

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**FARKLI CEVİZ ÇEŞİTLERİNİN YAĞ OKSİDASYONU
ÜZERİNE DEPOLAMA KOŞULLARI VE PAKETLEME
TEKNİĞİNİN ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

AYSUN YURDUNUSEVEN YILDIZ

DENİZLİ, TEMMUZ - 2021

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**FARKLI CEVİZ ÇEŞİTLERİNİN YAĞ OKSİDASYONU
ÜZERİNE DEPOLAMA KOŞULLARI VE PAKETLEME
TEKNİĞİNİN ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

AYSUN YURDUNUSEVEN YILDIZ

DENİZLİ, TEMMUZ - 2021

Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından 2019 FEBE 002 nolu proje ile desteklenmiştir.

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

AYSUN YURDUNUSEVEN YILDIZ

ÖZET

FARKLI CEVİZ ÇEŞİTLERİNİN YAĞ OKSİDASYONU ÜZERİNE DEPOLAMA KOŞULLARI VE PAKETLEME TEKNİĞİNİN ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

AYSUN YURDUNUSEVEN YILDIZ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. HAKAN KARACA)

DENİZLİ, TEMMUZ - 2021

Bu tezde, Chandler ve Şebin çeşitlerinin kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş cevizlerinde farklı paketleme tekniklerinin (hava, azot ve vakum altında paketleme) ve farklı depolama sıcaklıklarının (4 ve 20 °C) lipit oksidasyonu üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ayrıca, Şebin çeşidinin açık ve koyu cevizlerinin yağ oksidasyon indeksleri ve kimyasal özellikleri arasındaki farklar incelenmiştir. Kabuklu ve kabuksuz cevizler 12 ay, öğütülmüş cevizler ise 6 ay depolanmıştır. Periyodik olarak numuneler alınarak yağlarında serbest yağ asidi, tokoferol, hekzanal içerikleri, peroksit, *p*-anisidin, konjuge dien ve trien değerleri, yağ asidi bileşimi ve iyot sayısı belirlenmiştir. Ayrıca cevizlerin yağsız küspesinin antioksidan aktivitesi ve toplam fenolik madde içeriği belirlenmiştir. 20 °C’de depolanan cevizlerin serbest yağ asidi değerlerinin, 4 °C’de depolanan cevizlerden önemli ölçüde yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca koyu cevizlerin serbest yağ asidi değerlerindeki artış hızının açık cevizlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Tüm örneklerin peroksit değerleri depolama sırasında dalgalanmış olup sonunda belirlenen değerler başlangıç değerlerine göre önemli ölçüde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek konjuge dien ve *p*-anisidin değerleri hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan örneklerde kaydedilmiştir. Örneklerin konjuge trien değerlerinde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Koyu cevizlerin açık cevizlere göre daha düşük toplam fenolik, α - ve γ -tokoferol içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Yağ asitlerindeki en az değişim 4 °C’de depolanan kabuklu cevizlerde, en yüksek değişim ise 20 °C’de depolanan öğütülmüş cevizlerde gözlenmiştir. Vakum ve azot altında paketlenip 4 °C’de depolanan örneklerin hekzanal içerikleri, hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan örneklere göre önemli ölçüde düşüktür. Bu çalışma sonucunda uzun süre depolanacak ceviz meyvelerinin kabuklu şekilde muhafaza edilmesi ve düşük sıcaklıklarda depolanması önerilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Ceviz, Ceviz yağı, Lipit oksidasyonu, Depolama koşulları, Modifiye atmosferde paketleme, Vakum paketleme

ABSTRACT

EFFECT OF STORAGE CONDITIONS AND PACKAGING TECHNIQUES ON OIL OXIDATION OF DIFFERENT WALNUT VARIETIES

Ph.D THESIS

AYSUN YURDUNUSEVEN YILDIZ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. HAKAN KARACA)

DENİZLİ, JULY 2021

In this thesis, the effects of various packaging techniques (under air, nitrogen and vacuum packaging) and different storage temperatures (4 and 20 °C) on lipid oxidation in in-shell, shelled and ground walnuts of Chandler and Şebin varieties were investigated. Additionally, the differences between oil oxidation indexes and chemical characteristics between light and dark walnuts of Şebin variety were also investigated. In-shell and shelled walnuts were stored for 12 months while ground walnuts were stored for 6 months. Samples were withdrawn periodically and free fatty acid, tocopherol, hexanal contents, peroxide, *p*-anisidine, conjugated diene and triene values, fatty acid composition, photometric color index and iodine value were determined in their oils. In addition, antioxidant activity and total phenolic content of the defatted residue of the walnuts were determined. It was determined that free fatty acid values of walnuts stored at 20 °C were significantly higher than the walnuts stored at 4 °C ($p < 0,05$). In addition, it was observed that the increase rate of free fatty acid values of dark walnuts was higher than that of the light ones. Peroxide values of all samples fluctuated during storage but the values determined at the end were significantly higher compared to the initial values ($p < 0,05$). The highest conjugated diene and *p*-anisidine values were recorded in the samples packaged under air and stored at 20 °C. No significant changes were observed in conjugated triene values of any samples. It was determined that dark walnuts had lower total phenolic, α - and γ -tocopherol contents and antioxidant activities than the light walnuts. The minimum change in the fatty acids have been observed in in-shell walnuts stored at 4 °C whereas, the maximum change was in ground walnuts stored at 20 °C. The hexanal contents of the samples packaged under vacuum and nitrogen and stored at 4 °C were significantly lower than the ones packaged under air and stored at 20 °C. As a result of this study, it has been suggested that walnut fruits to be stored for a long time should be kept in-shell and stored at low temperatures.

KEYWORDS: Walnut, Walnut oil, Lipid oxidation, Storage conditions, Modified atmosphere packaging, Vacuum packaging

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	xi
SEMBOL LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Literatür Özeti	4
1.2.1 Dünyada ve Türkiye’de Ceviz	4
1.2.2 Cevizin Kimyasal Bileşimi	8
1.2.3 Cevizin Hasat Edilmesi	11
1.2.4 Cevizde Kalite Kaybı ve Lipit Bozulmaları	13
1.2.4.1 Hidrolitik Bozulma	15
1.2.4.2 Oksidatif Bozulma	16
1.2.4.2.1 Başlama.....	18
1.2.4.2.2 Yayılma.....	19
1.2.4.2.3 Sonlanma	19
1.2.5 Lipit Oksidasyonunu Etkileyen Faktörler.....	21
1.2.6 Vakum ve Modifiye Atmosfer Paketleme	23
1.2.7 Ceviz ve Diğer Kuruyemişlerin Depolama Koşullarının Lipit Oksidasyonuna Etkisi	24
1.2.7.1 Depolama Sıcaklığının Etkisi.....	25
1.2.7.2 Oksijen Konsantrasyonunun ve Ambalaj Materyalinin Etkisi	26
1.2.7.3 Işığın Etkisi	28
1.2.7.4 Çeşidin Etkisi	29
1.2.7.5 Kabuklu veya Kabuksuz Depolamanın Etkisi.....	30
2. MATERYAL VE YÖNTEM	32
2.1 Materyal.....	32
2.2 Yöntem	32
2.2.1 Cevizlerin Tane Ağırlığı (g), İç Ağırlığı (g) ve Randıman (%) Değerleri	33
2.2.2 Renk Analizi	33
2.2.3 Su Aktivitesi Tayini	33
2.2.4 Nem Tayini	34
2.2.5 Kül Tayini	34
2.2.6 Protein Tayini	34
2.2.7 Toplam Yağ İçeriğinin Belirlenmesi	34
2.2.8 Paketleme ve Depolama Çalışmalarında Kullanılacak Ceviz Örneklerinin Hazırlanması.....	35
2.2.9 Paketlerdeki Gaz Bileşiminin Ölçülmesi	40

2.2.10	Ceviz Örneklerinden Yağ Ekstraksiyonu	41
2.2.11	Serbest Yağ Asidi Değerinin Belirlenmesi	41
2.2.12	Peroksit Değerinin Belirlenmesi	41
2.2.13	Konjuge Dien ve Trien Değerlerinin Belirlenmesi	42
2.2.14	<i>p</i> -Anisidin Değerinin Belirlenmesi	42
2.2.15	Toplam Fenolik Madde İçeriğinin ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi	43
2.2.16	Tokoferol İçeriklerinin Belirlenmesi	45
2.2.17	Uçucu Aroma Bileşiminde Hekzanal Oranının Belirlenmesi	48
2.2.18	Yağ Asitleri Bileşiminin Belirlenmesi	48
2.2.19	İyot Sayısının Belirlenmesi	49
2.2.20	Fotometrik Renk İndeksinin Belirlenmesi	50
2.2.21	İstatistiksel Analiz	50
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	51
3.1	Ceviz Çeşitlerinin Fiziksel Özellikleri	51
3.2	Ceviz Çeşitlerinin Su Aktivitesi, Nem, Protein, Yağ ve Kül İçerikleri	52
3.3	Kabuklu ve Kabuksuz Cevizlerin (Chandler ve Şebin Çeşidi) Farklı Depolama Koşullarında Kalitesinin İncelenmesi	54
3.3.1	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Paket İçi Gaz Bileşimleri	54
3.3.2	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Değerleri ..	57
3.3.3	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Peroksit Değerleri	61
3.3.4	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Konjuge Dien ve Trien Değerleri	66
3.3.5	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin <i>p</i> -Anisidin Değerleri	72
3.3.6	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri	76
3.3.7	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri	79
3.3.8	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Tokoferol İçerikleri	83
3.3.9	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Hekzanal İçerikleri	92
3.3.10	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Yağ Asidi Kompozisyonları ..	94
3.3.11	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin İyot Sayıları	101
3.3.12	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Fotometrik Renk İndeksleri ..	102
3.4	Açık ve Koyu Renkli Öğütülmüş Şebin Cevizlerin Farklı Depolama Koşullarında Kalitesinin İncelenmesi	105
3.4.1	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Paket İçi Gaz Bileşimleri	105

3.4.2	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Değerleri.....	107
3.4.3	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Peroksit Değerleri	109
3.4.4	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Konjuge Dien ve Trien Değerleri.....	112
3.4.5	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin <i>p</i> -Anisidin Değerleri	116
3.4.6	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri.....	118
3.4.7	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri.....	120
3.4.8	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Tokoferol İçerikleri.....	122
3.4.9	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Yağ Asidi Kompozisyonları.....	127
3.4.10	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin İyot Sayıları.....	130
3.4.11	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Fotometrik Renk İndeksleri	131
3.5	Öğütülmüş Chandler Cevizlerin Farklı Depolama Koşullarında Kalitesinin İncelenmesi	133
3.5.1	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Ceviz Örneklerinin Paket İçi Gaz Bileşimleri.....	133
3.5.2	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Değerleri	135
3.5.3	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Peroksit Değerleri.....	136
3.5.4	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Konjuge Dien ve Trien Değerleri	138
3.5.5	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin <i>p</i> -Anisidin Değerleri.....	140
3.5.6	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri.....	141
3.5.7	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri.....	142

3.5.8	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Tokoferol İçerikleri	143
3.5.9	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Hekzanal İçerikleri	146
3.5.10	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Yağ Asidi Kompozisyonları.....	147
3.5.11	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin İyot Sayıları	150
3.5.12	Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Fotometrik Renk İndeksleri	150
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	152
5.	KAYNAKLAR.....	156
6.	ÖZGEÇMİŞ	180

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Ceviz meyvesinin olgunlaşma aşamaları .	12
Şekil 1.2: Trigliseritlerin hidrolizi ile gliserol ve serbest yağ asitlerinin oluşumu	16
Şekil 1.3: Alkoksi ve peroksi radikallerinin ikincil oksidasyon ürünlerine ayrışması	20
Şekil 2.1: Kabuklu ve kabuksuz cevizlerin (Chandler ve Şebin çeşit) farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi için uygulanan iş akış şeması	36
Şekil 2.2: Öğütülmüş açık ve koyu renkli Şebin çeşit cevizlerin farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi için uygulanan iş akış şeması	37
Şekil 2.3: Öğütülmüş Chandler çeşit cevizlerin farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi için uygulanan iş akış şeması	38
Şekil 2.4: Çalışmada kullanılmak üzere açık ve koyu olarak renklerine göre ayrılan ceviz örnekleri	39
Şekil 2.5: Çalışmada kullanılmak üzere öğütülüp filtre torbalara yerleştirilen ceviz örnekleri	39
Şekil 2.6: Çalışmada kullanılmak üzere kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş olarak paketlenen ceviz örnekleri	40
Şekil 2.7: Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi için kullanılan kalibrasyon eğrisi	44
Şekil 2.8: Antioksidan aktivitenin belirlenmesi için kullanılan kalibrasyon eğrisi	45
Şekil 2.9: α -, δ - ve γ - tokoferol standartlarına ait kalibrasyon eğrileri	46
Şekil 2.10: İçerisinde α - tokoferol bulunduran standart çözeltisine ait kromatogram	47
Şekil 2.11: İçerisinde δ - tokoferol bulunduran standart çözeltisine ait kromatogram	47
Şekil 2.12: İçerisinde γ - tokoferol bulunduran standart çözeltisine ait kromatogram	47
Şekil 2.13: Yağ asidi metil esterlerinin standartına ait örnek kromatogram	49
Şekil 3.1: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri	59
Şekil 3.2: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri	60
Şekil 3.3: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri	62
Şekil 3.4: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri	63
Şekil 3.5: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{232} değerleri	67

Şekil 3.6: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{232} değerleri .	68
Şekil 3.7: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{270} değerleri.	69
Şekil 3.8: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{270} değerleri.	70
Şekil 3.9: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince p -anisidin değerleri.....	74
Şekil 3.10: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince p -anisidin değerleri.....	75
Şekil 3.11: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri.....	77
Şekil 3.12: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri.....	78
Şekil 3.13: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri.....	81
Şekil 3.14: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri.....	82
Şekil 3.15: Ceviz örneğinde tokoferol düzeylerini gösteren örnek kromatogram	84
Şekil 3.16: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince γ -tokoferol içerikleri.	85
Şekil 3.17: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince γ -tokoferol içerikleri.	86
Şekil 3.18: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ -tokoferol içerikleri.	87
Şekil 3.19: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ -tokoferol içerikleri	88
Şekil 3.20: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri	89
Şekil 3.21: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri	90
Şekil 3.22: Kabuklu ve kabuksuz cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları öncesinde ve sonrasında hekzanal pik alanları.....	93
Şekil 3.23: Ceviz örneğinde yağ asidi kompozisyonunu gösteren örnek kromatogram	98

Şekil 3.24: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 12 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları	99
Şekil 3.25: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 12 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları	100
Şekil 3.26: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince fotometrik renk indeksleri	103
Şekil 3.27: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince fotometrik renk indeksleri	104
Şekil 3.28: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri.....	108
Şekil 3.29: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri.....	110
Şekil 3.30: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge dien değerleri ...	114
Şekil 3.31: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge trien değerleri ..	115
Şekil 3.32: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince <i>p</i> -anisidin değerleri.....	117
Şekil 3.33: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri	119
Şekil 3.34: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri .	121
Şekil 3.35: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince γ -tokoferol içerikleri.....	124
Şekil 3.36: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ -tokoferol içerikleri.....	125
Şekil 3.37: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri	126
Şekil 3.38: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları	129
Şekil 3.39: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri ..	132
Şekil 3.40: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri.....	136
Şekil 3.41: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri.....	137
Şekil 3.42: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge dien değerleri ...	139
Şekil 3.43: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge trien değerleri ..	139
Şekil 3.44: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince <i>p</i> -anisidin değerleri	141

Şekil 3.45: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri	142
Şekil 3.46: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri ..	143
Şekil 3.47: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince γ -tokoferol içerikleri.....	144
Şekil 3.48: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ -tokoferol içerikleri.....	145
Şekil 3.49: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri	145
Şekil 3.50: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları öncesinde ve sonrasında hekzanal içerikleri	146
Şekil 3.51: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları	148
Şekil 3.52: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince fotometrik renk indeksleri	151

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1: Dünyada önemli ceviz üretimi yapan ilk 10 ülkenin 5 yıllık üretim miktarları.....	5
Tablo 1.2: Dünyada önemli ceviz üretimi yapan ilk 10 ülkenin 5 yıllık üretim alanları	5
Tablo 1.3: Türkiye'nin farklı yıllardaki üretim, ihracat, ithalat ve kişi başına tüketim miktarları.....	6
Tablo 1.4: Türkiye'nin farklı bölgelerindeki 2020 yılına ait ceviz üretim miktarları ve alanları	7
Tablo 1.5: Ceviz meyvesinin bileşimi.....	9
Tablo 1.6: Yağ asitleri üzerindeki karbon-hidrojen kovalent bağ için bağ ayrışma enerjisi	18
Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan ceviz örneklerinin renk değerleri	52
Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan ceviz örneklerinin su aktivitesi, nem, protein, yağ ve kül içeriği.....	53
Tablo 3.3: Chandler çeşit kabuklu ve kabuksuz olarak paketlenen ceviz örneklerinin 4 ve 20 °C'de depolanmaları süresince paketlerdeki gaz bileşimi yüzdeleri.....	55
Tablo 3.4: Şebin çeşit kabuklu ve kabuksuz olarak paketlenen ceviz örneklerinin 4 ve 20 °C'de depolanmaları süresince paketlerdeki gaz bileşimi yüzdeleri.....	56
Tablo 3.5: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de 12 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri.....	96
Tablo 3.6: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de 12 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri.....	97
Tablo 3.7: Kabuklu ve kabuksuz cevizlerin (Chandler ve Şebin) farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de 12 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında iyot sayıları	101
Tablo 3.8: Öğütülmüş Şebin ceviz paketlerinin 4 ve 20 °C'de depolanmaları süresince paket içi gaz bileşimi yüzdeleri	106
Tablo 3.9: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri.....	128
Tablo 3.10: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında iyot sayıları.....	130
Tablo 3.11: Öğütülmüş Chandler ceviz paketlerinin 4 ve 20 °C'de depolanmaları süresince paket içi gaz bileşimi yüzdeleri	134
Tablo 3.12: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri.....	149
Tablo 3.13: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında iyot sayıları.....	150

SEMBOL LİSTESİ

kg	:	Kilogram
mg	:	Miligram
µg	:	Mikrogram
g	:	Gram
°C	:	Santigrat derece
a_w	:	Su aktivitesi
α	:	Alfa
β	:	Beta
δ	:	Delta
γ	:	Gama
L	:	Litre
mL	:	Mililitre
µL	:	Mikrolitre
Mmol	:	Milimol
µmol	:	Mikromol
kPa	:	Kilopaskal
rpm	:	Dakikadaki devir sayısı
dk	:	Dakika
UV	:	Ultraviyole
O₂	:	Oksijen
CO₂	:	Karbondioksit
N₂	:	Azot
w/v	:	Ağırlık/Hacim
v/v	:	Hacim/Hacim
mm	:	Milimetre
µm	:	Mikrometre
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
ha	:	Hektar
ort	:	Ortalama
ss	:	Standart sapma

ÖNSÖZ

Çalışma konusunun belirlenmesi, planlanması, yürütülmesi ve sonuçların değerlendirilmesinde değerli fikirleriyle bana yol gösteren, bilgileri ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, üzerimde büyük emeği olan ve kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum çok kıymetli danışman hocam Sayın Doç. Dr. Hakan KARACA'ya sonsuz teşekkür ederim.

Tez İzleme Komitesi'nde bulunan ve yönlendirmeleriyle çok önemli katkılar sağlayan değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Sebahattin NAS ve Sayın Doç. Dr. Aslı YORULMAZ'a teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmanın yürütülmesinde gerekli olanakları sağlayan Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na, ihtiyaç duyduğumda her zaman yanımda olup değerli fikirlerini benimle paylaşan bölümümüzün saygıdeğer tüm hocalarına ve zorlu süreçlerimde motivasyon kaynağım olan sevgili araştırma görevlisi arkadaşlarıma, teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmada maddi destek sağlayarak çalışmanın gerçekleşmesini mümkün kılan Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve ceviz örneklerinin temininde her türlü desteği sağlayan Ekiz Fidancılık'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini eksik etmeyen varlıklarıyla beni cesaretlendiren, zor zamanlarımda yalnız bırakmayan canım aileme, doktora sürecimin her aşamasında bütün fedakarlığıyla hep yanımda ve destekçim olan çok değerli sevgili eşim Bayram YILDIZ'a ve uzun süren çalışmalarına katlanıp beni sabırla bekleyen, bana mutluluk ve huzur veren biricik oğlum Çınar Ege'ye çok teşekkür ederim.

Aysun YURDUNUSEVEN YILDIZ

1. GİRİŞ

Ceviz (*Juglans regia* L.), kendine has aroması ve yüksek ekonomik değeri ile öne çıkan kuruyemişlerden biridir. Dünya kabuklu ceviz üretimi yılda 4,5 milyon ton civarında olup ABD, İran, Çin ve Türkiye önde gelen ceviz üreticileridir (FAOSTAT, 2021). Ceviz protein, lif, mineraller, fenolikler, tokoferoller ve diğer antioksidan bileşikler bakımından zengin bir meyvedir (Pycia ve diğ. 2019). Yağ, cevizin en bol bulunan bileşenidir ve bu meyvenin sağlık üzerine olumlu etkileri, esasen çoklu doymamış yağ asidi içeriğine bağlanmaktadır (Ojeda-Amador ve diğ. 2018). Çoklu doymamış yağ asitlerinin insan ve hayvanlarda kan lipit seviyesine etki ettiği ve kalp-damar hastalıklarındaki önleyici rolü uzun yıllardır bilinmektedir. Ancak ceviz yüksek yağ içeriği ve içerdiği yağın da çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olması nedeniyle lipit oksidasyon reaksiyonlarına karşı oldukça hassastır. Lipit oksidasyonu yağlı gıdaların kalitesini ve raf ömrünü belirleyen en önemli reaksiyondur. Lipit oksidasyonu reaksiyonları sonucunda gıdanın kalitesinin bozulmasına neden olan kötü koku ve kötü tat oluşumu, renk değişimi, lezzet bileşenlerinin, fenolik maddelerin ve vitaminlerin kaybı gibi birçok değişiklikler meydana gelebilir. Ayrıca bu reaksiyonlar sonucu meydana gelen bazı oksidasyon ürünleri yağların duyuşal ve kimyasal kalitesini etkilediği gibi, kanser, diyabet, kalp hastalıkları gibi insan sağlığını olumsuz etkileyen durumlara da neden olabilmektedir (Sharma ve diğ. 2019).

Ceviz sezonluk bir ürün olduğu için, tüketime veya pazara gönderilmeden önce uzunca bir süre bu meyvenin depolanması gerekebilmektedir. Cevizin kalitesinin korunması için tüketimine kadar gerçekleşecek değişimlerin izlenerek en uygun koşulların saptanması gerekmektedir. Ürünün sahip olduğu kalite düzeyi depolama sürecinde ambalaj ve depolama koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Başarılı bir depolama, kuruyemişlerin kalitesinin yıl boyunca ve hatta daha uzun süre korunmasını sağlayacaktır. Cevizin uygun olmayan koşullarda işlenmesi veya depolama şartlarının uygun olmaması bu meyvedeki lipit oksidasyon reaksiyonlarını hızlandırabilmektedir. Söz konusu reaksiyonlar cevizin işleme, paketlenme ve depolama şartlarının iyileştirilmesi ile tamamen durdurulamazsa da

yavaşlatılıp sınırlandırılabilir. Bu nedenle ürünün depolama başlangıcındaki özelliklerini en iyi şekilde korumak ve bozulma reaksiyonlarını olabildiğince engellemek/sınırlamak için hem paketleme hem de depolama koşullarını en iyi şekilde ayarlanması gerekmektedir. Cevizlerdeki oksidatif ransiditeyi azaltmak ve ürünün raf ömrünü uzatmak için O₂ ve nem geçirgenlikleri düşük bir ambalaj materyali ile vakum veya modifiye atmosfer paketleme teknikleri ile paketlenip depolanması uygun bir yöntem olarak düşünülmektedir (Bakkalbaşı ve diğ. 2012, Mexis ve diğ. 2009^a). Böylece lipit oksidasyonunu teşvik eden çevresel koşullara karşı etkin bir önlem alınmış olunacaktır.

Lipit oksidasyon reaksiyonlarını depolama boyunca ışık, O₂, sıcaklık, antioksidan varlığı gibi birçok faktör etkilemektedir. Oksidasyona etki eden bu faktörlerin birçoğu aynı anda gerçekleşmektedir ve birbiriyle ilişkilidir. Ceviz meyvesi, bir yandan da yağının okside olmasını geciktirerek kalitesinin korunmasına yardımcı olacak tokoferol, siringik asit, juglon ve ellagik asit gibi doğal antioksidanlar da içermektedir (Vaidya ve Eun 2013). Lipit oksidasyonu geniş çapta araştırılan bir konu olmasına rağmen, oksidasyon reaksiyonlarına etki eden faktörlerin ve mekanizmaların çoğu henüz tam olarak netleşmemiştir. Örneğin gıdadaki lipit oksidasyonunu engellemek amacıyla N₂ gazı altında paketleme çalışmaları yapılmaktadır ancak elde edilen sonuçlar bazı değişkenlikler göstermektedir. Bazı çalışmalarda bu uygulama oksidasyonu sınırlandırmada başarılı bulunurken bazılarında herhangi bir etkisinin olmadığı görülmüştür (García-Pascual ve diğ. 2003, Sanchez-Bel ve diğ. 2011). Çalışmalarda elde edilen sonuçların farklı olması, kullanılan çeşitlerin farklılığından, kullanılan ambalaj materyalinin bariyer özelliklerinin farklılığından veya depolama başlangıcındaki ürünün kalitesinin farklılığından kaynaklanmış olabilir. Farklı paketleme teknikleri ve depolama koşullarının kabuklu ceviz, ceviz içi, öğütülmüş ceviz ve ceviz yağının oksidasyon değerleri üzerindeki etkileri bazı araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Bakkalbaşı ve diğ. 2014, Bakkalbaşı ve diğ. 2013, Christopoulos ve Tsantili 2015, Hosseini ve diğ. 2014, Vidrih ve diğ. 2012). Bu çalışmalardan ambalajdaki O₂ içeriğinin azaltılmasının ve düşük sıcaklıklardaki depolama koşullarının oksidasyon reaksiyonlarını yavaşlattığı sonucuna varılabilir. Mexis ve diğ. (2009^a) cevizlerde meydana gelen oksidasyon reaksiyonları için sıcaklığın en önemli parametre olduğunu ve diğer belirleyici faktörlerin ise O₂ varlığı ve aydınlatma koşulları

olduğunu göstermiştir. Cevizler piyasada kabuklu, kabuksuz ya da öğütülmüş ceviz olarak pazarlanabilmektedir. Literatürde kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş cevizlerin depolama stabilitesindeki farkların bilimsel olarak aynı şartlarda karşılaştırıldığı kapsamlı bir çalışmaya tarafımızca rastlanılmamıştır.

Cevizlerde meydana gelen diğer önemli bir sorun ise kararma problemidir (Prabhakar ve diğ. 2020). Özellikle hasat zamanından sonra cevizin kurutulması geciktirilirse polifenol oksidaz gibi çeşitli enzimlerin etkisi ile cevizin dışındaki ince zar hızla kararmaktadır ve bu durum daha düşük kalitede cevizlerin oluşmasına neden olmaktadır (Zaini ve diğ. 2020). Cevizdeki kararmanın incelendiği bir çalışmada Christopoulos ve Tsantili (2011), depolama sırasında ceviz renginin karardığını, antioksidan ve fenolik madde içeriklerinin azaldığını belirtmiştir. Ayrıca N₂ ve CO₂ altında paketlemenin ve düşük sıcaklıkta depolamanın cevizlerde hem antioksidan madde kaybını hem de renk kararmasını sınırlamada etkili olduğunu belirlemiştir. Başka bir çalışmada ise López ve diğ. (1995) ceviz çeşidinin de depolama sırasında kararmada önemli bir faktör olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmalarda paketleme ve depolama koşullarının, cevizlerin kararması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Ancak depolama başlangıcında zaten koyu bir renge sahip olan ceviz içlerinin depolama sürecine ilişkin herhangi bir rapor literatürde bulunmamaktadır. Piyasada satılmalarına ve birçok gıda ürününde bir ingredient (bileşim ögesi) olarak kullanılmalarına rağmen bu kararmış cevizlerin raf ömrü henüz rapor edilmemiş ve depolama koşullarının kalite parametreleri üzerindeki etkileri henüz açıklanmamıştır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışma 3 kısımdan oluşmaktadır. Çalışmanın ilk kısmında kabuklu ve kabuksuz 2 çeşit ceviz örnekleri normal hava atmosferinde, vakum ve N₂ gazı altında paketleme teknikleri ile paketlenmiştir. Bu numuneler 4 ve 20 °C'de 12 ay boyunca depolanmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında öğütülmüş açık ve koyu renkli Şebin cevizler yukarıda belirtilen tekniklerle paketlenip aynı şartlarda 6 ay süreyle depolanmıştır. Çalışmanın son kısmında ise öğütülmüş Chandler çeşit ceviz örnekleri söz konusu tekniklerle paketlenip aynı şartlarda 6 ay süreyle depolanmıştır.

Cevizlerin yağlarının oksidasyon indeksleri, yağ asidi ve tokoferol bileşimleri, yağsız ceviz küspelerinin ise toplam polifenol içerikleri ve antioksidan kapasiteleri takip edilmiştir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçların üreticilere, ceviz ticareti yapanlara ve tüketicilere ceviz meyvesinin optimum depolama koşulları hakkında fikir vereceğine inanılmaktadır.

1.2 Literatür Özeti

1.2.1 Dünyada ve Türkiye’de Ceviz

Sert kabuklu kuruyemişler çeşitli toprak koşullarında ve iklimlerde yetişmekte olup sağlık üzerine olumlu etkileri nedeniyle son derece değerli ürünlerdir. Ticari açıdan önemli kuruyemişler arasında yer fıstığı (*Arachis hypogaea*), kaju (*Anacardium occidentale*), pekan cevizi (*Carya illinoensis*), fındık (*Corylus avellana*), çam fıstığı (*Pinus pinea*), Antep fıstığı (*Pistachia vera*) ve ceviz (*Juglans regia*) yer almaktadır (Venkatachalam ve Sathe 2006). Bunlar arasında ceviz, kendine özgü tadı ve yüksek ekonomik değeri ile öne çıkan önemli kuruyemişlerinden biridir. Ceviz, Juglandaceae familyasına ait olan ve çoğunlukla yenilebilir meyveleri için yetiştirilen, yaprak döken çok yıllık bir ağaçtır. Bu ağacın gövde çapı 1,5-2 metre arasında, boyu 25-35 m arasında değişmekte olup hayatta kalma süresi yaklaşık 200 yıldır (Shah ve diğ. 2018). Dünyanın farklı yerlerinde 1000 yaşın üzerinde olan bazı ceviz ağaçları tespit edilmiştir (Ercisli ve diğ. 2012).

Juglandaceae familyasına ait yaklaşık 15 ceviz ağacı türü bulunmaktadır. Ancak *J. regia* Linn, *J. cinerea* Linn ve *J. nigra* Linn. en önemli olan türlerdir. Bunlar arasında *Juglans regia* L., en çok yetiştirilen tür olup daha büyük, meyvelerinin güzel tadı ve ince kabuğundan dolayı daha kolay kırılması nedeniyle ticari olarak en değerlisidir (Gharibzahedi ve diğ. 2012). *Juglans regia* L. ılıman ve yarı kurak bölgelerde yaygın olarak yetiştirilen, insanlık tarafından bilinen en eski kuruyemişlerden biridir (Hassani ve diğ. 2020). Kuzey, Orta ve Güney Amerika’dan Avrupa ve Kuzey Afrika’ya, Orta Asya’dan Kafkasya’dan Çin’e ve Okyanusya’ya kadar uzanan ılıman bölgelerde yetiştirilmektedir (Marrano ve diğ. 2019).

Dünyada önemli ceviz üreticilerinin başında Çin, ABD, İran ve Türkiye gelmektedir. Dünya ceviz üretiminin %80'ini bu dört ülke gerçekleştirmektedir. Diğer önemli üretici ülkeler ise Meksika, Ukrayna, Şili, Romanya, Özbekistan ve Fransa'dır. Önemli miktarda ceviz üreten ülkelerin 2015–2019 yılları arasındaki ceviz üretim miktarları Tablo 1.1'de ceviz üretim alanları ise Tablo 1.2'de verilmiştir.

Tablo 1.1: Dünyada önemli ceviz üretimi yapan ilk 10 ülkenin 5 yıllık üretim miktarları (ton) (FAOSTAT 2021)

	2015	2016	2017	2018	2019
Çin	1941886	2114495	2250164	2385834	2521504
ABD	549754	625050	571530	615980	592390
İran	420000	349192	393598	304040	321074
Türkiye	190000	195000	210000	215000	225000
Meksika	122714	141818	147198	159535	171368
Ukrayna	115080	107990	108660	127190	125850
Şili	90000	90000	100000	110000	122950
Özbekistan	52000	52725	47420	47783	50660
Romanya	33394	34095	45797	54000	49580
Fransa	42281	40225	32629	37690	34950
Dünya	3878393	4062752	4200995	4346892	4498442

Tablo 1.2: Dünyada önemli ceviz üretimi yapan ilk 10 ülkenin 5 yıllık üretim alanları (ha) (FAOSTAT 2021)

	2015	2016	2017	2018	2019
Çin	530286	563606	587132	609687	631330
ABD	121406	127480	135570	141640	147710
Türkiye	71820	86853	92013	111775	124553
Meksika	79080	83513	90228	96909	102068
İran	142000	78285	53952	50902	44780
Şili	27941	30964	35277	36819	40801
Fransa	20904	20659	21651	22170	25880
Ukrayna	13500	13200	13500	13500	13900
Özbekistan	5500	5536	4835	4711	4857
Romanya	1638	1673	1603	1590	1620
Dünya	1183259	1189984	1183830	1252683	1305349

Dünya genelinde ceviz üretimine ayrılan toplam alan yaklaşık 1.305.349 ha'dır ve yıllık üretim $4,49 \times 10^6$ ton üzerindedir (FAOSTAT 2021). 2019 yılı ceviz üretim miktarları incelendiğinde Çin $2,52 \times 10^6$ ton ile dünyadaki toplam ceviz üretiminin yaklaşık yarısını tek başına gerçekleştirmiştir. ABD yaklaşık $0,59 \times 10^6$ ton üretimi ile ceviz üretiminde ikinci sıradadır ve ceviz ihracatında lider ülke konumundadır. ABD'yi yaklaşık $0,32 \times 10^6$ ton ceviz üretimi ile İran takip etmektedir (FAOSTAT 2021). Türkiye %5 pay ile (yaklaşık $0,22 \times 10^6$ ton) ceviz üreten ülkeler arasında dördüncü sırada yer almaktadır. Türkiye'de üretilen ceviz miktarı iç tüketimi karşılayamamaktadır. İhracat değerleri oldukça düşük olup ceviz dış ticaretinde ithalatçı konumundadır (FAOSTAT 2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK 2021) verilerine göre Türkiye'nin farklı yıllardaki ihracat ve ithalat miktarları Tablo 1.3'te verilmiştir.

Tablo 1.3: Türkiye'nin farklı yıllardaki üretim, ihracat, ithalat ve kişi başına tüketim miktarları (TÜİK 2021)

	2014	2015	2016	2017	2018
Üretim (Ton)	180807	190000	195000	210000	215000
İhracat (Ton)	8407	7917	8167	7185	30330
İthalat (Ton)	34285	63800	66008	77382	103345
Kişi Başına Tüketim (kg)	2,5	3	3	3,3	3,4

İklim koşullarının uygunluğu nedeniyle ceviz Türkiye'nin tüm bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ceviz üretiminde Ege Bölgesi başta olmak üzere Akdeniz, Doğu Marmara ve Batı Karadeniz Bölgeleri öne çıkmaktadır (TÜİK 2021). Tablo 1.4'te Türkiye'nin farklı bölgelerindeki 2020 yılına ait ceviz üretim miktarları ve alanları gösterilmiştir (TÜİK 2021). Ülkemizin hemen her şehrinde ceviz üretilmekle birlikte 2020 yılı verilerine göre Mersin (16495 ton), Kahramanmaraş (13036 ton), Bursa (19319 ton) ve Denizli (12054 ton) ceviz üretiminde ilk dört sırada yer almaktadır.

Tablo 1.4: Türkiye'nin farklı bölgelerindeki 2020 yılına ait ceviz üretim miktarları ve alanları (TÜİK 2021)

	ha	ton
Ege	32296	53252
Akdeniz	20612	53261
Doğu Marmara	19102	39602
Batı Karadeniz	14011	35612
Ortadoğu Anadolu	15050	30839
Batı Marmara	16677	20237
Batı Anadolu	6837	13250
Orta Anadolu	6798	13143
Güneydoğu Anadolu	6397	12576
Doğu Karadeniz	1993	8996
Kuzeydoğu Anadolu	1683	5588

Ceviz genetik çalışmaları ancak 20. yüzyılda başlamış olup dünya çapında en önemli ceviz yetiştirme programları Kaliforniya (ABD), Fransa, Çin ve Orta Doğu'da bulunmaktadır (Marrano ve diğ. 2019). Dünyanın farklı bölgelerinden ceviz ağaçları için meyve şekli ve boyutu, kabuk ve meyvesinin rengi ve kalınlığı ile taç, gövde ve yaprakların şekli ve boyutunda yüksek değişkenlikler bildirilmiştir (Akca ve diğ. 2015). Aynı şekilde Türkiye'deki ceviz ağaçlarının ve meyvelerinde de farklı özellikler gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum Türkiye'nin ceviz için ana gen merkezlerinden biri olduğunun bir göstergesidir (Ercisli ve diğ. 2012). İstenilen özelliklere sahip fidan seçiminde ceviz ağaçlarının büyüme ve meyve özellikleri gibi değişkenlerin değerlendirilmesi ceviz yetiştiriciliğinin yaygınlaşmasında büyük önem taşımaktadır (Akca ve diğ. 2015). Türkiye'deki en önemli ceviz çeşitleri Şebin, Yalova-1, Yalova-2, Yalova-3, Yalova-4 ve Bilecik'tir (Ozkan ve Koyuncu 2005, Altuntas ve Erkol 2011). Dünyada ise Chandler, Serr, Hartley, Franquette, Fernor ve Lara gibi cevizler üstün özelliklere sahip önemli ceviz çeşitleridir (Aslansoy 2012).

1.2.2 Cevizin Kimyasal Bileşimi

Günümüzde doğal, dengeli ve kaliteli beslenme üzerine yapılan çalışmalar, genellikle temel gıda bileşenlerini sağlamanın yanı sıra hastalıklara karşı koruyan veya tedavi eden fonksiyonel gıdalara odaklanmaktadır (Cerit ve diğ. 2017). Son yıllarda ceviz meyvesinin biyokimyasal, fitokimyasal ve antioksidan özelliklerinin tespiti ve insan beslenmesine ve sağlığına katkıları konusunda çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Düzenli ceviz tüketiminin, kardiyovasküler hastalıklar, nörodejeneratif bozukluklar, bazı kanser türleri, tip 2 diyabet ve obezite riskinde azalma ile ilişkili olduğunu bildiren bilimsel kanıtlar mevcuttur (Solar ve diğ. 2020, Liu ve diğ. 2020). Ceviz meyvesi, Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization, FAO) tarafından öncelikli bitkiler grubuna dahil edilmiştir ve insan beslenmesi için çok önemli bir tür olarak kabul edilmektedir (Jahanban-Esfahlan ve diğ. 2019). Ceviz, çoklu doymamış yağ asitleri, proteinler, biyojenik aminler, mineraller, fenoller, vitaminler, lifler gibi çok sayıda yararlı bileşiğin önemli bir kaynağıdır. Tüm bu bileşiklerin sağlığa yararlı etkilerinin cevizin kimyasal bileşimiyle ilişkili olduğu ve sağlığa sinerjik bir şekilde katkıda bulunabileceği bildirilmiştir (Liu ve diğ. 2020, Ling ve diğ. 2014).

Ceviz meyvesinin bileşimi Tablo 1.5'te verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi cevizde en fazla bulunan bileşen yağdır ve onun ardından protein ve karbonhidrat gelmektedir. Proteinler ve yağlar, ceviz içi ağırlığının %70'inden fazlasını oluşturmaktadır. Bu durum cevizin yüksek enerjili bir gıda olduğunu göstermektedir. Cevizi fonksiyonel yapan en önemli bileşenlerinden biri içerdiği yağdır. Özellikle yağın, oransal olarak çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olması beslenmedeki önemini daha da arttırmaktadır. Ceviz yağı, yağ asidi açısından besleyici değeri yüksek olan bir yağ türüdür. Ayrıca ceviz yağında, kolesterolün bağırsaktan emilimini engelleyebildikleri için nutrasötikler olarak kullanılan birkaç fitosterol bulunmaktadır (Amaral ve diğ. 2003). Ceviz yağı yaklaşık %7 doymuş, %20 tekli doymamış ve %73 çoklu doymamış yağ asitleri içermektedir. Tablo 1.5 incelendiğinde cevizde bulunan başlıca yağ asitleri palmitik (16:0), stearik (18:0), araşidik (20:0), oleik (18:1), linoleik (18:2), α -linolenik (C18:3) asit olduğu görülmektedir. Ceviz yağında en fazla bulunan yağ asitlerinin linoleik (18:2), α -linolenik (18:3) ve oleik (18:1) asit olduğu bildirilmiştir (Vanhanen ve Savage 2006).

Tablo 1.5: Ceviz meyvesinin bileşimi (100 g yenen kısımda) (USDA 2021)

Bileşenler	Birim	Değer
Su	g	4,07
Enerji	kcal	654
Protein	g	15,23
Toplam yağ	g	65,21
Kül	g	1,78
Karbonhidrat	g	13,71
Toplam diyet lifi	g	6,70
Toplam şeker	g	2,61
Sakkaroz	g	2,43
Glikoz	g	0,08
Fruktoz	g	0,09
Nişasta	g	0,06
Mineraller		
Kalsiyum, Ca	mg	98
Demir, Fe	mg	2,91
Magnezyum, Mg	mg	158
Fosfor, P	mg	346
Potasyum, K	mg	441
Sodyum, Na	mg	2
Çinko, Zn	mg	3,09
Bakır, Cu	mg	1,586
Manganez, Mn	mg	3,414
Selenyum, Se	µg	4,9
Vitaminler		
Vitamin C, toplam askorbik asit	mg	1,3
Tiamin	mg	0,341
Riboflavin	mg	0,15
Niasin	mg	1,125
Pantotenik asit	mg	0,57
Vitamin B6	mg	0,537
Toplam folat	µg	98
Kolin	mg	39,2
Betain	mg	0,3
Vitamin A,	µg	1
Karoten, beta	µg	12
Lutein + zeaksantin	µg	9
Vitamin E (alfa-tokoferol)	mg	0,7
Tokoferol, beta	mg	0,15
Tokoferol, gama	mg	20,83
Tokoferol, delta	mg	1,89
Vitamin K	µg	2,7

Tablo 1.5: Ceviz meyvesinin bileşimi (100 g yenen kısımda) (USDA 2021) (devam)

Bileşenler	Birim	Değer
Yağlar		
Toplam doymuş yağ asidi	g	6,126
16:0	g	4,404
18:0	g	1,659
20:0	g	0,063
Toplam tekli doymamış yağ asidi	g	8,933
18:1	g	8,799
20:1	g	0,134
Toplam çoklu doymamış yağ asidi	g	47,174
18:2	g	38,093
18:3	g	9,08
Beta-sitosterol	mg	87
Kampesterol	mg	5
Aminoasitler		
Triptofan	g	0,17
Treonin	g	0,596
Izolösin	g	0,625
Lösin	g	1,17
Lisin	g	0,424
Metiyonin	g	0,236
Sistein	g	0,208
Fenilalanin	g	0,711
Trosin	g	0,406
Valin	g	0,753
Arginin	g	2,278
Histidin	g	0,391
Alanin	g	0,696
Aspartik asit	g	1,829
Glutamik asit	g	2,816
Glisin	g	0,816
Prolin	g	0,706
Serin	g	0,934

Cevizde bulunan bir diğer önemli fitokimyasallardan biri olan amino asitler, beslenme için gerekli olan proteini oluşturan ve sağlık üzerinde yapıcı etkileri olan temel maddelerdendir (Liu ve diğ. 2020). Ceviz proteinleri yetişkinler için iyi bir esansiyel amino asit kaynağıdır. Arginin, aspartik asit ve glutamik asit bakımından zengin olan ceviz proteini, beslenme ve sağlık amacıyla kullanılabilen mükemmel bir biyoaktif peptid kaynağıdır (Kong ve diğ. 2021). Tablo 1.5'te cevizde yedi esansiyel amino asit ve 10'u esansiyel olmayan amino asit olmak üzere toplam 17 amino asit

bulunduğu gör÷lmektedir. Amino asit bileşimi, gıdanın beslenme değerlerini belirlediği için proteinlerin önemli bir kimyasal özelliğidir.

Ceviz taneleri ayrıca Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, S ve Zn gibi zengin element içeriklerine sahip olması nedeniyle mineral açısından zengin meyve olarak kabul edilmektedir (Ozyigit ve diğ. 2019). Mineraller katalizör ve antioksidan olarak rol oynayan birçok yaşamsal enzimin önemli bir parçasıdır (Liu ve diğ. 2020). Örneğin, Fe ve Cu kan oluşumunda çok önemlidir ayrıca Cu, karbonhidrat ve lipit metabolizmasında da rol oynar (Gharibzahedi ve diğ. 2014). Cevizin mineral bileşiminde genel olarak, yüksek seviyelerde Mg, K, P ve Ca ve çok düşük seviyelerde Na, Zn, Cu, Mn ve Se bulunduğu gör÷lmektedir. Ceviz genel olarak en zengin Mg kaynakları arasındadır (Tapia ve diğ. 2013). Ceviz taneleri, yüksek mineral içeriği sayesinde dengeli bir diyetle gerekli mineral miktarını karşılamak için değerli bir gıda olarak kabul edilebilir. Ceviz mineral içeriklerinin belirlenmesi üzerine yapılan araştırmalarda tespit edilen mineral madde miktarlarında önemli farklılıklar olduğu gör÷lmüştür (Yerlikaya ve diğ. 2012, Gharibzahedi ve diğ. 2014). Bu durumun, genotip, çeşit, iklim, toprak koşulları ve gübreleme farklılıkları ile ilgili olabileceği düşün÷lmektedir.

Ceviz ayrıca E vitamini, riboflavin, niasin, tiamin, pantotenik asit, B6 vitamini, retinol ve folat gibi önemli vitamin yapıları içermektedir (Ebrahimi ve diğ. 2018). Ceviz, özellikle E vitamini açısından mükemmel bir kaynaktır. Ceviz yağında alfa- (α -), delta- (δ -) ve gama-tokoferol (γ -tokoferol) olmak üzere E vitamininin üç formu bulunmaktadır. 100 g cevizde 21 mg γ -tokoferol bulunduğu ve bu miktarın günlük E vitamini ihtiyacından daha fazlasını karşıladığı bildirilmiştir (Şen ve Karadeniz 2015).

1.2.3 Cevizin Hasat Edilmesi

Ceviz içi, embriyo ve zardan oluşmakta ve etrafının çevrili olduğu sert bir kabuk ve onun da üzerinde yeşil etli kabuk ile korunmaktadır (Ortiz ve diğ. 2019). Yeşil cevizin dış kabuğu çatlamaya başladığında hasat zamanının başladığı belirtilmektedir. Ceviz meyvesinin olgunlaşarak yeşil kabuğunun çatladığı aşamalar Şekil 1.1'de gör÷lmektedir. Cevizin hasat döneminin seçimi dikkat edilmesi gereken

önemli bir husustur. Çünkü erken hasat, meyve eti olgunlaşmadığı için ağırlık ve kalite kaybına neden olurken geç hasat ise meyvenin renginin kararması, kurt oluşumu gibi sorunlara neden olabilmektedir (Liu ve diğ. 2021). Cevizlerde hasat, iç ceviz ve yeşil kabuğun olgunlaştığı dönem olarak kabul edilir. Yeşil kabuğun açılması ve sert kabuğun ayrılması yeşil kabuğun olgunlaşma belirtileridir. İç cevizin olgunluk belirtisi ise; iç ceviz ile sert kabuk arasında bulunan paket dokusunun kahverengileşmeye başlamasıdır (Sibbett ve diğ. 1978). Çoğunlukla yeşil kabuk, iç cevizden daha geç olgunlaşır. Hasadın iç ceviz olgunluk zamanında yapılması, bu dönemde iç cevizin açık renkli olması nedeniyle iç cevizin ticari değerini artıracaktır (Liu ve diğ. 2021).



