer alan ve aynı zamanda eikosanoidlerin (prostaglandinler, tromboksanler ve leukotrienesler) sentezi için mutlaka gerekli olan bir yağ asiti konumdadır. Linoleik asitin daha yüksek miktarlarda alımı, vücutta felç riski karşısında koruyucu etki göstermesine sebep olabilmektedir. Linoleik asit aynı zamanda vücuttaki trombosit birikimini azaltmakta ve kan basıncını düşürmektedir (Iso ve Ark., 2002; Kohler ve Ark., 2003).

Alfa linolenik asit önemli bir bitki omega-3 (18:3 n-3) yağ asitidir. Eğer bu yağ asiti diyetle birlikte alınır, vücuttaki kan kolesterol seviyesi azalmakta, damar sertliği riski düşmekte ve kalp krizi riski azabilmektedir. Benzer şekilde, alfa linolenik asidin vücutta göğüs ve kolon kanserleri büyümesini yavaşlatabileceğini gösteren bazı kanıtlar ortaya konmuştur (Myers, 2000; Zhao ve Ark., 2004; Harris, 2007). Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Sağlık ve Beslenme araştırmasına göre, günlük linolenik asit alımının ortalama 1,3 g olması gerektiği bildirilmiştir. Bu nokta göz önünde tutulduğunda, pirinç kepeği yağı tüketiminin insan vücudundaki esansiyel yağ asitleri olan alfa linolenik asit ve linoleik asit gereksinimini karşılayabileceği bildirilmiştir.

E Vitamini: Tokoferoller ve tokotrienoller diyetdeki E vitamini aktivitesini oluşturmaktadırlar. Bu bileşikler farklı antioksidant aktivitelere sahip doğal bileşiklerdir (Şekil 3). Tokoferoller ve tokotrienoller bitkilerde geniş bir şekilde dağılmış olup, bitkisel yağlar E vitamininin en yoğun kaynağını teşkil ederler. Tokotrienoller ise bitkisel yağlarda daha az yaygın olmakla birlikte pirinç kepeği yağında yeterince bulunmaktadır (Şekil 4). Vitamin E bileşikleri tokoferol ve tokotrienoller, insan organizmasında farklı metabolik proseslere katılmaktadırlar. Bazı hormonların sentezinde, dokuların yenilenmesinde, çocuklarda anemi (kansızlık) hastalığı karşısında koruyucu olarak görev yapmaktadırlar

(Nagala-Kalucka, 2003). Tokoferoller ve tokotrienoller biyolojik sistemlerde ve gıdalarda lipid oksidasyonunu etkili bir şekilde engelledikleri için doğal antioksidant olarak tanınırlar. Lipit ihtiva eden gıdalarda, antioksidantlar oksidasyonun başlamasını geciktirirler ya da oksidasyon hızını yavaşlatırlar. Sonuç olarak, gıdanın raf ömrü uzar ve gıdanın kalitesi devam eder. Pirinç kepeği yağı, yüksek tokoferol ve tokotrienol içeriğine sahip olup, kızartma yağı olarak

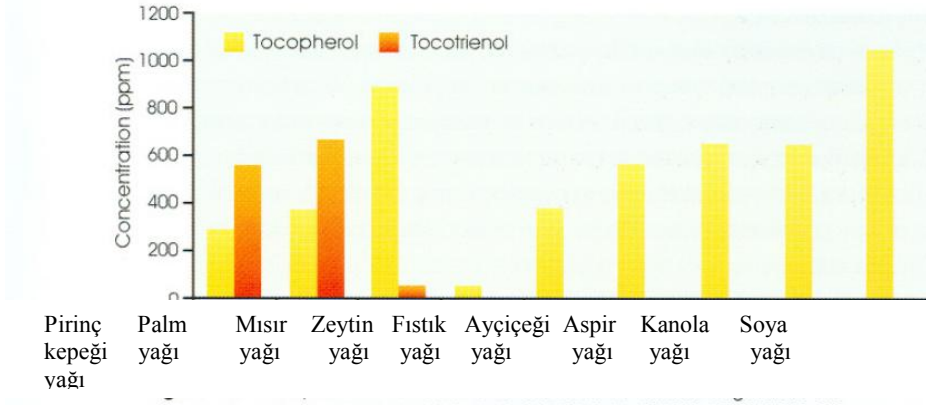


Şekil 2-3. Tokoferol ve tokotrienollerin kimyasal yapıları

kullanımı için uygun ve iyi bir oksidatif stabiliteye sahiptir. Bazı araştırmacılar tarafından tokoferoller ve tokotrienollerin kanser, koroner kalp rahatsızlığı ve damar tıkanıklığı hastalıklarını engelleyici etkiye sahip oldukları bildirilmiştir (Meydani, 1995; Minhajaddin ve Ark., 2005).

Depolama süresince, gıdanın tadını, kokusunu ve vitaminlerini korumak için oluşabilecek lipid oksidasyonunu yavaşlatmada ya da geciktirmede bazı antioksidan maddelerin ilavesine ihtiyaç duyulur. Bütillenmişhidroksilamin (BHA) ve bütillenmişhidroksitoluen (BHT) gibi sentetik antioksidanlar depolama süresince lipid oksidasyonunu yavaşlatmak için gıdalarda kullanılan en yaygın maddelerdir (Chu ve Hus, 1999). Fakat, bazı araştırmacılar sentetik antioksidanların vücutta toksik etkisi ve kanser gibi

negatif etkilere sahip olduklarını bildirmişlerdir (Ito ve Ark., 1986; Whysner ve Ark., 1994; Williams ve Ark., 1999). Sentetik antioksidan maddeler üzerindeki güvenlik endişeleri, bitkisel materyallerde doğal olarak bulunan antioksidan maddelere ve bitkisel yan ürünlere olan ilgiyi arttırmıştır (Moure ve Ark., 2001). Doğal kaynaklardan elde edilen antioksidan maddeler ile sentetik antioksidan maddelerin yer değiştirmeleri, onların sahip olduğu, sağlık etkileri, çözünürlük ve fonksiyonel özelliklerinden dolayı birçok fayda gösterebilirler (Chotimarkorn ve Ark., 2008).

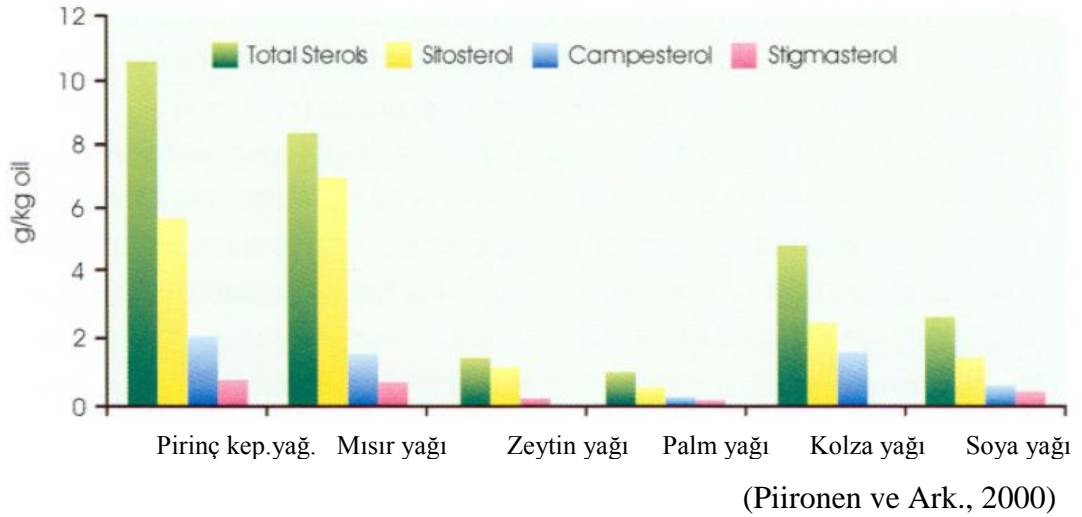


Şekil 2-4.Bazı bitkisel yağlardaki tokoferol ve tokotrienol içerikleri

(Anon., 2009a)

Fitosteroller: Fitosteroller bitkilerden elde edilen sterollerdir ve yapısal olarak omurgalı hayvanlardaki kolesterole benzerler. Fitosterollerin kimyasal yapısı kolesterolden farklıdır. Birçok gıdada sitosterol (% 65) en fazla formda bulunmaktadır. Bunu takiben sırası ile kampesterol (% 30) ve stigmasterol (% 3) yer almaktadır (Ostlund, 2002; Patel ve Thompson, 2006). Şekil 5'te çeşitli bitkisel yağlardaki fitosterol içerikleri gösterilmiştir. Genellikle yağlardan elde edilen ürünler ve yenilebilir bitkisel yağlar, fitosterollerin en zengin doğal kaynakları olarak düşünülmektedir. Pirinç kepeği yağı en yüksek sterol miktarını içermekte olup (10,55 g/kg), onu sırası ile mısır (% 7,15-9,52) ve kolza (% 2,5-7,3) yağları takip etmektedir (Piironen ve Ark., 2000). Birçok çalışmada, günlük 0,8 g'dan 4,0 g'a kadar

değişen aralıklarda alınan fitosterollerin LDL kolesterol konsantrasyonunu % 10 ile % 15 oranında azalttığı bildirilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Kolesterol Eğitim Programı tarafından tavsiye edilen miktar, günde yaklaşık 2 g fitosterol alımı olup, LDL kolesterol seviyesini % 9,6 oranında azalttığı yönündedir. Fitosterollerin kolesterol düşürücü etkilerine ilave olarak, anti-kanser ve anti-oksidatif özelliklere de sahip olduğu birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Piironen ve Ark., 2000; Ostlund, 2002; Wang ve Ark., 2002; Patel ve Thomson, 2006)



Şekil 2-5.Farklı bitkisel yağlardaki fitosterol içerikleri

Orizanol: Orizanol pirinç kepeği yağının sabunlaşmayan kısmıdır ve ilk olarak pirinç kepeği yağında (*Oryza sativa* L.) keşfedildiği için bu şekilde isimlendirilmiştir. Daha sonra bitki sterollerini (kampesterol, stigmasterol ve β -sitosterol) ve triterpen alkollerin (cycloartanol, cycloartenol, 24-metilencycloartanol ve cyclobranol) ferulik asit esterlerinin içerdiği bir karışım olduğu bulundu (Gopala Krishna ve Ark., 2001). Orizanoller, α - β - ve γ -orizanol şeklinde isimlendirilip, aralarında en yaygın şekilde bahsedilen γ -orizanol'dür.

Orizanolün kolesterol absorpsiyonunu azaltıcı, trombositlerin birikmesini engelleyici, antioksidatif aktiviteye sahip olması, tokoferoller gibi yaşlanmaya karşı etkili olması, serum

kolesterolu dűűűrűcű, damar tıkanıklıđını azaltıcı, tűműr oluűumunu engellemesi, menapoz rahatsızlıklarında ve sinir sisteminin tedavisinde, saçlarda kepek oluűumunu ve vűcutta kaűınmayı engellemesi gibi fonksiyonel etkilere sahip olduđu birçok araűtırmacı tarafından bildirilmiűtir (Nanua ve Ark., 2000; Gopala Krishna ve Ark., 2001; Xu ve Ark., 2001; Akiyama ve Ark., 2005; Juliano ve ark., 2005; Wilson ve Ark., 2007)

Ekstrakte edilmiű ham pirinç kepeđi yađındaki γ -orizanol içeriđi pirinç eűidi ve analitik metotlara bađlı olarak % 1 ile % 3 arasında deđiűiklik gűstermektedir (Chao-Rui Chen ve Ark., 2008). γ -orizanolűn umut verici fonksiyonel űzellikleri keűfedildiđi için, γ -orizanol fraksiyonları geniű dađılımdaki birçok űrűn uygulamasında potansiyel etkiye sahip olabilir. γ -orizanol kolesterol dűűűrűcű ve antioksidan etkilerinden dolayı tahıllar ve margarin gibi gıda űrűnlerinin deđerini arttırabilir. Yine antioksidan etkisinden dolayı gıdanın raf űmrűnű uzatmada paketleme materyaline veya gıdaya kaplama űeklinde ilave edilebilir. γ -orizanol aynı zamanda; kuru ve hassas ciltlerin tedavi edilmesi, UV absorpsiyonundan dolayı deriyi gűneűten koruma gibi gıda olarak kullanılmayan űrűnlerde destekleyici űrűn olarak kullanılabilir(Anon., 2009a). γ -orizanolűn bazı spesifik bileűenlerinin yađsız kas kitlesini geliűtirdiđi ve bu nedenle de vűcut geliűtirme alıűması yapan kiűiler tarafından kullanılabileređi belirtilmektedir. Bunun bilimsel olarak kanıtlanması durumunda, et hayvanlarında ađırlık artırma ve kas kitlesinin oranını yűkseltme yűnűnde kullanılabileređi ifade edilmektedir(Donley, 2009).

Pirinç Kepeđi Yađının Gıda Alanındaki Kullanımları: Pirinç kepeđi yađı birçok űlkede endűstriyel amaçlı olarak kullanılırken, űzellikle Japonya, Kore, Çin, Tayvan ve Tayland’ da ‘‘Premium kalite yenilebilir yađ’’ olarak kullanılmaktadır. Bu űlkelerde genellikle fritűz yađları, salata sosu, fırıncılık, hafif ateűte kızartma ve derin yađda kızartma amaçlı kullanılmaktadır (Donley, 2009).

Dünyanın en büyük stabilize pirinç kepeği üreticisi A.B.D. Phoenix-Arizona orijinli Nutra-Cea firması, pirinç kepeği yağına çok büyük bir talep olduğunu belirtmektedir. Söz konusu firma artan pirinç kepeği yağı ve yağsız pirinç kepeği talebini karşılamak üzere, bir süre önce Brezilyadaki tesisini (Pelotas'taki Irgovel fabrikası) genişletmeye başlamış ve yakın zamanda da Pelotas fabrikasının ürettiği pirinç kepeği yağı piyasaya sunulmuştur (Donley, 2009). Söz konusu fabrika Güney Amerika'nın talebini karşılamak üzere liman bölgesine kurulmuştur. NutraCea firması yetkilileri "Dünyada sağlıklı yenilebilir bitkisel yağlara ve özellikle de pirinç kepeği yağına olan talebin tahmin edilemeyecek düzeyde olduğunu ve Irgovel tesisinin bu ihtiyacın en azından bir kısmını karşılamak amacıyla yeniden düzenlendiğini" ifade etmişlerdir.

Her ne kadar hayvansal diyetlerde pirinç kepeği yağının potansiyel etkileri ile ilgili az sayıda bilimsel yayın mevcutsa da, hayvan besleme ve hayvan sağlığını geliştirme amaçlı ürünleri de geliştirmek mümkündür.

Pirinç Kepeği Yağının Endüstriyel Kullanım Alanları: Sağlık üzerindeki etkileri yanında pirinç kepeği yağının endüstriyel alanda da bazı uygulamaları mevcuttur. Boya endüstrisinde emülsifiyer olarak kullanılmaktadır. Ayrıca biyodizel üretiminde de kullanımı üzerinde çalışmalar mevcuttur. Hindistan ve Çin'de biyodizel üretimi ile ilgili başarılı çalışmalar bulunmaktadır. Söz konusu çalışmalara göre pirinç kepeği yağının biyodizele dönüşüm etkinliği %98 civarındadır. Pirinç kepeği yağı, geleneksel hayvan yemi hammaddelerine göre biyodizel üretiminde kullanıldığında önemli avantajlar sunabilir. Çünkü pirinç kepeği yağı Asya'da çoğunlukla insan gıdası olarak kullanılmaktadır. Japonya ve Çin gibi ülkelerde biyodizel üretiminde kullanımı son derece sınırlıdır. Diğer taraftan A.B.D.'de bir selüloz kaynağının hayvan yemi olarak kullanımı son derece yaygın olup, pirinç kepeğinin endüstriyel yakıtı dönüştürülmesi geleneksel gıda kaynakları üzerinde diğer potansiyel biyodizel yem kaynaklarına göre (soya ve kanola gibi) daha az etkiye sahiptir (Donley, 2009).

NutraCea firması 2008 yılında Çin’de dünyanın en büyük pirinç kepeği yağı rafine tesisini inşa etmeye başladı. Tesisin 2010 yılında bitmesi ve yılda yaklaşık 500,000 ton ham pirinç kepeği işleme planlanmaktadır. Bunun için Çin’in gıda sektöründeki en büyük holdingi Bright Food Group ile ortaklık yapılmış olup, NutraCea firması bu ortaklığı “pirinç kepeği yağı, stabilize pirinç kepeği ve yağsız pirinç kepeği sunarak Çin pazarına girme açısından çok büyük bir fırsat olarak değerlendirmektedir. NutraCea ve Bright Food Group, gelecekte de aynı büyüklükte benzer başka tesisleri de kuracaklarını ifade etmektedirler (Donley, 2009).

