

**YULAF UYGULANAN HİDROTERMAL ISIL İŞLEMİN  
YULAF UNU VE KEPEĞİNİN DEPOLAMA STABİLİTESİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**EFFECT OF HYDROTHERMAL TREATMENT OF OAT  
ON STORAGE STABILITY OF OAT FLOUR AND BRAN**

**BÜŞRA UYSAL**

**PROF. DR DİLEK SİVRİ ÖZAY**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır



## ÖZET

### YULAF A UYGULANAN HİDROTERMAL ISIL İŞLEMİN YULAF UNU VE KEPEĞİNİN DEPOLAMA STABİLİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

**Büşra UYSAL**

**Yüksek Lisans, GIDA MÜHENDİSLİĞİ Bölümü**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY**

**Eylül 2021, 83 Sayfa**

Yulaf (*Avena sativa* L.), diğer tahıllara göre yağ, protein ve lif miktarı yüksek, minerallerce zengindir. Yulafın yağ içeriğinin ve enzim (lipaz, lipoksigenaz, peroksidaz) aktivitelerinin yüksek olması raf ömrünün kısa olmasına neden olur.

Tez kapsamında, yulaf kepeği ve ununa hidrotermal ısıl işlem uygulanmış (125°C, 4 dakika) hava, oksijen ve su buharı bariyerine sahip (%70 polyamid ve %30 polietilen) ambalaj materyali kullanılarak, vakum uygulanmadan ve vakum uygulanarak ambalajlandıktan sonra; oda sıcaklığında (24±1°C) veya buzdolabı (4-6°C) koşullarında depolanmıştır (18 hafta). Belli aralıklarla örneklerde bazı kalite kriterlerindeki (peroksit sayısı, serbest asitlik değeri, su aktivitesi ve renk) değişimler tespit edilmiştir. Kabuğu soyulmuş ve ısıl işlem görmemiş yulaf (ham yulaf), aynı koşullarda depolanarak kalite kriterlerindenki değişimler 6 hafta boyunca tespit edilmiştir.

Depolama süresi boyunca vakum uygulanmadan oda sıcaklığında veya buzdolabı sıcaklığında depolanan yulaf ununun peroksit sayıları sırasıyla 10,5-30,3 (meq

oksijen/kg), ve 8-14,3 (meq oksijen/kg) arasında değişmiştir. Vakum uygulanan örneklerde ise oda sıcaklığında 9,6-11,9 (meq oksijen/kg), buzdolabı sıcaklığında ise 8,1-22,5 (meq oksijen/kg) arasında bulunmuştur. Yulaf kepeğinde vakum uygulanmayan örneklerde peroksit sayısı oda sıcaklığında, 9,4-27 (meq oksijen/kg), buzdolabı sıcaklığında 6,1-20 (meq oksijen/kg), vakum paketlenen örneklerde ise oda sıcaklığında 4,0-15,1 (meq oksijen/kg), buzdolabı sıcaklığında 15,0-21,2 (meq oksijen/kg) aralığında değişmiştir. Yulaf ununun ve yulaf kepeğinin serbest asitlik değerlerinin sırasıyla %0,04-0,06 ve %0,04-0,055 arasında değiştii görülmüştür. Isıl işlem görmemiş yulafta ise serbest asitlik değeri %0,06-0,264 arasında bulunmuştur. Yulaf unu için  $L^*$  değerleri 83.60-88.51,  $a^*$  değerleri -0.59-1.02,  $b^*$  değerleri ise 10.05-11.33 arasında; yulaf kepeğinde ise  $L^*$  değerleri 79.30-85.94,  $a^*$  değerleri 0.23-1.61,  $b^*$  değerleri ise 10.23-15.21 arasında değişmiştir. Yulaf unu (0.413-0.511) ve yulaf kepeği (0.454-0.534) örneklerinin su aktivitesi depolama süresince artmıştır.

Buna göre yulaf ununda depolama süresince peroksit sayısı, su aktivitesi,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde anlamlı bir farklılık tespit edilirken ( $p<0,05$ ), serbest asitlik ve  $L^*$  değerlerinde anlamlı bir farklılık olmamıştır. Yulaf kepeğinde ise yulaf ununa benzer şekilde peroksit sayısı ve su aktivitesi değerlerinde anlamlı bir farklılık olduğu tespit edilirken ( $p<0,05$ ), serbest asitlik ve renk ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) değerlerinde anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Ham yulaf örneğinde ise peroksit sayısı, serbest asitlik ve su aktivitesi,  $L^*$   $a^*$  değerlerinde anlamlı bir farklılık tespit edilirken,  $b^*$  değerinde anlamlı bir farklılık olmamıştır. Yulaf unu ve kepeğinde serbest asitlik değerleri 18 hafta boyunca, Yulaf Unu Standartında (TS 13625) belirtilen limitler ( $\max <0,07$ ) arasında iken, ham yulafta 6. haftada %0,26'ya yükselmiştir.

Ham yulafa ait peroksit sayısının  $>15$  (meq oksijen/kg) olması ürünün işlenmeden önce uygun olmayan koşullarda saklandığını göstermektedir. Bu durum ham yulafın ısıl işlemsiz uzun süre depolanamayacağını göstermiştir.

Genel olarak yulaf unu ve kepeğinin depolanması sırasında oluşan peroksitlerin ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşümüne bağlı olarak peroksit sayılarında önce artış sonrasında azalma görülürken; yulaf ununda 14. haftada oda sıcaklığında ve vakum uygulanmayan örnekte; yulaf kepeğinde ise 6. haftada tüm örneklerde Türk Gıda Kodeksi “Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği” inde (Tebliğ No: 2012/29) soğuk preslenmiş ve sızma yağlar için belirtilen limit değere (max 15 meq oksijen/kg) yaklaşmıştır.

Genel olarak buzdolabı sıcaklığında depolanan ve vakum uygulanmayan yulaf unu ve yulaf kepeklerinde, peroksit sayılarının daha düşük olduğu görülmüştür. Sonuçlar, vakum paketlemenin ve buzdolabında depolamanın yulaf unu ve yulaf kepeğinde oksidasyonu yavaşlatarak raf ömrünü kısmen uzattığını göstermektedir. Yulaf unu 14. haftaya; yulaf kepeği ise 6. haftaya kadar güvenle depolanabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Yulaf kepeği, yulaf unu, hidrotermal işlem, stabilizasyon, depolama, vakum ambalaj.

## **ABSTRACT**

### **EFFECT OF HYDROTHERMAL TREATMENT OF OAT ON STORAGE STABILITY OF OAT FLOUR AND BRAN**

**Büşra UYSAL**

**Master of Science, Department of Food Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Dilek SIVRİ ÖZAY**

**September 2021, 83 pages**

Compared to other grains, oats (*Avena sativa* L.) have a high dietary fiber, fat and protein contents and are rich in minerals. The high fat content and enzyme (lipase, lipoxygenase, peroxidase) activities of oat cause short shelf life.

In this thesis, hydrothermal heat (125°C, 4 minutes) was used to oat flour and oat bran; and they were stored at room temperature (24±1°C) and under refrigerator (4-6°C) conditions with or without vacuum (18 weeks) using packaging material (70% polyamide and 30% polyethylene) with air, oxygen and water vapor barrier, Changes in some quality criteria (peroxide number, free acidity value, water activity and color) were monitored periodically in the samples. Dehulled and untreated oat (raw oat) was stored under the same conditions, and the change in quality criteria has been monitored for 6 weeks.

During storage peroxide value of oat flour with no vacuum stored at room or at refrigerator temperature changed between 10,5-30,3 (meq oxygen/kg) and 8-14,3 (meq oxygen/kg), respectively. It has been observed that the peroxide value of the samples applied vacuum varied between 9,6-11,9 (meq oxygen/kg) at room temperature, while it varied between 8,1-22,5 (meq oxygen/kg) at refrigerator temperature. The peroxide value of oat bran samples with no vacuum was in the range of 9,4-27 (meq oxygen/kg) at room temperature and 6,1-20 (meq oxygen/kg) at refrigerator temperature. The peroxide value of oat bran samples with vacuum varied between 4,0-15,1 (meq oxygen/kg) at room temperature and 15,0-21,2 (meq oxygen/kg) at refrigerator temperature. Free acidity values varied between 0,04-0,06% and 0,04-0,055% oat flour and oat bran, respectively. Free acidity value of the untreated oat varied between 0,06-0,264%. In oat flour samples,  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values varied between 83.60-88.51, -0.59-1.02, and 10.05-11.33, respectively. On the other hand, in oat bran samples,  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values varied between 79.30-85.94, 0.23-1.61 and 10.23-15.21, respectively. The water activity values of oat flour (0.413-0.511) and oat bran (0.454-0.534) samples increased during storage.

It has been seen that while a significant difference was determined in the peroxide value, water activity,  $a^*$  and  $b^*$  values ( $p < 0,05$ ), there was no significant difference in the free acidity and  $L^*$  values of oat flour. In oat bran, similar to oat flour, while a significant difference was seen in peroxide value and water activity values ( $p < 0,05$ ), no significant difference was observed in free acidity and color ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) values.

In the raw oat samples, while a significant difference was detected in peroxide value, free acidity and water activity,  $L^*$  and  $a^*$  values, there was no significant difference in  $b^*$  value. While the free acidity values in oat flour and oat bran were within the limits (max  $< 0.07\%$ ) determined by Oat Flour Standard (TS 13625) during 18 weeks, it increased to 0.26% in raw oats at the 6th week.

The peroxide value of raw oat is >15 (meq oxygen/kg) indicates that the product was stored under unsuitable conditions before processing. Accordingly, raw oat can be not be stored for a long time without heat treatment.

In general, peroxide value firstly increased and then decreased due to the formation of peroxides produced during the storage of oat flour and bran to secondary oxidation products; in oat flour with no vacuum stored at room temperature at 14th weeks; in all samples of oat bran at the 6th week, peroxide value approached the maximum 15 (meq oxygen/kg) specified for cold-pressed and virgin oils in the Turkish Food Codex “Communiqué on Oils Named by Plant” (Communiqué No: 2012/29). It was observed that the peroxide value of oat flour samples (with vacuum or no vacuum) stored at refrigerator temperature was lower than the samples stored at room temperature.

In general, it was observed that the peroxide value were lower in oat flour and oat bran stored without vacuum at refrigerator temperature. The results show that vacuum packaging and refrigerated storage partially extend shelf life by slowing oxidation in oat flour and oat bran. It has been observed that oat flour can be safely stored up to the 14th week and oat bran up to the 6th week.

**Keywords:** Oat bran, oat flour, hydrothermal treatment, stabilization, storage, vacuum pack.



## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başından sonuna kadar yardımını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Dilek SİVRİ ÖZAY'a,

Araştırmada kullanılan yulaf örneklerinin teminini sağlayan ve bilgilerini esirgemeyen Önem Gıda Ticaret A.Ş. çalışanlarından Genel Müdür Ali Çelik'e, İşletme Müdürü Levent Akıncı'ya, Ticaret Müdürü Mehmet Ekici' ye ve Kalite Sağlama Şefi Bilge Özhan' a,

Vakum paketlenme işlemlerinde yardımını esirgemeyen Prof. Dr. Ali Topçu' ya ve laboratuvar çalışmalarım sırasında değerli yardımlarını gördüğüm Uzm. Yelda ZENCİR ve Hasan ŞİMŞEK'e,

Hayatımın her döneminde olduğu gibi tez çalışmalarım sırasında da tüm desteklerini hissettiren sevgili aileme içten teşekkürlerimi sunarım.

Büşra UYSAL

Eylül 2021, Ankara

# İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
EKLER .....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1.GİRİŞ .....	1
2.GENEL BİLGİLER.....	4
2.1. Yulaf ( <i>Avena sativa L.</i> ) .....	4
2.2. Yulafın Besin Değeri ve Kimyasal İçeriği .....	8
2.3. Yulafın Sağlık Üzerine Etkileri.....	10
2.4. Isıl İşlemlerin Yulafın Raf Ömrü Üzerine Etkisi .....	12
2.5. Yulaf İşleme .....	16
2.6. Yulafın Kullanım Alanları .....	19
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR .....	22
3.1. Materyal ve Metot .....	22
3.1.1. Kimyasal Analiz Örneği Hazırlama .....	28
3.1.2. Sokselet Ekstraksiyonu ile Yağ Miktarının Belirlenmesi .....	28
3.1.3. Nem Analizi .....	29
3.1.4. Protein Analizi.....	29
3.1.5. Kül Analizi .....	29
3.1.6. Renk Analizi.....	29
3.1.7. Su Aktivitesi Tayini .....	29
3.1.8. Serbest Yağ Asitliği Değeri.....	30

3.1.9. Peroksit Sayısı Tayini .....	30
3.1.10. Peroksidaz Enzim Aktivitesi Tayini .....	31
3.1.11. İndüksiyon Periyodu (Oksitest) Tayini.....	32
3.1.12. İstatiksel Değerlendirme .....	33
3.2. Bulgular .....	33
3.2.1. Peroksidaz Enzim Aktivitesi.....	33
3.2.2. İndüksiyon Periyodu .....	34
3.3. Ham Yulafın Değerlendirilmesi.....	34
3.3.1. Peroksit Sayısı Tayini .....	34
3.3.2. Serbest Asitlik Tayini (Sülfürik asit cinsinden).....	36
3.3.3. Renk $L^*$ (parlaklık) Değeri .....	37
3.3.4. Renk $a^*$ (kırmızılık) Değeri.....	38
3.3.5. Renk $b^*$ (sarılık) Değeri .....	39
3.3.6. Su Aktivitesi ( $a_w$ ) Değeri .....	40
3.4. Yulaf Unu ve Yulaf Kepeğinin Değerlendirilmesi .....	41
3.4.1. Yulaf Ununun Peroksit Sayısı Tayini .....	41
3.4.2. Yulaf Kepeğinin Peroksit Sayısı Tayini .....	43
3.4.3. Yulaf Ununun Serbest Asitlik Tayini .....	44
3.4.4. Yulaf Kepeğinin Serbest Asitlik Tayini.....	45
3.4.5. Yulaf Ununun Renk Tayini ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ).....	47
3.4.6. Yulaf Kepeğinin Renk Tayini ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ).....	51
3.4.7. Yulaf Ununun Su Aktivitesi .....	55
3.4.8. Yulaf Kepeğinin Su Aktivitesi.....	58
3.5. Yulaf Unu ve Yulaf Kepeği Protein Kül Miktarı Tayini .....	59
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	61
KAYNAKLAR .....	65

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Yulaf tanesinin yapısı.....	6
Şekil 3.1. Kullanılan ham yulaf yulaf unu ve yulaf kepeği örneği.....	22
Şekil 3.2. Ham yulafın öğütülmesi ve elenmesi.....	23
Şekil 3.3. Yulaf stabilizasyobunda kullanılan ısı işlem akış şeması.....	24
Şekil 3.4. Deneyde kullanılan hidrotermal ısı işlem mekanizması.....	25
Şekil 3.5. Vakum makinesi ve vakum paketlenmiş örnekler.....	26
Şekil 3.6. Deneme planı.....	27
Şekil 3.7. Peroksidaz aktivitesi deneyi.....	32
Şekil 3.8. Oksitest cihazı (Velp, İtalya) ve oksitest eğrisi.....	33
Şekil 3.9. Ham yulaf örneklerine ait peroksit sayısının depolama süresince değişimi.....	35
Şekil 3.10. Ham yulaf örneklerine ait serbest asitlik değerinin depolama süresince değişimi.....	36
Şekil 3.11. Ham yulaf örneklerine ait $L^*$ (parlaklık) değerinin depolama süresince değişimi.....	38
Şekil 3.12. Ham yulaf örneklerine ait $a^*$ (kırmızılık) değerinin depolama süresince değişimi.....	39
Şekil 3.13. Ham yulaf örneklerine ait $b^*$ (sarılık) değerinin depolama süresince değişimi.....	40
Şekil 3.14. Ham yulaf örneklerine ait su aktivitesi ( $a_w$ ) değerinin depolama süresince değişimi.....	41
Şekil 3.15. Yulaf unu örneklerine ait peroksit sayısının depolama süresince değişimi.....	42
Şekil 3.16. Yulaf kepeği örneklerine ait peroksit sayısının depolama süresince değişimi.....	43
Şekil 3.17. Yulaf unu örneklerine ait serbest asitlik değerinin depolama süresince değişimi.....	45
Şekil 3.18. Yulaf kepeği örneklerine ait serbest asitlik değerinin depolama süresince değişimi.....	46
Şekil 3.19. Yulaf unu örneklerine ait $L^*$ (parlaklık) değerinin depolama süresince	

değişimi.....	48
Şekil 3.20. Yulaf unu örneklerine ait $a^*$ (kırmızılık) değerinin depolama süresince değişimi.....	49
Şekil 3.21. Yulaf unu örneklerine ait $b^*$ (sarılık) değerinin depolama süresince değişimi.....	50
Şekil 3.22. Yulaf kepeği örneklerine ait $L^*$ (parlaklık) değerinin depolama süresince değişimi.....	52
Şekil 3.23. Yulaf kepeği örneklerine ait $a^*$ (kırmızılık) değerinin depolama süresince değişimi.....	53
Şekil 3.24. Yulaf kepeği örneklerine ait $b^*$ (sarılık) değerinin depolama süresince değişimi.....	54
Şekil 3.25. Yulaf unu örneklerine ait su aktivitesi ( $a_w$ ) değerinin depolama süresince değişimi.....	57
Şekil 3.26. Yulaf kepeği örneklerine ait su aktivitesi ( $a_w$ ) değerinin depolama süresince değişimi.....	58

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllara göre yulaf ekim alanları, üretim miktarı ve verimi.....	8
Çizelge 2.2. Yulaf tanesinin kavuzlu ve kavuzsuz kimyasal bileşiminin yaklaşık değerleri.....	10
Çizelge 3.1. Yulaf unu ve yulaf kepeği için belirlenen indüksiyon periyodu süreleri.....	34
Çizelge 3.2. Depolama süresinin ham yulafın peroksit sayısı üzerine etkisi.....	34
Çizelge 3.3. Depolama süresinin ham yulafın serbest asitlik değeri üzerine etkisi.....	36
Çizelge 3.4. Depolama süresinin ham yulafın $L^*$ (parlaklık) üzerine etkisi.....	37
Çizelge 3.5. Depolama süresinin ham yulafın $a^*$ (kırmızılık) değeri üzerine etkisi.....	38
Çizelge 3.6. Depolama süresinin ham yulafın $b^*$ (sarılık) değeri üzerine etkisi.....	39
Çizelge 3.7. Depolama süresinin ham yulafın su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri üzerine etkisi.....	40
Çizelge 3.8. Depolama süresinin yulaf unun peroksit sayısı üzerine etkisi.....	41
Çizelge 3.9. Depolama süresinin yulaf kepeğinin peroksit sayısı üzerine etkisi.....	43
Çizelge 3.10. Depolama süresinin yulaf unun serbest asitlik değeri üzerine etkisi.....	45
Çizelge 3.11. Depolama süresinin yulaf kepeğinin serbest asitlik değeri üzerine etkisi.....	46
Çizelge 3.12. Depolama süresinin yulaf ununun $L^*$ (parlaklık) değeri üzerine etkisi.....	47
Çizelge 3.13. Depolama süresinin yulaf unun $a^*$ (kırmızılık) değeri üzerine etkisi.....	49
Çizelge 3.14. Depolama süresinin yulaf unun $b^*$ (sarılık) değeri üzerine	

etkisi.....	50
Çizelge 3.15. Depolama süresinin yulaf kepeğinin $L^*$ (parlaklık) değeri üzerine etkisi.....	51
Çizelge 3.16. Depolama süresinin yulaf kepeğinin $a^*$ (kırmızılık) değeri üzerine etkisi.....	52
Çizelge 3.17. Depolama süresinin yulaf kepeğinin $b^*$ (sarılık) değeri üzerine etkisi.....	54
Çizelge 3.18. Depolama süresinin yulaf unun su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri üzerine etkisi.....	57
Çizelge 3.19. Depolama süresinin yulaf kepeğinin su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri üzerine etkisi.....	58
Çizelge 3.20. Yulaf unu ve yulaf kepeğinin bazı kimyasal (protein, kül miktarı) analiz sonuçları.....	60

## **EKLER**

EK-1: Çalışmada kullanılan yulaf unu ve yulaf kepeklerinin peroksit sayısı ve su aktivitesi bulguları ile gruplar arasındaki ilişkinin haftalar bazında incelenmesi grafikleri.....	76
---	----



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

$L^*$	Parlaklık derecesi
$+a^*$	Kırmızılık derecesi
$-a^*$	Yeşillik derecesi
$+b$	Sarılık derecesi
$-b$	Mavilik derecesi

### Kısaltmalar

AACC	American Association of Cereals Chemists
AOCS	American Oil Chemists Society
FAO	Food Agriculture Organization
FDC	Food Data Center
FFA	Serbest Yağ Asitleri Kompozisyonu (Free Fatty Acids)
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
SS	Kızgın Buhar
TMO	Toprak Mahsulleri Ofisi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
LDL	Düşük Yoğunluklu Lipoprotein
KM	Kuru Madde
UV	Ultraviyole



# 1. GİRİŞ

Yulaf, birçok yönden sağlığı destekleyici içeriğe sahip olması nedeniyle süper gıda olarak tanımlanmaktadır. Gıda endüstrisi için kolay temin edilebilen, ucuz ve besin değeri yüksek ham maddeler her zaman uygun maliyetli gıda üretiminde tercih edilir [1]. Tahıl özellikle Asya ülkelerinde günlük besin ihtiyacını karşılayan temel gıda maddesidir.

Yulaf tarımı buğdaydan çok daha sonra ve farklı bir şekilde başlamıştır. Bugün dünyanın her yerinde yetiştirilebilen yulafın (*Avina sativa L.*), günümüzden 4-5 bin yıl öncesinde buğday ve arpayla birlikte yabancı ot olarak yetiştigi düşünülmektedir [2]. Yulafın kültüre alındığı ilk yer olarak, yakın doğu (İran, Irak, Türkiye) ve batı Akdeniz (Kuzeybatı Afrika) düşünülmektedir [3].

Yulaf endüstriyel uygulamalarla zenginleştirilebilen insan tüketimi ve hayvan beslenmesi için eşsiz özelliklere sahip, büyük ekonomik değeri olan bir besindir. Geleneksel üretilen bir bitki olmasına karşın tarımsal üretimin değişmesine bağlı olarak yulaf üretiminde son 50 yılda büyük bir artış yaşanmış ve diğer tahıl ürünleri ile rekabet edebilecek düzeye gelmiştir. Yulafın sağlıklı bir besin olarak tanımlanmasından sonra insan beslenmesindeki kullanımı birçok ülkede artmıştır [4]. Tahıl çeşitleri içinde yulaf, diyet lif miktarıyla buğdaydan sonra gelmesine karşın, buğdaya göre daha yüksek protein ve yağ içeriği nedeniyle daha sağlıklı bir alternatiftir [5].

Diyet lif bakımından zengin olmasının yanı sıra yapısındaki  $\beta$ -glukan oranı ile yulaf ön plana çıkmıştır, yüksek besin içeriğine sahip olması nedeniyle ekmek üretiminde de oldukça önemlidir [6-7]. Aynı zamanda yulaf yapısında antioksidan, aveninintramit ve hidroksinamik asit gibi biyoaktif bileşenleri içerir [8].

Yapılan birçok çalışma yulafın önemli fiziksel etkilere sahip olduğunu göstermiştir. Yulaf tokluk kan şekerini ve insülini düşürür, yapısında bulunan çözünür ve viskoz lif yapısı nedeniyle kanda kolesterol miktarını düzenler [9]. Yulafın pozitif anlamda olan sağlık etkilerini, yulafın diğer tahıllara göre içerdiği esansiyel amino asitler, yağ asitleri,

$\beta$ -glukan ve fenolik maddeleri içeren benzersiz kimyasal yapısı sağlamaktadır [10]. Tam tahıllı gıdaların içerdiği diyet lifler, mineraller, vitaminler ve fitokimyasallar; dünyada ölümlerin üçte birini oluşturan kardiyovasküler kalp hastalıkları üzerinde kan basıncını ve serum lipitlerini düşürerek sağlığın korunmasına yardımcı olur [11].

Çağımızda tahıl genellikle rafine edilmiş şekilde yani besinsel açıdan değerli olan kepek ve rüşeym kısımları uzaklaştırılmış şekilde kullanılmaktadır. Bu nedenle tam tahıl yani tanedeki tüm yapının korunarak, sadece kırılmış veya öğütülmüş şekilde kullanılması nedeniyle daha geniş kitleler tarafından talep görmekte ve tam tahıllı gıdalar birçok otorite tarafından sağlığa faydaları nedeniyle tavsiye edilmektedir [12]. Amerika Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tam tahıllı; nişastalı endospermi, embriyo ve kepek gibi başlıca yapısal bileşenlerin tümünü içeren bütün halde, kırılmış veya pulcuk halinde bulunan tahıl olarak tanımlamaktadır [13]. Tam tahıl tüketiminin yaygınlaştırılması için bunların sağlık üzerine etkileri ile ilgili araştırmaların, ürün çeşitliliğinin ve tüketicilerde tam tahıl bilincinin artırılmasına yönelik çalışmaların artırılması gerektiği bildirilmektedir [14].

Yulaf üretimi dünya çapında yıllık yaklaşık 30 milyon tondur. Dünyada ve ülkemizde yulaf öncelikli olarak bisküvi üretiminde hammadde şeklinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda üretim fazlası hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir [15]. TÜİK 2019 verilerine göre ülkemizdeki toplam ekim alanlarının %40,8'i tahıl üretimi için ayrılmıştır. Bu ekim alanının %1,7'lik kısmı ise yulaf, darı ve tritikale benzeri ürünlere ayrılmıştır [16].

Yulaf çeşitli gıdaların bileşiminde yer almasına karşılık esas olarak kahvaltılık gevrekler, fırıncılık ürünleri ve atıştırmalık ürünlerde kullanılmaktadır. Yulafı diğer tahıllardan ayıran belirgin iki özellikten birisi yulafın tadının oluşması için ısı işlemi gerekmesi ve diğer tahıllardan farklı olarak kepeği ile birlikte gıda üretiminde kullanılabilmesidir [17]. Kahvaltılık tahıl ürünleri genellikle öğütülmüş yulaftan elde edilir. Bu gıdalar beğenilen tada ve yüksek besinsel özelliklere sahiptir ayrıca yulafa uygulanan ön ısı işlemler yulafın evde tüketim için hazırlanma süresini de kısaltır [18].

Isıl işlem uygulamasının nedeni, yüksek enzim aktivitesi ve yağ içeriği nedeniyle yulafın depolama sırasında acılaşılmaya (ransidite) açık olmasıdır. Isıl işlem sonrası enzimler inaktif olur ve depolama süresi büyük oranda uzar [19, 20]. Yulafın atmosfer koşullarında depolanmasında oluşan oksidatif bozulma (ransidite), ortamda bulunan bağıl nemin etkisiyle artar ve hekzanal oluşumuna bağılı olarak tat, koku, tatlılık oranını değiştirerek beğenilen tat özelliklerinde azalma meydana getirir [21].

Yulaf işleyen gıda endüstrisi, yulafın yüksek lipit içeriği ve lipolitik aktivite nedeniyle kısa sürede gelişen istenmeyen tat değişimini önlemek üzere ön işlemler uygulamak zorundadır. Hidrotermal işlem hasat sonrası tahılı işlemek üzere kullanılan teknolojiler arasında önemli bir yer oluşturur. Hidrotermal işlem kapsamında suyla veya buharla örnekte nem miktarı artırılır, kurutma, ısıtma ve soğutma işlemleri uygulanır. Bu işlemler sonucunda işlenmiş veya yarı işlenmiş ürün elde edilerek raf ömrü ve kalitesi geliştirilir. Tahılların buharla nemlendirme işleminin kontrolü ve optimum koşulların seçimi yapısının farklılığından ve uygulanan fiziksel işlemlere olan az dayanıklılığından dolayı genellikle zordur [22].

Yapılan bir çalışma sonucunda kızgın buhar uygulaması ile karşılaştırıldığında (200°C’de 2 dakika) sadece buhar uygulamasının (100°C’de 20 dakika), lipaz enziminin inaktivasyonunda daha az etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca kızgın buharla işleme yulaf ununun karakteristik özellikleri üzerinde koruyucu etki sağladığı ve daha kaliteli yulaf eriştisi üretimi için buhar uygulamasının tercih edilebileceği bildirilmiştir [23].

Tez kapsamında yulaf unu ve yulaf kepeğine hidrotermal ısıl işlem uygulanmasının ve farklı depolama koşullarının (oda sıcaklığı ve buzdolabı koşulları) yulafın depolama stabilitesi ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Böylece insan beslenmesine uygun, besleyici değeri yüksek ve daha uzun raf ömrüne sahip yulaf unu ve kepeğinin gıda sanayisinde daha fazla kullanılabilmesi için alt yapı sağlanması hedeflenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Yulaf (*Avena Sativa L.*)

Yulaf dünya tahıl üretiminde altıncı sırada yer alır. Yulaf yıllık bir bitkidir ve kışlık veya yazlık olarak ekilebilir [24]. Yulaf buğday ve mısıra göre yetiştirmek için daha az besine (sodyum, fosfor, potasyum) ihtiyaç duyar [17]. Yulafın verimi ortalama gün sıcaklığı ile doğrudan ilişkilidir, sıcaklık arttıkça tane verimi azalır [25]. Yulafın ait olduğu (2n=42) kromozumu olan Denticulatae grubu, *Avena fatua* ve *Avena sterilis* olmak üzere iki alt gruba ayrılır. Dünyada çoğunlukla kültürü yapılan *Avena sativa* (beyaz yulaf) türüdür [26].

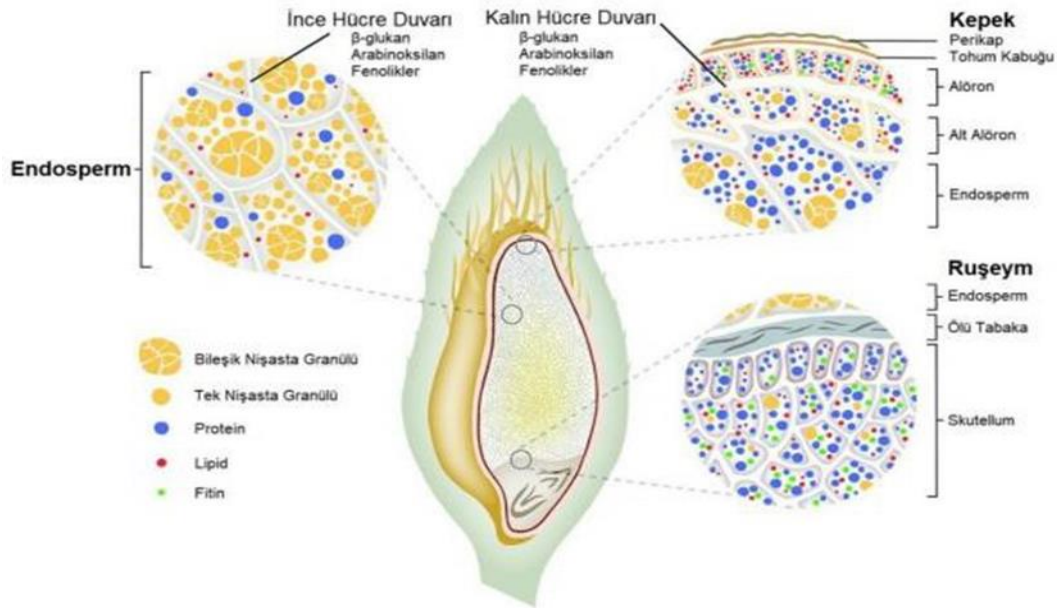
Aşırı soğuğa ve kurak ortama alışık olmayan yulaf 15°C'yi aşmayan ve yaklaşık 700-800 mm yağış alan bölgelerde daha kolay yetişir. Diğer tahıl çeşitlerine göre genellikle yağışlı havaya dayanıklıdır [26, 27]. Kültüre alınan *Avena sativa L.* en değerli ve en yaygın bulunan yulaftır, diğer tahıllara göre toplam yağ içeriğinin %90'lık kısmı endosperm kısmında bulunur, bu özelliği onu diğerleri içinde benzersiz yapar [28]. Yulaf; kepek, endosperm ve embriyo olmak üzere üç temel yapıdan oluşmuştur. Yulaf kalın ve lifli bir kabuk (kepek) içerir bu kısmın endospermden ayrılması zordur. Kepek, protein, yağ, mineral ve vitamin bakımından zengin olan alöron ve altalöron (subalöron) kısımlarını içerir [29, 30]. Yulaf, arpa ve buğdaya göre verimli ve asitli toprak koşullarına da daha uyumludur ayrıca yulaf samanı, sapı daha yumşak ve yaprağı fazla olduğu için buğday ve arpaya kıyasla daha fazla organik madde ve mineralleri içerir [31]. *Avena sativa* (beyaz yulaf) ve *Avena byzantina* (kırmızı yulaf) olmak üzere başlıca 2 türü bulunur, *Avena byzantina* (kırmızı yulaf) türü soğuğa, sıcağa ve kuraklığa daha toleranslıdır [32].