Şekil 1.1: Ceviz meyvesinin olgunlaşma aşamaları (Zaini ve diğ. 2020).

Cevizlerde hasat elle ve mekanik olmak üzere iki şekilde yapılabilmektedir. Elle hasat sırıkla ağacın dövülmesi şeklinde yapılırken ceviz dallarında önemli zararlanmalar meydana gelebilmektedir. Mekanik hasatta ise çalkalayıcılar ile ağacın gövdesi kavranır ve cevizler düşene kadar ağaç şiddetle sarsılır. Daha sonra dökülen cevizler süpürülür ve bidonlara boşaltılır. Hasattan sonra cevizin yeşil kabukları genellikle makineler kullanılarak soyulur, kabuğu soyulmuş cevizler yıkanır ve %8 nem içeriğine kadar kurutulur (Barrett ve diğ. 2004). Cevizin yetiştirilmesi ve hasat edilmesi sürecinde iklim, sulama uygulaması, çeşit, haşere ve hastalık kontrol önlemleri ve hasat prosedürleri gibi faktörler cevizin kalitesini etkiler.

Ceviz genellikle kurutulup daha sonra kabuklu veya kabuksuz olarak satılmakta ve bu cevizler kuru olmaları nedeniyle ortam sıcaklıklarında bile uzun süre depolanabilmektedir. Taze ceviz, kuru olanlara göre çok daha az yaygın bir ürün olup hızlı bozulabilmeleri nedeniyle hasattan sonra sadece kısa bir süre için

mevcuttur (Christopoulos ve Tsantili 2012). Hasat zamanında ceviz su açısından çok zengindir, ki bu durum ceviz zarının renginin kararmasına neden olan polifenol oksidaz ve trigliseritlerin hidrolizine neden olan lipaz gibi çeşitli enzimlerin faaliyetini kolaylaştırmaktadır (López ve diğ. 1995). Maksimum kalitede ürün elde etmek için cevizlerin doğru zamanda hasat edilmesi ve ardından uygun şekilde işlenmesi gerekmektedir. Kurutulması sırasında yüksek sıcaklığın kullanılması veya hava, yüksek nem ve yüksek sıcaklık gibi uygun olmayan şartlarda uzun süre depolama yapılması cevizin kalitesini olumsuz etkilemektedir (Tsantili ve diğ. 2011). Hasat sonrası ceviz kalitesinin korunması için, nispeten düşük sıcaklıklarda uygun bir kurutma ve O₂'i azaltılmış ortamlarda düşük nem ve düşük sıcaklıkta depolama (<2 °C) gerekmektedir (Kader 2013).

1.2.4 Cevizde Kalite Kaybı ve Lipit Bozulmaları

Ceviz hasadı sezonluk olup yıl boyunca arzı sürdürmek için üretilen cevizlerin çoğunun stoklanması gerekmektedir. Bu bağlamda, hasat sonrası dönemde pazara sezon dışında da yüksek kaliteli cevizlerin tedarik edilebilmesi gerekmektedir (Ribeiro ve diğ. 2020^a). Ancak hasat, işleme ve depolama sırasında cevizin kalitesi düşebilmektedir. Cevizin kalitesi, üretiminden tüketimine kadar uygulanan işlemler uygun olmadığı takdirde kimyasal, fiziksel ve biyolojik bozulmalar nedeniyle azalabilmektedir. Genel olarak kuruyemişler optimum koşullarda 2,5 yıla kadar depolanabilir, ancak uygun olmayan depolama koşullarında böceklenme, küflenme, yabancı tatların emilimi, renk bozulması, bayatlama veya acılaşıma gibi nedenlerle sadece bir ay içerisinde tüketilemez hale gelebilmektedir (Shakerardekani ve diğ. 2013). Cevizi tüketiciye çekici kılan; tat, doku, koku ve rengin birleşiminden oluşan duyuşal ve kimyasal kalitesidir. Cevizin kalitesi ve raf ömrü, hem hasat öncesi hem de hasat sonrası faktörlerden etkilenir. Hasat öncesi ceviz kalitesi için çeşit, çevre koşulları, toprak bileşimi, olgunluk seviyesi, yetiştirme yöntemleri, işleme ve hasat mevsimi gibi faktörler etkili bulunurken cevizin hasat edilmesinden sonra ise yeşil kabuklarından arındırma, kurutma, kırma, sınıflandırma ve paketleme gibi uygulamalar ürün kalitesi üzerine etkilidir.

Ceviz, ticari olarak içinin rengine, boyutuna ve kabuk kalınlığına göre sınıflandırılır (Zaini ve diğ. 2020). Koyu renkli cevizler “ikinci kalite” olarak

kategorize edilir (UNECE 2020) ve birinci kalite ürünlere göre daha düşük fiyatlarla satılır (Donis-González ve diğ. 2020). Kararmış cevizler genellikle doğranır veya öğütülür ve unlu mamul, çikolata gibi ürünlerin bileşimine katılabilir veya ceviz yağı üretiminde kullanılabilir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı çeşitlerden koyu renkli cevizlerin kalite özellikleri açık renkli olanlar ile karşılaştırılmış ve kimyasal ve duyuşsal özelliklerde önemli farklılıklar bildirilmiştir (Solar ve diğ. 2019, Fuentealba ve diğ. 2017, Lee ve diğ. 2011). Kararmış cevizler, küf veya haşere ile enfekte olmuş gibi değersiz olarak düşünülmemesi gerekir. Ceviz taneleri karardığında sadece değeri azalır ve halen tüketilebilir durumdadır. Cevizdeki kararma, fenolik bileşiklerin substrat olarak görev yaptığı tipik bir enzimatik esmerleşme örneğidir. Zhang ve diğ. (2019) Çin cevizinde enzimatik esmerleşme ile ilişkili potansiyel genleri tanımlamıştır ve *o*-difenoller gibi oksitlenebilir fenolik bileşikler, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının bir sonucu olarak kahverengimsi *o*-kinonlara dönüştürülmektedir. Bu reaksiyonların kuru cevizlerden ziyade daha yüksek nem içerikleri nedeniyle taze cevizlerde meydana gelmesi daha olasıdır (Koyuncu ve diğ. 2003). Bu nedenle taze cevizlerin, tanelerin koyulaşmasını en aza indirmek için %5-8 nem içeriğine kadar en kısa sürede kurutulması gerekmektedir (Zhang ve diğ. 2016). Ayrıca taze ceviz meyvesinin yeşil kabuğu enzimatik esmerleşmeye uğradığında kararmış dokulardan dış kabuğun içerisine sızan dış kabuğun suyu ceviz içine ulaşır onun kararmasına neden olabilir ve bu durum da cevizin ticari değerini azaltabilmektedir (Yuan ve diğ. 2019). Ayrıca ceviz zarı diğer faktörlere bağılı olarak da koyulaşabilir. Örneğin, geç hasat (Brawner ve Warmund 2008) ve ceviz sineğinin (*Rhagoletis completa*) neden olduğu fiziksel hasar (Solar ve diğ. 2019), yeşil kabuktan salınan ve kabuktan sızan sıvı nedeniyle ceviz içi renginde koyulaşmanın gerçekleşebildiği bildirilmiştir. Koyuncu ve diğ. (2003), yeşil kabuğun ceviz üzerinde kaldığı süre uzunluğunun cevizin iç rengi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Bunun için hasattan hemen sonra ve hasattan 3 ve 5 gün sonra cevizin yeşil kabuklarını soymuşlardır. Yazarlar, hasat ve yeşil kabuk çıkarma zamanı arasında 3-5 günlük bir gecikmenin daha koyu ceviz renklerine neden olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca ceviz içinin kararmasının gölgede kurutulmuş cevizlerde, güneşte kurutulmuş cevizlere göre daha belirgin olduğunu bildirmişlerdir. Literatürde, bu kararmanın cevizlerin kurutulması için seçilen sıcaklığa da bağılı olduğunu bildiren çeşitli çalışmalar mevcuttur (Zhang ve diğ. 2016, Abbaspour-Gilandeh ve diğ. 2019). İdeal ceviz içi renginin elde edilmesi için kurutma işleminde

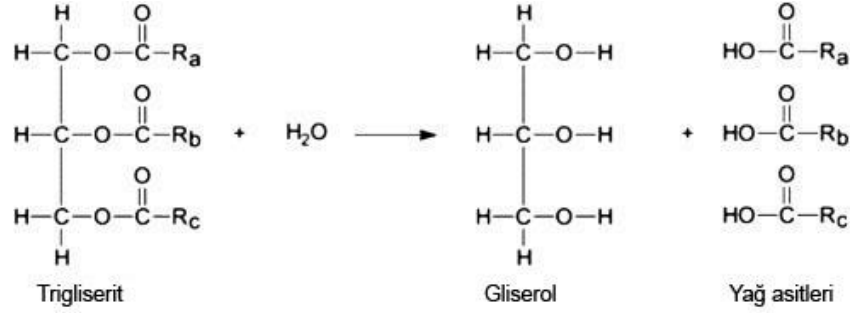
32-43 °C sıcaklık aralığının kullanılması önerilmektedir (Hassan-Beygi ve diğ. 2009).

Cevizin kalitesini etkileyebilecek diğ er önemli bir sorun lipit bozulmalarıdır. Bu sorun yağ oranı yüksek gıdaların raf ömürleri ile ilgili en önemli sorunlardan biridir. Söz konusu bozulmalar gıdanın rengini, kokusunu, tadını, toksisitesini ve raf ömrünü etkilemektedir. Ceviz taneleri yaklaşık %65 oranında lipit içerdiğ inden ve bunun yaklaşık %70'i doymamış yağ asitleri olduğ undan, söz konusu meyve hidrolitik ve oksidatif bozulmalara karşı oldukça hassastır. Cevizdeki antioksidan bileşikler, çoğunlukla iç cevizin etrafındaki zarın bileşiminde bulunur ve meyveyi oksidasyona karşı korur (Colaric ve diğ. 2005). Ancak bu zarın bütünlüğ ünün herhangi bir şekilde bozulması, cevizin oksidasyona karşı duyarlılığ ının artmasıyla sonuçlanır. Ortiz ve diğ. (2019), ceviz zarı bütünlüğ ünün iki farklı ceviz çeşidinin kalite parametreleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Zardaki artan hasar, fenolik içeriklerin azalmasına ve serbest yağ asidi değ erlerinin artmasına neden olmuştur. Yazarlar ayrıca, zarar görmüş zarın bulunduğu tanelerde, zarar görmemiş olanlara göre yüzey renklerinin daha koyu olduğ unu tespit etmişlerdir. Cevizlerin uygun olmayan koşullarda iş lenmesi veya depolanması hidrolitik ve oksidatif bozulmalara neden olarak kimyasal ve duyuş al kalitesinin düş mesine ve raf ömrünün azalmasına neden olmaktadır. Bu bozulmalar sonunda cevizde acılaş ma meydana gelebilmektedir ki, bu durum tüketici için gıdayı kabul edilemez kılan ransit tadın geliş mesi ile sonuçlanabilmektedir (Maté ve diğ. 1996). Acılaş ma, ceviz kalitesini, depolanabilirliğ ini ve piyasa değ erini etkileyen en büyük sorunlardan biridir. Cevizlerdeki lipit bozulmaları hidrolitik ve oksidatif olmak üzere 2 şekilde gerç ekleşebilir (Buranasompob ve diğ. 2007).

1.2.4.1 Hidrolitik Bozulma

Hidrolitik bozulma, lipit ve suyun lipaz enziminin veya katalizörlerin varlığ ında reaksiyona girmesi ile triaç ilgliserollerin serbest yağ asitlerine ve gliserole hidrolize edilmesi sonucu oluş ur (Vinaixa ve diğ. 2005). Triaç ilgliserollerin hidrolizi sonucu serbest yağ asitlerinin oluş umu Ş ekil 1.2'de özetlenmiştir. Ceviz özellikle hasattan sonra, çok yüksek bir nem içeriğ ine sahiptir ve bu meyve lipit bozulmasına karşı oldukça hassastır. Lipitlerin hidrolizinin, serbest yağ asitlerinin oluş umuna

bağlı olarak gıda asitliğinde sürekli bir artışa neden olduğu bilinmektedir (Moscetti ve diğ. 2013). Ayrıca lipit hidrolizi, oksidasyon reaksiyonunun substratları olabilen yağ asitlerinin oluşumuna neden olduğundan lipit oksidasyonunu da hızlandırabilmektedir (Buthelezi ve diğ. 2019^a). Serbest yağ asidi değeri, hidrolitik bozulmanın önemli bir göstergesidir. Bu nedenle, serbest yağ asitlerinin miktarının belirlenmesi, ceviz kalitesi için önemli bir gösterge olarak kullanılmaktadır (Vinaixa ve diğ. 2005).



Şekil 1.2: Trigliseritlerin hidrolizi ile gliserol ve serbest yağ asitlerinin oluşumu (Díaz ve diğ. 2014)

1.2.4.2 Oksidatif Bozulma

Oksidatif bozulma cevizlerdeki kalite kaybına neden olan önemli bir sorundur. Lipit oksidasyonu cevizlerde esansiyel yağ asitlerinin kaybına, acı ve kötü tatların ortaya çıkmasına, olumsuz renk değişikliklerine ve hatta toksik bileşiklerin gelişmesine neden olarak ürünün duyuusal, kimyasal, besinsel ve fiziksel kalitesini düşürmektedir (Grosso ve diğ. 2020). Bu nedenle hasat öncesi ve sonrasında gerekli tedbirler alınmaması durumunda lipit oksidasyonu nedeniyle ceviz meyvesinde kalite kayıpları görülebilir. Ayrıca lipit oksidasyonu mutasyon, kalp hastalıkları, felç ve kanser gibi hastalıklara neden olan birçok toksik bileşiğin üretimine ve dolayısıyla sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Sharma ve diğ. 2019).

Lipit oksidasyon sonucu gıdalarda duyuusal kalite, kademeli şekilde azalarak koku, tat, renk ve dokuda değişim gerçekleşir (Domínguez ve diğ. 2019). Oksidasyon işlemi sırasında oluşan ilk bileşikler hidroperoksitlerdir; bu nedenle bu maddeler birincil oksidasyon ürünleri olarak adlandırılırlar (Barriuso ve diğ. 2013). Erken evrelerde peroksit oluşumu çok yavaş olup bu aşama; yağın türüne, bulunduğu

sıcaklığa ve diğer depolama koşullarına bağlı olarak birkaç haftadan birkaç aya kadar değişebilir (Chavoshizadeh ve diğ. 2020). Birincil oksidasyon ürünleri kararsızdır ve bozunmaya eğilimlidir. Bozunma reaksiyonları sonucu uçucu, uçucu olmayan ve polimerik ikincil oksidasyon ürünlerinin karmaşık bir karışımı oluşmaktadır (Shahidi ve Zhong 2020). İkincil oksidasyon ürünleri olarak aldehitler, ketonlar, alkoller, hidrokarbonlar, uçucu organik asitler ve epoksi bileşikleri gibi hidroperoksitlerin ayrışmasıyla meydana gelen bileşikler söz konusudur (Faroux ve diğ. 2020). Lipit hidroperoksitleri kokusuz ve tatsız bileşiklerdir, ancak bunların ayrışmaları sonucu oluşan ikincil oksidasyon ürünleri koku ve tat bozulmalarına neden olur. Bununla birlikte, bu bileşiklerin tümü, duyu kaliteyi etkilemede aynı derecede önemli değildir (Domínguez ve diğ. 2019). Özellikle alifatik karbonil bileşikleri, düşük eşik değerlerinden dolayı oksitlenmiş yağ aroması üzerinde daha fazla etkilidir (Choe ve Min 2006).

Gıdalardaki lipit ile moleküler oksijenin; belirli başlatıcılarla teşvik edilmesi sonucu reaksiyona girdiği ve bu reaksiyonların otooksidasyon şeklinde devam ettiği bilinmektedir (Colakoglu 2007). Lipit oksidasyonu reaksiyonlarının başlatıcısı olarak UV ışığı, serbest radikaller, sıcaklık, enzimler, mikroorganizmalar ve metaller/metaloproteinler gibi pek çok faktör bulunmaktadır (Albu ve diğ. 2004). Oksidasyonda etkili mekanizmaların tam olarak bilinmesi gereklidir. Lipit oksidasyonunu önlemek ve tüketicilere stabil gıda ürünleri sunmak için gereklidir. Yağlar farklı koşullar altında otooksidasyona, fotooksidasyona, termal oksidasyona ve enzimatik oksidasyona uğrayabilir. Bu reaksiyonlara bir tür serbest radikal veya oksijen türleri yol açmaktadır. Lipit oksidasyonu; başlama, yayılma ve sonlanma aşamalarını içeren bir zincirleme reaksiyon yoluyla meydana gelmektedir. Bu süreçler genellikle bir dizi karmaşık reaksiyondan oluşur (Shahidi ve Zhong 2010).

Lipit oksidasyonunun genel mekanizması:

başlama - serbest radikallerin oluşumu

yayılma - serbest radikal zincir reaksiyonları ve

sonlanma - radikal olmayan ürünlerin oluşumu şeklindedir (Chaiyasit ve diğ. 2007).

1.2.4.2.1 Başlama

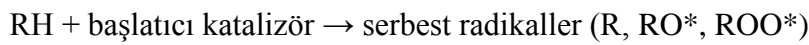
Başlama aşamasının oluşumu yavaştır. Bu aşamada yağ asidinden (RH) kararsız hidrojen atomunun ayrılmasıyla serbest alkil radikali (R*) olarak da adlandırılan yağ asidi radikali oluşur (Domínguez ve diğ. 2019). Başlama aşaması genellikle ışığa, sıcaklığa maruz kalma, geçiş metal iyonları ve belirli enzimler dahil olmak üzere bir dizi yolla katalize edilebilir (Coupland ve McClements 1996, Medina-Meza ve diğ. 2014). Hidrojen atomlarını yağ asitlerinden ayırmak ve radikal oluşumunu başlatmak için gereken enerji, hidrojen atomunun molekül üzerindeki konumuna bağlıdır. Çift bağ sayısı arttıkça hidrojen atomunun uzaklaştırılması kolaylaşmakta; bu nedenle çoklu doymamış yağ asitleri oksidasyona daha hızlı maruz kalmaktadır (Johnson ve Decker 2015). Yağ asitleri üzerindeki karbon-hidrojen kovalent bağ için bağ ayrışma enerjisi Tablo 1.6’da verilmiştir.

Tablo 1.6: Yağ asitleri üzerindeki karbon-hidrojen kovalent bağ için bağ ayrışma enerjisi (Johnson ve Decker 2015).

Karbon-hidrojen kovalent bağ	Bağ ayrışma enerjisi (kcal / mol)
Doymuş (alifatik zincir)	98
Tekli doymamış (çift bağa bitişik)	89
Çoklu doymamış (metilen kesintili karbon)	80

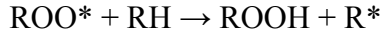
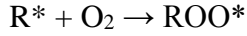
Reaksiyon ayrıca, bir başlatıcı varlığında lipit hidroperoksitlerin (ROOH) peroksi (ROO*) ve alkoksi (RO*) radikallerine ayrışmasıyla da başlayabilir (Angelo ve diğ. 1996). Başlama adımı, peroksidasyon reaksiyonlarının en yavaş adımıdır. Oksidasyon hızının belirli bir artışa ulaşma süresi indüksiyon periyodu olarak bilinir (Faroux ve diğ. 2020).

Başlama adımı:



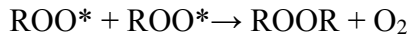
1.2.4.2.2 Yayılma

Yayılanın ilk aşamasında, lipit radikali (R^*), bir alkil radikalinden daha yüksek enerjiye sahip olan bir peroksi radikali (ROO^*) oluşturmak için O_2 ile hızla reaksiyona girmektedir. Peroksi radikali de hidroperoksitler ($ROOH$) elde etmek için başka bir lipit molekülünün (RH) metilen grubundan hidrojeni çıkarır ve yeni bir serbest radikal (R^*) üretilmektedir (Johnson ve Decker 2015). Serbest radikallerin sürekli olarak üretildiği bu aşamada bir zincirleme reaksiyon meydana gelmektedir. Bu radikaller oksidasyon reaksiyonunu hızlandırır ve bundan sonra otoksidasyon serbest radikal zincir reaksiyonu şeklinde devam etmektedir (Choe and Min 2006). Bu aşamanın reaksiyon entalpisi başlangıç reaksiyonunkinden nispeten düşüktür, bu yüzden yayılma reaksiyonları başlangıç reaksiyonlarına kıyasla daha hızlı meydana gelir. Maksimum peroksit oluşumu, sonlanma aşamasının başlangıcının bir göstergesidir (Laguerre ve diğ. 2007).



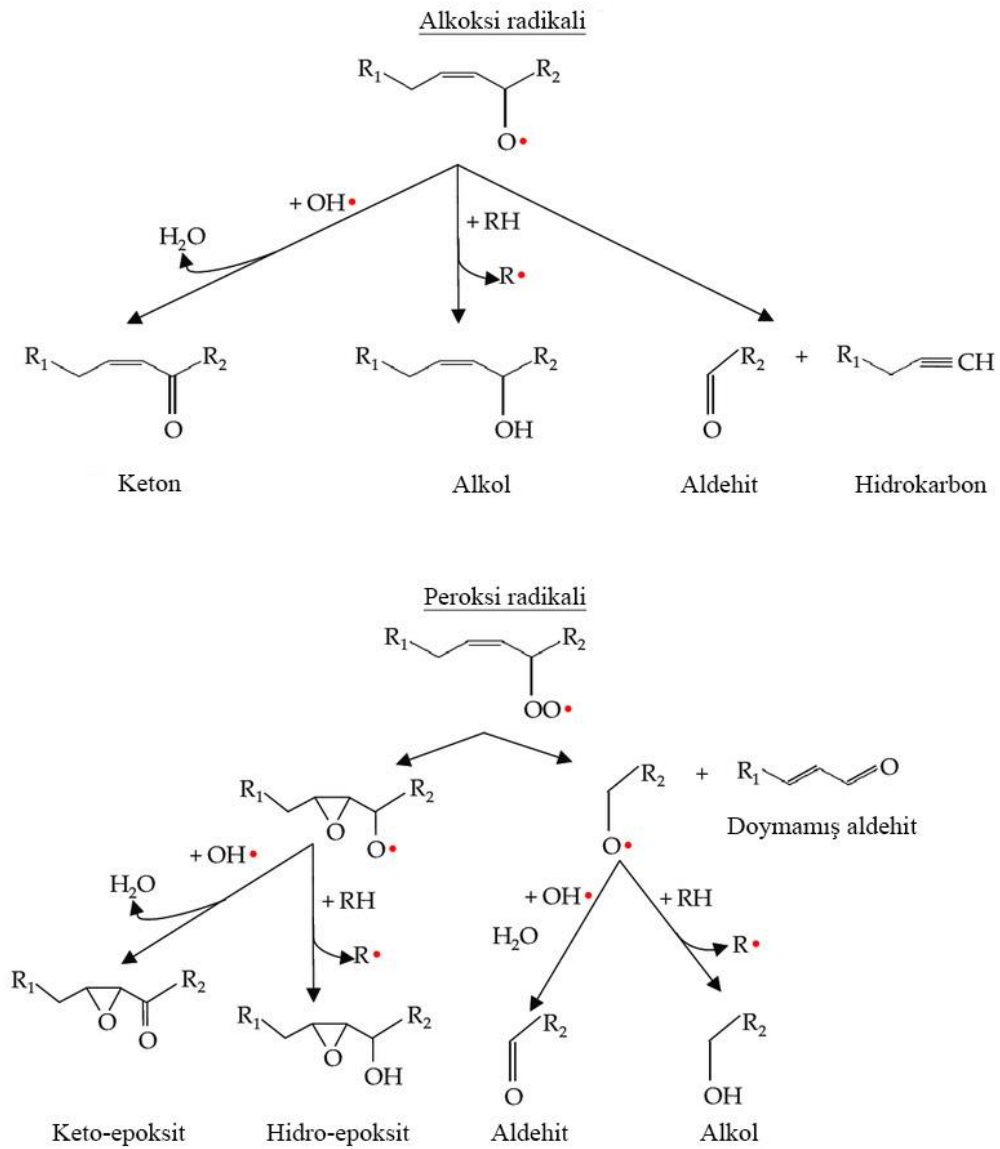
1.2.4.2.3 Sonlanma

Oksidasyon reaksiyonları, hidroperoksitlerin ikincil radikal olmayan oksidasyon ürünlerine dönüştürülmesiyle devam etmektedir (Laguerre ve diğ. 2007). Gıda sisteminde yüksek konsantrasyondaki serbest radikaller, daha büyük bir “radikal-radikal çarpışma olasılığı”na izin vererek birleşmekte, radikal olmayan türler oluşmakta ve oksidasyon dizisi sonlanmaktadır (Johnson ve Decker 2015).



RH: Yağ asidi, R*: Alkil Radikali, ROO*: Peroksi radikali, ROOH: Hidroperoksit, ROOR: Oksidasyon ürünü, RO*: Alkoksi radikali

Sonlanmayı sağlayan etmen alkoksi ve peroksi radikallerinin alkanlar, alkoller ve karbonil bileşikler gibi ikincil oksidasyon ürünlerine ayrışmasıdır (Domínguez ve diğ. 2019). Bu süreç Şekil 1.3'te gösterilmiştir.



Şekil 1.3: Alkoksi ve peroksi radikallerinin ikincil oksidasyon ürünlerine ayrışması (Domínguez ve diğ. 2019).

1.2.5 Lipit Oksidasyonunu Etkileyen Faktörler

Gıdalardaki bozulmaya neden olan kimyasal değişiklikler arasında lipit oksidasyonu, lipit hidrolizi, proteinlerin ve oligo- ve polisakkaritlerin hidrolizi, enzimatik olmayan esmerleşme, doğal pigmentlerin bozulması ve glikolitik değişiklikler bulunmaktadır. Bu reaksiyonlar genellikle gıdalarda eş zamanlı olarak meydana gelmektedir ve bunların reaktanları ve ürünleri birbiriyle etkileşim içindedir. Enzimatik, fiziksel ve mikrobiyolojik faktörlerin de bu reaksiyonlara dahil olması durumunda gıdalardaki bu değişimler daha da karmaşık bir hal almaktadır (Petersen ve diğ. 1999).

Yağ oranı yüksek gıda ürünlerinin uzun süreli depolanmaları sırasında en önemli sorunlardan biri olan oksidatif reaksiyonların ana hedefi lipitlerdir. Lipit oksidasyonu yağ asidi kompozisyonu, doymamışlık, çift bağların sayısı, konumu, geometrisi, konjugasyon durumu ve serbest yağ asitleri gibi bir substrat olarak lipidin yapısından, aynı zamanda gıdanın bileşiminde bulunan proteinlerin ve prooksidanların konsantrasyonu ve türü gibi diğer parametrelerden de önemli derecede etkilenir (Barriuso ve diğ. 2013). Örneğin gıdanın bileşiminde bulunan proteinler bazen doymamış yağ asitlerinden daha hızlı okside olabilir, dolayısıyla lipit oksidasyonu geciktirilebilir. Bu durum, proteinlerin sistemdeki yağ asitlerine göre oksidasyona daha duyarlı olması serbest radikallere veya reaktif oksijen türlerine lipitlerden daha yakın konumda bulunması halinde meydana gelmektedir. Proteinler, serbest radikalleri temizlemek, reaktif oksijen türlerini inaktive etmek, pro-oksidatif geçiş metallerini şelatlamak ve hidroperoksit oluşumunu azaltmak gibi farklı mekanizmalar ile lipit oksidasyonunu engeleyebilmektedir. Yani proteinler, lipit oksidasyonunu engelleyebilen antioksidanlar gibi davranabilmektedir (Gumus ve diğ. 2017).

Gıdalardaki yağların büyük kısmı triaçilgliserollerden oluşmaktadır. Ancak aynı zamanda serbest yağ asitleri, mono- ve diaçilgliseroller, metaller, fosfolipidler, peroksitler, klorofiller, karotenoidler ve tokoferoller gibi küçük bileşenler de içermektedir. Bu bileşenlerin bazıları yağın oksidasyonunu hızlandırırken bazıları antioksidan görevi görebilmektedir (Choe ve Min 2006). Yağın bileşiminde bulunan antioksidan bileşikler, bir hidrojen atomunu lipit oksidasyonundan türetilen radikal türlere aktarabilir. Bu işlem, lipit radikalini nötralize eder ve antioksidan bileşikten

çok daha az reaktif olan yeni bir radikal oluşturur (Domínguez ve diğ. 2019). Gıdalarda oksidatif reaksiyonlar; reaksiyon substratlarının, prooksidanların ve antioksidanların konsantrasyonlarına, bileşimine ve aktivitesine bağlı olarak gerçekleşebilmektedir (Decker 1998). Ayrıca gıdanın kendisi ile ilgili olan faktörlerin yanı sıra sıcaklık, ışınlama, ışık, iyonlaştırıcı radyasyon, peroksitler, organik metal katalizörler, antioksidanlar, O₂ kısmi basıncı ve nem gibi çevresel faktörler de oksidasyon reaksiyonlarının hızını ve seyrini etkileyebilmektedir (Shahidi ve Zhong 2010, Salcedo ve diğ. 2010). Bu etmenlerin tümü gıdaya aynı anda etki ettiği için hangi faktörün ne zaman ve ne şiddetle etkili olduğunun kestirilmesi güçtür (Barriuso ve diğ. 2013). Ayrıca birincil oksidasyon ürünü olan hidroperoksitten ikincil ürün oluşum süresi, yağdan yağa değişim göstermektedir. Örneğin zeytin ve kolza tohumu yağlarında hidroperoksit oluşumunun hemen ardından ikincil oksidasyon ürünleri oluşurken ayçiçeği ve aspir yağlarında, hidroperoksit konsantrasyonu ancak belirli bir seviyeye ulaştığında ikincil oksidasyon ürünleri oluşmaktadır (Choe ve Min 2006). Zaman içerisinde oluşan çeşitli bileşikler, oksidasyonun kapsamı ve ilgili mekanizmalar gibi birçok karmaşıklıklardan dolayı bir sistemdeki lipit oksidasyonunun durumunu tek bir parametre ile değerlendirmek zordur. Bu nedenle farklı yöntemleri birleştirerek analiz etmek gerekmektedir (Barriuso ve diğ. 2013). Serbest yağ asitleri içeriği, peroksit değeri, konjuge dien ve trien değerleri, *para*-anisidin (*p*-anisidin) değeri, tiyobarbitürik asit değeri; bir gıdadaki toplam oksidasyon değeri ve yağların kalitesinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan kimyasal testlerdir (Shafiei ve diğ. 2020). Ayrıca gıda maddelerinde lipit oksidasyonu ve tat bozukluklarının belirlenmesinde, yağların önemli oksidasyon ürünlerinden biri olan hekzanal maddesinin miktarı da dikkate alınmaktadır (Quiroga 2015). Hekzanal varlığı, lipit bakımından zengin gıdalardaki ransit tatların gelişmesiyle doğrudan ilişkilidir. Hekzanal, esasen linoleik asidin oksidasyonu sonucu oluşan uçucu bir bileşendir. Cevizin duyu kalitesi bozuldukça hekzanal seviyelerinin arttığı bildirilmiştir (Grosso ve diğ. 2018, Jensen ve diğ. 2001).

1.2.6 Vakum ve Modifiye Atmosfer Paketleme

Gıda endüstrisinin en önemli amaçlarından biri gıdanın orijinal özelliklerinin mümkün olduğunca uzun süre muhafaza edilmesidir. Gıda ürünlerinin raf ömürlerini uzatmak için çeşitli muhafaza teknikleri bulunmaktadır ve paketleme bunlar arasında en etkili olanlardan biridir.

Paketlemenin amacı, üretim anından tüketici tarafından kullanıldığı zamana kadar gıdayı mikroorganizma, su buharı, gaz, koku, ışık, toz ve mekanik kuvvet gibi dış çevrenin olumsuz etkilerine karşı gıda ile çevre arasında inert bir bariyer sağlamak ve böylece ürünün kalitesini ve güvenliğini korumaktır (Koontz 2016). Lipit oksidasyonunu teşvik eden en önemli faktörlerden olan atmosferik O₂'in konsantrasyonunu; vakumla veya modifiye atmosferde paketleme teknikleriyle en aza indirmek, oksidasyonu azaltmak için uygulanabilecek bir yöntemdir. Gıdalardaki oksidatif stabilite, sıcaklık, atmosferik O₂, ışık ve su buharı olmak üzere dış çevre ile etkileşimden büyük ölçüde etkilenebilir. Ambalajlama işlemi özellikle prooksidanların gıdada lipit oksidasyonunun etkilerini azaltmak için uygulanmaktadır (Hu ve diğ. 2020).

Modifiye atmosferde paketleme (MAP) uygulaması, bir paket içindeki gaz bileşiminin pasif veya aktif olarak değiştirilme işlemidir. Pasif modifiye paketleme uygulaması, paket içerisinde istenen gaz karışımını elde etmenin ürünün solunumuna dayandığı bir paketleme işlemidir. Aktif MAP uygulaması ise paket içerisinde istenen gaz karışımını oluşturmak için bir müdahale (gaz boşaltma, gaz verme, gaz temizleyici ajanların kullanımı vb.) gerektirmektedir (Caleb ve diğ. 2012). Vakum paketleme ise bir paketin içindeki tüm havanın boşaltılması ve ardından bu paketin sızdırmaz hale getirilmesiyle gerçekleştirilir. Havanın uzaklaştırılması atmosferik bir değişiklik olduğu için, vakum paketleme de modifiye atmosfer paketlemenin bir varyasyonu olarak düşünülebilir (Cutter 2002). Vakum paketleme ekonomiktir ve kullanımı kolaydır ancak bu yöntem kullanılırken ürünün deforme olması ihtimali söz konusu olabilmektedir.

MAP'ta kullanılan üç önemli gaz N₂, O₂ ve CO₂'tir (Mastromatteo ve diğ. 2010). Bu gazların üçünün de temin edilmesi kolaydır. Ayrıca bu gazlar herhangi bir kimyasal katkı maddesi olarak da düşünülmemektedir. MAP uygulanırken her gıdaya

uygun gazın optimum seviyesinin belirlenerek kullanılması, istenen etkinin üst düzeyde elde edilebilmesi için önemlidir (Rodriguez-Aguilera ve Oliveira 2009). Ayrıca ambalaj malzemesi seçimi de çok kritiktir. Kullanılacak ambalaj malzemesi hem MAP'ta kullanılan gazlara karşı bariyer özellikleri uygun olmalıdır, hem de gıdanın fiziksel ve kimyasal bütünlüğünü tüketim anına kadar koruyabilmelidir. Bununla birlikte ambalaj malzemesinin bariyer özelliklerinin; paketlenen gıdanın bileşiminden (pH, aroma, yağ içeriği vb.) ve çevresel koşullardan (sıcaklık, bağıl nem vb.) de göz önüne alınmalıdır (Siracusa 2012).

1.2.7 Ceviz ve Diğer Kuruyemişlerin Depolama Koşullarının Lipit Oksidasyonuna Etkisi

Ceviz ve diğer kuruyemişler yüksek oranda yağ içermelerinden dolayı, bu ürünlerin uzun süre depolanmaları durumunda lipit oksidasyonunun önlenmesi veya geciktirilmesi kritik noktalardan biridir ve bu nedenle uygun şartlarda depolanmaları gerekmektedir. Çünkü depolama sırasında lipit oksidasyonu, bu tür gıdalardaki duyuşal ve kimyasal kalitesindeki bozulmanın en yaygın nedenidir. Gıdalardaki bu reaksiyonların önlenmesi veya geciktirilebilmesi için uygun olmayan ambalajlamadan olumsuz depolama koşullarına kadar birçok faktör dikkate alınması gerekir. Lipit oksidasyonu, depolama sıcaklığı, ışığın varlığı ve O₂ seviyeleri gibi birçok faktör tarafından etkilenir. Kuruyemişler için ideal depolama koşulları genellikle düşük sıcaklık, düşük bağıl nem içeriği, düşük O₂ konsantrasyonu ve karanlık koşullardır. Javanmard (2017), farklı O₂/CO₂ bileşimleri ile PE/PET (polietilen/polietilen tereftalat) ambalaj materyalinde (98 µm kalınlığında) paketlenmiş kabuksuz cevizlerin kalitesini farklı sıcaklıklarda üç aylık bir süre boyunca incelemiştir. Depolanan cevizlerin kalitesini en üst düzeye çıkarmak için gereken en uygun paketleme koşullarının %1,46 O₂, %10 CO₂ ve 4 °C olduğu belirlenmiştir. Kuruyemişlerin depolanması konusunda sıcaklık, O₂, ışık, ambalaj, depolama şekli (kabuklu, kabuksuz, soyulmuş, kavrulmuş vb.) gibi birçok faktör dikkate alınarak lipitlerdeki bozulma reaksiyonlarını inceleyen çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Farklı depolama koşullarının ceviz, ceviz ürünleri ve diğer sert kabuklu meyvelerde uygulanması üzerine gerçekleştirilen bazı çalışmalar ve bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1.2.7.1 Depolama Sıcaklığının Etkisi

Depolama sıcaklığı, ceviz ve diğer kuruyemişlerin raf ömrünü etkileyen oldukça önemli bir faktördür. Sıcaklık, gıdalarda enzimatik aktiviteyi, kimyasal bileşimi ve metabolik reaksiyonları etkileyebilmektedir (Gama ve diğ. 2018). Depolama sıcaklığının kuruyemişlerin kalitesine etkisinin araştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin Bellomo ve diğ. (2009) üç farklı sıcaklıkta (10, 25 ve 37 °C) 14 aya kadar depolanan kabuksuz fıstıklardaki pigmentlerin ve yağın stabilitesinin nasıl etkilendiğini araştırmıştır. Pigment ve yağ stabilitesinin en iyi 10 °C sıcaklıkta depolanan örneklerde korunduğu hatta bu sıcaklıkta küf ve böcek gelişiminin de engellendiği belirlenmiştir. Başka bir çalışmada ise 3 farklı depolama sıcaklığının (10, 20 ve 30 °C), vakumlu paketlenmiş kabuksuz cevizin tokoferol içeriğine etkisi 12 aylık depolama boyunca incelenmiştir (Bakkalbaşı ve diğ. 2014). Ceviz örnekleri için tokoferol izomerlerinin ve toplam tokoferol miktarının, depolama süresi ve sıcaklığın artması ile ilişkili olarak azaldığı bildirilmiştir. Tokoferol izomerleri ve toplam tokoferol için en yüksek seviyedeki kayıpların, 30 °C’de depolama sırasında olduğu belirtilmiştir (Bakkalbaşı ve diğ. 2014). Yine farklı sıcaklıklarda vakumla paketlenmiş kabuksuz ceviz örnekleri 3 farklı sıcaklıkta 12 ay boyunca depolanmıştır. Bu çalışmada ceviz örnekleri, PA/PE (PA, poliamid) plastik paketlerde vakum altında paketlenip 10 ve 20 °C sıcaklıkta 12 ay boyunca depolandığında toplam fenolik madde içeriklerinde ve antioksidan aktivitelerinde önemli bir değişiklik olmamıştır. Ancak, 30 °C’de depolama sırasında ellagik asit pentozid, toplam fenolik ve antioksidan aktivitesi, önemli ölçüde azalmıştır (Bakkalbaşı ve diğ. 2013).

Düşük sıcaklıklarda depolama oksidatif reaksiyonları yavaşlatabilmektedir. Bununla ilgili bir çalışmada, ceviz taneleri 13 ay boyunca 21 °C’de depolandığında 11 °C’de depolananlara göre daha fazla hekzanal meydana geldiği ve daha fazla ransit tat oluştuğu saptanmıştır (Jensen ve diğ. 2003). Bakkalbaşı ve diğ. (2012) depolama sıcaklığının lipit oksidasyon reaksiyonlarına etkilerini ceviz örneklerinde 12 ay boyunca değerlendirmiştir. Bu çalışmada PA/PE ambalaj materyalinde vakum tekniği ile paketlenip 10 ve 20 °C sıcaklıkta depolanan ceviz örneklerinin peroksit değeri, hekzanal içeriği ve ransit tat 12 ay boyunca önemli oranda değişmemiştir. Ancak aynı pakette 30 °C’de depolanan ceviz örneklerinin hekzanal içeriğinin ve

ransit tadın, zamanla arttığı ve 6 ay sonra bu değerlerin kabul edilemez hale geldiği bildirilmiştir. Aynı çalışmada ceviz örneklerinin 30 °C’de depolanması sırasında peroksit değerleri de hızla artmıştır. Kuruyemişlerdeki serbest yağ asidi değerleri de depolama sıcaklığından etkilenmektedir. Badem, fıstık, fındık ve ceviz daha yüksek sıcaklıklarda depolandığında düşük sıcaklıklarda depolanana göre daha yüksek serbest yağ asidi değerine sahip olduğu bildirilmiştir (Lin ve diğ. 2012, Arena ve diğ. 2013, Ghirardello ve diğ. 2013, Christopoulos ve Tsantili 2015). López ve diğ. (1995) 10 °C ve %60 bağıl nem koşullarında en az 12 ay boyunca ceviz kalitesinin korunduğunu bildirmiştir. Bununla birlikte cevizlerin daha düşük sıcaklık ve bağıl nemde 12 ay boyunca depolanması ürünün ticari kalitesini değiştirmemiştir ve bunun için ek olarak ekonomik olmayan soğutma sistemlerinin gerektiği belirtilmiştir. Bununla ilgili olarak cevizlerin %40 bağıl nemde soğuk depolanması, cevizlerde önemli ölçüde dehidrasyon kaybına neden olduğu ve 0 °C’de depolanan cevizlerin serbest yağ asidi değerlerinin 3 °C’de depolanana göre yaklaşık 2 kat daha fazla arttığı bildirilmiştir.

1.2.7.2 Oksijen Konsantrasyonunun ve Ambalaj Materyalinin Etkisi

O₂ konsantrasyonu, lipit oksidasyon reaksiyonların gelişmesini etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir. Oksidasyon hızı, çok yüksek O₂ kısmi basınçlarında O₂ konsantrasyonundan bağımsız iken, düşük O₂ kısmi basınçlarında O₂ konsantrasyonu ile orantılıdır. Yüksek O₂ konsantrasyonlarının okside tat oluşumuna neden olduğu ve farklı O₂ koşullarında depolama ile kuruyemiş kalitesinin etkilenebildiği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Maté ve diğ. 1996, Ribeiro ve diğ. 2020^a). Christopoulos ve Tsantili (2011) ceviz örneklerini PE/PA ambalaj materyali ile farklı atmosferler (hava, N₂ veya CO₂) kullanarak paketlenmiştir ve 1 °C veya 20 °C’de 12 ay depolanmıştır. 12 ay sonunda, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite kayıpları en fazla 20 °C’de hava atmosferinde depolanan ceviz örneklerinde belirlenmiştir. Düşük sıcaklık ve N₂ veya CO₂ altındaki paketlenme, hem antioksidan kayıplarını hem de cevizlerin kararmasını engellemiştir. Tüm ölçülen değişkenler için en iyi sonuçlar N₂ veya CO₂ altına paketlenip 1 °C’de depolanan ceviz örneklerinde elde edilmiştir. Hava atmosferinde paketlenip 1 °C’de depolanan, N₂ altında paketlenip 20 °C’de depolanan ve CO₂

altında paketlenip 20 °C'de depolanan ceviz örneklerinin sonuçları ise birbirine benzer bulunmuştur ve sonuçlara göre bu ceviz örnekleri diğer iki depolama şartlarından elde edilen cevizlerin kalitesinin arasında kalmıştır. Hava altında paketlenip 1 °C'de depolama yerine N₂ altında paketlenip 20 °C'de veya CO₂ altında paketlenip 20 °C'de olarak depolama koşullarının değiştirilmesi ile daha ekonomik bir muhafaza yapılabileceği belirtilmiştir. Bununla birlikte paketlerde bulunan O₂ konsantrasyonunun sınırlandırılmasında ambalaj malzemesinin etkisi de oldukça önemlidir (Mexis ve diğ. 2009^b). Ambalaj materyallerinin ceviz kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, kabuksuz ceviz LDPE (düşük yoğunluklu polietilen), PET/PE ve PE/EVOH/PE (EVOH, etilen-vinil alkol) olmak üzere üç farklı ambalaj malzemesi ile hava, N₂ altında veya O₂ tutucular kullanarak paketlenip, karanlıkta 11 ve 21 °C'de 13 ay boyunca depolanmıştır. Cevizlerin, PE materyali ile hava altında, PET materyali ile hava altında ve PET materyali ile N₂ altında paketlenip 21 °C'de 5 aylık depolandıktan sonra çok acılaştığı 8 ay sonra yenilemez durumda olduğu; EVOH materyali ile N₂ altında paketlenen cevizlerin ise 21 °C'de 7 aylık depolamadan sonra bir miktar acılaştığı bildirilmiştir. Bununla birlikte O₂ tutucularla birlikte paketlenen ve 11 veya 21 °C'de depolanan cevizlerin karanlıkta -18 °C'de depolanan referans numune ile aynı kaliteyi sürdürdüğü belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan ceviz için en uygun depolama koşulu, bir O₂ absorber ile birlikte 11 °C veya daha düşük sıcaklık olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, yazarlara göre soğutma ve bir O₂ absorberi kullanılmadan, EVOH benzeri çok düşük O₂ geçirgenliğine sahip bir ambalaj malzemesi ile N₂ altında paketlenme yapılarak da yüksek kalitede cevizler elde edilebileceği belirtilmiştir (Jensen ve diğ. 2003). Örneğin bariyer özellikleri iyi olan PET-SiOx/PE (SiOx, silikon oksit) ambalaj materyali kullanılarak N₂ altında paketlenen ve 20 °C'de depolanan ceviz için en az 12 ay boyunca kabul edilebilir kaliteyi koruduğu bildirilmiştir (Mexis ve diğ. 2009^a). Bu çalışmalardan farklı olarak bazı araştırmalarda depolama atmosferinin üründeki lipit oksidasyonu üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı da bildirilmiştir. Bu durumla ilgili bir çalışmada, García-Pascual ve diğ. (2003) dört çeşit badem örneklerini, iki farklı halde (çiğ ve kavrulmuş) iki farklı sıcaklıkta (8 ve 36 °C) ve iki farklı ambalaj atmosferinde (hava ve N₂) 9 ay süre ile depolamıştır. Çalışma boyunca nem, yağ içeriği, peroksit değeri, α-tokoferol içeriği ve aflatoksin seviyesi değerlendirilmiştir. Sonuç olarak bu parametreler üzerine, diğer koşulların etkisi saptanırken hava veya N₂ altında paketlenmenin önemli bir etkisi bulunmamıştır.

Benzer başka bir çalışmada da zarı soyulmuş veya kavrulmuş badem, hava ve N₂ altında paketlenip farklı koşullarda (1 ve 20 °C ve %65-70 bağıl nemde) depolanmış ve 20 hafta boyunca kalitesi değerlendirilmiştir. Depolanan bademlerin son duyusal kalitesi için hiçbir koşulda hiçbir değişiklik bulunmamıştır. Hem hava hem de N₂ altında paketlenen soyulmuş ve kavrulmuş bademler, en az 5 aya kadar depolandığında kalitesinin kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Öte yandan, badem örnekleri N₂ altında pakletildiğinde lipit oksidasyonunda azalma olduğu gözlenmiştir ancak farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Lipit oksidasyonuna karşı N₂'ın koruyucu etkisinin olup olmadığının anlaşılması için daha uzun depolama sürelerinde çalışmanın gerekli olduğu bildirilmiştir (Sanchez-Bel ve diğ. 2011).