Thanonkaew ve ark.(2012) stabilizasyonun soğuk pres yöntemi ile elde edilen pirinç kepeği yağı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; stabilize olmamış pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliğini %5,58 bulmuşlar, stabilize olmuş pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliğini daha düşük tespit etmişlerdir. Çalışmalarında mikrodalga yöntemi ile stabilize olan pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği %3,17, sıcak hava ile stabilize olan pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği %3,51 olarak tespit edilmiştir. Stabilize olmamış pirinç kepeği yağının peroksit değeri 18,85meqO₂/kg iken sıcak hava ile stabilize olan yağınki 12,13 meqO₂/kg, mikodalga ile stabilize olan yağın peroksit sayısı 11.72 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Thanonkaew ve ark.(2012) yaptıkları çalışmada stabilizasyon ile soğuk pres yöntemi ile elde edilmiş pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değeri ve peroksit sayısı değerleri azalmıştır.

Amarasinghe ve ark.(2009) yaptıkları çalışmada işlem görmemiş pirinç kepeği yağının iyot sayısı, serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve sabunlaşma sayısını sırasıyla 92,45, %4,30, 6,06 meqO₂/kg, 178,18 olarak tespit etmiştir. Pirinç kepeği yağının oleik asit oranı 41,4, linoleik asit oranı 38,2, palmitik asit oranı 15,4 olarak tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Pirinç Kepeği

Bu çalışmada Osmancık ve Opela olmak üzere 2 farklı çeltikçeşidine ait kepek kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çeltiklere ait pirinç kepekleri Edirne ilinin İpsala ilçesinde bulunan “Sezon Pirinç ve Tarım Ürünleri Gıda San. Tic. A.Ş.”ne ait fabrikadan temin edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Pirinç Kepeğinin Stabilizasyonu

Çeltikten pirinç elde edilmesi esnasında bizzat İpsala’da bulunan fabrikaya gidilmiş ve proses süresince kepek elde edildikten hemen sonra laboratuvara getirilerek enzim faaliyetlerinin önüne geçebilmek için derhal ve süratle stabilizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Pirinç kepeği; mikrodalga, etüv ve mikrodalga+etüv olmak üzere 3 farklı yöntemle stabilize edilmiştir. Mikrodalga ile stabilizasyonda 600 W 1 dk, 600 W 2 dk, 600 W 3 dk olmak üzere 3 farklı stabilizasyon normu uygulanmıştır. Etüv ile stabilizasyonda 80°C 30dk, 100°C 30dk, 120°C 30dk olmak üzere 3 farklı stabilizasyon normu uygulanmıştır. Etüv ve mikrodalga'nın birlikte kullanıldığı kombine yöntemde ise 600 W 2dk mikrodalga+ 80°C 30dk etüv, 600 W 2dk mikrodalga+ 100°C 30dk etüv, 600 W 2dk mikrodalga+ 120C 30dk etüv uygulaması yapılmıştır. Toplamda pirinç kepeğine 9 farklı şekilde stabilizasyon işlemi uygulanmıştır.

3.2.2 Pirinç kepeğinde yapılan analizler

3.2.2.1 Ham yağ elde edilmesi

Pirinç kepeği örneklerinden ham yağ, solventekstraksiyon yöntemi ile elde edilmiştir. Soxhlet yöntemi ile elde edilen solvent+yağ karışımı daha sonra rotary

evaporatörden geçirilerek ham yağ elde edilmiştir. Pirinç kepeği yağı örnekleri, kahverengi cam şişelerde + 4 C°de muhafaza edilmiştir.

3.2.3 Pirinç kepeği yağında yapılan analizler

3.2.3.1 Serbest yağ asitliği oranının belirlenmesi

İncelenen örneklerin serbest yağ asitliğinin belirlenmesinde IUPAC 2.201 sayılı (Anonim 1987) metot uygulanmıştır. Yüzde serbest yağ asitliği, yağlarda bağlı olmayan yağ asitleri toplamının oleik asit yüzdesi olarak belirtilmiştir.

3.2.3.2 Peroksit sayısının belirlenmesi

İncelenen örneklerin peroksit sayısının belirlenmesinde IUPAC 2.501 sayılı (Anonim 1987) metot uygulanmıştır. Peroksit sayısı, yağlarda bulunan aktif oksijen miktarının ölçüsü olup 1 kg yağda bulunan peroksit oksijenin mili eşdeğer gram olarak miktarıdır.

3.2.3.3 Yağ asidi bileşiminin belirlenmesi

Örnekler, AOCS (1993)'nin Ce 2-66 nolu metoduna göre BF₃-metanol ile yağ asidi metil esterlerine dönüştürülmüştür (Anonim 1993). Yağ asidi metil esterleri kapiler gaz kromatografisi cihazına 0,5 µl enjekte edilerek yağ asidi bileşimlerini gösteren kromatogramlar elde edilmiştir. Kapiler gaz kromatografisine ait özelliklerle, seçilecek çalışma parametreleri aşağıda verilmiştir.

Kapiler gaz kromatografisi : Perkin-Elmer 8320B

Detektör : Alev iyonizasyon detektörü (FID)

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

Sıcaklıklar;

Detektör : 250 °C

Kolon : 177 °C

Enjeksiyon bloğu : 250 °C

Gazlar ve akış hızları:

Taşıyıcı gaz(Helyum) : 1 ml/dk.

Hava : 250 ml/dk.

Hidrojen : 35 ml/dk.

Elde olunan pikler göreceli çıkış zamanlarına göre tanımlanmış, alanları ise integratör vasıtasıyla her yağ asidinin bütün içindeki oransal niceliği olarak hesaplanmıştır (Hışıl, 1981).

3.2.3.4 Sterol analizi

500 mg yağ örneği, 25 mL metanol ile hazırlanmış 2M potasyum hidroksit ile su buharı banyosunda 1 saat sabunlaştırılmış ve karışıma su eklendikten sonra sabunlaşan maddeler üç kez hekzan ile ekstrakte edilmiştir. Kuru sodyum sülfat (Na_2SO_4) eklendikten sonra 1 saat beklenmiştir. 500 μL örnek, 100 μL BSTFA (Bis(trimethylsilyl) trifluoroacetamide)/ TMSCI (Trimethyl Chlorosilan) (4:1, v:v) karışımı ile karıştırılmış ve steroller ekstrakte edilmiştir. 0,8 mL örnek, CP-SİL 24 CB kolon (60m x 0,32 mm x 1,00 μm) bulunan GC sisteminde analiz edilmiştir. Sıcaklık programı şu şekildedir: 50 °C'de 2 dak beklemekte, 60 °C dak-1 hız ile 245 °C'ye çıkmakta ve bu sıcaklıkta 1 dak beklemekte, 3 °C dak-1 hız ile 275 °C'ye çıkmakta ve bu sıcaklıkta 35 dak beklemektedir. Taşıyıcı gaz olarak 0,8 mL dak -1 hızında helyum kullanılmıştır. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırasıyla, 280 ve 300°C'ye ayarlanmış ve örnekler 1:25 split oranı ile enjekte edilmiştir (Kamm ve ark. 2002).

3.2.3.5 Sabunlaşma sayısı analizi(TS - 894)

Sabunlaşma sayısı; 1 g yağın sabunlaşması için gerekli olan KOH'un mg olarak ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. 2 g numune 0.001 g duyarlılıkla tartılır sonra, 25 ml 0.5 N etanollü KOH ilave edilir. Balon geri soğutucuya bağlanıp zaman zaman da karıştırılarak yavaş bir şekilde 60 dakika süre ile kaynatılır. Alkolün yoğunlaşması tamamlanana kadar beklenir. Ardından 4 - 5 damla fenol fitaleyn çözeltisi ilave edilip 0.5 N HCl ile renksiz nokta yakalanıncaya kadar titre edilmektedir. Aynı işlemler bir de şahit deneme için yapılır.

Hesaplama Hesaplama: Sabunlaşma Sayısı = $[(V2 - V1)/M] \times 28.05 \text{ mg KOH} / \text{g yağ}$

V1 : Örnek için harcanan 0.5 N HCl çözeltisi (mL)

V2 : Şahit için harcanan 0.5 N HCl çözeltisi (mL)

M: Numune ağırlığı (2 g)

3.2.3.6 İyot sayısı analizi

Örneklerin iyot sayılarının belirlenmesinde Anon. (1987)'de verilen 2.205 sayılı metot uygulanmıştır. Uygulanan metodun prensibi Wijs işlemine dayanmaktadır. İyot sayısı (I.V.) yağın 100 g'ı tarafından absorbe edilen halojen miktarıdır.

3.2.3.7 Özgül ağırlık değeri

Araştırmamızda elde edilen kapari yağlarının özgül ağırlıkları piknometre TS 894 standartına göre yapılmış ve hesaplama da aşağıdaki formül kullanılmıştır (Anonim, 1970b).

Özgül Ağırlık : $(A1-A) / (A2-A)$ (3.5)

Burada;

A1 : Numune ile dolu piknometrenin ağırlığı (g),

A2 : Damıtık su ile dolu piknometrenin ağırlığı (g),

A : Piknometrenin boş ağırlığı (dara) (g),

3.2.3.8 Kırılma indisi değeri

Pirinç kepeği yağı numunelerinin kırılma indisleri Abbe refraktometresi ile tespit edilmiştir. Bu amaçla spatula yardımıyla alınan pirinç kepeği yağı numuneleri, refraktometrenin prizması üzerine dökülmüş ve 20 °C okuma yapılmıştır (Anonim, 1970).

3.2.4 İstatistiki analizler

Araştırma sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi amacıyla, istatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS 18.0 paket programı kullanılmıştır. Verilere varyans analizi uygulanarak, farklılıklar % 5 güven aralığında ($P < 0.05$) belirlenmeye çalışılmıştır. Varyasyon kaynaklarının ortalamalarının karşılaştırılmasında Duncan's Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Farklı Stabilizasyon Şartları Göre Pirinç Kepeği Yağının Asitlik Değerlerindeki Değişim

Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri Çizelge4.1'de gösterilmiştir. Osmancık çeşidinin kontrol grubunda serbest yağ asitliği değeri %8,5 iken mikrodalga uygulamasıyla bu değer azalmıştır, mikrodalga uygulamasının süresi arttıkça serbest yağ asitliği değeri azalmıştır. Başlangıçta %8,5 olan serbest yağ asitliği değeri; 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk uygulanan mikrodalga işlemi ile sırasıyla %7,5, %6,41, %6 değerlerine düşmüştür. Etüv işlemi de pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliğinin düşmesine neden olmuştur. Başlangıçta Osmancık çeşidi pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değeri %8,5 iken; pirinç kepeğine uygulanan 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk etüv ile stabilizasyon işlemi ile serbest yağ asitliği değeri sırasıyla %8, %3,8, %7,8 olmuştur. Etüv ile stabilizasyon işleminde sıcaklık arttıkça serbest yağ asitliği değeri azalmıştır. Mikrodalga ve etüv işlemlerinin birlikte uygulandığı kombine yöntemde ise serbest yağ asitliği değeri; mikrodalga ve etüv işlemlerinin ayrı ayrı uygulandığı yöntemlere göre çok daha düşük bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Osmancık pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değeri sırasıyla %6, %5,5, %4,5 bulunmuştur. Uygulanan dokuz farklı stabilizasyon şartına göre serbest yağ asitliği (oleik asit, %) en düşük 600 W 2dk- 120C 30dk uygulanan kombine yöntemde bulunmuştur.

Çizelge 4.1. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Serbest yağ asitliği (oleik asit, %)	Sd	Min.	Maks.
Osmancık	Kontrol	8,5±0,1a	0,2	8,3	8,7
	Mikrodalga 600 W 1 dk	7,5±0,1c	0,1	7,4	7,6
	Mikrodalga 600 W 2 dk	6,41±0,2d	0,3	6,1	6,7
	Mikrodalga 600 W 3 dk	6±0,1e	0,1	5,9	6,1
	Etüv 80C 30dk	8,3±0,1a	0,1	8,2	8,4
	Etüv 100C 30dk	8±0,1b	0,1	7,9	8,1
	Etüv 120C 30dk	7,8±0,1b	0,1	7,7	7,9
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	6±0,1e	0,1	5,9	6,1
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	5,5±0,1f	0,2	5,3	5,7
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	4,5±0,1g	0,1	4,4	4,6
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. *P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz

Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri Çizelge4.2’de gösterilmiştir. Opela çeşidinin kontrol grubunda serbest yağ asitliği değeri %8 iken mikrodalga uygulamasıyla bu değer azalmıştır, mikrodalga uygulamasının süresi arttıkça serbest yağ asitliği değeri azalmıştır. Etüv ile stabilizasyon işlemi de Opela pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değerinde azalmaya sebep olmuştur. Etüv ve mikrodalga işlemlerinin birlikte uygulandığı kombine yöntemde ise serbest yağ asitliği daha fazla azalmıştır. Opela çeşidi pirinç kepeğine uygulanan 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk etüv ile stabilizasyon işlemi ile serbest yağ asitliği değeri sırasıyla %7,7, %6, %5,5 değerlerine azalmıştır, 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile serbest yağ asitliği değeri sırasıyla %8, %7,5, %7 değerlerine azalmıştır. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Opela pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değeri sırasıyla %6,4, %5,8, %4,7 değerlerine azalmıştır.

Stabilizasyon işlemleri uygulanan Osmancık ve Opela pirinç kepeği çeşitlerine ait pirinç kepeği yağlarında serbest yağ asitliği değerinde azalma görülmüştür. Bu azalmalar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

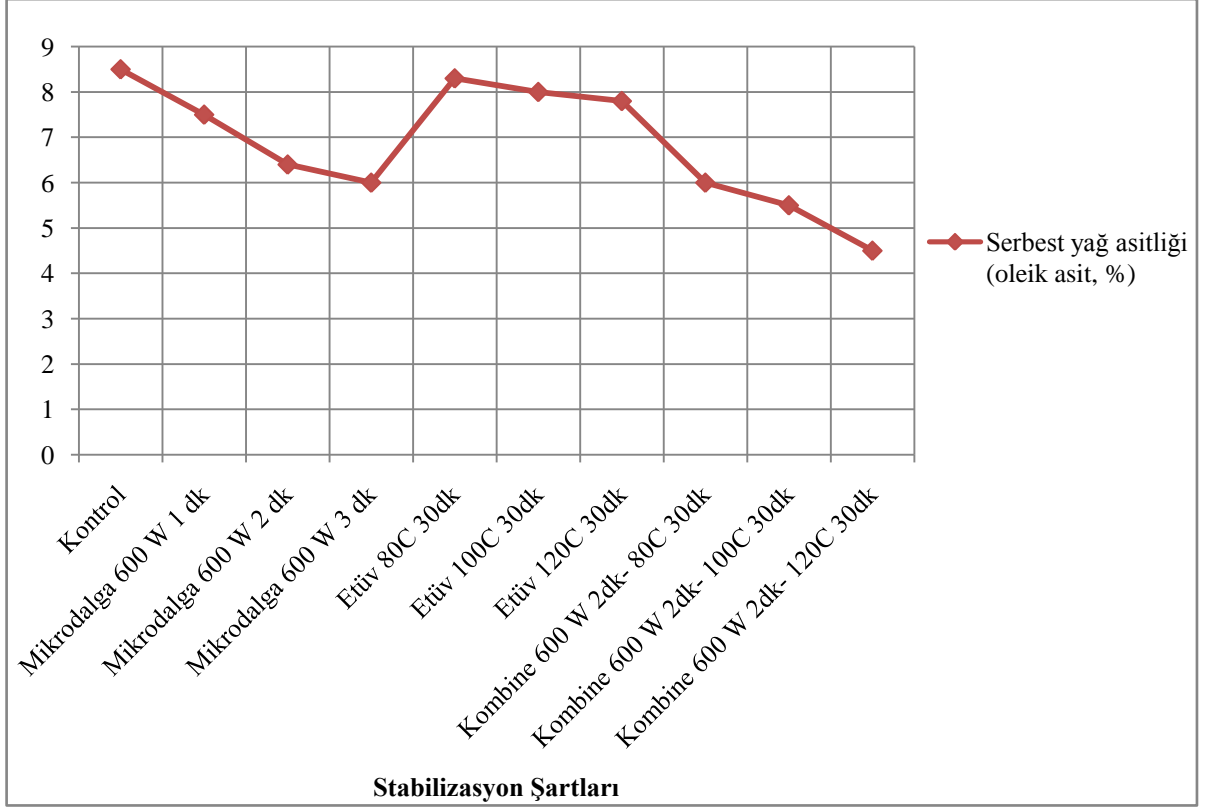
Yapılan çalışma Thanonkaew ve ark.(2012) stabilizasyonun soğuk pres yöntemi ile elde edilen pirinç kepeği yağı üzerine etkilerini inceledikleri çalışma ile uyum içerisindedir; çünkü Thanonkaew ve ark.(2012) yaptıkları çalışmada stabilize olmamış pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliğini %5,58 bulmuşlar, stabilize olmuş pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliğini daha düşük tespit etmişlerdir. Çalışmalarında mikrodalga yöntemi ile stabilize olan pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği %3,17, sıcak hava ile stabilize olan pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği %3,51 olarak tespit edilmiştir. Thanonkaew ve ark.(2012) yaptıkları çalışmada stabilizasyon ile soğuk pres yöntemi ile elde edilmiş pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değeri değerleri azalmıştır.