Yulaf genellikle insan beslenmesinde kahvaltılık olarak yulaf gevreği ve yulaf ezmesi olarak tüketilir. Yulaf unu ve yulaf ezmesi içerdiği yüksek proteinden dolayı çeşitli fırıncılık ürünlerinde de kullanılır. Örneğin ekmek yapımında yulaf ezmesi ve buğday unu karıştırılır [33]. Yulaf tanesinin dış kısmında yenilebilir yulaf kepeği bulunur. Bu kısım, yulaf tanesinin öğütülmesiyle veya yulafın ezilip ısıl işleminden geçtikten sonra elenmesiyle boyutlarına göre un ve kepek olarak ayrılır. Bu kısım toplam  $\beta$ -glukanı ve

diyet lifini içerir.  $\beta$ -glukan miktarı en az %5,5 (KM) ve besinsel lif içeriği en az %16 (KM) olup bu yapısında üçte biri suda çözünür [34, 35].

Hidrotermal işlem sonucu uçucu bileşenlerin miktarı ham yulafa göre artarken, kabuk soyma işlemi ile uçucu bileşenleri yoğun olarak içeren kepek kısmı uzaklaştırılarak, uçucu bileşen miktarı ham yulafa göre azalır [36]. Hidrotermal işlem uygulanmadığında trigliseritlerin hidrolizi ve oksidasyon nedeniyle ransidite (acılaşma) ortaya çıkar ve satışa sunulan ürünlerin depolama süresini kısıtlar. Bu süre yulafa uygulanan işlemlere ve oluşan son ürüne göre değişir. Lipaz aktivitesi alöron tabakası ve embriyonik dokularda endosperme göre daha fazladır. Lipazın aktivitesi yağ miktarı ile bağlantılı değildir. Lipaz enzimini inaktif hale getirmek için yüksek sıcaklık kadar tanenin içerisine doğru gerçekleştirilen iyi bir ısı transferi de önem taşır [37]. Yulaf diğer tahıllara göre daha fazla miktarda yağ içerir. Yulafın yağ miktarı genelde %3-11 arasında değişirken bazı türlerde %18'e kadar çıkabilir [38]. Yulaf tanesinin %25'ni kepek, %63'lik kısmını endosperm oluşturur, %9'nu perikarp, testa ve alöron ve %3'lük kısmını ise embriyo oluşturur. Yulafı diğer tahıllardan farklı kılan özelliği daha az karbonhidrat miktarına sahip olmasının yanı sıra daha fazla protein ve yağ içermesidir. Arpaya benzer olarak tam taneli yulaf protein miktarı %10 ile %12 arasındadır [39, 40].

Tahılların genel yapısına benzer biçimde yulaf tanesi başlıca, tohum özü (embriyo), endosperm, kepek, gövde ve tepe (başak kılıcı) kısımlarından meydana gelir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Yulaf tanesinin yapısı [41].

Yulaf tanesi %5 ile %9 arasında serbest yağ asitlerini ve %1,5 ile %3 arasında bağlı yağ asitlerini içerir. Yulafın embriyonik aksisinde ve scutelliumda lipid içeriği sırasıyla %2,1 ve %6,4 olmasına karşın; yulaftaki toplam yağ miktarının önemli bir kısmı endosperm ve kepek kısımlarında bulunur [42]. Yulafın doymuş ve doymamış yağ asitlerince zengin olan yüksek miktardaki yağ içeriği, yulaf üretiminde hem besinsel olarak hemde ekonomik yönden önemlidir. Ek olarak yulafın antioksidan içeriğinin de yüksek olması yulaf yağlarının stabilitesine önemli katkı sağlamaktadır. İşlenmemiş ham yulafta oda sıcaklığında tokoferoller 7 aydan fazla stabil kalabilirken, proses edildikten sonra 2 ay boyunca stabildirler [43]. Sınırlı miktarda uygulanan ısı işlem ve buharın, yulaf gevreğinin biyolojik olarak aktif bileşenleri üzerinde zararlı etkisi saptanmamıştır [44]. Yulaf sadece doymamış yağ içeriğine sahip değildir aynı zamanda son derece aktif olan bir yağ-enzim sistemine de sahiptir. Yulaf kepeği yüksek yoğunlukta lipolitik enzim içerdiğinden dolayı yulaf buğdaya göre 10 ile 15 kat daha aktiftir [45].

Lipaz enzimi diğer tahıllara kıyasla yulafta oldukça fazladır ve tane bütünlüğü bozulduğunda etkinliği açığa çıkar. Öğütme işleminden önce yulaf lipitleri enzim aktivitesine dayanıklı bir şekilde kapsüllü kürecikler içinde bulunmaktadır. Yulaf enzimleri inaktif hale getirilmeden öğütüldüğü zaman, trigliseritlerin lipaz etkisi ile



hidrolizi sonucu serbest yağ asitleri açığa çıkar. Genel olarak serbest yağ asitlerinin birikimi gıdanın kabul edilemeyen bir tada (hidrolitik ransidite) sahip olmasını sağlar. Bu hidroliz reaksiyonları yüksek sıcaklıklarda artış göstermesine rağmen her sıcaklıkta aktif lipaz enzimi bulunur [46]. Lipoksigenaz birçok bitkide bulunur. Bu enzim bazı doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunu katalize eder [47]. Lipoksigenazın reaksiyon hızı bitkiden bitkiye değişir. Arpa ve buğdaya göre yulafta lipoksigenaz reaksiyon hızı yavaştır [48, 49]. Yulafta özellikle peroksidaz enzim aktivitesi hidroperoksitlerin hidroksiasitlere dönüşmesinde etkilidir [50]. Bu hidroksiasitler yulafın içerdiği aktif enzim sistemiyle birlikte acımsı (ransidite) tadın oluşumunda etkilidir [51]. Buğday kepeği ticari olarak öğütme işlemleri sırasında başarılı şekilde endosperm kısmından uzaklaştırılabilirken, yulafta endosperm dokuları içerdiği büyük orandaki bağlı nişastadan dolayı dış kabuğundan temiz ve verimli olarak ayrılamaz [52]. Bu durum tahılın kendisine has morfolojik yapısından kaynaklanmaktadır.

Yulaf at ve büyükbaş hayvan beslenmesinde geleneksel olarak kullanılırken, dünyanın bazı kesimlerinde de koyun, domuz ve daha az miktarda kümes hayvanlarının beslenmesinde de kullanılmaktadır. Yulafın geniş çaptaki diğer kullanım alanları ise gıda endüstrisi, kozmetik, eczacılık ve fonksiyonel gıdalardır. 2007 yılı kaynaklarına göre son 40 yıllık dünyadaki verilere göre hayvan beslenmesindeki kullanımı %90'dan %70'lere gerilerken, insan beslenmesinde ve endüstrideki kullanımı %30'lara yaklaşmıştır [53].

Yulaf kırıldıktan ya da ezildikten sonra taneli şekilde veya un şeklinde öğütülerek çorba, sütlaç, mama, ekmek, kahvaltılık ürünlerde kullanılabilir. Yulafın besin değeri, içeriğinde bulunan lizin amino asidi nedeniyle yüksek olup kahvaltılık gevrek da olarak sıkça tercih edilmesine neden olmaktadır. Ayrıca yulaf unu içerisindeki antioksidanlardan dolayı bir çeşit koruyucu olarak yağlı gıdalarda ransiditenin gelişimini engeller [54].

Dünyada yulaf ve çavdar üretiminde 2018-2019 yılında bir önceki yıla kıyasla önemli bir değişiklik olmamış, 22 milyon ton yulaf üretilmiştir [55]. TÜİK (2019) verilerine göre son 10 yılda ülkemizdeki yulaf üretimi yaklaşık 204-265 bin ton arasında

değişmiştir. Son 10 senede yulaf ekiliş alanları ise 883.900-1.098.227 dekar arasında değişmiştir [56]. Türkiye'deki serin iklim tahıllarından olan yulaf, 265 bin ton üretimi ile 4. sırada yer alır ve dekara verimi 242 kg ile Dünya ortalamasını geçmektedir [57]. (Çizelge 2.1.) [58].

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllara göre yulaf ekim alanları, üretim miktarı ve verimi.

Yıl	Ekiliş (Dekar)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
2010	883.900	203.870	231
2011	858.626	218.040	254
2012	893.267	210.000	235
2013	925.490	235.000	254
2014	938.621	210.000	224
2015	1.034.570	250.000	242
2016	994.379	225.000	226
2017	1.128.796	250.000	221
2018	1.058.254	260.000	246
2019	1.098.227	265.000	241

## 2.2. Yulafın Besin Değeri ve Kimyasal Bileşimi

FDA klinik çalışmalar neticesinde, yulafın içerdiği  $\beta$ -glukan nedeniyle günlük en az 3 gram yulaf  $\beta$ -glukanı tüketiminin kolesterolü düşürdüğünü ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığını belirtmiştir [59, 60]. Yulaf proteinlerinin de  $\beta$ -glukana benzer şekilde toplam kolesterolü ve LDL-kolesterolü düşürücü etkisi olduğu saptanmıştır [61]. Çizelge 2.2 yulafa ait bazı besin değerlerini göstermektedir [62].

Yulaf tanesi (%11,6) protein, (%69,8) karbonhidrat, (%5,2) yağ, (%3-8)  $\beta$ -glukan, (%2,9) kül ve (%10,4) lif içerir [63]. Yulaf, diğer tahıllarla kıyaslandığında daha düşük seviyelerde gluten içermesi nedeniyle glutensiz gıda olarak değerlendirilmektedir. Glutene karşı hassasiyeti olan bireylerin (gluten intolerans) ve çölyak hastalarının yulafı gıdaları tüketebileceği bildirilmektedir [64]. Yulaf lipaz ve lipogenez enzimleri bakımından zengin olması nedeniyle, yulafta bulunan trigliseritlerin hidroliziyle birlikte doymamış yağ asitleri ve yağda çözünen vitaminlerin oksidasyonunu da kolaylaştırır. Yulafta ayrıca, vitamin E (tokoferoller ve tokotrienoller), fitik asit ve fenolik maddeler

(avenantramidler, kafeik asit), flavonoid ve steroller gibi antioksidan maddeler de bulunmaktadır [65, 43-66]. Yulafta glutelin proteini %10'dan azdır. Yulaf proteinlerinin çoğunluğunu (%70-80) globülinler oluşturur, globülinleri sırayla prolaminler (%10-15) ve albüminler izler (%9-20) [67].

Yapılan araştırmalar, yulaf gevreği tüketiminin mısır gevreği tüketimine kıyasla iştahu azalttığını, tokluk seviyesini arttırdığını bunun sonucunda özellikle kilo sorunu olan bireylerde sabah kahvaltısında tercih edildiğinde akşam yemeğinde enerji alımını azalttığını göstermiştir [68]. Yulafın sağlık üzerindeki başlıca etkileri yapısındaki biyoaktif bileşenler sayesinde tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalık riskini dūřürmesi, kilo kontrolünü desteklemesi, kanseri önlemesi ve bağışıklığı güçlendirmesidir [69]. Yulaf kepeği yaklaşık %7  $\beta$ -glukan içerebilirken, kuru yulaf ve arpada bu oran %5, buğday ve çavdarda ise %2 dir. Yulaftaki ve arpadaki  $\beta$ -glukan suda çözünebilir ve sahip olduğu, 1,3-1,6 bađ yapısı ile bağışıklık sistemi üzerinde pozitif etkileri vardır.  $\beta$ -glukanın ek olarak antinflamatuar ve antioksidan işlevi bulunduğu çeşitli çalışmalarla kanıtlanmıştır [70,71].

Yulaf ürünlerinde  $\beta$ -glukan miktarı genotipine göre çeşitlilik gösterir, arpada çeşitidine göre %15'e, yulaf tanesinde ise ağırlıkça %7 ye kadar çıkabilir. Arpada  $\beta$ - glukan endospermde düzgün olarak dağılmışken yulafta endospermin dış tabakalarında daha yoğundur [72].

Özay (2016) tarafından 2012-2016 yılları arasında yürütölen "İnsan Beslenmesine Uygun Yulaf Çeşitlerinin Geliştirilmesi" başlıklı TÜBİTAK 1003 projesinde, ilk iki yılda, 4 lokasyondan gelen 226 yulaf genotipinde, 3. yıl ise seşitilen 62 yulaf genotipinde analizler gerçekteştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, genotip, lokasyon ve hasat yılının; yulafın fiziksel, kimyasal ve teknolojik kalitesi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Araştırmaya göre yulaf genotipleri arasında besleme değer, depolama stabilitesi ve teknolojik özellikler (ekmek ve bisküvi) bakımından belirgin farklar ortaya çıkmıştır [73].

Çizelge 2.2. Yulaf tanesinin kavuzlu ve kavuzsuz kimyasal bileşiminin yaklaşık değerleri.

<b>Kimyasal içerik</b>	<b>Kavuzlu</b>	<b>Kavuzsuz</b>
Protein (g/kg kuru madde)	104,9	137,1
Kül (g/kg kuru madde)	21,13	19,78
Toplam Diyetsel Lif (g/kg kuru madde)	104,8	13,49
B- Glukan (g/kg kuru madde)	31,24	47,64
Kuru madde (g/kg kuru madde)	902,5	898,4
Doymuş Yağ Asitleri (% toplam yağ asiti)	23,66	20,92
Doymamış Yağ Asitleri (% toplam yağ asiti)	74,16	73,89
Tekli Doymamış Yağ Asitleri (% toplam yağ asiti)	44,72	44,75
Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (% toplam yağ asiti)	29,44	33,63

### **2.3. Yulafın Sağlık Üzerine Etkileri**

Prebiyotikler sindirilemeyen gıda bileşenleridir ve bunlar kalın bağırsaktaki bakterilerin büyümesini ve aktivitelerini seçici bir şekilde uyarırlar. Prebiyotiklerin birçok faydalı etkileri vardır, bağırsak yapısını, mukoza ile mikrofloranın metabolitik aktivitesini değiştirirler [74]. Yulafın içerdiği yüksek orandaki  $\beta$ -glukan aynı zamanda gastrointestinal kanalda prebiyotik özellik gösterdiği için faydalı olan mikrobiyal grupların gelişmesini de destekler [75]. Yulafta  $\beta$ -glukan endosperm içinde dağılmış şekildedir, ayrıca endospermin hücre duvarının da %75'ni oluşturur. Alöron hücre duvarının içerisinde de endosperme göre daha az miktarda da olsa bulunur [76].

Antioksidanlar, hücreleri reaktif oksijen oluşumu nedeniyle ortaya çıkan oksidatif hasardan koruyan yapılardır ve böylece çeşitli kronik hastalıkları önlemeye veya etkisini azaltmaya yardımcı olurlar. Yapılan çalışmalar, yulaf ekstraktlarının yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir [77, 78].

Tokluk vücutta oluşan midenin dolu olduğu ve yemenin durdurulması gerektiği uyarısını veren karmaşık bir histir. Yulaf eğer yemeklerden 20-30 dakika önce tüketilirse,  $\beta$ -glukan midede ve ince bağırsakta kalın viskoz bir sıvı oluşturur ve bu durum tokluk hissinin oluşmasına yardımcı olarak iştahı baskılar. Sonuç olarak uzun sindirim süresinin sonunda, besinler vücut tarafından daha uzun bir süre kullanılır ve dolayısıyla daha uzun bir tokluk süresi ve kilo yönetimi sağlanır [79]. Son yıllarda insanların tükettikleri besinler konusunda bilinçlenmesi ve hayat standartlarının yükselmesi üreticileri daha sağlıklı ürünler üretmeye yöneltmiştir. Bu yüzden yulaf zengin besinsel içeriğinden dolayı gıdaların üretiminde daha fazla kullanılması ve sağlıklı ürünler geliştirilmesi için pekçok araştırma yapılmaktadır. Özellikle ekmeğin üretiminde, besinsel özelliklerini artırıcı yapısal içeriğinden dolayı oldukça önemlidir [80, 81]. Yulaf içerdiği mükemmel yağ profili ve yüksek miktardaki çözünür lif yapısından dolayı emsalsiz bir sağlıklı gıdadır. Yulaf tanesinin dış kısmı protein, yağ  $\beta$ -glukan, fenolik maddeler ve niasin bakımından zengindir ancak bu kısım bazen yulaf kepeği üretmek için uzaklaştırılır. İç kısımda yer alan endosperm tabakası ise protein, nişasta ve  $\beta$ -glukan içerir, rüşeym (embriyo) kısmı ise çoğunlukla protein ve yağ içerir [82].

Yulaf doymamış yağ asiti bileşimi ve yüksek miktardaki çözünür lif yapısından dolayı değerli bir gıdadır. Yulafın kanda yağ seviyesini düşürücü özelliğinin incelendiği kapsamlı klinik çalışmalar sonucunda Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) “Gıdalardaki çözünür lifler, yulaf kepeği, tane yulaf, yulaf lapası ve tam yulaf unu gibi ürünlerle beslenme, doymuş yağ oranını ve kolesterolü düşürür ve kalp hastalığı riskini azaltabilir” şeklinde sağlık beyanının gıdaların etiketinde kullanımına izin vermiştir [83].

Yulaf kalp hastalığının ve kanserin önlenmesinde, enfeksiyonlara karşı bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde ve kan şekerinin stabil hale getirilmesinde etkilidir. Aynı zamanda romatizma, kronik ve sinirsel ağrı, mesane kası zayıflığına; uykusuzluk, stres, anksiyete, depresyon ve sinirsel bozukluğuna da iyi geldiği bilinmektedir. Yulaf sütü tadı besleyici değeri ve daha ucuz olmasıyla günlük süte alternatif bir gıdadır. Bitki uzmanları yulaf sütünü, sinir sistemi için tonik olarak değerlendirmiştir. Yulaf sütü

kolesterol ve laktoz içermez, yağ içermez, yüksek miktarda  $\beta$ -glukan, vitamin E, folik asit, fitokimyasallar içerir [84]. Yulaf içecekleri proses edilmiş yulaf ile sıvı içeriğin karıştırılmasıyla elde edilir, bu içerik laktik asit bakterilerinin de inoküle edilmesiyle fermente içecek haline gelir [85].

Çölyak hastalığının tedavisindeki en güvenli yol yaşam boyu glutensiz beslenmektir. Çölyak hastalarında buğdayın zarar veren bileşeni buğday glutenindeki prolamin bileşeni  $\alpha$ -gliadindir. Yulaf gliadin içermez ancak yulafta protein olarak avenin vardır. Yulaf glutensiz beslenmenin besin değerini hiçbir yan etki yapmadan artırır ve hastalarda güvenle kullanılabilir. Ayrıca yulafın glutensiz beslenmedeki diğer avantajları iyi bir besinsel lif kaynağı olması ve birçok mineral ve vitamin içermesidir [86].

Yulaf kepeğinin kanın kolesterolünü düşürmede başarılı olduğu, hayvanlar ve insanlar üzerinde yapılan klinik çalışmalarla saptanmıştır. Buğday kepeğinin ise kanın kolesterol seviyesine çok az veya hiç etki etmediği belirtilmiştir [87]. Sindirilebilen besinsel lif kalın bağırsağın içinde ilerler ve bağırsak bakterileri tarafından kısmen veya tamamen fermente edilir. Bu fermentasyon işlemi sırasında örneğin kısa zincirli yağ asitleri, ve gazlar gibi birçok yan ürünler oluşur. Fermentasyon işlemi ve oluşan yan ürünlerin sinerjik etkisi, diyet lifinin sağlık üzerine pozitif katkısını sağlar. Yulaf, hem çözünür hem de çözünmeyen diyet liflerini dengeli bir şekilde içerir. Yüksek miktarda diyet lifi alımı birçok koruyucu tıp ve besinsel etkiler ile pozitif ilişkilidir [88].

#### **2.4. Isıl İşlemlerin Yulafın Raf Ömrü Üzerine Etkisi**

Yulaf, yüksek yağ içeriği ve yüksek kalori değerine sahip olması nedeniyle değerli bir tahıldır. Ancak yüksek yağ içeriği ve enzim aktivitesi, yulafın işlenmesinde ransiditeye ve kısa raf ömrüne neden olduğundan istenmez [89]. Klasik fırında kurutma yöntemi raf ömrünü uzatırken, diğer ısıl işlemler gibi ısıya duyarlı vitaminlerin (B vitamini gibi) yıkımına sebep olur [82]. Fırınlama işlemi yulafın karakteristik tadını geliştirir, ve tahılların mikroflorasını azaltır. Yaygın olarak kullanılmasına rağmen kontrolü zordur,

enerji verimi sağlamaz ve kurutma işleminden sonraki soğutmada kullanılan havadan dolayı çapraz kontaminasyon riski taşır [90-91].

Yağlar depolama sırasında büyük değişiklikler geçirirler ancak serbest yağ asitlerinin etkileri ile ilgili bilgiler sınırlıdır. Serbest yağ asiti miktarı normal sıcaklıkta ve düşük nem seviyesinde çok az değişiklik gösterirken, uygun şartlarda depolanmayan yulaf veya işlenmiş örneklerde yükselir [92]. Bu yüksek lipolitik aktivite neticesinde öğütme işleminden haftalar ya da aylar sonra triglisitlerin hidrolizi hızlanır ve hızlı bir şekilde yağ asitlerinin ortaya çıkmasına neden olur, böylece hidrolitik ransidite gelişir. Açığa çıkan serbest yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda da oksidatif ransidite nedeniyle tat değişir [93]. Geleneksel olarak bu acılaşıma öğütmeden kısa bir süre sonra tüm tanenin veya enzimlerin inaktif hale getirilmesiyle engellenir. Bu enzim inaktivasyonu en kolay şekilde buharlı ısı ile işlemle gerçekleşir. Buhar stabilizasyonu ve bu işlemi takip eden kurutma işlemi sonucunda birçok enzim inaktif hale gelerek tat gelişimi sağlanır. Buna rağmen tek başına uygulanan buhar işlemi tadı etkilemezken, ısıtma işlemiyle beraber kullanıldıklarında beğenilen ve karakteristik etki oluşur [94]. Tahıl tanelerinin tüketiciler için işlenmesiyle besinsel, teknolojik ve ticari değeri artmasına rağmen, genellikle doğal yapısında bozulma meydana getirir. Isıl işlem sırasında uygulanan sıcaklık yulafın kalitesini etkiler. Aşırı ısı işlem istenmeyen oksidatif ransiditeye neden olurken, yetersiz ısı işlem ise enzim aktivitesinin devam etmesine neden olur.

Öğütme işleminden haftalar ya da aylar sonra triglisitlerin hidrolizi hızlanır ve enzimleri aktif hale gelen yulafın karakteristik acı tadı oluşur. Geleneksel olarak bu acılaşıma öğütmeden kısa bir süre sonra tüm tanenin veya ürünün enzimlerinin inaktif hale getirilmesiyle engellenir. Bu enzim inaktivasyonu en kolay şekilde buharlı ısı ile işlemle gerçekleşir. Ancak bu ısı işleminde riskleri vardır bu işlem sonradan depolamada yulafın doymamış yağ asitlerinin enzimatik olmayan reaksiyonunu teşvik eder. Enzimatik reaksiyonda oluşan acı tada karşın enzimatik olmayan reaksiyonda ransit tadı oluşur. Uygulanan ciddi ısı işlemlere rağmen bu ekşimsi tadı oluşur [95].

Hidrotermal ısı işlem yulafındaki enzimleri inaktif hale getirirken yulafın  $\beta$ -glukanın özelliklerindeki etkiler bu işlem sonunda oldukça viskoelastik  $\beta$ -glukan polimeri oluşur

[96]. Yulafın özellikleri ve nem miktarı hidrotermal ve termal işlemler neticesinde değişir [97].

Lipitlerle ilgili oluşabilecek problemleri azaltmanın bir yolu standart üretilen yulaf ürünlerine göre daha düşük yağ içerikli ürünler üretmektir. Bu düşük yağ içeriğine sahip yulaf çeşitlerinin seçilmesiyle veya yulafın lipit içeren kısımlarının ekstraksiyonla uzaklaştırılmasıyla olur. Fakat ekstraksiyon işleminin yulafın diğer fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi belirlenmemiştir [98].

Kısıtlı depolama stabilitesi yulaf ununun kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Uzun raf ömrüne sahip olabilmesi için yulaf işlendikten sonra oluşan yağ reaksiyonları engellenmesinde enzimlerin inaktif hale getirilmesi ve aşırı ısıtma gibi oksidatif işlemlerden kaçınılması kadar ürünün ambalajlanması da, özellikle materyalin UV-radyasyon, nem ve oksijen geçirgenliği depolama stabilitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir [95].

Molteberg ve ark.[93], %50 bağıl nemde 42 hafta boyunca depolanan üç farklı çeşit yulafın depolama stabilitesini araştırmış, 0, 5, 18 ve 42 haftalarda yapılan ölçümlerde; 18. Ve 42. haftalarda toplam yağ asidi miktarında düşme saptamışlardır. Çalışmada yağ asitleri arasındaki en fazla düşüş linoleik ve linolenik asitlerde görülmüştür. Oleik asit miktarı ise ilk ölçümde 3,08 g iken 42. haftada 2.80 g olarak tespit edilmiş, belirgin düşüş olduğu gözlenmiştir. Yulafa uygulanan buhar işlemi sonrası tanenin nemi ve sıcaklığı artar böylece tane daha akışkan bir yapı kazanır. Kullanılan buhar işleminin en büyük avantajı toksik olmaması ve hijyenik olmasıdır [99].

Tahıl depolanmasında temel amaç, tanenin tüm besin içeriğini ve işleme değerini taze tanedeki haliyle mümkün olduğu kadar uzun süre korumaktır [100]. Tahıl içerisindeki lipid oranı arttıkça güvenli bir depolama yapabilmek için uyulması gereken kritik nem değeri düşer. Ayrıca tanenin lipid içeriğinin fazla olması, tanede bulunan lipaz enziminin lipidlerle rahatça reaksiyona girmesini sağlar. Bu nedenle yüksek lipit içeren tahıl düşük nemde ve sıcaklıkta depolanmaları uygundur. Tahılda lipid oranı azaldıkça depolamada bozulmaya karşı direnç artar. Mısır gibi lipid içeriği yüksek olan bir diğer



tahıl türünde yulafıdır. Bu nedenle depolamada mısır ve yulaf diğer tahıllara nispeten daha düşük nem içeriğine sahip olmalıdır [101, 102]. Kavuzlu taneler ya da hasar görmemiş kavuzsuz taneler normal sıcaklıklarda ve düşük nem düzeylerinde (%10'dan daha az) depolandıkları zaman, lipidler çok az değişime uğrarlar. Sıcaklığın yükselmesi öğütülmemiş tanelerde bulunan lipidleri önemli derecede etkilemez, ancak %10'un üzerindeki nem düzeylerinde serbest yağ asitlerinin miktarı artar. Öğütülmüş yulafalarda ise, serbest yağ asitleri depolama süresince hızla artar, 30°C'de bu artış iyice hızlanır [103, 104].

Lipaz aktivitesi ile tanede serbest forma geçen çoklu doymamış yağ asitlerinin yanında bunların lipoksidaz tarafından oksidasyonunu inhibe edecek düzeyde antioksidan madde tokoferollerde mevcuttur. Zedelenmemiş tanedeki tokoferol miktarı, tane içi sınırlı oksijen şartlarında ransiditeyi önleyecek miktardadır. Ancak zedelenmiş tanede bu miktar yetersizdir [101]. Yulafa uygulanan kızgın buhar işlemi sonrası kabul edilebilir bir renk elde edilirken, viskozite artar ve peroksidaz enzimi inaktif hale gelir. Ek olarak hidrotermal işlem normal ticari ısıtma işlemine göre birkaç kat daha kısa sürmesinden dolayı önemli maddi ve enerji tasarrufu sağlar [105]. Hidrotermal işlem tanelerin nemlendirilmesini, kurutulmasını, ısıtılıp soğutulmasını sağlar. Buhar uygulamasında işlem süresi ile tanenin nem seviyesinin artışı arasında doğru orantı vardır, buharla işlem süresi uzatılırsa tanenin son nem içeriğinde artar [22]. Hidrotermal ısıtma işlem sonucu biyoyararlılığı olumsuz etkileyen fitat miktarında düşer [106].

Yulaf işlemede rutin haline gelen hidrotermal işlem yulaf unundan hazırlanan hamurunun reolojik özellikleri üzerinde de büyük bir etkiye sahiptir. Tavlama ve buhar işleminin yulaf tanesinin hamurun yoğurma ve ekmek yapma özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, hidrotermal işlem uygulanan yulaf unu ile buğday unu karıştırılmıştır. 105°C'de 2 saat tavlanan yulaf tanelerinden elde edilen yulaf unu ve buğday unu karşılaştırıldığında, buğday unundan hazırlanan hamur ve ekmeklik özellikler üzerine ısıtma işlemi etkisi olumsuz olmuştur. 105°C'de 20 dakika buhar işlemi uygulanan veya tavlama ile buhar işlemi birarada kullanıldığında ise yulaf ununun, ekmekçilikte kullanım potansiyeli artmıştır [107].

## 2.5 Yulaf İşleme

Yulaf raf ömrünü uzatmak, tüketici beklentilerini karşılamak ve ürün çeşitliliğini arttırmak üzere çeşitli ön işlemlerden geçirilerek tüketime hazır hale getirilir. Yulafın işlenmesi yabancı maddelerin uzaklaştırılması (temizleme) ve boylama (eleme), kavuz soyma-ayırma ve ısıl işlem (kilning), boylama (eleme) ve son ürün (kırılmış yulaf, ezme, un ve kepek) haline getirme gibi birçok adımı içerir. Bazı durumlarda, yulaf işlem öncesi değirmene gelmeden önce, temizlenmiş ve boyutlandırılmış olabilir. Bu durumda yulafın öğütme verimi artar, sevkiyat masrafları düşer ve oluşan yan ürün miktarı azalır [108].

**Ön Temizleme:** Hasat ve taşıma sırasında yulafa yabancı maddeler (sap, saman, toz, taş, kum, metal parçacıklar, yabancı ot tohumları, diğer hububat taneleri, cılız ve kırık yulaf taneleri, vs.) karışabilir ve yulafın insan tüketimine uygun hale gelmesi için bu yabancı maddelerin ayrılması gerekir. Yulaf, işlenmeden önce %1'den fazla yabancı madde ve %15'ten fazla nem içermemelidir. Yulafın nem içeriği hem kavuz soyma işleminin verimi açısından hem de enzimlerin inaktivasyonunda önemlidir [94].