Paketleme, kuruyemişleri nem, O₂ ve ışık gibi çevresel koşullara maruz kalmasını önlemede yardımcı olmaktadır. Paketleme ile besin değeri ve duyusal özelliklerin kaybı engellenebilmektedir. Henríquez ve diğ. (2018) yaptıkları çalışmada çam fıstığı üç farklı ambalaj malzemesinden (LDPE, HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) ve MF (yüksek bariyerli metalize film)) yapılmış paketlerde ve üç farklı sıcaklıkta (4, 20 ve 60 °C) depolanan çam fıstığı örneklerinin oksidatif stabilitesini araştırmıştır. En düşük raf ömrü 60 °C'de depolanan çam fıstığı örneklerinde görülmüştür. 60 °C'de depolanan örneklerin raf ömürleri MF ile paketlenen örneklerde 583 gün, LDPE ile paketlenen örneklerde 102 gün iken, HDPE ile paketlenen örneklerde sadece 85 güne ulaşmıştır. 20 °C'de raf ömürleri MF 703 gün, HDPE 607 gün ve LDPE 163 gün olmuştur. 4 °C'de en yüksek bozulma LDPE poşetinde depolanan çam fıstıklarında görülmüş olup raf ömrü 583 gün bulunmuştur. Bu sıcaklıkta HDPE ve MF'de paketlenen örneklerin raf ömürleri ise sırasıyla 1148 ve 704 güne ulaştığı belirtilmiştir. Ayrıca başka bir çalışmada da depolama sıcaklığı ve ceviz çeşidinin lipit oksidasyon reaksiyonlarına etkisi, ambalaj malzemesinin O₂ geçirgenliğinin etkisinden daha fazla olduğu bildirilmiştir (Bakkalbaşı ve diğ. 2012).

1.2.7.3 Işığın Etkisi

Işıқта depolanan kuruyemişlerde karanlıkta depolananlara göre daha fazla oksidatif değişiklikler olabilmektedir. Işıқта depolanan badem ve ceviz taneleri,

karanlıkta depolanan tanelere göre daha yüksek peroksit değerlerine, daha yüksek hekzanal içeriğe ve ransit bir tada sahip olduğu bulunmuştur (Jensen ve diğ. 2001, Mexis ve diğ. 2009^b). Mexis ve diğ. (2009^a), ambalaj malzemesi O₂ bariyerinin, aydınlatma koşullarının ve sıcaklığın ceviz içinin kalitesine etkisini 12 ay depolayarak araştırmıştır. Depolama sırasında kabuklu cevizlerin kalitesinin etkileyen faktörleri önem sırasınca göre: sıcaklık>ambalaj malzemesinin O₂ bariyer özelliği>aydınlatma koşulları şeklinde sıralamıştır. Martínez ve diğ. (2013) yaptıkları çalışmada ceviz yağının oksidatif stabilitesine, doğal ve sentetik antioksidan ilavesinin ve depolama koşullarının (floresan ışık altında altı ay oda sıcaklığında veya karanlıkta oda sıcaklığında) etkilerini incelemiştir. Sonuçlara göre ne doğal ne de sentetik antioksidanlar fotooksidatif bozunmayı etkilememiştir. Işığa maruz kalan yağlarda artan miktarlarda birincil ve ikincil oksidasyon ürünleri tespit edilmiştir. Ancak karanlıkta depolanan örneklere antioksidanların eklenmesi, lipit oksidasyonunu önemli ölçüde azaltmış ve ceviz yağının raf ömrünü uzatmıştır. Bu çalışma, aydınlatma koşulunun ceviz yağının oksidatif stabilite üzerindeki etkisini göstermiştir ve ürünün ışık bariyeri özelliklerine sahip kaplarda depolanması gerektiğini ve oksidatif stabiliteyi düzeltmek için antioksidanların eklenebileceğini akla getirmektedir.

1.2.7.4 Çeşidin Etkisi

Çeşit, kuruyemişlerin oksidatif stabilitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Ceviz çeşidinin lipit oksidasyonu üzerindeki etkileri, oksidasyonu etkileyen dış faktörlerden de önemli olabilmektedir (Bakkalbaşı ve diğ. 2012). Tokoferol, fenolik madde, yağ, tekli doymamış yağ asidi, çoklu doymamış yağ asidi vb. içeriği, kuruyemişlerin çeşidine bağlı olarak değişebilmektedir. Bununla birlikte, farklı bölgelerde yetişme, genetik faktörler, iklimsel koşullar, olgunluk aşaması ve hasat sonrası uygulamalar da bileşenleri önemli ölçüde etkileyebilir (Ribeiro ve diğ. 2020^b). Bu bileşenlerin oranı ve miktarı kuruyemişlerin lipit oksidasyonuna karşı duyarlılığını değiştirebilmektedir. Bununla ilgili olarak farklı iki çeşit cevizin 12 ay depolandığı bir çalışmada, cevizlerde meydana gelen lipit oksidasyon reaksiyonları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlardan daha düşük çoklu doymamış yağ asidi içeren ve aynı zamanda daha yüksek tekli doymamış yağ asidi,

toplam tokoferol ve toplam fenolik madde içeren ceviz çeşidinin depolamaya daha uygun çeşit olduğu belirtilmiştir (Bakkalbaşı ve diğ. 2012). Başka bir çalışmada da dört ceviz çeşidinin (Chandler, Hartley, Franquette ve Loli) kalite özellikleri üzerine sıcaklık ve O₂ koşullarının etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla kabuksuz ceviz taneleri hava, N₂ veya CO₂ altında paketlenmiştir ve 1 °C veya 20 °C’de 12 ay süreyle depolanmıştır. Ceviz çeşitlerinin başlangıç yağ asidi bileşimlerinin ve yağ içeriklerinin farklı olması, bu çeşitlerin yağ asitlerindeki değişimlerin ve ransidite durumunun depolama koşullarından farklı etkilenmesine neden olmuştur. Bu çalışmada incelenen ceviz çeşitlerinin depolamaya uygunluğu Chandler>Hartley, Franquette>Loli sırasına göre azaldığı bildirilmiştir (Christopoulos ve Tsantili 2015). Bununla birlikte çeşit, cevizlerin koyulaşma eğilimini de etkileyebilmektedir (López ve diğ. 1995). Christopoulos ve Tsantili (2011) üç çeşit (Chandler, Hartley ve Loli) kabuksuz cevizi 12 ay depolamış ve depolama boyunca en koyu rengi Hartley çeşidi sergilemiştir. Ayrıca Chandler ve Hartley, depolama boyunca Loli’den çok daha yüksek antioksidan kapasite göstermiştir.

1.2.7.5 Kabuklu veya Kabuksuz Depolamanın Etkisi

Kuruyemişlerdeki sert kabuk, iç ile dış ortam arasındaki gaz değişimini azaltan ve uzun depolama süreleri boyunca kaliteyi koruyan bariyerlerdir (Thewes ve diğ. 2021). Bulgaristan’da yetiştirilen üç çeşit fındık (kabuklu-kabuksuz) farklı koşullarda (4 °C (buzdolabı) – 20 °C (gölge)) 12 ay boyunca depolanmıştır. Çalışmada yağ asitleri bileşimi, tokoferoller ve yağlarının oksidatif stabilitesi depolama boyunca incelenmiştir. Sonuçlara göre farklı depolama koşullarında yağ asitlerinin 12 ay boyunca değişmediği, tokoferol miktarının kademeli olarak azaldığı ve bu azalmanın 20 °C’de 4 °C’ye göre ve kabuklu olanların kabuksuz olanlara göre daha belirgin olduğu saptanmıştır. Oksidatif stabilite başlangıçta uzun iken depolama süresi boyunca kademeli olarak azalmıştır. Kabuklu 20 °C’de depolanan fındıklar, 4 °C’de depolananlara göre daha kısa oksidatif stabiliteye sahip olmuştur. Sonuçlara göre, fındığın lipit özelliklerinde önemli değişiklikler olmadan 12 aya kadar depolanmasının mümkün olduğu belirtilmiştir. Kabuksuz fındıkların kalitelerinin daha fazla korunabilmesi için 4 °C’de depolanması tercih edilebileceği bildirilmiştir (Momchilova ve diğ. 2017). Benzer olarak Koyuncu ve diğ. (2003), ortam

koşullarında 12 ay depoladıkları cevizlerden, kabuklulardaki kalite kaybının kabuksuz olanlardan daha az olduğunu belirtmiştir. Başka bir çalışmada da cevizlerin depolanması sırasında kabuğun olması, hekzanal, oktanal ve nonanal gibi istenmeyen uçucu bileşikler azaltmıştır (Thewes ve diğ. 2021).

Yukarıda anlatılan bilgiler cevizlerinin yağ oksidasyonu üzerine çeşitli faktörlerin olduğunu göstermektedir. Yapılan depolama çalışmalarında bazı sonuçlar arasında farklılıklar olduğu görülmektedir ve bunun nedenleri halen net bir şekilde açığa kavuşturulamamıştır. Bu da ancak daha kapsamlı ve detaylı çalışmaların yapılması ile mümkün olacaktır. Yapılan depolama çalışmalarında farklı paketleme tekniklerinin ve farklı depolama koşullarının hem kabuklu ham kabuksuz hem öğütülmüş cevizlere uygulandığı ve oksidasyon düzeylerinin aynı koşullarda birlikte ele alındığı kapsamlı bir çalışma yapılmadığı görülmektedir. Ayrıca depolama başlangıcında zaten koyu renkli olan ceviz içlerinin piyasada satılmalarına rağmen depolanması ile kalitesindeki değişiklikleri araştıran herhangi bir rapor da bulunmamaktadır. Bu çalışmada, sonuçların endüstriye uygun depolama koşullarının optimize edilmesi ve/veya seçilmesi için yararlı olabileceğinden, kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş iki çeşit cevizin kalitesindeki değişiklikler depolama boyunca araştırılmıştır. Ayrıca açık ve koyu renkli cevizlerin depolanmaları boyunca oksidasyon durumları arasında herhangi bir farklılık olup olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresince cevizlerin kalitelerine paketleme tekniğinin ve depolama sıcaklığının etkisi değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Çalışmada, Türkiye’de en çok yetiştirilen çeşitlerden biri olan “Şebin” ve kalitesi ve verimliliği nedeniyle dünyada çok tercih edilen çeşitlerden biri olan “Chandler” çeşidi cevizler kullanılmıştır. Ceviz örnekleri Eylül 2018’de Denizli’nin Acıpayam ilçesinde bulunan bir meyve bahçesindeki ağaçlardan hasat edilmiştir. Yeşil kabuğu soyulduktan sonra meyveler 4 gün süreyle açık havada kurutulmuştur. Kurutulmuş kabuklu cevizler Ekiz Fidancılık (Denizli) aracılığı ile temin edilmiş ve deneylerde kullanılabilecek kadar +4 °C’de muhafaza edilmiştir.

Çalışmada kullanılan kimyasallar; susuz sodyum sülfat, kloroform, potasyum hidroksit, sodyum hidroksit, sodyum karbonat, *p*-anisidin, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH), 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametilkroman-2-karboksilik asit (troloks) ve Folin-Ciocalteu reaktifi Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, ABD) firmasından satın alınmıştır. Nişasta ve gallik asit Merck (Darmstadt, Almanya) firmasından satın alınmıştır. Potasyum iyodür, sodyum tiyosülfat, 2-propanol (kromatografik saflıkta) ve metanol (kromatografik saflıkta) Carlo Erba (Milano, İtalya) firmasından satın alınmıştır. Hekzan (kromatografik saflıkta), izooktan (reaktif saflıkta), metanol (reaktif saflıkta) ve asetik asit (analitik saflıkta), Isolab (Akron, OH, ABD) firmasından satın alınmıştır. Etanol (analitik saflıkta) ve hekzan (analitik saflıkta) Tekkim Kimya (İstanbul, Türkiye) firmasından satın alınmıştır.

2.2 Yöntem

Ceviz örneklerinin tane ağırlığı, iç ağırlığı ve randıman değerleri, yüzey rengi, su aktivitesi, nem, kül, protein ve toplam yağ analizleri aşağıda belirtilen şekilde gerçekleştirilmiştir.

2.2.1 Cevizlerin Tane Ağırlığı (g), İç Ağırlığı (g) ve Randıman (%) Değerleri

Çalışmada kullanılan cevizlerin tane ağırlığı (g), iç ağırlığı (g) ve randıman (%) değerleri belirlenmiştir. Tane ağırlığı satın alınan her bir çuval cevizden rastgele 10 adet ceviz alınıp kabuklu olarak hassas terazide ağırlıklarının tartılmasıyla saptanmıştır. Bu cevizlerin kabuklarının elle kırılıp içlerinin tartılması ile de iç ağırlıkları belirlenmiştir. Randıman ise iç ve tane ağırlıkları belirlendikten sonra birbirine oranlanıp yüzde iç oranları hesaplanarak belirlenmiştir (Bakkalbaşı 2009).

2.2.2 Renk Analizi

Ceviz örneklerinde renk değerlerinin belirlenebilmesi amacıyla cevizlerin yüzey rengi, bir renk ölçüm cihazı (CSM 1, PCE Instruments, Southampton, Birleşik Krallık) kullanılarak ölçülmüştür. Kullanılan renk ölçüm cihazının ölçüm diyaframı 4 mm ve ışık kaynağı D65'tir. Her ceviz tanesinin farklı bölgelerinden üçer ölçüm alınarak ortalama L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir. L* değeri (0-100) rengin açıklığını-koyuluğunu, pozitif a* değerleri kırmızılığı, negatif a* değerleri yeşilliği, pozitif b* değerleri sarılığı ve negatif b* değerleri maviliği ifade etmektedir.

2.2.3 Su Aktivitesi Tayini

Ceviz örneklerinin su aktivitesi değerleri (a_w), su aktivitesi ölçüm cihazı (FA-st Lab, GBX, İrlanda) kullanılarak belirlenmiştir. Bıçakla parçalanmış 4-5 g örnek cihazın paslanmaz çelik haznesine yerleştirilmiştir. Cihazın dengeye gelmesi için yaklaşık 5 dk beklenmiştir ve göstergeden a_w sonuçları okunarak kaydedilmiştir. Verilen değerler birbirinden bağımsız 5 adet ceviz örneği için ölçülen değerlerin ortalamalarıdır.

2.2.4 Nem Tayini

Ceviz örneklerinin nem içerikleri AOAC (Association of Official Analytical Chemists) Resmi Metodu 925.40'a göre belirlenmiştir (AOAC 1997). Örnekler bir kahve öğütücüsünde (King, K-444 Grindex, İstanbul, Türkiye) öğütüldükten sonra, önceden sabit ağırlığa getirilen darası alınmış kurutma kaplarına 5 g tartılmıştır. Öğütülen ceviz örnekleri sabit ağırlığa gelinceye kadar 105 ± 2 °C'ye ayarlanmış bir etüvde (Memmert UN-30, Schwabach, Almanya) kurutulmuştur. Başlangıçtaki ağırlığa göre nem kaybı tespit edilmiş ve sonuç yüzde nem miktarı olarak hesaplanmıştır.

2.2.5 Kül Tayini

Ceviz örneklerinin kül miktarları AOAC Resmi Metodu 950.49'a göre belirlenmiştir (AOAC 1997). Yaklaşık 3 g örnek, daha önceden sabit ağırlığa getirilerek, darası alınan porselen krozelerin içerisinde tartılmış ve 750 °C'de beyaz kül elde edilene kadar yakılmıştır. Başlangıçtaki örnek miktarına göre krozelerde kalan kül miktarı hesaplanmış ve sonuçlar % kül miktarı olarak verilmiştir.

2.2.6 Protein Tayini

Ceviz örneklerinin protein miktarı Kjeldahl yöntemi ile AOAC Resmi Metodu 950.48'e göre belirlenmiştir (AOAC 1997). Kjeldahl yöntemi yakma, damıtma ve titrasyon olmak üzere 3 aşamada gerçekleştirilmiştir. Ceviz örneklerinin azot miktarlarını tespitinden sonra sonuçlar ceviz için önerilen 5,3 faktörü ile çarpılarak sonuçlar % protein olarak hesaplanmıştır (Joshi 2015).

2.2.7 Toplam Yağ İçeriğinin Belirlenmesi

Ceviz örneklerinin toplam yağ içerikleri, öğütülmüş ceviz örnekleri kullanılarak Soxhlet düzeneğinde AOAC Resmi Metodu 948.22'e göre belirlenmiştir (AOAC 1997). Selüloz soxhlet kartuşlarına 2,5 g tartılan öğütülmüş iç ceviz

örnekleri, darası alınmış cam balonlarda 6 saat hekzan ile ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Süre sonunda balonların içindeki solvent bir rotary evaporatörde (Büchi Rotavapor R-114, Flawil, İsviçre) uzaklaştırılmış, balonlar etüvde kurutulup tartılmış ve sonuçlar % yağ oranı olarak belirtilmiştir.

2.2.8 Paketleme ve Depolama Çalışmalarında Kullanılacak Ceviz Örneklerinin Hazırlanması

Tez çalışması:

1. Kabuklu ve kabuksuz cevizlerin (Şebin ve Chandler çeşit) farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi
2. Öğütülmüş açık ve koyu renkli Şebin çeşit cevizlerin farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi
3. Öğütülmüş Chandler çeşit cevizlerin farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi olmak üzere üç ayrı kısımdan oluşmakta olup gerçekleştirilen depolama çalışmalarını açıklayan görseller Şekil 2.1, Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te verilmiştir.

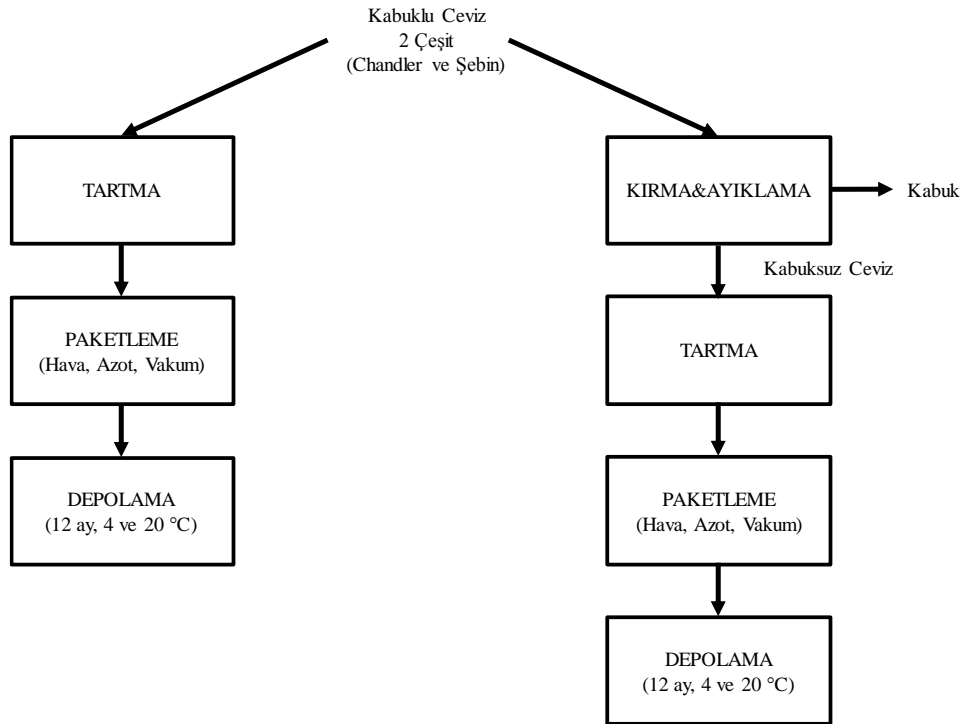
Depolama çalışmalarında kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş ceviz örnekleri ile çalışılmıştır. Bu amaçla kabuklu cevizlerin bir kısmı kabukları kırılmadan farklı tekniklerle (normal atmosferde, vakum ve N₂ gazı altında) paketlenip depolanmıştır. Geriye kalan cevizlerin kabukları, bir ceviz kıracağı kullanılarak kırılmış ve içleri elle çıkarılmıştır. Ceviz taneleri görsel olarak incelenmiştir ve kusurlu taneler (hasarlı, buruşuk ve küflü olanlar) atılmıştır. Kabuklarından ayrılan iç ceviz örneklerinin bir kısmının bütün olarak bir kısmının da öğütülmüş olarak depolanması planlandığı için, elimizdeki iç ceviz kitlesi ikiye ayrılmıştır. Temin edilen Şebin çeşit ceviz örneklerinde, hem açık hem koyu renkli içlerine rastlandığı için bu çeşit cevizlerin içleri açık ve koyu olarak renklerine göre sınıflandırılmıştır. Chandler çeşit ceviz örneklerinin ceviz içi rengi homojen olup açık renklidir. Bu nedenle Chandler çeşit cevizlerde renk sınıflandırmasına gitmeden kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş olarak depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Şebin çeşit ceviz için, kabuklu depolanan örnekler farklı tekniklerle paketlenip depolanmıştır ve örnekleme zamanlarında açık renkli olan ceviz taneleri değerlendirmeye alınmıştır. Kabuksuz bütün Şebin çeşidi

ceviz örnekleri için açık renkli olanlar yukarıda anlatılan tekniklerle paketlenip depolanmıştır. Öğütülmüş olan Şebin çeşidi ceviz örnekleri ise açık ve koyu renkli olarak ayrı ayrı farklı tekniklerle paketlenerek depolanmıştır. Bu amaçla Şebin cevizlerinin yüzey renkleri renk ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüş ve L*, a* ve b* değerleri belirlenmiştir. Kroma değeri ve hue açısı, a* ve b* değerlerinden aşağıdaki denklemlere göre hesaplanmıştır:

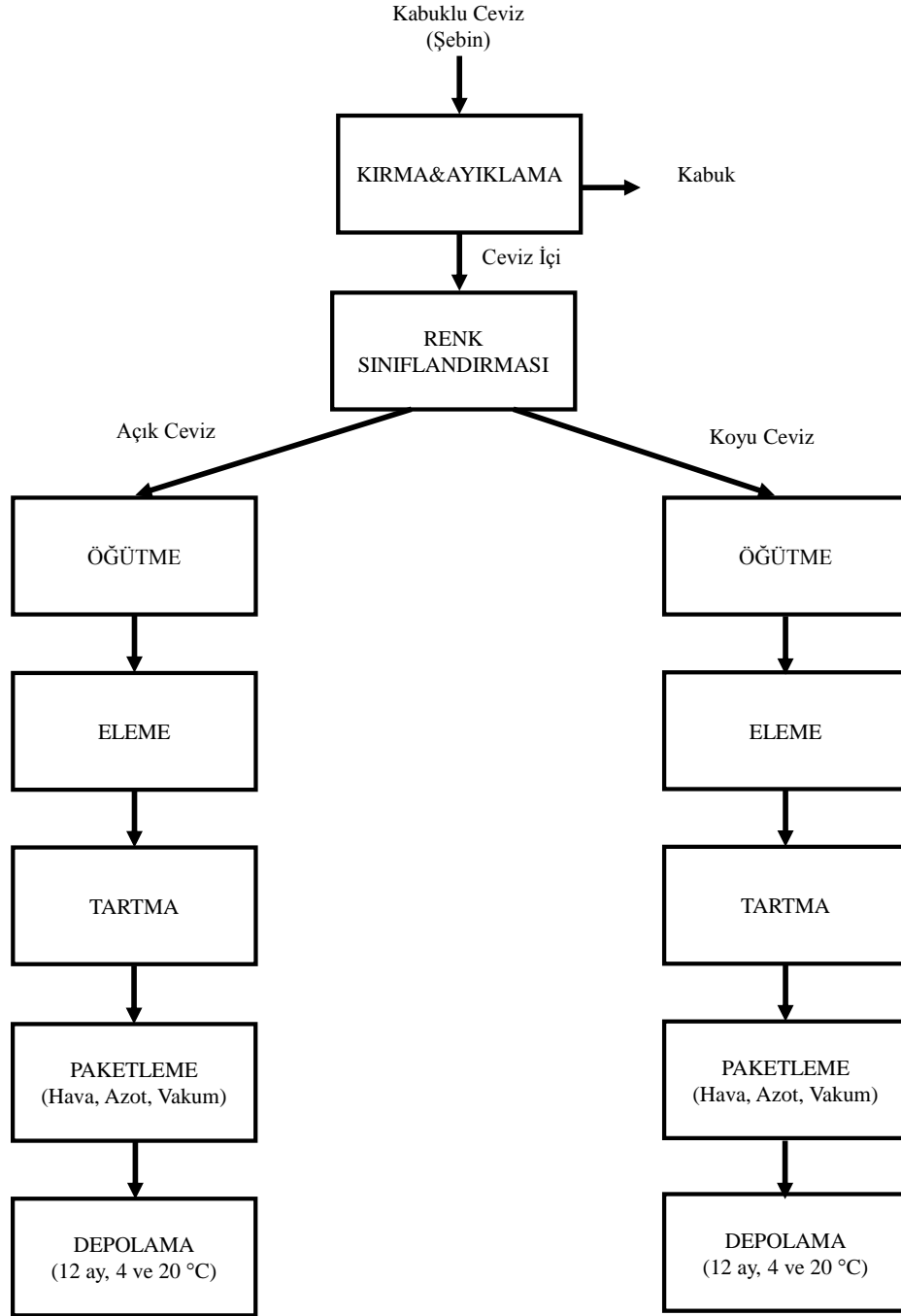
$$\text{Kroma değeri} = [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{(1/2)} \quad (2.1)$$

$$\text{Hue açısı} = \arctan(b^* / a^*) \quad (2.2)$$

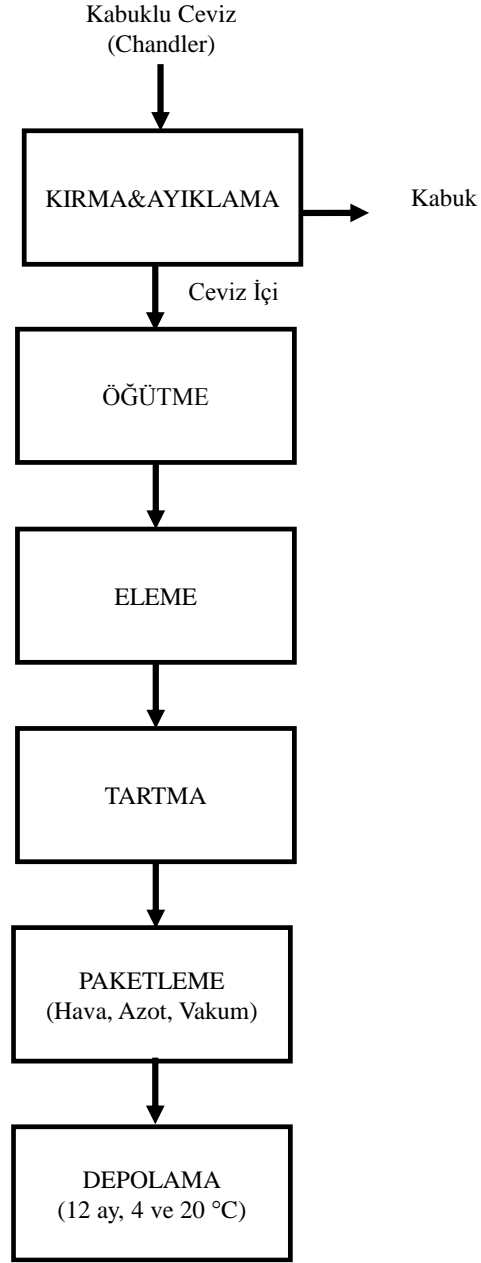
Şebin ceviz tanelerinin sınıflandırılmasında Brawner ve Warmund (2008) tarafından geliştirilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Buna göre, “L* + kroma değeri + hue açısı” (LKH) toplamı hesaplanmıştır. LKH toplamı ≥ 75 olan ceviz taneleri "açık" olarak ve LKH toplamı ≤ 50 olan ceviz taneleri "koyu" olarak tanımlanmıştır. LKH toplamı, bu iki değer (50 ve 75'in) arasında olan örnekler deneylere dahil edilmemiştir. Çalışma kapsamında renklerine göre ayrılan ceviz örnekleri Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.1: Kabuklu ve kabuksuz cevizlerin (Chandler ve Şebin çeşit) farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi için uygulanan iş akış şeması



Şekil 2.2: Öğütülmüş açık ve koyu renkli Şebin çeşit cevizlerin farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi için uygulanan iş akış şeması



Şekil 2.3: Öğütülmüş Chandler çeşit cevizlerin farklı depolama koşullarında kalitesinin incelenmesi için uygulanan iş akış şeması



Şekil 2.4: Çalışmada kullanılmak üzere açık ve koyu olarak renklerine göre ayrılan ceviz örnekleri

Öğütülmüş ceviz örneklerinin hazırlanması için bütün haldeki ceviz örnekleri bir kahve öğütücüsü kullanılarak öğütülmüştür. Daha sonra öğütülen cevizler, paslanmaz çelik eleklerden geçirilerek 1-4 mm boyutlarında olacak şekilde homojen hale getirilmiştir. Bu ceviz örneklerinin paketlenme sırasında uçuşmasını ve paketlenme cihazına zarar vermesinin engellemek amacıyla, öğütülmüş cevizler önce kağıttan yapılmış filtre torbalara (Çay Demleme Poşeti, Çay Keyfi, Çaysan Çay Ltd. Şti., Türkiye) daha sonra filtre torba ile birlikte lamine plastik poşetlere (PE + PA + EVOH + PA + PE, 25 x 25 cm, KRCPACK, İstanbul, Türkiye) yerleştirilmiştir. Çalışmada öğütülüp filtre torbalara yerleştirilen ceviz örneklerinin görselleri Şekil 2.5'te verilmiştir. Kabuklu ve kabuksuz depolanacak ceviz örnekleri için de belirtilen lamine plastik poşetler kullanılmıştır. Ambalaj malzemesini tedarik eden firma tarafından sağlanan teknik bilgiye göre; poşet kalınlığı $65\pm 5 \mu\text{m}$, poşetin O_2 transfer hızı ($23 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ve %0 bağıl nemde) $3 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ gün}$ 'den ve buhar transfer hızı ($38 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de ve %90 bağıl nemde) $12 \text{ cm}^3/\text{m}^2 \text{ gün}$ 'den düşüktür.



Şekil 2.5: Çalışmada kullanılmak üzere öğütülüp filtre torbalara yerleştirilen ceviz örnekleri

Ceviz örneklerinin paketlenme işlemi, bir paketlenme cihazı (DZ-260, Seles, Wenzhou Xingye Machinery Equipment Co. Ltd., Pekin, Çin) kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Örneklerin vakum paketlenmesi amacıyla cihazın vakumlama değeri 90 kPa'a ayarlanmıştır. Örneklerin N₂ altında paketlenme işlemi ise poşet içindeki havanın vakumla boşaltılması, N₂ gazının poşete verilmesi ve son olarak paketin ısıyla kapatılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş olarak paketlenen ceviz örneklerine ait görsel Şekil 2.6'da verilmiştir. Ambalajlanması tamamlanan paketler 4 °C'deki bir buzdolabı (Frenox, Medical Line, Türkiye) ve bir klima (Olefini, OLE-18 DCW DC inverter duvar tipi klima) ile sıcaklığı 20 °C'ye sabitlenmiş bir laboratuvarında karanlıkta depolanmışlardır. Öğütülmüş örnekler 6 ay, kabuklu ve kabuksuz örnekler ise 12 ay boyunca belirtilen koşullarda depolanmıştır. Ceviz örneklerinin depolandığı buzdolabının ve laboratuvar ortamının ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla 4,3±0,5 °C ve 20,5±1,4 °C olarak kaydedilmiştir. Öğütülmüş örnekler için ayda bir, kabuklu ve kabuksuz örnekler için ise iki ayda bir olacak şekilde örnek alımı gerçekleştirilmiştir. Örnekleme zamanında her bir uygulama için ikişer paket ceviz numunesi alınmış ve bu örnekler aşağıdaki analizlere tabi tutulmuştur.



Şekil 2.6: Çalışmada kullanılmak üzere kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş olarak paketlenen ceviz örnekleri

2.2.9 Paketlerdeki Gaz Bileşiminin Ölçülmesi

Paketlerdeki gaz bileşimi, taşınabilir bir gaz analizörü (Dansensor, Checkpoint, PBI, Ringsted, Danimarka) kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla analizör şırıngasının ucundaki iğne paket içine daldırılarak poşet içi gaz atmosferinden 15 saniye süreyle örnek alınmış ve paketteki O₂ ile CO₂ konsantrasyonları tespit edilmiştir. Paketteki N₂ konsantrasyonu ise O₂ ve CO₂ konsantrasyonlarının toplamının %100'den çıkarılmasıyla hesaplanmıştır.

2.2.10 Ceviz Örneklerinden Yağ Ekstraksiyonu

Ceviz örnekleri yağ ekstraksiyonu amacıyla, kahve öğütücüsünde öğütüldükten sonra bir erlenmayere aktarılmıştır. Yaklaşık 75 g öğütülmüş örneklerin üzerine 375 mL hekzan eklenmiş ve homojenizatör cihazı (IKA T18 Ultra-turrax, Staufen, Almanya) ile 14000 rpm'de 1 dk süreyle homojenize edilmiştir. Daha sonra erlenmayer bir orbital çalkalayıcıya (OS-20, Boeco, Hamburg, Almanya) yerleştirilerek oda sıcaklığında 2 saat 140 rpm'de çalkalanmıştır. Bu sürenin sonunda erlenmayer içeriği, susuz sodyum sülfat üzerinden süzölmüş ve süzöntü 250 mL'lik cam balona alınmıştır. Bu işlemin ardından erlenmayerde kalan ceviz örneği, yukarıda açıklanan yönteme göre tekrar ekstrakte edilmiştir. Elde edilen süzöntüler birleştirilmiş ve çözücü (hekzan), rotary evaporatör kullanılarak 40 °C'de vakum altında buharlaştırılmıştır. İşlem sonunda elde edilen ceviz yağı ve yağsız ceviz küspesi, analizlerde kullanılabilecek kadar -20 °C'de depolanmıştır.

2.2.11 Serbest Yağ Asidi Değerinin Belirlenmesi

Yağ örneklerinin serbest yağ asidi değeri AOCS (American Oil Chemical Society) Resmi Metodu Ca 5a-40'a göre belirlenmiştir (AOCS 2009^a). Bu işlem için 1 g yağ örneği 10 mL etanol ile karıştırılmıştır. Karışım, indikatör olarak fenolftalein çözeltisi eşliğinde, sodyum hidroksit çözeltisi ile titre edilmiştir. Yağ örneğinin serbest yağ asidi değeri aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\% \text{ Serbest yağ asidi (oleik asit olarak)} = (V \times N \times 28,2) / m \quad (2.3)$$

Bu denklemde V, titrasyonda kullanılan sodyum hidroksit çözeltisinin hacmi (mL); N, sodyum hidroksit çözeltisinin normalitesi ve m, yağ örneğinin ağırlığıdır (g).

2.2.12 Peroksit Değerinin Belirlenmesi

Yağ örneklerinin peroksit değeri, AOCS Resmi Metodu Cd 8-53'e göre belirlenmiştir (AOCS 2003). Bu amaçla 1 g ceviz yağı erlenmayer içinde 6 mL asetik

asit-kloroform solventi (60:40, v/v) ile karıştırılmıştır. Bu karışım, karanlıkta 1 dk boyunca doymuş potasyum iyodür çözeltisi (0,1 mL) ile reaksiyona bırakılmıştır ve hemen ardından üzerine 6 mL saf su eklenmiştir. Daha sonra, indikatör olarak kullanılan %1'lik nişasta çözeltisi eşliğinde sodyum tiyosülfat çözeltisi ile titre edilmiştir. Peroksit değeri, kg yağ başına milieşdeğer aktif oksijen (meq O₂/kg yağ) olarak ifade edilmiştir. Sonuçlar aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:

$$\text{Peroksit değeri (meq O}_2\text{/kg yağ)} = (S - B) \times N \times 1000 / m \quad (2.4)$$

Bu denklemde S ve B, sırasıyla yağ örneği ve kör için titrasyonda kullanılan sodyum tiyosülfat çözeltisinin hacimleri (mL); N, sodyum tiyosülfat çözeltisinin normalitesi ve m, yağ örneğinin ağırlığıdır (g).

2.2.13 Konjuge Dien ve Trien Değerlerinin Belirlenmesi

Konjuge dien ve trien değerleri, AOCS Resmi Metodu Ch 5-91'e göre belirlenmiştir (AOCS 2001). Bu amaçla yağ örnekleri izooktan ile seyreltilip (%1, w/v) elde edilen seyreltiğin absorbansı bir spektrofotometre (PG Instruments, Lutterworth, Birleşik Krallık) kullanılarak 232 ve 270 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$K_\lambda = A_\lambda / (c \times L) \quad (2.5)$$

Bu denklemde K_λ, ölçüm yapılan dalga boyundaki (232 nm veya 270 nm) konjuge dien ve trien; A_λ, ölçüm yapılan dalga boyunda (232 nm veya 270 nm) ölçülen absorbans; c, çözeltinin konsantrasyonu (g/100 mL) ve L, kuvars kuvetin ışın yolu uzunluğudur (cm).

2.2.14 *p*-Anisidin Değerinin Belirlenmesi

p-Anisidin değeri AOCS Resmi Metodu Cd 18-90'a göre belirlenmiştir (AOCS 1997^a). Bu yöntemle göre 4 g yağ örneği 25 mL'lik balon jöje içerisine alınıp, çizgisine kadar izooktan ile tamamlanmıştır. Hazırlanan yağ çözeltisinin absorbansı, spektrofotometrede 350 nm dalga boyunda izooktana karşı ölçülmüştür. Daha sonra

yağ çözeltilisinden deney tüpüne 5 mL alınıp, üzerine 1 mL asetik asit içinde hazırlanmış %0,25 (w/v)'lik *p*-anisidin çözeltilisi ilave edilmiştir. Bu karışım 10 dk karanlıkta reaksiyona bırakılmıştır. Daha sonra bu çözeltilinin absorbansı 350 nm dalga boyunda, kör olarak kullanılan 5 mL izooktan ve 1 mL *p*-anisidin karışımına karşı okunmuştur. Sonuç olarak *p*-anisidin değeri aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$p\text{-Anisidin} = [25 \times (1,2 A_s - A_b)] / m \quad (2.6)$$

Bu denklemde A_s , *p*-anisidin reaktifi ile reaksiyondan sonraki yağ çözeltilisinin absorbansı; A_b , yağ çözeltilisinin başlangıçtaki absorbansı ve m , yağ örneğinin ağırlığıdır (g).

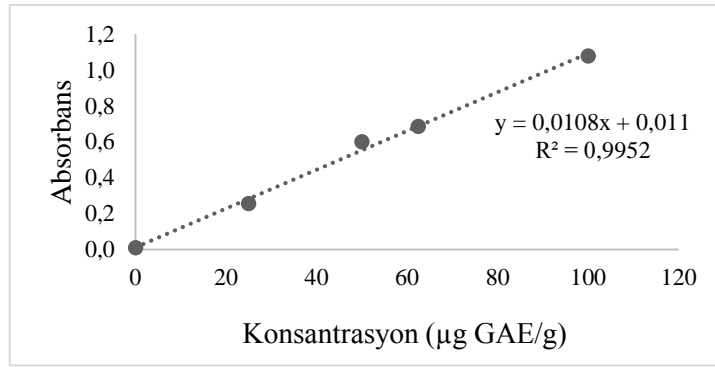
2.2.15 Toplam Fenolik Madde İçeriğinin ve Antioksidan Aktivitenin Belirlenmesi

Yağsız ceviz küspesindeki fenolik ve antioksidan maddelerin ekstraksiyonu için Bakkalbaşı ve diğ. (2012) tarafından kullanılan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla 0,25 g ceviz küspesi polipropilen tüp içerisinde 10 mL metanol:su (80:20, v/v) ile karıştırılmıştır. Bu karışım önce homojenizatör cihazında homojenize edilmiş ve ardından oda sıcaklığında 2 saat 200 rpm'de orbital çalkalayıcıda çalkalanmıştır. Daha sonra, karışım 9000 rpm'de 10 dk santrifüjlenmiştir (Nüve, NF 800R, Nüve, Ankara, Türkiye). Santrifüj sonrası üstte kalan ekstrakt, amber renkli bir şişeye aktarılmış ve geriye kalan kalıntı yukarıda açıklanan yöntem kullanılarak tekrar ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar amber şişe içinde birleştirilerek toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite tayini için kullanılmıştır.

Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesinde, Singleton ve diğ. (1999) tarafından uygulanan yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla saf su ile hazırlanan Folin-Ciocalteu (1:10, v/v) çözeltilisi ve sodyum karbonat çözeltilisi (75 g/L) kullanılmıştır. 300 µL ceviz ekstraktı ve 1500 µL Folin-Ciocalteu çözeltilisi, 15 mL'lik bir deney tüpünde karıştırılmıştır. 4-5 dk sonra üzerine 1200 µL sodyum karbonat çözeltilisi eklenmiş ve vorteksle karıştırılmıştır. Karışımlar oda sıcaklığında

2 saat karanlıkta bekletildikten sonra, absorbanları bir spektrofotometre (Multiskan GO Microplate Spektrofotometre, Thermo Scientific, Finlandiya) ile 760 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

Ceviz örneklerindeki toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesinde standart olarak gallik asit kullanılmıştır. Bu amaçla saf su ile hazırlanan standart gallik asit çözeltilerine (5-100 mg/L), ceviz ekstraktlarına uygulanan işlemler uygulanmış ve Şekil 2.7’de verilen kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Örneklerin toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesinde bu eğri kullanılmış ve sonuçlar yağsız ceviz küspesi g’ı başına mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir.

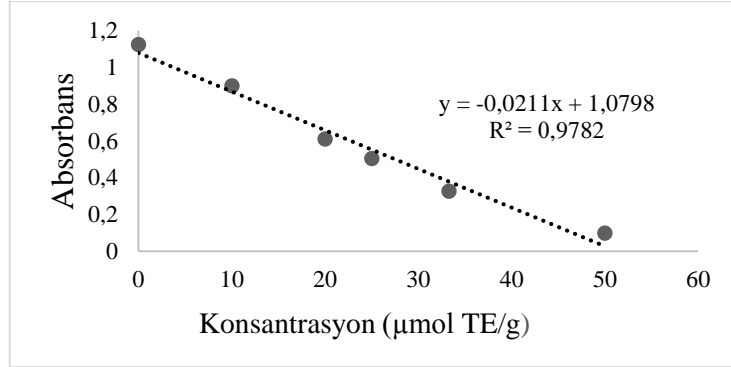


Şekil 2.7: Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi için kullanılan kalibrasyon eğrisi

Ceviz örneklerinin antioksidan aktiviteleri, Thaipong ve diğ. (2006) tarafından önerilen DPPH yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla DPPH çözeltisi, 515 nm dalga boyunda ölçülen absorbansı $1,1 \pm 0,02$ olacak şekilde metanol içerisinde hazırlanmıştır. 150 µL ceviz ekstraktı ve 2850 µL DPPH çözeltisi deney tüpünde karıştırılmış ve vortekslenmiştir. Karışımlar oda sıcaklığında 1 saat karanlıkta bekletildikten sonra, spektrofotometre ile 515 nm dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür.

Troloks, örneklerdeki antioksidan aktivitenin belirlenmesi için standart olarak kullanılmıştır. Bu amaçla 0,005 g troloks, 10 mL’lik bir balon jodede 1 mL etanol içerisinde çözündürülmüştür. Ardından çözeltinin toplam hacmi 10 mL olacak şekilde üzerine saf su eklenerek troloks stok çözeltisi oluşturulmuştur. Bu stok çözeltiden 10-50 µM troloks aralığını kapsayacak şekilde standart çözeltiler elde edilmiştir. Hazırlanan standart çözeltilere ceviz ekstraktlarına uygulanan işlemler

uygulanmış ve 515 nm’de absorbanları saptanmıştır. Elde edilen absorban değerleri kullanılarak çizilen kalibrasyon eğrisi Şekil 2.8’de verilmiştir. Ceviz ekstraktlarının antioksidan aktivitesi, bu eğri kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar yağsız ceviz küspesinin gramı başına mmol troloks eşdeğeri (TE) olarak ifade edilmiştir.