Amarasinghe ve ark.(2009) yaptıkları çalışmada işlem görmemiş pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değerini %4,30 olarak tespit etmiştir.

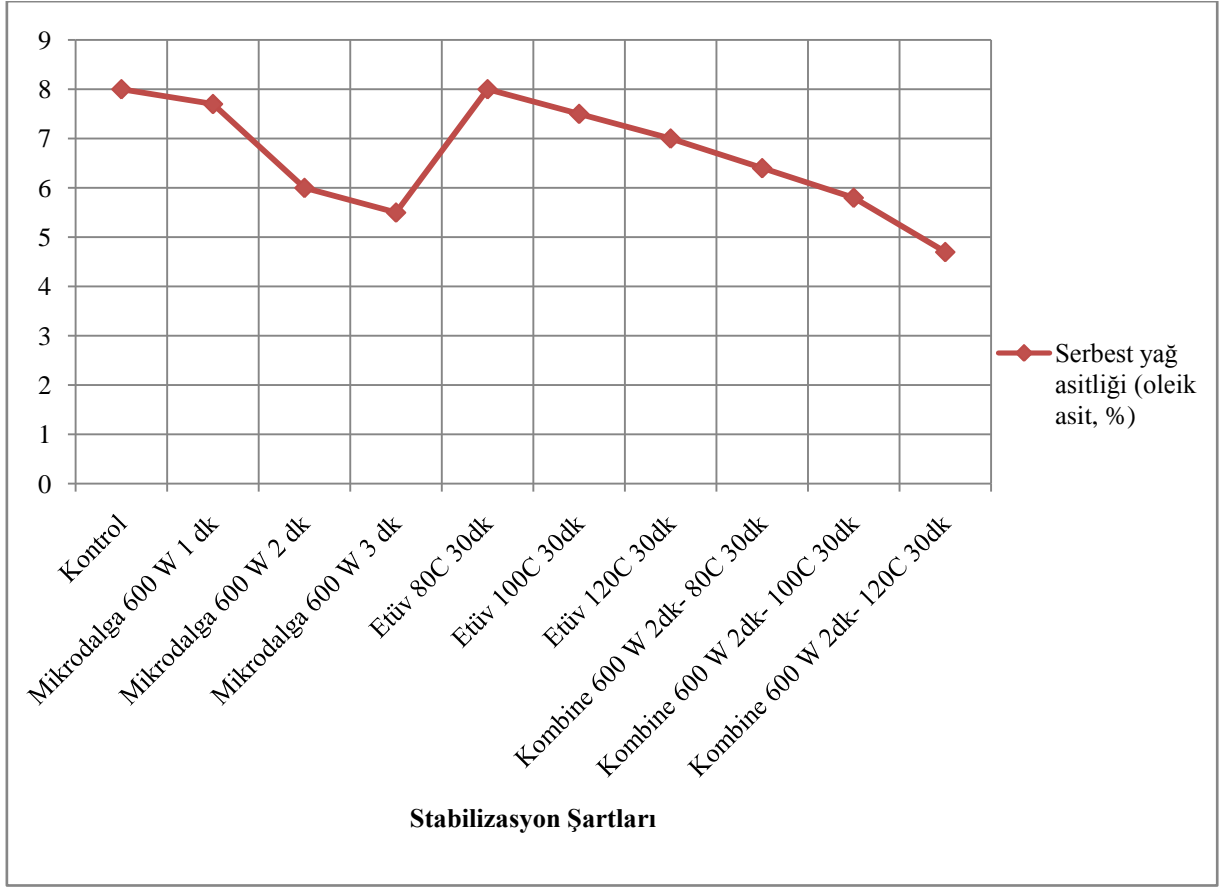
Çizelge 4.2.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Serbest yağ asitliği (oleik asit, %)	Sd	Min.	Maks.
Opela	Kontrol	8±0,1a	0,2	7,8	8,2
	Mikrodalga 600 W 1 dk	7,7±0,1b	0,1	7,6	7,8
	Mikrodalga 600 W 2 dk	6±0,1e	0,1	5,9	6,1
	Mikrodalga 600 W 3 dk	5,5±0,2f	0,3	5,2	5,8
	Etüv 80C 30dk	8±0,1a	0,1	7,9	8,1
	Etüv 100C 30dk	7,5±0,1b	0,1	7,4	7,6
	Etüv 120C 30dk	7±0,1c	0,2	6,8	7,2
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	6,4±0,1d	0,1	6,3	6,5
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	5,8±0,1e	0,1	5,7	5,9
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	4,7±0,1g	0,2	4,5	4,9
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.
* $P<0,05$ düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-1.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği



Şekil 4-2. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre serbest asitlik değerleri grafiği

4.2 Farklı Stabilizasyon Şartları Göre Pirinç Kepeği Yağının Peroksit Değerlerindeki Değişim

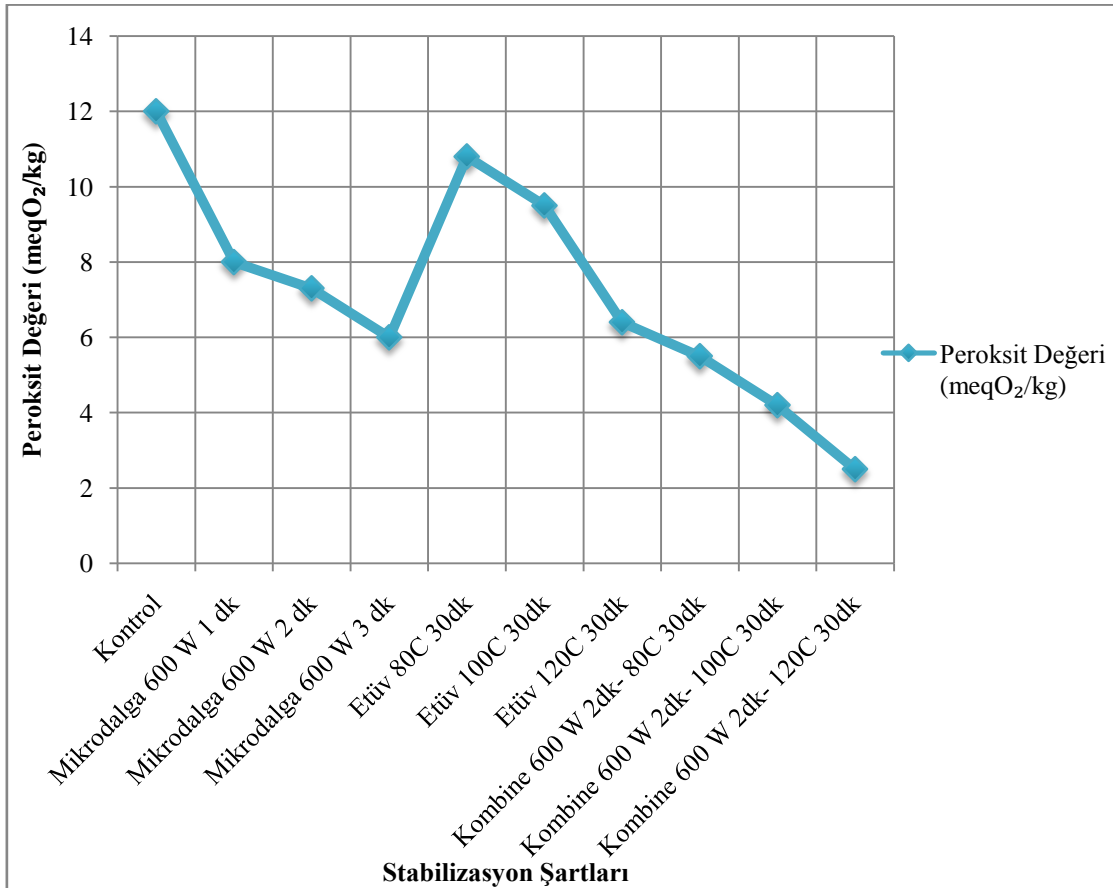
Çizelge 4.3'te Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri verilmiştir. Stabilizasyon işleminin uygulanmadığı Osmancık çeşidi pirinç kepeği yağında peroksit değeri 12meqO₂/kg yağ olarak bulunmuştur. 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk uygulanan mikrodalga işlemi ile Osmancık çeşidi pirinç kepeği yağının peroksit değeri sırasıyla 8 meqO₂/kg, 7,3 meqO₂/kg, 6 meqO₂/kg yağ olarak; 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile peroksit değeri sırasıyla 10,8 meqO₂/kg, 9,5 meqO₂/kg, 6,4 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Pirinç kepeğine uygulanan mikrodalga işleminin süresi arttıkça, etüv uygulamasının sıcaklığı arttıkça pirinç kepeği yağının peroksit değeri azalmıştır. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Osmancık pirinç kepeği yağının peroksit değeri sırasıyla 5,5 meqO₂/kg, 4 meqO₂/kg, 2,5 meqO₂/kg yağ olarak bulunmuştur. Uygulanan dokuz farklı stabilizasyon şartı arasında, en düşük peroksit değeri (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemde 2,5 meqO₂/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Uygulanan stabilizasyon işlemi Osmancık pirinç kepeği yağının peroksit değerlerinde azalmaya neden olmuştur, bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.3.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Peroksit Değeri (meqO ₂ /kg)	Sd	Min.	Maks.
Osmancık	Kontrol	12±0,2a	0,3	11,7	12,3
	Mikrodalga 600 W 1 dk	8±0,1d	0,2	7,8	8,2
	Mikrodalga 600 W 2 dk	7,3±0,2e	0,3	7	7,6
	Mikrodalga 600 W 3 dk	6±0,1f	0,1	5,9	6,1
	Etüv 80C 30dk	10,8±0,2b	0,3	10,5	11,1
	Etüv 100C 30dk	9,5±0,2c	0,3	9,2	9,8
	Etüv 120C 30dk	6,4±0,2f	0,3	6,1	6,7
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	5,5±0,1g	0,2	5,3	5,7
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	4,2±0,1h	0,1	4,1	4,3
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	2,5±0,1i	0,1	2,4	2,6
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-3.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri grafiği

Çizelge 4.4'te Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri verilmiştir. Kontrol grubu Opela çeşidi pirinç kepeği yağında peroksit değeri 11 meqO₂/kg yağ olarak bulunmuştur. Pirinç kepeğine mikrodalga işlemi uygulandığında ve uygulanan mikrodalga işleminin süresi arttığında pirinç kepeği yağının peroksit değeri azalmıştır. 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk uygulanan mikrodalga işlemi ile Opela çeşidi pirinç kepeği yağının peroksit değeri sırasıyla 7,5meqO₂/kg, 4,9 meqO₂/kg, 2 meqO₂/kg yağ olarak; 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile peroksit değeri sırasıyla 6 meqO₂/kg, 4,5 meqO₂/kg, 3 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Etüv uygulamasının sıcaklığı arttıkça pirinç kepeği yağının peroksit değeri azalmıştır. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Osmancık pirinç kepeği yağının peroksit değeri sırasıyla 5,3 meqO₂/kg, 3,5 meqO₂/kg, 1 meqO₂/kg yağ olarak bulunmuştur. Uygulanan dokuz farklı stabilizasyon şartı arasında, en düşük peroksit değeri (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemde 1 meqO₂/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Uygulanan stabilizasyon işlemi Opela pirinç kepeği yağının peroksit değerlerinde azalmaya neden olmuştur, bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

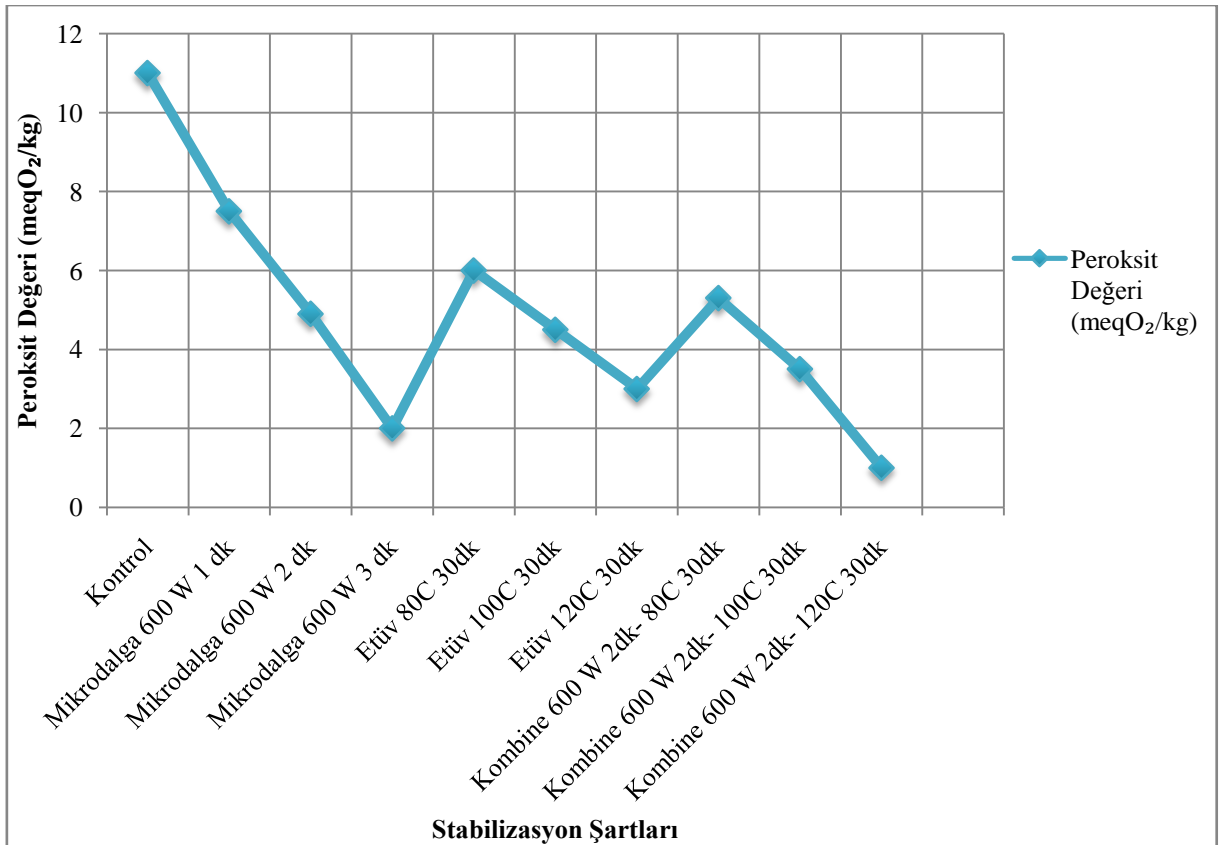
Thanonkaew ve ark.(2012) stabilizasyonun soğuk pres yöntemi ile elde edilen pirinç kepeği yağı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; stabilize olmamış pirinç kepeği yağının çalışmalarında stabilize olmamış pirinç kepeği yağının peroksit değeri 18,85meqO₂/kg iken sıcak hava ile stabilize olan yağınki 12,13 meqO₂/kg, mikodalga ile stabilize olan yağın peroksit sayısı 11.72 meqO₂/kg olarak tespit edilmiştir. Thanonkaew ve ark.(2012) yaptıkları çalışmada stabilizasyon ile soğuk pres yöntemi ile elde edilmiş pirinç kepeği yağının peroksit sayısı değerleri azalmıştır. Bu çalışma, yapılan çalışma ile uyum içerisindedir.