**Depolama:** Yulaf uygun koşullarda (20°C sıcaklık, %12-14 nem içeriği); böcek, kemirgen vb. zararlılardan korunduğunda ve tane bütünlüğü bozulmadığında yaklaşık bir yıl süreyle sağlıklı şekilde depolanabilir. Ancak, yulafın öğütülmesiyle birlikte yağ globüllerinin parçalanması ve lipaz enzimi aktivitesi sonucunda, serbest yağ asitleri açığa çıkar. Serbest yağ asitlerin açığa çıkması hidrolitik ransiditenin (acılaşma) ve oksidasyonun gelişmesine neden olur. Lipaz, yulaf tanesinin alöron kısmı da dahil olacak şekilde kepekte yoğunlaşmış halde ve endospermde bulunur. Yulaf lipaz enzimleri; pH 7.4' de 37-38°C' de optimum aktiviteye sahiptir. %10-20 oranında kabuk soyma (pearling) işlemi ile lipaz aktivitesinde %20-80 azalma sağlanabileceği gösterilmiştir. Yulafta bulunan doymamış yağ asitlerinin lipoksijenaz etkisiyle oksidasyona uğraması peroksitlerin oluşumuna neden olur. Peroksitler tatsız ve kokusuz maddelerdir ancak, peroksidaz enzimi aktivitesi sonucunda uçucu (aldehit, heksanal ve 2-pentilfuran) ve uçucu olmayan (epoksi yağ asitleri ile hidroksi yağ asitleri) bileşiklere dönüşerek, yulafta istenmeyen tad koku (off-flavor) ve ransiditenin gelişmesine neden olur. Yulafta lipoksijenaz aktivitesi arpa ve buğdaya göre daha düşüktür. Buna göre;

yulafta ransidite gelişmesinde kimyasal oksidasyonun enzimatik oksidasyona göre daha etkili olduğu söylenebilir. Ayrıca, çeşitli reaksiyonlar sonucu açığa çıkan bazı fenolik maddeler (*p*-kumarik asit, vanilin and *p*-hidroksibenzaldehit), peptitler ve aminoasitler (L-triptofan and L-tyrosine) de yulafta acılaşımaya neden olabilir. Su aktivitesi ( $a_w$ ), oksijen miktarı ve oksijenle temas eden yüzey alanı, sıcaklık, metal iyonları, ışık gibi faktörler de yulafta enzimatik ve kimyasal bozulma reaksiyonları üzerine etkili diğer faktörlerdir [108].

Temizleme (Yabancı Maddelerin Uzaklaştırılması): Yulaf işlemeye alındığında öncelikle manyetik ayırıcıdan geçirilerek, yabancı metal parçalarından (vida, çivi, somun vb.) ayrılır. Daha sonra yulaf, bir dizi elekten geçirilerek, büyük (sopa, taş, sap gibi) ve küçük safsızlıkların (kum, yabancı ot tohumları, toz gibi) ayrılması sağlanır. Yulaf daha sonra hava kanalına (aspiratör) girer ve hafif yabancı maddeler uzaklaştırılır. Bu işlemi taş ayırıcı izler ve taş ayırıcı yüksek yoğunluğa sahip küçük boyutlu taş parçalarını ve diğer tahılları (mısır gibi) ayırır. Böylece yulaf tanesi dışında kalan tüm safsızlıklar uzaklaştırılmış ve yabancı madde miktarı  $<1\%$  düşürülmüş olur [108,109].

Sınıflandırma (Boylama): Temizlenmiş yulaf doğal yapısı gereği farklı şekil ve boyutlara sahip olabilir. Bu nedenle öğütme/işleme verimini arttırmak üzere farklı gözenek iriliğine sahip bir dizi elekten geçirilerek yoğunluk ve ağırlık esasına göre 2-4 kısma ayrılır. Bu işlem; yüksek kavuz soyma verimi ve yulaf tanelerinin kırılmamasını sağlayacak şekilde optimum koşullarda gerçekleştirilmiştir [108].

Kavuz Soyma: Yulaf kavuzu sindirilemez ve bu yüzden uzaklaştırılması gerekir. Kavuz soyma cihazlarında kavuzun taneden ayrılması sağlanır. Bu süreç yulafların  $85\%$ 'inin kavuzu soyulana kadar devam eder ancak bu sırada çok fazla tanenin kırılmasına sebep olur. Kavuz soymada verim; yulaf ağırlığına, nem miktarına ve kabuk soyma makinesinin verimliliğine bağlıdır. Kavuz soyma makinesinde yulaf kavuzu iki disk arasında sürtünerek taneden ayrılır [94]. Dönme hızı kavuz soymanın verimliliğini arttırması ve taneye zarar vermemesi için iyi ayarlanmalıdır. Örneğin iri yulaflarda kavuz soyma makinesi kavuzu ayırmak için düşük hızla çalışırken, küçük yulaflar için daha yüksek hız gerekir. Kavuz soymak için  $12-13\%$  nem idealdir ( $<15\%$ ). Daha düşük

değerlerde taneler kırılır. Kavuz soymanın devamında aspirasyon ve/veya hafif tane ayırma (gravity table) makinası ile ayrılan kavuzlar uzaklaştırılır. Kavuzu ayrılmamış olan yulaf lar tekrar soyma sisteminin baş kısmına gönderilir [108].

Isıl İşlem (Kilning): Kalitesi yüksek ve raf ömrü uzun bir yulaf ürünü için en kritik aşamadır. Bu aşamada, lipolitik enzimlerin (lipaz, lipoksijenaz ve peroksidaz) inaktivasyonu sağlanırken; karbonil ve amin bileşiklerinin oluşumuyla kavrulmuş, kızarmış fındık benzeri bir aromanın gelişimi sağlanır, renk koyulaşır. Hidrotermal işlem hasat sonrası yulafın stabilizasyonunda kullanılan; kurutma, ısıtma gibi teknolojiler arasında önemli bir yer tutar. Kuru ısıtma işleme göre daha başarılı sonuçlar alınan bir yöntemdir. Hidrotermal işlem kapsamında dikey bir kolon içerisine alınan örneğe buhar verilerek nemin hızla ~%12'den ~%16'ya çıkması sağlanır. Kolon çıkışında hava akımı verilerek ürünün soğuması ve fazla nemin uzaklaştırılması sağlanır. İşlem 90-120 dakikada tamamlanır. Ancak 9 dk. buhar uygulamasından sonra 100°C'de 45 dk. ve 65 °C'de 15 dk. veya 100°C'de 2-3 dakikalık bir buhar uygulamasıyla nem miktarının %12-17'ye çıkarılması ve >95°C'de 70 dakika ısıtma işlemi uygulaması şeklinde farklı uygulamalarda da enzim inaktivasyonu sağlanabilmektedir. Enzim inaktivasyon hızı; yulafın nemi, sıcaklığı ve işlem süresine bağlıdır. Genel olarak sıcaklığın 10°C artması enzim inaktivasyon hızında 5-10 katı kadar artışa neden olur. İşlemler sırasında nem, sıcaklık ve zaman çok hassas bir şekilde kontrol edilmelidir. Yulafın stabilizasyonunda kullanılan işlemlerin etkinliği, peroksidaz enziminin termal stabilitesinin, lipaz ve lipoksijenaz enzimlerine göre daha yüksek olması nedeniyle pratikte peroksidaz aktivitesine bakılarak kontrol edilmektedir. Endüstriyel uygulamalarda ısıya duyarlı vitaminlerde (B1 vitamini gibi) %20-40 oranında kayıp söz konusu olabilir. Bu işlemler sonucunda işlenmiş veya yarı işlenmiş yulaf ürünleri elde edilerek raf ömrü uzatılmış olur. Ayrıca, yulafın mikrobiyal yükü azaltılmış ve mekanik direnci arttırılmış olur. Isıl işlem sonrasında uygulanacak işlemler elde edilecek ürünün özelliklerine göre değişiklik gösterir.

Sınıflandırma (Boylama): Isıl işlem sonrasında iri ve küçük yulaf taneleri, kırık yulaf ve parçacıklar verimi arttırmak üzere bir dizi elek sistemi kullanılarak boylarına göre sınıflandırılır. Kırılmış (steel-cut) yulaf, yulaf ezmesi ve yulaf unu en yaygın işlenmiş

yulaf ürünleridir. Yulaf ezmesi ve yulaf unu gibi işlenmiş ürünler yulaf tanesinden veya kırılmış yulaftan üretilir [108].

Kurutma: Yulafın kalite özelliklerinin olumsuz etkilenmeyeceği sıcaklıklarda (<75°C) gerçekleştirilir [110].

## **2.6. Yulafın Kullanım Alanları**

Beta-glukanlar ve biyoaktif fitokimyasallar bakımından zengin içeriği ile sağlığa faydalı diğer özelliklerinden dolayı yulaf ve yulaf ürünlerinin tüketimi son yıllarda giderek artmaktadır [111].

Yulaf insanlar için yetiştirildiğinde, yüksek oranda  $\beta$ -glukan içermesi istenirken, hayvanlar için yetiştirilen yulaflarda yüksek  $\beta$ -glukan oranı istenmez. Diğer tahıllardan farklı olarak yulafın hayvan ve insan tüketimi için belirli bir endüstriyel standard yoktur. Alıcılar hayvan yemi için veya öğütmek için kullanılan yulafların kalitesi farklı olduğundan dolayı ihtiyaçlarına göre alım yaparlar [112].

Yulaf tanesi, saman ve yeşil yem olarak hayvan beslenmesinde ve insan gıdası olarak endüstride kullanılır. Yulaf insan beslenmesinde, yulaf unu, yulaf ezmesi ve kahvaltılık gevrek şeklinde tüketilir. Yulaf unu ve çorbası genç bireylerin beslenmesinde ve bir kısım cilt hastalıklarının tedavisinde kullanılır. Avenex ismiyle piyasaya sürülen yulaf unu ayrıca, süt ürünlerinin, dondurma ve şekerlemelerin, balık ve ürünlerinin raf ömrünün uzatmak amacıyla kullanılmaktadır [31].

Yulaf tahıl çeşitleri arasında özellikle iklimin mısır ve soya yetiştirmeye elverişli olmadığı yerlerde büyük bir öneme sahip yerel besindir. Yulaf tanesinin ağırlıkça yaklaşık %25'lik kısmının kavuz olması özellikle geniş getiren hayvanlar tarafından iyi bir şekilde tolere edilir ve yemin sağlaması gereken enerji yoğunluğunu azaltır. Yulaf kavuzunun sindirime yardımcı olmasından dolayı yulaf atlar için tam haliyle tercih edilen bir tahıldır. Tay ve çeki hayvanlarının hızlı ve güçlü olması ve kas gelişiminin artması için yulaf, rasyonlarına katılmaktadır. Kümes hayvanları ve domuzlar için yulaf

tam hali yerine kavuzsuz şekilde veya yulaf tanesi olarak tercih edilir, ancak içerdiği  $\beta$ -glukandan dolayı genç tavuklar için kullanılmaz [113].

Yulaf kavuzu yulafın öğütülmesi esnasında elde edilir. Yulaf kavuzu endüstriyel olarak metan üretiminde yani biyogaz olarak kullanılabilir. Kavuz içerdiği lignoselüloz sayesinde ekonomik potansiyele sahiptir bir tarımsal bir yan üründür [114].

Fermente yulaf ürünleri son halinde canlı hücre popülasyonu ve  $\beta$ -glukan içermesi nedeniyle önemli biyoaktiviteye sahiptir [115]. Fermentasyon ile yulaftan yoğurt benzeri ürün geliştirilmeye çalışılmış bunun sonucunda da elde edilen ürün için kabul edilebilir görünüm ve tat elde edilmiştir. Laktik asit bakterileri ile gerçekleştirilen fermentasyon sonucunda asitlik değeri yüksek, karbonhidrat miktarı azalmış ve yoğurda benzer tat oluşumu ve canlı sayımı gözlenmiştir [116]. Yulaf unundan elde edilen ekmekler sahip oldukları diyet lifi, antioksidanlar ve diğer fitokimyasallar ile yüksek besin kalitesi dışında fındık benzeri, ekşiliği giderilmiş hoş bir tat içerirler. Harika su tutma özellikleri ile ekmeğin daha fazla süre taze kalmasını sağlarlar ve nişastanın parçalanması daha azdır [117].

Yulaf ilavesi ile ekmek ve bisküvi denemeleri sonucunda, tam yulaf unu ilavesi ile hamurun su absorpsiyonu artarken, ekmek hacminin düştüğü belirlenmiştir. %20'ye kadar yulaf içeren ekmek kabul edilebilir özellikler gösterirken %30 ve %40 oranlarında hacim ve kalite özellikleri olumsuz etkilenmiştir. Bisküvi üretiminde ise yulaf oranı arttıkça hamurun işlenmesi zorlaşmış, bisküvilerin ise yayılma oranı artmıştır. %20'ye kadar yulaf ilavesi uygun bulunmuştur [73].

Farklı özellikteki iki ekmeklik una (A ve B) değişik oranlarda (%0, %5, %10, %15 ve %20) yulaf kepeği katılarak doğrudan, sponge ve ekşi hamur yöntemleriyle ekmekler yapıp, bu ekmeklerin fonksiyonel ve teknolojik özellikleri incelenmiştir. Yulaf kepeği her üç yöntemde de ekmeklerin fitik asit, toplam fosfor, çözünmeyen, çözünen ve toplam diyet lif miktarlarıyla fenolik madde ve antioksidan aktivite değerlerini artırmıştır. Yulaf kepeği ekmeklerin hacim verimlerini ve spesifik hacimlerini azaltmış, ekmek rengini koyulaştırmış, sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerini ise artırmıştır.

Ekmeklerin spesifik hacimlerinin ve hacim verimlerinin ekşi hamur ekmeklerinde genellikle en düşük olduğu belirlenmiştir [118].

Bu tez kapsamında yulaf unu ve yulaf kepeğinin raf ömrü üzerine ısı işlemin ve saklama koşullarının (vakumlu, vakumsuz, buzdolabı sıcaklığı ve oda sıcaklığı) etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla 18 ay boyunca bazı kalite kriterlerindeki değişim belli aralıklarla izlenmiştir. Ayrıca ısı işlem görmemiş kabuğu soyulmuş yulaf da benzer koşullarda depolanmış belli aralıklara kalite özellikleri belirlenmiştir.

### 3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

#### 3.1. Materyal ve Metot

Tez kapsamında, 2019 yılında yetiştirilen, Ülker Önem Gıda A.Ş. tarafından temin edilen Kahraman cinsi 12 kg yulaf unu ve 12 kg yulaf kepeği ile 8 kg kabuğu soyulmuş ham yulaf kullanılmıştır (Şekil 3.1.). Yulaf örnekleri aynı firmanın Ankara Pursaklar'da kurulu tesislerinde hazırlanmıştır.



Şekil 3.1. Kullanılan ham yulaf, yulaf unu ve yulaf kepeği örneği.

Temizlenen ve elekten geçirilen ham yulaf taneleri kavuz soyucudan geçirilerek kavuzlarından ayrılır. Hidrotermal ısı işlem; tavlama (Annealing) ve nemli ısı işlem (HMT) olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Soyulmuş yulaflar elekten geçirilerek nem oranı %17 olacak şekilde 25°C'de 20 dakika tavllanır. Daha sonra yulafa 125°C sıcaklık ve 1,500 bar basınç altında çalışan buharlı enzim kazanında 240 saniye süreyle ısı işlem uygulanır. Enzim inaktivasyonu için gereken basınç, sıcaklık ve süre gibi ısı işlem parametreleri ön denemelerde belirlenmiştir.

Basınçlı buhar uygulanan kazanda yulaf tanesine ısı işlem uygulanır, işlem sonrası düz valslerde yulaf ezilir ve kurutucuya alınarak 110°C'deki 3 dakikalık kurutma işleminden sonra rutubeti düşürülür ve kırma valsinde parçalanır. Yulaf son kez elenerek ayrılır ve elek üstünde kalan kısım tekrar sisteme dahil edilerek yulaf unu ve yulaf kepeği örnekleri elde edilir. Isıl işlem uygulanan yulaf unu ve yulaf kepeği örnekleri; enzim aktivitesi kontrolü yapıldıktan sonra hava, oksijen ve su buharı bariyerine sahip bir ambalaj materyali (%70 polyamid ve %30 polietilen) kullanılarak vakum uygulanmadan veya vakum uygulanarak 1 kg'lık paketler halinde oda sıcaklığında (24±1°C) ve

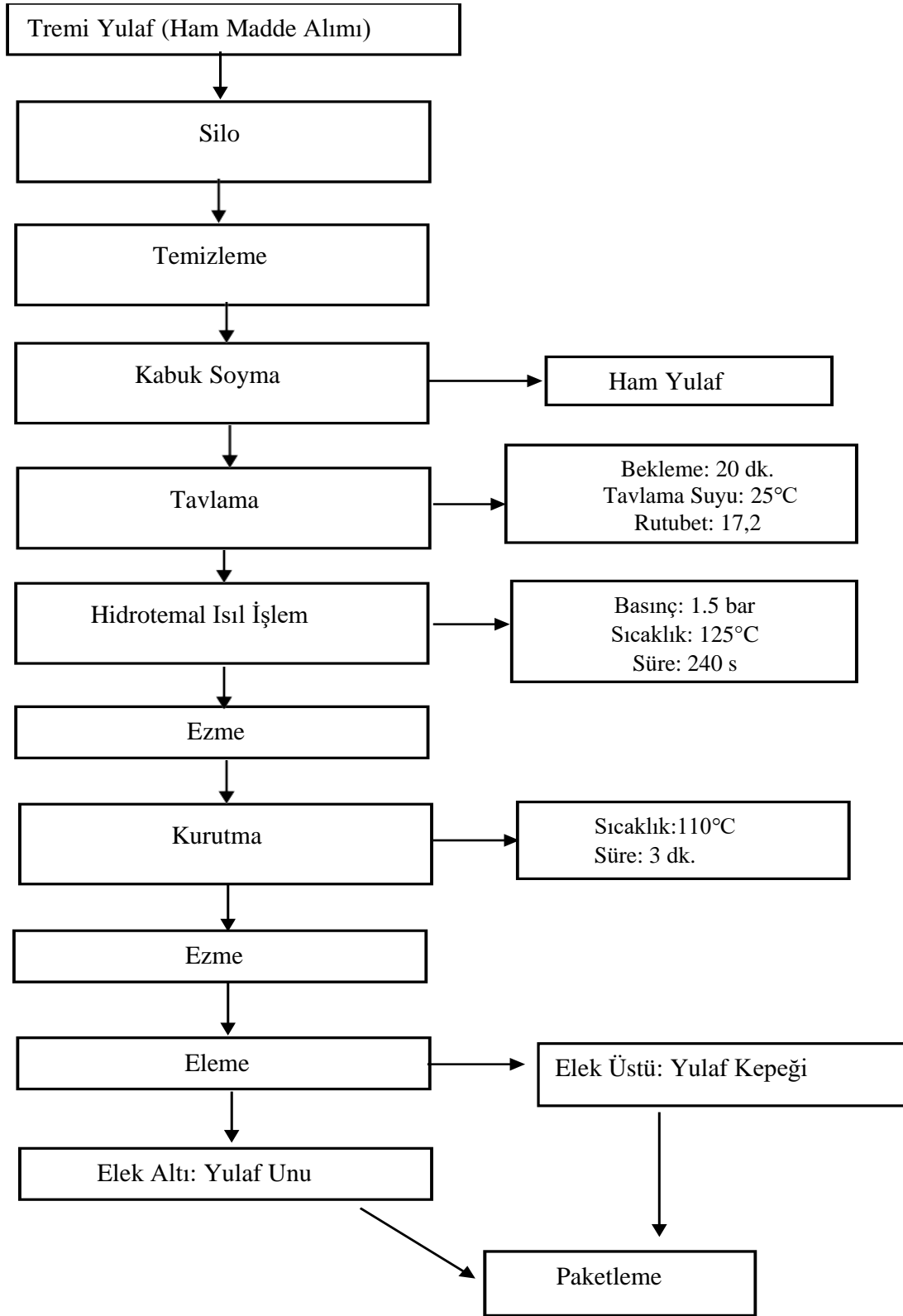


buzdolabı (4-6°C) koşullarında 4 ay depolanmıştır, bu sürede belli aralıklarla (0, 3, 6, 14, 18. haftalar) yulaf unu ve yulaf kepeği örneklerinde, peroksit değeri (meq oksijen/kg), serbest asitlik (sülfürik asit cinsinden %), su aktivitesi ( $a_w$ ) ve renk ( $L$ ,  $a$  ve  $b$ ) değerindeki değişimler tespit edilmiştir. Analizler yapılmadan önce yulaf unu 12 mesh (1648 mikron) krom-nikel elekten geçirilmiştir, yulaf kepeği örnekleri ise mini öğütücüde (Arzum Bebbe) öğütülüp daha sonra 1-00 mm'lik elekten elenerek analizlere hazırlanmıştır.

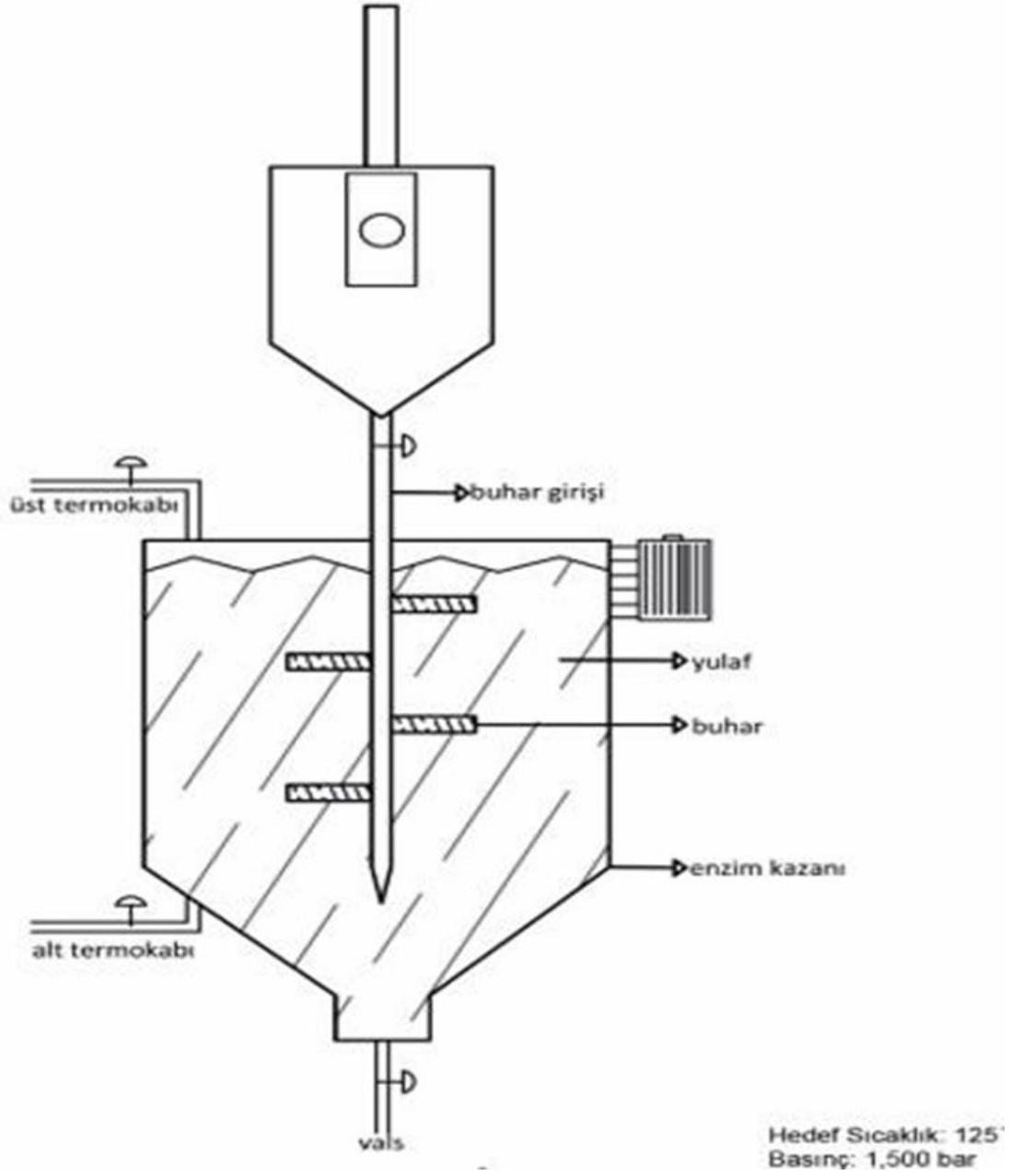
Kabuğu soyulmuş ham yulaf örnekleri herhangi bir ısı işlem görmeden oksijen ve su buharı bariyerine sahip bir ambalaj materyali (%70 polyamid ve %30 polietilen) kullanılarak vakum uygulanmadan veya vakum uygulanarak 1 kg'lık paketler halinde oda sıcaklığında ( $24\pm 1^\circ\text{C}$ ) ve buzdolabı (4-6°C) koşullarında 1,5 ay depolanmıştır, bu sürede belli aralıklarla (0, 3, 6. haftalar) boyunca peroksit değeri (meq oksijen/kg), serbest asitlik (sülfürik asit cinsinden %), su aktivitesi ( $a_w$ ) ve renk ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ) değerindeki değişimler tespit edilmiştir. Analizler yapılmadan önce ham yulaf örnekleri mini öğütücüde (Arzum Bebbe) öğütülüp daha sonra 0,9 mm'lik elekten elenerek analizlere hazırlanmıştır.



Şekil 3. 2. Ham yulafın öğütülmesi ve elenmesi.



Şekil 3.3. Yulaf stabilizasyonunda kullanılan ısıl işlem akım şeması.



Şekil 3.4. Denemelerde kullanılan hidrotetal ısıtım işlem düzeneği.

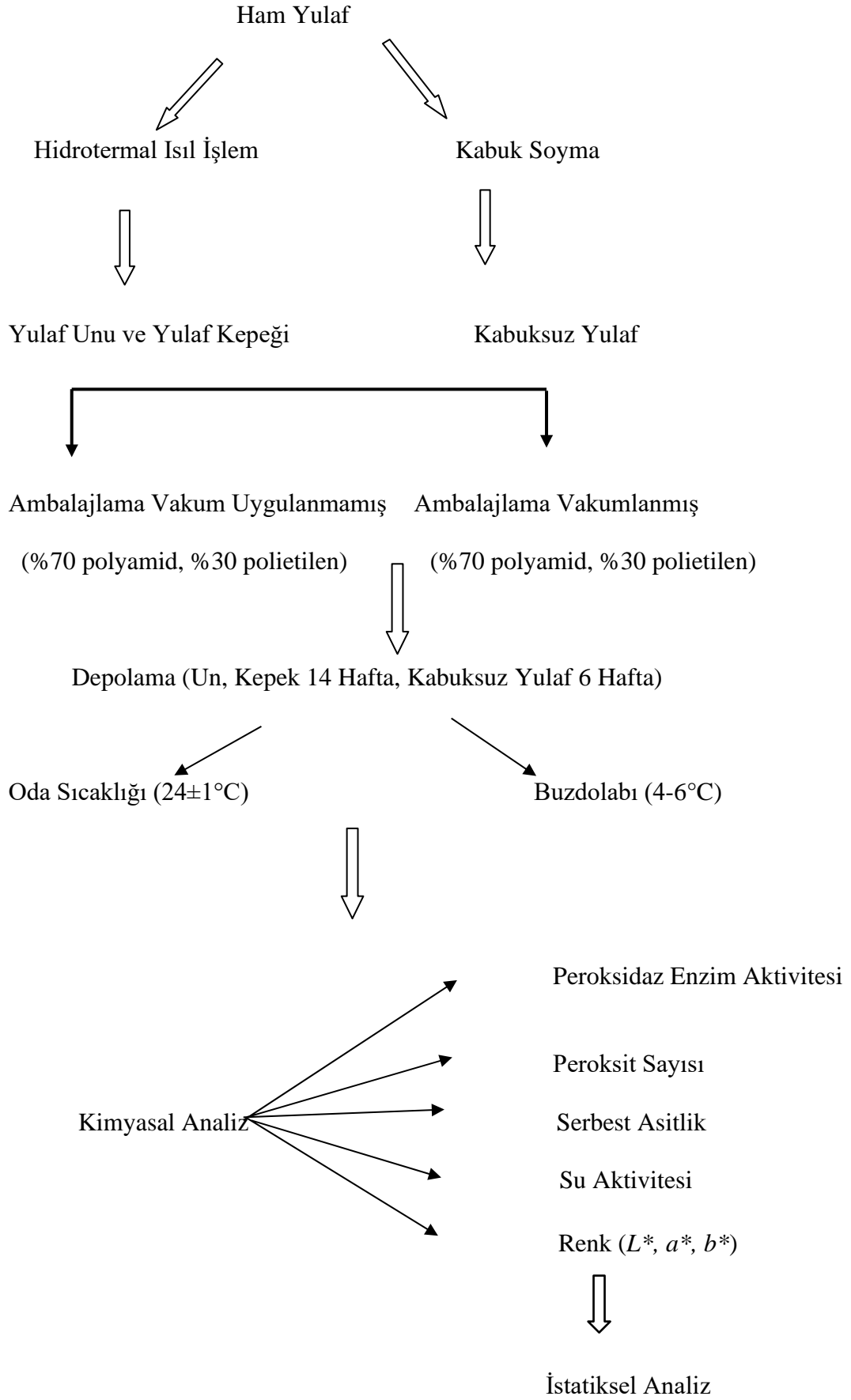
Yulaf tanesine uygulanan 125°C'deki ısıtım işlem sonrası yulaf unu ve yulaf kepeği örnekleri ikiye ayrılarak; bir kısmı hava, oksijen ve su buharı bariyerine sahip ambalaj %70 polyamid ve %30 polietilen birleşiminden oluşan gıdaya uyumlu şeffaf torbalar kullanılarak masaüstü vakum makinesi (Lipovak MV-20, Türkiye) yardımıyla ambalajlanmıştır. (Şekil 3.4). Bu ambalaj maddesi yüksek darbelere, mekanik özelliklere ve güçlü standartlara sahiptir, çeşitli organik çözücülere ve asit-baz

korozyona karşı dirençlidir. Ambalajlanmış örnekler (4-6°C)'ye ayarlanmış soğuk depoda ve oda sıcaklığında (24±1°C) muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.5. Vakum makinesi ve vakum paketlenmiş örnek.

Tez kapsamında kullanılan deneme planı Şekil 3.5'de verilmiştir.



### Şekil 3.6: Deneme planı

Ham yulaf, yulaf unu ve yulaf kepeği örneklerinde nem miktarı, protein miktarı, kül miktarı, su aktivitesi, yağ ekstraksiyonu, serbest yağ asitliği, lipaz aktivitesi, peroksit değeri, indüksiyon periyodu ve renk değerlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

#### **3.1.1. Kimyasal Analiz Örneği Hazırlama**

Yulaf örnekleri Labofix dokaj cihazında (Emceka-Gompper Köln, Bundesrepublik, DeutschLand) temizlendikten sonra kavuzları Codema laboratuvar tipi kavuz soyma cihazında (Minnesota, United States) soyulmuştur. Soyulan örnekler içerisinde kalan kavuzlu yulaf taneleri ve kavuz parçaları elle seçmek suretiyle uzaklaştırılmıştır. Kavuzu ayrılan örnekler Retsch ZM 200 Ultra Santrifüj Öğütücü (Retsch GmbH Haan Almanya) ile 500 mikron elek kullanılarak öğütüldükten sonra elde edilen tam yulaf unlarında protein miktarı, yağ miktarı ve kül miktarı analizleri yapılmış sonuçlar kuru madde (KM) üzerinden verilmiştir.