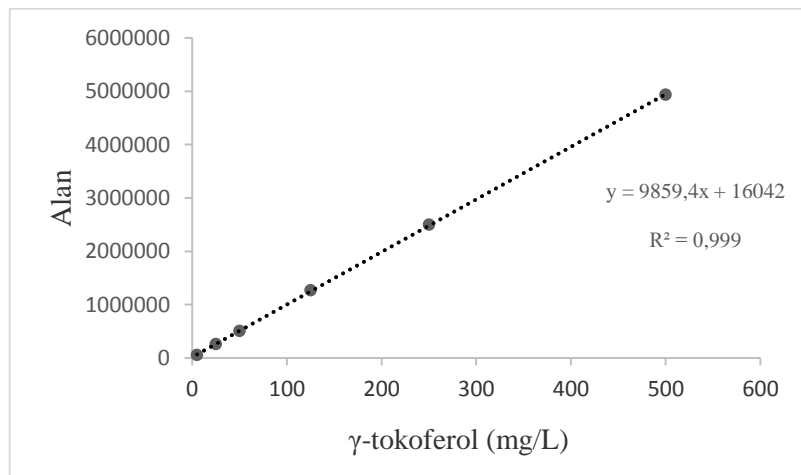
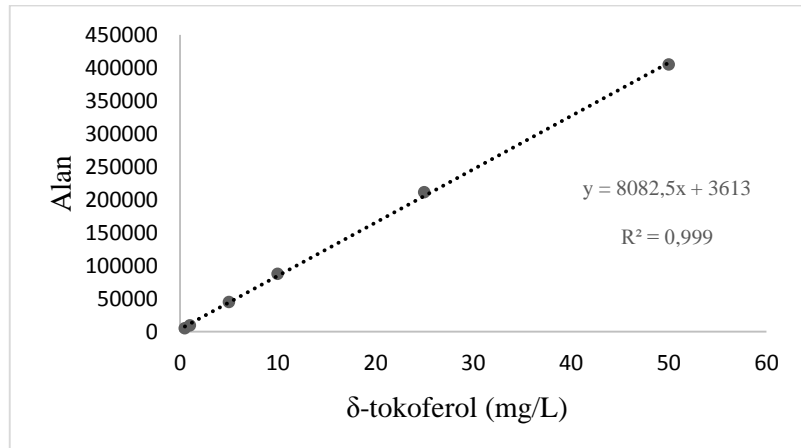
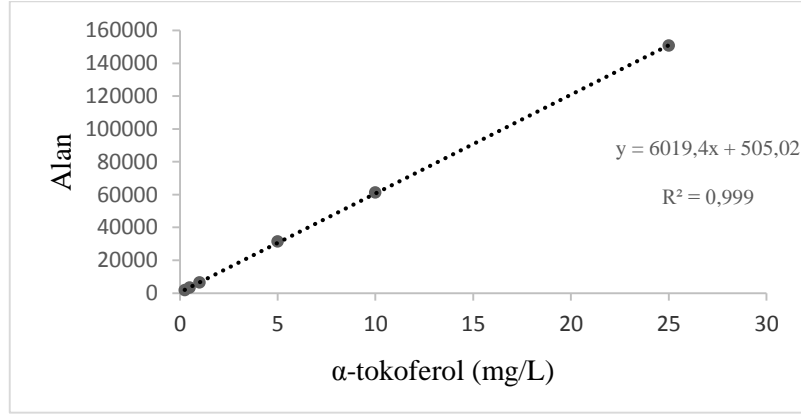


Şekil 2.8: Antioksidan aktivitenin belirlenmesi için kullanılan kalibrasyon eğrisi

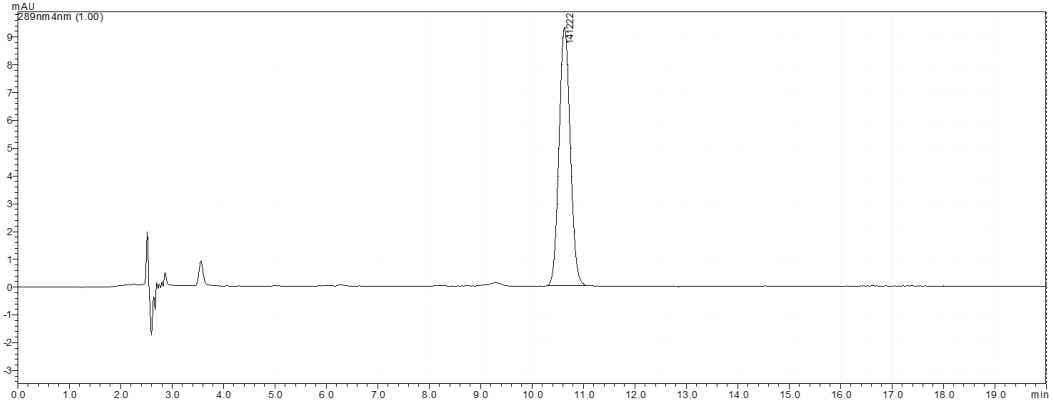
2.2.16 Tokoferol İçeriklerinin Belirlenmesi

Yağ örneklerinin tokoferol içeriği, AOCS Resmi Metodu Ce 8-89 modifiye edilerek kullanılmıştır (AOCS 2009^b). Bunun için 0,25 g yağ örneği bir deney tüpünde 1 mL kromatografik saflıktaki 2-propanol ile karıştırılmıştır. Daha sonra örnek, gözenek çapı 0,45 µm olan bir mikrofiltreden (Chromafil Xtra PTFE-45/25, Macherey-Nagel, Duren, Almanya) geçirilmiş ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC, Shimadzu LC-20AD, Kyoto, Japonya) cihazına 20 µL enjekte edilmiştir. Ayrımın gerçekleşmesi için Zorbax Eclipse XDB-C18 kolonu (Agilent Technologies, 250 mm × 4,6 mm iç çap, 5 µm partikül çapı, Santa Clara, ABD) kullanılmış ve kolon sıcaklığı 25 °C'ye ayarlanmıştır. Mobil faz olarak 1 mL/dk akış hızında HPLC saflığında metanol kullanılmıştır. Dedeksiyon işlemi için bir photodiode array detektörü (Shimadzu SPD-M20A) kullanılmıştır. Dedektörde α-tokoferol için 289 nm dalga boyu, δ-tokoferol ve γ-tokoferol için 297 nm dalga boyu kullanılmıştır. Standart α-, δ- ve γ-tokoferol çözeltileri, bu bileşiklerin analitik standartları (Supelco, Sigma-Aldrich, Bellefonte, CA, ABD) kullanılarak etanol içerisinde ayrı ayrı hazırlanmıştır. Kalibrasyon eğrileri α-tokoferol için 0,25-25 mg/L, δ-tokoferol için 1-50 mg/L ve γ-tokoferol için 5-500 mg/L aralığında 6 noktalı olarak çizilmiştir. Ceviz yağı örneklerindeki tokoferollerin miktarları, bu eğriler

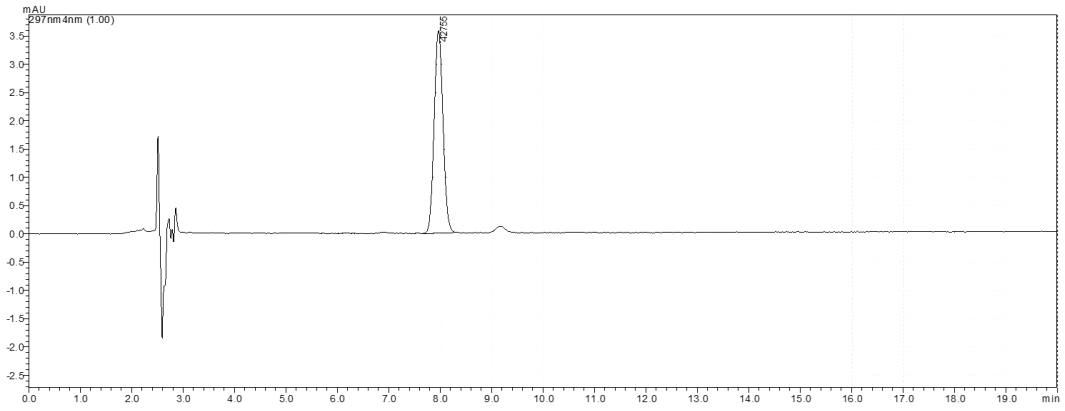
kullanılarak belirlenmiştir. Tokoferol standartlarına ait kalibrasyon eğrileri Şekil 2.9'da ve bu standartın HPLC cihazına verilmesiyle elde edilen kromatogramlar ise Şekil 2.10, Şekil 2.11 ve Şekil 2.12'de verilmiştir.



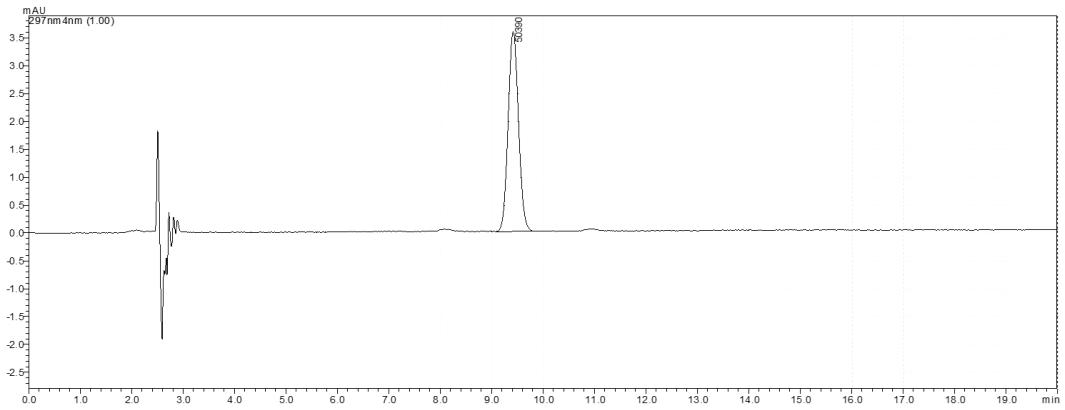
Şekil 2.9: α -, δ - ve γ -tokoferol standartlarına ait kalibrasyon eğrileri



Şekil 2.10: İçerisinde α - tokoferol bulunduran standart çözeltisine ait kromatogram



Şekil 2.11: İçerisinde δ - tokoferol bulunduran standart çözeltisine ait kromatogram



Şekil 2.12: İçerisinde γ - tokoferol bulunduran standart çözeltisine ait kromatogram

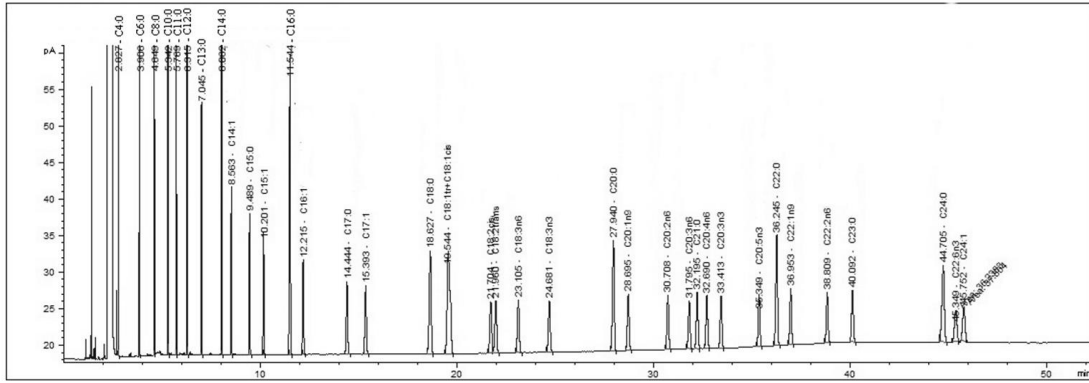
2.2.17 Uçucu Aroma Bileşiminde Hekzanal Oranının Belirlenmesi

Ceviz örneklerindeki hekzanal oranı katı faz mikro ekstraksiyon/gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (SPME/GC-MS) cihazı ile belirlenmiştir. Bu amaçla, preslenerek elde edilmiş 6 g ceviz yağı örneği, 15 mL'lik bir cam şişe içine alınmış ve şişenin ağzı hava sızdırmaz bir kapakla kapatılmıştır. Şişe, 60 °C'de bir ısıtma bloğu üzerine yerleştirilmiş ve sıcaklığın dengelenmesi için 15 dk burada bekletilmiştir. Şişe içerisine bir karboksen/polidimetilsiloksan (CAR/PDMS) manuel SPME fiberi (75 µm Fused Silica, Supelco Ltd., Bellefonte, PA, ABD) daldırılmıştır. Şişe içerisine daldırılan fiber, yağ örneklerindeki uçucu bileşikleri absorbe etmesi için 60 °C'de 30 dk şişenin tepe boşluğunda bekletilmiştir. Daha sonra fiber, GC cihazının enjeksiyon portuna yerleştirilip orada 10 dk süre ile tutulmuştur. Böylece yakalanan uçucu bileşenler desorbe olarak GC-MS sistemine aktarılmıştır. GC-MS analizleri, bir MS-QP2010 plus kütle spektrometresi (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) bulunan Shimadzu GC-2010 gaz kromatografi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı gaz olarak 1,6 mL/dk akışta helyum kullanılmıştır. Uçucu bileşikleri ayırmak için Rxi-5Sil MS (30 m × 0,25 mm iç çap × 0,25 µm film kalınlığı, Restek, Bellefonte, PA, ABD) kapiler kolonu kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı 40 °C'de 2 dk bekledikten sonra dk'da 4 °C'lik artışla 250 °C'ye çıkarılmıştır ve 250 °C'de 5 dk tutulmuştur. İyon kaynağı ve transfer hattının sıcaklığı sırasıyla 200 ve 250 °C'dir. Kütle spektrumları, 70 eV iyonlaşma enerjisinde ve 35-450 m/z (kütle/yük) aralığında kaydedilmiştir. GC-MS analizleri yapılan bileşenlerin kütle spektrumları, Wiley, Nist, Tutor, FFNSC kütüphaneleri ile karşılaştırılarak teşhis edilmiştir. Sonuçlar alan olarak verilmiştir.

2.2.18 Yağ Asitleri Bileşiminin Belirlenmesi

Yağ asidi metil esterleri, AOCS Resmi Metodu Ce 2-66'e göre hazırlanmıştır (AOCS 1997^b). Bu amaçla, 0,2 g yağ örneği 2 mL hekzan içerisinde çözündürülmüş ve üzerine 0,2 mL metanollü potasyum hidroksit çözeltisi (2 N) eklenmiştir. Karışım kuvvetli bir şekilde karıştırılıp faz ayrılması için 30 dk beklenmiştir. Şişenin üst kısmında kalan şeffaf kısımdan mikro şırınga ile 1 µL örnek alınmış ve GC cihazına (Agilent 7820A, Santa, ABD) enjekte edilmiştir. Kullanılan GC cihazında alev

iyonlaştırma detektörü mevcuttur. Yağ asidi metil esterleri, bir kapiler kolon (Agilent Technologies, DB-FATWAX UI, 30 m x 0,25 mm iç çap x 0,25 µm film kalınlığı, Santa Clara, ABD) kullanılarak ayrılmıştır. Enjeksiyon split oranı 1:100 olarak belirlenmiştir. Taşıyıcı gaz olarak 1,4 mL/dk akış hızında hidrojen kullanılmıştır. Kolon sıcaklığı, 50 °C'de 2 dk, sonra dk'da 50 °C artarak 174 °C'ye yükselerek bu sıcaklıkta 14 dk kalmış daha sonra dk'da 2 °C artarak 215 °C'e yükselmiş ve bu sıcaklıkta 25 dk kalacak şekilde ayarlanmıştır. Enjektör ve detektörün sıcaklıkları sırasıyla 250 ve 280 °C olarak programlanmıştır. Yağ örneklerinin kromatogramındaki pikler, standart metil esterlerinin (Supelco 37-bileşenli FAME Mix, Bellefonte, PA, ABD) saptanma sürelerinin karşılaştırılmasıyla % ve alan olarak tanımlanmıştır. Standart yağ asidi metil esterlerinin GC cihazına verilmesiyle elde edilen kromatogramı Şekil 2.13'te verilmiştir.



Şekil 2.13: Yağ asidi metil esterlerinin standartına ait örnek kromatogram

2.2.19 İyot Sayısının Belirlenmesi

Yağ örneklerinin iyot sayısı, yağ asidi kompozisyonu kullanılarak AOCS Resmi Metodu Cd 1c-85'e göre aşağıdaki formül ile hesaplanarak belirlenmiştir (AOCS 1997°).

$$\begin{aligned} \text{İyot Sayısı} = & (\%C16:1\text{-Palmitoleik Asit} \times 0,950) + (\%C18:1\text{-Oleik Asit} \times \\ & 0,860) + (\%C18:2\text{-Linoleik Asit} \times 1,732) + (\%C18:3\text{-Linolenik Asit} \times 2,616) + \\ & (\%C20:1\text{-Eikosenoik Asit} \times 0,785) \end{aligned} \quad (2.7)$$

2.2.20 Fotometrik Renk İndeksinin Belirlenmesi

Yağ numunelerinin renkleri AOCS Resmi Metodu Cc 13c-50'e göre spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir (AOCS 2009^c). Yağ örneklerinin absorbansı 460, 550, 620 ve 670 nm'de ölçülmüştür ve fotometrik renk indeksi aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır:

$$\text{Fotometrik renk indeksi} = (1,29 \times A_{460}) + (69,7 \times A_{550}) + (41,2 \times A_{620}) - (56,4 \times A_{670}) \quad (2.8)$$

Bu denklemde A_{460} , A_{550} , A_{620} ve A_{670} , sırasıyla 460, 550, 620 ve 670 nm dalga boylarındaki absorbans değerleridir.

2.2.21 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel değerlendirmeler bir istatistik paket programı (MINITAB versiyon 13, MINITAB Inc., State College, PA, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) tekniği ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki önemli farklılıklar, MSTAT-C istatistiksel yazılımı (MSTAT 1991, Michigan State University, MI, ABD) kullanılarak Tukey'in Çoklu Karşılaştırma Testi ($P \leq 0,05$) ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Ceviz Çeşitlerinin Fiziksel Özellikleri

Cevizlerin fiziksel özelliklerinin incelenmesi, onların kalite durumunu temsil etmesi açısından önemlidir. Tüketiciler daha çok tekdüze açık renkli, ince kabuklu, içi kolay çıkarılabilir ve iç oranı yüksek olan ceviz türlerini tercih etmektedir. Kabuklu yemişlerin kalitesi genotip, çevre ve bunların etkileşiminden büyük ölçüde etkilenmektedir (Ipek ve diğ. 2019). Bu çalışmada kullanılan Chandler çeşidi cevizlerin meyve ağırlığının 10,45-14,79 g arasında, iç ağırlığının 3,97-7,18 g arasında ve iç oranlarının %35,45-51,72 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Şebin çeşidi cevizlerin ise meyve ağırlığının 9,45-15,36 g arasında, iç ağırlığının 6,24-9,71 g arasında ve iç oranlarının %27,28-68,88 arasında değiştiği tespit edilmiştir. İç ağırlık ve iç oran açısından Şebin çeşidi ceviz daha yüksek değerlere sahip olmuştur. İç oran, bu tür sert kabuklu meyveler için ekonomik açıdan önemli bir parametredir.

Çağlarırnak (2003) 5 farklı ceviz çeşidinin tane ağırlığı, iç ağırlığı ve iç oran değerlerinin sırasıyla 8,15-14,95 g, 3,46-5,0 g ve %44,50-50,91 arasında değiştiğini belirtmiştir. Özkan ve Koyuncu (2005) ise 10 farklı ceviz çeşidinin aynı fiziksel özelliklerin sırasıyla 8,43-11,09 g, 4,35-6,32 g ve %48,89-57,41 arasında değiştiğini bildirmiştir. Çalışmada kullanılan Chandler ve Şebin'e ait tane ağırlığı, iç ağırlığı ve iç oran değerlerinin kaynaklarda bildirilen değerler ile uyumlu olduğu görülmüştür (Bakkalbaşı ve diğ. 2010, Akça ve diğ. 2020, Akca, ve Ozogun 2004, Çağlarırnak 2003).

Ceviz için önemli bir diğer kalite kriteri iç ceviz tanelerinin yüzey rengidir. Ceviz tanelerinde daha çok açık sarı taneler tercih edilmektedir. Önemli bir kalite parametresi olan renk; yapısal bozuklukların, besin değeri kayıplarının ve lezzet değişikliğinin göstergesi olabilmektedir. Ceviz rengi için önemli olan ceviz zarındaki pigmentasyon, çeşide ve olgunlaşma aşamalarına göre önemli ölçüde değişebilir. Ayrıca çevresel stres faktörlerinden de etkilenebilir (Sideli ve diğ. 2020). Çalışmada kullanılan ceviz örneklerinin depolama başlangıcında renk ölçüm cihazı ile ölçülen L*, a*, b* değerleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir. L* değeri arttıkça açıklık, a* değeri

artıkça kırmızılık, b^* değeri artıkça sarılık oranı artmaktadır. Açıklığın göstergesi olan L^* değerinin ve sarı renk göstergesi olan b^* değerinin cevizde yüksek, kırmızı renk göstergesi olan a^* değerinin ise kararma ile ilişkili olması nedeniyle düşük olması arzu edilmektedir (Bakkalbaşı ve diğ. 2010). Kararmış ürün olan koyu renkli Şebin tanelerinin L^* , a^* ve b^* değerleri açık renkli olan Chandler ve Şebin tanelerine göre oldukça farklı olduğu saptanmıştır. Açık renkli ceviz örneklerinde L^* ve b^* değerleri koyu renkli tanelere göre oldukça yüksek ve açık renkli örneklerdeki a^* değeri ise koyu renkli olanlardan oldukça düşük olduğu görülmüştür.

Tablo 3.1: Çalışmada kullanılan ceviz örneklerinin renk değerleri (n=30)

Renk Değerleri	Chandler	Açık Şebin	Koyu Şebin
L^*	53,53±2,77	54,15±4,83	33,09±9,73
a^*	13,89±1,15	12,68±1,50	30,13±9,96
b^*	34,82±2,50	36,08±2,06	28,91±5,58

3.2 Ceviz Çeşitlerinin Su Aktivitesi, Nem, Protein, Yağ ve Kül İçerikleri

Ceviz meyvesinin kimyasal bileşiminin belirlenmesi, bir yandan ürünün gıda değerinin belirlenmesine, diğer yandan da depolama süresi boyunca kalitesini değerlendirilmesine olanak vermektedir. Çalışmada kullanılan ceviz örneklerinin a_w değeri, nem, protein, yağ ve kül içerikleri Tablo 3.2’de verilmiştir. a_w gıdalar için önemli parametrelerden biri olup gıda kalitesinin kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik kararlılığını belirlemektedir. Gıdalar nem içerikleri açısından yüksek (a_w 0,90-1,00), orta (a_w 0,60-0,90) ve düşük nemli (a_w <0,60) olarak sınıflandırılmaktadır. Kimyasal, enzimatik ve mikrobiyolojik bozulmalar a_w değeri 0,6’den fazla olduğunda önem kazanmaya başlamaktadır (Guiné ve diğ. 2015). Bu çalışmada kullanılan ceviz örneklerinin a_w değeri 0,34-0,35 arasında olduğu belirlenmiştir.

Ceviz örneklerinin nem içeriği %3,30-3,56, yağ içeriği %71,62-74,27, protein içeriği %12,09-13,19 ve kül içeriği %1,44-1,74 arasında bulunmuştur. Ceviz

örneklerinin kimyasal bileşiminin genel olarak benzer olduğu görülmüştür. Cevizlerde en fazla bulunan bileşenin yağ olduğu ikinci olarak da protein olduğu saptanmıştır. Savage ve diğ. (2001) Avrupa, Amerika ve Yeni Zelanda'daki 12 farklı ceviz çeşidinin yağ içeriklerini %62,6-70,3 arasında protein içeriklerini %13,6-18,1 arasında bulmuştur. Bugüne kadar yapılan araştırmalarda, cevizin kimyasal bileşimi ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Ozkan ve Koyuncu (2005) Türkiye'de yaygın olarak yetiştirilen 10 ceviz genotipinin kimyasal bileşimini incelediği çalışmada, yağ içeriğinin %61,97-70,92, protein içeriğinin %15,17-19,24, karbonhidrat içeriğinin %8,05-13,23, nem içeriğinin %3,25-3,91 ve kül içeriğinin %1,26-2,06 arasında olduğunu belirlemiştir. Pereira ve diğ. (2008) Portekiz'de 6 ceviz çeşidinin kimyasal bileşimini incelediği çalışmada, cevizlerin yağ içeriğinin %68,83-72,14, protein içeriğinin %4,38-18,03, karbonhidrat içeriğinin %3,75-7,16, nem içeriğinin %3,85-4,50 ve kül içeriğinin %3,31-4,26 arasında değiştiğini bulmuştur. Yapılan çalışmalara göre ceviz örneklerinin kimyasal bileşiminde bazı farklılıklar olabildiği görülmektedir. Cevizin; çeşidi, hasat mevsimi, coğrafi kökeni, yetiştirildiği çevre koşulları ve toprak bileşimi, olgunluk seviyesi, yetiştirilme yöntemleri, işlenmesi ve depolanması gibi birçok faktörün bileşimi üzerine etkili olabileceği bildirilmiştir (Tapia ve diğ. 2013).

Tablo 3.2: Çalışmada kullanılan ceviz örneklerinin su aktivitesi, nem, protein, yağ ve kül içeriği (n=3)

Kimyasal Bileşim	Chandler	Açık Şebin	Koyu Şebin
a_w	0,34±0,01	0,35±0,01	0,34±0,01
Nem (%)	3,40±0,40	3,56±0,11	3,30±0,15
Protein (%)	13,19±0,24	12,31±0,42	12,09±0,52
Yağ (%)	71,67±0,40	74,27 ±1,27	71,62±0,44
Kül (%)	1,74±0,06	1,44±0,05	1,49±0,14

3.3 Kabuklu ve Kabuksuz Cevizlerin (Chandler ve Şebin Çeşidi) Farklı Depolama Koşullarında Kalitesinin İncelenmesi

3.3.1 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Paket İçi Gaz Bileşimleri

Paketleme, gıdaların tazeliğini korumak ve raf ömrünü uzatmak amacıyla uygulanan etkili bir işlemdir. Gıda sanayide uygulanan modern tekniklerden biri olan modifiye atmosfer altında paketleme, çeşitli meyvelerde solunum aktivitesini, oksidasyon oranını, aroma ve renk bileşenlerinin bozulma oranını etkilemektedir (Adiletta ve diğ. 2020). Ceviz meyvesinin depolanması sürecinde önemli bir sorun olan lipit oksidasyonu, depolama sıcaklığı, ışık varlığı ve O₂ seviyesi gibi faktörlerden etkilenmektedir. Farklı tekniklerle paketlenen ve 12 ay boyunca 4 ve 20 °C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin paket içi gaz bileşimleri, sırasıyla Tablo 3.3 ve Tablo 3.4’te gösterilmektedir. Tablolardan görüldüğü gibi, kabuksuz haldeki ceviz örnekleri N₂ altında paketlenildiğinde ambalajlardaki gaz içerikleri hem 4 °C’de hem de 20 °C’de depolamanın başlangıcından sonuna kadar genellikle korunmuştur. Ayrıca normal atmosferde paketlenen örneklerin paket içi gaz bileşimi kabuksuz olarak paketlenip 4 °C’de depolandığında da genel olarak korunmuştur. 12 ay boyunca gaz bileşiminin korunması, kullanılan paketleme materyalinin gaz bariyer özelliğinin iyi olduğunu göstermektedir. Paketleme materyali lipit oksidasyon gelişimini sınırlayan bir faktör olduğu için, paketleme materyalinin seçimi dikkat edilmesi gereken önemli bir aşamadır. Örneğin ambalaj materyallerinin ceviz kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, N₂ altında paketlenip karanlıkta 20 °C’de depolanan cevizler için, PET/PE ambalaj materyali ile paketlenildiğinde 4-5 ay, PET-SiO_x/PE ambalaj materyali ile paketlenildiğinde ise 12 ay boyunca kalitesinin korunduğu bildirilmiştir (Mexis ve diğ. 2009^a).

Tablo 3.3: Chandler çeşit kabuklu ve kabuksuz olarak paketlenen ceviz örneklerinin 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince paketlerdeki gaz bileşimi yüzdeleri

Cevizin depolanma şekli	Depolama sıcaklığı	Paketleme şekli	Gaz	Depolama süresi														
				Başlangıç		2. ay		4. ay		6. ay		8. ay		10. ay		12. ay		
				ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	
KABUKLU	20 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	18,0	0,1	16,1	0,2	14,2	0,3	10,4	2,3	14,3	3,2	10,7	0,7	
			CO ₂	0,0	0,0	2,5	0,4	3,7	0,1	4,9	0,4	6,7	1,1	4,7	1,3	6,1	0,5	
			N ₂	79,1	0,0	79,6	0,3	80,3	0,1	80,9	0,1	83,0	1,2	81,1	1,8	83,3	0,2	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,3	0,1	0,0	0,0	0,7	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			CO ₂	0,0	0,0	1,0	0,0	1,6	0,1	1,2	0,1	1,8	0,7	2,5	0,1	1,3	0,1	
			N ₂	100,0	0,0	98,7	0,1	98,5	0,1	98,1	1,1	98,2	0,7	97,5	0,1	98,7	0,1	
	4 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	20,0	0,1	19,8	0,2	20,3	0,1	19,8	0,1	18,9	0,4	19,5	0,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,6	0,1	1,0	0,2	1,1	0,0	1,6	0,3	1,8	0,3	1,4	0,1	
			N ₂	79,1	0,0	79,5	0,1	79,3	0,1	78,7	0,1	78,6	0,1	79,4	0,1	79,2	0,1	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,0	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	1,8	0,7	0,4	0,1	0,3	0,1	
			N ₂	100,0	0,0	99,8	0,2	99,7	0,1	99,6	0,1	98,2	0,7	99,4	0,1	99,6	0,1	
KABUKSUZ	20 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	20,4	0,0	19,6	0,4	18,8	0,1	17,7	0,1	16,1	1,2	14,6	2,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,4	0,1	0,6	0,1	0,2	0,0	0,6	0,1	
			N ₂	79,1	0,0	79,6	0,0	80,2	0,4	80,8	0,1	81,8	0,1	83,3	1,1	84,8	2,0	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,4	0,1	0,5	0,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
			N ₂	100,0	0,0	99,9	0,0	99,9	0,1	99,8	0,1	99,6	0,1	99,7	0,1	99,6	0,1	
	4 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	20,6	0,0	21,0	0,0	20,8	0,1	20,8	0,1	20,8	0,0	19,7	0,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	
			N ₂	79,1	0,0	79,4	0,0	79,0	0,0	79,2	0,1	79,1	0,1	79,1	0,1	80,1	0,1	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	
			N ₂	100,0	0,0	99,9	0,1	99,9	0,0	99,9	0,1	99,8	0,1	99,9	0,1	99,8	0,0	

Tablo 3.4: Şebin çeşit kabuklu ve kabuksuz olarak paketlenen ceviz örneklerinin 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince paketlerdeki gaz bileşimi yüzdeleri

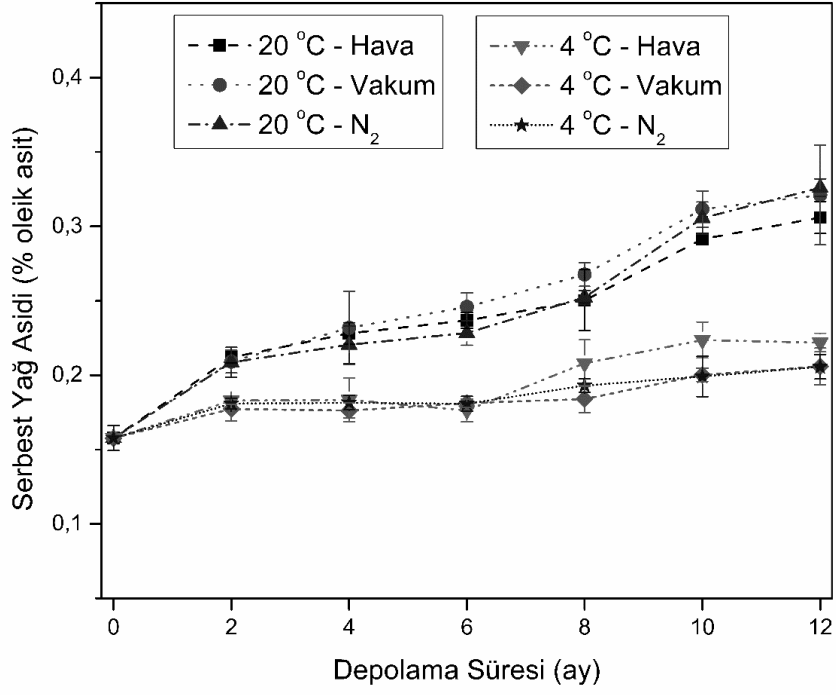
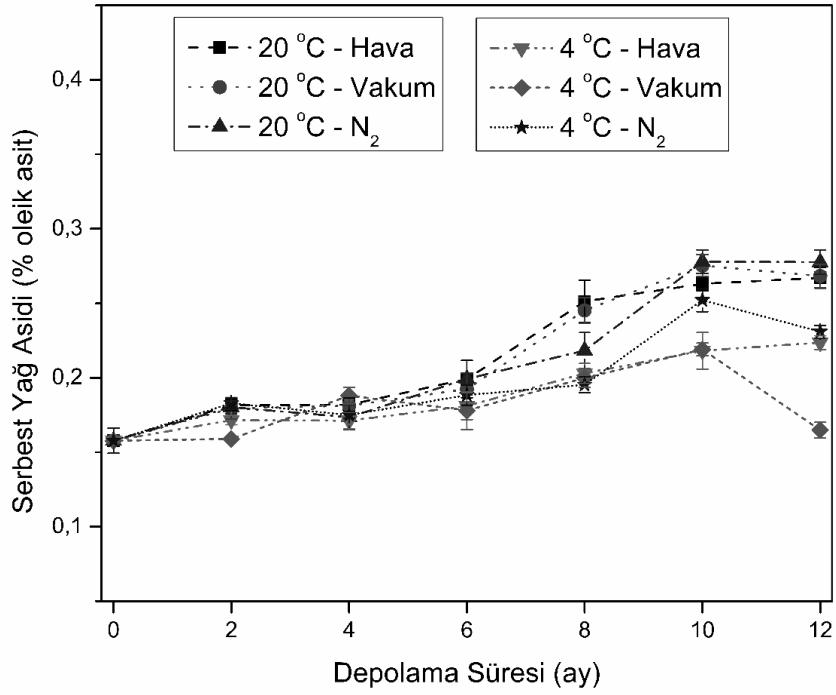
Cevizin depolanma şekli	Depolama sıcaklığı	Paketleme şekli	Gaz	Depolama süresi													
				Başlangıç		2. ay		4. ay		6. ay		8. ay		10. ay		12. ay	
				ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.
KABUKLU	20 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	21,0	0,1	20,3	0,1	20,0	0,6	17,6	0,1	11,4	1,1	15,4	0,5	13,1	1,8
			CO ₂	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	1,7	0,1	2,9	1,3	2,7	0,1	3,4	0,9
			N ₂	79,1	0,1	79,6	0,1	79,9	0,6	80,8	0,2	85,8	2,5	82,0	0,4	83,6	0,9
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,5	0,1	0,6	0,1	0,4	0,0	0,3	0,1	0,7	0,9	0,4	0,2
			CO ₂	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,4	0,1	0,7	0,2	0,7	0,1	0,8	0,1
			N ₂	100,0	0,0	99,4	0,1	99,5	0,1	99,2	0,1	99,1	0,1	98,7	1,0	98,9	0,3
	4 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	21,0	0,1	20,4	0,1	20,2	0,1	19,8	0,6	19,8	0,6	20,7	0,2	19,8	0,4
			CO ₂	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,5	0,4	0,7	0,3	0,4	0,0	0,7	0,2
			N ₂	79,1	0,1	79,5	0,2	79,7	0,1	79,8	0,2	79,6	0,4	79,0	0,2	79,6	0,2
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,5	0,2	0,5	0,0	0,5	0,1	0,6	0,1	0,7	0,1	0,5	0,1
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1
			N ₂	100,0	0,0	99,5	0,1	99,5	0,0	99,4	0,0	99,2	0,0	99,3	0,1	99,4	0,0
KABUKSUZ	20 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	20,8	0,1	20,3	0,0	19,3	0,0	19,7	0,7	16,8	0,3	17,8	0,1
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,4	0,1	0,5	0,2	0,8	0,1	0,6	0,0
			N ₂	79,1	0,0	79,3	0,1	79,6	0,1	80,4	0,1	79,9	0,5	82,4	0,4	81,7	0,1
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	0,3	0,1	0,4	0,1	0,4	0,0	0,4	0,1
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
			N ₂	100,0	0,0	99,9	0,1	99,9	0,0	99,8	0,1	99,7	0,1	99,6	0,1	99,6	0,1
	4 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	20,8	0,1	20,7	0,0	20,8	0,1	21,3	0,1	20,6	0,4	21,1	0,3
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,1
			N ₂	79,1	0,0	79,2	0,1	79,3	0,0	79,2	0,1	78,6	0,1	79,3	0,4	78,9	0,2
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,2	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			N ₂	100,0	0,0	99,9	0,1	100,0	0,0	100,0	0,0	99,9	0,1	99,9	0,1	99,9	0,1

Kabuklu ve kabuksuz her iki ceviz çeşit örnekleri de hava altında paketlenip 20 °C'de depolandığında %O₂ miktarının zamanla azaldığı, %CO₂ miktarının ise zamanla arttığı görülmüştür. Bu değişim özellikle kabuklu ve 20 °C'de depolanan örneklerde daha belirgin olarak görülmüştür. Bu şartlarda Chandler çeşidinde %O₂'in %10,4±2,3'e kadar düştüğü %CO₂'in %6,7±1,1'e kadar arttığı belirlenmiştir. Bu durum normal atmosferde paketlenen cevizlerde solunumun yavaş da olsa devam ettiğini düşündürmektedir. Kurutulmuş meyvelerde, azalan su içeriği ve dokuların yaşam durumu nedeniyle taze olanlarına kıyasla solunum oranları çok düşük (5 °C'de <1 mg CO₂/kg.saate) hızda olsa da devam etmektedir (Miranda ve diğ. 2019). Bu çalışmada solunum; çeşitten, kabuk varlığından ve sıcaklıktan etkilenmiştir. Elde edilen sonuçlarda kabuklu olan cevizlerde daha fazla O₂ azalması ve daha fazla CO₂ birikimi olduğundan solunum hızının kabuklu olanlarda kabuksuz olanlara göre daha yüksek olduğu düşünülmektedir. Kabuklu cevizlerin solunum hızının daha fazla olduğu Beaudry ve diğ. (1985) tarafından da bildirmiştir. Ayrıca sıcaklığın da solunum hızını önemli şekilde etkilediği ve solunumun oda sıcaklığında, düşük sıcaklıklara göre daha hızlı olduğu literatürde belirtilmektedir (Maftoonazad ve Ramaswamy 2019).

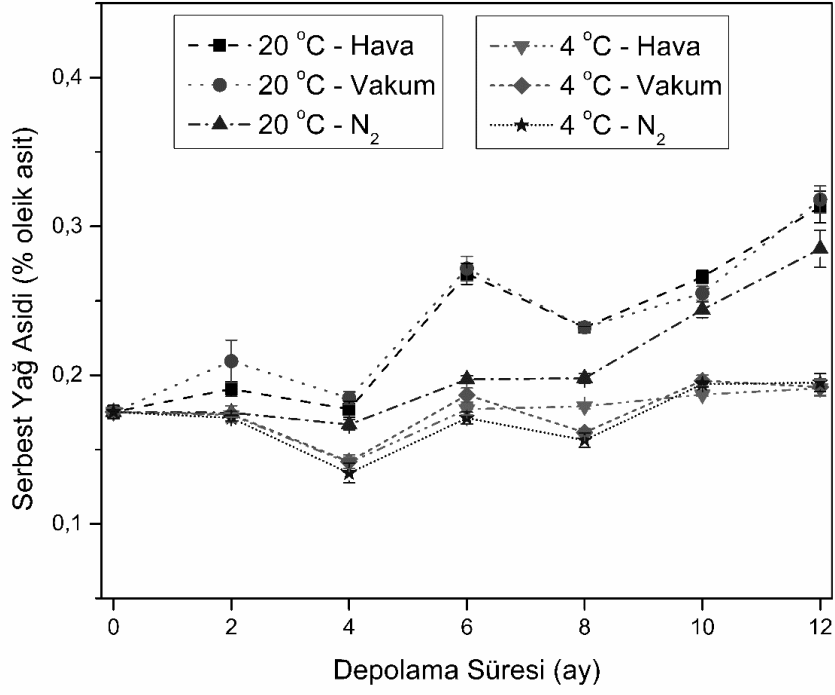
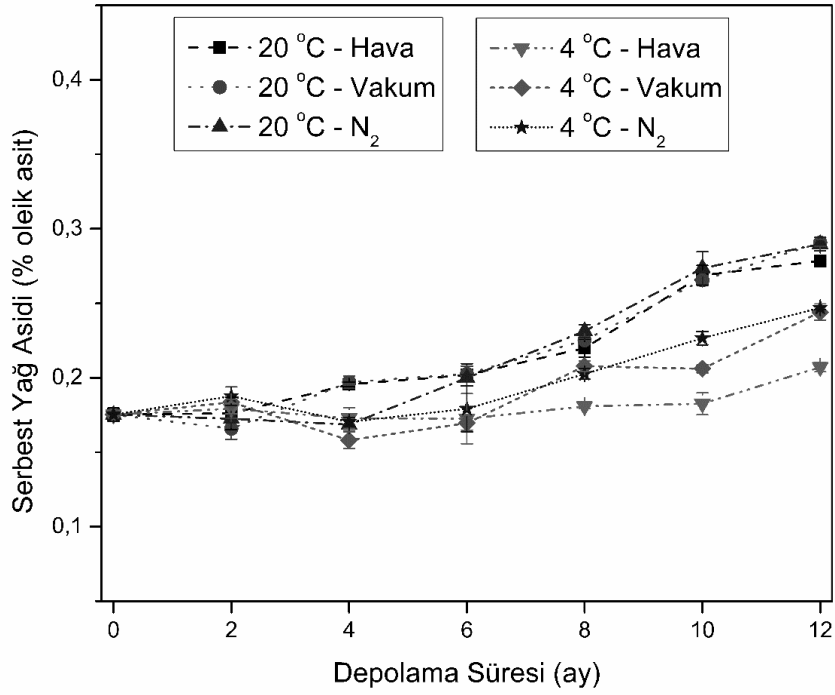
3.3.2 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Değerleri

Kuruyemişlerde serbest yağ asidi değeri önemli bir kalite göstergesi olarak kabul edilmektedir ve bu değer yüksek olması hidrolitik bozulmanın gelişmiş olabileceğinin bir göstergesidir (Turan ve Karaosmanoğlu 2019). Serbest yağ asitleri, normalde yağlarda az miktarda bulunabilmekte, ancak trigliseridlerin hidrolitik bozunmasının sonucu miktarları artabilmektedir. Bu nedenle, serbest yağ asidi değeri yağlar için önemli bir kalite indeksi olarak kabul edilmektedir. Serbest yağ asidi değerinin yağlardaki eşik değerleri, yağ türüne ve ticari sınıfa göre değişmektedir (Paradiso ve diğ. 2010). Ceviz sektöründe, ceviz yağlarının serbest yağ asitliği değerinin oleik asit cinsinden %0,6'nın üzerine çıkması durumunda ürünlerin kalitesinin bozulduğu kabul edilmektedir (Wang ve diğ. 2007, Christopoulos ve Tsantili 2015). Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20

°C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin serbest yağ asidi değerleri, Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Chandler cevizlerin başlangıç serbest yağ asidi değerleri %0,16±0,01 oleik asit, Şebin cevizlerinin ise %0,18±0,00 oleik asit olarak tespit edilmiştir. Serbest yağ asidi değerleri, ceviz örneklerinin hepsinde başlangıçta düşük seviyede tespit edilmiş olup 12 aylık depolama süresi boyunca zamanla artmıştır. Depolanan ceviz örneklerinin serbest yağ asitleri seviyelerinin depolama sıcaklığından önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). 20 °C’de depolanan tüm ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerleri 4 °C’de depolanan örneklere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek tespit edilmiştir. 20 °C’de depolanan cevizlerin serbest yağ asidi değeri başlangıca göre 2 kata kadar artarken, bu artış 4 °C’de depolanan örneklerde en fazla 1,4 kat olmuştur. Benzer şekilde ceviz, badem ve fıstık gibi farklı kuruyemişlerin depolama çalışmalarında da, yüksek sıcaklıklarda depolanan örneklerin soğuk şartlarda depolanana göre daha yüksek serbest yağ asidi değerlerine sahip olduğu bildirilmiştir (Christopoulos ve Tsantili 2015, Lin ve diğ. 2012, Arena ve diğ. 2013). Depolama sıcaklığı arttıkça serbest yağ asidi seviyelerindeki artışın, yüksek sıcaklıklarda bozulma reaksiyonlarının hızındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmada kabuklu olarak 20 °C’de depolanan cevizlerdeki serbest yağ asidi değerinin kabuksuz olanlara göre daha hızlı arttığı gözlenmiştir. Thewes ve diğ. (2021)’e göre; kabuk, ceviz içi ve çevre arasındaki nem geçişini engelleyerek cevizin içinde nem birikmesine neden olabilmektedir. Her ne kadar bu tez çalışmasının sonunda ceviz örneklerindeki nem içeriği tespit edilmemiş olsa da kabuklu ceviz örneklerinde daha fazla nem birikebileceği ve bu nedenle de bu örneklerde yağ asitlerinin daha fazla hidrolize uğrayarak serbest yağ asidi değerinin daha fazla artmasına sebep olabileceği düşünülmüştür. Genel olarak depolanan şartlarda en yüksek serbest yağ asidi değerleri 12 aylık depolamanın sonunda tespit edilmiş ve istatistiksel olarak başlangıçtan farklı bulunmuştur ($p<0,05$). Ceviz örneklerinin depolanması boyunca en düşük serbest yağ asitliği değeri %0,14, en yüksek değer %0,33 kaydedilmiştir. Depolanan örneklerin serbest yağ asidi değerlerinin 20 °C’de 12 aylık depolamanın sonunda bile hala kabul edilebilir sınırların (%0,6 oleik asit) altında olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, ceviz örnekleri, serbest yağ asidi değeri açısından kalitelerinde önemli bir sorun olmaksızın 12 aya kadar 4 °C veya 20 °C’de depolanabileceği, ancak daha uzun depolama süreleri için düşük sıcaklıkların tercih edilebileceği düşünülmektedir.

a**b**

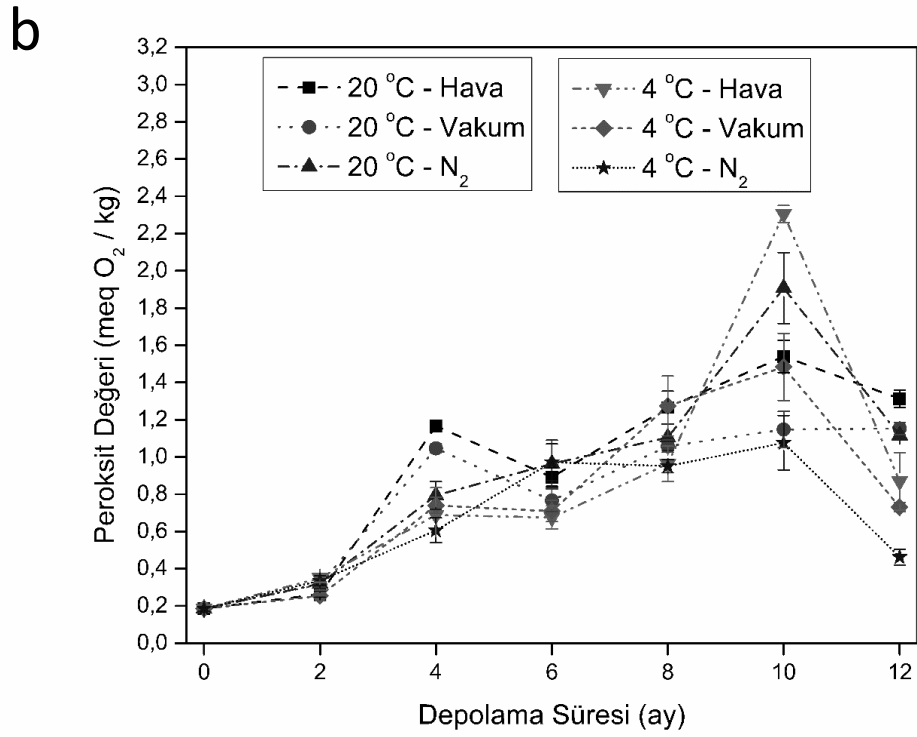
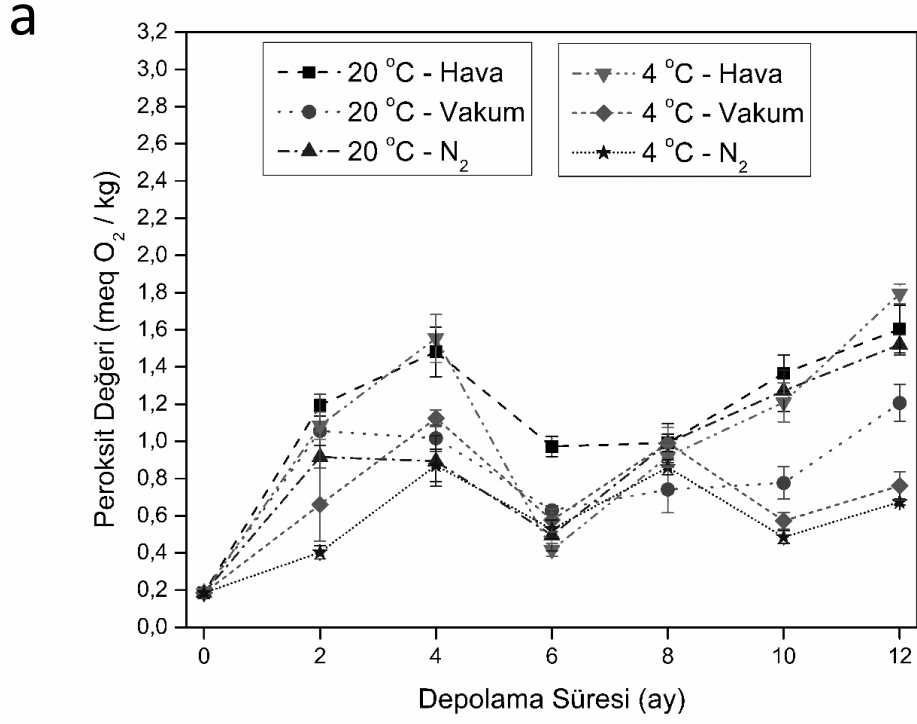
Şekil 3.1: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

a**b**

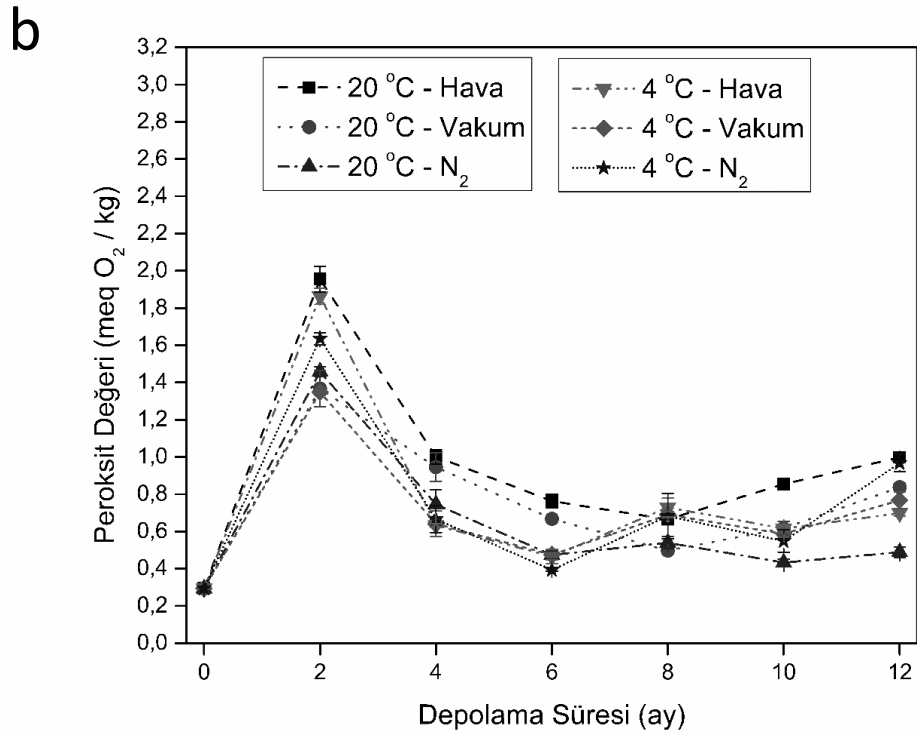
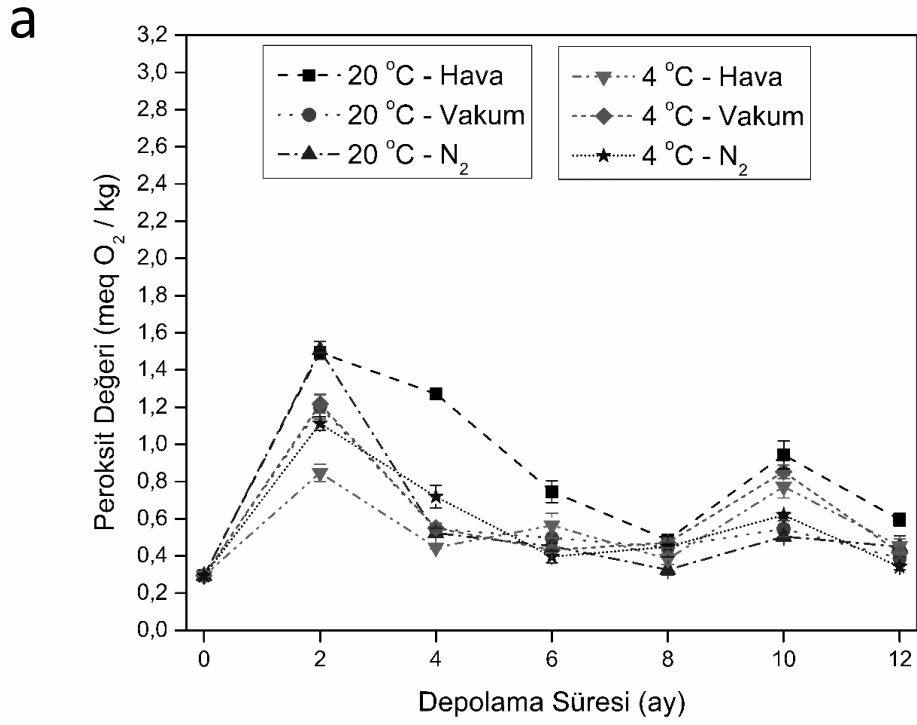
Şekil 3.2: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.3.3 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Peroksit Değerleri