Çizelge 4.4. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Peroksit Değeri (meqO ₂ /kg)	Sd	Min.	Maks.
Opela	Kontrol	11±0,1a	0,2	10,8	11,2
	Mikrodalga 600 W 1 dk	7,5±0,1b	0,1	7,4	7,6
	Mikrodalga 600 W 2 dk	4,9±0,1e	0,1	4,8	5
	Mikrodalga 600 W 3 dk	2±0,1i	0,1	1,9	2,1
	Etüv 80C 30dk	6±0,1c	0,1	5,9	6,1
	Etüv 100C 30dk	4,5±0,1f	0,1	4,4	4,6
	Etüv 120C 30dk	3±0,1h	0,1	2,9	3,1
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	5,3±0,1d	0,2	5,1	5,5
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	3,5±0,1g	0,2	3,3	3,7
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	1±0,1j	0,1	0,9	1,1
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-4. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre peroksit değerleri grafiği

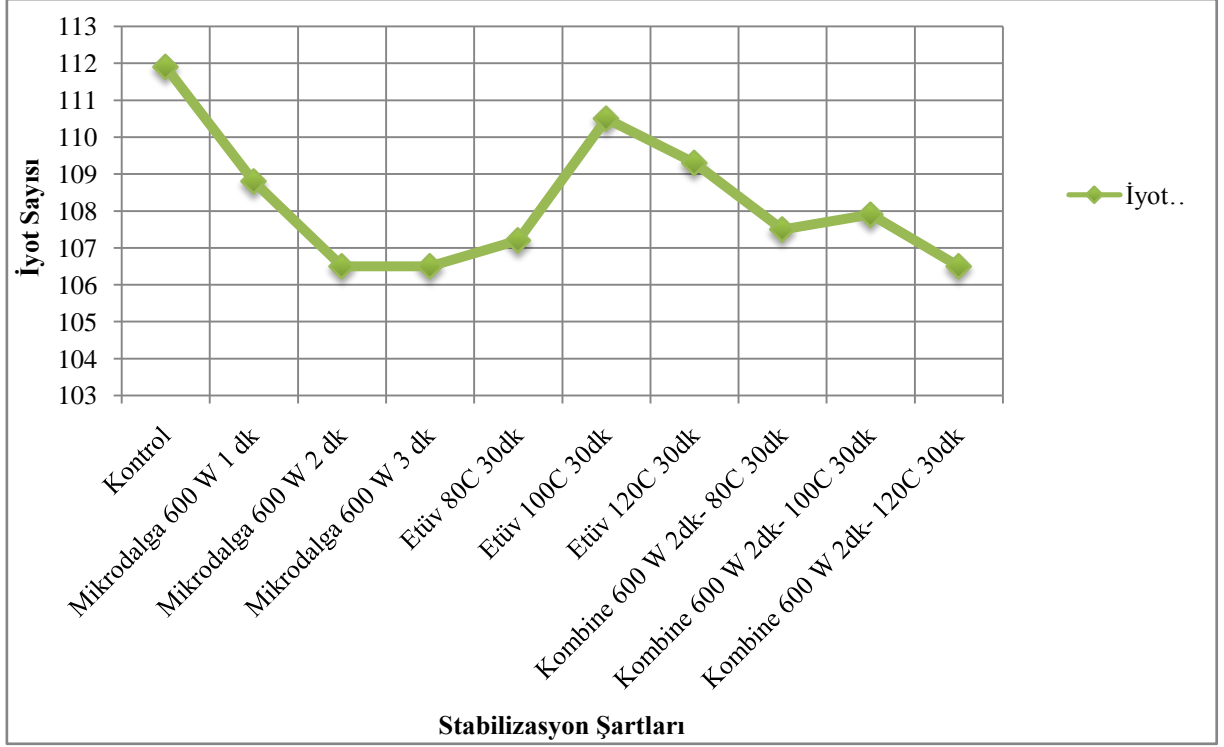
4.3 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının İyot Sayısı Değerlerindeki Değişim

Çizelge 4.5'te Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri gösterilmiştir. Başlangıçta 111,9 olan iyot sayısı değeri uygulanan 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk mikrodalga işlemleri ile sırasıyla 108,8, 106,5, 106,5 olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile iyot sayısı sırasıyla 107,2, 110,5, 109,3 olarak bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Osmancık pirinç kepeği yağının iyot sayısı sırasıyla 107,5, 107,9, 106,5 olarak tespit edilmiştir. Osmancık pirinç kepeğine uygulanan stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının iyot sayısı değerinde değişikliğe sebep olmuştur, bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.5.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	İyot Sayısı	sd	Min.	Maks.
Osmancık	Kontrol	111,9±0,2a	0,3	111,6	112,2
	Mikrodalga 600 W 1 dk	108,8±0,3c	0,6	108,2	109,4
	Mikrodalga 600 W 2 dk	106,5±0,2e	0,3	106,2	106,8
	Mikrodalga 600 W 3 dk	106,5±0,1e	0,3	106,3	106,8
	Etüv 80C 30dk	107,2±0,4de	0,7	106,5	107,9
	Etüv 100C 30dk	110,5±0,2b	0,3	110,2	110,8
	Etüv 120C 30dk	109,3±0,2c	0,3	109	109,6
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	107,5±0,2d	0,4	107,1	107,9
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	107,9±0,1d	0,2	107,7	108,1
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	106,5±0,2e	0,4	106,1	106,9
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. * $P<0,05$ düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-5. Osmaniye pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri grafiği

Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri Çizelge 4.6'da gösterilmiştir. Opela çeşidinin kontrol grubunda iyot sayısı değeri 108,2'dir. Opela çeşidi pirinç kepeğine uygulanan 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk etüv ile stabilizasyon işlemi ile iyot sayısı değeri sırasıyla 105,2, 105,4, 109,5 olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile iyot sayısı değeri sırasıyla 104,6, 108,7, 108,5 olarak tespit edilmiştir. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Opela pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği değeri sırasıyla 103,4, 102,7, 104,6 olarak tespit edilmiştir.

Stabilizasyon işlemleri uygulanan Osmaniye ve Opela pirinç kepeği çeşitlerine ait pirinç kepeği yağlarında iyot sayısı değerinde değişikliğe neden olmuştur ($p < 0,05$).

Dunford(2008) belirttiğine göre pirinç kepeği yağı iyot sayısı 92-108 arasında olmalıdır.

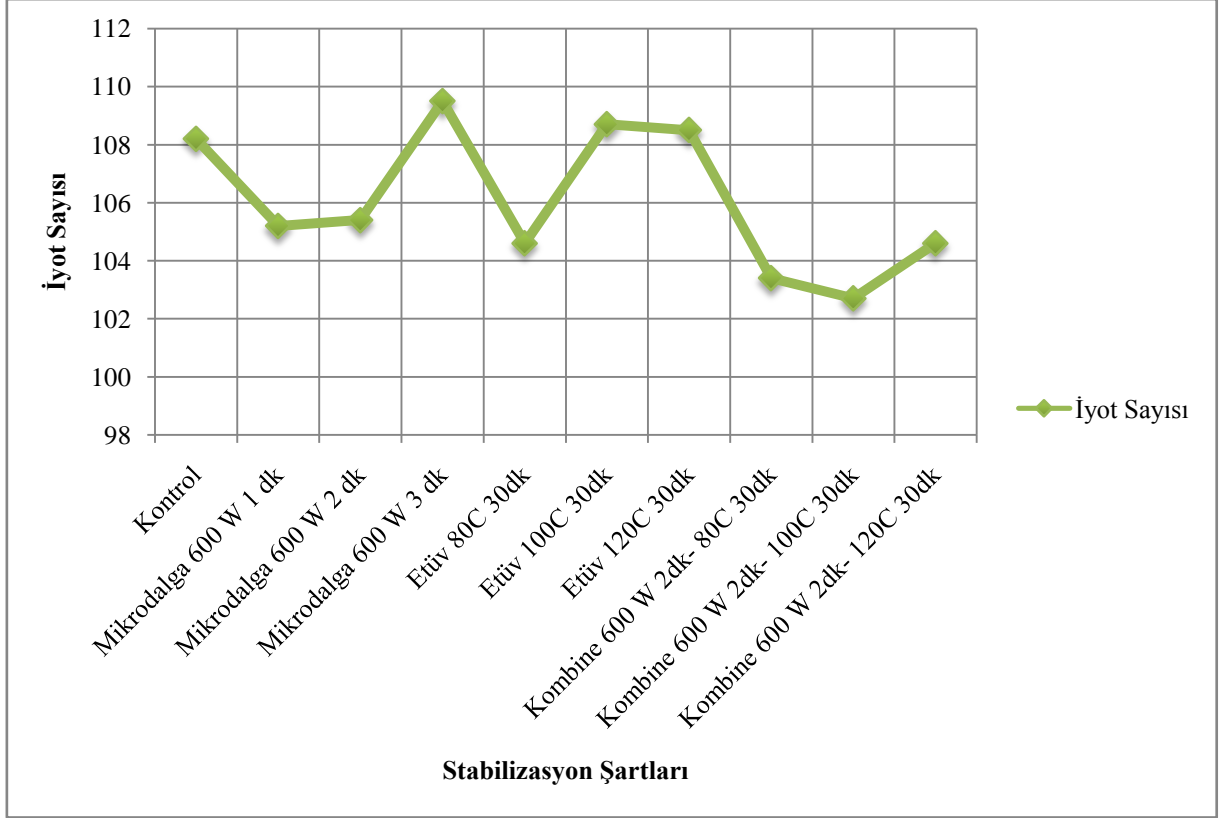
Bulunan sonuçlar literatüre uygundur.

Çizelge 4.6.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	İyot Sayısı	Sd	Min.	Maks.
Opela	Kontrol	108,2±0,1c	0,2	108	108,4
	Mikrodalga 600 W 1 dk	105,2±0,1d	0,1	105,1	105,3
	Mikrodalga 600 W 2 dk	105,4±0,1d	0,1	105,3	105,5
	Mikrodalga 600 W 3 dk	109,5±0,1a	0,1	109,4	109,6
	Etüv 80C 30dk	104,6±0,1e	0,1	104,5	104,7
	Etüv 100C 30dk	108,7±0,1b	0,2	108,5	108,9
	Etüv 120C 30dk	108,5±0,1b	0,3	108,3	108,8
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	103,4±0,1f	0,2	103,2	103,6
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	102,7±0,1g	0,1	102,6	102,8
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	104,6±0,1e	0,1	104,5	104,7
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-6.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre iyot sayısı değerleri grafiği

4.4 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının Sabunlaşma Sayısı Değerlerindeki Değişim

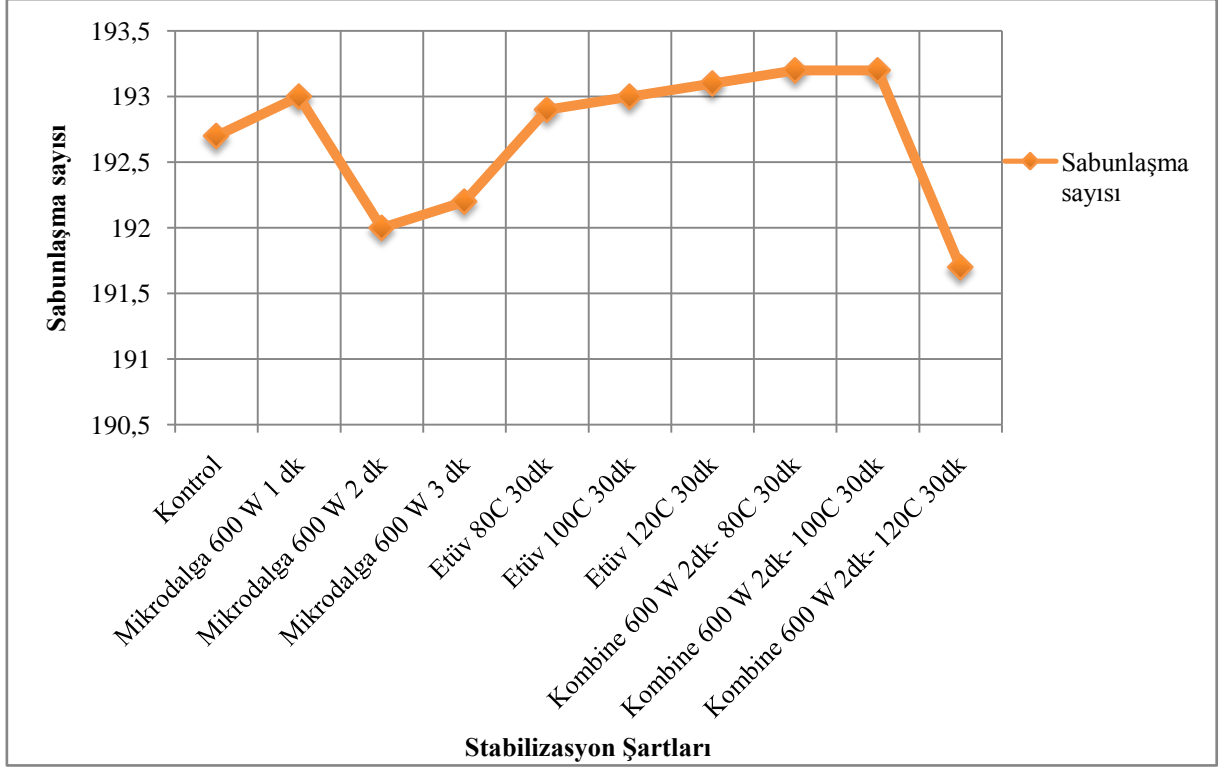
Çizelge 4.7’de Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri gösterilmiştir. Başlangıçta 192,7olan sabunlaşma sayısı değeri uygulanan 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk mikrodalga işlemleri ile sırasıyla 193, 192, 192,2olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile sabunlaşma sayısı sırasıyla 192,9, 193, 193,1 olarak bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Osmancık pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısı sırasıyla 193,2, 193,2, 191,7 olarak tespit edilmiştir.Osmancık pirinç kepeğine uygulanan

stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısı değerinde değişikliğe sebep olmuştur, bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.7. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Sabunlaşma sayısı	Sd	Min.	Maks.
Osmancık	Kontrol	192,7±0,1d	0,2	192,5	192,9
	Mikrodalga 600 W 1 dk	193±0,1bc	0,1	192,9	193,1
	Mikrodalga 600 W 2 dk	192±0,1f	0,1	191,9	192,1
	Mikrodalga 600 W 3 dk	192,2±0,1e	0,1	192,1	192,3
	Etüv 80C 30dk	192,9±0,1c	0,1	192,8	193
	Etüv 100C 30dk	193±0,1bc	0,1	192,9	193,1
	Etüv 120C 30dk	193,1±0,1ab	0,1	193	193,2
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	193,2±0a	0	193,2	193,2
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	193,2±0a	0	193,2	193,2
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	191,7±0,1g	0,1	191,6	191,8
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.
* $P<0,05$ düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-7.Osmançık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri grafiği

Çizelge 4.8’de Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri gösterilmiştir. Başlangıçta 194,6olan sabunlaşma sayısı değeri uygulanan 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk mikrodalga işlemleri ile sırasıyla 193,4, 193,3, 193,2 olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile sabunlaşma sayısı sırasıyla 193,3, 193,4, 193,4 olarak bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Opela pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısı sırasıyla 193,4, 193,4, 193,3olarak tespit edilmiştir. Opela pirinç kepeğine uygulanan stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısı değerinde istatistiki olarak önemli değişim tespit edilmemiştir($p>0,05$). Dunford(2008) belirttiğine göre pirinç kepeği yağı sabunlaşma sayısı sayısı 181-189 arasında olmalıdır. Bulunan sonuçlar üst değerden biraz büyüktür.