#### **3.1.2. Sokselet (Soxhelet) Ekstraksiyonu ile Yağ Miktarının Belirlenmesi**

Yöntem, numunenin bir çözücü ile ekstrakte edilip daha sonra çözücünün uzaklaştırılması ve kalıntının tartılması prensibine dayanmaktadır. Yulafta yağ miktarı, AOAC Metot No: 2003.06 [119]'a göre belirlenmiştir. Ekstraksiyon işleminde çözücü olarak n-hekzan kullanılmıştır. Yağ miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar, 2 değer in ortalaması olarak kuru madde (KM) üzerinden verilmiştir.

$$\%Yağ = [(M2-M1)/m] \times [100/(100-R)]$$

M1= Sabit tartıma getirilmiş balonu ağırlığı, g

M2=Balonda son tartımda bulunan toplam yağ miktarı, g

m= Örnek ağırlığı, g

R= Örneğin rutubeti, %

### **3.1.3. Nem Analizi**

Yulaf ürünlerinde nem tayini, AACC metod No: 44-01 (AACC 2000)'e yöntemine göre tespit edilmiştir [120].

### **3.1.4. Protein Analizi**

Örneklerin protein miktarı, AACC Metod No:46-30'a [121]'e göre Dumas protein tayin cihazında belirlenmiştir. Tam tane yulaf unları için 6,25 faktörü kullanılmıştır.

### **3.1.5. Kül Analizi**

Yulaf örneklerinde kül miktarı AACC metod No:08-01 (AACC 2000) yöntemine göre tespit edilmiştir [121].

### **3.1.6. Renk Analizi**

Renk analizi, Minolta CM-3600 D renk analiz cihazı kullanılarak hem yulaf unu, yulaf kepeği hem de ısıtılmış işlem görmemiş kabuksuz yulaf için yapılmıştır. Spektrometre (Spectrophotometer CM-3600 D, Minolta, Inc., Osaka, Japan) kullanılarak yulaf unu ve de yulaf kepeği örneklerinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri tespit edilmiştir. Renk skalasında  $L^*$  parlaklık derecesi (siyah (0) ve beyaz (100)),  $a^*$  yeşillik-kırmızılık (kırmızı (+100) ve yeşil (-100)) ve  $b^*$  mavilik- sarılık (sarı (+100) ve mavi (-100)) renk değerlerini ifade eder. Un ve kepek için üç farklı noktada yapılan ölçümlerle analiz gerçekleştirilmiştir. Ölçüm öncesinde beyaz ve siyah plakalar kullanılarak cihazın kalibrasyonu yapılmıştır.

### **3.1.7. Su aktivitesi Tayini**

Su aktivitesi değerleri, su aktivitesi ölçüm cihazı (Novasina LabTouch, İsviçre) kullanılarak 25°C'de belirlenmiştir. Analiz öncesi cihazın kalibrasyonu yapılmıştır.

Yulaf örnekleri örnek kabının 2/3'ünü kaplayacak şekilde doldurulmuş daha sonra ölçümler gerçekleştirilmiştir.

### 3.1.8. Serbest Yağ Asitliği Değeri

Örneklerde serbest asitlik değeri TSE 13625 (5.3.6) madde numarasına göre yapılmıştır [122]. 10 g un 100 mm'lik ağzı şilifli ve kapaklı ölçü silindirine aktarılır. Üzerine 20 °C 'de 50 ml %96'lık etil alkol eklenir. Ölçü silindirinin kapağı kapatılır ve çalkalanır. Zaman zaman çalkalanarak bu şekilde bekletilir. Süre sonunda üstteki berrak kısımdan 25 ml alınır ve 100 ml'lik erlene aktarılır. (Bulanıklık varsa süzgeç kağıdından süzülür. Süzüntüden 25 ml alınır ve 100 ml'lik erlene aktarılır). Üzerine 3 damla fenolftalein (etilalkolde %3 m/v) damlatılarak 0.01 N NaOH ile hafif pembe renk alıncaya kadar titre edilir. Titrasyonda kullanılan büret 1-20 ml taksimatlı olmalıdır. Asitlik tayini için şahit denemede yapılır. Uçuk pembe renk görülünce titrasyon tamamlanır. Kullanılan NaOH miktarı not edilir. Sonuçlar aşağıdaki formül kullanılarak, kuru madde üzerinden % (m/m) sülfürik asit cinsinden hesaplanır.

$$\text{Asitlik \%} = 9.8x \frac{(V1 - V2) \times F}{\text{Ö} \times (100 - R)}$$

V1 = esas denemede ki 0.01 N NaOH sarfiyatı

V2 = şahit denemede ki 0.01 N NaOH sarfiyatı

F = 0.01 N NaOH' in faktörü

Ö = Numune miktarı

R = Rutubet miktarı

### 3.1.9. Peroksit Sayısı Tayini

Yulaf unu ve kepeği peroksit sayısının belirlenmesi için AOCS Cd 8-53 [123], AOAC 920,75 [124], TS 2383 [125] ve TS 894 [126] referans metot olarak kullanılmıştır. Yaklaşık 100 g örnek, 200 ml n-hekzan eklenerek bir saat süreyle magnetik karıştırıcı bekletilir. Çalkalama işleminden sonra süzgeç kâğıdı yardımı ile yağı alınmış örnek ayrılarak yağ çözücü karışımı 10 dakika Soxhlet cihazında kaynatılır ve çözücü Soxhlet balonunda toplanır. Balon ekstraksiyon süresi sonunda



30 dakika 80 °C de etüvde bekletilerek uçucunun uzaklaştırılması sağlanır. 5±0,05 g ekstrakt 250 ml'lik cam kapaklı erlene tartılır ve üzerine 30 ml asetik asit kloroform çözeltisi (3:2) eklenerek karıştırılır. 0,5 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklendikten sonra tam bir dakika karıştırılır ve 30 ml distile su ilave edilir. Daha sonra 0,1 N sodyum tiyosülfat ile sarı iyodür rengi kaybolana kadar titre edilir. Yaklaşık 2 ml nişasta indikatör çözeltisi (%1'lik) ilave edilir ve sabit hızda kuvvetli karıştırarak 0,1 N sodyum tiyosülfat ilavesi ile titrasyona devam edilir. Mavi rengin oluşunca titrasyona son verilir. Her örnekle birlikte şahit örnek de hazırlanır ve sonuçlar mili eşdeğer oksijen/1000 g örnek olarak ifade edilir.

$$P. D. = \frac{N \times (\ddot{O} - K) \times 100}{\text{Örnek Ağırlığı}}$$

PD. = Peroksit değeri

K = Kör için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi hacmi (ml)

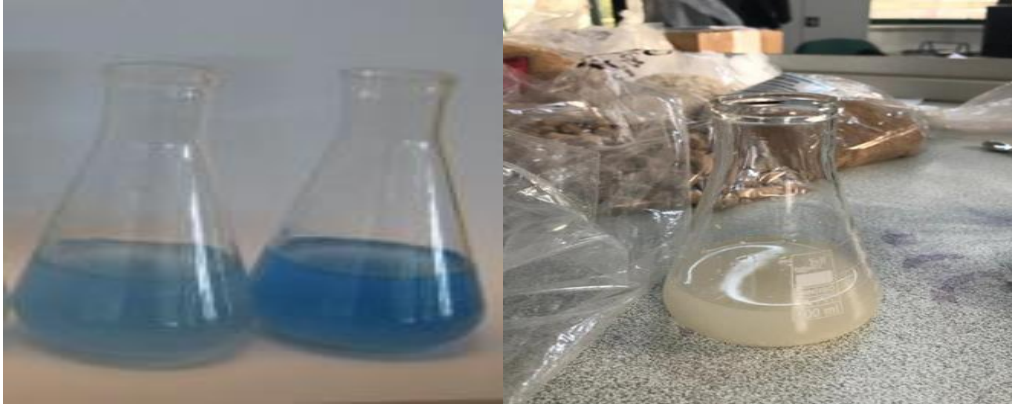
Ö = Örnek için harcanan sodyum tiyosülfat çözeltisi hacmi (ml)

N = Sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi

PD. = Peroksit değeri (meq O<sub>2</sub> /1000g)

### 3.1.10. Peroksidaz Enzim Aktivitesi Tayini

Yulaf unu ve yulaf kepeğinde peroksidaz enzimi tayini AACC International Method 22-80.01 [127], kullanılarak yapılmıştır. İki ayrı erlene (125 ml'lik) birer g yulaf örneğinden tartılır. Erlenenden birincisi analiz örneği ikincisi şahit olarak tanımlanır. Örnekler üzerine 50 ml distile su ilave edilerek iyice karıştırılır. %37' lik 2 ml askorbik asit çözeltisi ve 3 ml indikatör (40 mg 2,6 dikloro indofenol sodyom tuzu, 140 ml distile suda çözüldükten sonra 200 ml hacime distile su ile tamamlanır) ilave edilir ve %30' luk hidrojen peroksit çözeltisi (0,1 ml) ilave edilir. Şahite ise hidrojen peroksit çözeltisi ilave edilmez. Erlen içerikleri iyice karıştırılır. Analiz örneği ve şahit 38°C'de su banyosunda 5 dakika bekletilir. Örnek ve şahit beyaz zemine karşı yerleştirilerek renk değişikliği gözlenir.



(a)

(b)

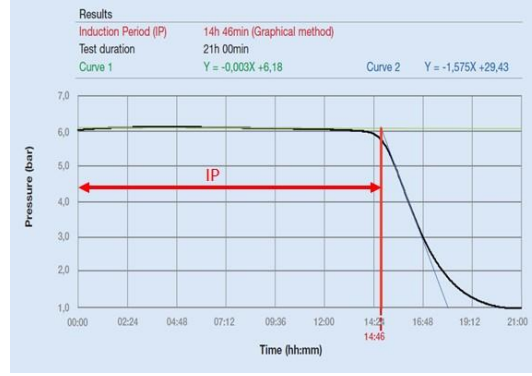
(c)

Şekil 3.7. Peroksidaz aktivitesi (a) Gri ya da açık mavi renk; enzim (pozitif), (b) Mavi renk; enzim (pozitif), (c) Renksiz enzim (negatif).

### 3.1.11. İndüksiyon Periyodu (Oksitest) Tayini

Oksitest oksidasyonu hızlandıran iki önemli parametre olan sıcaklık ve oksijen basıncı parametrelerinin değiştirilmesine imkan sağlayarak oksidasyon sürecini hızlandırmaktadır. Bu amaçla genellikle sıcaklık 90°C'ye basınç ise 6 bar değerine ayarlanmaktadır. Cihaz hazne içerisindeki mutlak basınç değişimini ölçmekte ve dolayısıyla örnekte bulunan reaktif bileşenlerin oksijen tüketimini görüntülemektedir. Bu sayede örneğe ait indüksiyon periyodu (IP) değeri belirlenmektedir. Örneklerin depo stabilitesi indüksiyon periyodunun Oksitest cihazında (AOCS Cd 12c-16) belirlenmesi ile tespit edilmiştir [126]. İndüksiyon periyodu oksidasyonun başlangıç noktasına erişebilmesi için geçmesi gereken süredir (Şekil 4.6.). İşlem yüksek sıcaklık (90°C) ve oksijen basıncı (6 bar) altına uygulanmıştır. Cihaz hazne içerisindeki mutlak basınç değişimini ölçerek örnekte bulunan reaktif bileşenlerin oksijen tüketimini belirlemektedir.

Denemede 10 g örnek reaktör kabına tartılır. Titanyum reaktör kapları Oxitest cihazına yerleştirilir ve kapakları sıkıştırılarak kapatılır. Cihazın sıcaklık ayarı 90°C'ye ayarlanarak ısınması beklenir. Cihaz hazır olduğunda reaktörün kapaklarındaki vanalar kapalı konuma getirilir. Daha sonra reaktör içi 6 bar basınca ulaşana dek O<sub>2</sub> gazı verilir ve 10-25 saat arası analize bırakılır.



Şekil 3.8. Oksitest cihazı (Velp, İtalya) ve Oksitest eğrisi.

### 3.1.12. İstatiksel Değerlendirme

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 23.0 paket programı kullanılmıştır. Kategorik ölçümler sayı ve yüzde olarak, sürekli ölçümler ortalama, sapma ve minimum - maksimum olarak özetlenmiştir. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu Kolmogorov-Smirnov/Shapiro-Wilk Testleri kullanılarak incelenmiştir. Normal dağılıma uymayan parametrelerde ikili değişkenlerde Mann Whitney u testi, ikiden fazla değişkenlerde ise Kruskal Wallis testleri kullanılmıştır. Tüm testlerde istatistiksel önemlilik düzeyi 0,05 olarak alınmıştır.

## 3.2. Bulgular

### 3.2.1. Peroksidaz Enzim Aktivitesi

Yulafın işlenmesi sırasında lipaz enziminin inaktive edilmesi, depolama sırasında ürünün tat ve yapısında meydana gelebilecek negatif etkilerin oluşmaması açısından oldukça önemlidir. Peroksidaz enziminin termal stabilitesinin lipaza göre yüksek olması nedeniyle, yulafta ısıl işlemin etkinliğinin belirlenmesinde peroksidaz indikatör olarak kullanılmaktadır. Yüksek sıcaklıkta buhar uygulaması ile lipaz inaktif hale getirildiğinde depolama stabilitesinin arttığı bilinmektedir [105]. Isıl işlem gören yulaf unu ve yulaf kepeği örneklerinde peroksidaz aktivitesi negatif (-) bulunmuştur.

### 3.2.2. İndüksiyon Periyodu

Çizelge 3.1.' de yulaf unu ve yulaf kepeği için Oxitest cihazında tespit edilen indüksiyon periyodu değerleri verilmiştir.

Çizelge 3.1. Yulaf unu ve yulaf kepeği için belirlenen indüksiyon periyodu süreleri.

İndüksiyon Süresi (Saat)	
Yulaf Unu	8
Yulaf Kepeği	10

Oksitest sonucuna göre, indüksiyon süreleri, yulaf unu için 8 saat, yulaf kepeği için 10 saat olarak belirlenmiştir. Bu durum ısıl işlem öncesinde yulaf kepeğinin oksidatif stabilitesinin yulaf ununa göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

### 3.3. Ham Yulafın Değerlendirilmesi

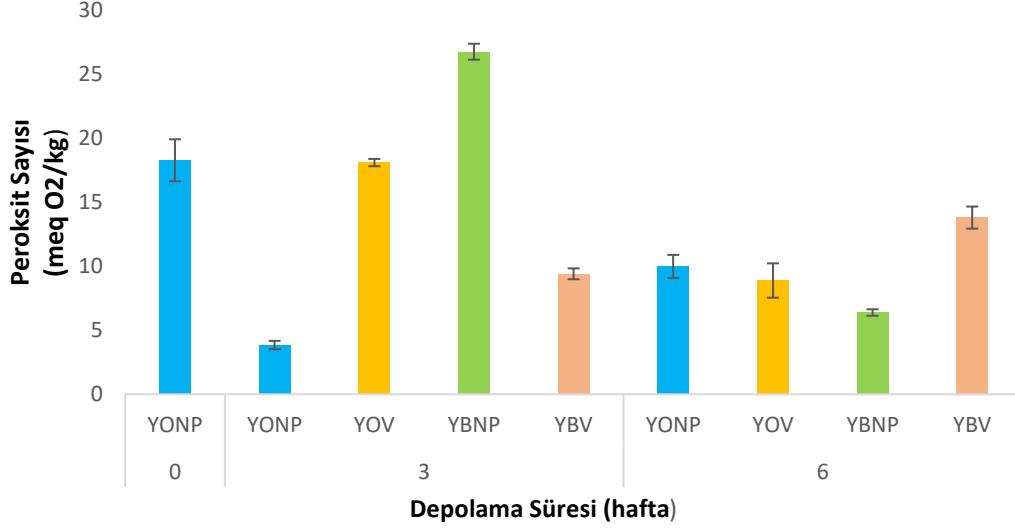
#### 3.3.1. Peroksit Sayısı Tayini

Ham kabuksuz yulaf için depolama süresince belli aralıklarla (1., 3. ve 6. hafta) elde edilen peroksit sayıları Çizelge 3.2'de ve Şekil 3.9'da verilmiştir.

Çizelge 3.2: Depolama süresinin ham yulafın peroksit sayısı üzerine etkisi

Peroksit Sayısı (meq O <sub>2</sub> /kg)	YONP	YOV	YBNP	YBV
0. Hafta	18,29±1,6	-	-	-
3. Hafta	3,85±0,3	18,11±0,3	26,78±0,6	9,42±0,4
6. Hafta	9,99±0,9	8,89±1,3	6,39±0,3	13,81±0,9

\*YONP (Yulaf Oda Normal Paket), YOV (Yulaf Oda Vakum), YBNP (Yulaf Buzdolabı Normal Paket), YBV (Yulaf Buzdolabı Vakum)



Şekil 3.9. Ham yulaf örneklerine ait peroksit sayısının depolama süresince değişimi.

Peroksitler otoksidasyon reaksiyonunun birincil ürünleri olup, tatsız kokusuz maddeler olduklarından bozulmanın başladığı fark edilmez. Bu nedenle otoksidasyonla birlikte peroksit sayısı artar. Ancak reaksiyonun ilerleyen aşamalarında aldehit, keton gibi bileşiklere (ikincil ürünler) dönüştüklerinden peroksit sayısı düşer. Buna göre depolama sırasında peroksit sayısının değişmemesi veya artması otoksidasyon hızının düşük olduğunu gösterir. Peroksit sayısının düşmesi ise bozulmanın ilerlediğini ve ikincil ürünlerin oluşması nedeniyle tad kokuda önemli değişikliklerin ortaya çıktığını gösterir.

Ham yulaf ve farklı koşullarda depolanan ham yulaf örneklerinin peroksit değerleri, arasında belirgin fark olduğu görülmüştür. Peroksit sayısı sonuçlarına göre 3. Haftada, YONP ve YBV örneklerinde otoksidasyon daha hızlı gerçekleşirken, YBNP örneğinde bozulmanın devam ettiği, YOY örneğinde ise bozulmanın durmuş olduğu anlaşılmaktadır. Bu sonuç 3. Hafta da oda sıcaklığında vakum uygulamasının etkili olduğunu göstermiştir.

Depolanın ilerleyen aşamalarında (6. hafta) ise tüm örneklerde peroksit sayısının başlangıç değerine ve 3. Haftaya göre düştüğü gözlenmiştir. Bu durum ham yulaf için farklı saklama koşullarının otoksidasyonu engelleyemediği ve ham yulaf için raf ömrünün 3-6 hafta arasında olduğunu göstermektedir.

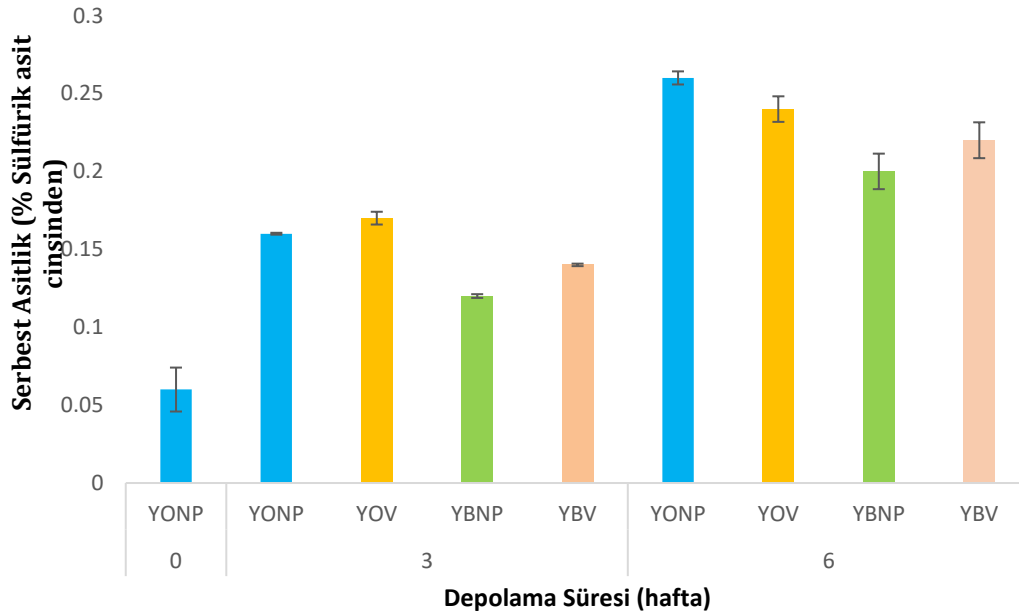
### 3.3.2. Serbest Asitlik Tayini

Ham yulaf örneklerinde serbest asitlik değerinin depolama süresince (1., 3. ve 6. hafta) değişimi Çizelge 3.3'te ve Şekil 3.10'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.3: Depolama süresinin ham yulafın serbest asitlik değeri (% sülfürik asit cinsinden) üzerine etkisi

Serbest Asitlik (Sülfürik Asit Cinsinden)	YONP	YOY	YBNP	YBV
<b>0. Hafta</b>	0,060±0,014	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	0,16±0,001	0,17±0,004	0,12±0,001	0,14±0,001
<b>6. Hafta</b>	0,26±0,004	0,24±0,008	0,20±0,011	0,22±0,012

\*YONP (Yulaf Oda Normal Paket), YOY (Yulaf Oda Vakum), YBNP (Yulaf Buzdolabı Normal Paket), YBV (Yulaf Buzdolabı Vakum).



Şekil 3.10. Ham yulaf örneklerine ait serbest asitlik değerinin (% sülfürik asit cinsinden) depolama süresince değişimi.

Ham yulaf ve farklı koşullarda depolanan ham yulaf örneklerinde zamanla serbest asitlik değerinin arttığı ve uygulamalar arasında belirgin fark olduğu görülmüştür. 3. ve

6. haftada YBNP örneğinin serbest asitlik değeri başlangıç değerinden daha yüksek olmakla birlikte diğerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar ham yulafıta başta lipaz olmak üzere hidrolitik enzimlerin aktivitesi sonucunda trigliseritlerin hidrolize uğradığını ve serbest yağ asitlerinin açığa çıktığını göstermektedir. Vakum uygulama veya düşük sıcaklıkta (buzdolabı) saklama gibi farklı depolama koşulları hidroliz reaksiyonunun engellenmesinde etkili olmamıştır. Ancak ham yulafın buzdolabı sıcaklığında depolanmasının hidroliz reaksiyonununun yavaşlatılmasında kısmen etkili olduğu söylenebilir.

Depolamanın ve ısıl işlemin yulafın serbest asitlik miktarına ve kompozisyonuna etkisinin incelendiği bir araştırmada farklı nem değerlerine (%30, 55 ve 80) sahip yulaflar, 100°C’de 10 dakikalık ısıl işlemde geçirildikten sonra 3.5 ve 15.5 ay süre ile depolanmıştır. Serbest asitlik değerinin tüm örneklerde nem ve depolama süresi ile doğru orantılı olarak arttığı gözlenirken, ısıl işlem uygulanan örneklerde bu artış sınırlı kalmıştır. Isıl işlem uygulanmayan yulaf (ham yulaf) örneğinde ise başlangıçta 20,2 mg KOH/100 g olan serbest asitlik değeri %30 nemde 52,9’ a kadar yükselmiştir [128].

### 3.3.3. Renk $L^*$ (Parlaklık) Değeri

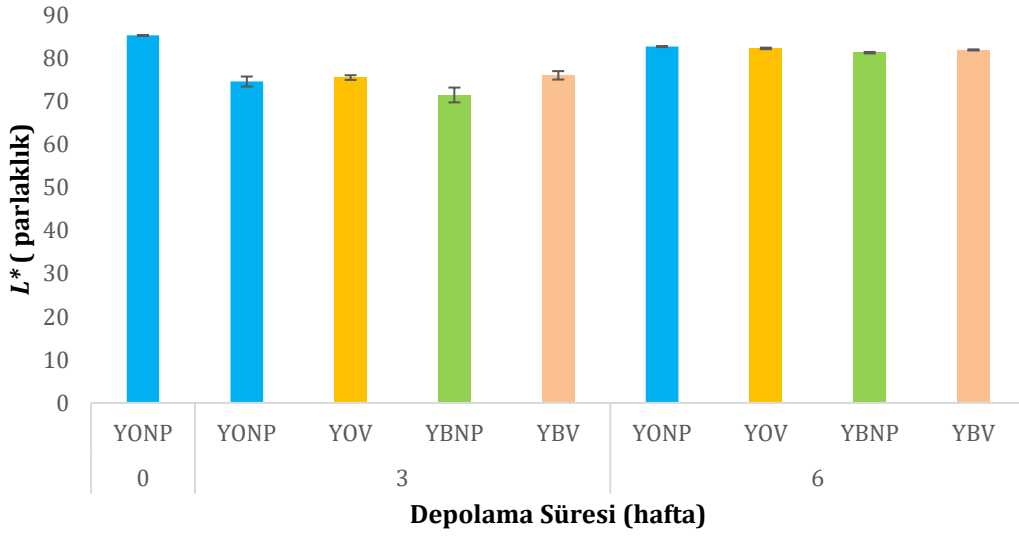
Ham yulaf için elde edilen  $L^*$  (parlaklık) değerindeki değişim Çizelge 3.4 ve Şekil 3.11’de gösterilmektedir.

Ham yulaf ile ilgili yapılan haftalık ölçümlerde YONP ilk hafta yapılan ölçüme göre  $L^*$  (parlaklık) değeri 3. haftada azalırken 6. Haftada tekrar artmıştır. Diğer gruplarda haftalar içinde belirgin farklılık göstermiştir ve YOY, YBNP ve YBV gruplarının kendi içinde haftalar arttıkça  $L^*$  değeri artmıştır.

Çizelge 3.4. Depolama süresinin ham yulafın  $L^*$  (parlaklık) değeri üzerine etkisi.

$L^*$ (parlaklık) Değeri	YONP	YOY	YBNP	YBV
<b>0. Hafta</b>	85,33±0,113	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	74,635±1,167	75,56±0,552	71,515±1,718	76,075±0,983
<b>6. Hafta</b>	82,77±0,113	82,325±0,177	81,34±0,17	81,98±0,127

\* YONP (Yulaf Oda Normal Paket), YOY (Yulaf Oda Vakum), YBNP (Yulaf Buzdolabı Normal Paket), YBV (Yulaf Buzdolabı Vakum)



Şekil 3.11. Ham yulaf örneklerine ait  $L^*$  (parlaklık) değerinin depolama süresince değişimi.

### 3.3.4. Renk $a^*$ (kırmızılık) Değeri

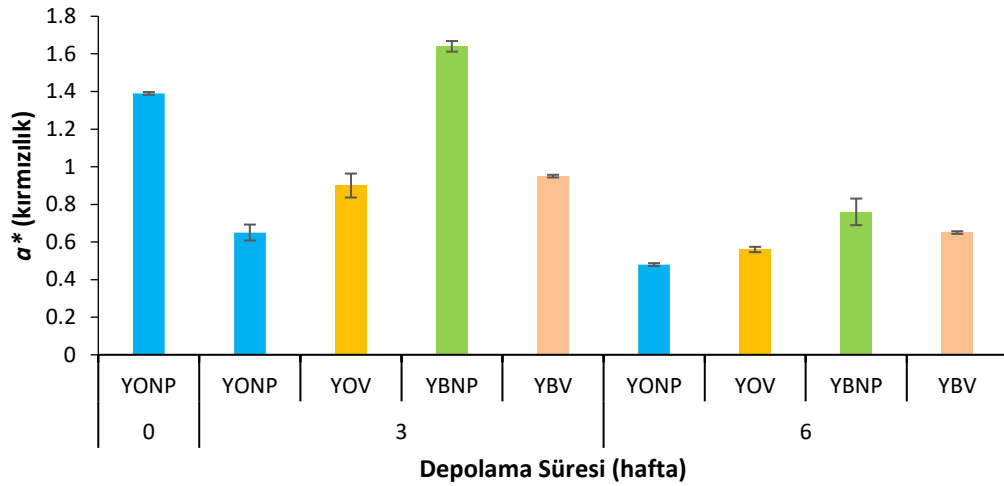
Ham yulaf için elde edilen  $a^*$  (kırmızılık) değerindeki değişim Çizelge 3.5 ve Şekil 3.12’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.5. Depolama süresinin ham yulafın  $a^*$  (kırmızılık) değeri üzerine etkisi.

$a^*$ (kırmızılık) Değeri	YONP	YOY	YBNP	YBV
<b>0. Hafta</b>	1,39±0,01	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	0,65±0,04	0,9±0,06	1,64±0,03	0,95±0,01
<b>6. Hafta</b>	0,48±0,01	0,56±0,01	0,76±0,07	0,65±0,01

\* YONP (Yulaf Oda Normal Paket), YOY (Yulaf Oda Vakum), YBNP (Yulaf Buzdolabı Normal Paket), YBV (Yulaf Buzdolabı Vakum)





Şekil 3.12. Ham yulaf örneklerine ait  $a^*$  (kirmızılık) değerinin depolama süresince değişimi.

Ham yulaf ile ilgili yapılan haftalık ölçümlerde  $a^*$  (kirmızılık) değeri haftalar arasında belirgin farklılık göstermiştir her grubun kendi içinde haftalar arttıkça  $a^*$  değeri azalmıştır.

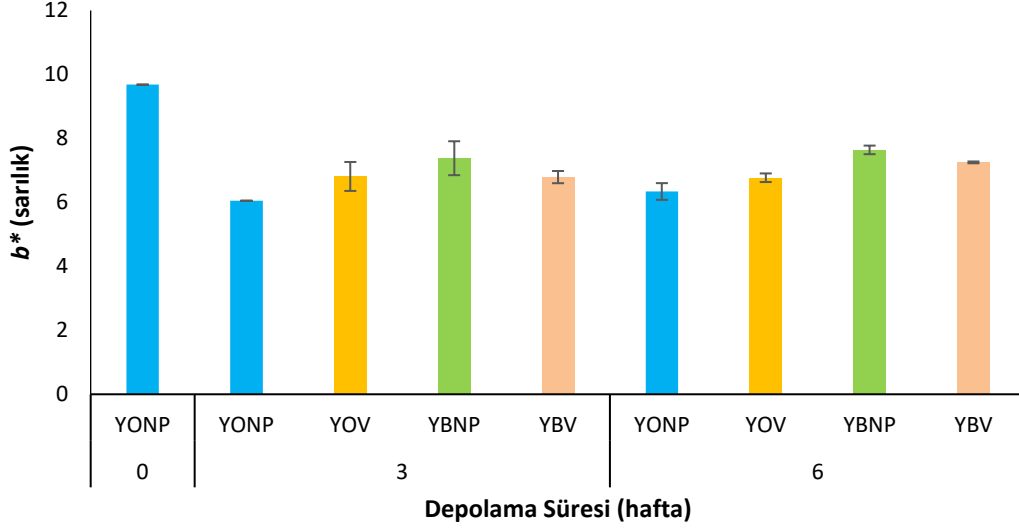
### 3.3.5. Renk $b^*$ (sarılık) Değeri

Depolama süresince ham yulaf için elde edilen  $b^*$  (sarılık) değerindeki değişim Çizelge 3.6 ve Şekil 3.13’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.6. Depolama süresinin ham yulafın  $b^*$  (sarılık) değeri üzerine etkisi.

$b^*$ (sarılık) Değeri	YONP	YOY	YBNP	YBV
<b>0. Hafta</b>	9,68±0,01	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	6,05±0,01	6,81±0,45	7,38±0,53	6,79±0,19
<b>6. Hafta</b>	6,34±0,26	6,77±0,13	7,64±0,13	7,25±0,03

\*YONP (Yulaf Oda Normal Paket), YOY (Yulaf Oda Vakum), YBNP (Yulaf Buzdolabı Normal Paket), YBV (Yulaf Buzdolabı Vakum)



Şekil 3.13. Ham yulaf örneklerine ait  $b^*$  (sarılık) değerinin depolama süresince değişimi.

Ham yulaf ile ilgili yapılan haftalık ölçümlerde YONP için ilk hafta yapılan ölçüme göre  $b^*$  (sarılık) değeri 3. haftada, ilk haftaya göre azalırken, 6. haftada tekrar artmıştır. Diğer gruplarda haftalar içinde belirgin farklılık göstermemiştir.