Peroksit değeri, lipit oksidasyonunun ilk aşamalarını göstermektedir ve yağlı ürünler için önemli bir kalite parametresidir. Gıdaların peroksit değeri ile duyu kalitenin bozulması arasında bir ilişki yoktur, ancak peroksitler zamanla ikincil oksidasyon ürünlerine parçalandığında renk, tat ve koku olumsuz etkilenebilmektedir. Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin peroksit değerleri, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’te gösterilmektedir. Chandler cevizinin başlangıç peroksit değeri $0,18 \pm 0,01$ meq O₂/kg yağ, Şebin cevizinin ise $0,29 \pm 0,01$ meq O₂/kg yağ olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma ile uyumlu olarak farklı ceviz çeşitlerinde (Chandler, Hartley, Lara, Serr vb.) yapılan çalışmalarda depolama başlangıcında peroksit değerlerinin 0,05-0,55 meq O₂/kg yağ arasında değiştiği bildirilmiştir (Martínez ve Maestri 2008, Martínez ve diğ. 2013). Depolama boyunca farklı paketleme teknikleri cevizlerin peroksit değerlerinde bazı farklılıklara yol açsa da, değişimlerin sistematik olmadığı ve paketleme tekniklerinin ceviz örneklerinin peroksit değerleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Benzer durum yapılan bazı kuruyemiş çalışmalarında da tespit edilmiştir. García-Pascual ve diğ. (2003) çiğ ve kavrulmuş dört çeşit badem örneğini, iki sıcaklıkta (8 ve 36 °C), iki farklı atmosferde (hava ve N₂) depolamış ve badem örneklerinin kalitesini incelemiştir. Hava ve N₂ altında paketlemenin peroksit değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığını bildirmişlerdir. Sanchez-Bel ve diğ. (2011) N₂ veya hava altında paketlenen bademleri 20 °C’de depolamış ve kalite değişimini incelemiştir. N₂ atmosferinin, hidroperoksit oluşumu veya duyu kalite üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.3: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.4: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

Peroksit değerinin depolama süresince genellikle belli bir noktaya ulaştıktan sonra azaldığı tespit edilmiştir. Bu dalgalanmadan dolayı peroksit değerlerinin düzenli bir şekilde azaldığını veya yükseldiğini belirtmek mümkün değildir. Benzer bir çalışmada Bakkalbaşı ve diğ. (2012) depolama sıcaklığının, ambalaj malzemesinin O₂ geçirgenliğinin ve ceviz çeşidinin, vakumla paketlenmiş ceviz içlerinin oksidatif kararlılığı üzerindeki etkilerini 12 aylık bir depolama süresi boyunca incelemiştir. Bu çalışmada da peroksit değeri farklı depolama koşullarında dalgalanmalar göstermiştir. Bu dalgalanmalara rağmen, 10 °C ve 20 °C’de depolanan örneklerin peroksit değerlerinin değişmeyip hemen hemen sabit kaldığı 30 °C’de depolanan örneklerin ise dalgalanarak artış gösterdiği belirtilmiştir. Aynı durum diğer kuruyemişlerin depolanması sırasında da görülmüştür (Güler ve diğ. 2017, Belviso ve diğ. 2017, Turan ve Karaosmanoğlu 2019). Bu durum peroksitlerin kararsız olması ve yeni peroksitler üretilirken bile parçalanarak aldehit, keton gibi ikincil oksidasyon ürünlerine indirgenmesi ile açıklanabilmektedir (Lin ve diğ. 2012). Bu durumun tersine Ghirardello ve diğ. (2013) ve Raisi ve diğ. (2015) depoladıkları fındık ve badem için depolama süresi boyunca peroksit değerinde sabit artışlar bildirmişlerdir. Bu çelişkili durumlar hasat, ekoloji, çeşit, kimyasal bileşim, kurutma yöntemi, paket geçirgenliği, depolama koşulları gibi birçok iç ve dış faktörlerdeki farklılıklarla açıklanabilir. Chandler çeşit cevizlerden kabuklu olarak depolanan örneklerin peroksit değerleri, özellikle 20 °C de 10. aydan itibaren artışa geçmiştir. Kabuksuz olarak depolanan cevizlerin peroksit değerleri ise genellikle 10. ayda pik yapmıştır ve sonra düşmüştür. Şebin çeşidi cevizler ise hem kabuklu hem kabuksuz olarak depolandığında peroksit değerleri depolamanın her koşulunda 2. ayda pik yapmıştır ve çalışmanın geri kalanında dalgalanarak azalmıştır. Bu durum Şebin cevizlerde depolamanın 2. ayına kadar peroksitlerin oluşum hızının daha yüksek, parçalanma hızının ise daha düşük olduğunu göstermektedir. Hidroperoksitlerin zamanla ikincil oksidasyon ürünlerine parçalandığından, depolama sırasında peroksit değerlerinin yükselip düşebileceği ve bu nedenle, peroksit değerlerinin, cevizlerin uzun süreli depolanması sırasında kalite göstergesi olarak daha az güvenilir olduğu bildirilmiştir (Grilo ve diğ. 2020, Gama ve diğ. 2020).

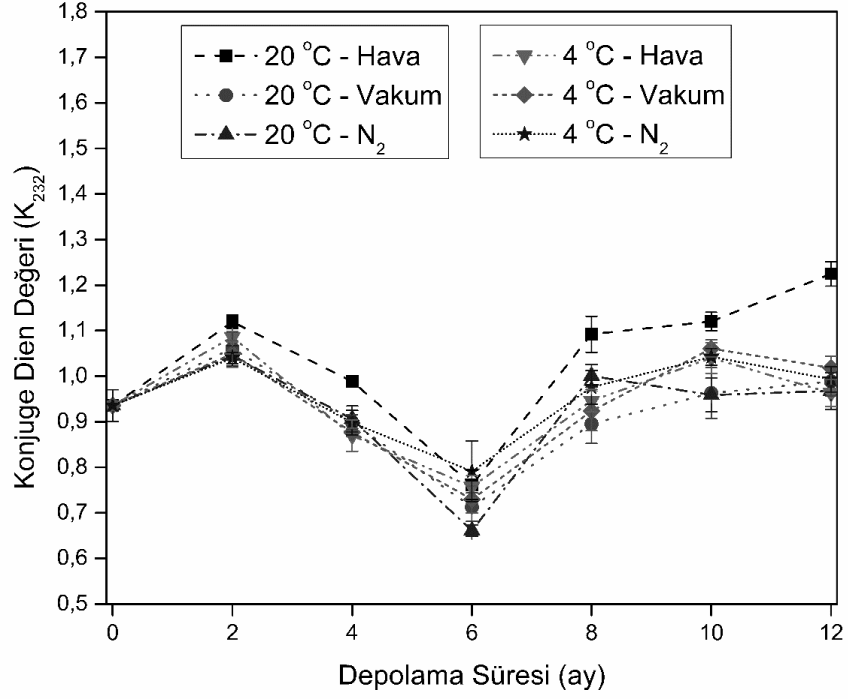
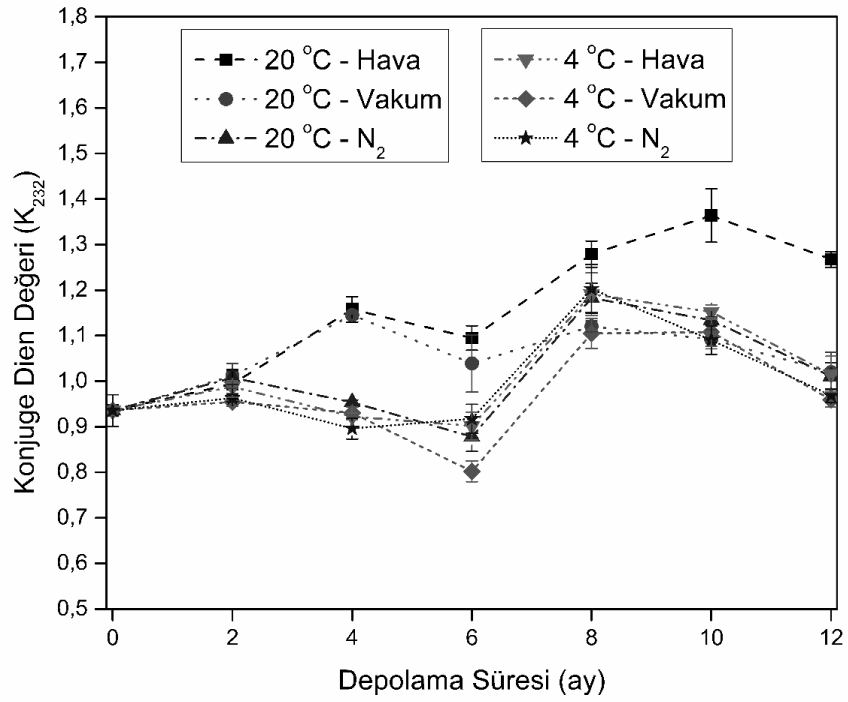
Peroksit değerlerinde depolama boyunca bazı dalgalanmalar gerçekleşmiş ve 12 aylık depolama sonunda istisnasız tüm ceviz örneklerindeki peroksit değerleri,

başlangıç değerlerine göre yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Ancak peroksit değerleri depolama boyunca çok yüksek bir değere ulaşmamıştır (Chandler çeşidi en fazla 2,31 meq O₂/kg yağ, Şebin ise en fazla 1,96 meq O₂/kg yağ). Ceviz tanesinin 40 °C gibi bu çalışmadan daha yüksek sıcaklıkta depolandığı bir çalışmada peroksit değeri 134 gün sonra yaklaşık 2 meq O₂/kg yağ'a ulaşmıştır (Villarreal-Lozoya ve diğ. 2009). Peroksit değerinin çok fazla artmamasının nedeninin ceviz meyvesinde ve yağında bulunan antioksidan maddeler olduğu düşünülmektedir. Yüksek sıcaklıkta depolanan bazı ceviz örneklerinin peroksit değerleri düşük sıcaklıklarda depolanan ceviz örneklerinin peroksit değerlerinden zaman zaman daha az olduğu saptanmıştır. Örneğin kabuksuz olarak hava altında depolanan Chandler çeşidi ceviz örneklerinin 10. aydaki peroksit değerleri; 20 °C'de depolananlar için 1,54±0,09 meq O₂/kg yağ iken 4 °C'de depolananlar için 2,31±0,05 olarak tespit edilmiştir. Bu durumun peroksitlerin yüksek sıcaklıklarda daha hızlı parçalanması nedeniyle olabileceği düşünülmektedir (Winkler–Moser ve diğ. 2020). Chandler çeşit cevizin peroksit değerleri kabuklu için 0,18-1,79 meq O₂/kg yağ arasında kabuksuz için 0,18-2,31 meq O₂/kg yağ arasında, Şebin çeşit cevizin ise kabuklu için 0,29-1,51 meq O₂/kg yağ ve kabuksuz için 0,29-1,96 meq O₂/kg yağ arasında bulunmuştur. Peroksit değeri 1-5 meq O₂/kg yağ arasında düşük oksidasyon; 5-10 meq O₂/kg yağ arasında orta oksidasyon ve 10 meq O₂/kg yağ üzeri yüksek oksidasyon olarak sınıflandırılmaktadır (Gadani ve diğ. 2017). Literatürden de anlaşıldığı üzere, bu çalışma kapsamında depolanan ceviz örneklerinde hiçbir depolama koşulunda yüksek peroksit değerlerine ulaşılmamış ve tüm ceviz örnekleri peroksit değerleri açısından kabul edilebilir bulunmuştur. Ayrıca depolanan bu ceviz örnekleri literatüre göre düşük oksidasyon durumunda sınıflandırılan gruba girmektedir. Ulaşılan peroksit düzeyleri göz önüne alındığında; depolama süresince, ne depolama sıcaklığının ne de paketleme tekniğinin kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan ceviz içlerinin oksidasyonu üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır.

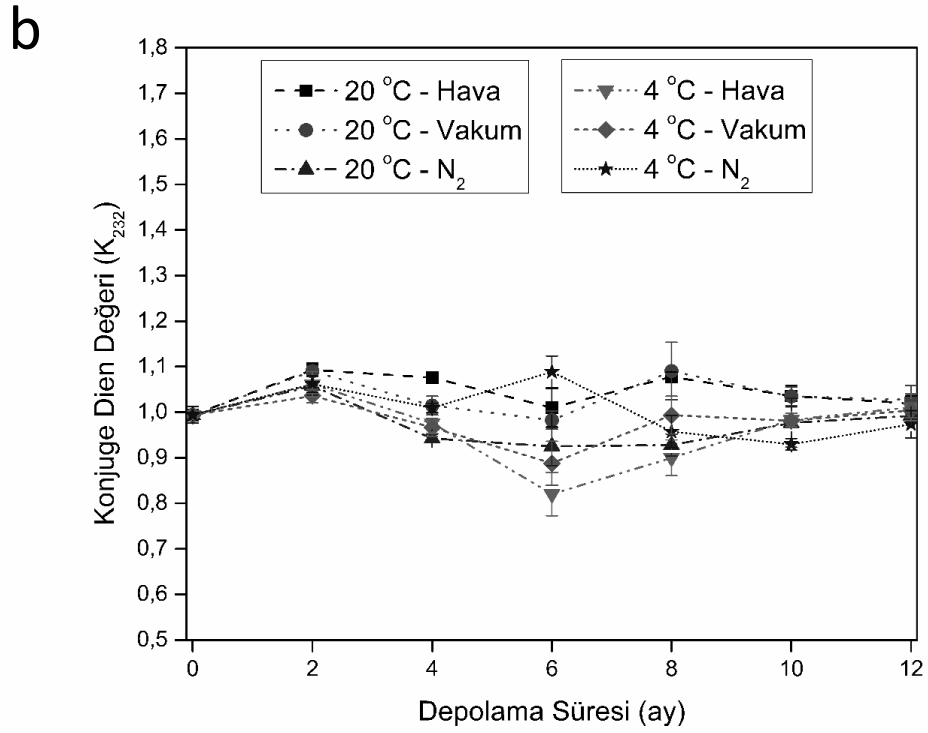
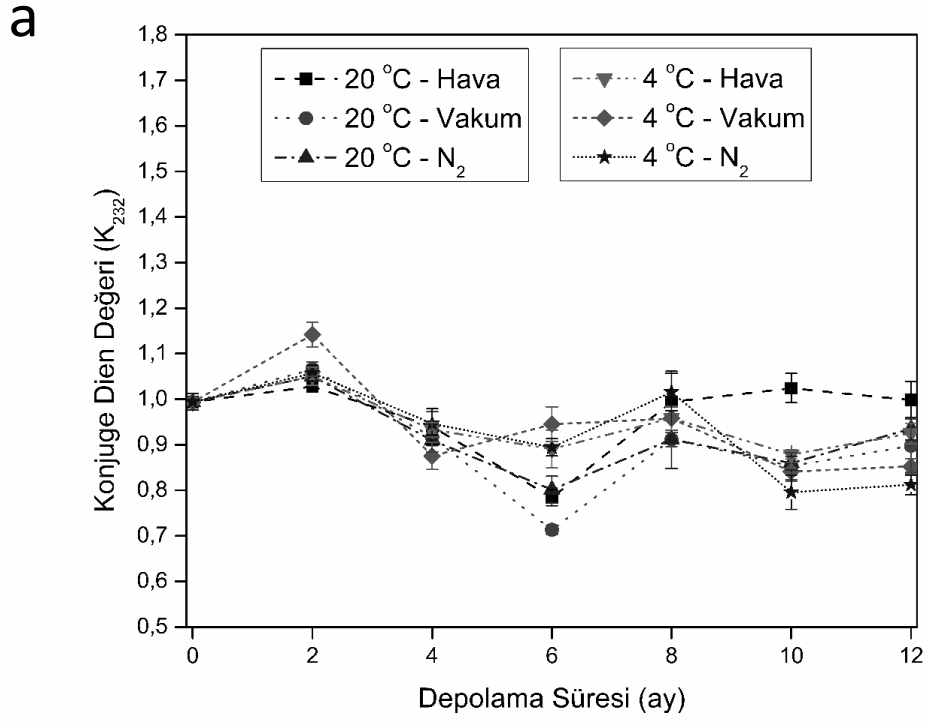
3.3.4 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Konjuge Dien ve Trien Değerleri

Konjuge dien (K_{232}) ve trien (K_{270}) değerleri, lipit oksidasyonunun derecesinin belirlenmesi için önemli göstergelerdendir (Kıralan ve Kıralan 2015). Oksidasyon sonucunda, çoklu doymamış yağ asitlerinin çift bağ pozisyonlarında kayma oluşabilmektedir. Bu durumda çift bağların yeniden düzenlenmesi ile konjuge dienler ve trienler meydana gelmektedir. Oluşan konjuge dienler yaklaşık 232 nm’de, konjuge trienler, yaklaşık 270 nm’de absorpsiyon bandı oluşturmaktadır (Inanc ve Maskan 2014). Konjuge dienler ve trienler, yağı oksidatif bozulmalara karşı daha fazla yatkın hale getirmektedir (Reddy ve diğ. 2001). K_{232} değeri, birincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu ile ilişkilendirilirken K_{270} değeri, ise ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu ile ilişkilendirilmektedir (Gómez- Alonso ve diğ. 2004).

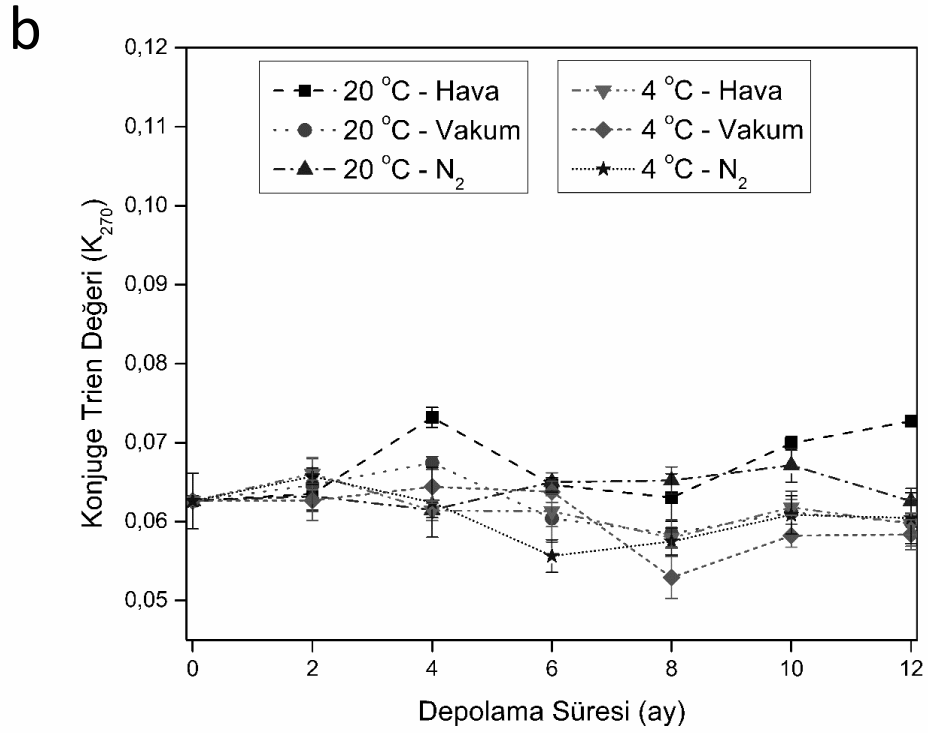
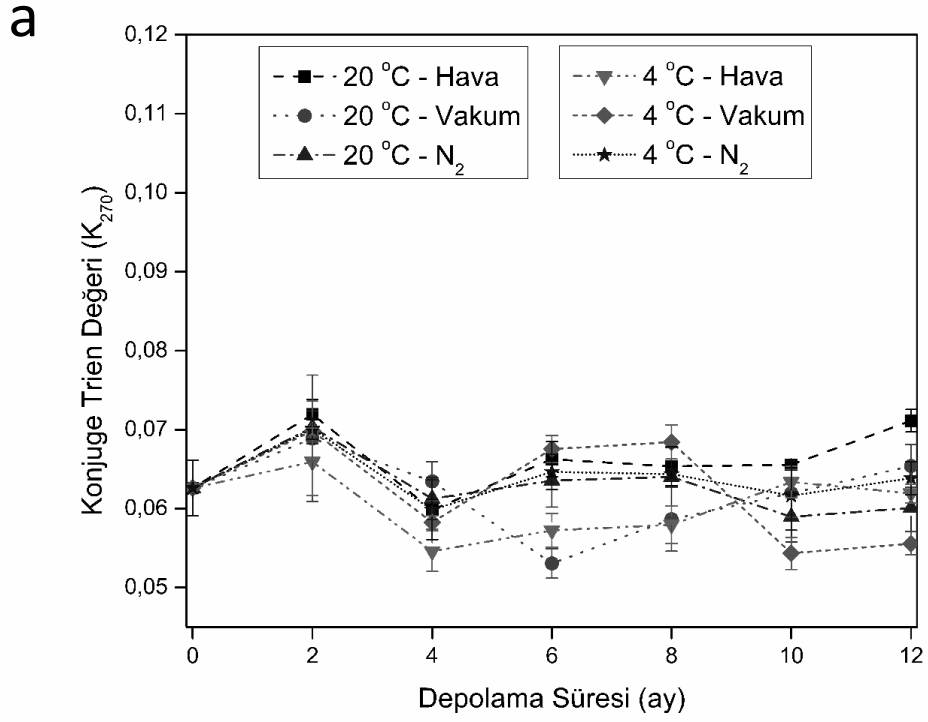
Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin konjuge dien değerleri Şekil 3.5 ve Şekil 3.6’da konjuge trien değerleri Şekil 3.7 ve Şekil 3.8’de gösterilmektedir. İncelenen ceviz çeşitleri için depolama başlangıcında K_{232} ve K_{270} değerlerinin oldukça düşük seviyede olduğu saptanmıştır. Başlangıç K_{232} değerleri Chandler için $0,94\pm 0,03$ Şebin için $0,99\pm 0,02$ olup başlangıç K_{270} değerleri ise her iki çeşit için de $0,06\pm 0,00$ olarak bulunmuştur. Bu değerlere benzer olarak Martínez ve Maestri (2008) yeni hasat edilip kurutulmuş sekiz çeşit ceviz örneğinde K_{232} değerlerini 1,04-1,21 arasında K_{270} değerlerini ise 0,05-0,07 arasında tespit etmiştir.

a**b**

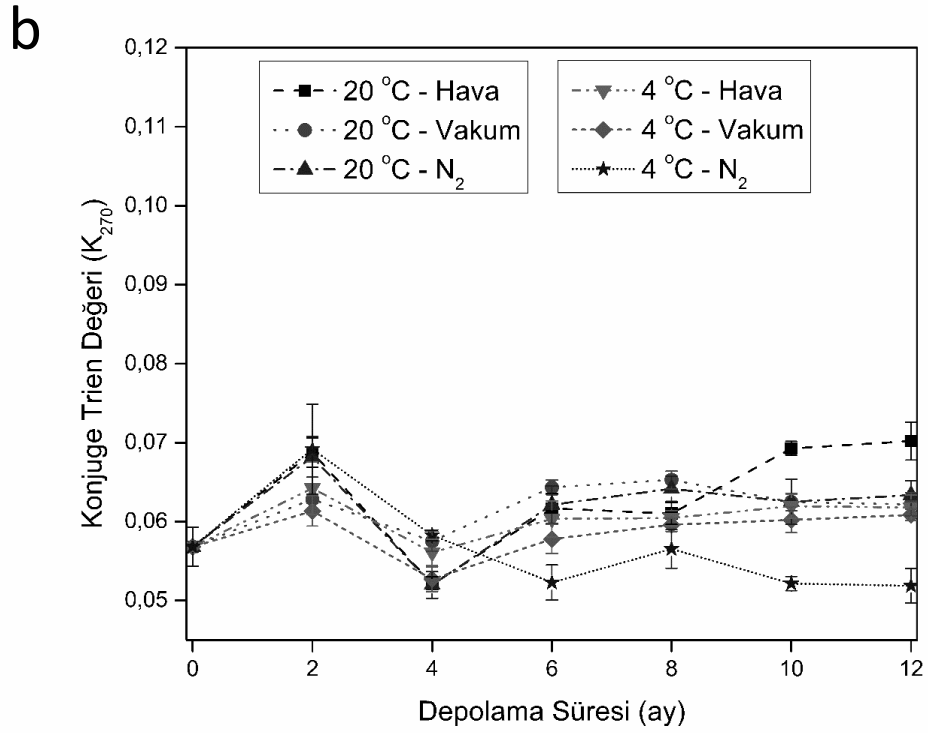
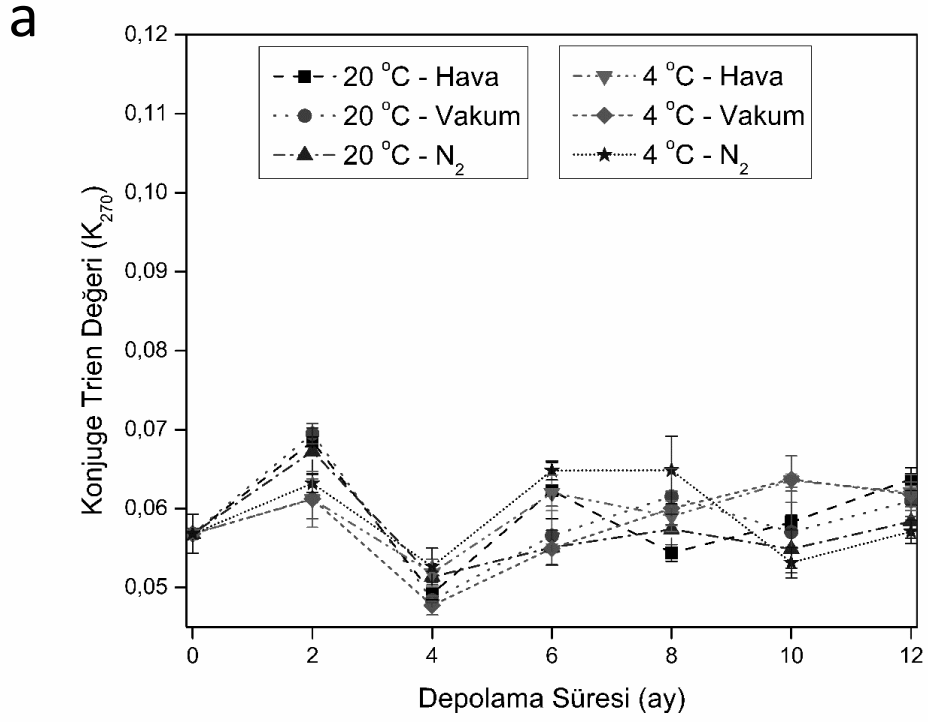
Şekil 3.5: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{232} değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.6: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{232} değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.7: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{270} değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.8: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince K_{270} değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

Depolanan ceviz örneklerinin K_{232} değerlerinde depolama boyunca azalması veya artması birincil oksidasyon ürünleri azalırken ikincil oksidasyon ürünlerinin artması ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Oluşan dienler kararsız olması nedeniyle daha küçük olanlara parçalanıp yeniden oluşabilmektedir (Kiralán ve diğ. 2018, Dastgerdi ve diğ. 2016). K_{232} 'nin depolama sırasındaki değişimi, peroksit değerlerindeki değişime benzer bir eğilim izlemiştir. Daha önceki çalışmalarda da K_{232} değerindeki değişimin peroksit değerindeki değişime benzer yol izlediği bulunmuştur (Rabadán ve diğ. 2018^a, Martínez ve diğ. 2015). Chandler çeşit ceviz için en yüksek K_{232} değerleri; kabuklu örnekler için, normal atmosferde paketlenip 20 °C'de depolanan örneklerde depolamanın sonunda (1,22±0,03); kabuksuz örnekler için normal atmosferde paketlenip 20 °C'de depolanan örneklerde depolamanın 10. ayının sonunda (1,36±0,06) tespit edilmiştir. Şebin çeşit ceviz için en yüksek K_{232} değerleri; kabuklu örnekler için, vakum ile paketlenip 4 °C'de depolanan örneklerde depolamanın 2. ayının sonunda (1,14±0,03); kabuksuz örnekler için ise birkaç farklı depolama koşullunda (farklı standart sapsmalarda 1,09 olarak) bulunmuştur.

K_{270} değerleri, K_{232} 'e benzer olarak her iki çeşit ceviz için de tüm depolama koşullarında zaman içinde dalgalanma eğilimi göstermiştir. Benzer dalgalanmalar 45 °C'de yaklaşık 6 ay depolanan keten tohumu yağlarında da görülmüştür (Faas ve diğ. 2020). Farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin depolama süresince K_{232} ve K_{270} değerleri arasında farklılıklar saptanmış olsa da, bu değişimin sistematik olmadığı tespit edilmiştir. 16 ay depolanan ceviz yağının K_{232} ve K_{270} değerleri üzerine depolama koşullarının etkisinin incelendiği bir çalışmada da, farklı depolama sıcaklığı (5, 10, 20 °C ve oda sıcaklığı) ve aydınlatma koşullarının herhangi bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Rabadán ve diğ. 2018^a). Tarafımızdan elde edilen verilere göre K_{232} ve K_{270} değerleri 12 ay sonunda başlangıçtaki değerine göre genellikle değişmemiştir ya da çok az değişmiştir. Bu sonuçlara uyumlu olarak Bellomo ve diğ. (2009) üç farklı sıcaklıkta (10, 25 ve 37 °C) O₂ tutucu içeren ve içermeyen iki farklı ambalaj materyali kullanarak paketlediği kabuksuz fıstıkları 14 ay depoladığı çalışmada, K_{232} ve K_{270} değerlerinin önemli ölçüde değişmediğini bildirmiştir.

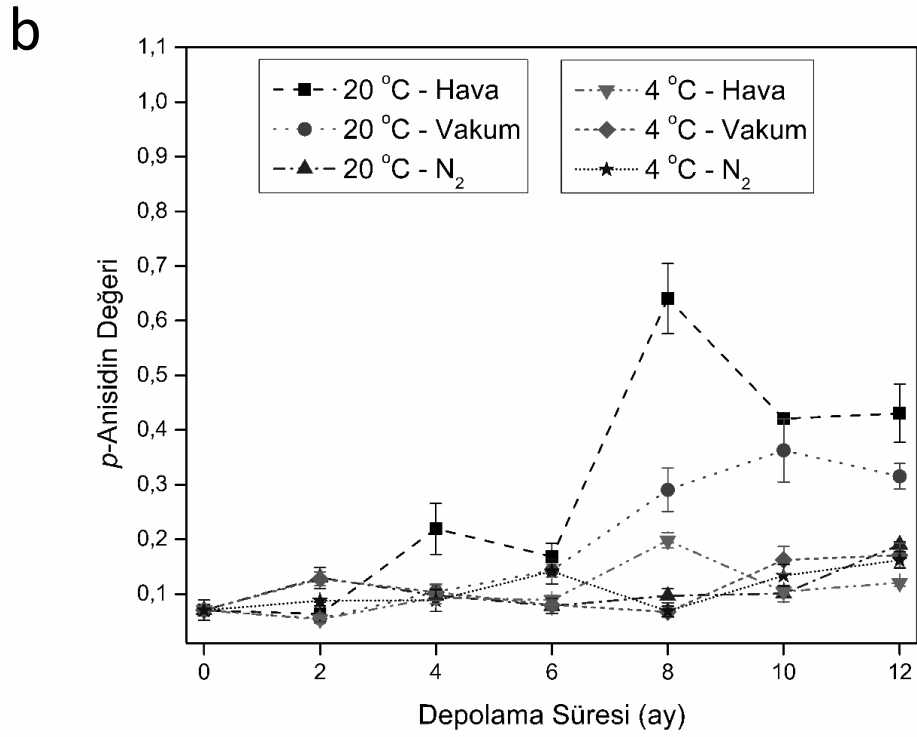
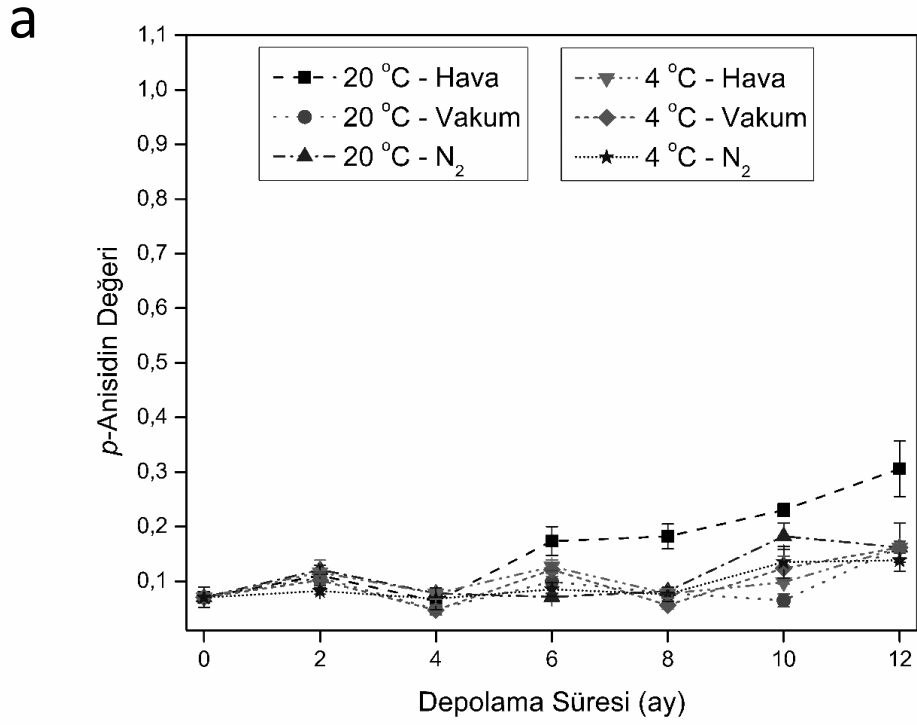
3.3.5 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin *p*-Anisidin Değerleri

p-Anisidin değeri, yağlarda uçucu olmayan sekonder oksidatif ürünlerin seviyesini belirlemek için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Değerlendirme, aldehit karbonil bağının *p*-anisidinin amin grubu ile reaksiyonuna dayanmaktadır ve bu reaksiyonda 350 nm'de absorbe eden bir Schiff bazı oluşmaktadır (Nabilah ve diğ. 2021, Gokoglu ve diğ. 2009). Yöntem doymamış aldehitlere karşı doymuş aldehitlerden daha duyarlıdır (Ye ve diğ. 2020). *p*-Anisidin değeri için, uluslararası kabul görmüş bir eşik değeri mevcut değildir, ancak iyi kalitedeki bir yağın *p*-anisidin değerinin 2'den az olması gerektiği belirtilmektedir (Subramanian ve diğ. 2000, Gokoglu ve diğ. 2009). Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C'de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin *p*-anisidin değerleri, Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da gösterilmektedir. Depolama başlangıcında *p*-anisidin değeri, Chandler cevizi için $0,07 \pm 0,02$, Şebin cevizi için ise $0,08 \pm 0,01$ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, Jokić ve diğ. (2014)'nin ceviz yağları için tespit ettiği 0,08 değeri ile uyumludur. Depolama boyunca *p*-anisidin değerleri Chandler çeşidi ceviz için, kabuklu olarak depolanan örneklerde 0,05-0,31 ve kabuksuz olarak depolanan örneklerde 0,05-0,64 arasında değişmiştir. Şebin çeşidi ceviz için ise kabuklu olarak depolanan örneklerde 0,04-0,23 ve kabuksuz olarak depolanan örneklerde 0,05-0,78 arasında değişim göstermiştir. Depolama boyunca *p*-anisidinin en yüksek değerleri, 20 °C'de normal atmosferde kabuksuz olarak paketlenmiş cevizlerden Chandler için 8. ayda $0,64 \pm 0,01$ olarak, Şebin için ise 10. ayda $0,78 \pm 0,01$ olarak tespit edilmiştir.

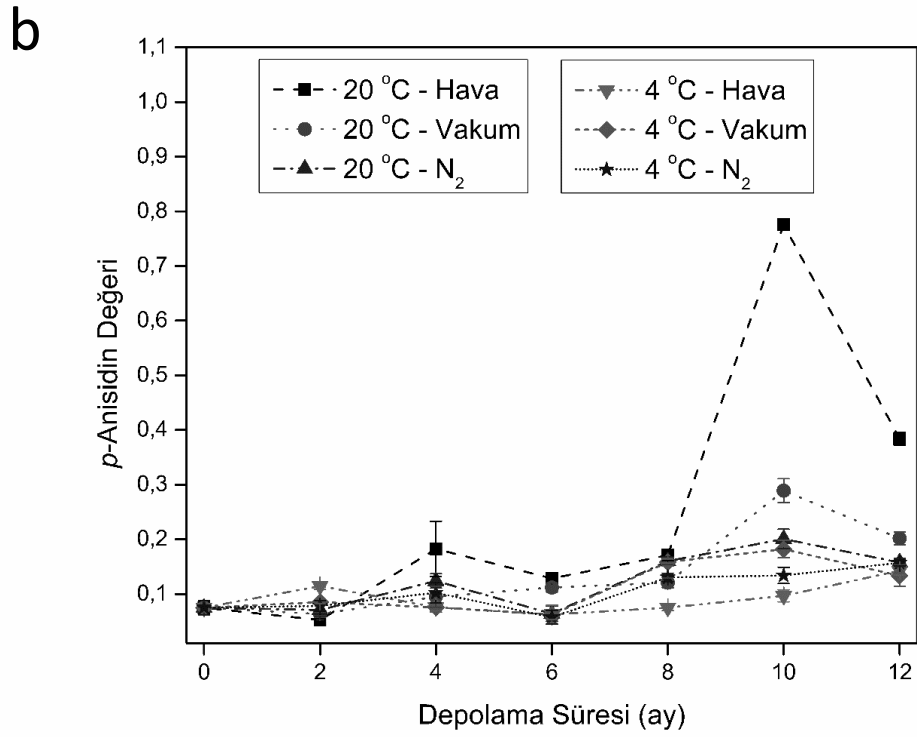
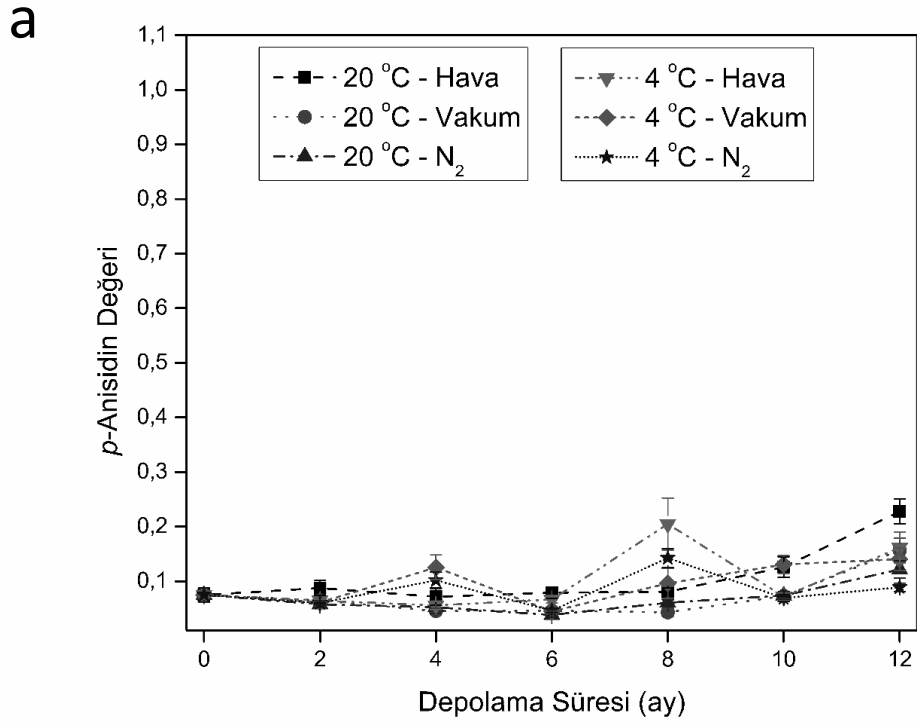
Depolama sonunda *p*-anisidin değerleri her depolama koşulu için başlangıca göre daha fazla bulunmuştur ($p < 0,05$). Depolama sonunda elde edilen en yüksek *p*-anisidin değerleri her iki çeşit ceviz örneği için de 20 °C'de normal atmosferde depolanan örneklerde tespit edilmiştir. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki, her iki ceviz çeşidi de bu şartlarda kabuklu olarak depolandığında 12 ay sonundaki *p*-anisidin değerleri kabuksuz depolananlara göre yaklaşık 1,5 kat daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar göz önüne alındığında, ceviz kabuğunun O₂ geçirgenliğini önleyerek oksidasyona karşı koruyucu bir sistem olarak hareket ettiği düşünülmektedir. Bu nedenle cevizin kabuklu depolanması, cevizin daha iyi bir

oksidatif stabilite sergilemesini ve daha uzun bir raf ömrüne sahip olmasını sağlayacaktır. Yer fıstığı üzerine yapılan bir çalışmada da kabuklu depolamanın kimyasal ve duyuşsal özelliklerini daha iyi koruduğu belirtilmiştir (Martín ve diğ. 2018). Farklı koşullarda 12 ay depolanan tüm ceviz örneklerinin oksidatif kalitesi, *p*-anisidin değerleri açısından literatüre göre (*p*-anisidin değeri<2) kabul edilebilir bulunmuştur. Depolama boyunca *p*-anisidin değerlerinin düşük miktarda bulunması aldehit üretiminin az olduğuna işaret etmektedir. Pekan cevizlerinin 40 °C sıcaklıkta 134 gün depolandığı bir çalışmada da *p*-anisidin değerleri oldukça düşük bulunduğu belirtilmiştir (Villarreal-Lozoya ve diğ. 2009). Ceviz meyvesinin daha uzun süreli depolanması durumunda, kabuklu olarak ve soğuk şartlarda veya soğuk şartların sağlanamadığı durumlar için ise N₂ altında yine kabuklu olarak paketlenip depolanması önerilmektedir.

Kabuksuz olarak hava altında paketlenip 20 °C sıcaklıkta depolanan ceviz örneklerinden, Chandler çeşidi için 8. ayda ve Şebin çeşidi için 10. ayda *p*-anisidin değerlerinin yükselip sonra düştüğu saptanmıştır. Depolama boyunca *p*-anisidin değerinin artıp azaldığı balık yağı ile yapılan çalışmalarda da bildirilmiştir (Gokoglu ve diğ. 2012, Kindleysides ve diğ. 2012). *p*-Anisidin değerindeki bu dalgalanmalar oksidasyon reaksiyonları sonucunda oluşan diğer bileşenlerin de interaksiyona girerek spektrofotometrik ölçümleri etkilemesinden kaynaklanabilir. Ayrıca *p*-anisidin, kökenine bakmaksızın tüm aldehitlerle ve bazı fenol bileşikler ile reaksiyona girerek değerlendirmeyi etkilemektedir. Bu nedenle, bu değer yorumlanırken dikkatli olunması gerektiği bildirilmiştir (Laguerre ve diğ. 2007, Sun-Waterhouse ve diğ. 2011). *p*-Anisidin değerindeki azalmalar da ikincil oksidasyon ürünlerinin daha da parçalandığını gösterebilmektedir (Kindleysides ve diğ. 2012).