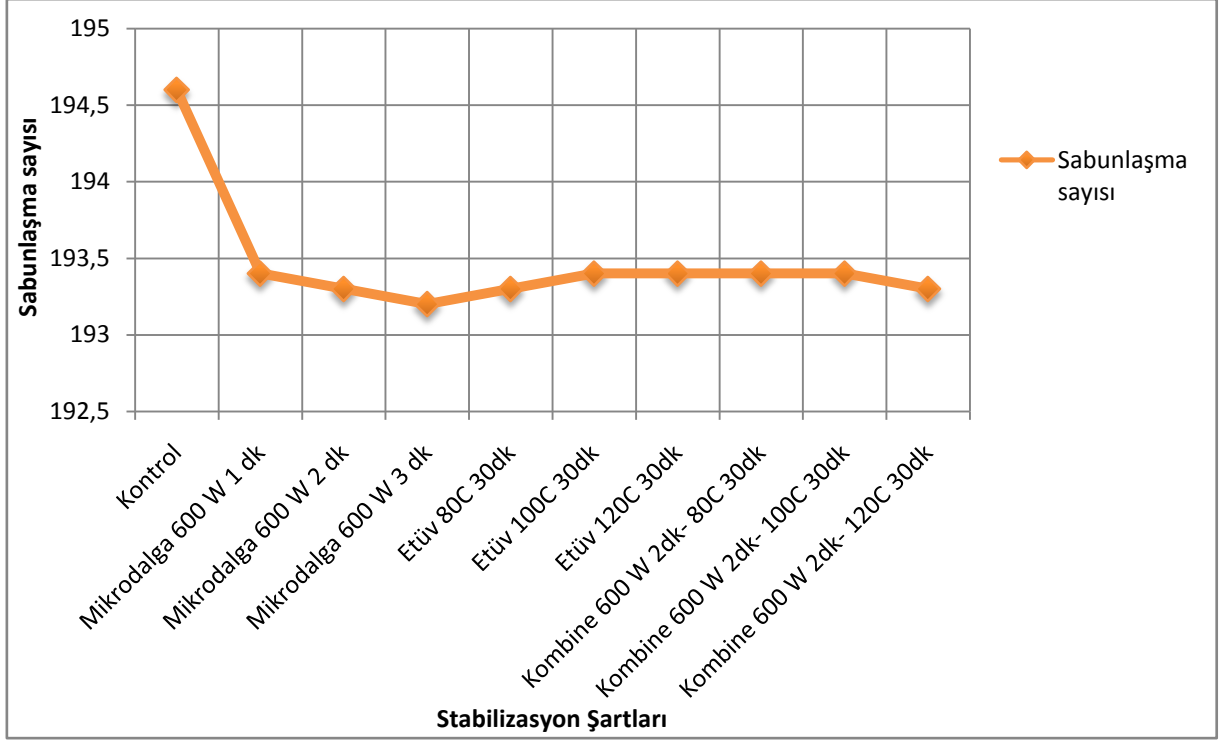
Amarasinghe ve ark.(2009) yaptıkları çalışmada işlem görmemiş pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısını 178,18 olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.8.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Sabunlaşma sayısı	Sd	Min.	Maks.
Opela	Kontrol	194,6±1,1a	1,8	193,5	196,7
	Mikrodalga 600 W 1 dk	193,4±0,1b	0,1	193,3	193,5
	Mikrodalga 600 W 2 dk	193,3±0,1b	0,1	193,2	193,4
	Mikrodalga 600 W 3 dk	193,2±0,1b	0,1	193,1	193,3
	Etüv 80C 30dk	193,3±0,1b	0,1	193,2	193,4
	Etüv 100C 30dk	193,4±0,1b	0,1	193,3	193,5
	Etüv 120C 30dk	193,4±0,1b	0,1	193,3	193,5
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	193,4±0,1b	0,1	193,3	193,5
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	193,4±0b	0	193,4	193,4
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	193,3±0b	0	193,3	193,3
	Stabilizasyon Etkisi	NS			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-8.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre sabunlaşma sayısı değerleri grafiği

4.5 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının Özgül Ağırlık Değerlerindeki Değişim

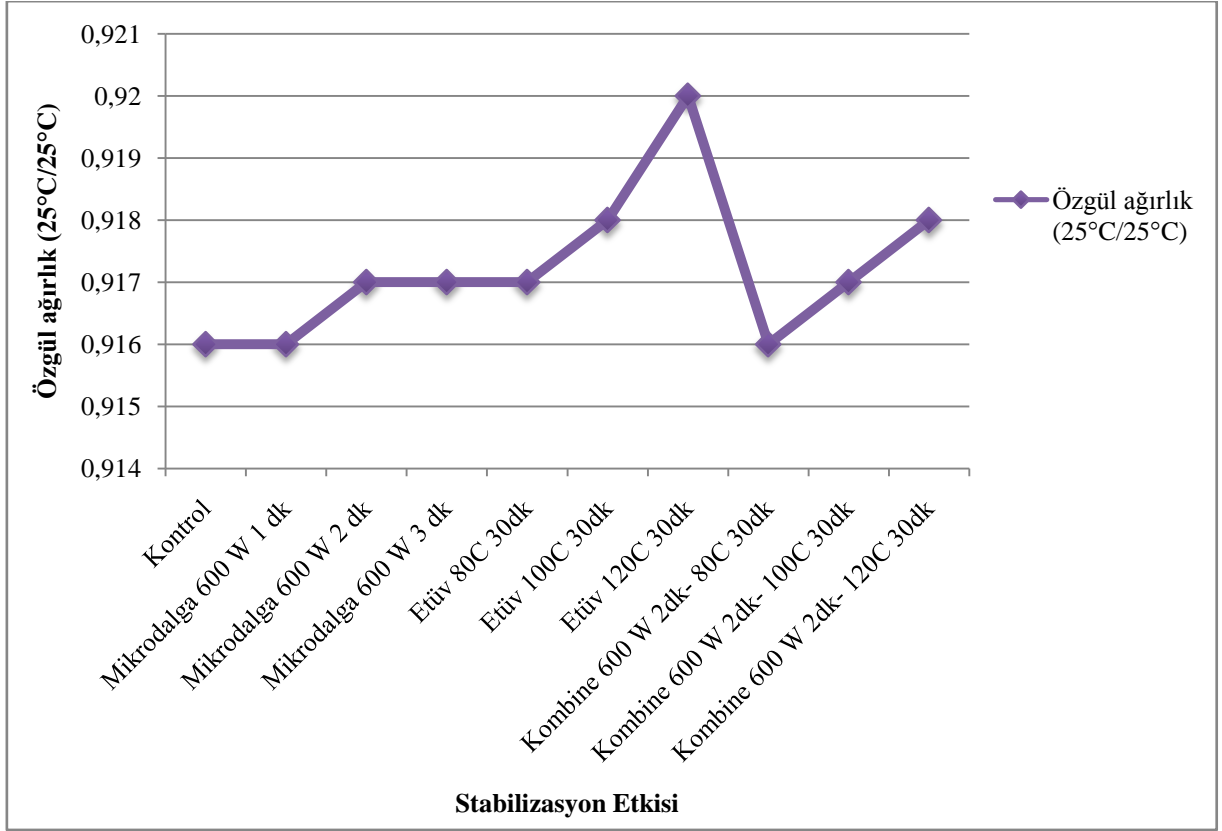
Çizelge 4.9’da Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre 25°C’deki özgül ağırlık sayısı değerleri gösterilmiştir. Başlangıçta 0,916g/cm³ olan özgül ağırlık sayısı değeri uygulanan 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk mikrodalga işlemleri ile sırasıyla 0,916, 0,917, 0,917 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile özgül ağırlık sayısı sırasıyla 0,917, 0,918, 0,92 g/cm³ olarak bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Osmancık pirinç kepeği yağının özgül ağırlık sayısı sırasıyla 0,916, 0,917, 0,918 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. Osmancık pirinç kepeğine uygulanan stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının özgül ağırlık sayısı değerinde değişikliğe sebep olmuştur, bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,05).

Çizelge 4.9.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Özgül ağırlık (g/cm ³)(25°C/25°C)	sd	Min.	Maks.
Osmancık	Kontrol	0,916±0c	0	0,916	0,916
	Mikrodalga 600 W 1 dk	0,916±0c	0	0,916	0,916
	Mikrodalga 600 W 2 dk	0,917±0bc	0	0,917	0,917
	Mikrodalga 600 W 3 dk	0,917±0,001bc	0,001	0,916	0,918
	Etüv 80C 30dk	0,917±0bc	0	0,917	0,917
	Etüv 100C 30dk	0,918±0b	0	0,918	0,918
	Etüv 120C 30dk	0,92±0,001a	0,001	0,919	0,921
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	0,916±0,001c	0,001	0,915	0,917
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	0,917±0bc	0	0,917	0,917
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	0,918±0b	0	0,918	0,918
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



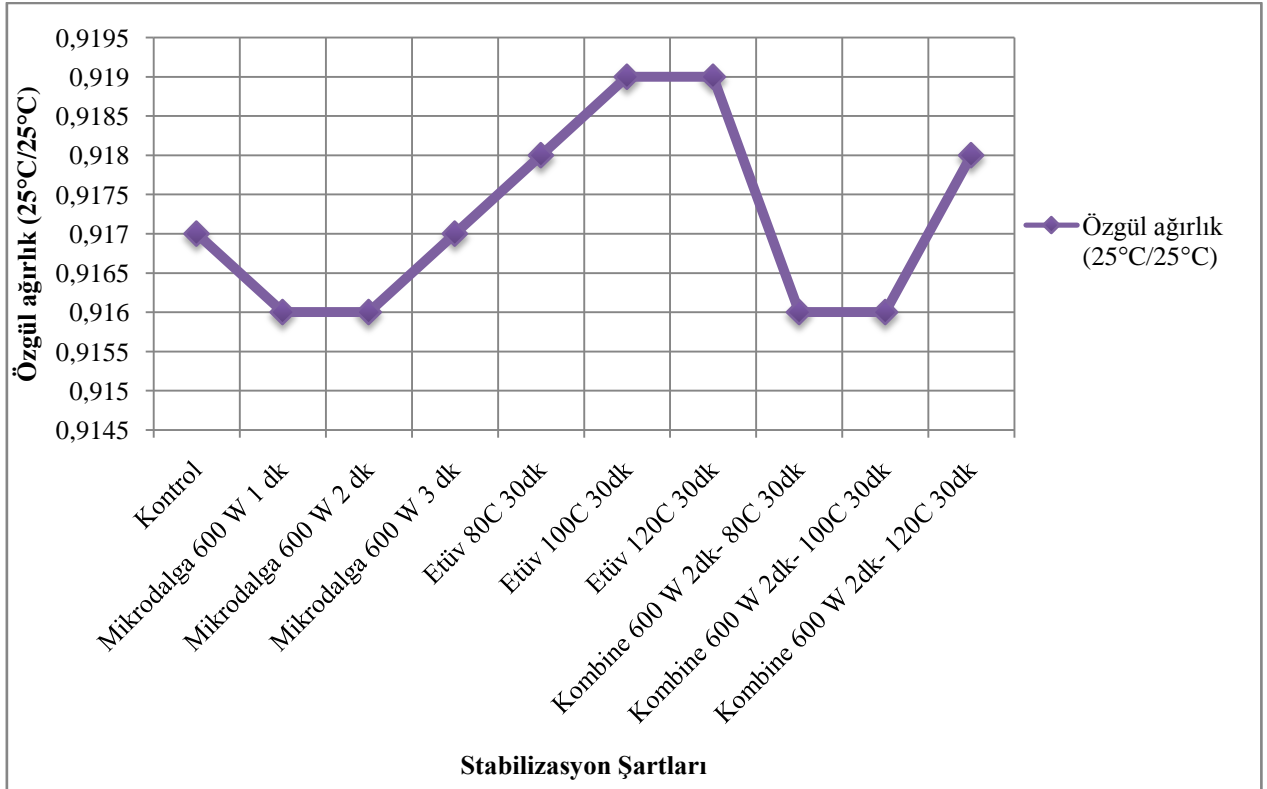
Şekil 4-9.Osmanlı pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık değerleri grafiği

Çizelge 4.10’da Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre 25°C’deki özgül ağırlık sayısı değerleri gösterilmiştir. Kontrol grubunda 0,917 g/cm³ olan özgül ağırlık sayısı değeri uygulanan 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk mikrodalga işlemleri ile sırasıyla 0,916, 0,916, 0,917 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile özgül ağırlık sayısı sırasıyla 0,918, 0,919, 0,919 g/cm³ olarak bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Opela pirinç kepeği yağının özgül ağırlık sayısı sırasıyla 0,916, 0,916, 0,918 g/cm³ olarak tespit edilmiştir. Opela pirinç kepeğine uygulanan stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının özgül ağırlık sayısı değerinde değişikliğe sebep olmuştur, bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). En yüksek özgül ağırlık değeri 100°C 30dk, 120°C 30dk etüv uygulamalarında tespit edilmiş olup 0,919g/cm³ değerine sahiptir.

Çizelge 4.10.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Özgül ağırlık(g/cm ³)(25°C/25°C)	Sd	Min.	Maks.
Opela	Kontrol	0,917±0bc	0	0,92	0,92
	Mikrodalga 600 W 1 dk	0,916±0,001c	0	0,92	0,92
	Mikrodalga 600 W 2 dk	0,916±0c	0	0,92	0,92
	Mikrodalga 600 W 3 dk	0,917±0bc	0	0,92	0,92
	Etüv 80C 30dk	0,918±0,001ab	0	0,92	0,92
	Etüv 100C 30dk	0,919±0,001a	0	0,92	0,92
	Etüv 120C 30dk	0,919±0,001a	0	0,92	0,92
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	0,916±0c	0	0,92	0,92
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	0,916±0c	0	0,92	0,92
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	0,918±0,001ab	0	0,92	0,92
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. *P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-10.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre özgül ağırlık değerleri grafiği

4.6 Farklı Stabilizasyon Şartlarına Göre Pirinç Kepeği Yağının Kırılma İndisi Değerlerindeki Değişim

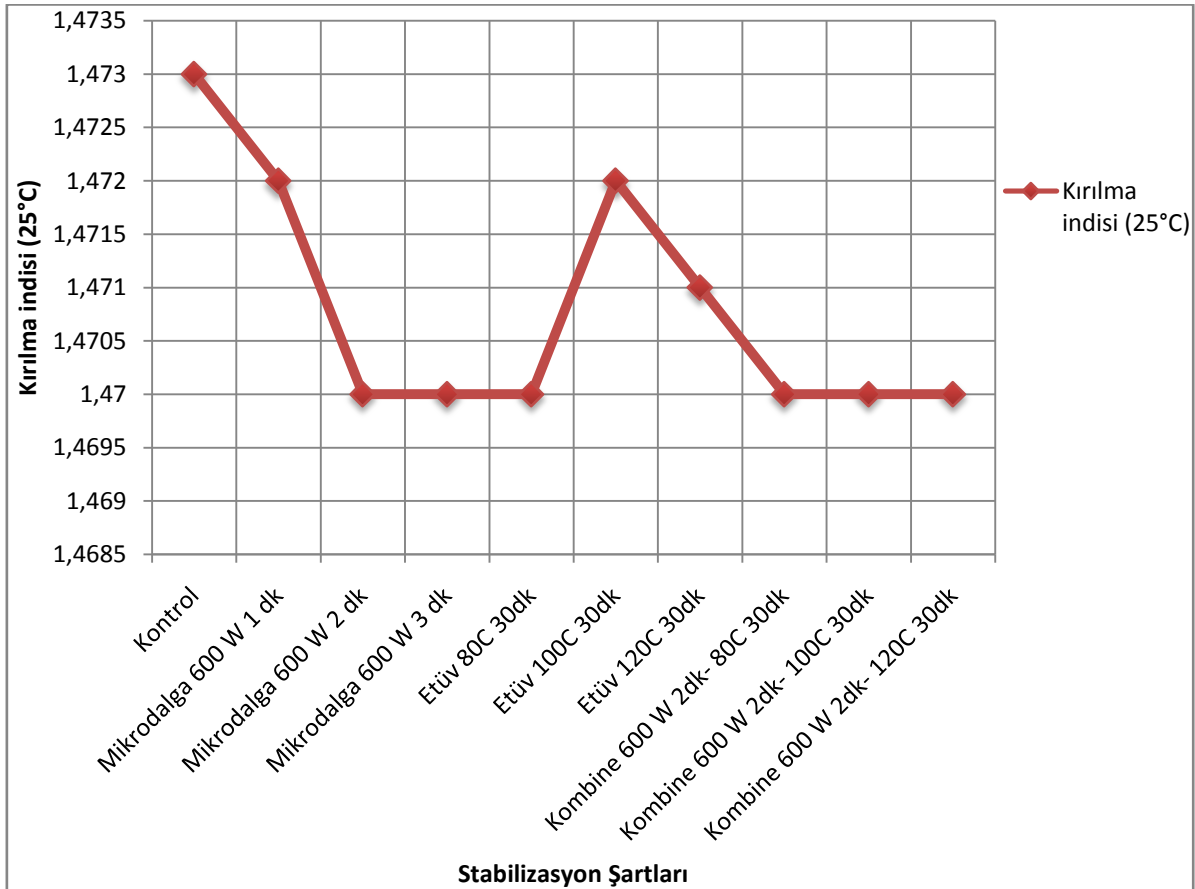
Çizelge 4.11’de Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre 25°C’dekı kırılma indisi değerleri gösterilmiştir. Kontrol grubunda 1,473 olan kırılma indisi değeri uygulanan 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk mikrodalga işlemleri ile sırasıyla 1,472, 1,47, 1,47 olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile kırılma indisi sırasıyla 1,47, 1,472, 1,471 olarak bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Osmancık pirinç kepeği yağının kırılma indisi değeri sırasıyla 1,47, 1,47, 1,47 olarak tespit edilmiştir. Osmancık pirinç kepeğine uygulanan stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının kırılma indisi değerinde değişikliğe sebep olmuştur, bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Uygulanan kombine yöntemlerde kırılma indisi değerleri kontrol grubuna göre düşük tespit edilmiş olup, birbirine eşit olarak bulunmuştur. En yüksek kırılma indisi değeri kontrol grubunda tespit edilmiş olup, uygulanan stabilizasyon ile kırılma indisi değerinde istatistiki açıdan önemli azalma tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Kırılma indisi(25°C)	Sd	Min.	Maks.
Osmancık	Kontrol	1,473±0a	0	1,473	1,473
	Mikrodalga 600 W 1 dk	1,472±0ab	0	1,472	1,472
	Mikrodalga 600 W 2 dk	1,47±0,001c	0,001	1,469	1,471
	Mikrodalga 600 W 3 dk	1,47±0,001c	0,001	1,469	1,471
	Etüv 80C 30dk	1,47±0c	0	1,47	1,47
	Etüv 100C 30dk	1,472±0ab	0	1,472	1,472
	Etüv 120C 30dk	1,471±0,001bc	0,001	1,47	1,472
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	1,47±0c	0	1,47	1,47
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	1,47±0c	0	1,47	1,47
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	1,47±0,001c	0,001	1,469	1,471
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-11.Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi değerleri grafiği