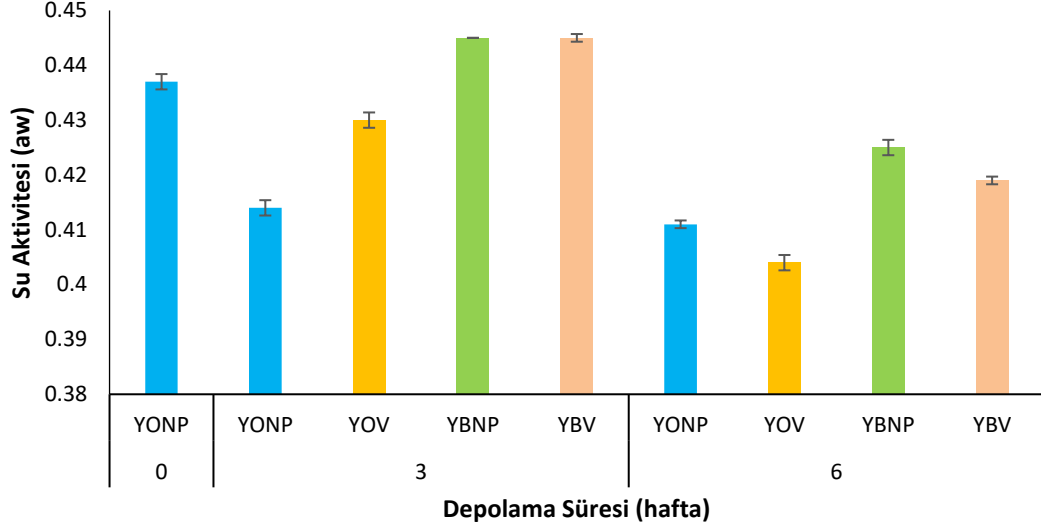
### 3.3.6. Su Aktivitesi ( $a_w$ ) Değeri

Depolama süresince ham yulaf için elde edilen su aktivitesi ( $a_w$ ) değerinde meydana gelen değişim Çizelge 3.7 ve Şekil 3.14’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.7. Depolama süresinin ham yulafın su aktivitesi ( $a_w$ ) değeri üzerine etkisi.

Su Aktivitesi ( $a_w$ )	YONP	YOY	YBNP	YBV
<b>0. Hafta</b>	0,437±0,001	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	0,414±0,001	0,430±0,001	0,445±0,00	0,445±0,007
<b>6. Hafta</b>	0,411±0,007	0,404±0,001	0,425±0,001	0,419±0,007

\*YONP (Yulaf Oda Normal Paket), YOY (Yulaf Oda Vakum), YBNP (Yulaf Buzdolabı Normal Paket), YBV (Yulaf Buzdolabı Vakum)



Şekil 3.14. Ham yulaf örneklerine ait su aktivitesi (aw) değerinin depolama süresince değişimi.

Ham yulaf ile ilgili yapılan haftalık ölçümlerde su aktivitesi (aw) değeri haftalar arasında belirgin farklılık göstermiştir her grubun kendi içinde haftalar arttıkça su aktivitesi değeri azalmıştır.

### 3.4. Yulaf Unu ve Yulaf Kepeğinin Değerlendirilmesi

#### 3.4.1. Yulaf Unu Peroksit Sayısı Tayini

Yulaf unu için depolama süresince belli aralıklarla (3., 6., 14. ve 18. hafta) elde edilen peroksit sayıları Çizelge 3.8’de ve peroksit sayılarındaki değişim Şekil 3.15’de gösterilmektedir.

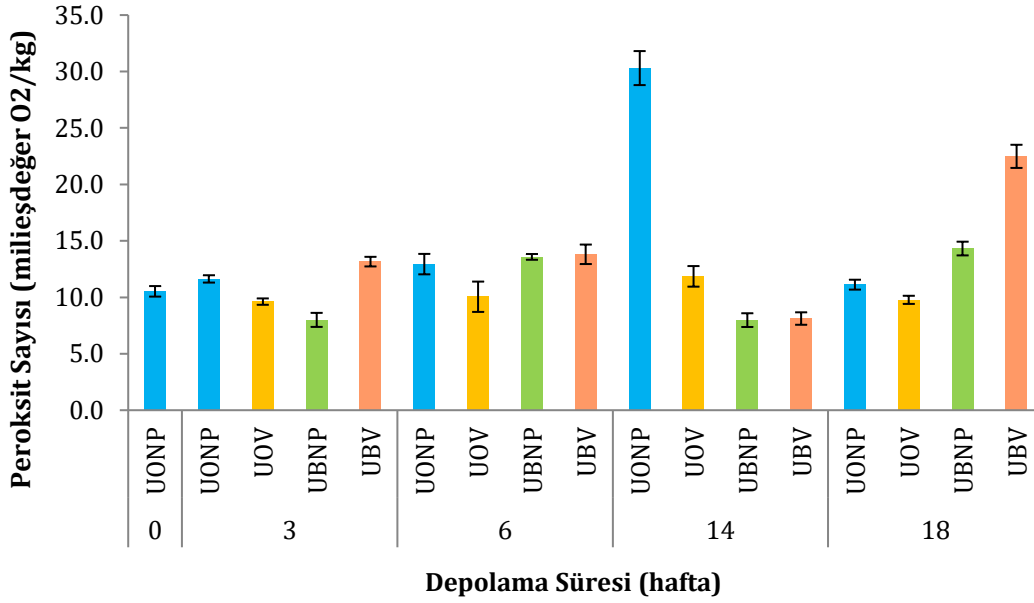
Çizelge 3.8: Depolama süresinin yulaf unun peroksit sayısı üzerine etkisi

Peroksit Sayısı					
(meq O <sub>2</sub> /kg)	UONP	UOV	UBNP	UBV	p
<b>0. Hafta</b>	10,53±0,33	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	11,63±0,32	9,62±0,28	8,0±0,62	13,16±0,42	<b>0,001</b>
<b>6. Hafta</b>	12,94±0,9	10,0±1,34	13,58±0,25	13,81±0,86	<b>0,045</b>
<b>14. Hafta</b>	30,3±1,5	11,85±0,91	7,98±0,60	8,12±0,55	<b>&lt;0,001</b>
<b>18. Hafta</b>	11,12±0,43	9,77±0,36	14,32±0,60	22,48±1,02	<b>&lt;0,001</b>

\*UONP (Un Oda Normal Paket), UOV (Un Oda Vakum), UBNP (Un Buzdolabı)

NormalPaket), UBV (Un Buzdolabı Vakum)

\*\*p<0,05



Şekil 3.15. Yulaf unu örneklerine ait peroksit sayısının depolama süresince değişimi.

İstatistiksel analiz sonuçlarına göre 3. haftada peroksit sayısı (meq oksijen/kg) ( $p=0,001$ ) ile gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). Gruplar arasındaki anlamlılığın kaynağını belirlemek amacıyla uygulanan Post Hoc analizi sonuçlarına göre; peroksit sayısı (meq oksijen/kg) değerinde vakum işleminin önemli olduğu gözlenmiş, UOV örneğinin, UONP örneğine göre daha düşük ( $p=0,033$ ) peroksit sayısına sahip olduğu gözlenirken, UBNP' de ( $p=0,004$ ), UBV' ye göre daha düşük peroksit sayısı (meq oksijen/kg) tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). 6. haftada da peroksit sayısı (meq oksijen/kg) ( $p=0,045$ ) ile gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ). Peroksit sayısının (meq oksijen/kg) UOV'da, UBNP ve UBV örneklerine göre daha düşük ( $p=0,045$ ) olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). 14. haftada peroksit sayısı (meq oksijen/kg) değerlerinin UOV örneğinin ( $p<0,001$ ), UONP ve UBNP ile UBV örneklerinden daha düşük olduğu saptanmıştır ( $p<0,05$ ). 18. haftada ise; peroksit sayısının (meq oksijen/kg) UBNP örneğinde, UONP ve UOV' ye göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). UBV örneğinde ise en yüksek peroksit sayısı elde edilmiştir ( $p<0,001$ ).

Genel olarak yulaf unu ile ilgili yapılan haftalık ölçümlerde buzdolabında depolama (UBNP) sıcaklığı otooksidasyonu sınırlarken, oda sıcaklığında saklanan (UONP) örneği raf ömrü en kısa örnek olmuştur ( $p<0,05$ ).

### 3.4.2. Yulaf Kepeği Peroksit Sayısı Tayini

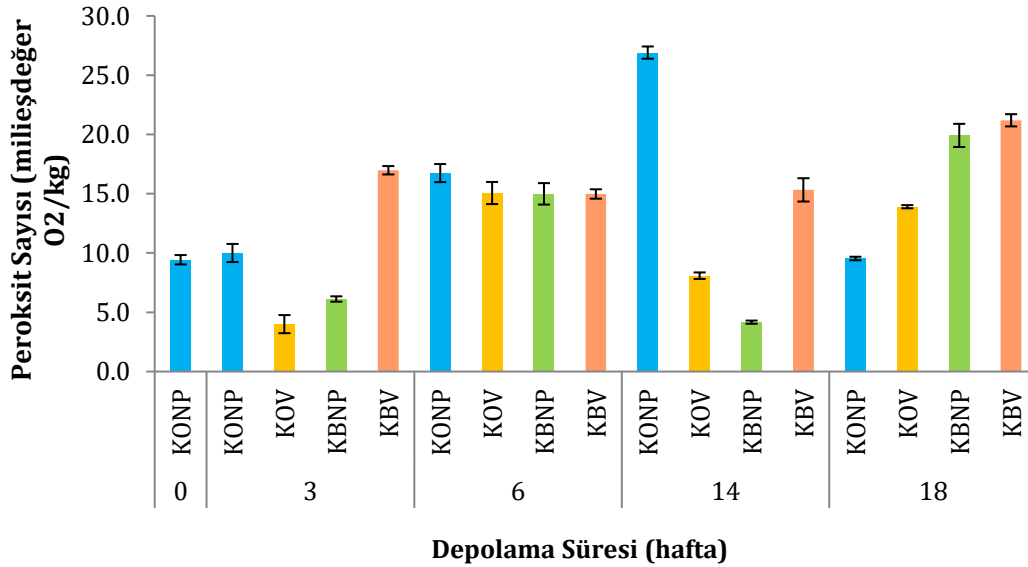
Yulaf kepeği için depolama süresince belli aralıklarla elde edilen peroksit sayıları Çizelge 3.9’da ve peroksit değerlerindeki değişim Şekil 3.16’da gösterilmektedir.

Çizelge 3.9: Depolama süresinin yulaf kepeğinin peroksit sayısı üzerine etkisi

Peroksit Sayısı (meq O <sub>2</sub> /kg)	KONP	KOV	KBNP	KBV	p
<b>0. Hafta</b>	9,43±0,396	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	10,00±0,764	4,0±764	6,12±0,226	16,98±0,353	<b>&lt;0,001</b>
<b>6. Hafta</b>	16,74±0,764	15,06±0,933	14,99±0,905	14,98±0,396	<b>0,202</b>
<b>14. Hafta</b>	27,90±0,516	8,08±0,275	4,165±0,134	15,325±0,983	<b>&lt;0,001</b>
<b>18. Hafta</b>	9,53±0,148	13,90±0,134	19,92±0,976	21,19±0,516	<b>&lt;0,001</b>

\*KONP (Kepek Oda Normal Paket), KOV (Kepek Oda Vakum), KBNP (KepekBuzdolabı Normal Paket), KBV (Kepek Buzdolabı Vakum)

\*\* $p<0,05$



Şekil 3.16. Yulaf kepeği örneklerine ait peroksit sayısının depolama süresince değişimi.

Yulaf kepeği için depolama süresince (1., 3., 6., 14. ve 18. hafta) tespit edilen peroksit sayıları (meq oksijen/kg) üzerine depolama koşullarının etkisi önemli bulunmuştur. 3. haftada örneklerin peroksit sayıları (meq oksijen/kg) ( $p<0,001$ ) arasında önemli fark

olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ). KONP örneğinde peroksit sayısının (meq oksijen/kg), KOV ( $p=0,002$ ) ve KBNP ( $p=0,009$ ) örneklerine göre daha yüksek; KBV örneğinin peroksit sayısı ise (meq oksijen/kg) ise diğer örneklere (KONP, KOV ve BNP) göre daha yüksek olması istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ( $p=0,001$ ). 6. haftada peroksit sayısı (meq oksijen/kg) ile gruplar arasındaki farklılıklar anlamlı bulunmazken ( $p>0,05$ ), 14. haftada elde edilen peroksit sayısı (meq oksijen/kg) ( $p<0,001$ ) ile gruplar arasındaki farklılıklar önemli bulunmuştur. KONP örneğine ait peroksit sayısı (mek oksijen/kg); KOV ( $p<0,001$ ), KBNP ( $p<0,001$ ) ve KBV ( $p<0,001$ ) örneklerine göre daha yüksek ( $p<0,05$ ); KBNP örneğinde ise KOV ( $p=0,008$ ) ve KBV ( $p<0,001$ ) örneklerine göre daha düşük ( $p<0,05$ ) peroksit sayılarına sahip olduğu tespit edilmiştir. 18. haftada peroksit sayısı (meq oksijen/kg) ( $p<0,001$ ) ile gruplar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu gözlenmiştir ( $p<0,05$ ). Oda sıcaklığı koşullarında depolanan (KONP ve KOV) örneklerine ait peroksit sayıları (meq oksijen/kg); buzdolabı koşullarında depolanan örneklere göre (KBNP ve KBV) ( $p<0,05$ ) daha düşük bulunmuştur.

Bu sonuçlar yulaf kepeğine uygulanan işlemlerinden buzdolabında depolanan vakum örneğinde otoksidasyonun sınırlandırılabilirdiğini göstermiştir. Depolamanın ilk üç haftasında peroksit sayısının artmasına rağmen, depolamanın sonuna kadar bu değerde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

### **3.4.3. Yulaf Unu Serbest Asitlik Tayini**

Yulaf standardına (TS 13625) göre yulaf unu için izin verilen serbest asitlik değeri ( $H_2SO_4$  cinsinden), % (m/m), en çok 0,07' dir [122].

Yulaf ununda serbest asitlik değerinin depolama süresince değişimi Çizelge 3.10'da ve Şekil 3.17'de verilmiştir. Yulaf unu için 3., 6., 14. ve 18. haftalarda hesaplanan serbest asitlik değeri üzerine depolama koşullarının etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $p>0,05$ )

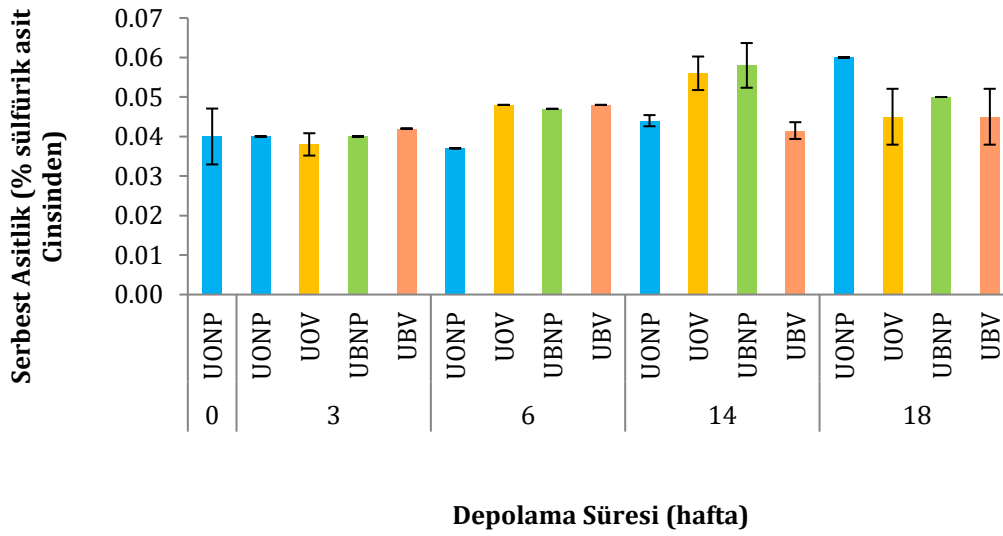
Çizelge 3.10: Depolama süresinin yulaf unun serbest asitlik değeri (% sülfürik asit cinsinden) üzerine etkisi.

<b>Serbest Asitlik</b>					
<b>(sülfürik asit cinsinden)</b>	<b>UONP</b>	<b>UOV</b>	<b>UBNP</b>	<b>UBV</b>	<b>p</b>
<b>0. Hafta</b>	0,040±0,01	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	0,040±0,00	0,038±0,00	0,040±0,00	0,042±0,00	<b>0,298</b>
<b>6. Hafta</b>	0,037±0,01	0,048±0,00	0,047±0,00	0,048±0,00	<b>NA</b>
<b>14. Hafta</b>	0,044±0,001	0,056±0,004	0,058±0,005	0,042±0,002	<b>0,260</b>
<b>18. Hafta</b>	0,060±0,00	0,045±0,007	0,050±0,00	0,045±0,007	<b>0,107</b>

\*UONP (Un Oda Normal Paket), UOV (Un Oda Vakum), UBNP (Un Buzdolabı Normal Paket), UBV (Un Buzdolabı Vakum)

\*\*NA (İstatistiksel uygulanmaz)

\*\*\*p<0,05



Şekil 3.17. Yulaf unu örneklerine ait serbest asitlik değerinin depolama süresince değişimi.

#### 3.4.4. Yulaf Kepeği Serbest Asitlik Tayini

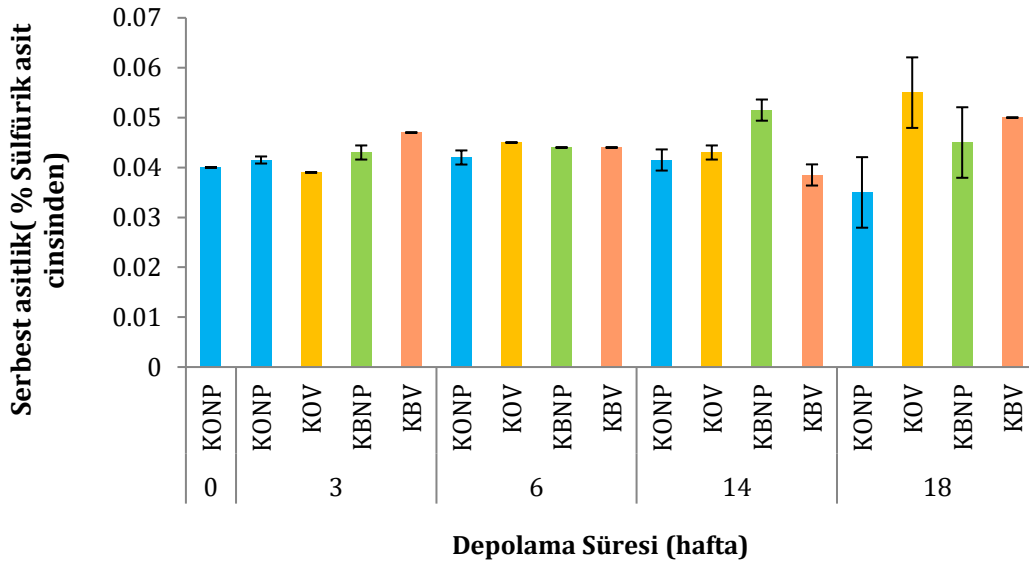
Yulaf kepeğinde serbest asitlik değerinin depolama süresince değişimi Çizelge 3.11' de ve Şekil 3.18'de verilmiştir.

Çizelge 3.11. Depolama süresinin yulaf kepeğinin serbest asitlik değeri (% sülfürik asit cinsinden) üzerine etkisi

<b>Serbest Asitlik</b>					
<b>(Sülfürik Asit Cinsinden)</b>	<b>KONP</b>	<b>KOV</b>	<b>KBNP</b>	<b>KBV</b>	<b>p</b>
<b>0. Hafta</b>	0,04±0,00	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	0,042±0,00	0,039±0,00	0,043±0,01	0,047±0,00	<b>0,490</b>
<b>6. Hafta</b>	0,042±0,001	0,045±0,00	0,044±0,00	0,041±0,00	<b>0,053</b>
<b>14. Hafta</b>	0,041±0,002	0,043±0,001	0,052±0,002	0,039±0,002	<b>0,011</b>
<b>18. Hafta</b>	0,035±0,007	0,055±0,007	0,045±0,007	0,050±0,000	<b>0,111</b>

\*KONP (Kepek Oda Normal Paket), KOV (Kepek Oda Vakum), KBNP (Kepek Buzdolabı Normal Paket), KBV (Kepek Buzdolabı Vakum)

\*\*p<0,05



Şekil 3.18. Yulaf kepeği örneklerine ait serbest asitlik değerlerinin depolama süresince değişimi.

Yulaf kepeği için 3., 6. ve 18. haftalarda serbest asitlik değerlerindeki değişimin depolama koşullarından etkilenmediği (p>0,05); 14. haftada ise depolama koşulları



arasında önemli fark olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ). Vakum uygulanan buzdolabı sıcaklığında depolanan örnekte en düşük serbest asitlik değeri elde edilmiştir.

Mikrodalga ısıtma işlemi uygulanmış pirinç kepeği ile yapılmış bir çalışmada  $4^{\circ}\text{C}$ ' de depolanan örnekte serbest asitlik değeri ilk hafta %4,47 iken; 16. hafta sonunda %5,00'e yükseldiği,  $25^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan örnekte ise %5,21'e kadar yükseldiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre depo sıcaklığının serbest asitlik değeri üzerine önemli bir etkisi olmadığı ve mikrodalgada uygulanan ısıtma işleminin lipaz enzimini inaktif hale getirdiği belirtilmiştir. Benzer şekilde tez kapsamında uygulanan hidrotermal ısıtma işlemi ile yulaf kepeğinde bulunan lipaz enziminin inaktif hale getirildiğini ve bu nedenle 18 haftalık depolama süresince depolama sıcaklığının etkisinin önemli olmadığı sonucuna varılmıştır [129].

Isıtma işlemi uygulanmayan ve kuru ısıtma işlemi uygulanan yulaf örneklerinde kabuk ayrıldıktan sonra serbest yağ asidi miktarında artış gözlenirken; buharlı ısıtma işlemine maruz bırakılan yulafta ise artış gözlenmemiştir. Bu sonuçlar aynı sıcaklıkta ( $106^{\circ}\text{C}$ ) uygulanan kuru ısıtma işleminin enzim inaktivasyonunun da etkili olmadığını; buna karşılık hidrotermal işlemin yulaf tanesindeki lipazı inaktif hale getirmede etkili olduğunu göstermiştir [130].

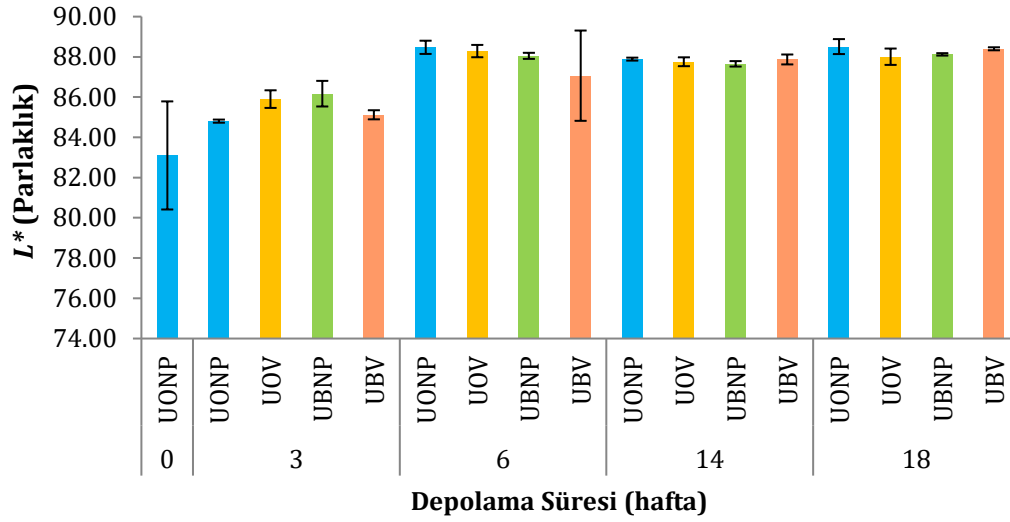
### 3.4.5. Yulaf Unu Renk Tayini

Yulaf unu için elde edilen  $L^*$  (parlaklık) değerleri Çizelge 3.12'de ve depolama sırasında  $L^*$  (parlaklık) değerindeki değişim Şekil 3.19'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.12. Depolama süresinin yulaf ununun  $L^*$  (parlaklık) değeri üzerine etkisi.

$L^*$ (parlaklık) Değeri	UONP	UOV	UBNP	UBV	P
<b>0. Hafta</b>	83,6±1,98	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	84,81±0,07	85,90±0,44	86,17±0,64	85,12±0,23	<b>0,076</b>
<b>6. Hafta</b>	88,47±0,33	88,29±0,31	88,05±0,15	87,06±2,24	<b>0,315</b>
<b>14. Hafta</b>	87,89±0,07	88,76±0,22	87,65±0,14	87,87±0,25	<b>0,844</b>
<b>18. Hafta</b>	88,51±0,37	88,01±0,41	88,12±0,06	88,40±0,08	<b>0,196</b>

\*UONP (Un Oda Normal Paket), UOV (Un Oda Vakum), UBNP (Un Buzdolabı Normal Paket), UBV (Un Buzdolabı Vakum)  
\*\*p<0



Şekil 3.19. Yulaf unu örneklerine ait  $L^*$  (parlaklık) değerinin depolama süresince değişimi.

Yulaf unu 3., 6, 14. ve 18. haftalara ait  $L^*$  (parlaklık) değeri üzerine depolama koşullarının etkisi olmadığı görülmüştür ( $p>0,05$ ).

Yulaf ununa buhar uygulaması sonucunda ( $110-130^{\circ}\text{C}$ )  $L^*$  değerinin (parlaklık) arttığı bildirilmiştir. Isıl işlem (buhar) uygulaması ile peroksidaz enziminin inaktif hale gelmesinin ve son üründe nem içeriğinin %9-10 seviyelerine düşürülmüş olmasının  $L^*$  değerinde (parlaklık) artışına neden olduğu düşünülmüştür [105].

Yulaf unu için elde edilen  $a^*$  (kırmızılık) değerleri Çizelge 3.13'de ve  $a^*$  (kırmızılık) değerlerinin depolama süresince değişimi Şekil 3.19'da gösterilmektedir.

Çizelge 3.13. Depolama süresinin yulaf ununun  $a^*$  (kırmızılık) değeri üzerine etkisi.

$a^*$ (kırmızılık) Değeri	UONP	UOV	UBNP	UBV	p
<b>0. Hafta</b>	0,96±0,24	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	0,97±0,08	0,95±0,18	0,85±0,06	1,02±0,19	<b>0,689</b>
<b>6. Hafta</b>	-0,59±0,02	-0,51±0,10	-0,41±0,04	-0,38±0,03	<b>0,617</b>
<b>14. Hafta</b>	0,42±0,08	0,52±0,07	0,43±0,06	0,53±0,05	<b>0,514</b>
<b>18. Hafta</b>	0,13±0,06	0,17±0,04	0,13±0,03	0,13±0,03	<b>0,144</b>

\*UONP (Un Oda Normal Paket), UOV (Un Oda Vakum), UBNP (Un Buzdolabı Normal Paket), UBV (Un Buzdolabı Vakum)

\*\*p<0,05



Şekil 3.20. Yulaf unu örneklerine ait  $a^*$  (kırmızılık) değerlerinin depolama süresince değişimi.

Yulaf unu için 3., 6., 14. ve 18. haftalara ait  $a^*$  (kırmızılık) ve  $b^*$  (sarılık) değerlerinin depolama koşullarından etkilenmediği belirlenmiştir. ( $p>0,05$ ) Depolama süresince UOV örneği 3. haftada  $a^*$  (kırmızılık) değerini korurken 6. haftada ise daha düşük  $a^*$  (kırmızılık) değerleri elde edilmiştir. Depolamanın sonuna doğru 14. haftada  $a^*$  (kırmızılık) değerlerinde görülen artış, 18. haftada tekrar azalarak yeşile doğru kayma göstermiştir.

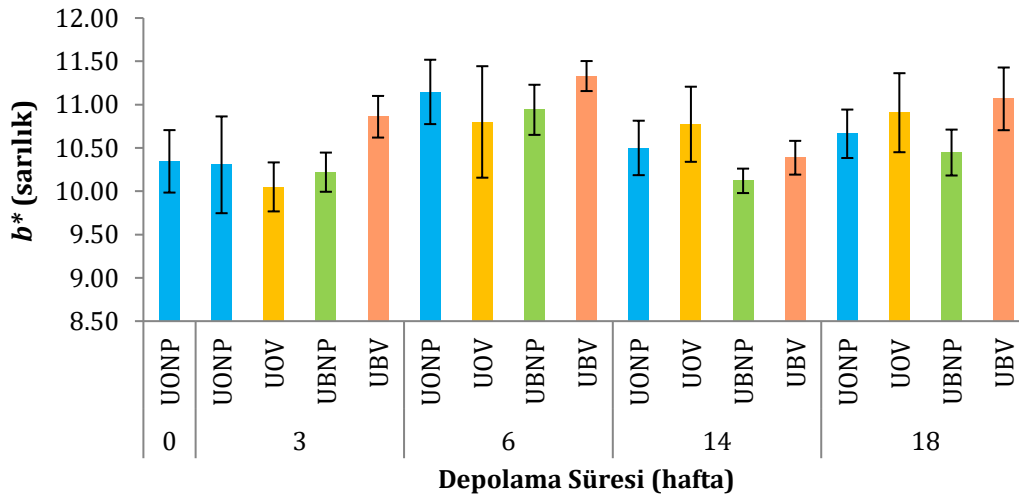
Yulaf unu örnekleri için elde edilen  $b^*$  (sarılık) değeri Çizelge 3.14’de ve depolama süresince  $b^*$  (sarılık) değerinde meydana gelen değişim Şekil 3.21’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.14. Depolama süresinin yulaf ununun  $b^*$  (sarılık) değeri üzerine etkisi

$b^*$ (sarılık) Değeri	UONP	UOV	UBNP	UBV	P
<b>0. Hafta</b>	10,35±0,36	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	10,31±0,56	10,05±0,28	10,22±0,23	10,86±0,24	<b>0,262</b>
<b>6. Hafta</b>	11,15±0,37	10,80±0,64	10,94±0,29	11,33±0,17	<b>0,528</b>
<b>14. Hafta</b>	10,50±0,31	10,77±0,43	10,12±0,14	10,39±0,20	<b>0,098</b>
<b>18. Hafta</b>	10,66±0,28	10,91±0,46	10,45±0,27	11,07±0,36	<b>0,398</b>

\*UONP (Un Oda Normal Paket), UOV (Un Oda Vakum), UBNP (Un Buzdolabı Normal Paket), UBV (Un Buzdolabı Vakum)

\*\*p<0,05



Şekil 3.21. Yulaf unu örneklerine ait  $b^*$  (sarılık) değerinin depolama süresince değişimi.

Depolama süresince UONP örneğinde 3. haftada maviliğe doğru yaklaşırken 6. ve 14. haftalarda mavilikte hafif bir azalma gözlenmiştir, 18. haftada ise sarıya yaklaşmıştır. UOV’ de ise maviliğin sonraki haftalarda arttığı ve depolama süresince korunduğu gözlenmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada hidrotermal işlem sonrası yulaf ununun  $L^*$  değerinin düşerek renginin koyulaştığı,  $a^*$  değerine artışına bağlı olarak kırmızılığın ve  $b^*$  değerine bağlı olarak sarılığın arttığı gözlenmiştir [131].

TS (13625) standardına göre yulaf ununun renk ve görünüşü içerdiği kepek oranına göre kremi beyazdan kurşuni renge kadar kendine özgü renk ve görünüşte olmalıdır [122].