Şekil 3.9: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince *p*-anisidin değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

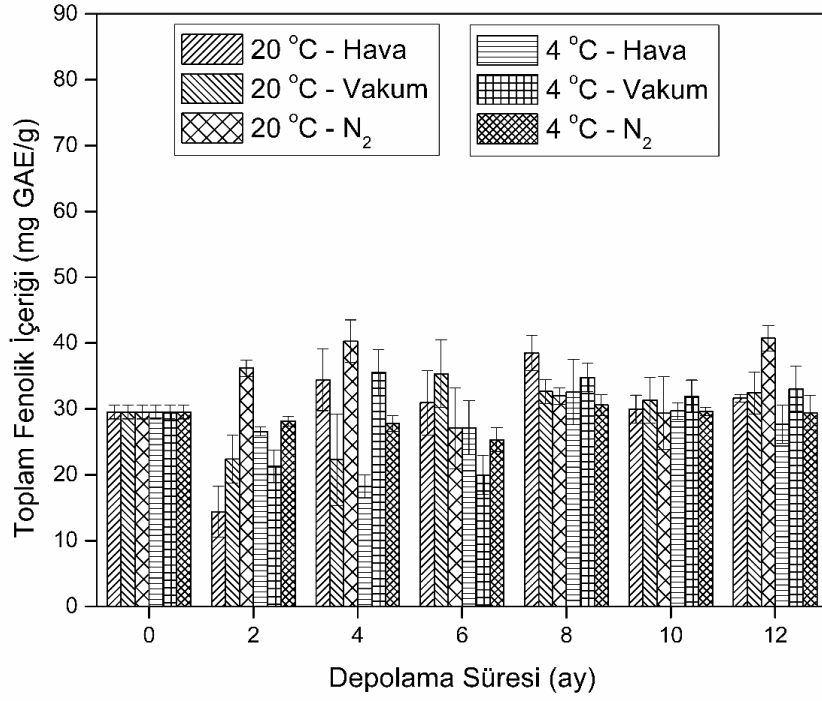
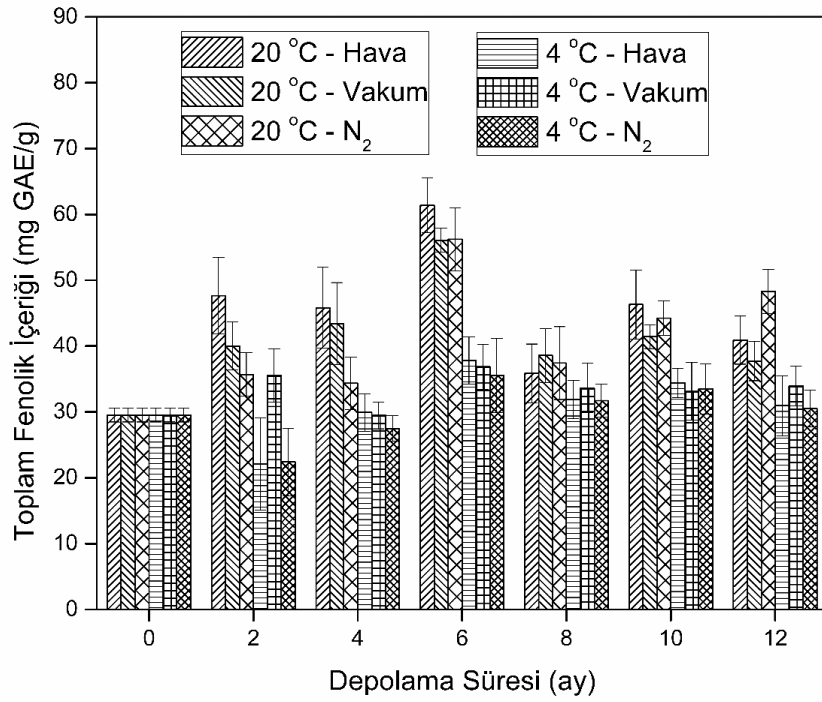


Şekil 3.10: Kabuklu ve kabuksuz Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince *p*-anisidin değerleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

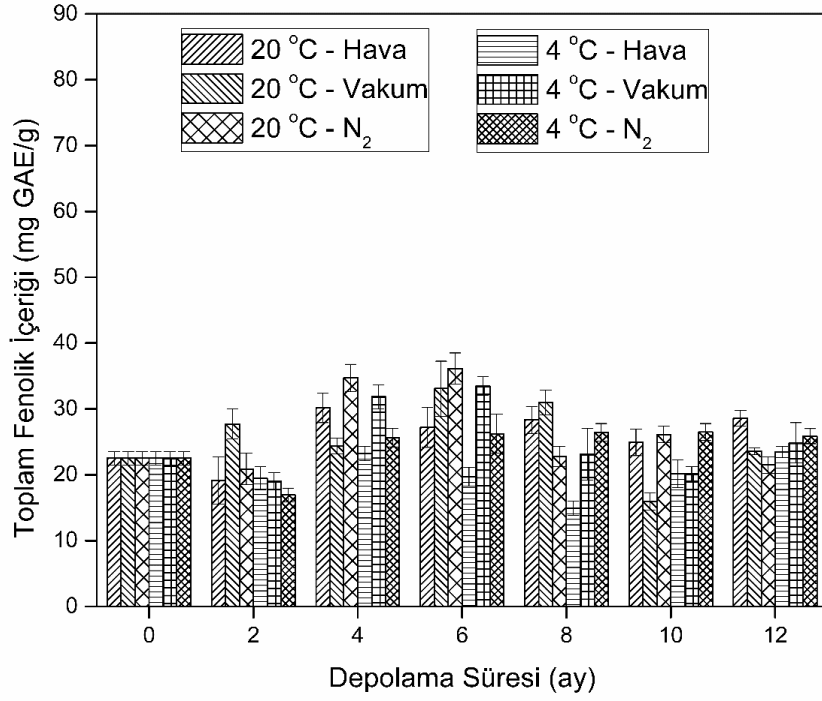
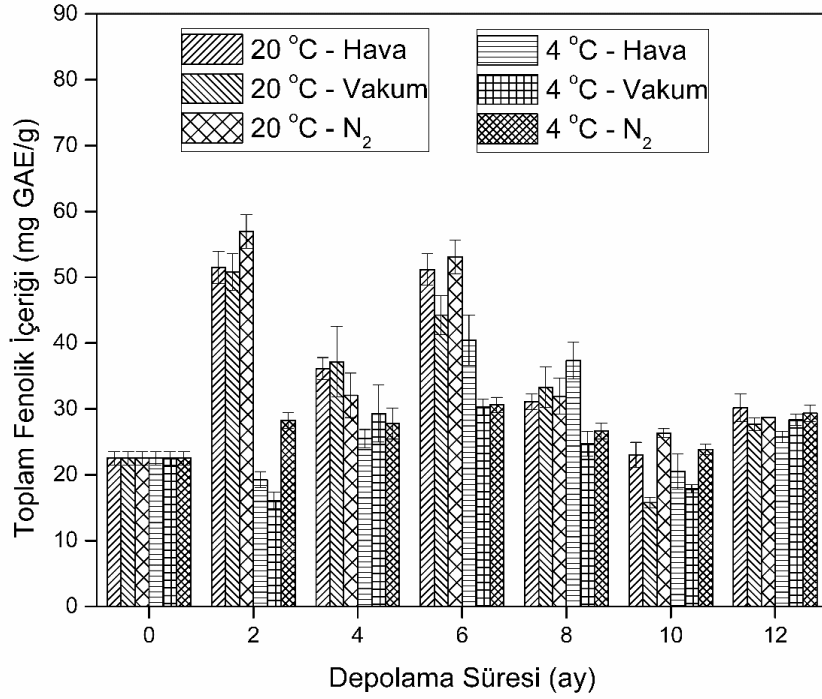
3.3.6 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Fenolik bileşikler, bitkilerde önemli rolleri olan ikincil metabolitlere ait geniş bir gruptur. Bitkilerin fenolik madde içeriği birçok çevresel faktör, kültürel uygulamalar, genotip, bitki türü gibi faktörlerden etkilenebilir. Cevizde bulunan en baskın fenolik bileşenler siringik asit, juglon ve ellagik asittir (Colaric ve diğ. 2005). Cevizin yağsız kısmının toplam fenolik madde içeriğine katkısı yağlı kısma göre 680 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (Slatnar ve diğ. 2015). Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C'de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin toplam fenolik madde içerikleri, Şekil 3.11 ve Şekil 3.12'de gösterilmektedir. Depolama başlangıcında Chandler çeşidinin toplam fenolik madde içeriği 29,50±1,04 mg GAE/g Şebin çeşidinin ise 22,52±1,02 mg GAE/g tespit edilmiştir.

Depolama boyunca, depolama koşulları arasındaki farklılıklar genellikle önemli olmuştur ancak sistematik bir değişim tanımlanmamıştır. Elde edilen sonuçlara göre tüm depolanan ceviz örneklerinin toplam fenolik madde içeriği 12 aylık depolamanın sonunda neredeyse aynı kalmış veya artmıştır. Bu çalışmadan farklı olarak cevizin uzun süreli depolanması boyunca toplam fenolik madde içeriğinin sürekli azaldığı da bildirilmiştir (Christopoulos ve Tsantili 2011). Bu farklılıklar fenolik bileşenlerin; meyvelerin olgunlaşma zamanı, genotipi, yetiştirme teknikleri ve iklim koşulları gibi hasat öncesi döneminden ayrıca hasat sonrası yapılan işlemler, depolama koşulları gibi çeşitli faktörlerden etkilenmesinden kaynaklanabilir. Toplam fenolik madde içeriğindeki azalma, depolama sırasında oluşan oksidatif ve hidrolitik faaliyetler sonucu fenolik maddelerin tüketilmesinden kaynaklanmaktadır (Hashempour-Baltork ve diğ. 2017). Artması ise, ceviz örneklerinin yapısında bağlı olarak bulunan ve daha önce ekstrakte edilemeyen bağlı fenolik bileşiklerin depolama süresi boyunca parçalanarak serbest kalması nedeniyle olabilmektedir (Buthelezi ve diğ. 2019^b, Bolling ve diğ. 2010).

a**b**

Şekil 3.11: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

a**b**

Şekil 3.12: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

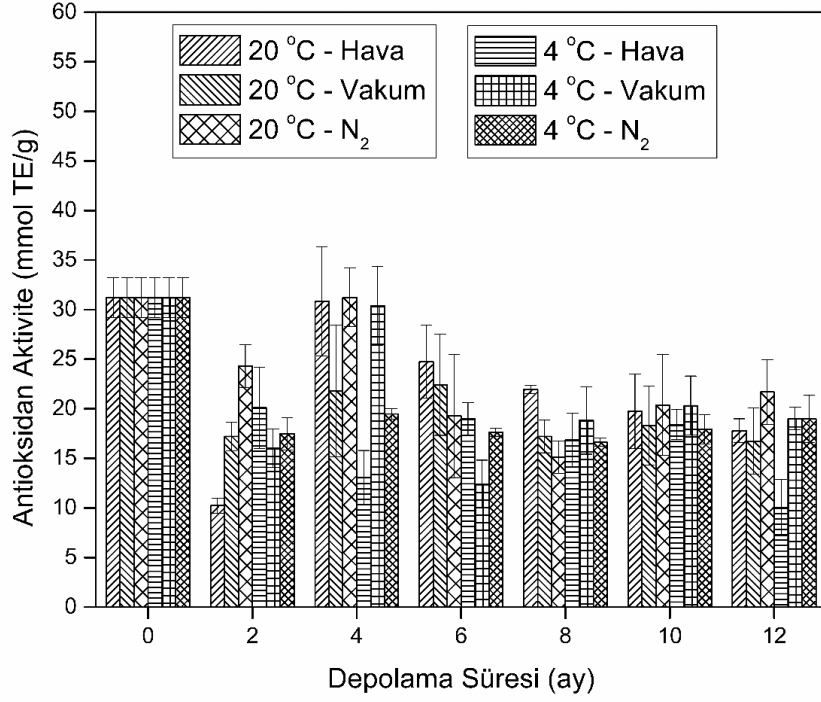
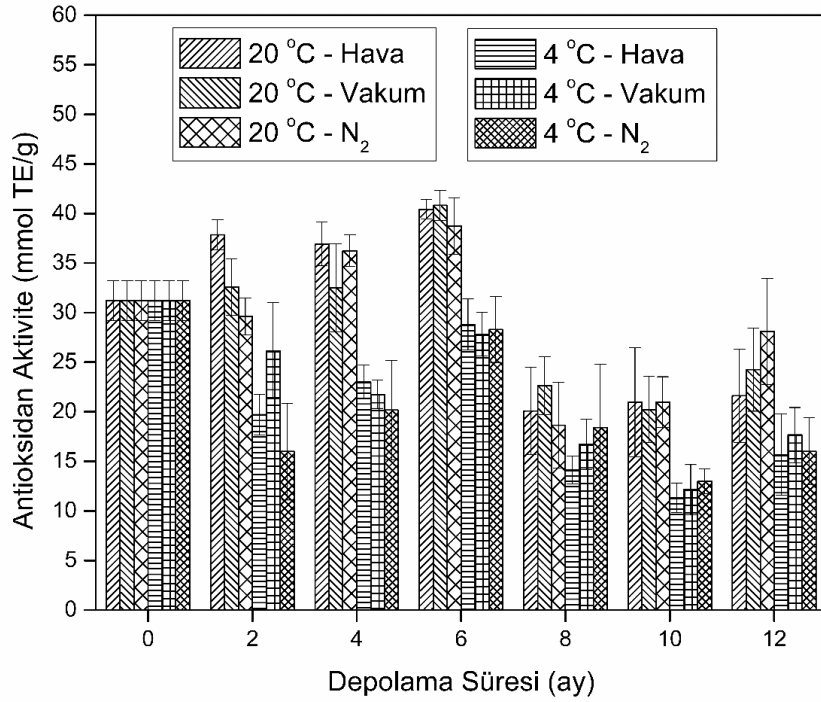
Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, toplam fenolik madde içeriğindeki artış her iki çeşit için de özellikle en kötü şartlarda depolanan örneklerde, yani kabuksuz olarak normal atmosferde paketlenmiş ve 20 °C sıcaklıkta depolanmış ceviz örneklerinde saptanmıştır. Nitekim bu artış 2., 4. ve 6. aylarda belirgin olarak görülmektedir. Ancak kabuklu depolanan cevizlerdeki toplam fenolik madde içeriğindeki değişim, depolama boyunca kabuksuz depolanan örneklerdeki gibi olmamıştır. Bu durum karmaşık oksidatif ve biyokimyasal reaksiyonların kabuklu cevizlerde daha yavaş gerçekleştiğinin bir göstergesidir. Bolling ve diğ. (2010), bademlerin 4 °C veya 23 °C’de 15 aylık depolaması sırasında badem zarındaki toplam fenolik madde içeriğinin ya sabit kaldığını veya kademeli olarak arttığını bildirmiştir. Yine macadamia fıstığı, findık, pirinç, karışık yağ (zeytin:susam:keten tohumu yağlarının karışımı) örneklerinin uzun süreli depolanması sırasında, örneklerde toplam fenolik madde içeriği ve fenolik bileşenlerin sabit kaldığı, arttığı veya dalgalandığı tespit edilmiştir (Buthelezi ve diğ. 2019^b, Ghirardello ve diğ. 2016, Ziegler ve diğ. 2018, Hashempour-Baltork ve diğ. 2017). Araştırmacılar bu bulguları, bağlı fenolik bileşenlerin parçalanarak ekstrakte edilebilirliğindeki bir artışa bağlamıştır. Nitekim bağlı fenolikler yaygın yöntemlerle ekstrakte edilemezler ve bu durum da toplam fenolik madde içeriğinin gerçekte olduğundan daha az saptanmasına neden olmaktadır (Ti ve diğ. 2014). Literatürde ceviz fenoliklerinin %51-68’inin serbest formda, %21-38’inin bağlı ve %10-19’unun ise esterleşmiş formda olduğu bildirilmiştir (Wu ve diğ. 2021).

3.3.7 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri

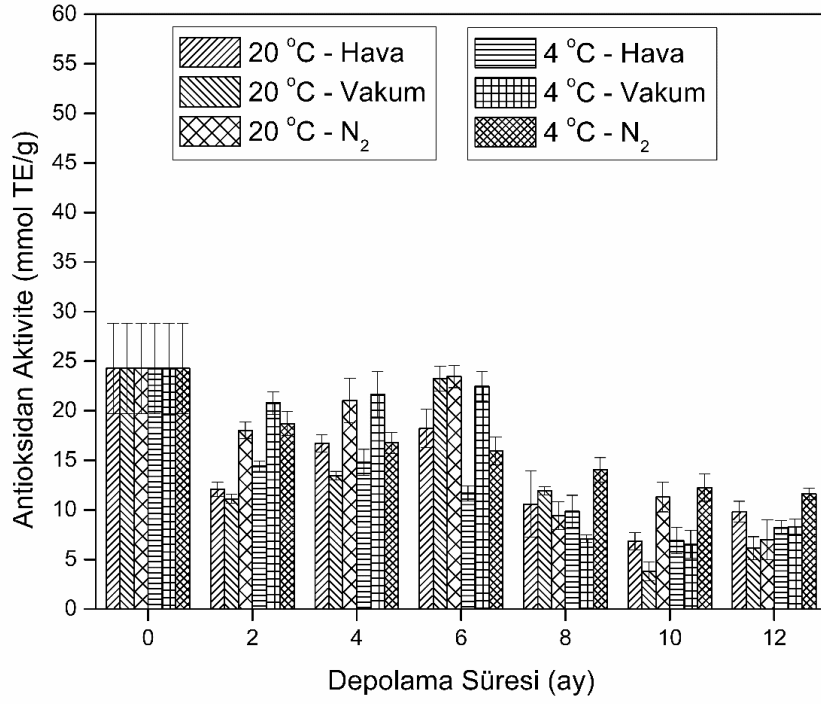
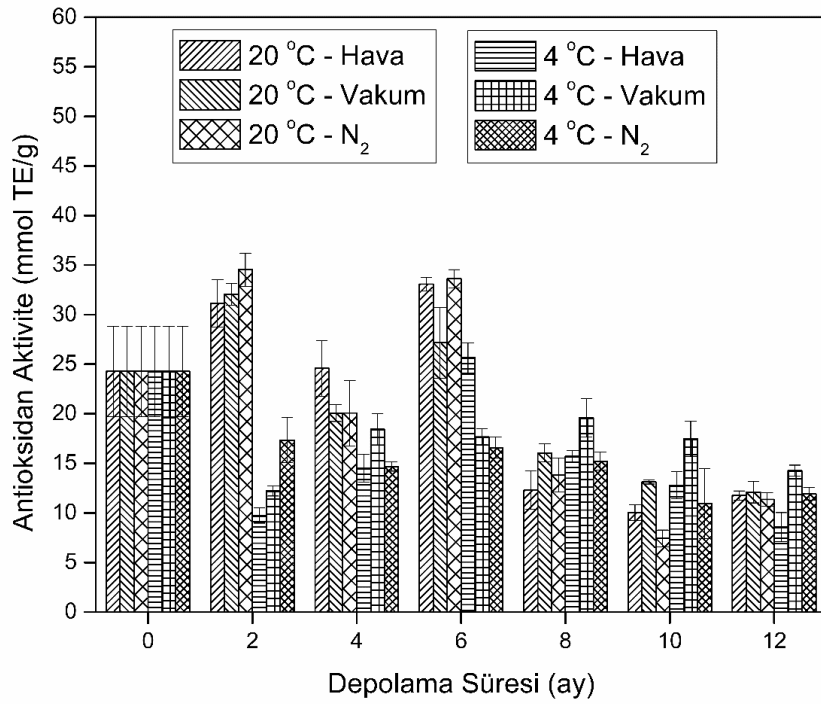
Antioksidanlar oksidasyonun geciktirilmesinde veya önlenmesinde rol alan maddelerdir (Albu ve diğ. 2004). Antioksidan maddeler, bir hidrojen atomunu lipit oksidasyonundan türetilen radikal türlere aktarabilir. Bu reaksiyon, lipit radikalini nötralize ederek antioksidan bileşikten çok daha az reaktif olan yeni bir radikal oluşturmaktadır (Domínguez ve diğ. 2019). Ceviz meyvesinin antioksidan kapasitesine yağın katkısı sadece %5 olup en büyük katkı yağsız kısımdan kaynaklanmaktadır (Bakkalbaşı ve diğ. 2013).

Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin antioksidan aktiviteleri, Şekil 3.13 ve Şekil 3.14’te gösterilmektedir. Depolama başlangıcında Chandler çeşidi cevizin antioksidan aktivitesi 31,23±2,01 mmol TE/g Şebin çeşidinin ise 24,27±4,57 mmol TE/g olarak tespit edilmiş olup Chandler çeşidinin antioksidan aktivitesi Şebin çeşidinden önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Ceviz örneklerinin 12 aylık depolanması boyunca elde edilen antioksidan aktiviteleri, depolama sırasında elde edilen toplam fenolik madde içeriklerinde saptanan eğilime benzer bulunmuştur. Yani genel olarak, toplam fenolik madde içeriğindeki bir artışa antioksidan kapasitesinde bir artış eşlik etmiştir ve bu durum toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivite arasında bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Depolama sırasında en yüksek antioksidan aktivite değerleri yine (toplam fenolik madde içeriklerinde olduğu gibi) her iki çeşit ceviz için de 20 °C sıcaklıkta depolanan kabuksuz ceviz örneklerinde saptanmıştır. Bu durum, depolama şartları kötüleştikçe oksidatif reaksiyonların daha fazla gerçekleşmesi ve böylece bağlı fenolik bileşiklerin serbest hale geçerek antioksidan aktiviteyi arttırması ile açıklanabilir. Bu durumda, her iki çeşit ceviz için de oksidasyon reaksiyonlarını hızlandıran faktörleri çoktan aza doğru sıcaklık, kabuk bulunma durumu, paketlenme tekniği olarak sıralayabiliriz. Buthelezi ve diğ. (2019^b) çiğ ve kavrulmuş macadamia fıstıklarını kağıt paket ile 20 °C’de 70 gün depolamış ve depolama sırasında fıstık örneklerinin antioksidan aktivitelerinin arttığını bildirmiştir. Christopoulos ve Tsantili (2011) ise 1 ve 20 °C’de N₂ ve hava altında depolanan cevizler için antioksidan aktivitenin her koşulda sürekli azaldığını bildirmiştir. Çeşitte, iklimde ve hasat sonrası uygulamalarda olabilecek farklılıklar fenolik madde bileşenlerini ve konsantrasyonunu etkiledikleri için sonuçların da farklı çıkmasına neden olabilmektedir.

a**b**

Şekil 3.13: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

a**b**

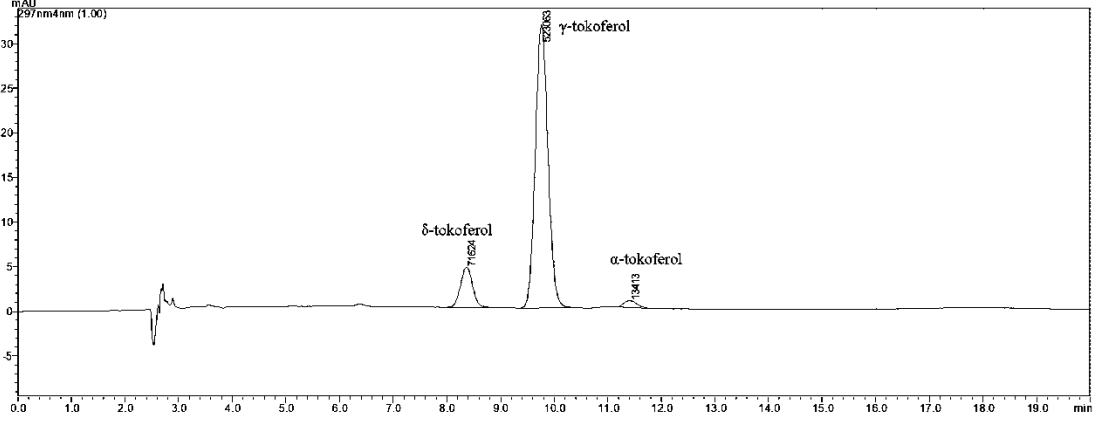
Şekil 3.14: Kabuklu ve kabuksuz Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

Depolama sonunda istisnasız tüm koşullarda depolanan ceviz örneklerinin antioksidan aktiviteleri, başlangıçtaki değerlere göre düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). 12 aylık depolamanın sonunda başlangıca göre antioksidan aktivitedeki azalma oranları, Chandler ceviz örnekleri için kabuklularda %30-68 ve kabuksuzlarda %10-50; Şebin ceviz örnekleri için ise kabuklularda %37-62 ve kabuksuz %23-54 arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadan farklı olarak Rábago-Panduro ve diğ. (2020) ise kabuklu pekan cevizlerini 4 ve 25 °C'de 240 gün depolamaları sonunda antioksidan aktivitelerinin sırasıyla %188,4 ve %199,8 oranında arttığını bildirmiştir. Bolling ve diğ. (2010) ise badem örneklerini 15 ay depolama sonrasında antioksidan aktivitelerinin başlangıç değerine göre %200 arttığını ifade etmişlerdir. Buradan, yağlı ürünlerin depolanması sırasında birçok karmaşık oksidatif ve biyokimyasal reaksiyonların gerçekleştiği sonucu çıkarılabilir.

3.3.8 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Tokoferol İçerikleri

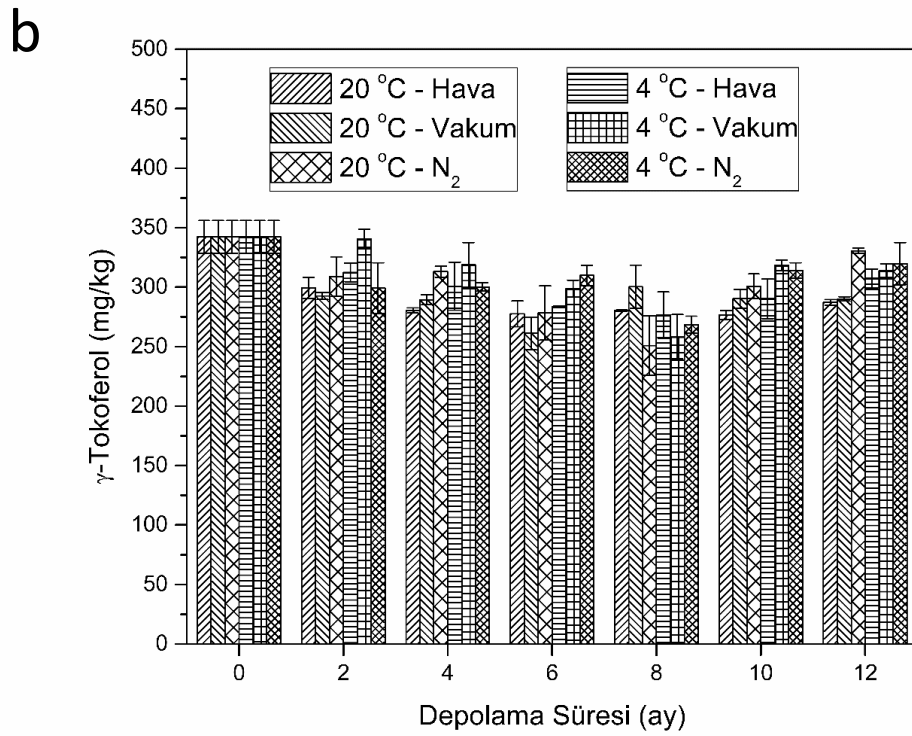
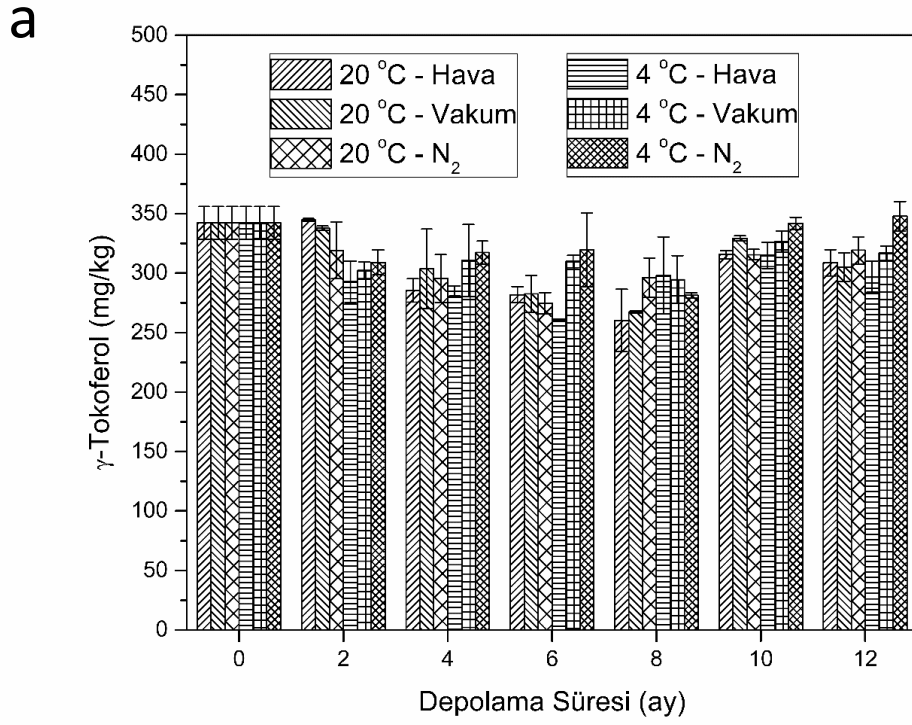
Ceviz yağında önemli miktarda bulunan tokoferoller, oksidasyon reaksiyonlarını geciktirerek yağın kalitesini korumaktadır. Bu bileşikler doymuş ve hidrofobik bir yan zincire sahip olup 6-kromanol aromatik halkanın türevleridir (Alizedah ve diğ. 2019). Teorik olarak bir mol tokoferol iki mol serbest radikal azaltabilmektedir. Tokoferol, lipit peroksi radikalleri ile doymamış yağ asitlerine göre daha hızlı reaksiyona girip fenolik hidrojenini kolayca bağışlayabilir (Zacheo ve diğ. 2000, Vaidya ve Eun 2013). Tokoferollerin antioksidan potansiyellerine göre δ - > γ - > β - > α -tokoferol şeklinde sıralandığı bildirilmektedir (Saldamlı 2014, Dordoni, ve diğ. 2019). Ceviz örneklerinin tokoferol içeriklerinin belirlenmesinde kullanılan örnek HPLC kromatogramı Şekil 3.15'te verilmiştir. Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C'de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin γ -tokoferol içerikleri Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'de, δ -tokoferol içerikleri Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'da, α -tokoferol içerikleri Şekil 3.20 ve Şekil 3.21'de gösterilmektedir. Her iki ceviz çeşidi için de γ -tokoferol içeriği, α - ve δ - tokoferol içeriklerine kıyasla daha yüksek miktarda bulunmuştur ve bu değerler depolama başlangıcında sırasıyla Chandler çeşidi için $342,23 \pm 13,75$, $42,78 \pm 4,18$ ve $16,07 \pm 1,51$ mg/kg yağ; Şebin çeşidi için $331,02 \pm 5,34$, $53,41 \pm 4,55$ ve

13,64±1,64 mg/kg yağ olarak belirlenmiştir. Önceki çalışmalar da ceviz yağında γ -, δ -, α -tokoferol tanımlanmıştır ve bunlar arasında γ -tokoferolün cevizde en çok bulunan tokoferol çeşidi olduğu bildirilmiştir (Vaidya ve Eun 2013).

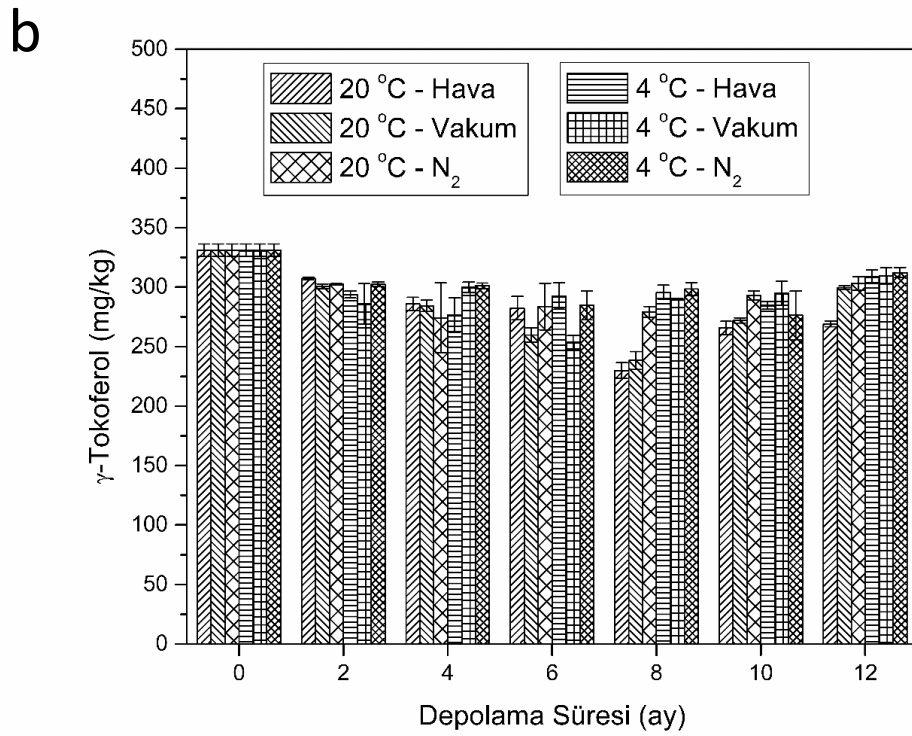
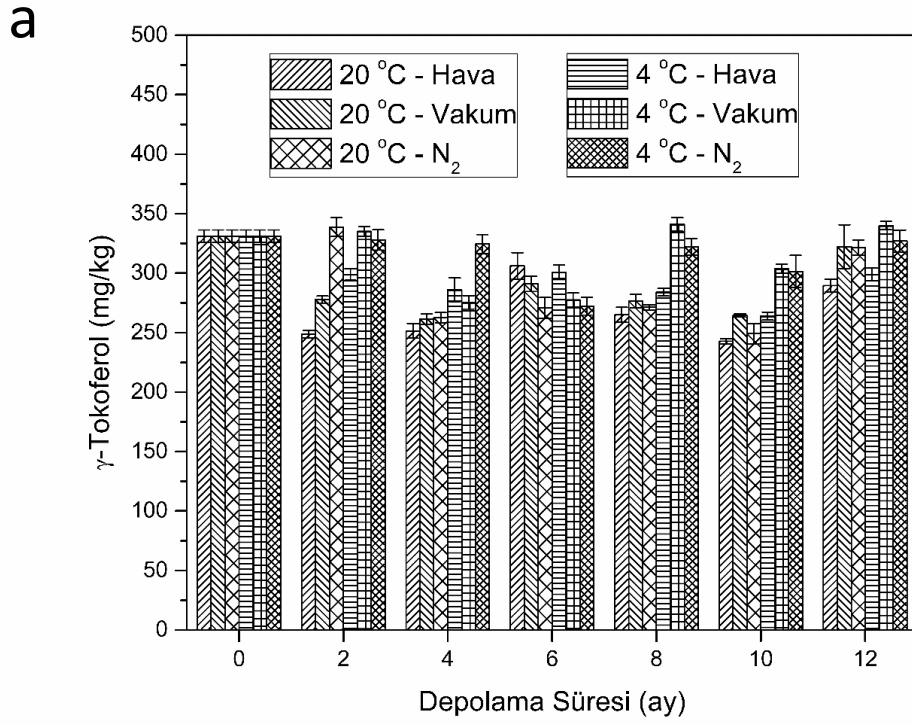


Şekil 3.15: Ceviz örneğinde tokoferol düzeylerini gösteren örnek kromatogram

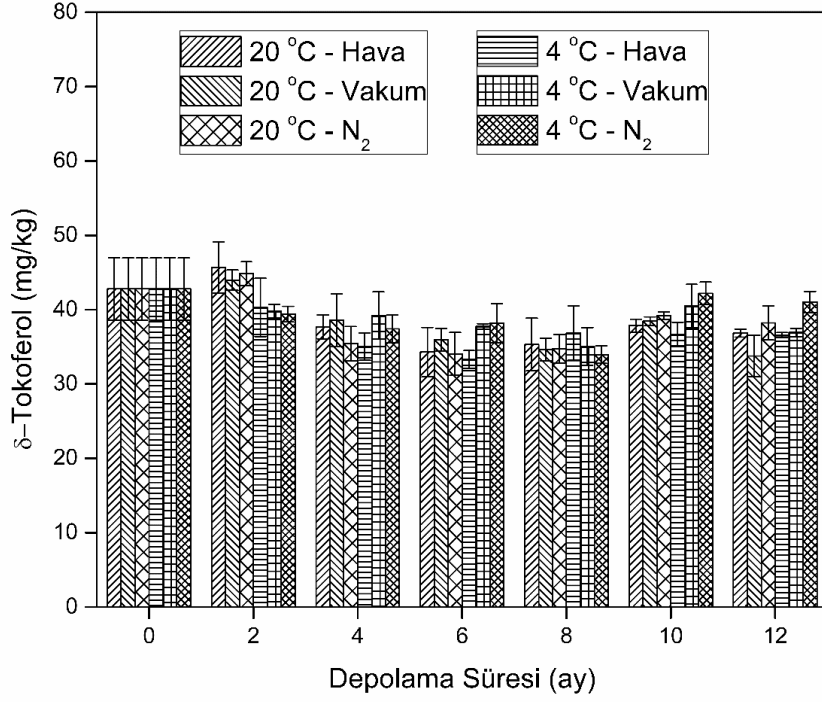
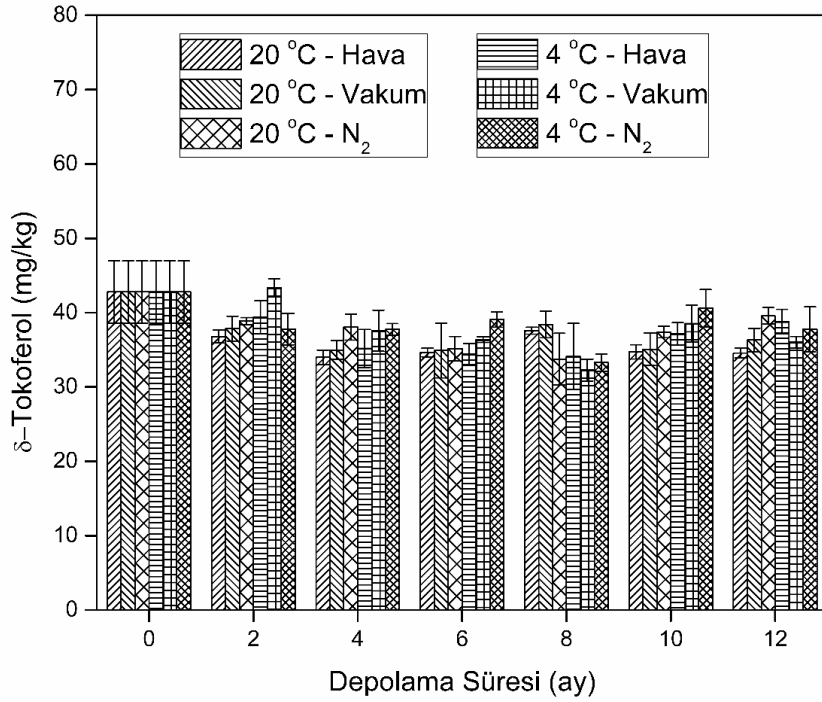
Kabuklu ve kabuksuz olarak farklı koşullarda depolanan ceviz örneklerinin, depolamanın sonunda elde edilen γ -, δ - ve α -tokoferol içerikleri başlangıç değerlerine göre sırasıyla Chandler için %3,4-10,8, %4,1-21,1 ve %20,1-63,2 ve Şebin için %0-18,7, %0,4-28,8 ve %0,4-38,6 aralığında azalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, α -tokoferol diğer tokoferollerden daha düşük stabilite göstermiştir. α -tokoferoldeki azalma özellikle en kötü şartlarda depolanan örneklerde (kabuksuz olarak normal atmosferde paketlenip 20 °C’de depolanmış olanlar) çok belirgindir ki, bu şartlarda depolanan örneklerdeki α -tokoferol miktarı depolama boyunca sürekli azalmıştır. Önceki çalışmalarda da ceviz ve soya fasulyesi yağlarında α -tokoferolün daha düşük stabilite gösterdiği bildirilmiştir (Vaidya ve Eun 2013, Player ve diğ. 2006). Genel olarak, α -tokoferol, tokoferollerin en reaktif ve daha az kararlı formudur. Bunu β -, γ - ve δ -tokoferoller takip etmektedir. Bu durum, bağ ayrışma enerjileriyle ilgilidir. α -, β -, γ - ve δ -tokoferolün kromanol halkası üzerindeki hidroksil grubunun bağ ayrışma entalpileri sırasıyla 76, 78, 78 ve 80 kcal/mol’dür. Bu α -tokoferolün peroksi radikale bir hidrojen atomunu daha kolay bağışlayabileceğini göstermektedir (Player ve diğ. 2006). α -tokoferolün düşük stabilitesi düşük redoks potansiyeli ile de açıklanabilir. α -tokoferolün tamamen metillenmiş yapısı, onu γ - veya δ -tokoferolden daha güçlü bir hidrojen donörü (vericisi) yapmaktadır ve bundan dolayı α -tokoferol oksidasyona karşı daha fazla savunmasızdır (Vaidya ve Eun 2013).



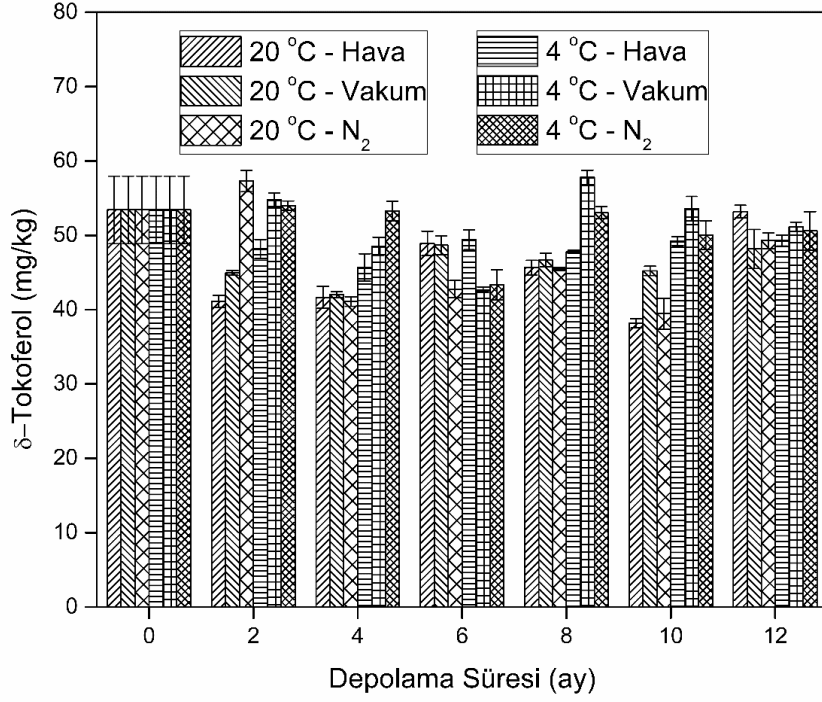
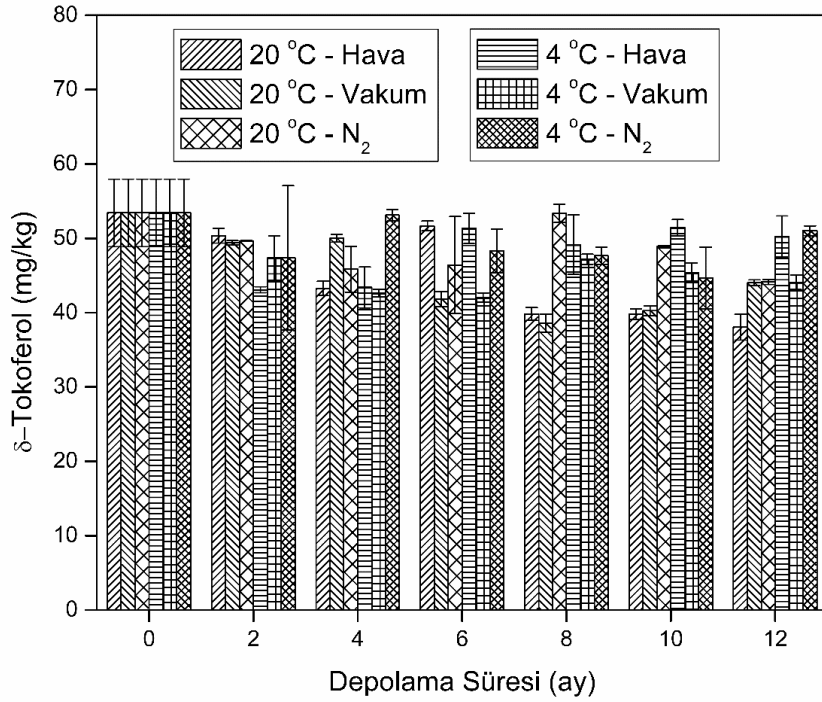
Şekil 3.16: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince γ -tokoferol içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



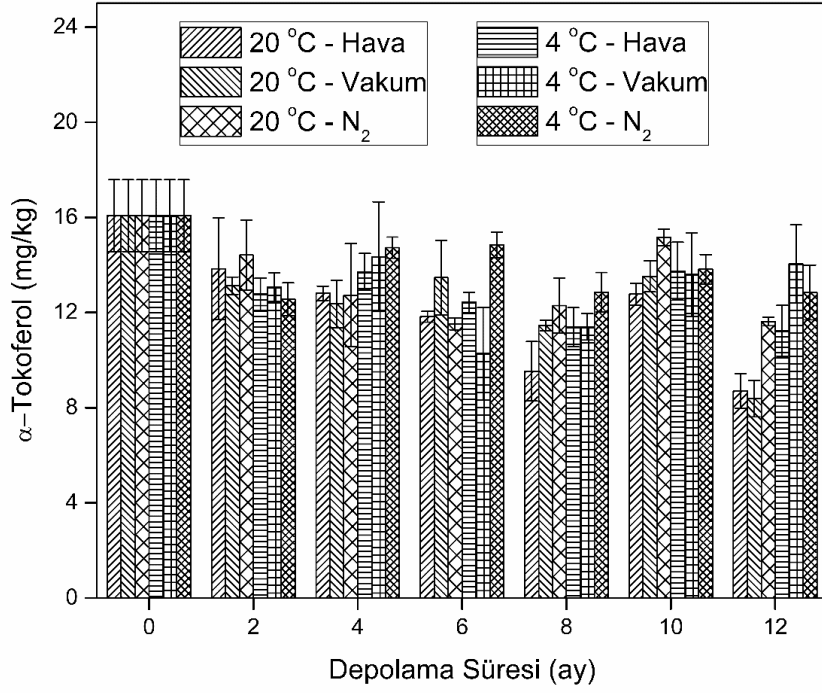
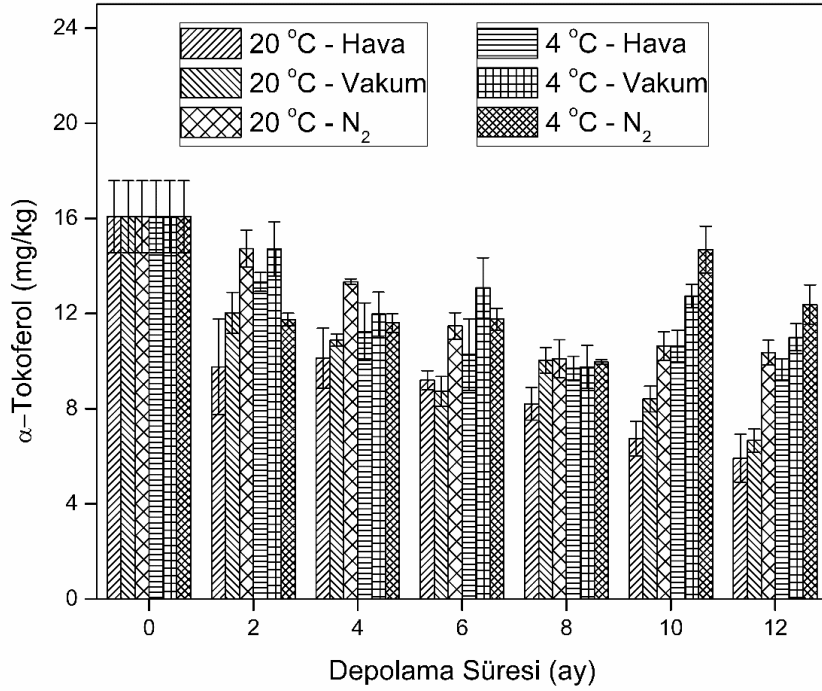
Şekil 3.17: Kabuklu ve kabuksuz Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince γ -tokoferol içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

a**b**

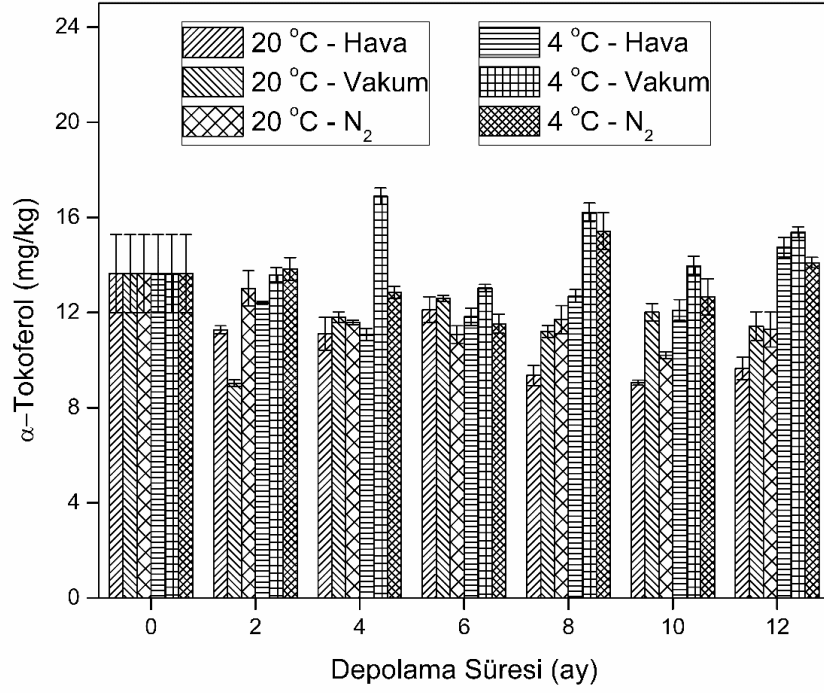
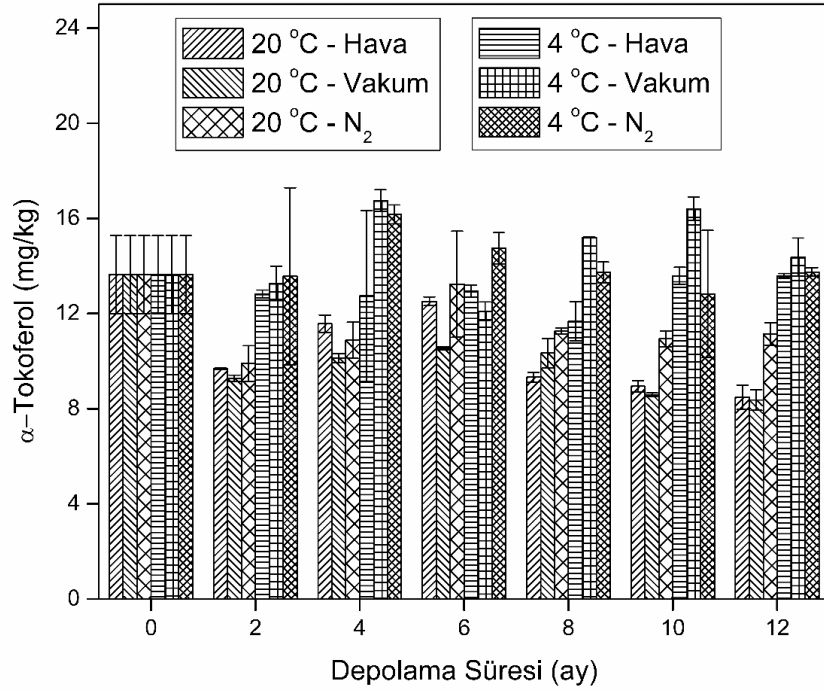
Şekil 3.18: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ -tokoferol içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

a**b**

Şekil 3.19: Kabuklu ve kabuksuz Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ-tokoferol içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

a**b**

Şekil 3.20: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

a**b**

Şekil 3.21: Kabuklu ve kabuksuz Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

Sonuçlara göre hem kabuklu, hem de kabuksuz olarak 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin γ -, δ - ve α -tokoferol içerikleri depolama boyunca, genellikle 4 °C’de depolanan ceviz örneklerine göre daha düşük bulunmuştur ancak bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir. α -tokoferol içeriği hem kabuklu hem kabuksuz olarak farklı paketleme teknikleri ile paketlenip 20 °C’de depolanan ceviz örnekleri için depolama boyunca azalmıştır. Elde edilen bulgular tokoferol stabilitesi üzerine sıcaklığın önemli bir faktör olduğunu göstermektedir. Ayrıca sonuçlar incelendiğinde tokoferol içeriklerinden ceviz çeşidinin de önemli derecede etkilendiği saptanmıştır. Bununla ilgili olarak, depolama sonunda Şebin çeşidi ceviz örnekleri hem kabuklu hem de kabuksuz olarak, paketleme tekniği farketmeksizin 4 °C’de depolandığında α -tokoferol içeriklerinin değişmediği ancak aynı şartlarda Chandler çeşit ceviz örneklerindeki α -tokoferol içeriklerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlardan, depolama sırasında tokoferol miktarındaki değişim üzerine kabuk bulunma durumunun da etkili olduğu görülmüştür. Çünkü depolama sonunda Şebin çeşidi cevizleri, kabuklu olarak 4 °C’de depolandığında tüm paketleme tekniklerinde α -tokoferol değerleri aynı şartlarda kabuksuz olarak depolanlara göre daha az azalmıştır. Bu sonuçlar, cevizlerin depolanması sürecinde 20 °C veya daha yüksek sıcaklıkta normal atmosferde kabuksuz olarak depolamanın oksidasyon reaksiyonlarını hızlandırdığını ve 4 °C’de N₂, hava ve vakum altında 12 ay depolanan kabuklu veya kabuksuz cevizlerin tokoferol içerikleri önemli ölçüde değişmediğini göstermektedir. Bu nedenle O₂ geçirgenliği düşük plastik malzeme ile paketlenmiş cevizlerdeki tokoferol içeriklerinin 4 °C’de 12 aylık süre boyunca muhafaza edilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışmadaki sonuçlara benzer olarak pekan cevizlerinin 300 gün boyunca 2 ve 20 °C’de depolandığı çalışmada tokoferol miktarı, depolama süresince dalgalansa da her koşulda başlangıçtaki değerine yakın bulunmuştur. Tokoferol miktarının depolama sıcaklığından genel olarak etkilenmediği bildirilmiştir (Descalzo ve diğ. 2021).