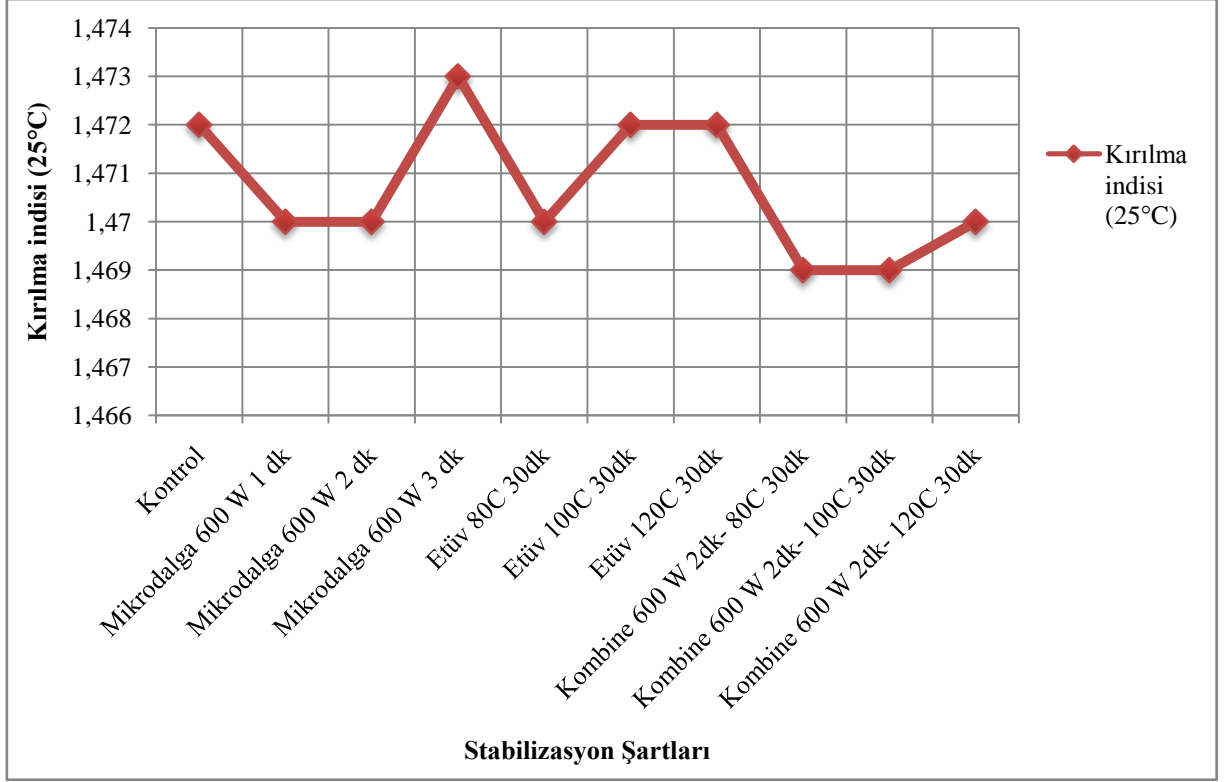
Çizelge 4.12’de Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre 25°C’dekı kırılma indisideğerleri gösterilmiştir. Kontrol grubunda 1,472olan kırılma indisideğeri uygulanan 600 W 1 dk, 600 W 2 dk ve 600 W 3 dk mikrodalga işlemleri ile sırasıyla 1,47, 1,47, 1,473 olarak tespit edilmiştir. 80C 30dk, 100C 30dk, 120C 30dk uygulanan etüv ile stabilizasyon işlemi ile kırılma indisisırasıyla 1,47, 1,472, 1,472 olarak bulunmuştur. (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk), (600 W 2dk- 120C 30dk) değerlerinin uygulandığı kombine yöntemlerde Opela pirinç kepeği yağının kırılma indisideğeri sırasıyla 1,469, 1,469, 1,47olarak tespit edilmiştir. Opela pirinç kepeğine uygulanan stabilizasyon işlemi, pirinç kepeği yağının kırılma indisideğerinde değişikliğe sebep olmuştur, bu farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur (p<0,05). En düşük kırılma indisi değeri (600 W 2dk- 80C 30dk), (600 W 2dk- 100C 30dk) olarak uygulanan kombine yöntemde 1,469 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.12.Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi değerleri çizelgesi

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Kırılma indisi(25°C)	sd	Min.	Maks.
Opela	Kontrol	1,472±0,001ab	0,001	1,471	1,473
	Mikrodalga 600 W 1 dk	1,47±0,001bc	0,002	1,468	1,472
	Mikrodalga 600 W 2 dk	1,47±0bc	0	1,47	1,47
	Mikrodalga 600 W 3 dk	1,473±0,001a	0,001	1,472	1,474
	Etüv 80C 30dk	1,47±0,001bc	0,001	1,469	1,471
	Etüv 100C 30dk	1,472±0ab	0	1,472	1,472
	Etüv 120C 30dk	1,472±0,001ab	0,001	1,471	1,473
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	1,469±0,001c	0,001	1,468	1,47
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	1,469±0,001c	0,001	1,468	1,47
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	1,47±0,001bc	0,001	1,469	1,471
	Stabilizasyon Etkisi	*			

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-12. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre kırılma indisi değerleri grafiği

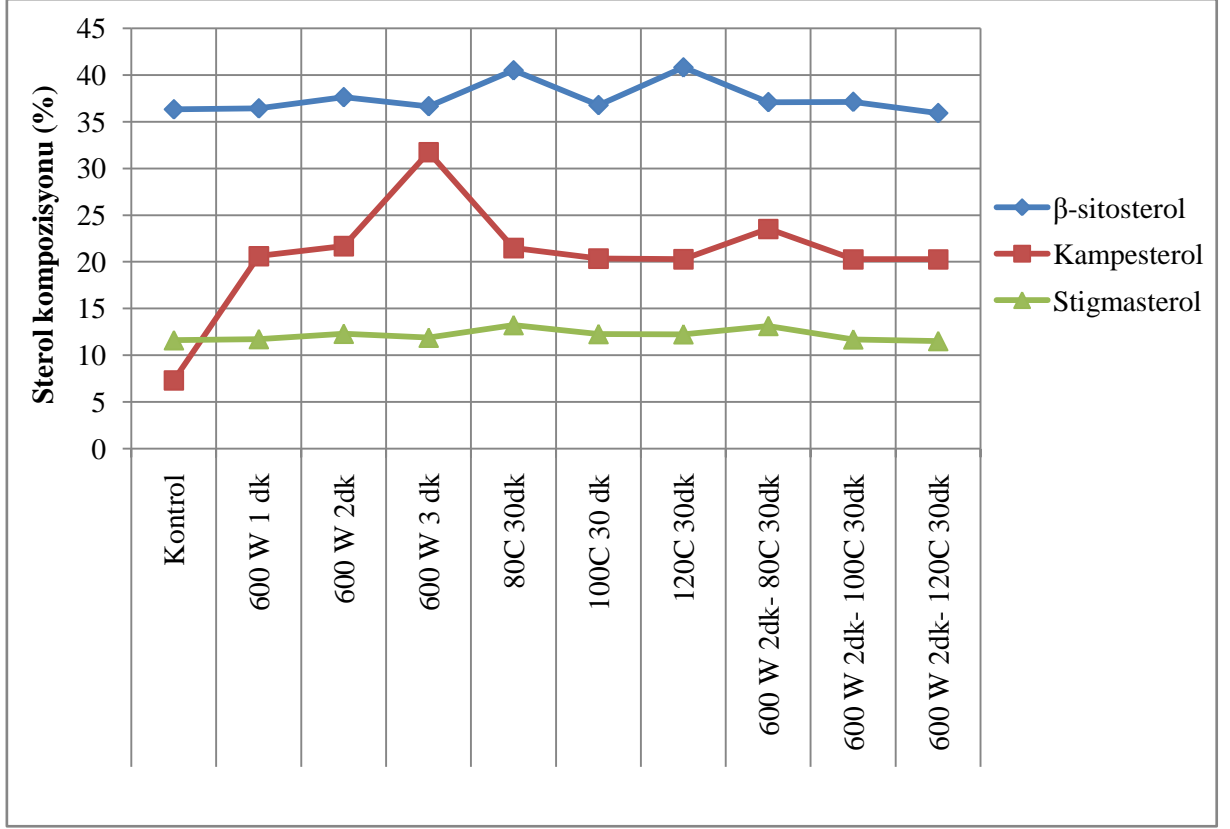
4.7 Farklı Stabilizasyon Şartlarının Pirinç Kepeği Yağının Sterol Kompozisyonuna Etkisi

Çizelge 4.13'te Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, kampesterol, stigmasterol sterollerinin % değerleri, Çizelge 4.14'te Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol % değerleri gösterilmiştir. Kontrol grubunda %7,32 olan kampesterol değeri stabilizasyon işlemi ile yükselmiştir. Mikrodalga uygulama süresi arttıkça kampesterol artmıştır. Kontrol grubunda %11,61 olan stigmasterol stabilizasyon ile artmış, en yüksek stigmasterol oranı 80°C 30dk etüv uygulaması ile 13,23 olarak tespit edilmiştir. Osmancık pirinç kepeği yağının sterol kompozisyonu analizinde en yüksek oranda β -sitosterol tespit edilmiştir. β -sitosterol oranı da stabilizasyon ile artmış olup, 120°C 30dk'de etüv uygulaması ile en yüksek oranda %40,8 olarak tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.13 Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, Kampesterol, Stigmasterol değerleri (%) tablosu

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Kampesterol	Stigmasterol	β -sitosterol	
OSMANCIK	Kontrol	7,32±6,67c	11,61±0,01i	36,32±0,01i	
	Mikrodalga	600 W 1 dk	20,61±0,01b	11,73±0,01g	36,42±0,01h
		600 W 2dk	21,68±0,01b	12,3±0,01c	37,62±0,01c
		600 W 3 dk	31,73±0,01a	11,88±0,01f	36,65±0,01g
	Etüv	80°C 30dk	21,48±0,01b	13,23±0,01a	40,49±0,01b
		100°C 30 dk	20,35±0,01b	12,27±0,01d	36,77±0,01f
		120°C 30dk	20,28±0,01b	12,25±0,01e	40,8±0,01a
	Kombine	600 W 2dk- 80°C 30dk	23,52±0,01b	13,14±0b	37,09±0,01e
		600 W 2dk- 100°C 30dk	20,27±0,01b	11,7±0,01h	37,12±0,01d
		600 W 2dk- 120°C 30dk	20,27±0,01b	11,52±0,01j	35,92±0,01j
	Stabilizasyon Etkisi	*	*	*	

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. * $P < 0,05$ düzeyinde önemli; NS önemsiz



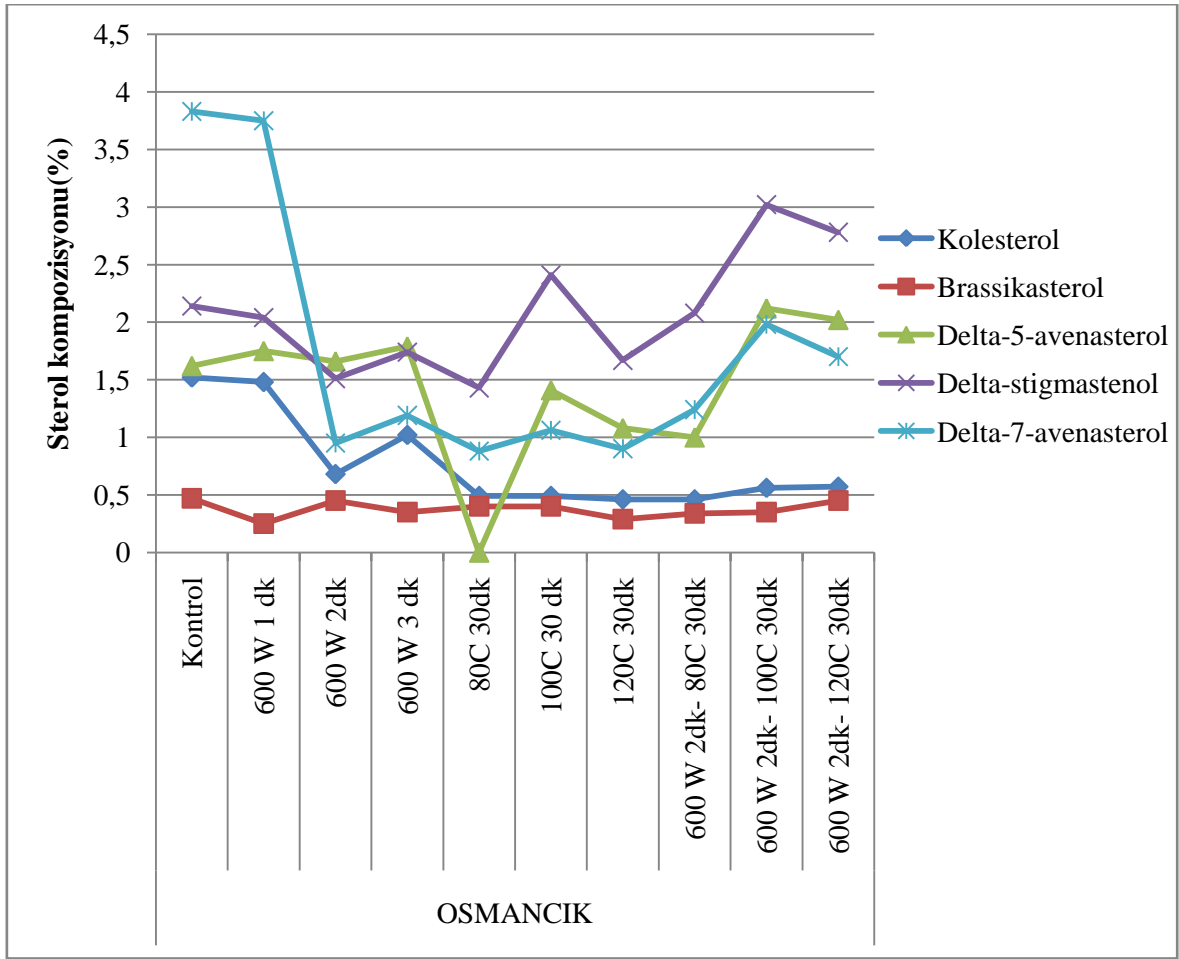
Şekil 4-13. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, Kampesterol, Stigmasteroldeğerleri (%) grafiği

Osmancık pirinç kepeği yağının kontrol grubunda kolesterol oranı %1,52'dir. Stabilizasyon işlemi sonucunda bu değer 80°C 30dk, 100°C 30dk etüv uygulaması ile %0,49'a kadar azalmıştır. Delta-7-avenasterol oranı başlangıçta %3,83 iken 120C 30dk etüv uygulaması ile %0,9'a inmiştir.