### 3.4.6. Yulaf Kepeği Renk Tayini

Yulaf kepeği için elde edilen  $L^*$  (parlaklık) değerleri Çizelge 3.15’de ve  $L^*$  (parlaklık) değerinin depolama süresince değişimi Şekil 3.22’de gösterilmektedir.

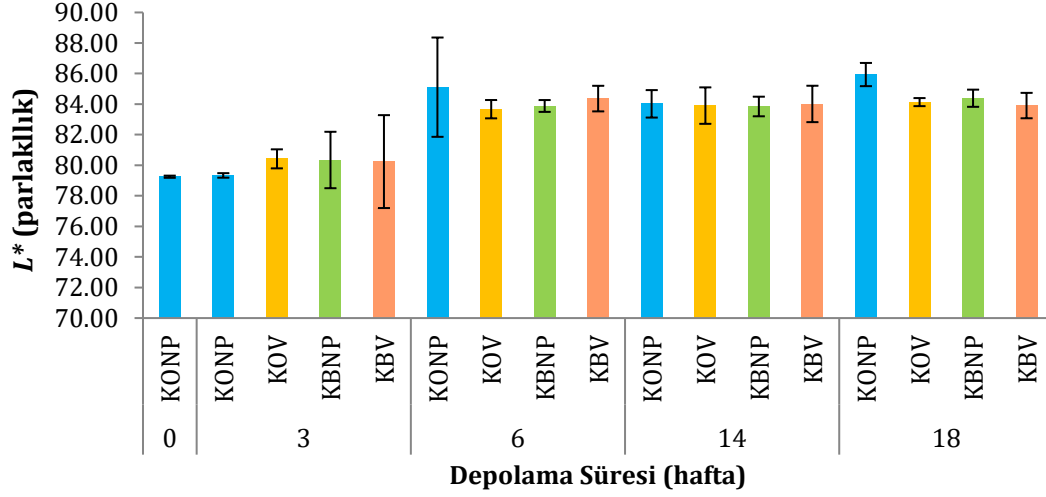
Çizelge 3.15. Depolama süresinin yulaf kepeğinin  $L^*$  (parlaklık) değeri üzerine etkisi.

$L^*$ (parlaklık) Değerleri	KONP	KOV	KBNP	KBV	p
<b>0. Hafta</b>	79.3±0,14	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	79,34±0,148	80,42±0,622	80,35±1,846	80,24±3,041	<b>NA</b>
<b>6. Hafta</b>	85,11±3,250	83,67±0,599	83,88±0,387	84,36±0,837	<b>0,514</b>
<b>14. Hafta</b>	84,02±0,900	83,90±1,193	83,85±0,642	84,01±1,190	<b>0,593</b>
<b>18.Hafta</b>	85,94±0,759	84,13±0,264	84,39±0,562	83,91±0,083	<b>0,108</b>

\*KONP (Kepek Oda Normal Paket), KOV (Kepek Oda Vakum), KBNP (Kepek Buzdolabı Normal Paket), KBV (Kepek Buzdolabı Vakum)

\*\*\*NA (İstatiksel uygulanmaz)

\*\*p<0,05



Şekil 3.22. Yulaf kepeği örneklerine ait  $L^*$  (parlaklık) değerinin depolama süresince değişimi.

Isıl işlem görmüş yulaf kepeği örneklerinde 3., 6., 14. ve 18. haftalara ait  $L^*$  (parlaklık) değerlerinin değişimi ile depolama koşulları arasındaki ilişki önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ).

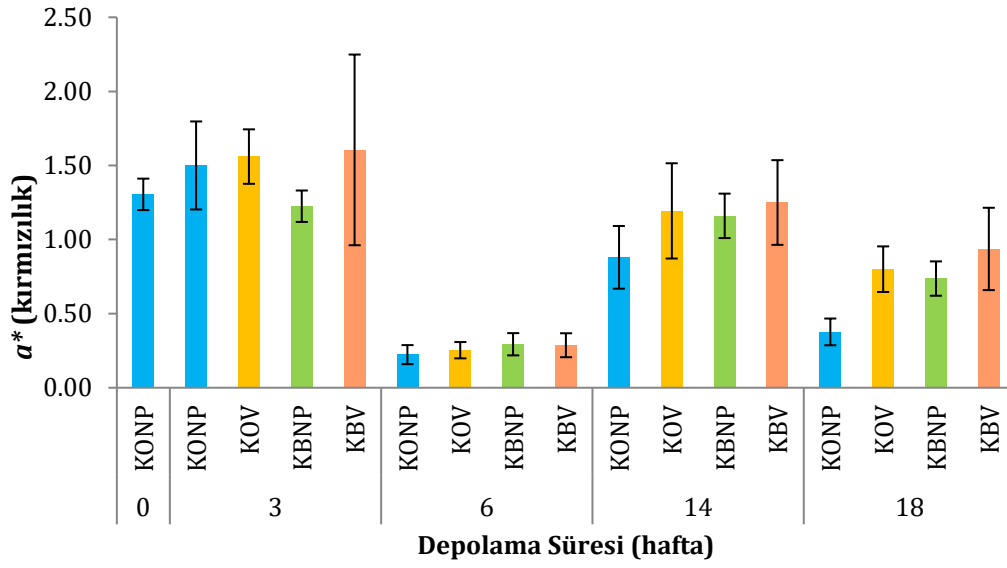
Yulaf kepeği için elde edilen  $a^*$  (kırmızılık) değerleri Çizelge 3.16’de ve depolama süresince  $a^*$  (kırmızılık) değerindeki değişim Şekil 3.23’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.16. Depolama süresinin yulaf kepeğinin  $a^*$  (kırmızılık) değeri üzerine etkisi.

$a^*$ (kırmızılık) Değeri	KONP	KOV	KBNP	KBV	p
<b>0. Hafta</b>	1,31±0,11	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	1,50±0,297	1,56±0,184	1,23±0,106	1,61±0,643	<b>0,746</b>
<b>6. Hafta</b>	0,22±0,064	0,25±0,055	0,29±0,075	0,29±0,081	<b>0,282</b>
<b>14. Hafta</b>	0,88±0,212	1,19±0,321	1,16±0,150	1,25±0,286	<b>0,109</b>
<b>18. Hafta</b>	0,38±0,090	0,80± 0,154	0,74±0,116	0,94± 0,278	<b>0,125</b>

\*KONP (Kepek Oda Normal Paket), KOV (Kepek Oda Vakum), KBNP (Kepek Buzdolabı Normal Paket), KBV (Kepek Buzdolabı Vakum)

\*\* $p<0,05$



Şekil 3.23. Yulaf kepeği örneklerine ait  $a^*$  (kirmızılık) değerinin depolama süresince değişimi.

Isıl işlem görmüş yulaf kepeğine ait 3., 6., 14. ve 18. haftalara ait  $a^*$  (kirmızılık) değerlerinin depolama koşullarından önemli ölçüde etkilenmediği belirlenmiştir. ( $p>0,05$ ).

Yulaf kepeğinin  $a^*$  (kirmızılık) değerinde zamanla artmış, ancak depolama süresinin sonuna doğru tekrar azalmıştır. Yulaf kepeğine buharlı ısıtma uygulanan bir çalışmada; yulaf kepeğinin renginde benzer bir değişim gözlemlendiği ve bu değişimde enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu ile ısıtma sonrası ortaya çıkan yeni bileşiklerin etkisi olduğu bildirilmiştir [132].

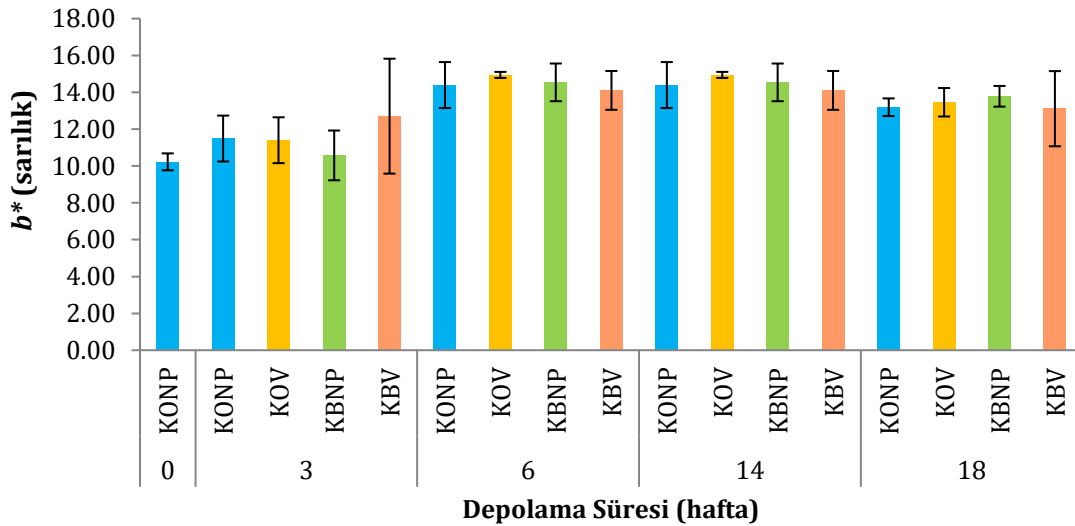
Yulaf kepeği için elde edilen  $b^*$  (sarılık) değerleri Çizelge 3.17’de ve  $b^*$  (sarılık) değerinde depolama süresince meydana gelen değişim Şekil 3.24’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.17. Depolama süresinin yulaf kepeğinin  $b^*$  (sarılık) değeri üzerine etkisi

$b^*$ (sarılık) Değeri	KONP	KOV	KBNP	KBV	p
<b>0. Hafta</b>	10,23±0,46	-	-	-	-
<b>3. Hafta</b>	11,49±1,245	11,40±1,245	10,57±1,351	12,705±3,11	<b>0,749</b>
<b>6.Hafta</b>	14,393±1,248	14,943±0,164	14,540±1,022	15,21±0,39	<b>0,035</b>
<b>14.Hafta</b>	13,19 ±0,41	13,46±0,89	13,783±0,87	13,11±1,19	<b>0,567</b>
<b>18. Hafta</b>	10,97±0,41	14,27±0,79	13,87±1,41	13,74±1,02	<b>0,147</b>

\*KONP (Kepek Oda Normal Paket), KOV (Kepek Oda Vakum), KBNP (Kepek Buzdolabı Normal Paket), KBV (Kepek Buzdolabı Vakum)

\*\*p<0,05



Şekil 3.24. Yulaf kepeği örneklerine ait  $b^*$  (sarılık) değerinin depolama süresince değişimi.

Isıl işlem uygulanmış yulaf kepeği 3., 14. ve 18. haftalara ait  $b^*$  (sarılık) değerinin depolama koşullarına göre değişimi önemsiz bulunmuştur ( $p>0,05$ ). Depolamanın 6. haftasında ise uygulamalar arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ( $p<0,05$ ). KONP örneğinde, KBV ve KBNP örneklerine göre düşük olduğu tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ).



Buna göre ısıtıl işlem uygulanmış yulaf örneklerinde renk değerleri ( $L^*$ ,  $a^*$ , ve  $b^*$ ) üzerine depolama süresi ve depolama koşullarının etkisi 18 hafta boyunca önemi bulunmamıştır.

### 3.4.7. Yulaf Unu Su Aktivitesi

Isıl işlem görmüş yulaf unu ve yulaf kepeği örneklerinde su aktivitesi ( $a_w$ ) değerleri depolama süresince tespit edilmiştir.

Yulaf unu için elde edilen su aktivitesi değerleri Çizelge 3.18'de ve depolama süresince su aktivitesi değerlerinde meydana gelen değişim Şekil 3.25'de gösterilmektedir.

Isıl işlem görmüş yulaf unu örneklerinde 1., 3., 6., 14. ve 18. haftalarda ölçülen su aktivitesi ( $a_w$ ) değerlerine depolama koşullarının etkisi incelendiğinde; 3. haftada su aktivitesi ( $p < 0,001$ ) ile gruplar arasında önemli fark tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ).

UONP ( $p < 0,001$ ), UOV ( $p < 0,001$ ) ve UBV ( $p < 0,001$ ) uygulamalarının; UBNP uygulamasına göre daha düşük su aktivitesi değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. ( $p < 0,05$ ) UONP örneklerinin, UOV ( $p < 0,001$ ) örneklerinin su aktivitesi değerlerine göre anlamlı düşük olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). 6. hafta da yapılan ölçümlerde su aktivitesi ( $p < 0,001$ ) üzerine depolama koşullarının etkisinin önemli olduğu ve uygulamalar arasında önemli fark bulunduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). UONP ( $p < 0,001$ ), UOV ( $p = 0,005$ ) ve UBV ( $p = 0,002$ ) uygulamalarının; UBNP uygulamasına göre daha düşük su aktivitesi değerlerine neden olduğu ( $p < 0,05$ ), Oda NP uygulamasının ise Buzdolabı Vakum ( $p = 0,002$ ) uygulamasından düşük su aktivitesi değerlerine neden olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). 14. haftada da su aktivitesi ( $p = 0,005$ ) değerlerinin depolama koşullarına bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). UONP uygulamasının, UOV ( $p = 0,006$ ) ve UBNP ( $p = 0,007$ ) uygulamalarının su aktivitesi değerlerine göre anlamlı düşük olduğu ( $p < 0,05$ ), UBV uygulamasının; UOV ( $p = 0,041$ ) uygulamasına göre su aktivitesi değerlerinin daha düşük olduğu gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ). 18. haftada da su aktivitesi ( $p = 0,001$ ) değerlerinin depo koşullarından etkilendiği ve uygulamalar arasındaki farklılıkların anlamlı olduğu gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ). UONP ( $p = 0,004$ ), UOV ( $p = 0,001$ ) ve UBV ( $p = 0,007$ ) uygulamalarının su aktivitesi

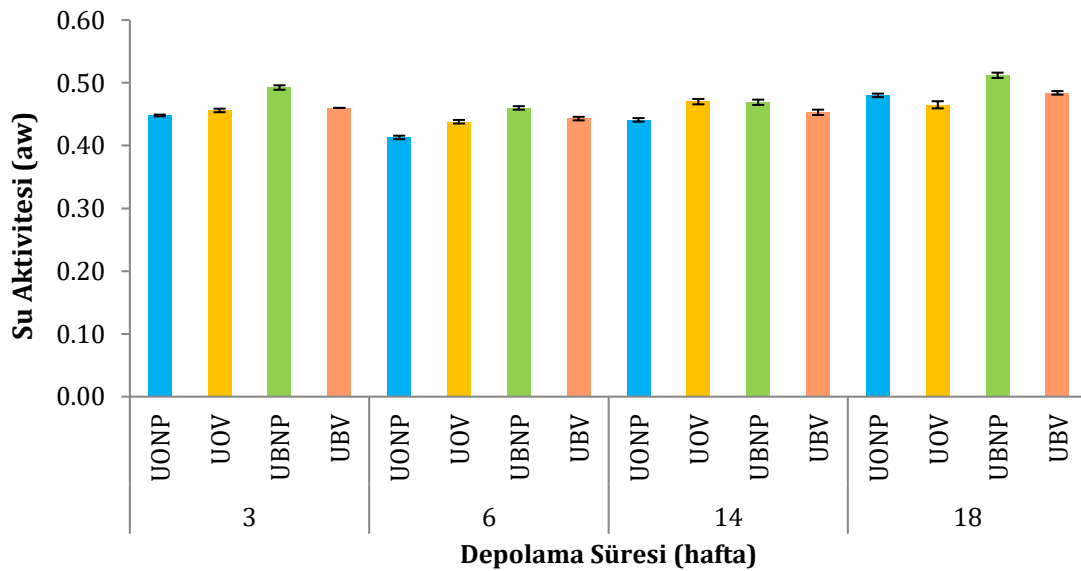
deperlerinin UBNP değerlerine göre anlamlı düşük olduğu ( $p < 0,05$ ), UVNP rneklerinin, UBV ( $p = 0,024$ ) rneklerinin su aktivitesi değerlerine göre anlamlı düşük olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

Çizelge 3.18. Depolama süresinin yulaf ununun su aktivitesi (aw) değeri üzerine etkisi.

Su					
Aktivitesi (aw)	UONP	UOV	UBNP	UBV	p
<b>3. Hafta</b>	0,448±0,00	0,456±0,00	0,493±0,00	0,46±0,00	<b>&lt;0,001</b>
<b>6.Hafta</b>	0,413±0,003	0,438±0,003	0,46±0,003	0,443±0,003	<b>&lt;0,001</b>
<b>14.Hafta</b>	0,441±0,003	0,470±0,004	0,469±0,004	0,453±0,004	<b>0,005</b>
<b>18. Hafta</b>	0,480±0,003	0,465±0,006	0,512±0,004	0,484±0,003	<b>0,001</b>

\*UONP (Un Oda Normal Paket), UOV (Un Oda Vakum), UBNP (Un Buzdolabı Normal Paket), UBV (Un Buzdolabı Vakum)

\*\*p<0,05



Şekil 3.25. Yulaf unu için elde edilen su aktivitesi değerinin depolama süresince değişimi.

Yulafın güvenli bir şekilde depolanması için 5°C-20°C' de ve su aktivitesinin 0,65 ten küçük olması tavsiye edilmiştir [87]. Su aktivitesi ile çıtırılık ters orantılıdır. Düşük su aktivitesi değerlerinde (0,25-0,40) lipid oksidasyonun bağıl hızı minimumdur [133]. Yüksek sıcaklıkta depolanan yulafın çıtırılığı, düşük sıcaklıkta depolanan yulafa göre daha azdır. Bununla beraber su aktivitesindeki değişim vakumlu ve vakumsuz

paketlenen yulaflarda birbirine çok yakın olup, oksidasyon hızlarının da benzer olması beklenmelidir. Depolama süresi arttıkça farklı koşullarda depolanan örneklerin su aktivitesi değeri de zamanla artmıştır [134]. Tezde elde edilen bulgular da benzer şekilde farklı koşullarda depolanan yulaf ununun su aktivitesi değerlerinin depolama süresince (3-18 hafta) arttığını göstermektedir.

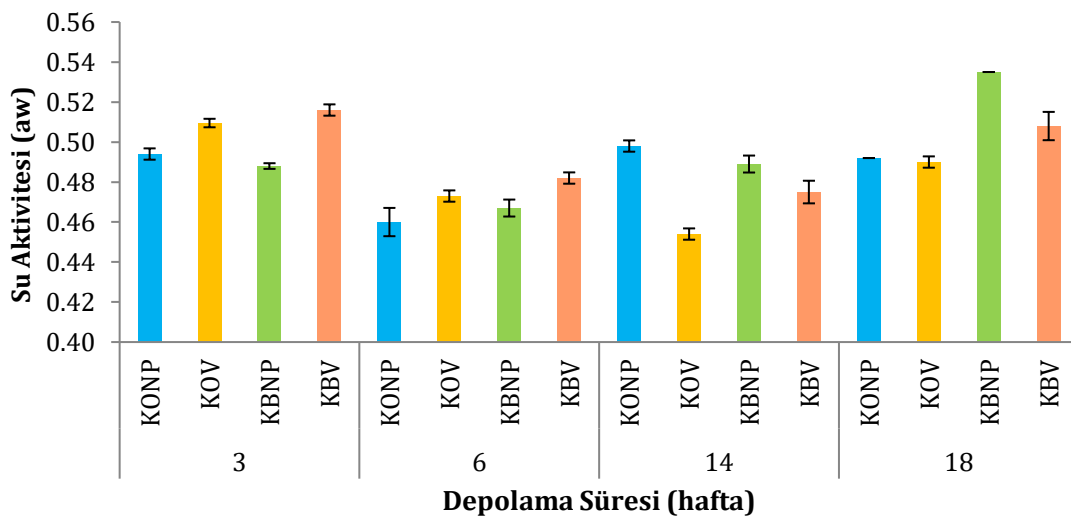
### 3.4.8. Yulaf Kepeği Su Aktivitesi

Yulaf kepeği için elde edilen su aktivitesi (aw) değerleri Çizelge 3.19'da ve depolama süresince su (aw) aktivitesinde meydana gelen değişim Şekil 3.26'da gösterilmektedir. Çizelge 3.19. Depolama süresinin yulaf kepeğinin su aktivitesi (aw) değeri üzerine etkisi.

Su Aktivitesi (aw)	KONP	KOV	KBNP	KBV	P
<b>3. Hafta</b>	0,494±0,0028	0,509±0,0021	0,488±0,0014	0,516±0,0028	<b>0,001</b>
<b>6.Hafta</b>	0,460±0,0071	0,473±0,0028	0,467±0,0042	0,482±0,0028	<b>0,034</b>
<b>14.Hafta</b>	0,498±0,0028	0,454±0,0028	0,489±0,0042	0,475±0,0056	<b>0,002</b>
<b>18. Hafta</b>	0,492±0,0000	0,490±0,0028	0,534±0,0014	0,508±0,007	<b>0,001</b>

\*KONP (Kepek Oda Normal Paket), KOV (Kepek Oda Vakum), KBNP (Kepek Buzdolabı Normal Paket), KBV (Kepek Buzdolabı Vakum)

\*\*p<0,05



Şekil 3.26. Yulaf kepeği için elde edilen su aktivitesi değerinin depolama süresince değişimi.

Isıl işlem gören yulaf kepeği için 1., 3., 6., 14. ve 18. haftalarda hesaplanan su aktivitesi değeri üzerine depolama koşullarının etkisinin anlamlı olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,05$ ). KOV ve KBV su aktivitesi değerlerinin, KONP ve KBNP uygulamalarına göre anlamlı yüksek bulunmuştur. ( $p < 0,05$ ) 6. hafta da yapılan ölçümlerde su aktivitesi ( $p = 0,034$ ) bulguları ile depolama koşulları arasında önemli fark olduğu saptanmıştır ( $p < 0,05$ ). KONP uygulamasının su aktivitesi değerleri, KBV uygulamasına göre anlamlı düşük bulunmuştur. ( $p < 0,05$ ) 14. hafta da elde edilen ölçümlerde su aktivitesi ( $p = 0,002$ ) bulguları ile depolama uygulamaları arasındaki farkların anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). KOV uygulamasının su aktivitesi değerlerinin, KONP ( $p = 0,001$ ), KBNP ( $p = 0,003$ ) ve KBV ( $p = 0,022$ ) uygulamalarına göre anlamlı düşük olduğu ( $p < 0,05$ ) KBV uygulamasının ise KONP ( $p = 0,016$ ) uygulamasına göre daha düşük su aktivitesine neden olduğu gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

Depolamanın sonunda (18. hafta) yapılan ölçümlerde de su aktivitesi ( $p = 0,001$ ) ile depolama koşulları arasındaki farkın anlamlı olduğu gözlenmiştir ( $p < 0,05$ ). KBNP uygulamasına ait su aktivitesi değeri, KONP ( $p = 0,001$ ), KOV ( $p = 0,001$ ) ve KBV ( $p = 0,009$ ) uygulamalarına göre daha yüksek ( $p < 0,05$ ); KBV uygulamasının su aktivitesi değeri ise KONP ( $p = 0,048$ ) ve KOV ( $p = 0,032$ ) uygulamalarına göre anlamlı yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ).

### **3.5. Kimyasal analiz (Protein, Kül, Yağ Miktarı Tayini) sonuçları**

Kahraman cinsi yulaf örneklerine ait protein, kül ve yağ miktarları ve hidrotermal ısıl işlem uygulanmış yulaf unu ve yulaf kepeğine ait protein, kül miktarları Çizelge 3.20 de verilmiştir.

Çizelge 3.20. Yulaf, yulaf unu ve yulaf kepeğinin bazı kimyasal (protein, kül miktarı) analizi sonuçları.

<b>Analiz</b>	<b>Yulaf</b>	<b>Yulaf Unu</b>	<b>Yulaf Kepeği</b>
<b>Protein (N*6,25) (%)</b>	19,75	15,90	17,70
<b>Kül (%)</b>	2,125	1,72	2,25
<b>Yağ (%)</b>	7	-	-

\*Kuru madde üzerinden

Webster (2002), yulaftaki ortalama protein, kül oranlarını sırasıyla %15,2, %1,9 olarak bildirmiştir. Buna göre tez kapsamında elde edilen protein ve kül miktarlarının Webster (2002)'den daha yüksek olduğu söylenebilir. Bu durumun, yulaf çeşidi, iklim, coğrafik yeri ve hasat yılı farklılıklarından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir [135]. Yulaf örnekleri ile yulaf unu ve yulaf kepeğinin değerlerindeki farklılık hasat yıllarının farklı olmasından, farklı iklim özelliklerinden veya örneklerin yetiştirildiği yerlerin farklılığından kaynaklanabilir.

#### 4.SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Tez çalışmasında son yıllarda popüleritesi giderek artan yulaf ve yulaf ürünlerine (yulaf unu ve yulaf kepeği) hidrotermal ısıtım işlem uygulanarak, raf ömrü üzerine farklı saklama koşullarının (vakum ve sıcaklık) etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla yulaf tanesine 125°C de 4 dakika buhar uygulaması yapıldıktan sonra yulaf unu ve yulaf kepeği ayrı ayrı elde edilerek örnekler hazırlanmıştır. Isıtım işlem uygulanmamış yulaf (ham yulaf) ve ısıtım işlem görmüş örnekler 1 kg'lık poşetlerde (%70 polyamid ve %30 polietilen) vakum uygulanmadan veya vakum uygulanarak ambalajlanmış ve oda sıcaklığında (24±1°C) ve buzdolabı sıcaklığında (4-6°C) depolanmıştır. Isıtım işlem görmemiş yulaf ve ısıtım işlem görmüş yulaf unu ve yulaf kepeği örneklerinin oksidasyon stabilitesi ve bazı kalite özelliklerindeki değişim depolama süresince izlenmiştir.

Onsekiz haftalık depolama süresi boyunca vakum uygulanmayan yulaf unu örneklerinde oda sıcaklığında depolanan peroksit sayısı (meq oksijen/kg), 10,5-30,3 (meq oksijen/kg) arasında; buzdolabı sıcaklığında depolanan örnekte ise 8,0-14,3 (meq oksijen/kg) arasında değişmiştir. Vakum uygulanan yulaf unu örneklerinde ise peroksit sayısı oda sıcaklığında 9,6-11,9 (meq oksijen/kg) değişirken, buzdolabı sıcaklığında 13,2-22,5 (meq oksijen/kg) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Oda sıcaklığında depolanan yulaf ununun serbest asitlik değeri %0,037-0,060 buzdolabı sıcaklığında depolanan örneklerde ise %0,04-0,058 olmuştur. Oda sıcaklığında depolanan yulaf kepeğinin serbest asitlik değeri %0,035-0,055 buzdolabı sıcaklığında depolanan örneklerde ise %0,039-0,052 olmuştur.

Ham yulafa ait peroksit sayısı, serbest asitlik ve su aktivitesi,  $L^*$   $a^*$  değerlerinde depolama boyunca anlamlı bir farklılık tespit edilirken,  $b^*$  değerinde anlamlı bir farklılık olmamıştır. Ham yulaf için 6 haftalık depolama süresince serbest asitlik ve peroksit sayılarındaki değişim; farklı saklama koşullarının bozulma reaksiyonlarına (hidroliz ve otoksidasyona) engel olamadığını göstermiştir. Ham yulaf örneğinde oda şartlarında normal pakette saklanan yulaflar, buzdolabı şartlarındaki normal paketteki yulaflara göre daha yüksek asitlik değerine sahiptir. Buzdolabında saklama normal

paketli ham yulaf örneklerinde asitlik olarak avantaj sağlasa da bu etki kısıtlı olduğundan buzdolabında saklanan örneklerde de serbest asitlik TS'nin belirlediği değerin üzerindedir. Yulaf unu ve kepeğinde serbest asitlik değerleri 18 hafta boyunca, TS'nin (13625) belirlediği limitler (max <math>0,07</math>) altında iken, ham yulafta 6. haftada %0,26'ya yükselmiştir. Ayrıca kabuğu soyulmuş ham yulafa ait peroksit sayısının >15 (meq oksijen/kg) olması ürünün işleme alınmadan önce uygun koşullarda saklanmadığını veya kabuk soyma esnasında bütüncül yapının bozulmasından dolayı lipaz enziminin aktivitesindeki artışı göstermektedir. Ham yulafta oda şartlarında vakum ambalajlama, vakumsuz ham yulaf örneğine göre peroksit sayısında düşüşe yol açmazken, buzdolabı sıcaklığında vakum uygulama etkisini göstererek daha düşük peroksit sayısı gözlenmiştir. Beklendiği gibi ham yulaf örneklerinde raf ömrü ısı işlem görmüş örneklere göre daha kısa olmuştur. Buna göre ham yulafın ısı işlemi uzun süre depolanması önerilmez. Bu durum bize ham yulafa kıyasla yulaf unu ve yulaf kepeğindeki bozulma göstergesi olan serbest asitlik değerindeki artışın sınırlı olduğunu yani uygulanan hidrotermal işlemin raf ömrünü uzatmada etkili olduğunu göstermektedir.

Yulaf unlarının peroksit sayısı; 14. haftaya kadar TS 13625'e göre maksimum değer olan 15 meq oksijen/kg'nın altında iken 14. haftada vakum uygulanmayan ve oda sıcaklığında depolanan yulaf ununda 30 (meq oksijen/kg)'a kadar yükselmiştir. Yulaf unu için vakum uygulanan oda sıcaklığındaki unların vakumsuz paketlere göre daha düşük peroksit sayısının olması, vakum depolamanın oda şartlarında etkili olduğunu, genel olarak buzdolabı sıcaklığında depolamanın vakumsuz paketli unlarda daha düşük peroksit sayısına neden olması otooksidasyonu kısmen sınırladığını göstermiştir.

Yulaf unu için su aktivitesi,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinde depolama süresince anlamlı bir farklılık tespit edilirken ( $p < 0,05$ ); serbest asitlik ve  $L^*$  değerlerinde haftalar arasında anlamlı bir farklılık ortaya çıkmadığı belirlenmiştir. Vakum uygulanmadan buzdolabı koşullarında depolanan yulaf unu örneğinde su aktivitesi değerleri diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde yulaf kepeğinde de su aktivitesi değerlerinin buzdolabı sıcaklığında saklanan örneklerde diğerlerine göre daha yüksek çıkması su aktivitesi bakımından buzdolabında saklamanın avantaj sağlamadığını göstermiştir.



Ham yulafın başlangıçtaki  $L^*$  (85,33) değerinin ısıtılma işlemi gören yulaf ununun (83,6) ve yulaf kepeğinin (79,3)  $L^*$  değerinden yüksek olması, ısıtılmanın (Maillard reaksiyonu) yulafın renginde bir miktar koyulaşmaya neden olduğunu göstermiştir.

Yulaf kepeğinde peroksit sayısı ve su aktivitesi, ( $p < 0,05$ ) değerlerinde depolama süresince anlamlı bir farklılık tespit edilirken, serbest asitlik ve renk değerlerinde ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) değerlerinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir. Yulaf kepeği için buzdolabında vakum uygulanan örneğin peroksit sayısı depolamanın ilk haftalarında bir miktar artmış ancak depolama süresinin sonuna kadar önemli bir değişiklik olmamıştır. Buna göre yulaf kepeği için buzdolabı sıcaklığında depolama ile otoksidasyonun kısmen kontrol edilebildiği söylenebilir.

Genel olarak yulaf unu ve kepeğinin depolanması sırasında oluşan peroksitlerin ikincil oksidasyon ürünlerine dönüşümüne bağlı olarak peroksit sayılarında önce artış sonrasında azalma görülürken; yulaf ununda 14. haftada oda sıcaklığında ve vakum uygulanmayan örnekte; yulaf kepeğinde ise 6. haftada tüm örneklerde Türk Gıda Kodeksi “Bitki Adı ile Anılan Yağlar Tebliği” inde (Tebliğ No: 2012/29) soğuk preslenmiş ve sızma yağlar için belirtilen max 15 (meq oksijen/kg)’a yaklaşmıştır. Bu süreyi uzatmak için farklı ısıtılma işlemleri ve/veya hidrotermal ısıtılma işlem koşulları (sıcaklık veya süre) değiştirilebilir. Ambalajlamada ve ısıtılma işlem uygulamalarında antioksidan madde ilavesi veya daha düşük yağ içeriğine sahip yulaf çeşitleri kullanımı düşünülebilir.