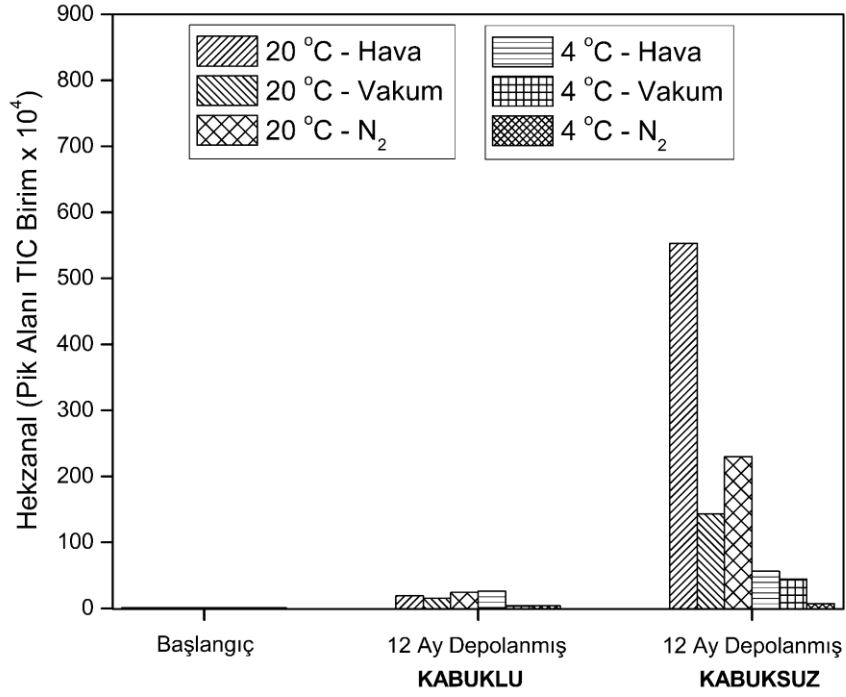
Ceviz örneklerinin depolanması sırasında tokoferol içerikleri zaman zaman dalgalanmıştır. Benzer durum ceviz ezmesi, kolza tohumu veya mısır ile yapılan çalışmalarda da görülmüştür (Dordoni ve diğ. 2019, Goffman ve Möllers 2000, da Silva Timm ve diğ. 2021). Bu durum, cevizin yapısında tokoferol haricinde bulunan diğer antioksidan bileşenler ile açıklanabilir. Cevizin yapısında tokoferoller haricinde tokotrienoller, karotenoidler, fenolik bileşikler ve steroller gibi birçok antioksidan

aktivite gösteren madde bulunmaktadır. Birçok biyoaktif bileşen aynı anda oksidasyon reaksiyonları ile savaşıyor ve serbest radikaller ile tepkimeye girmektedir. Bu bileşenler yağın okside olmasını önlemek için yarışarak cevizin stabilitesini korumaya çalışmaktadır. Ceviz örneklerinin depolanması sırasında elde edilen lipit oksidasyonu sonuçları incelendiğinde oksidasyonun yavaş ilerlediği görülmektedir. Bu durum cevizlerdeki güçlü antioksidatif bileşenler nedeniyle ki, bu bileşenler hem hidroperoksit oluşumunu hem de onların ayrışmasından sonra oluşan ürünlerin oluşumunu sınırlandırmaktadır. Tokoferollerin antioksidan olarak etkinliği, izomerlere ve konsantrasyona bağlı olarak değişmektedir. Bir tokoferol molekülünün, düşük peroksit değerinde yaklaşık 10^3 - 10^8 arasında çoklu doymamış yağ asidi molekülünü koruyabildiği bildirilmiştir (Dordoni ve diğ. 2019).

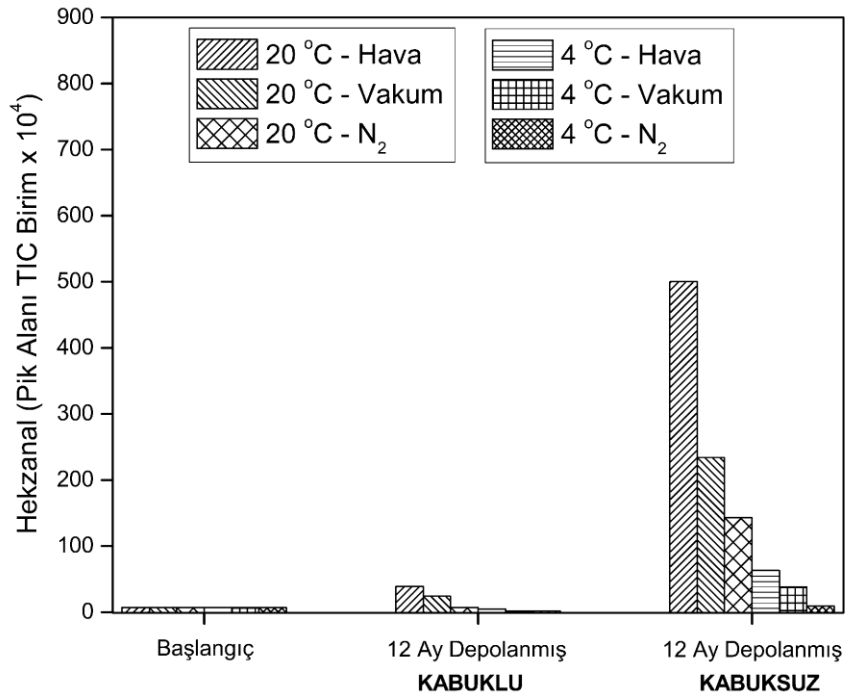
3.3.9 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Hekzanal İçerikleri

Hekzanal altı karbon içeren bir aldehit olup linoleik asidin oksidasyonu sırasında oluşmaktadır (Lehtonen ve diğ. 2020). Aldehitler, ransit tat oluşmuş yağlarda en fazla bulunan uçucu maddelerdir ve lipit oksidasyonu sırasında oluşan temel ikincil oksidasyon ürünleri olarak kabul edilirler. Bu uçucu maddeler, gıdalarda meydana gelen lipit oksidasyonu için gösterge olarak kullanılmaktadır (Damerou ve diğ. 2014). Lipit oksidasyonu sonucu gıdalarda ağırlıklı olarak pentanal, hekzanal, heptanal, oktanal, nonanal ve dekanal oluşmaktadır (Xu ve diğ. 2017). Oksidasyon sonucu oluşan en ransit tada sahip maddenin, genellikle diğer benzer bileşiklere kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan hekzanal olduğu bildirilmiştir (Vidrih ve diğ. 2012). Cevizde, hekzanal seviyesi, acı ve ransit tat ile pozitif korelasyon göstermesinden dolayı lezzet bozulmasının önemli bir göstergesidir (Zhou ve diğ. 2018). Gıdalardaki lipit oksidasyon seviyesini gösteren belirteç olarak hekzanal içeriğinin belirlenmesi daha önceki kuruyemiş, patates cipsi ve bebek maması gibi çalışmalarda da kullanılmıştır (Pastorelli ve diğ. 2007, Kaykhaii, ve diğ. 2007, Romeu-Nadal ve diğ. 2004). Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen hekzanal pik alanları, Şekil 3.22’de gösterilmektedir.

a



b



Şekil 3.22: Kabuklu ve kabuksuz cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları öncesinde ve sonrasında hekzanal pik alanları (a: Chandler b: Şebin).

Elde edilen sonuçlara göre hekzanal içeriğinin depolama koşullarından açıkça etkilendiği görülmektedir. Depolamanın sıfır zamanında uçucu aroma bileşenlerindeki hekzanalin alanı Chandler çeşidinde $1,15 \times 10^4$, Şebin çeşidinde ise $7,43 \times 10^4$ bulunmuştur. Ceviz örneklerinde bulunan hekzanal içeriğinin 12 ay sonunda tüm örneklerde arttığı görülmüştür, ancak depolama şartlarına göre artış oranları farklı olmuştur. Sonuçlardan hekzanal artışının sıcaklık, kabuk bulunma durumu ve paketleme tekniğinden etkilendiği görülmektedir. Kabuklu olarak depolanan cevizler aynı depolama şartlarında kabuksuz olarak depolanenlerle kıyaslandığında önemli oranda fark olduğu tespit edilmiştir. Depolama sonunda en yüksek hekzanal seviyesi, kabuksuz olarak normal atmosferde paketlenip $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanan ceviz örneklerinde bulunmuştur. Cevizler kabuklu olarak hava altında paketlenip $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolandığında hekzanalin alanı Chandler çeşidinde 17,4 kat Şebin çeşidinde ise 5,4 kat artmıştır. Ceviz örnekleri aynı şartlarda kabuksuz olarak depolandığında ise hekzanalin alanı Chandler çeşidinde 480 kat Şebin çeşidinde ise 67,3 kat artmıştır. Oksidasyonun sınırlandırılmasında vakum ve N_2 altında paketlemenin de etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca $4\text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta depolanan ceviz örneklerinde oluşan hekzanal $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanan ceviz örneklerine göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Bu çalışmaya benzer olarak Jensen ve diğ. (2003), kabuksuz ceviz örneklerini depoladığı çalışmada hekzanal içeriğine depolama koşullarının etkisini 13 ay boyunca incelemiştir. PE/hava, PET/hava ve PET/ N_2 ile paketlenmiş cevizler $21\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolandığında yüksek hekzanal içeriğine ulaşırken, PET/hava ve PET/ N_2 ile paketlenmiş cevizlerin $11\text{ }^\circ\text{C}$ 'de depolanması hekzanal oluşumunu önemli derecede azaltmıştır. Aynı şekilde Bakkalbaşı ve diğ. (2012) depolanan cevizlerdeki hekzanal içeriğinin yüksek sıcaklıkta daha fazla arttığını bildirmiştir.

3.3.10 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Yağ Asidi Kompozisyonları

Yağ asitlerinin miktarı ve doymamışlık düzeyleri oksidatif stabiliteyi etkileyen önemli bir faktördür. Yağ asidi bileşimindeki farklılıklar ürünün depolanabilirliğini ve raf ömrünü etkilemektedir. Ceviz, yüksek oranda doymamış yağ asitlerini içermesi nedeniyle lipit oksidasyonuna karşı oldukça duyarlıdır. Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de kabuklu ve kabuksuz olarak

depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen yağ asidi kompozisyonları Tablo 3.5 ve 3.6'da gösterilmektedir. Ceviz örneklerinin yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmesinde kullanılan örnek GC kromatogramı ise Şekil 3.23'te verilmiştir. Ceviz örneklerindeki toplam doymuş, tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oranları depolama başlangıcında sırasıyla, Chandler çeşidinde %9,01, %14,98 ve %76,01 ve Şebin çeşidinde ise %9,91, %24,48 ve %65,61 olarak tespit edilmiştir. Chandler ve Şebin ceviz yağları yaklaşık %90 gibi yüksek bir oranda doymamış yağ asidi içermektedir. Ceviz yağında en fazla bulunan yağ asitleri linoleik (C18:2), oleik (C18:1) ve linolenik (C18:3) asittir. Bu yağ asitleri sırasıyla, Chandler çeşidinde %61,37, %14,02 ve %14,64 ve Şebin çeşidinde ise %55, %21,45 ve %12,49 oranlarında bulunmaktadır. Daha az oranda bulunan doymuş yağ asitleri ise palmitik (C16:0) ve stearik asit (C18:0) sırasıyla, Chandler çeşidinde %5,96 ve %2,95 Şebin çeşidinde ise %7,21 ve %2,58 oranlarında tespit edilmiştir. Cevizde bulunan temel yağ asitleri C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 ve C18:3 genel olarak çalışmalarda verilmiştir (Gao ve diğ. 2019, Matthäus ve diğ. 2018, Zwarts ve diğ. 1999, Fu ve diğ. 2016). Bu yağ asitlerinin haricinde her iki çeşit cevizde de yaklaşık toplam %1 oranında, miristik (C14:0), palmitoleik (C16:1), araşidik (C20:0), eikosenoik (C20:1) ve oleik asit izomeri (C18:1 trans) tespit edilmiştir. Literatürde de ceviz yağında bulunan bu minör yağ asitleri bildirilmiştir (Amaral ve diğ. 2003, Crews ve diğ. 2005, Li ve diğ. 2007, Savage ve diğ. 1999, Christopoulos ve Tsantili 2015). Sonuçlar Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin, bireysel yağ asitleri yüzdelerinin birbirinden önemli ölçüde farklı olduğunu göstermektedir. Ceviz çeşitlerinin yağ asidi bileşimindeki farklılıklar cevizlerin oksidatif stabilitesinin farklı olmasına neden olabilir. Ceviz çeşitlerindeki çoklu doymamış yağ asidi toplam oranları (C18:2 + C18:3) yaklaşık olarak Chandler için %75 Şebin için ise %67 olarak belirlenmiştir ve bu durum Chandler çeşit ceviz yağının lipit okidasyonuna karşı daha hassas olabileceğini düşündürmektedir. Gharibzahedi ve diğ. (2014) üç ceviz çeşidinin yağ asitleri profilini incelediği çalışmada miristik, palmitik, palmitoleik, stearik, oleik, linoleik, linolenik ve eikosenoik asitlerini tespit etmiş ve ceviz yağlarında bulunan başlıca linoleik, oleik ve linolenik asit içeriklerinin sırasıyla %50,15-51,36, %23,47-25,13 ve %10,48-12,04 arasında olduğunu bildirmiştir. Diğer tespit ettiği yağ asitleri ise miristik, palmitik, palmitoleik ve stearik asit sırasıyla %0,39-0,43, %8,74-11,21, %0,15-0,26 ve %2,52-4,45 seviyelerinde belirlemiştir.

Tablo 3.5: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 12 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri^{a, b}

Depolama şekli	Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	Palmitik asit (C16:0)	Stearik asit (C18:0)	Oleik asit (C18:1)	Linoleik asit (C18:2)	α -Linolenik asit (C18:3)	Diğer yağ asitleri
KABUKLU	Başlangıç	--		5,96 ± 0,00	2,95 ± 0,04	14,02 ± 0,82	61,37 ± 0,64	14,64 ± 0,57	1,06 ± 0,03
			Hava	5,58 ± 0,04	3,12 ± 0,01	14,88 ± 0,02	61,62 ± 0,02	13,81 ± 0,01	1,01 ± 0,01
			Vakum	5,91 ± 0,02	3,12 ± 0,00	13,38 ± 0,01	62,29 ± 0,03	14,30 ± 0,04	1,02 ± 0,01
	Depolama sonu (12. ay)	20 °C	N ₂	6,00 ± 0,06	3,03 ± 0,01	13,42 ± 0,04	62,82 ± 0,04	13,74 ± 0,03	1,02 ± 0,01
			Hava	5,88 ± 0,02	2,98 ± 0,02	16,94 ± 0,02	59,99 ± 0,03	13,18 ± 0,01	1,02 ± 0,01
			Vakum	6,15 ± 0,06	3,09 ± 0,02	15,20 ± 0,03	60,69 ± 0,04	13,85 ± 0,08	1,02 ± 0,01
		4 °C	N ₂	6,01 ± 0,07	2,97 ± 0,10	14,73 ± 0,15	61,73 ± 0,17	13,55 ± 0,02	1,01 ± 0,01
			Hava	5,88 ± 0,02	2,98 ± 0,02	16,94 ± 0,02	59,99 ± 0,03	13,18 ± 0,01	1,02 ± 0,01
			Vakum	6,15 ± 0,06	3,09 ± 0,02	15,20 ± 0,03	60,69 ± 0,04	13,85 ± 0,08	1,02 ± 0,01
KABUKSUZ	Başlangıç	--		5,96 ± 0,00	2,95 ± 0,04	14,02 ± 0,82	61,37 ± 0,64	14,64 ± 0,57	1,06 ± 0,03
			Hava	5,77 ± 0,04	3,00 ± 0,01	14,23 ± 0,01	61,88 ± 0,03	14,12 ± 0,01	1,04 ± 0,01
			Vakum	5,68 ± 0,03	3,19 ± 0,04	14,40 ± 0,04	61,97 ± 0,01	13,74 ± 0,05	1,03 ± 0,01
	Depolama sonu (12. ay)	20 °C	N ₂	5,75 ± 0,14	3,00 ± 0,01	13,80 ± 0,02	62,27 ± 0,06	14,17 ± 0,08	1,02 ± 0,02
			Hava	5,73 ± 0,04	3,02 ± 0,02	13,57 ± 0,04	61,89 ± 0,02	14,76 ± 0,03	1,03 ± 0,01
			Vakum	5,75 ± 0,06	3,08 ± 0,03	14,08 ± 0,46	61,57 ± 0,20	14,48 ± 0,33	1,03 ± 0,02
		4 °C	N ₂	5,80 ± 0,03	3,10 ± 0,06	14,33 ± 0,50	61,43 ± 0,23	14,32 ± 0,35	1,02 ± 0,01
			Hava	5,73 ± 0,04	3,02 ± 0,02	13,57 ± 0,04	61,89 ± 0,02	14,76 ± 0,03	1,03 ± 0,01
			Vakum	5,75 ± 0,06	3,08 ± 0,03	14,08 ± 0,46	61,57 ± 0,20	14,48 ± 0,33	1,03 ± 0,02

^a Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

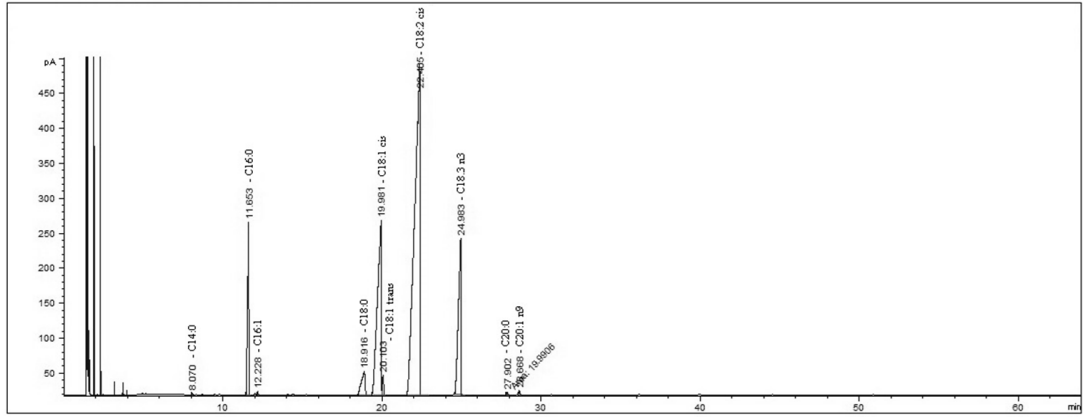
^b Depolama boyunca yağ asitlerinde gözlenen değişimlerin hesabı ve istatistikleri integral alanı üzerinden yapılmıştır.

Tablo 3.6: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 12 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri^{a, b}

Depolama şekli	Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	Palmitik asit (C16:0)	Stearik asit (C18:0)	Oleik asit (C18:1)	Linoleik asit (C18:2)	α -Linolenik asit (C18:3)	Diğer yağ asitleri
KABUKLU	Başlangıç	--		7,21 ± 0,26	2,58 ± 0,08	21,45 ± 2,21	55,00 ± 2,25	12,49 ± 0,33	1,28 ± 0,03
			Hava	6,91 ± 0,14	2,70 ± 0,03	22,22 ± 0,08	54,95 ± 0,08	13,81 ± 0,01	1,22 ± 0,01
			Vakum	6,97 ± 0,09	2,68 ± 0,01	20,31 ± 0,06	55,49 ± 0,03	13,33 ± 0,03	1,22 ± 0,01
	Depolama sonu (12. ay)	20 °C	N ₂	6,98 ± 0,11	2,78 ± 0,02	21,50 ± 0,08	54,51 ± 0,06	13,03 ± 0,01	1,20 ± 0,01
			Hava	7,61 ± 0,07	2,46 ± 0,01	23,70 ± 0,09	52,51 ± 0,02	12,42 ± 0,03	1,29 ± 0,02
			Vakum	7,33 ± 0,03	2,66 ± 0,02	21,46 ± 0,02	54,94 ± 0,04	12,37 ± 0,03	1,24 ± 0,01
		4 °C	N ₂	7,07 ± 0,08	2,53 ± 0,01	19,44 ± 0,03	56,66 ± 0,05	13,09 ± 0,01	1,21 ± 0,01
			Hava	7,61 ± 0,07	2,46 ± 0,01	23,70 ± 0,09	52,51 ± 0,02	12,42 ± 0,03	1,29 ± 0,02
			Vakum	7,33 ± 0,03	2,66 ± 0,02	21,46 ± 0,02	54,94 ± 0,04	12,37 ± 0,03	1,24 ± 0,01
KABUKSUZ	Başlangıç	--		7,21 ± 0,26	2,58 ± 0,08	21,45 ± 2,21	55,00 ± 2,25	12,49 ± 0,33	1,28 ± 0,03
			Hava	6,81 ± 0,03	2,57 ± 0,05	21,52 ± 0,09	55,61 ± 0,10	12,18 ± 0,07	1,31 ± 0,01
			Vakum	6,87 ± 0,16	2,94 ± 0,20	20,12 ± 0,06	56,06 ± 0,37	12,77 ± 0,06	1,24 ± 0,01
	Depolama sonu (12. ay)	20 °C	N ₂	7,59 ± 0,95	3,20 ± 0,74	20,81 ± 1,26	54,84 ± 2,23	12,25 ± 0,83	1,32 ± 0,12
			Hava	6,90 ± 0,03	2,81 ± 0,04	19,46 ± 0,98	57,27 ± 0,06	11,78 ± 0,08	1,78 ± 0,96
			Vakum	7,22 ± 0,10	2,65 ± 0,00	18,87 ± 0,01	57,31 ± 0,08	12,68 ± 0,03	1,27 ± 0,01
		4 °C	N ₂	7,26 ± 0,08	2,68 ± 0,02	19,58 ± 0,01	56,16 ± 0,08	13,04 ± 0,02	1,28 ± 0,01
			Hava	6,90 ± 0,03	2,81 ± 0,04	19,46 ± 0,98	57,27 ± 0,06	11,78 ± 0,08	1,78 ± 0,96
			Vakum	7,22 ± 0,10	2,65 ± 0,00	18,87 ± 0,01	57,31 ± 0,08	12,68 ± 0,03	1,27 ± 0,01

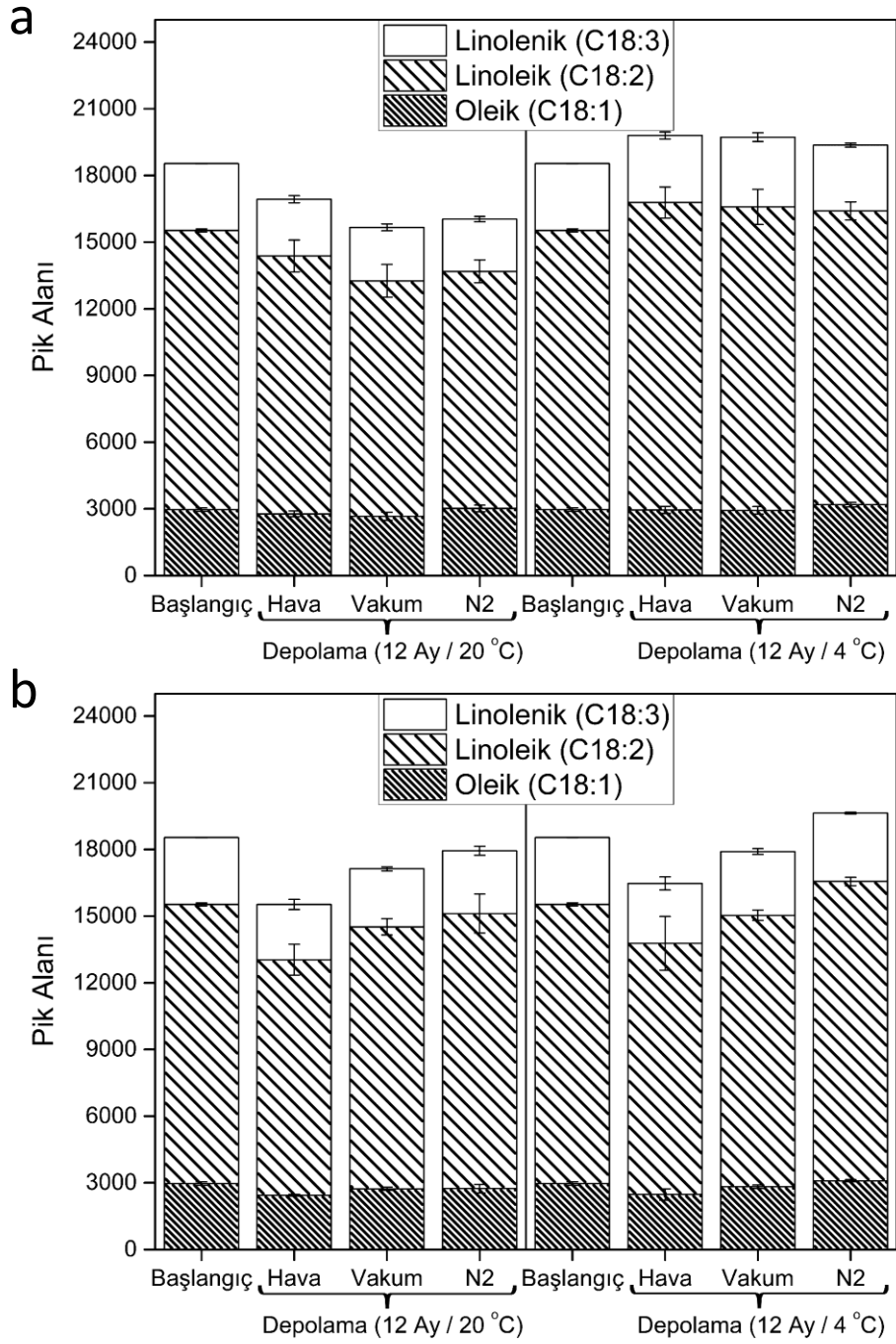
^a Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

^b Depolama boyunca yağ asitlerinde gözlenen değişimlerin hesabı ve istatistikleri integral alan üzerinden yapılmıştır.

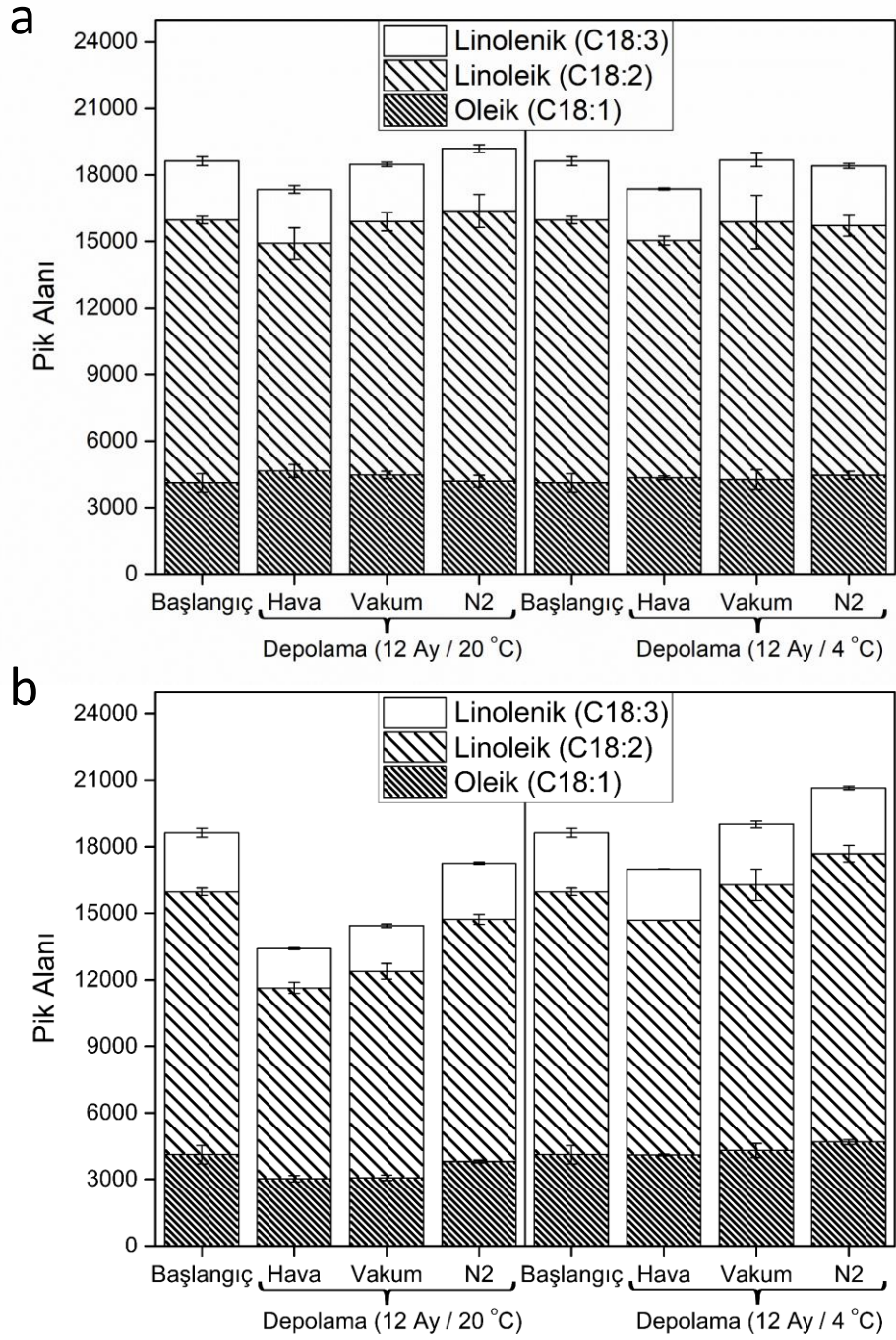


Şekil 3.23: Ceviz örneğinde yağ asidi kompozisyonunu gösteren örnek kromatogram

Depolama sonunda Chandler ve Şebin çeşidi ceviz örneklerinin yağ asitlerinin pik alanları değişimi incelendiğinde sıcaklık (4 °C veya 20 °C), depolanma şekli (kabuğun varlığı veya yokluğu), paketleme tekniği gibi koşulların önemli etkisi olduğu görülmüştür (Şekil 3.24 ve Şekil 3.25). Buna göre 4 °C’de kabuklu olarak depolanan cevizlerin (Chandler ve Şebin) tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin tüm paketleme tekniklerinde zamanla önemli oranda değişmediği tespit edilmiştir. Aynı sıcaklıkta kabuksuz olarak depolanan cevizlerden Chandler çeşidinin hem tekli hem de çoklu doymamış yağ asitleri N₂ ve vakum altında paketlenen örneklerde korunmuştur. Yine bu sıcaklıkta Şebin çeşidinin tekli doymamış yağ asitleri tüm paketleme tekniklerinde korunurken çoklu doymamış yağ asitleri ise N₂ ve vakum altında paketlenen örneklerde korunmuştur. Ancak 20 °C’de depolanan ceviz örnekleri incelendiğinde ise; genel olarak tekli ve çoklu doymamış yağ asitlerinin N₂ altında paketlenen örneklerde korunduğu belirlenmiştir. Yağ asiti alan değişimleri incelendiğinde ceviz örneklerindeki doymamış yağ asitleri değişimi en fazla kabuksuz olarak hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan örneklerde olmuştur. Oksidasyonun en az ise kabuklu olarak N₂ altında paketlenip 4 °C’de depolanan ceviz örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca cevizin depolanmasında çeşidin de önemli olduğu ve bu çalışmada kullanılan ceviz çeşitlerinden yağ asitlerindeki değişime göre Şebin çeşidinin depolamaya daha uygun olduğu görülmüştür. Yağ asitlerinin oksidasyonunu engellemek için cevizlerin kabuklu olarak N₂ altında paketlenip 4 °C’de depolanması uygun bir yöntem olduğu düşünülmüştür.



Şekil 3.24: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 12 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.25: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 12 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.3.11 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin İyot Sayıları

Bitkisel yağların karakterizasyonunda ve tanımlanmasında iyot değeri önemlidir (Nduka ve diğ. 2021). İyot sayısı, doymamış yağ asitleri tarafından kullanılan iyot miktarını ifade etmektedir. İyot sayısı, yağların oksidatif stabilitesini, doymamışlık derecesini ve tazeliğini belirlemede kullanılmaktadır (Nabilah ve diğ. 2021). İyot sayısının yüksek olması doymamışlık derecesinin ve dolayısıyla da oksidasyon hızının yüksek olduğunu göstermektedir. Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen iyot sayıları Tablo 3.7’de gösterilmektedir.

Tablo 3.7: Kabuklu ve kabuksuz cevizlerin (Chandler ve Şebin) farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 12 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında iyot sayıları^{a, b, c}

Depolama şekli	Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	Chandler	Şebin	
KABUKLU	Başlangıç	--		156,86 ± 1,57Aa	146,61 ± 2,41Aa	
			Hava	155,86 ± 0,05Aa	144,08 ± 0,02Ba	
	Depolama sonu (12. ay)	20 °C	Vakum	156,99 ± 0,05Aa	146,20 ± 0,07ABa	
			N ₂	156,51 ± 0,16Aa	149,32 ± 0,13Aa	
			Hava	153,160 ± 0,02Ab	145,88 ± 0,24Aa	
		4 °C	Vakum	154,64 ± 0,25Aa	148,68 ± 0,11Aa	
			N ₂	155,22 ± 0,21Aa	147,22 ± 0,14Aa	
	KABUKSUZ	Başlangıç	--		156,86 ± 1,57Aa	146,61 ± 2,41Aa
				Hava	156,57 ± 0,08Aa	146,94 ± 0,91Aa
Depolama sonu (12. ay)		20 °C	Vakum	156,86 ± 0,11Aa	148,89 ± 0,22Aa	
			N ₂	156,99 ± 0,30Aa	148,47 ± 0,20Aa	
			Hava	157,69 ± 0,05Aa	146,93 ± 0,27Aa	
		4 °C	Vakum	156,85 ± 0,80Aa	148,03 ± 0,74Aa	
			N ₂	156,39 ± 0,88Aa	145,14 ± 4,94Aa	

a Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

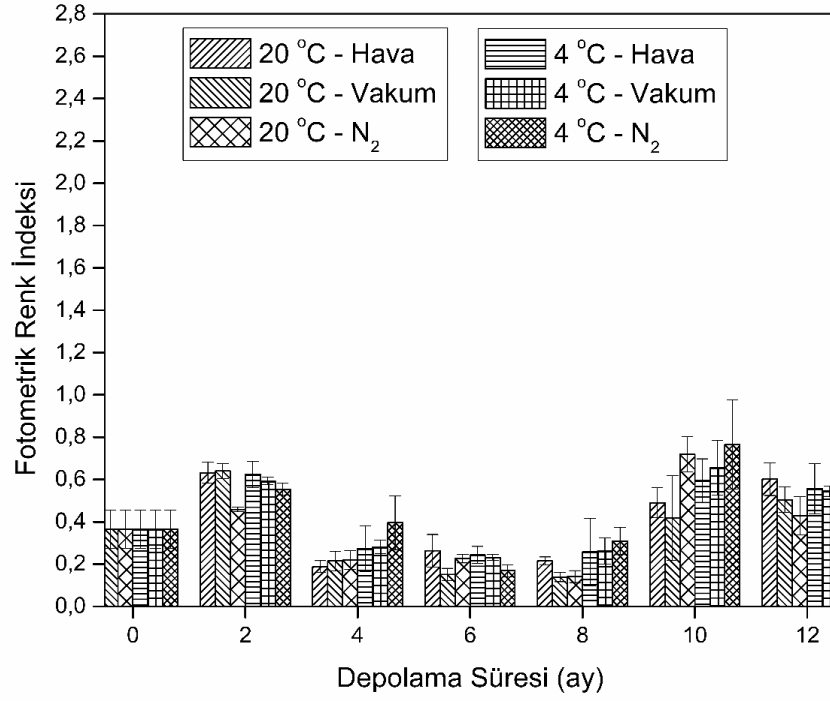
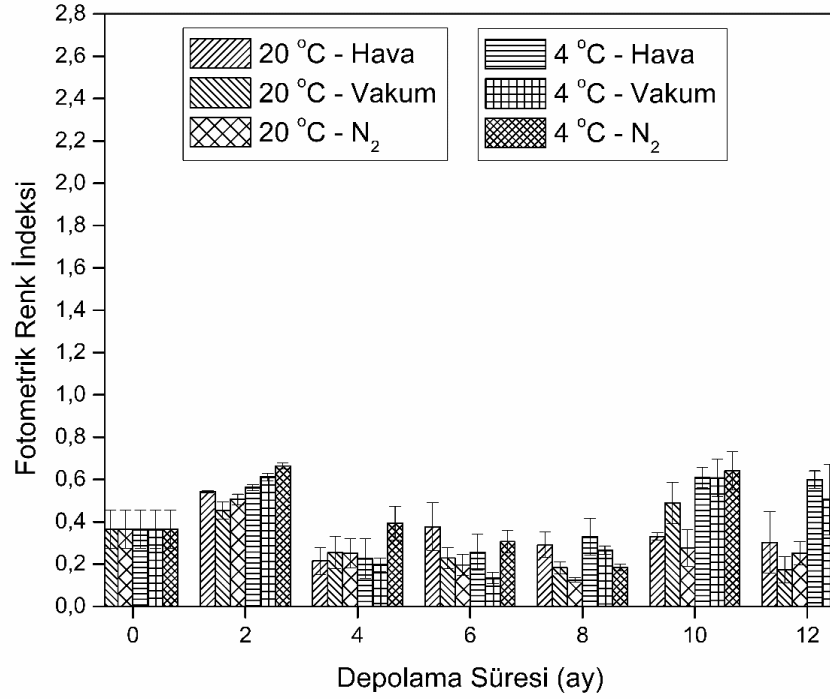
b Büyük harfle gösterilen farklı harfler, farklı paketleme teknikleri arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (p<0,05).

c Küçük harflerle gösterilen farklı harfler, kabuklu ve kabuksuz cevizler arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (p<0,05).

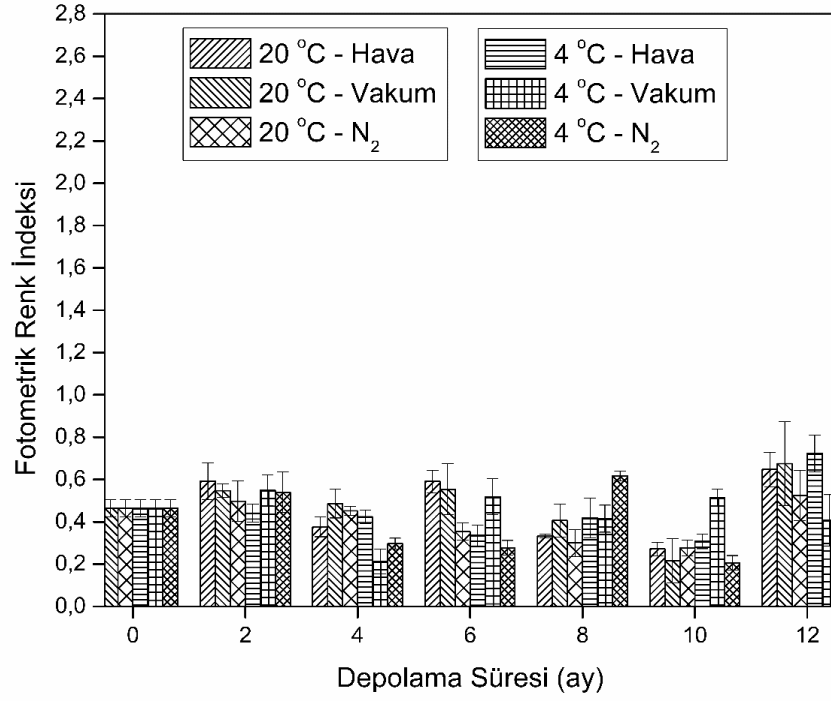
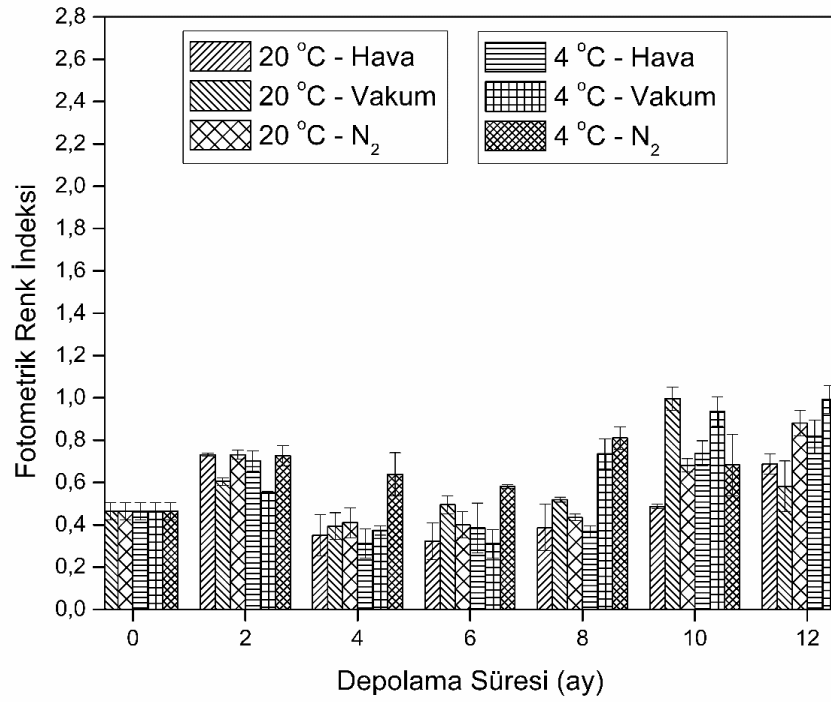
Depolamanın başlangıcında ceviz örneklerinin iyot sayıları, Chandler için $156,86 \pm 1,57$ ve Şebin için $146,61 \pm 2,41$ olarak bulunmuştur. Bu bulgular; önceki çalışmalarda ceviz yağları için bildirilen iyot sayıları ile de uyumludur (Gharibzahedi ve diğ. 2014, Martínez ve diğ. 2013). Şebin çeşidi, Chandler çeşidine göre daha düşük oranda doymamış yağ asidi içermesi nedeniyle iyot sayısı daha düşük bulunmuştur. Farklı koşullarda 12 ay depolanan ceviz örneklerinin iyot değerleri depolama sonunda Chandler için 153,16-157,69 Şebin için 145,14-149,32 aralığında saptanmıştır. Depolama başında ve sonunda Chandler çeşidinin yağı Şebin çeşidinin yağına göre daha yüksek iyot sayısı sergilemiştir. 12 aylık depolama sürecinde iyot değerinde kısmi değişimler olmuştur ancak gerçekleştirilen istatistik analiz sonucuna göre bu değişimlerin anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

3.3.12 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Kabuklu ve Kabuksuz Ceviz Örneklerinin Fotometrik Renk İndeksleri

Bitkisel yağların yeşilimsi sarımsı rengi, başta karotenoidler ve klorofiller olmak üzere çeşitli pigmentlerden kaynaklanmaktadır (Rabadán ve diğ. 2018^b). Ceviz çeşitlerinde klorofil miktarları 3,3-9,9 mg/kg olarak karotenoid ise 4,2-7,3 mg/kg olarak bildirilmiştir (Ojeda-Amador ve diğ. 2018). Bitkilerdeki pigmentler, çeşitten, çevresel koşullardan ve yetiştirme uygulamalarından etkilenmektedir. Renk özelliklerine katkılarına ek olarak, pigmentler bitkisel yağların oksidatif stabilitesinde de önemli bir rol oynayabilirler (Torres ve diğ. 2011). Farklı tekniklerle paketlenip 12 ay boyunca 4 ve 20 °C’de kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan Chandler ve Şebin ceviz çeşitlerinin fotometrik renk indeksleri, Şekil 3.26 ve Şekil 3.27’de gösterilmektedir. Fotometrik renk indeksleri incelendiğinde sistematik bir değişim olmadığı görülmektedir. Bazı dalgalanmaların olması cevizin bileşiminde bulunan biyoaktif bileşiklerdeki değişimden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla ilgili olarak zeytinyağının 12 ay boyunca farklı ambalajlarda depolandığı çalışmada karotenoid ve klorofil pigmentlerinde depolama boyunca artış azalışlar tespit edilmiştir (Dabbou ve diğ. 2011). Ceviz yağlarının farklı sıcaklıklarda depolandığı çalışmalarda da fotometrik renk indeksinde dalgalanmalar tespit edilmiştir (Sandulachi ve Tatarov 2014, Sandulachi ve diğ. 2019).

a**b**

Şekil 3.26: Kabuklu ve kabuksuz Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince fotometrik renk indeksleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

a**b**

Şekil 3.27: Kabuklu ve kabuksuz Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince fotometrik renk indeksleri (a: kabuklu, b: kabuksuz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

Depolamanın başlangıcında ceviz örneklerinin fotometrik renk indeksleri, Chandler için $0,36\pm 0,09$ ve Şebin için $0,46\pm 0,04$ olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca fotometrik renk indeksleri Chandler çeşidi ceviz için, kabuklu depolanan örneklerde $0,14-0,76$ ve kabuksuz depolanan örneklerde $0,17-0,66$ arasında değişmiştir. Şebin çeşidi ceviz için ise kabuklu depolanan örneklerde $0,31-0,70$ ve kabuksuz depolanan örneklerde $0,31-1,15$ arasında değişim göstermiştir. Sandulachi ve diğ. (2019) ceviz yağlarını ışık ve karanlık ortamda $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 180 gün depoladığı çalışmada ceviz yağının renginin, ışık altında depolananların $1,46-4,68$ aralığında karanlıkta depolananların ise $0,97-5,24$ aralığında dalgalanarak değiştiğini tespit etmiştir.