Çizelge 4.14 Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri (%) tablosu

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Kolesterol	Brassikasterol	Delta-5-avenasterol	Delta-stigmastenol	Delta-7-avenasterol	
OSMANCIK	Kontrol	1,52±0,01a	0,47±0,01a	1,62±0f	2,14±0,01d	3,83±0,01a	
	Mikrodalga	600 W 1 dk	1,48±0,01b	0,25±0f	1,75±0d	2,04±0f	3,75±0,01b
		600 W 2dk	0,68±0d	0,45±0,01b	1,66±0,01e	1,51±0,01i	0,95±0h
		600 W 3 dk	1,02±0,01c	0,35±0,01d	1,79±0,01c	1,74±0g	1,19±0,01f
	Etüv	80C 30dk	0,49±0,01f	0,4±0c	0±0j	1,43±0,01j	0,88±0,01j
		100C 30 dk	0,49±0,01f	0,4±0c	1,41±0,01g	2,41±0,01c	1,06±0,01g
		120C 30dk	0,46±0,01g	0,29±0,01e	1,08±0,01h	1,67±0,01h	0,9±0i
	Kombine	600 W 2dk-80C 30dk	0,46±0,01g	0,34±0d	1±0i	2,08±0,01e	1,24±0,01e
		600 W 2dk-100C 30dk	0,56±0e	0,35±0,01d	2,12±0,01a	3,02±0,01a	1,98±0,01c
		600 W 2dk-120C 30dk	0,57±0,01e	0,45±0b	2,02±0b	2,78±0,01b	1,7±0d
	Stabilizasyon Etkisi	*	*	*	*	*	

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. *P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz

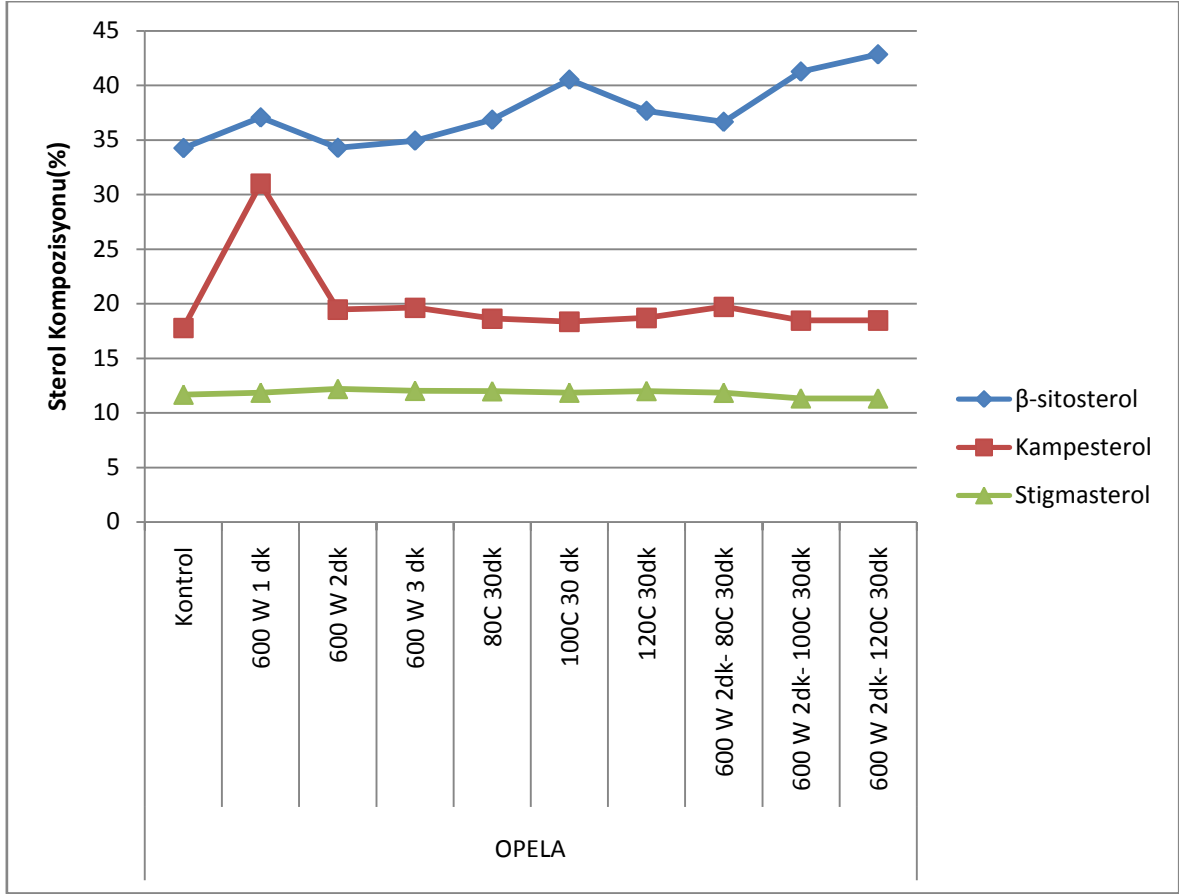


Şekil 4-14. Osmancık pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri (%) grafiği

Çizelge 4.15'te Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, Kampesterol, Stigmasterol değerleri, Çizelge 4.16'da Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri gösterilmiştir. Opela pirinç kepeği yağının sterol kompozisyonu analizinde en yüksek oranda β -sitosterol tespit edilmiştir. β -sitosterol oranı kontrol grubunda 34,25 iken bu değer stabilizasyon sonrasında artmıştır ve en yüksek 600 W 2dk- 120C 30dk kombine yöntemde elde edilmiştir. Delta-stigmastenol ve Delta-7-avenasterol oranlarında başlangıç oranlarına kıyasla azalma tespit edilmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.15Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β -sitosterol, Kampesterol, Stigmasterol değerleri tablosu

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Kampesterol	Stigmasterol	β-sitosterol
OPELA	Kontrol	17,78 \pm 0,01i	11,66 \pm 0,01f	34,25 \pm 0,01j
	600 W 1 dk	31 \pm 0,01a	11,84 \pm 0,01e	37,06 \pm 0,01e
	600 W 2dk	19,46 \pm 0,01d	12,18 \pm 0,01a	34,27 \pm 0,01i
	600 W 3 dk	19,63 \pm 0,01c	12,01 \pm 0,01b	34,93 \pm 0,01h
	80C 30dk	18,62 \pm 0,01f	11,97 \pm 0,01d	36,85 \pm 0,01f
	100C 30 dk	18,35 \pm 0,01h	11,84 \pm 0,01e	40,53 \pm 0,01c
	120C 30dk	18,7 \pm 0,01e	11,99 \pm 0,01c	37,66 \pm 0,01d
	600 W 2dk- 80C 30dk	19,72 \pm 0,01b	11,83 \pm 0,01e	36,66 \pm 0,01g
	600 W 2dk- 100C 30dk	18,45 \pm 0,01g	11,32 \pm 0,01g	41,27 \pm 0,01b
	600 W 2dk- 120C 30dk	18,46 \pm 0,01g	11,31 \pm 0,01g	42,85 \pm 0,01a
	Stabilizasyon Etkisi	*	*	*

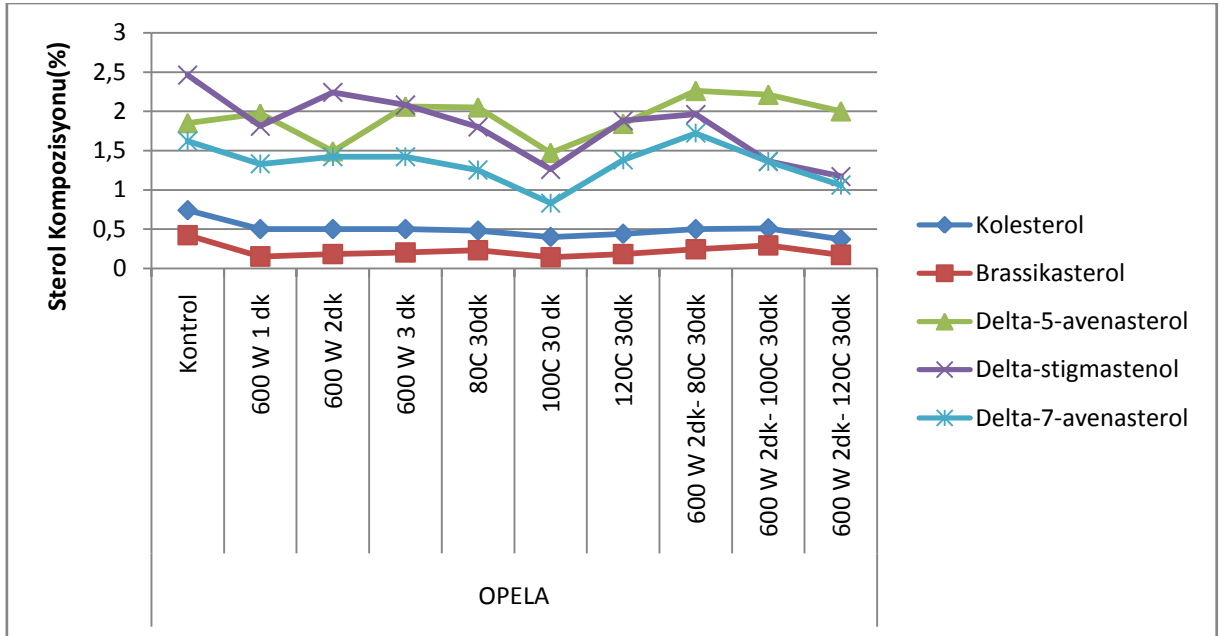


Şekil 4-15. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre β-sitosterol, Kampesterol, Stigmasterol değerleri grafiği

Çizelge 4.16 Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri tablosu

Örnek	Stabilizasyon Şartları	Kolesterol	Brassikasterol	Delta-5-avenasterol	Delta-stigmastenol	Delta-7-avenasterol
OPELA	Kontrol	0,74±0,01a	0,42±0a	1,85±0,01f	2,46±0,01a	1,62±0,01b
	600 W 1 dk	0,5±0b	0,15±0f	1,97±0,01e	1,81±0,01f	1,33±0,01f
	600 W 2dk	0,5±0b	0,18±0e	1,49±0g	2,24±0,01b	1,42±0,01c
	600 W 3 dk	0,5±0,01b	0,2±0,01d	2,06±0,03c	2,08±0,01c	1,42±0c
	80C 30dk	0,48±0,01c	0,23±0c	2,05±0,01c	1,8±0,01f	1,25±0,01f
	100C 30 dk	0,4±0e	0,14±0f	1,47±0,01g	1,26±0,01h	0,83±0,01
	120C 30dk	0,44±0,01d	0,18±0e	1,84±0,01f	1,88±0,01e	1,38±0,01d
	600 W 2dk-80C 30dk	0,5±0,01b	0,24±0,01c	2,26±0,01a	1,96±0,01d	1,72±0,01a
	600 W 2dk-100C 30dk	0,51±0,01b	0,29±0,01b	2,21±0,01b	1,36±0,01g	1,36±0,01e
	600 W 2dk-120C 30dk	0,37±0,01f	0,17±0,01e	2±0,01d	1,17±0,01i	1,06±0,01
Stabilizasyon Etkisi	*	*	*	*	*	

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir. *P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-16. Opela pirinç kepeği yağının farklı stabilizasyon şartlarına göre Kolesterol, Brassikasterol, Delta-5-avenasterol, Delta-stigmastenol, Delta-7-avenasterol değerleri grafiği

4.8 Pirinç Kepeği Yağının Yağ Asitlei Kompozisyonu

Çizelge 4.17’de 9 farklı stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisi, Çizelge 4.18’de toplam doymuş ve toplam doymamış yağ asitleri bileşimine etkisi gösterilmiştir. Pirinç kepeğinde baskın olarak bulunan yağ asitleri oleik asit ve linoleik asittir.

Çizelge 4.17 Stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisi

	Stabilizasyon Şartları	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Osmancık	Kontrol	0,28±0ab	12,49±0,01j	0±0b	1,78±0,01b	42,68±0,01a	41,46±0,01c	1,3±0,01a
	Mikrodalga 600 W 1 dk	0,27±0b	14,57±0,01h	0,13±0a	1,66±0,01cd	42,27±0,01e	39,84±0,01e	1,26±0b
	Mikrodalga 600 W 2 dk	0,29±0,01a	15,38±0d	0,13±0,01a	1,65±0,01d	42,43±0,01b	38,84±0,01j	1,27±0,01b
	Mikrodalga 600 W 3 dk	0,29±0a	16,04±0,01a	0,13±0a	1,63±0,01e	41,72±0,01i	38,94±0,01i	1,24±0,01c
	Etüv 80C 30dk	0,29±0,01a	14,16±0,01i	0±0b	2,35±0,01a	42,33±0,01c	40,87±0,01d	0±0d
	Etüv 100C 30dk	0±0c	15,08±0,01g	0±0b	0±0f	41,98±0,01g	42,94±0,01a	0±0d
	Etüv 120C 30dk	0±0c	15,62±0,01c	0±0b	0±0f	42,31±0,01d	42,07±0,01b	0±0d
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	0,28±0,01ab	15,35±0,01e	0,13±0,01a	1,66±0,01cd	42,08±0,01f	39,25±0,01h	1,27±0,01b
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	0,28±0ab	15,27±0f	0,13±0a	1,67±0,01c	41,79±0,01h	39,62±0,01f	1,24±0,01c
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	0,29±0a	15,74±0b	0±0b	1,78±0b	41,52±0,01j	39,43±0g	1,24±0c
Stabilizasyon Etkisi	*	*	*	*	*	*	*	

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

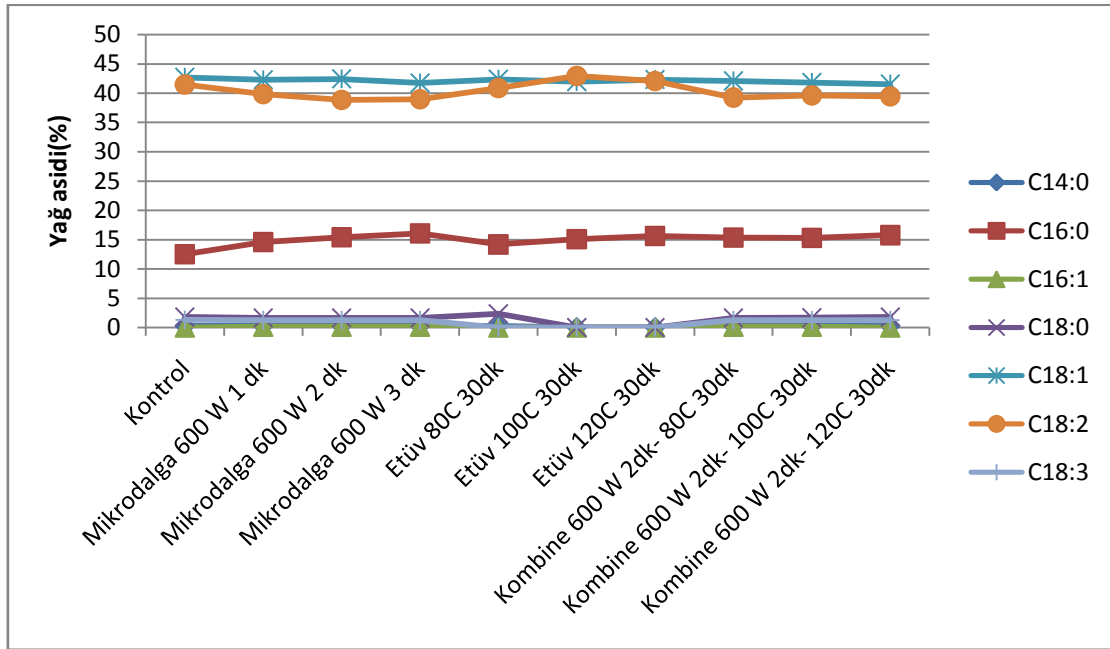
*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz

Çizelge 4.18.Stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının toplam doymuş ve toplam doymamış yağ asitleri bileşimine etkisi

	Stabilizasyon Şartları	Toplam Doymuş Yağ Asitleri	Toplam Doymamış Yağ Asitleri
Osmancık	Kontrol	14,55±0,01j	85,44±0,01a
	Mikrodalga 600 W 1 dk	16,5±0,01g	83,5±0,01d
	Mikrodalga 600 W 2 dk	17,32±0c	82,67±0,01h
	Mikrodalga 600 W 3 dk	17,96±0,01a	82,03±0,01j
	Etüv 80C 30dk	16,8±0f	83,2±0e
	Etüv 100C 30dk	15,08±0,01i	84,92±0,01b
	Etüv 120C 30dk	15,62±0,01h	84,38±0,01c
	Kombine 600 W 2dk-80C 30dk	17,29±0,01d	82,71±0,01g
	Kombine 600 W 2dk-100C 30dk	17,22±0,01e	82,78±0,01f
	Kombine 600 W 2dk-120C 30dk	17,81±0b	82,19±0,01i
	Stabilizasyon Etkisi	*	*

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-17Stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisinin grafiği

Çizelge 4.19’da 9 farklı stabilizasyonun Osmancık pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisi, Çizelge 4.20’de toplam doymuş ve toplam doymamış yağ asitleri bileşimine etkisi gösterilmiştir. Pirinç kepeğinde baskın olarak bulunan yağ asitleri oleik asit ve linoleik asittir. Bulunan sonuçlar Sayre ve Saunders, 1990; Orthofer, 1996; Firestone, 1999; Gopala Krishna, 2000 buldukları sonuçlar ile paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.19 Stabilizasyonun Opela pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisi

Stabilizasyon Şartları	C14:0	C16:0	C16:1	C18:0	C18:1	C18:2	C18:3
Kontrol	0±0b	17,88±0,01a	0	0±0h	39,04±0,01e	43,08±0,01a	0±0b
Mikrodalga 600 W 1 dk	0±0b	17,09±0,01e	0	2,81±0,01e	38,46±0,01j	41,65±0,01d	0±0b
Mikrodalga 600 W 2 dk	0±0b	16,93±0,01g	0	2,77±0,01f	38,63±0,01h	41,67±0,01c	0±0b
Mikrodalga 600 W 3 dk	0,27±0,01a	15,33±0i	0	1,9±0g	39,81±0,01c	41,19±0,01f	1,5±0,01a
Etüv 80C 30dk	0±0b	16,86±0,01h	0	3,29±0b	38,61±0i	41,24±0,01e	0±0b
Etüv 100C 30dk	0±0b	16,98±0,01f	0	0±0h	40,19±0,01a	42,83±0,01b	0±0b
Etüv 120C 30dk	0±0b	17,22±0d	0	0±0h	39,96±0,01b	42,82±0b	0±0b
Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	0±0b	17,43±0,01b	0	3,23±0,01c	38,95±0f	40,39±0,01h	0±0b
Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	0±0b	17,4±0,01c	0	3,69±0,01a	38,9±0g	40±0i	0±0b
Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	0±0b	16,99±0,01f	0	2,83±0,01d	39,2±0,01d	40,97±0,01g	0±0b
Stabilizasyon Etkisi	*	*	*	*	*	*	*

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistik olarak önemlidir.