Genel olarak buzdolabı sıcaklığında depolanan ve vakum uygulanmayan yulaf unu ve yulaf kepeklerinde, peroksit sayılarının daha düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca yulaf unu ve yulaf kepeği örneklerinde oda sıcaklığında vakum paketleme ile daha düşük peroksit sayısı değerleri elde edilmiştir. Buna göre yulaf unu ve kepeği için oda sıcaklığında vakum paketlemenin olumlu etkisi olmuştur.

Sonuçlar, vakum paketlemenin ve buzdolabında depolamanın yulaf unu ve yulaf kepeğinde oksidasyonu yavaşlatarak raf ömrünü kısmen uzattığını göstermektedir. Yulaf unu 14. haftaya; yulaf kepeği ise 6. haftaya kadar güvenle depolanabileceği görölmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] M.S. Ibrahim, A. Ahmad, A. Sohail and M.J. Asad, Nutritional and functional characterization of different oat (*Avena sativa* L.) cultivars: International Journal of Food Properties, 23 (2020) 1373-1385.
- [2] F. Noshab, Farzana, Economic Survey Of Pakistan, 223-227, 2003.
- [3] E.N. Jellen, and J. Beard, Geographical distribution of chromosome 7C and I7 intergenomic translocation in cultivated oat, Crop Science, 40, 256-263, 2000.
- [4] A. Marshall, S. Cowan, S. Edwards, I. Griffiths, C. Howarth, T. Langdon, and E. White, Crops that feed the world 9. Oats-a cereal crop for human and livestock feed with industrial applications: Food Security, 5.1 (2013) 13-33.
- [5] İ. Kalkan and B.Özarık, Tam Buğday Ekmeği ve Sağlık Üzerine Etkisi. Aydın Gastronomy, 1 (2017) 37-46.
- [6] E. Yaver, N. Ertaş: Yulafın Bileşimi Hububat Endüstrisinde Kullanım Alanları ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri: Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, 13 (2014) 42- 50.
- [7] R. Sobayoğlu, Karaman şartlarında yazlık ekilen yulaf çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2017.
- [8] M. Skoglund, Phenolic compounds in oats. Vol. 2008, No. 2, 2008.
- [9] H. Anttila, T. Sontag-Strohm and H. Salovaara, Viscosity of  $\beta$ -glucan in oat products: Agricultural and Food Science 13 (2004) 80-87.
- [10] M. S. Butt, M. Tahir-Nadeem, M.K.I Khan, R. Shabir and M. S. Butt, Oat: unique among the cereals: European journal of nutrition, 47 (2008) 68-79.
- [11] P.B. Mellen, T.F. Walsh and D.M. Herrington, Whole grain intake and cardiovascular disease: a meta-analysis: Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 18, 283-290, 2008.
- [12] J.W. Van Der Kamp, K. Poutanen, C.J. Seal, D.P. Richardson, The HEALTHGRAIN definition of “whole grain.”: Food and Nutrition Research, 58.1, 22100, 2014.
- [13] U.S. Food and Drug Administration., Guidance for industry and FDA staff: Whole grain label statements [DraftGuidance], <http://www.cfsan.fda.gov/~dms/flgragui.html> (Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2020).

- [14] M.S. Edge, J.M. Jones, L. Marquart, A new life for whole grains: Journal of the American Dietetic Association, 105.12 (2005) 1856-1860.
- [15] S. Öztürk, H. Mete, Stratejik Bir Ürün Olarak Tahıl Üretiminin Ekonomideki Yeri: 2000 Yılları Sonrası Türkiye Örneği. Umteb-I, 322, 2017.
- [16] S. Tan, S.E. Yüceer, E. Durmuş, Sağlıklı Bir Yaşam İçin Dünyada Ve Türkiye’de Tarımsal Ürünlerin Tüketimi Ve Kendine Yeterlilik Durumu. Pandemi Ve Ekonomi Kıskaçında Sağlık, 93, 2020.
- [17] R.W. Welch (Ed.), The oat crop: production and utilization. Springer Science & Business Media, 2012.
- [18] K.J. Lorenz, K. Kulp (Eds.), Handbook of cereal science and technology, New York: Marcel Dekker, 815, 1991.
- [19] N.L. Kent, Technology of cereals 3rd Edition Pergamon press, Oxford U.K., 1983.
- [20] F.H. Webster, Oat utilization: past, present, and future, 1986.
- [21] E. L. Molteberg, R. Solheim, L. H. Dimberg, & W. Frølich, Variation in oat groats due to variety, storage and heat treatment, II: sensory quality: Journal of Cereal Science, 24.3 (1996) 273–282.
- [22] Panasiewicz M, Grochowicz J, Sobczak P, Influence of hydrothermal processes on selected physical properties of oat grain: Journal of Food Engineering, 90 (2009) 81–89.
- [23] N Zhang, Y. Gao, L. Tong and Z. Li, Superheated steam processing improved the qualities of oats flour and noodles: Journal of Cereal Science, 83 (2018) 96-100.
- [24] M. Ahmad, Z.A. Dar and M. Habib, A review on oat (*Avena sativa L.*) as a dual purpose crop: Scientific Research and Essays, 9.4 (2014) 52-59.
- [25] S. Zute, Z. Vīcupe, and M. Gruntiņa. "Factors influencing oat grain yield and quality under growing conditions of West Latvia." Agronomy Research 8. Special III 749-754, 2010.
- [26] Anonim, Yulaf Üretimi ve Yetiştiriciliği Türkiye Tohumcular Birliği, <https://turktob.org.tr/tr/yulaf-uretimi-ve-yetistiriciligi/4910> (Erişim Tarihi: **6 Haziran 2021**).
- [27] Anonim, Serin iklim tahılları yetiştiriciliği 2, Millî Eğitim Bakanlığı Tarım Teknolojileri, [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf)

(Erişim Tarihi: **4 Nisan 2021**).

- [28] A. Grimberg, Preferred carbon precursors for lipid labelling in the heterotrophic endosperm of developing oat (*Avena sativa L.*) grains: Plant physiology and biochemistry, 83 (2014) 346-355.
- [29] S.S. Miller, R.G. Fulcher and F.H. Webster, P.J. Wood (Eds.), Oats: Chemistry and technology, American Association of Cereal Chemists, Inc (AACC), St Paul, 77-94, **2011**.
- [30] S.H. Yiu, Effects of processing and cooking on the structural and microchemical composition of oats: Food Structure, 5 (1986) 219–225.
- [31] E. Kün, Serin İklim Tahılları. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay. No: 1032, Ders Kitabı No: 299, Ankara, **1988**.
- [32] E. J Stevens, K. W. Armstrong, H.J. Bezar, W.B. Griffin, J. G. Hampton, Fodder oats an overview: Fodder oats: a world overview, 33 (2004) 11-18.
- [33] E. Small, New crops for Canadian agriculture, Perspectives on new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA, 15–52, **1999**.
- [34] Anonymous, AACC committee adopts oat bran definition, Cereal Chemistry, <https://www.cerealsgrains.org>, (Erişim Tarihi: **3 Nisan 2021**).
- [35] American Association Of Cereal Chemists, Aacc Committee Adopts Oat Bran Definition. Cereal Foods World, 34, 1033, **1989**.
- [36] D. Klensporf, H.H Jeleń, Effect of heat treatment on the flavor of oat flakes: Journal of Cereal Science, 483 (2008) 656-661.
- [37] B. Ekstrand, I. Gangby, and G. Akesson, Lipase activity in oats—distribution, pH dependence and heat inactivation: Cereal chemistry, 69.4 (1992) 379-381.
- [38] K.J. Frey and J.B. Holland, Nine cycles of recurrent selection for increased grain- oil content in oat: Crop Science, 39 (1999) 1636–1641.
- [39] Zarkadas, C. G., Yu, Z., and Burrows, V. D., Assessment of the protein quality of two new Canadian-developed oat cultivars by amino acid analysis: Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43 (1995) 422-428.
- [40] M. Zhou, K. Robards, M. Glennie-Holmes and S. Helliwell, Structure and pasting properties of oat starch: Cereal Chemistry, 75.3 (1998) 273-281.
- [41] M.M. Grundy, P.J. Wilde, A. Fardet, S. M. Tosh, and G.T. Rich, Processing of Oat :

The Impact on Oat's Cholesterol Lowering Effect: Food Function, 9 (2018) 1328–1343.

- [42] Youngs, V. L., Lipids in food represent a concentrated energy source, and oats (*Avena sativa* L.) contain higher levels of lipid than any other cereal grain. In the United States, oats is the third largest cereal crop, but less than 10% of the crop is use directly: Cereal Chem, 55.5 (1978) 591-597.
- [43] D.M. Peterson, Oat antioxidants: Journal of cereal science, 33.2 (2001) 115-129.
- [44] R. ZADERNOWSKL, NOWAK-POLAKOWSKA, H. A. L. I. N. A and A.A. RASHED, The influence of heat treatment on the activity of lipo-and hydrophilic components of oat grain: Journal of Food Processing and Preservation, 23.3 (1999) 177- 191.
- [45] E.J. Matlashewski, A.A. Urquhart, M.R. Sahasrabudhe and I. Altosaar, Lipase activity in oat flour suspensions and soluble extracts: Cereal chemistry, 59 (1982) 418- 422.
- [46] H.D. Belitz, and W. Grosch, Aroma substances, Food chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg, 319-377, 1999.
- [47] H.D. Belitz, W. Grosch, P. Schieberle, Aroma compounds, Food chemistry. Springer, Berlin, Heidelberg, 342-408, 2004.
- [48] B. Fretzdorff and K. Seiler, The effect of twin-screw extrusion cooking on cereal enzymes: Journal of Cereal Science, 5 (1987) 73-82.
- [49] P. Lehtinen, A. Kaukovirta-Norja, and S. Laaskso, Variation in lipid oxidation rates in cereals – a result of lipoxygenase enzyme activity or lipid availability. In: 2<sup>nd</sup> European Symposium on Enzyme in Grain Processing, Ed. Simoinen, T. and Tenkanen, M., VTT Biotechnology, Espoo, 2000, p. 257-260.
- [50] U. Biermann and W. Grosch, Bitter-tasting monoglycerides from stored oat flour. Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung A, Cited by Molteberg et al., 169 (1979) 22- 26.
- [51] U. Biermann, A. Wittmann, and W. Grosch, (1980). Occurrence of bitter hydroxyl fatty acids in oat and wheat. Fette Seifen Anstrichmittel, Cited by Lehtinen, 82.6 (2003) 236- 240.
- [52] R.G. Fulcher and S. S. Miller, Structure of oat bran and distribution of dietary fiber components, Oat bran, (1993) 1-24.

- [53] F. Webster, Oats: chemistry and technology. Academic Press, **2016**.
- [54] Anonim, Ulusal Hububat Konseyi Arpa, Çavdar, Yulaf, Tritikale Raporu.  
[http://uhk.org.tr/dosyalar/uhkarpa\\_kasim2015.pdf](http://uhk.org.tr/dosyalar/uhkarpa_kasim2015.pdf) (Erişim Tarihi: **3 Haziran 2021**)
- [55] TMO., Hububat Sektör Raporu, Toprak Mahsülleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara, **2019**.
- [56] TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Ürün İstatistikleri,  
<http://www.tuik.gov.tr/PreTablo> Arama.do (Erişim tarihi: **25 Aralık 2020**).
- [57] Anonim, Türk gıda kodeksi beslenme ve sağlık beyanları yönetmeliği,  
<https://www.magenta.com.tr/img/cat/26.01.2017-tarihli-turk-gIdakodeksi-beslenme-ve-saglik-beyanlarI-yonetmeliği-ekleri.-330> (Erişim Tarihi: **5 Temmuz 2021**).
- [58] Anonim, Türkiye İstatistik Kurumu, [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1001.-Y.](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001.-Y.), (Erişim Tarihi: **20 Temmuz 2021**).
- [59] FDA. Final rule for food labelling: Health claims; Oats and coronary heart disease: Federal Regulations, 62 (**1997**) 3584–3681.
- [60] Efsa Panel On Dietetic Products, Nutrition And Allergies (NDA). Scientific opinion on the substantiation of a health claim related to oat  $\beta$ -glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006: EFSA Journal, 8.12 (**2010**) 1885.
- [61] L.T. Tong, L. Guo, X. Zhou, J. Qiu, L. Liu, K. Zhong and S. Zhou, Effects of dietary oat proteins on cholesterol metabolism of hypercholesterolaemic hamsters: Journal of the Science of Food and Agriculture, 96.4 (**2016**) 1396-1401.
- [62] W. Biel, E. Jacyno and M. Kawęcka, Chemical composition of hulled, dehulled and naked oat grains: South African Journal of Animal Science, 44.2 (**2014**) 189-197
- [63] R. Karaman, İ. Akgün ve C. Türkay, İnsan Beslenmesinde Alternatif Besin Kaynağı: Yulaf, Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, 2.2 (**2020**) 78-85.
- [64] A. Picarelli, M. Di Tola, L. Sabbatella, F. Gabrielli, T. Di Cello, M.C. Anania, M. De Vincenzi, Immunologic evidence of no harmful effect of oats in celiac disease: The American journal of Clinical Nutrition, 74.1 (**2001**) 137-140.
- [65] C.L. Emmons, and D.M. Peterson, Antioxidant activity and phenolic contents of oat as affected by cultivar and location: Crop Science, 41.6 (**1999**) 1676-1681.
- [66] D. Ryan, M. Kendall, K. Robards, Bioactivity of oats as it relates to cardiovascular

disease: Nutrition Research Reviews, 20.2 (2007) 147- 162.

- [67] C. Klose and E.K. Arendt, Proteins in oats; their synthesis and changes during germination: a review: Critical Reviews in food science and nutrition, 52.7 (2012) 629-639.
- [68] A. Geliebter, C.L. Grillo, R. Aviram-Friedman, S. Haq, E. Yahav and S.A. Hashim, Effects of oatmeal and corn flakes cereal breakfasts on satiety, gastric emptying, glucose, and appetite-related hormones: Annals of Nutrition and Metabolism, 66.2-3 (2015) 93-103.
- [69] C. Martinez-Villaluenga and E. Peñas, Health benefits of oat: current evidence and molecular mechanisms: Current Opinion in Food Science, 14 (2017) 26-31.
- [70] Kale, C. ve Bingöl, N. T., Role of  $\beta$ -glucan in animal nutrition: Van Veterinary Journal, 26(1), (2015), 43-47.
- [71] R. Ege and S.Z.A. Köseoğlu,  $\beta$ -glukanın kardiyovasküler sağlık üzerine etkisi, **2021**.
- [72] T. Vasanthan, F. Temelli, Grain Fractionation Technologies for Cereal B-- Glucan Concentration: Food Research International, 41 (2008) 876-881.
- [73] D.S. Özay “İnsan Beslenmesine Uygun Yulaf Çeşitlerinin Geliştirilmesi” başlıklı 1003 Tübitak Projesi Sonuç Raporu, (Basılmamış), **2016**.
- [74] Y. Malkki, and E. Virtanen, Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum: a review: LWT-Food Science and Technology 34.6 (2001) 337-347.
- [75] J.A. Van Loo, Prebiotics promote good health: the basis, the potential, and the emerging evidence: Journal of clinical gastroenterology, 38 (2004) 70-75.
- [76] Miller SS, Fulcher RG, Sen A, Arnason JT, Oat endosperm cell walls: I. Isolation, composition, and comparison with other tissues. Cereal Chem 72, (1995), 421–427
- [77] C.L. Emmons, D.M. Peterson, G.L. Paul. Antioxidant capacity of oat (*Avena sativa* L.) extracts 2. In vitro antioxidant activity and contents of phenolic and tocol antioxidants: Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47.12 (1999) 4894-4898.
- [78] D.M. Peterson, M.J Hahn and C.L. Emmons, Oat avenanthramides exhibit antioxidant activities in vitro: Food Chemistry, 79.4 (2002) 473-478
- [79] D.S. Ludwig, Dietary glycemic index and obesity: The Journal of Nutrition, 130.2 (2000) 80-83.
- [80] E. Yaver, N. Ertaş, Yulafın Bileşimi Hububat Endüstrisinde Kullanım Alanları ve



- İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri: Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi, 13 (2014) 42-50.
- [81] R. Sobayoğlu, Karaman şartlarında yazlık ekilen yulaf çeşitlerinin verim ve kalite özellikleri yönünden değerlendirilmesi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, Konya, 2017.
- [82] E.A. Decker, D.J. Rose and D. Stewart, Processing of oats and the impact of processing operations on nutrition and health benefits: British Journal of Nutrition, 112.S.2 (2014) S58-S64.
- [83] FDA (US Food and Drug Administration), Food Labeling: Health Claims. Soluble Fiber From Whole Oats and Risk of Coronary Heart Disease. Docket No. 95P-0197, 1997.
- [84] M. Ahmad, Z.A. Dar and M. Habib, A review on oat (*Avena sativa* L.) as a dual-purpose crop: Scientific research and essays, 9.4 (2014) 52-59.
- [85] J. L. Dong, M. Yang, R.L. Shen, Y.F. Zhai, X. Yu and Z. Wang, Effects of thermal processing on the structural and functional properties of soluble dietary fiber from whole grain oats. Food Science and Technology International, 25.4 (2019) 282-294.
- [86] E.K. Huttner, E.K. Arendt, Recent advances in gluten-free baking and the current status of oats, Trends in Food Sci. Technol. 21 (2010) 303- 312.
- [87] D. Oakenfull, Oat bran-does oat bran lower plasma cholesterol. and, if so, how?: CSIRO Food Research Quarterly, Australia, 1988.
- [88] G.A.(Ed.) Spiller, CRC handbook of dietary fiber in human nutrition. CRC press., 2001.
- [89] Doehlert, D. C., McMullen, M. S., & Hammond, J. J., Genotypic and environmental effects on grain yield and quality of oat grown in North Dakota. *Crop Science*, 41(4), (2001), 1066-1072.
- [90] N. Uengkimbuan, S. Soponronnarit, S. Prachayawarakorn, A. Nathkaranakule, A comparative study of pork drying using superheated steam and hot air: Drying Technology, 24.12 (2006) 1665–1672.
- [91] S. Bryngelsson, L.H. Dimberg and A. Kamal-Eldin, Effects of commercial processing on levels of antioxidants in oats (*Avena sativa*L): Journal of Agricultural and Food Chemistry 50.7 (2002) 1890-1896.

- [92] R.W. Welch, The Development of Rancidity in Husked and Naked Oats After Storage Under Various Conditions: *J. Sci. Food. Agric.* 28 (1977) 269–274.
- [93] E.L. Moltenberg, E.M. Magnus, J.M. Bjorge, A. Nilsson, Sensory and chemical studies of lipid oxidation in raw and heat treated oat flours: *Cereal Chemistry*, 73 (1986) 579–587.
- [94] Gansmann, W., Vorwerck, K., Oat milling, processing and storage. In: Welch, R.W. (Ed.), *The Oat Crop*. Chapman and Hall, London, pp. 369–408, 1995.
- [95] P. Lehtinen and S. Laakso, Role of lipid reactions in quality of oat products, 2004.
- [96] D. Zhang, Characterization of oat flour rheological properties and the application of oat flour in bread baking. North Dakota State University. 1997.
- [97] R.Hulasare, D.S. Jayas, N.D.G. White, W.E. Muir, Thin layer drying characteristics of hullless oats at near ambient temperatures (*Avena sativa* L.): *Canadian Agricultural Engineering*, 41.3 (1999) 167-173.
- [98] R. Hoover, T. Vasanthan, N.J. Senanayake, and A.M. Martin, The effects of defatting and heat-moisture treatment on the retrogradation of starch gels from wheat, oat, potato, and lentil: *Carbohydrate Research*, 261.1 (1994) 13-24.
- [99] F. Gates, Role of heat treatment in the processing and quality of oat flakes, 2007.
- [100] A. Altan, *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana, 1986.
- [101] A. Elgün, Z. Ertugay, *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum, 2002.
- [102] A. Altan, *Tahıl İşleme Teknolojisi (Yayınlanmamış Ders Notları)*, Adana, 2004.
- [103] V.L. Youngs, Oat Lipids and Lipid-Related Enzymes, In *Oats: Chemistry and Technology*, (F. H. Webster (Ed.)), (1986) 205-223.
- [104] H. Gül, H. Dizlek and Alparslan, Ş., Yulafın Bileşimi ve Gıda Sanayiinde Kullanım Olanakları: *Hasad Gıda Dergisi*, 23.274 (2008) 38-43.
- [105] D.S. Head, S. Cenkowski, S. Arntfield, K. Henderson, Superheated steam processing of oat groats. *LWT -Food Science and Technology*, 43.4 (2010) 690–694.
- [106] K. Fredlund, N.G. Asp, M. Larsson, I. Marklinder, A.S. Sandberg, Phytate reduction in whole grains of wheat, rye, barley and oats after hydrothermal treatment: *Journal of Cereal Science*, 25.1 (1997) 83-91.

- [107] D.E.C.A.I. Zhang, W.R. Moore, D.C. Doehlert, Effects of oat grain hydrothermal treatments on wheat–oat flour dough properties and bread baking quality: *Cereal Chemistry*: 75 (1998) 602–605.
- [108] N. Girardet, F. H. Webster, Oat milling: specifications, storage, and processing. *Oats: Chemistry and technology*, (Ed. 2), 301-319, 2011.
- [109] P.J. Fellows, *Food Processing Technology: Principles and Practice*. Cambridge, UK Woodhead Publishing, 2009.
- [110] P. Suomi, T. Lötjönen, H. J. Mikkola, A.M. Kirkkari and R. Palva. Viljan korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla, 2003. korjuu ja varastointi laajenevalla viljatilalla, 2003.
- [111] L. Ryan, P. S. Thondre and C.J.K. Henry, Oat-based breakfast cereals are a rich source of polyphenols and high in antioxidant potential.: *Journal of Food Composition and Analysis*, 24,7 (2011) 929-934.
- [112] K. Winfield, M.Hall, and B. Paynter, Milling oat and feed oat quality-what are the differences?. Government of Western Australia, Department of Agriculture and Food, 2007.
- [113] D.M. Peterson, Oat-a multifunctional grain. In *Proceedings 7th International Oat Conference/Pirjo Peltonen-Sainio and Mari Topi-Hulmi (eds.)*, MTT.,2004.
- [114] S. Kusch, B. Schumacher, H. Oechsner, W. Schafer, Methane yield of oat husks. *Biomass Bioenergy*, 35 (2011) 2627–2633.
- [115] S. Gupta, S. Cox, N. Abu-Ghannam, Process optimization for the development of functional beverage based on lactic acid fermentation of oats: *Biochemical Engineering Journal* 52.2-3 (2010) 199–204.
- [116] O. Martensson, C. Andersson, K. Andersson, R. Oste, O. Holst, Formulation of an oat based fermented product and its comparison with yoghurt. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 81.14 (2001) 1314–1321.
- [117] E. K. Hüttner, F. Dal Bello, E.K. Arendt, Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flours: *Journal of cereal science*, 52.1 (2010) 65-71.
- [118] M. Saka. Yulaf kepeği katkılı ekmeklerin fonksiyonel ve kalite özelliklerine ekmek yapım yöntemlerinin etkisi, A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana

Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, **2019**.

- [119] AOAC, Association of Official Agricultural Chemists, Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, Method No: 2003.0, 18th Ed., AOAC, INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, **2005**.
- [120] AACC, Approved Methods, American Association of Cereal Chemists, St. Paul MN, Standarts No: 26.41, 44.01, 46.12, **2000**.
- [121] American AACC. American Association of Cereal Chemists, Approved Methods of the AACC.,10th ed., Method No: 08–01, 10-54, 26-21, 26-31, 38-12A, 44-15A, 46–30, 54–21, 56-81B, 74-09. The Association: St. Paul. MN., USA, **2000**.
- [122] Anonim, TSE, Türk Standartları, TS 13625, Yulaf unu <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/Standard.aspx>, (Erişim Tarihi:6 Mayıs **2021**).
- [123] Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society, 4th edn., edited by D. Firestone, American Oil Chemists’ Society, Champaign, Method Cd 8-53, **1997**.
- [124] Association of Official Agricultural Chemists and W. Horwitz, Official methods of analysis (Vol. 222). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists., **1975**.
- [125] Turkish standard, Biscuits, TS 2383 (1991). Anonymous, Yemelik Bitkisel Yağlar Muayene Metodları Standardı. (TS 894). UDK 665.14.543, 1 -17, **1975**.
- [126] AOCS. Method Cd 12c-16. In Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists’ Society, 6th ed.; AOCS Press: Champaign, ILUSA, **2017**.
- [127] AACC International (1999g). Approved Methods of Analysis, 11th Ed. Method 22-80.01. Qualitative Test for Peroxidase in Oat Products. Approved November 3, **1999**. AACC International, St. Paul, MN, U.S.A, **1999**.
- [128] E.L. Molteberg, G.J.E.R.M.U.N.D Vogt, A. S. T. R. I. D. Nilsson, W. E. N. C. H. E. Frolich, Effects of storage and heat processing on the content and composition of free fatty acids in oats: Cereal chemistry, 72.1 (**1995**) 88-93.
- [129] P. Pongrat, S. Songsermpong, Stabilization of rice bran using a continuous microwave oven: Agriculture and Natural Resources, 53.4 (**2019**) 373-377.
- [130] D.C. Doehlert, S. Angelikousis and B. Vick, Accumulation of oxygenated fatty acids

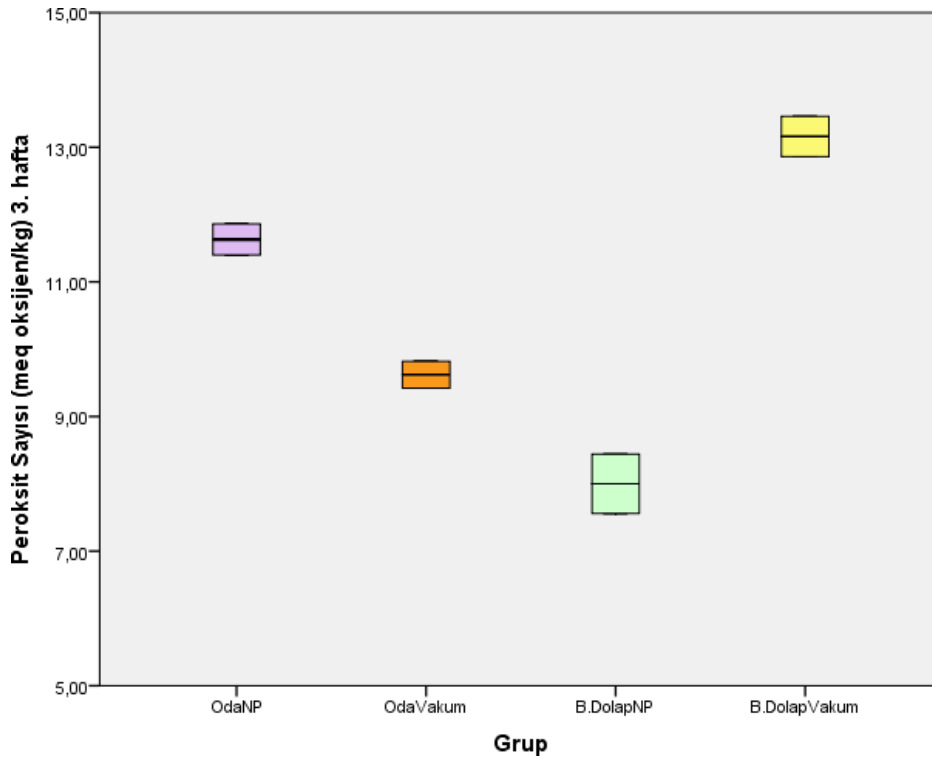
in oat lipids during storage: *Cereal chemistry*, 87.6 (2010) 532- 537.

- [131] A. Torbica, M. Belović, L. Popović and J. Čakarević, Heat and hydrothermal treatments of non-wheat flours: *Food Chemistry*, 334 (2021)127523.
- [132] X. Bai, M.L. Zhang, Y. Zhang, J. Zhang, C. Wang, R. Liu, Effects of Steaming, Microwaving, and Hot-Air Drying on the Physicochemical Properties and Storage Stability of Oat Bran. *Journal of Food Quality*, (2021).
- [133] T.P. Labuza, Kinetics of lipid oxidation in foods. *CRC Critical Reviews in Food Technology*, 2 (1971) 355–405.
- [134] H. Larsen, P. Lea and M. Rødbotten, Sensory changes in extruded oat stored under different packaging, light and temperature conditions: *Food quality and preference*, 16.7 (2005) 573-584.
- [135] F.H. Webster, Whole-grain oats and oat product. In: *Whole-Grain Foods in Health and Disease* (edited by L. Marquart, J. L. Slavin, R. G. Fulcher). AACC, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 83-123, 2002.

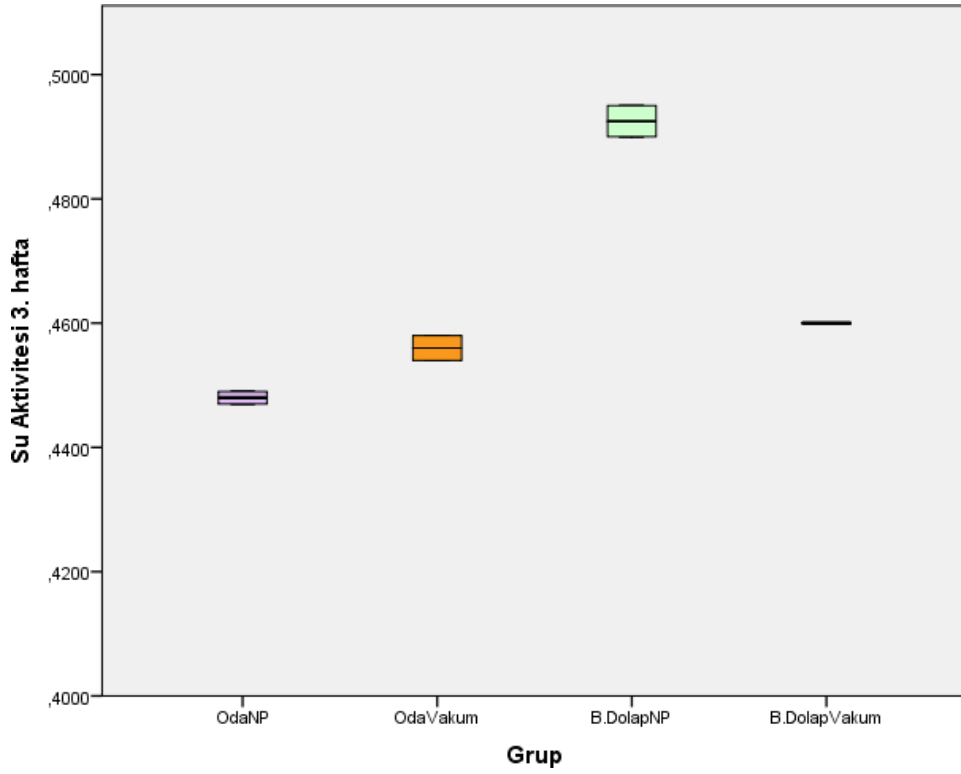
## EKLER

### EK 1-Grafikler

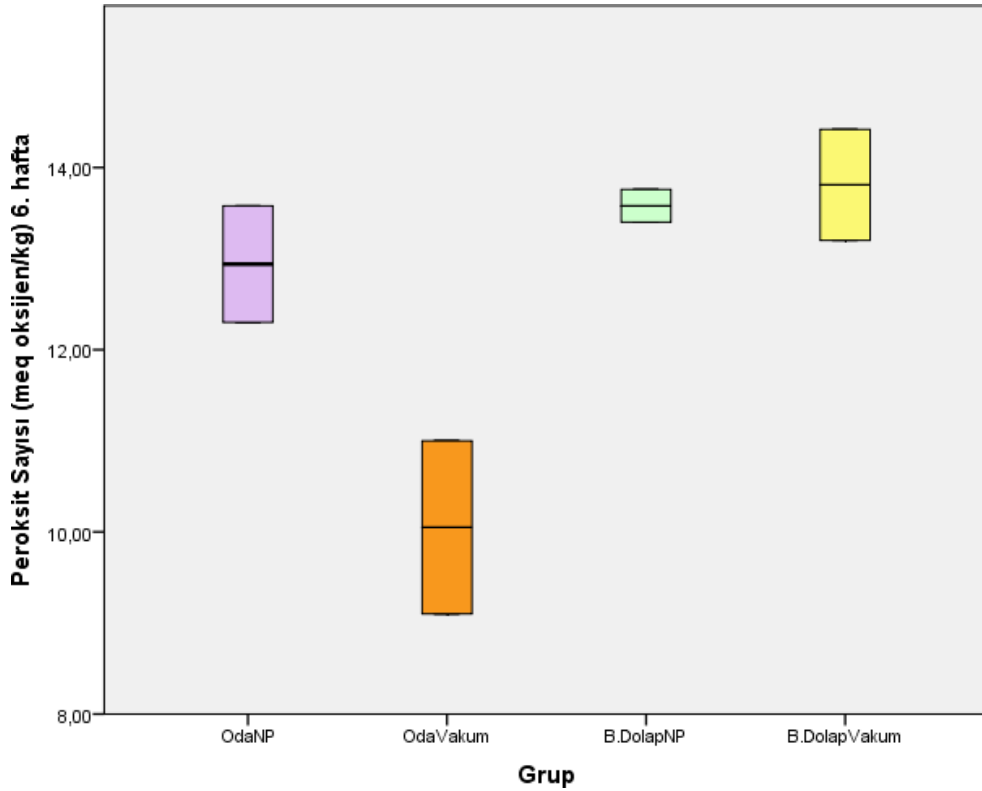
Yulaf unu ve yulaf kepeği örneklerine ait peroksit sayısı ve su aktivitesi sonuçları ile gruplar (depolama koşulları) arasındaki ilişkinin haftalar bazında incelenmesi.