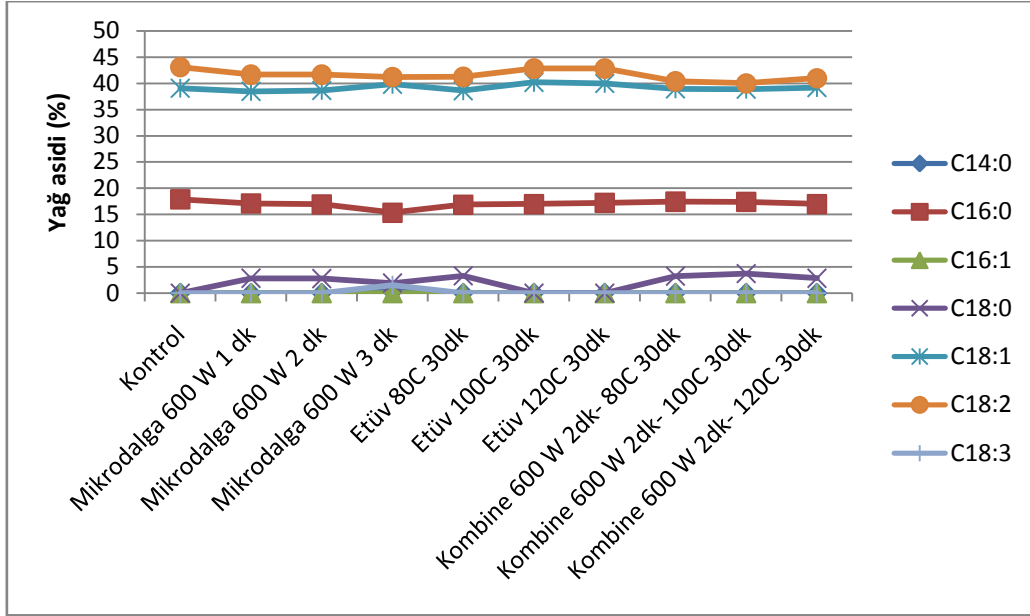
*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz

Çizelge 4.20 Stabilizasyonun Opela pirinç kepeği yağının toplam doymuş ve toplam doymamış yağ asitleri bileşimine etkisi

	Stabilizasyon Şartları	Toplam Doymuş Yağ Asitleri	Toplam Doymamış Yağ Asitleri
OPELA	Kontrol	17,88±0,01g	82,12±0,01d
	Mikrodalga 600 W 1 dk	19,9±0,01d	80,1±0,01g
	Mikrodalga 600 W 2 dk	19,7±0,01f	80,3±0,01e
	Mikrodalga 600 W 3 dk	17,5±0,01h	82,5±0,01c
	Etüv 80C 30dk	20,15±0c	79,85±0,01h
	Etüv 100C 30dk	16,98±0,01j	83,02±0,01a
	Etüv 120C 30dk	17,22±0,01i	82,78±0,01b
	Kombine 600 W 2dk- 80C 30dk	20,66±0,01b	79,34±0,01i
	Kombine 600 W 2dk- 100C 30dk	21,1±0,01a	78,9±0,01j
	Kombine 600 W 2dk- 120C 30dk	19,82±0,01e	80,17±0,01f
	Stabilizasyon Etkisi	*	*

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemlidir.

*P<0,05 düzeyinde önemli; NS önemsiz



Şekil 4-18 Stabilizasyonun Opela pirinç kepeği yağının yağ asitleri bileşimine etkisinin grafiği

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünyada pirinç kepeği yağına olan talep git gide artmaktadır. Bu nedenle teknolojik açıdan elde edilmesi ve işlenmesi diğer bitkisel yağlara göre her ne kadar zor olsa da, içermiş olduğu önemli besin öğeleri açısından yemeklik olarak değerlendirilebilecek ve belki de halen petrolden sonra en fazla ithal ettiğimiz ürünler arasında yer alan bitkisel yağ ihtiyacımıza az da olsa katkısı olabilecek bir ürün olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmada pirinç kepeğine uygulanan stabilizasyon işlemleri sonucunda pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliği, peroksit sayısı ve iyot sayısı değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Stabilizasyon işlemi pirinç kepeği yağının sabunlaşma sayısında istatistiksel açıdan önemli değişikliklere neden olmamıştır. Pirinç kepeği yağında en çok bulunan sterol β -sitosterol olarak tespit edilmiştir.

Çalışma sonuçları göstermiştir ki pirinç kepeğinin stabilizasyonu, pirinç kepeği yağının fizikokimyasal özelliklerine olumlu etki sağlamıştır. Etüv ile, mikodalga ile ya da kombine yöntem ile pirinç kepeğinin stabilizasyonu; pirinç kepeği yağının serbest yağ asitliğinin azalmasını, peroksit sayısının azalmasını sağlamıştır. Mikrodalga ile stabilizasyon ucuz olmadığından ve küçük ve orta ölçekli alanlarda kullanımı elverişli olmadığından, pirinç kepeğinin stabilizasyonunda ucuz ve daha etkili olan etüv ile stabilizasyon uygulanabilir.

6. KAYNAKLAR

Anonim, 1970a, Türk Standartları Enstitüsü, Refraktif indeks analizi standardı-894.

Anonim, 1970b, Türk Standartları Enstitüsü, Özgül ağırlık tayini standardı-894.

- Anonim, 1987, Iupac – Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivates, (Paquot, C. and Hautfenne, A. eds.) 7th ed., Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, Edinburg.
- Akiyama, Y., K. Hori, T. Takahashi and Y. Yoshiki, 2005. Free radical scavenging activities of γ -oryzanol constituents. *Food Science Technology Res.* 11 (3): 295-297.
- Amarasinghe B.M.W.P.K, Kumarasiri M.P.M., Gangodavilage N.C. (2009). Effect of method of stabilization on aqueous extraction of rice bran oil. 87:108–114.
- Ashton, E.L., J.D. Best and M.J. Ball, 2001. Effects of monounsaturated enriched sunflower oil on CHD risk factors including LDL size and copper-induced LDL oxidation. *Journal of the American College of Nutrition.* 20 (4):320-326.
- Boontaveeyuvat, N. and R. Chongsuwat, 2002. *Rice Bran Oil: Alternative for Health of Thai.* Odean Store, Bangkok (in Thai).
- Chakrabarty, M.M. 1989. Rice bran: a new source for edible and industrial oil. In: David R Erickson (ed) *Proceedings of world conference on edible fats and oils processing.* AOCS Pres, Champaign, pp: 331-340.
- Chao-Rui Chen, Ling-Ya Wang, Chih-Hung Wang, Wai-Jane Ho, Chieh-Ming J. Chang, 2008. Supercritical carbon dioxide extraction of rice bran oil and column partition fractionation of γ -oryzanols. *Separation and Purification Technology*, 61, 358-365.
- Chotimarkorn, C., S. Benjakul, N. Silalai, 2008. Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. *Food Chemistry*, 111, 636-641.
- Chu, Y., H. Hus, 1999. Effects of antioxidants on peanut oil stability. *Food Chemistry*, 66, 29-34.
- Crevel, R.W.R., M.A.T. Kerkhoff, M.M.G. Konong, 2000. Allergenicity of refined vegetable oils. *Food Chem. Toxicol.* 38: 385-387.

- Donley, A. 2009. Rice Bran Oil. *World Grain-The international magazine for grain, flour and feed*, May s:78-81.
- Dunford N.T.(2005). Germs Oils from Different Sources.*Rice Bran Oil*. 215-220.
- Firestone, D (ed). 1999. Physical and chemical characteristics of oils, fats and waxes, AOCS Press, Champaign, II.
- Franz, M.J. 2003. So many nutrition recommendation-contradictory or compatible. *Diabetes Spectrum*. 16 (1), 56-63.
- Ghosh, M. 2007. Review on recent trends in rice bran oil processing. *Journal American Oil Chemists Society*, 84: 315-324.
- Gopala Krishna, A.G. 2000. Nutritional components of unsaponifiable matter in rice bran oil in relation to processing. Paper presented at National Seminar on Rice Bran Oil, organized by the Solvent Extractors' Association of India, 3rd June, Goa, India, pp.29-33.
- Gopala Krishna, A.G., Sakina Khatoon, P.M. Shiela, C.V. Sarmandal, T.N. Indira and Arvind Mishra, 2001. Effect of refining of crude rice bran oil on the retention of oryzanol in the refined oil. *Journal of American Oil Chemist's* , 78, no. 2: 127-131.
- Gopala Krishna, A.G. 2002. Nutritional components of rice bran oil in relation to processing, *Lipid Technol*. 14: 80-84.
- Guthrie, N., A. Gapor, A.F. Chambers, K.K. Carroll, 1997. Inhibition of proliferation of estrogen receptor-negative MDA-MB-435 and positive MCF-7 human breast cancer cells by palm oil tocotrienols and tamoxifen, alone and in combination. *J. Nutr*. 127: 544-548.
- Harris, W.S. 2007. Alpha-linolenic acid: a gift from the land? *Circulation* 111: 2872-2874.
- Hragrove, K.L.J. 1994. Processing and utilization of rice bran oil in the United States. In:

- Rice sciences and technology. W.E. Marshall and J.I. Mardsworth (eds). Marcell and Dekkar, USA.
- Iso, H., S. Sato, U. Umemura, M. Kudo, K. Kolke, A. Kitamura, H. Imano, T. Okamura, Y. Naito, and T. Shimamoto, 2002. Linoleic acid, other fatty acids, and the risk of stroke. *Stroke*. 33: 2086-2093.
- Ito, N., M. Hirose, S. Fukushima, H. Tsuda, T. Shirai, M. Tatematsu, 1986. Studies on antioxidants: Their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. *Food and Chemical Toxicology*, 24, 1071-1082.
- Joshi, H.R., 2002. Rice bran oil. Paper presented at the thirty-third annual conference of general practitioners' association, Bombay, pp: 28-29.
- Juliano, C., M. Cossu, M.C. Alamanni, L. Piu, 2005. Antioxidant activity of gamma-oryzanol: mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. *International Journal of Pharmaceutica*. 299: 146-154.
- Kohler, C., P. Msika and A. Piccirilli, 2003. Naturel vegetable oil concentrated in unsaponifiable matters as food ingredient. US patent No. 0108650.
- Kris-Etherton, P.M. 1999. Monounsaturated fatty acid and risk of cardiovascular disease. *Circulation*, 100: 1253-1258.
- Lerma-Garcia, M.J., J.M. Herrero-Martinez, E.F. Simo-Alfonso, C.R.B. Mendonça, G. Ramis-Ramos, 2009. Composition, industrial processing and applications of rice bran γ -oryzanol. *Food Chemistry*, 115: 389-404.
- Meydani, M. 1995. Vitamin E. *The Lancet*. 345: 170-175
- Minhajaddin, M., Z.H. Beg and J. Iqbal. 2005. Hypolipiddemic and antioxidant properties of tocotrienol rich fraction isolated from rice bran oil in experimentally induced hyperlipidemic rats. *Food and Chemical Toxicology*. 43: 747-753.

- Myers, C.E. 2000. Alpha-linolenic acid: Prostate Forum February 2000. Rivanna Health Publications Inc., Earlyville, VA.
- Most, M., R. Tulley, S. Morales and M. Lefevre, 2005. Rice bran oil, not fiber, lowers cholesterol in humans. *Amer. J. Clin. Nutr.* 81 (1): 64-80.
- Moure, A., J.M. Cruz, D. Franco, J.M. Dominguez, J. Sineiro, H. Dominguez, 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry*, 72, 145-171.
- Nagala-Kalucka, M. 2003. Fat soluble vitamins, p. 105. In Z, E. Sikorski and A. Kolakowska, eds. *Chemical and Functional Properties of Food Lipids*. CRC Pres, Florida
- Nanua, J.N., J.U. McGregor and J.S. Godbert, 2005. Influence of high oryzanol rice bran oil on the oxidative stability of whole milk powders. *Journal Dairy Science* 83: 2426-2431.
- Orthofer, F.T. 1996. Rice Bran Oil, p:393. In Y.H. Hui, ed. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products. Vol:2; Edible Oil and Fat Products: Oils and Oil Seeds*. John wiley and Sons, Inc., New York.
- Ostlund, R.E. 2002. Phytosterols in human nutrition. *Annu. Rev. Nutr.* 22: 533-549.
- Patel, M.D., P.D. Thompson, 2006. Phytosterols and vascular disease. *Atherosclerosis*. 186 (1): 9-12.
- Piironen, V., D.G. Lindsay, T.A. Miettinen, J. Toiro and A-M. Lampl, 2000. Plantsterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 80: 939-966.
- Qureshi, A.A., N. Qureshi, J.O. Hasler-Rapaez, F.E. Weber, V. Chaudhary, T.D. Crenshaw, A.Gapor, A.S. Ong, Y.H. Chong, D. Peterson, 1991. Dietary tocotrienols reduce concentrations of plasma cholesterol, apolipoprotein B, thromboxane B2, and platelet factor 4 in pigs with inherited hyperlipidemias. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 1042-1146.

- Sayre, R.N., R.M. Saunders, 1990. Rice bran and rice bran oil. *Lipid Technology*, 2, 72-76.
- Tahira, R. Ata-ur-Rehman and M.A. Butt, 2007. Characterization of rice bran oil. *J. Agric. Res.* 45 (3): 225-230.
- Thanonkaew A, Wongyai S, McClements D.J, Decker E.A, 2012. Effect of stabilization of rice bran by domestic heating on mechanical extraction yield, quality, and antioxidant properties of cold-pressed rice bran oil (*Oryza sativa* L.). 48 : 231e236.
- Wang, T., K.B. Hichs and R. Moreau, 2002. Antioxidant activity of phytosterols, oryzanol, and other phytosterol conjugates. *Journal of American Oil Chemist's Society*, 79 (12): 1201-1206.
- Whysner, J., C.X. Wang, E. Zang, M.J. Latropoulos, G.M. Williams, 1994. Dose response of promotion by butylated hydroxyanisole in chemically initiated tumors of the rat fore stomach. *Food and Chemical Toxicology*, 32, 215-222.
- Williams, G.M., M.J. Latropoulos, j. Whysner, 1999. Safety assessment to butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food and Chemical Toxicology*, 37, 1027-1038.
- Wilson, T.A., R.J. Nicolosi, B. Woolfrey and D. Kritchevsky, 2007. Rice bran oil and oryzanol reduce plasma lipid and lipoprotein cholesterol concentrations than ferulic acid in hypercholesterolemic hamsters. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 18: 105-112
- Xu, Z.M., N. Hua, J.S. Gobder, 2001. Antioxidant activity of tocopherols, tocotrienols, and γ -oryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2-2' azo-bis (2-methylpropionamide) dihydrochloride. *Journal Agric Food Chem.* 49: 2077-2081

Zhao, G., T.D. Etherton, K.R. Martin, S.G. West, P.J. Gillies and P.M. Kris-Etherton, 2004. Dietary α -linolenic acid reduces inflammatory and lipid cardiovascular risk factors in hypercholesterolemic men and women. *The Journal of Nutrition*, 134 (11): 2991-2997.