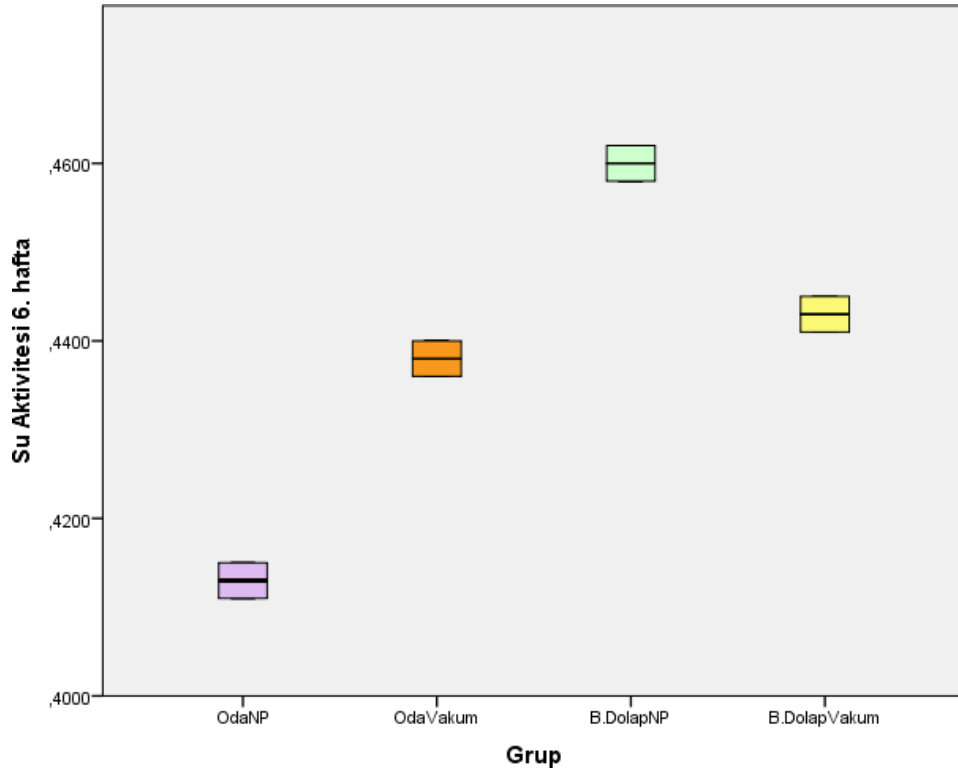
Şekil 4.1. 3. Hafta yulaf unu örneklerinin peroksit sayıları (meq oksijen/kg) ile gruplar arasındaki ilişki



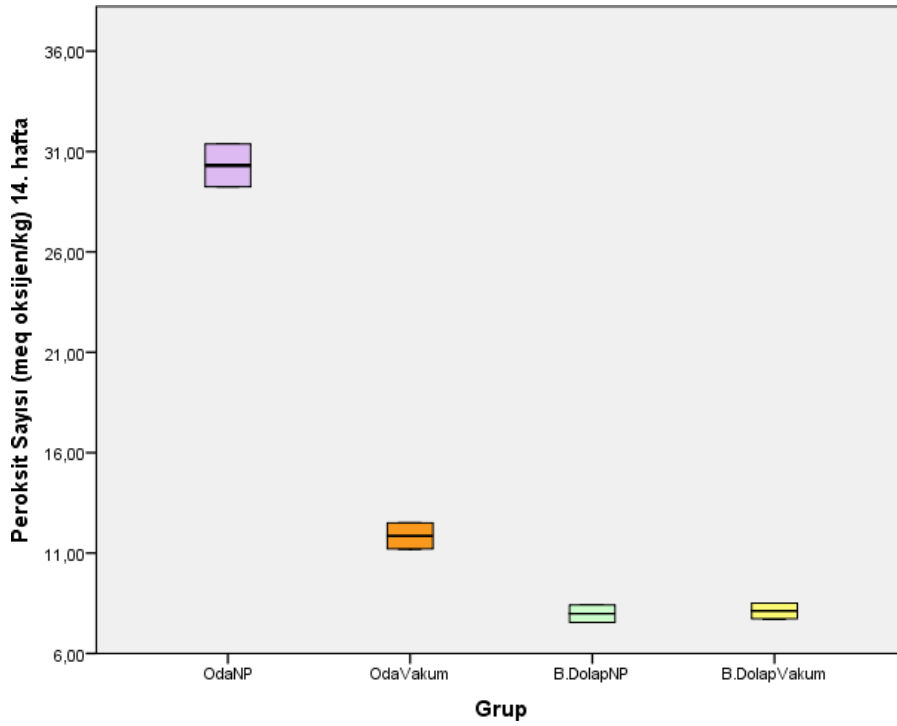
Şekil 4.2. 3. Hafta yulaf unu örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



Şekil 4.3. 6. Hafta yulaf unu örneklerinin peroksit sayısı değerleri ile gruplar arasındaki ilişki

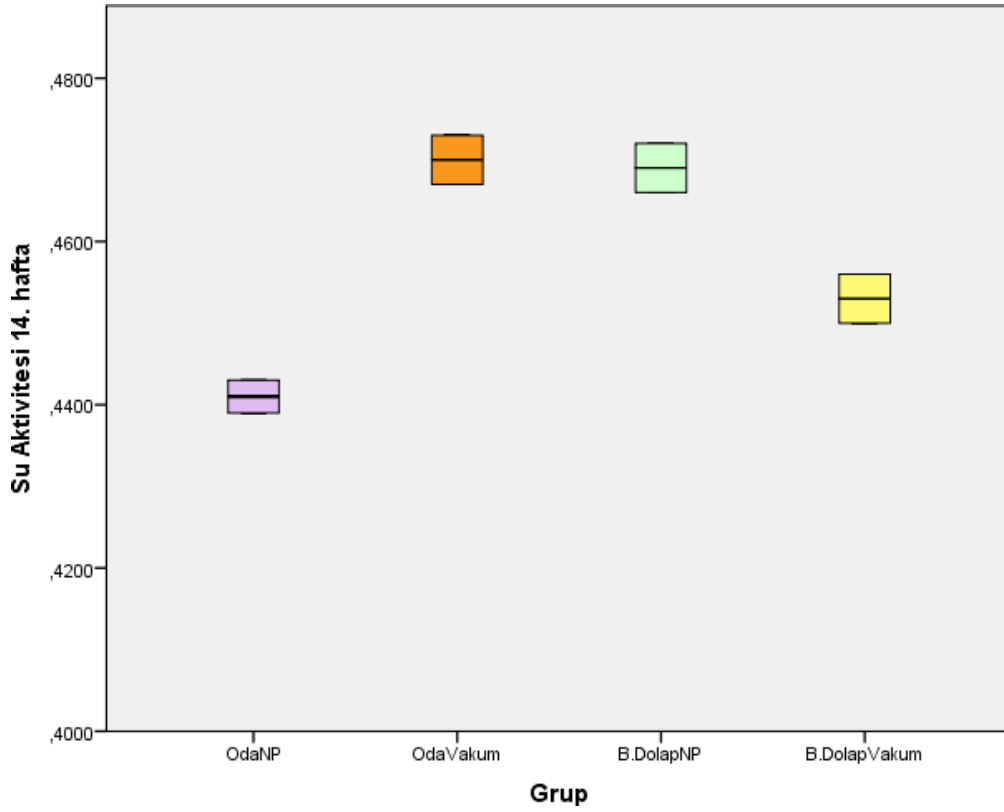


Şekil 4.4. 6. Hafta yulaf unu örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki

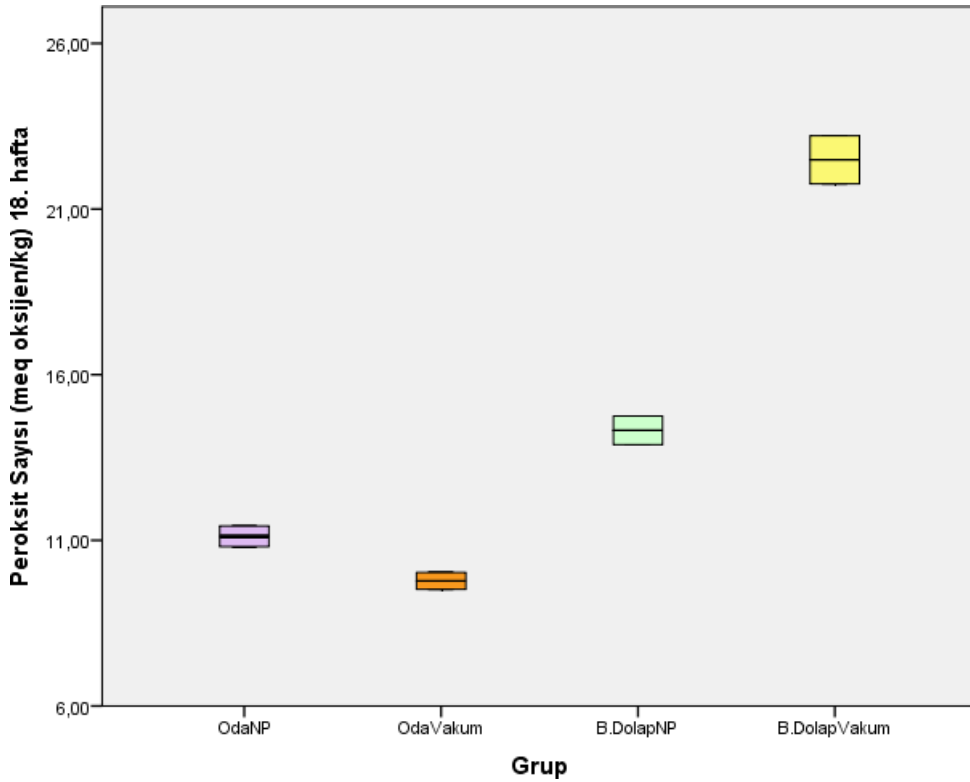


Şekil 4.5. 14. Hafta yulaf unu örneklerinin peroksit sayısı değerleri ile gruplar arasındaki ilişki

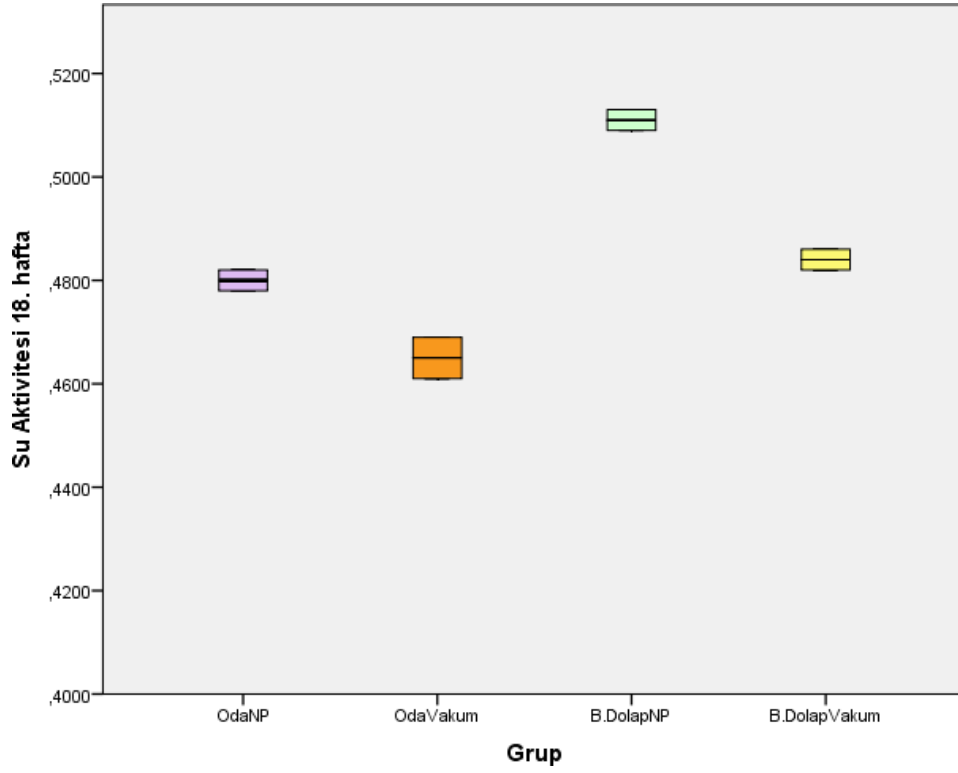




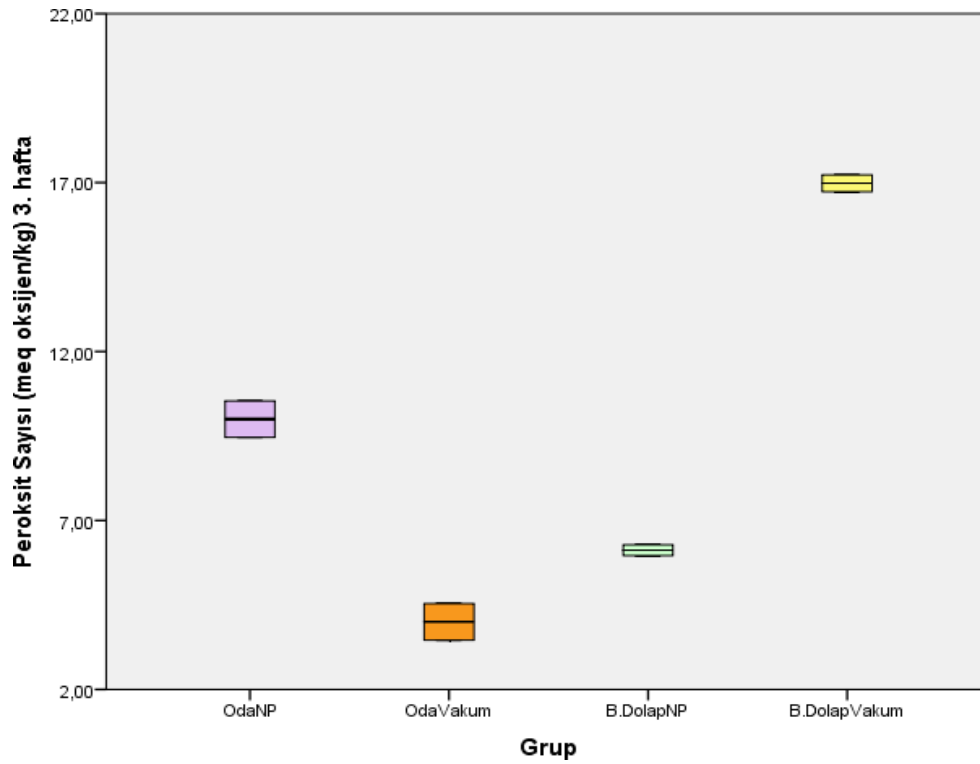
Şekil 4.6. 14. Hafta yulaf unu örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



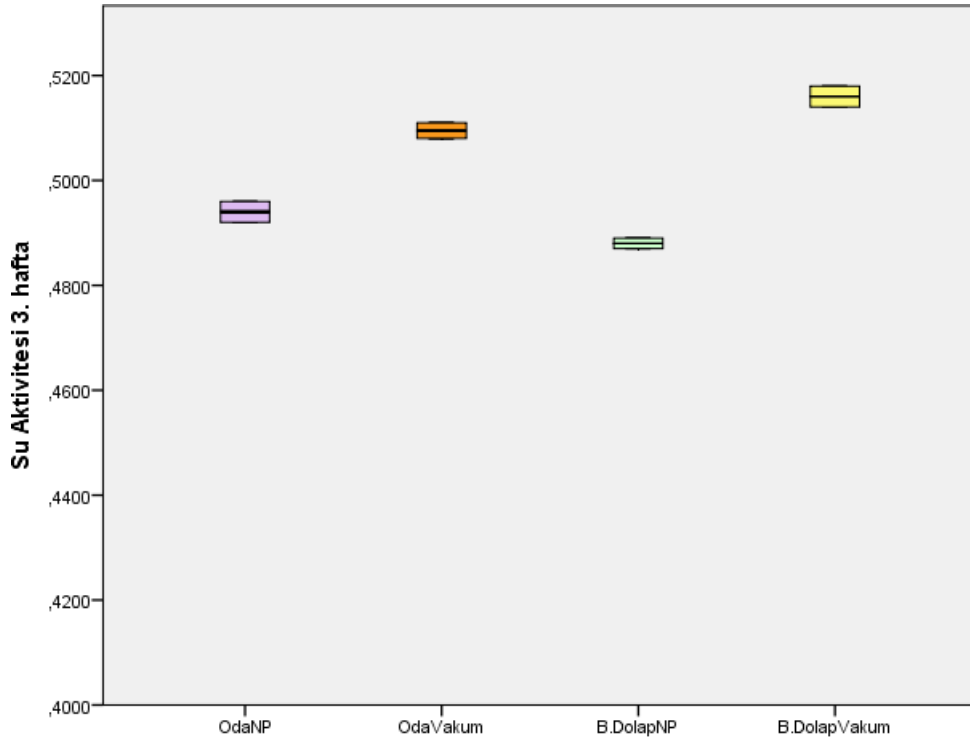
Şekil 4.7. 18. Hafta yulaf unu örneklerinin peroksit sayısı değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



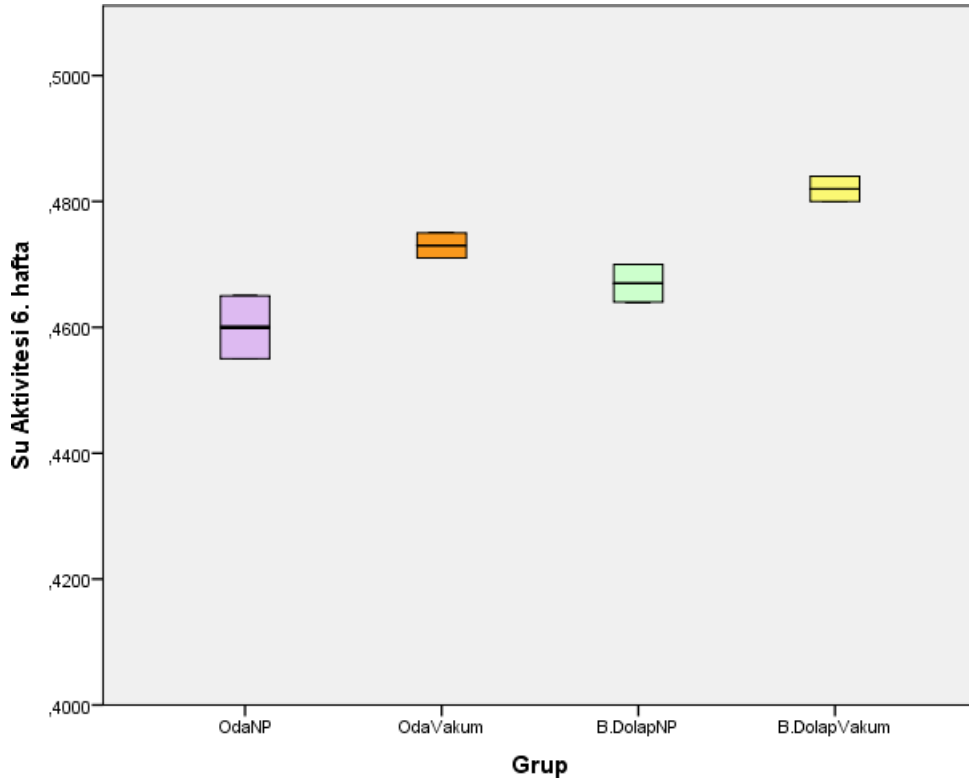
Şekil 4.8. 18. Hafta yulaf unu örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



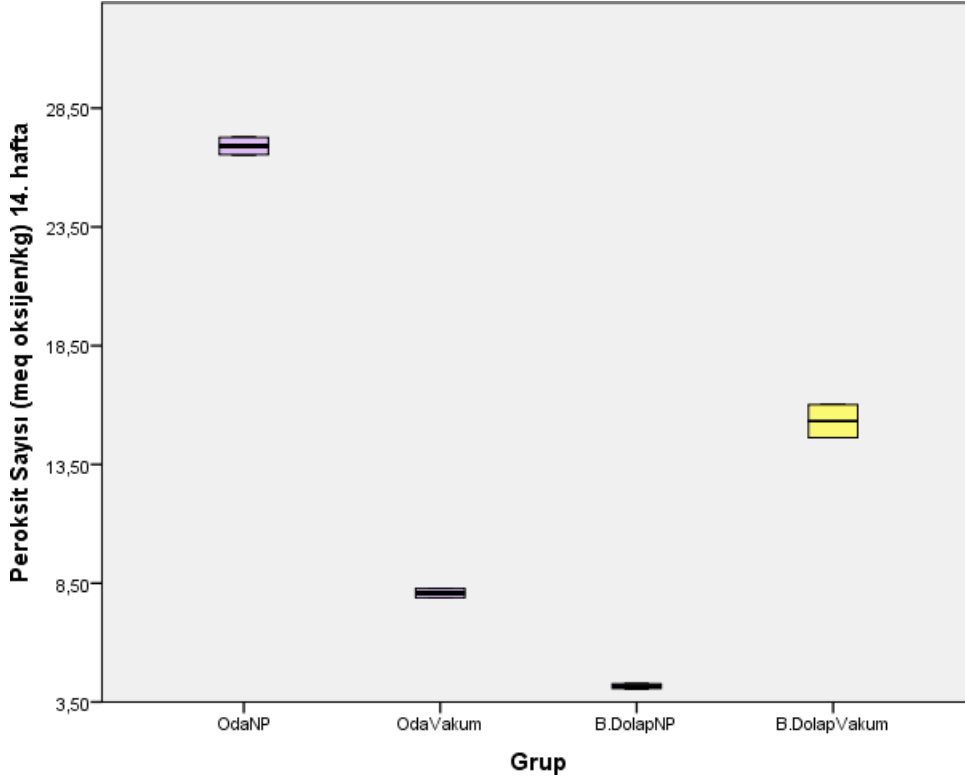
Şekil 4.9. 3. Hafta yulaf kepek örneklerinin peroksit sayısı değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



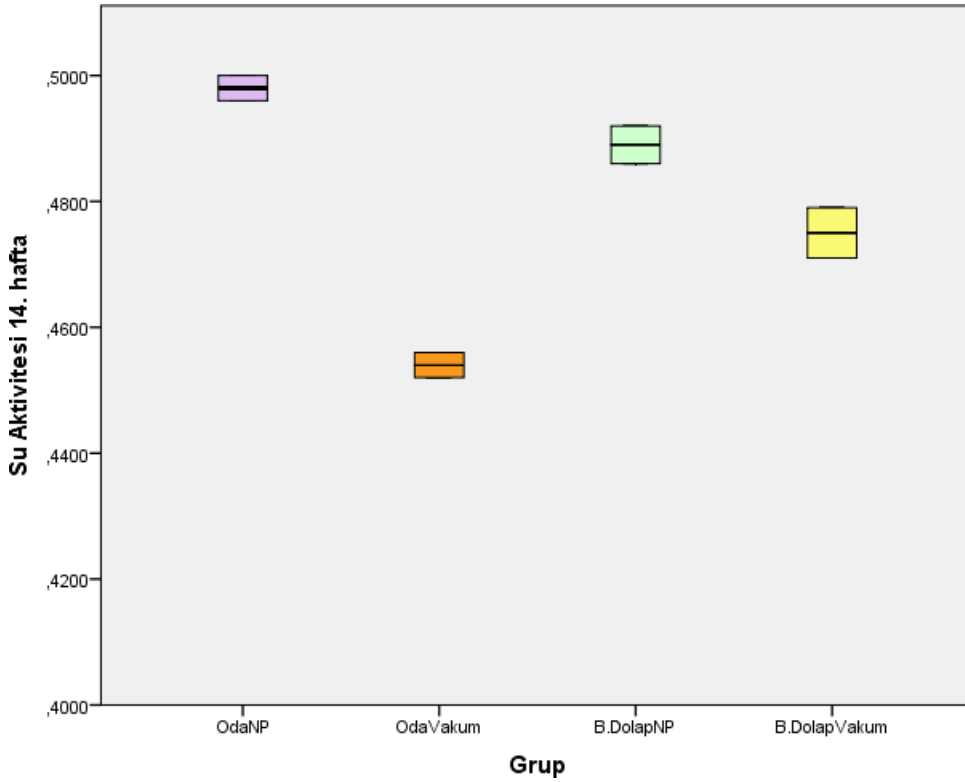
Şekil 4.10. 3. Hafta yulaf kepek örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



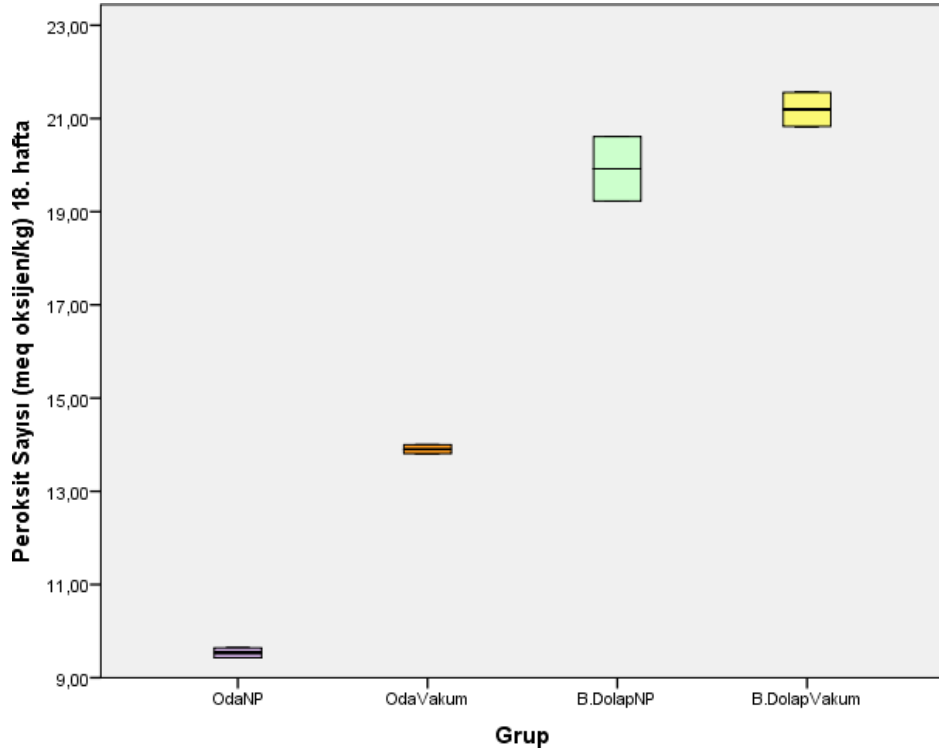
Şekil 4.11. 6. Hafta yulaf kepek örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



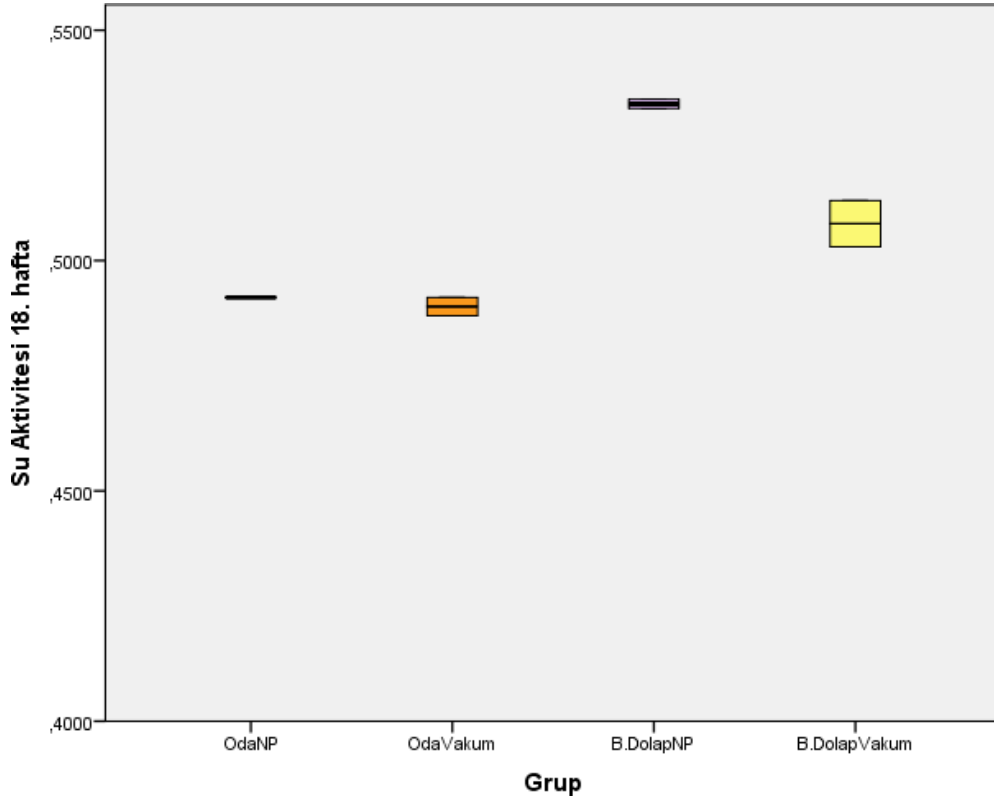
Şekil 4.12. 14. Hafta yulaf kepek örneklerinin peroksit sayısı değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



Şekil 4.13. 14. Hafta yulaf kepek örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



Şekil 4.14. 18. Hafta yulaf kepek örneklerinin peroksit sayısı değerleri ile gruplar arasındaki ilişki



Şekil 4.15. 18. Hafta yulaf kepek örneklerinin su aktivitesi değerleri ile gruplar arasındaki ilişki