Fotometrik renk indeksi belirlenirken spektrometrik yöntem kullanılmakta olup dört dalga boyunda yapılan spektral absorpsiyon ölçümleri, matematiksel bir ifadede birleştirilmektedir. Bu değerler ceviz veya diğer kuruyemiş yağlarının renginin belirlenmesi için pek tercih edilmediği daha çok kızartma işlemi gibi ısı işlem uygulanan yağ çalışmalarında kullanıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca literatürde fotometrik renk indeksinin yağ kalitesinin belirlenmesinde güvenilir bir gösterge olmadığı belirtilmektedir (Sanibal ve Mancini-Filho 2004, Takeoka ve diğ. 1997).

3.4 Açık ve Koyu Renkli Öğütülmüş Şebin Cevizlerin Farklı Depolama Koşullarında Kalitesinin İncelenmesi

3.4.1 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Paket İçi Gaz Bileşimleri

Öğütülmüş açık ve koyu renkli cevizlerin 4 ve $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 6 ay depolanmaları boyunca tespit edilen paket içi gaz bileşimi Tablo 3.8'de verilmiştir.

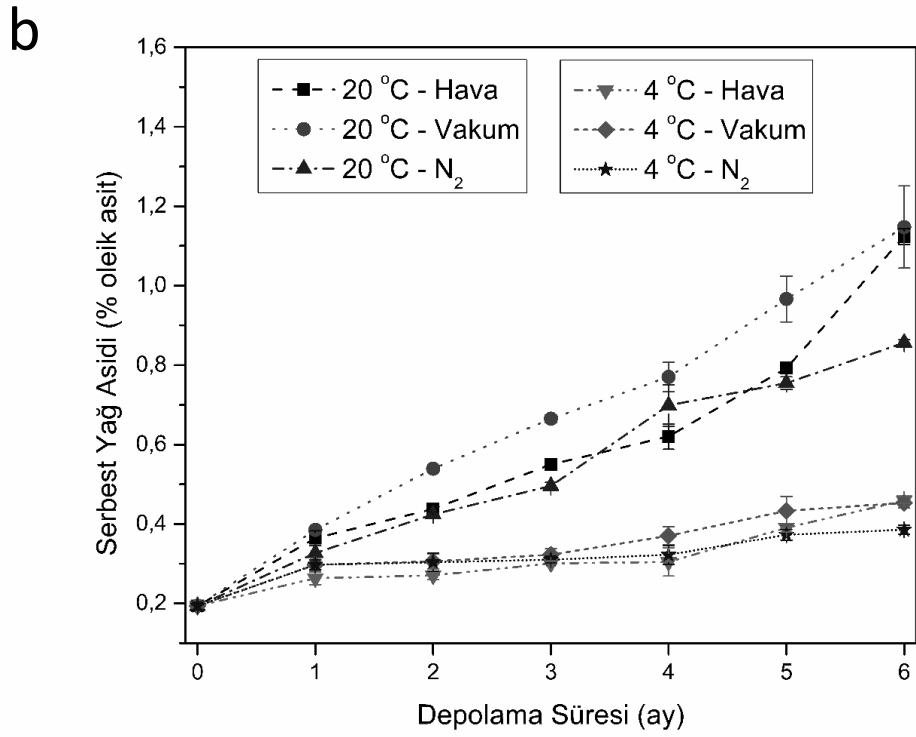
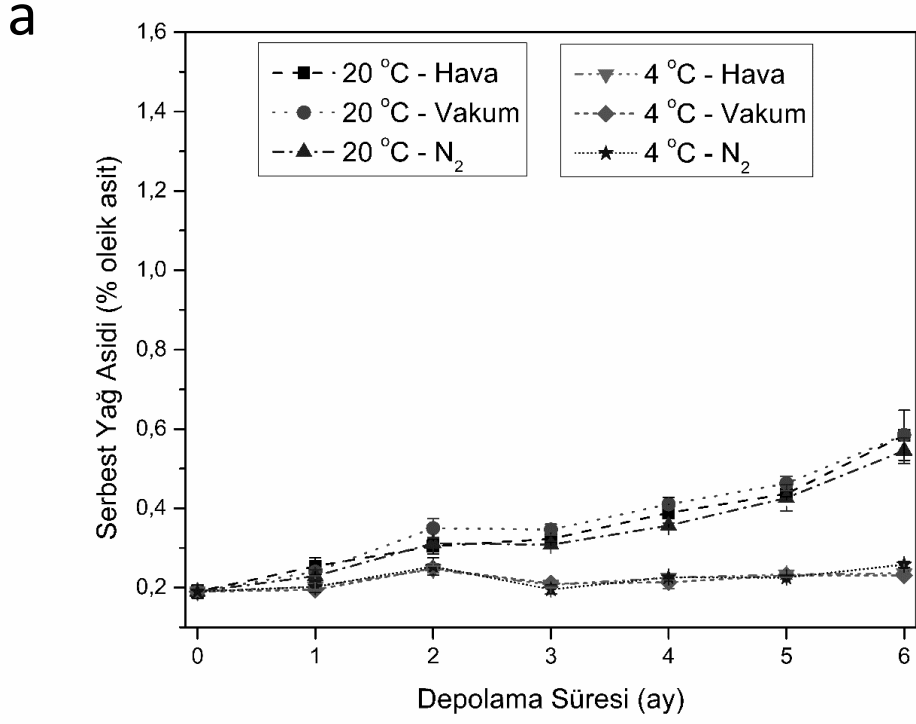
Tablo 3.8: Öğütülmüş Şebın ceviz paketlerinin 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince paket içi gaz bileşimi yüzdeleri

Cevizin rengi	Depolama sıcaklığı	Paketleme şekli	Gaz	Depolama süresi														
				Başlangıç		1. ay		2. ay		3. ay		4. ay		5. ay		6. ay		
				ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	
AÇIK	20 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	21,0	0,1	20,9	0,1	21,1	0,1	20,4	0,0	19,8	0,1	20,1	0,2	20,3	0,6	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,4	0,1
			N ₂	79,1	0,0	79,2	0,1	78,9	0,1	79,6	0,0	79,9	0,1	79,8	0,0	79,3	0,4	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
			N ₂	100,0	0,0	100,0	0,0	100,0	0,1	99,9	0,1	99,8	0,0	99,8	0,0	99,7	0,0	
	4 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	21,0	0,1	20,8	0,0	20,8	0,0	20,8	0,1	20,6	0,0	21,1	0,0	21,1	0,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	
			N ₂	79,1	0,1	79,2	0,0	79,3	0,0	79,3	0,1	79,4	0,0	78,9	0,0	78,9	0,0	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			N ₂	100,0	0,0	100,0	0,0	99,9	0,1	100,0	0,0	100,0	0,0	99,9	0,0	100,0	0,0	
KOYU	20 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	20,9	0,1	20,7	0,1	20,4	0,1	19,8	0,1	19,6	0,0	19,3	0,2	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,5	0,0	0,7	0,1	
			N ₂	79,1	0,0	79,2	0,1	79,3	0,1	79,5	0,1	79,9	0,1	79,9	0,0	80,1	0,1	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,2	0,3	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	
			N ₂	100,0	0,0	100,0	0,1	99,9	0,0	99,9	0,0	99,8	0,0	99,7	0,0	99,7	0,2	
	4 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,0	20,9	0,0	21,1	0,0	20,7	0,0	20,6	0,0	20,9	0,0	21,2	0,1	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			N ₂	79,1	0,0	79,1	0,0	78,9	0,0	79,3	0,0	79,4	0,0	79,1	0,0	78,9	0,1	
		Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	
			CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
			N ₂	100,0	0,0	100,0	0,1	100,0	0,0	100,0	0,1	99,9	0,0	99,9	0,0	99,8	0,1	

Normal atmosferde paketlenen ceviz örneklerinin 6 ay depolanmaları boyunca paket içindeki O₂, CO₂ ve N₂ gaz konsantrasyonları sırasıyla %19,3-21,2, %0,0-0,7 ve %78,9-80,1 arasında değiştiği görülmektedir. N₂ gazı altında paketlenen ceviz örneklerinin ise O₂, CO₂ ve N₂ gaz konsantrasyonları sırasıyla %0,0-0,3, %0,0-0,1 ve %99,7-100,0 arasında değişmiştir. Depolama sıcaklığının paket içi gaz bileşimi üzerinde önemli bir etkisi tespit edilmemiştir. Başlangıçtaki paket içi gaz bileşimlerinin 6 aylık depolama süresince genel olarak korunduğu saptanmıştır. Paket içi gaz bileşimindeki küçük ve ihmal edilebilir değişikliklerin, kullanılan ambalaj malzemesinin yüksek bariyer özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Literatürde de “etilen vinil alkol” tabakasını içeren lamine ambalaj materyallerinin yüksek bariyer özelliklerine sahip olduğu (Mokwena ve Tang 2012) ve ceviz (Jensen ve diğ. 2003), badem (Mexis ve diğ. 2009^b) paketlerinde atmosferin korunmasında etkili olduğu rapor edilmiştir.

3.4.2 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Değerleri

Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan açık ve koyu renkli cevizlerin serbest yağ asidi değerleri, Şekil 3.28’de gösterilmektedir. Hem açık hem de koyu renkli cevizlerin başlangıç serbest yağ asidi değerleri %0,19 oleik asit (sırasıyla 0,02 ve 0,01 standart sapmaları ile) olarak tespit edilmiştir. Koyu renkli cevizlerin serbest yağ asidi değerleri her iki depolama sıcaklığında da açık renkli olanlardan daha hızlı artmıştır. Nitekim açık ve koyu renkli cevizlerin 20 °C’de 6 aylık depolama sonunda elde edilen serbest yağ asidi değerleri, başlangıç değerine göre sırasıyla 2,9-3,1 ve 4,5-6,1 kat artmıştır. Bununla birlikte, koyu renkli cevizlerin 4 °C’de depolanması sırasındaki serbest yağ asidi değerleri düşük ve kararlı olduğu görülmüştür. Ancak koyu renkli cevizlerin 20 °C’de depolanması sırasındaki serbest yağ asidi değerleri sürekli olarak (bazı durumlarda %1 oleik asidin üzerine kadar) artmıştır.

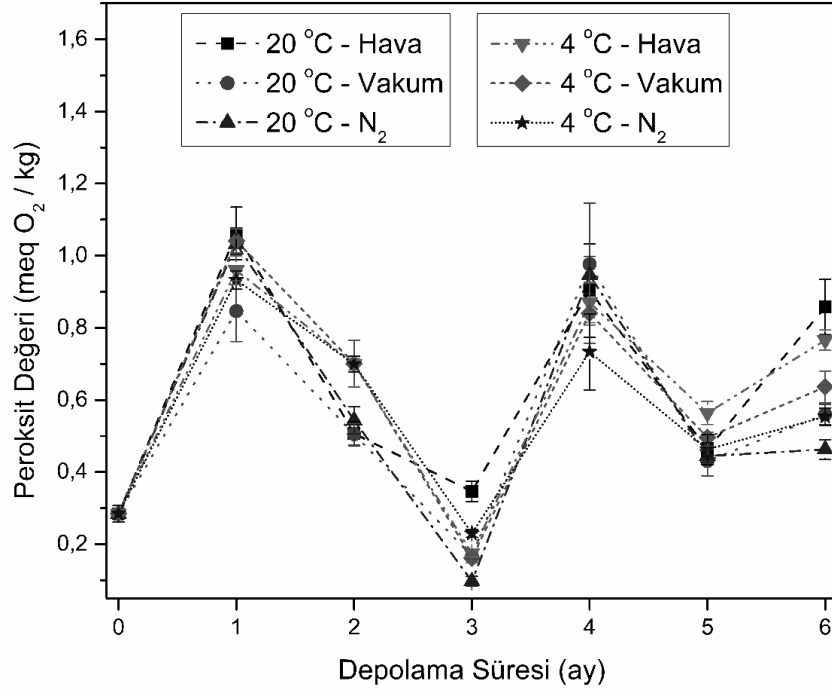
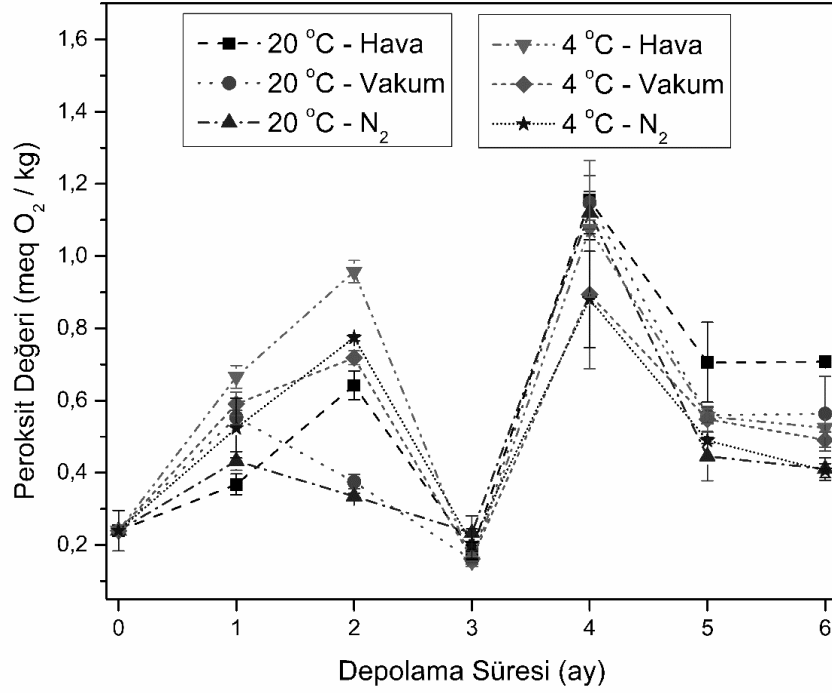


Şekil 3.28: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

N₂ altında paketleme tekniği uygulanan ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerleri, diğerlerine göre önemli düzeyde ($p<0,05$) daha düşük bulunmuştur (4 °C’de depolanmış açık renkli ceviz örnekleri hariç). Buradan, koşullar (ceviz içinin rengi, depolama sıcaklığı, vb.) uygunsa N₂ altında paketlemeye gerek olmadığı sonucu çıkarılabilir. Bununla birlikte, koyu renkli ceviz örnekleri depolanırken, depolama sıcaklığı yeterince düşük değilse, N₂ altında paketleme tekniği serbest yağ asidi değerinin artışını en aza indirmek için etkili bir yöntem olarak kullanılabilir. İstatiksel olarak önemli olmamasına rağmen vakum paketlenen açık ve koyu renkli cevizlerin 20 °C’de depolanmaları sonundaki serbest yağ asidi değerleri, diğer örneklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Bu duruma, ceviz parçalarına uygulanan vakum sırasında parçacıkların sıkıştırılması ve bu sırada hasarlanan hücrelerden yağ sızmasının neden olduğu düşünölmektedir. Çünkü hücrelerden dışarı sızan yağın enzimatik ve kimyasal reaksiyonlara daha hızlı karışabildiği ve bu nedenle serbest yağ asidi değeri daha fazla artabildiği bilinmektedir (Evren 2011).

3.4.3 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütölmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Peroksit Değerleri

Peroksitler, lipit oksidasyonun ana ürünleridir. Bu peroksitler daha sonra üründe acılaşıma ve ransit tat gibi bazı istenmeyen değişikliklere neden olan çeşitli ikincil ürünlere dönüşmektedir. Cevizin peroksit değeri için belirlenmiş standart bir eşik değer olmamakla birlikte araştırmacılar tarafından farklı değerler önerilmiştir. Bazı ceviz firmalarına göre kabul edilebilir ceviz için peroksit değerinin 1 meq O₂/kg yağ’dan düşük olması gerekmektedir (Christopoulos ve Tsantili 2015). Buransompob ve diğ. (2003) tarafından yapılan çalışmada ise peroksit değerleri 3 meq O₂/kg yağ’ın altında olan cevizler kabul edilebilir. Mexis ve diğ. (2009^a) ise çalışmasında duyuşsal panel sonuçlarına göre 10 meq O₂/kg yağ peroksit değerine sahip cevizler bile tüketilebilir olarak belirlenmiştir. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan açık ve koyu renkli cevizlerin peroksit değerleri, Şekil 3.29’da gösterilmektedir. Açık ve koyu renkli cevizlerin başlangıç peroksit değerleri sırasıyla 0,28±0,02 ve 0,24±0,06 meq O₂/kg yağ bulunmuştur.

a**b**

Şekil 3.29: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

Genel olarak, depolanan tüm ceviz örneklerinde peroksit değerleri açısından benzer değişim eğilimleri gözlenmiştir. Peroksit değerleri ilk ay sonunda artmış, üçüncü ayın sonunda minimuma inmiştir. Ardından dördüncü ayın sonunda peroksit değerleri tekrar yükselmiştir. Bu bulgulardan, bozulma oranının, depolamanın üçüncü ayında peroksitlerin oluşum oranından daha yüksek olduğu sonucuna varılabilir. Peroksit değerlerindeki azalma, peroksitlerin kararsız olduğunu ve aldehitler, ketonlar vb. gibi diğer bileşiklere ayrışabileceğini göstermektedir. Diğer kuruyemişlerin peroksit değerlerinde de benzer dalgalanmalar başka araştırmacılar tarafından da gözlenmiştir (Lin ve diğ. 2012, Belviso ve diğ. 2017, Turan 2018). Bu durum peroksitlerin kararsız doğası ve bunların bitkisel yağlarda aynı anda oluşup parçalanması nedeniyle olabilir (Huyan ve diğ. 2019). Ding ve diğ. (2015)'e göre peroksit değerlerinde gözlenen artış ve düşüşler, kararsız lipoksigenaz aktivitesi ile ilişkili olabilir. Öte yandan, depolama sırasında fındık (Ghirardello ve diğ. 2013) ve badem (Raisi ve diğ. 2015) peroksit değerlerinde tutarlı artışlar da gözlenmiştir. Bu durumun çeşit, hasat öncesi ve sonrası uygulamalar, depolama koşulları vb. arasındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Tarafımızca gerçekleştirilen çalışmada tüm örneklerdeki peroksit değerleri, 6 aylık depolama sonunda başlangıçtaki değerden önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). Farklı paketleme teknikleri, hem açık hem de koyu renkli cevizlerin peroksit değerlerinde bazı farklılıklara neden olmuştur, ancak bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p > 0,05$). N_2 altında paketlenmiş badem (García-Pascual ve diğ. 2003) ve yer fıstığı (Wilkin ve diğ. 2014) için benzer bulgular rapor edilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, depolama sıcaklığı cevizlerin peroksit değerleri üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Cevizlerin peroksit değerlerinin 4 ve 20 °C'de depolandığında sırasıyla 0,15-1,08 meq O_2 /kg yağ ve 0,10-1,15 meq O_2 /kg yağ arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bakkalbaşı ve diğ. (2012) vakum altında paketlediği ceviz içini 12 ay boyunca 3 farklı sıcaklıkta depolamıştır. Cevizlerin peroksit değerlerinin 10 °C ve 20 °C'de düşük ve dalgalansa da neredeyse stabil olduğunu, ancak 30 °C'de depolama boyunca sistematik olarak arttığını belirtmiştir. Villarreal-Lozoya ve diğ. (2009) 134 gün boyunca 40 °C'de pekan cevizini depolamıştır ve peroksit değerleri 2 meq O_2 /kg yağ'a ulaşmıştır. En yüksek peroksit değeri (1,15 meq O_2 /kg yağ), hava altında paketlenen ve 4 ay boyunca 20 °C'de depolanan koyu renkli ceviz örneklerinde tespit edilmiştir. Bu değer bile ceviz için

önerilen eşik peroksit değerinden daha düşüktür (Buransompob ve diğ. 2003, Mexis ve diğ. 2009^a). Crowe ve diğ. (2002), okside olmamış ve okside olmuş (8 gün boyunca 60 °C’de depolanan) ceviz parçaları ile bir çalışma gerçekleştirmiştir. Okside olmamış ve okside olmuş örneklerde sırasıyla 0,06-1,58 ve 5,02-12,37 meq O₂/kg yağ peroksit değerlerini belirlemiştir. Zajdenweg ve diğ. (2011) panelistlerin, ransit lezzetleri nedeniyle peroksit değeri 18,8 meq O₂/kg yağ’ın üzerinde olan Brezilya fıncığı örneklerini reddettiğini bildirmiştir. Sonuçlarımıza göre, 6 ay boyunca depolanan hem açık hem de koyu renkli ceviz örneklerinin peroksit değerleri 1,5 meq O₂/kg yağ’ın altında kalmıştır. Bu nedenle, bu çalışmadaki tüm ceviz örneklerinin peroksit değeri açısından kabul edilebilir olduğu sonucuna varılabilir.

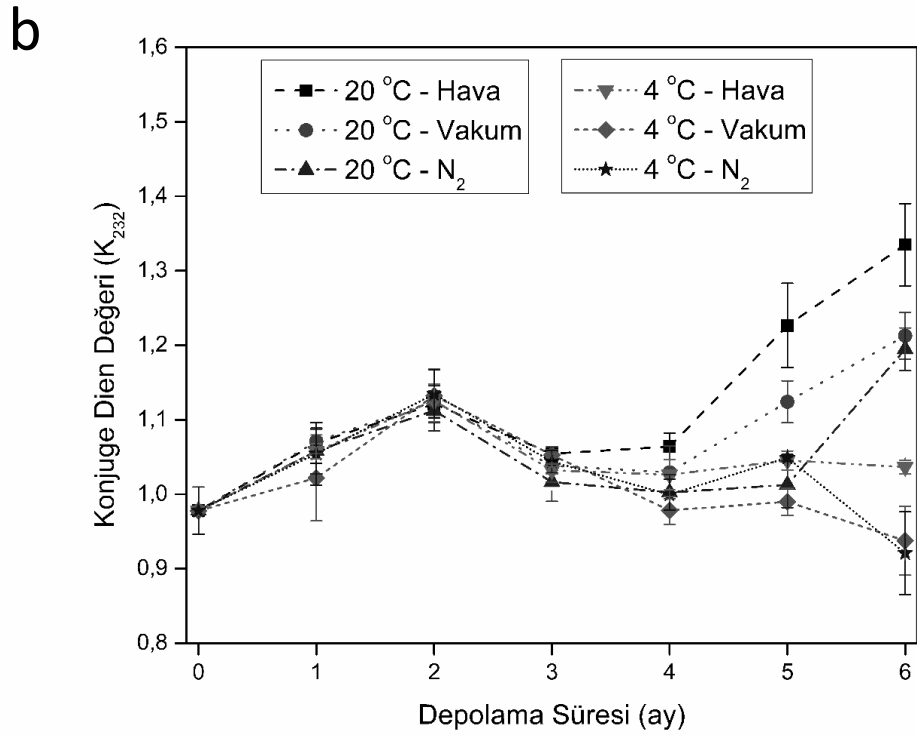
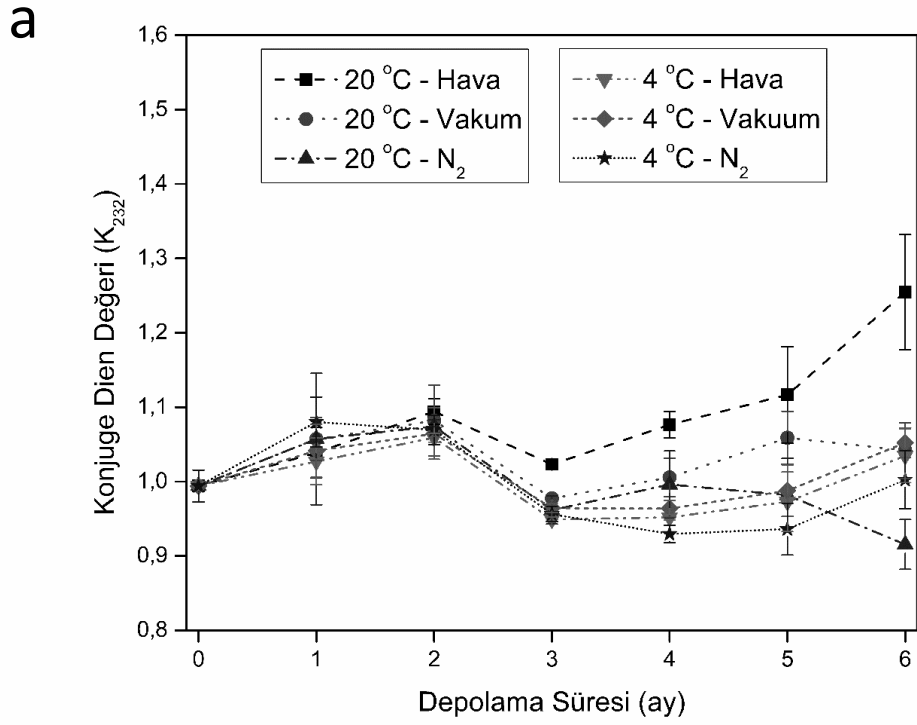
3.4.4 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Konjuge Dien ve Trien Değerleri

Konjuge dienin ve trienin varlığı çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu ile ilişkili olduğu için literatürde konjugasyon ve yağ oksidasyonu arasında güçlü bir ilişki bildirilmiştir. Bu nedenle 232 nm’de (konjuge dien değeri) ve 270 nm’de (konjuge trien değeri) UV absorbansındaki değişiklikler, çoklu doymamış yağ asidi oksidasyonunun etkili göstergeleri olarak kabul edilmektedir (Wang ve diğ. 2020, Franco ve diğ. 2018). Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan açık ve koyu renkli cevizlerin konjuge dien değerleri, Şekil 3.30’da gösterilmektedir.

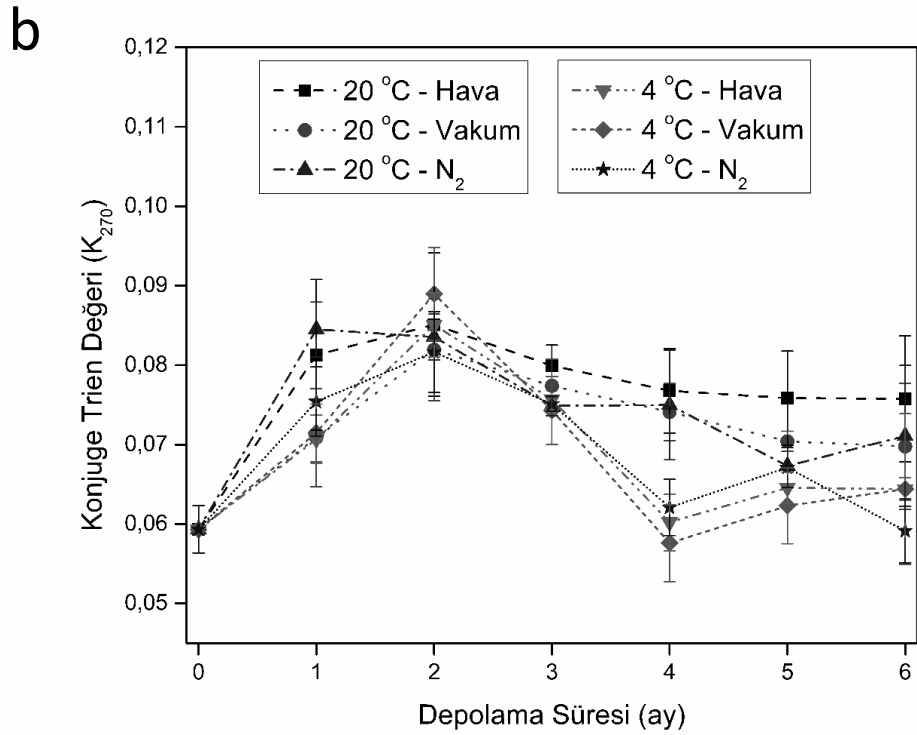
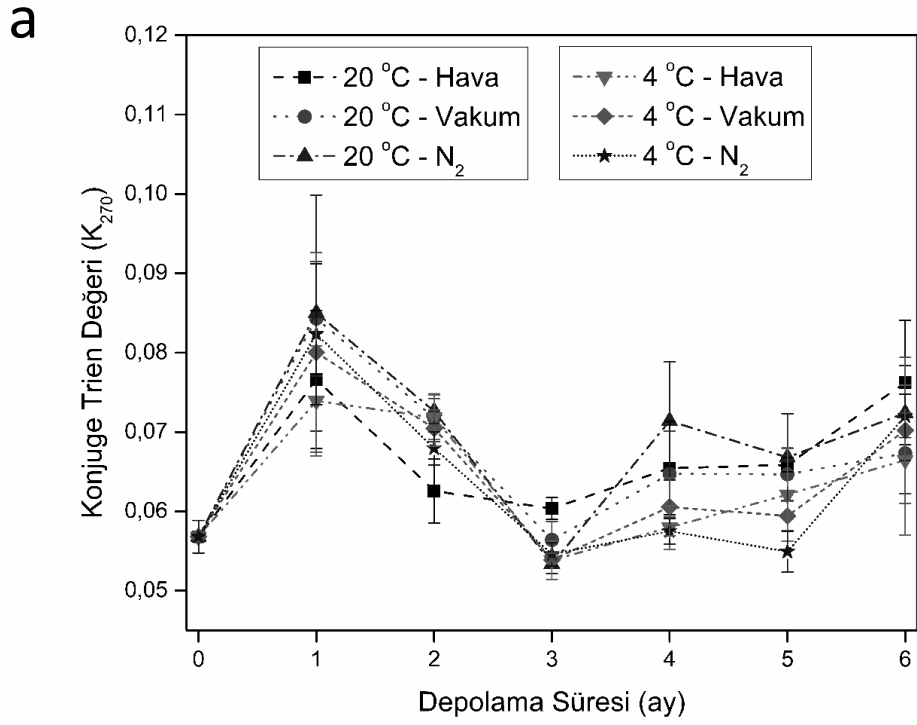
Açık ve koyu renkli cevizlerin başlangıç konjuge dien değerleri sırasıyla 0,99±0,02 ve 0,98±0,03 olarak belirlenmiştir. Bu değerler tüm örneklerde bir süre artmış ve daha sonra her iki sıcaklıkta depolama boyunca sistematik olmayan bir şekilde değişmiştir. Bununla birlikte, hava altında paketlenen ve 20 °C’de depolanan örneklerin konjuge dien değerlerinde depolamanın 3. ayından sonra keskin bir artış gözlenmiştir. Hem açık hem de koyu renkli cevizler için en yüksek konjuge dien değerlerinin (sırasıyla 1,25 ve 1,34) hava altında paketlenen ve 20 °C’de depolanan örneklerde belirlenmiştir. Buradan, fazla O₂ ve soğuk olmayan depolama sıcaklıkları

gibi uygun olmayan koşulların, daha yüksek konjuge dien değerleri ile sonuçlandığı çıkarılabilir. Bu bulgu, geçmişte diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla tutarlıdır. Labuckas ve diğ. (2011) yağı kısmen alınmış ceviz ununu (toplam yağın %27'sini içerir) 8 ay boyunca plastik lamine ambalajlarda 25 °C'de depolamıştır ve bazı numuneleri kontrol olarak -18 °C'de depolamıştır. Depolama sonunda, 25 °C'de depolanan örneklerin konjuge dien değerleri kontrol örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Ceviz yağı örneklerinin konjuge dien değerlerinin 25 °C'de 4 ay depolandığında 1,04'ten 3,66'ya (Martínez ve diğ. 2011) ve 60 °C'de ise sadece 12 günde 0,5'ten 29,99'a (Miraliakbari ve Shahidi 2008) yükseldiği bildirilmiştir. Bu çalışmadaki ceviz örneklerinin (hem açık hem de koyu) konjuge dien değerleri, 6 aylık depolama sonunda bile bu değerlerin çok altında kalmıştır. Bu ceviz yağı ile yapılan çalışmaların aksine, örneklerin depolama sırasında öğütülmüş ceviz (ince zarı ile öğütülmüş ceviz) olmasından kaynaklanabilir. Fenoliklerin ve diğer antioksidanların cevizin üzerindeki zarda oldukça fazla bulunduğu ve bu bileşiklerin oksidasyon işlemlerini yavaşlatarak konjuge dien değerlerindeki artışı sınırlayabileceği bilinmektedir.

Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C'de depolanan açık ve koyu renkli cevizlerin konjuge trien değerleri, Şekil 3.31'de gösterilmektedir. Açık ve koyu renkli ceviz numunelerinin konjuge trien değerleri depolamanın başlangıcında 0,06 olarak belirlenmiştir. Bu değerler depolama süresi boyunca önemli ölçüde değişmemiştir ve hem açık hem de koyu renkli örnekler için maksimum 0,09'a kadar yükselmiştir. Bu durum cevizlerin depolanması sırasında ikincil oksidasyon ürünlerinin sınırlı oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu tür düşük sonuçları raporlayan Martínez ve diğ. (2013), ceviz yağının 6 ay boyunca 25 °C'de depolanması sırasında doğal ve sentetik antioksidanların oksidasyon kararlılığı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Antioksidan katkı maddelerinin varlığında ve yokluğunda sırasıyla 0,08-0,09 ve 0,06-0,17 konjuge trien değerlerini belirlemiştir. Raisi ve diğ. (2015), 6 ay boyunca 4 ve 23 °C'de depolanan öğütülmüş badem numunelerinde sırasıyla 0,35-1,13 ve 0,35-2,02 konjuge trien değerleri tespit etmişlerdir.



Şekil 3.30: Öğütülmüş Şebin cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge dien değerleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

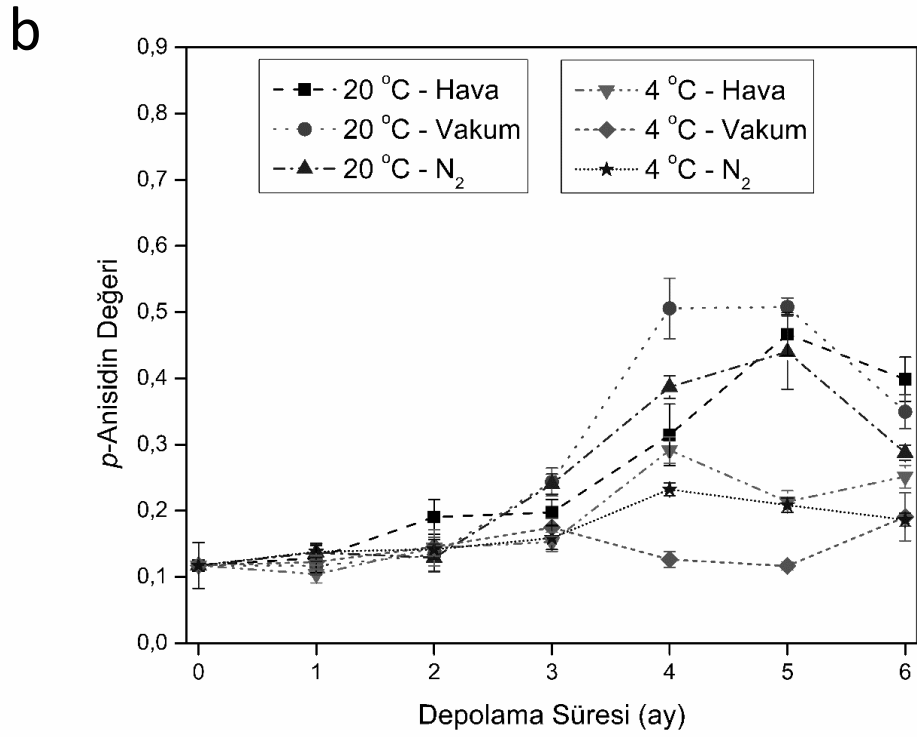
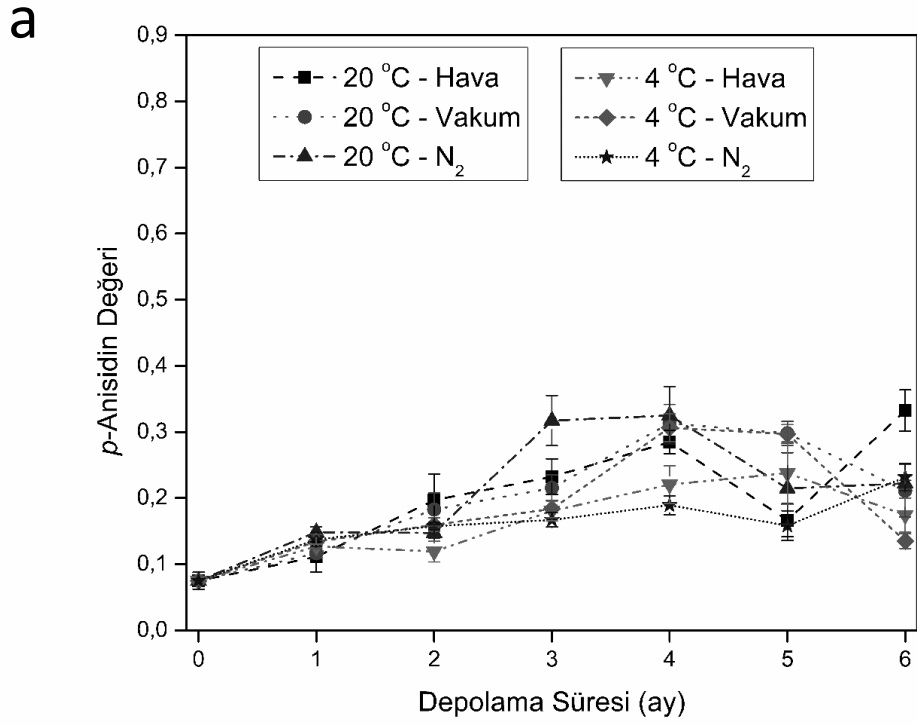


Şekil 3.31: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge trien değerleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.4.5 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin *p*-Anisidin Değerleri

Yağların bileşiminde bulunan doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucu hidroperoksitlerin yanısıra ikincil oksidasyon ürünü olan aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler, hidrokarbonlar gibi bileşikler de meydana gelmektedir. Yağlarda *p*-anisidin değeri, uçucu olmayan ve aromayı etkileyen sekonder oksidatif ürünlerin seviyesini belirlemek için kullanılmaktadır. Yağda bu tür ikincil oksidasyon ürünlerinin artması *p*-anisidin değerinde de artış meydana getirmektedir. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan açık ve koyu renkli cevizlerin *p*-anisidin değerleri, Şekil 3.32’de gösterilmektedir.

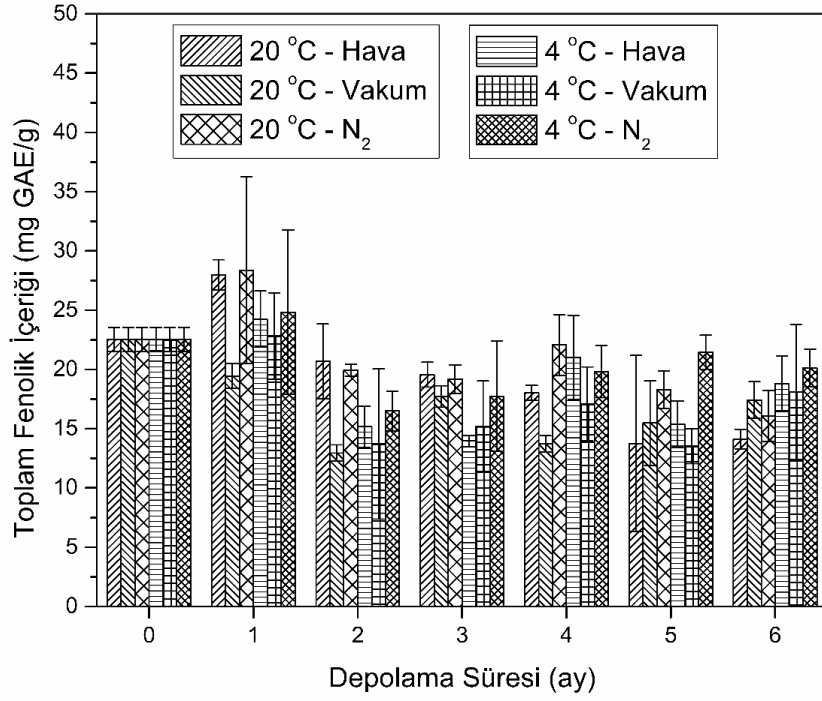
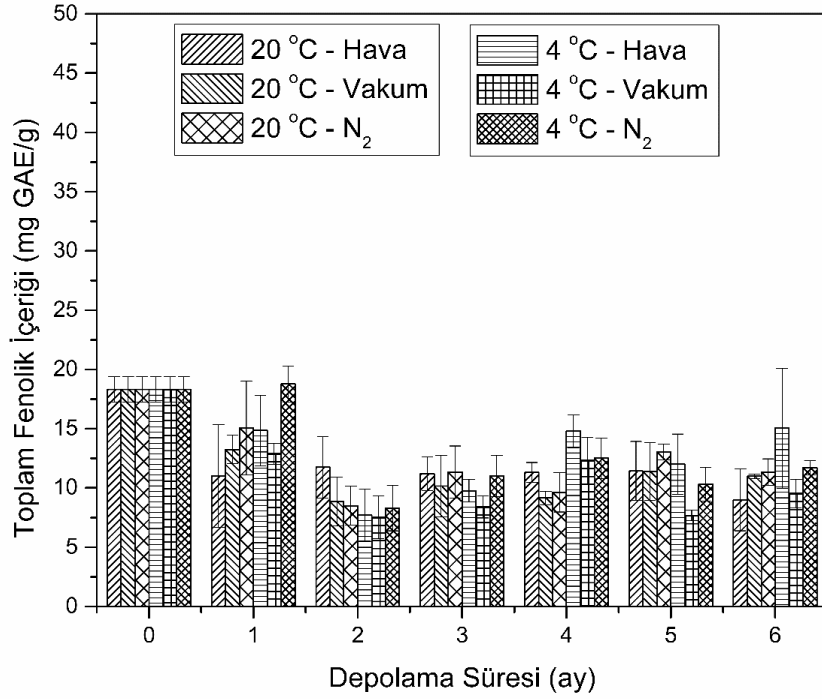
Depolama boyunca *p*-anisidin değerleri açık renkli cevizler için 0,08-0,33 arasında koyu renkli cevizler için ise 0,12-0,51 arasında değişmiştir. Depolamanın 3. ayından sonra *p*-anisidin değerleri artmaya başlamıştır. Bu artış koyu renkli cevizler için özellikle 20 °C’de depolanan örneklerde daha belirgin olmuştur. Açık renkli cevizlerin *p*-anisidin değerleri 20 °C’de koyu renkli ceviz örneklerine göre daha yavaş bir artış göstermiştir. Genel olarak paketleme tekniğinin ve depolama sıcaklığının *p*-anisidin değeri üzerine önemli bir etkisi saptanmamıştır. Depolama sonunda en yüksek değerler hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinde tespit edilmiştir. Depolama sonunda koyu renkli ceviz örneklerinde tespit edilen *p*-anisidin değerleri (N₂ altında paketlenip 4 °C’de depolanan ceviz örnekleri hariç) açık renkli ceviz örneklerinden önemli derecede daha büyük bulunmuştur ($p < 0,05$). Depolanan tüm numuneler için *p*-anisidin değeri tüm depolama süresi boyunca 1’in altında kalmıştır.



Şekil 3.32: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince *p*-anisidin değerleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.4.6 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Ögütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Fenolik bileşikler, bitkilerde yaygın olarak bulunan ve onları abiyotik ve biyotik stres koşullarına karşı koruyan ikincil metabolitlerdir. Cevizdeki fenolik maddeler çoğunlukla ceviz içini çevreleyen zarda (pelikül) bulunur. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan açık ve koyu renkli cevizlerin toplam fenolik madde içerikleri, Şekil 3.33’te gösterilmektedir. Şekil 3.33’ten de görülebileceği gibi, depolamanın başlangıcında koyu renkli cevizlerin toplam fenolik madde içerikleri açık renkli olanlardan daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Benzer şekilde Fuentealba ve diğ. (2017) açık renkli ceviz içlerinde toplam fenolik madde içeriğinin koyu renkli olanlara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Bunun nedeninin, enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının sonucu olarak ceviz yüzeyini kaplayan zardaki fenolik madde içeriğindeki azalma olduğu düşünülmektedir. Çünkü bu sırada enzimatik esmerleşmenin substratları olan fenolik bileşikler, kinonlara okside olur ve daha sonra kinonların polimerizasyon reaksiyonlarının bir sonucu olarak kahverengi maddeler oluşur (Tinello ve Lante 2018). Genel olarak, tüm ceviz örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri depolama sırasında azalmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, soğuk depolama koşulları açık renkli cevizlerin fenolikleri üzerinde koruyucu bir etkiye sahiptir. Vakum paketlenme veya N₂ altında paketlenme, cevizlerin toplam fenolik madde içeriğinin 20 °C’de azalmasını sadece bir istisna (vakum paketlenmiş açık renkli ceviz) ile sınırlamamıştır. Bu sonuç, paketlenme tekniği (Ghirardello ve diğ. 2016) ve depolama sıcaklığı (Bolling ve diğ. 2010) gibi faktörlerin kuruyemişlerin toplam fenolik madde içeriği üzerinde kesin bir etkiye sahip olmadığını bildiren önceki çalışmaların bulgularıyla uyumludur.

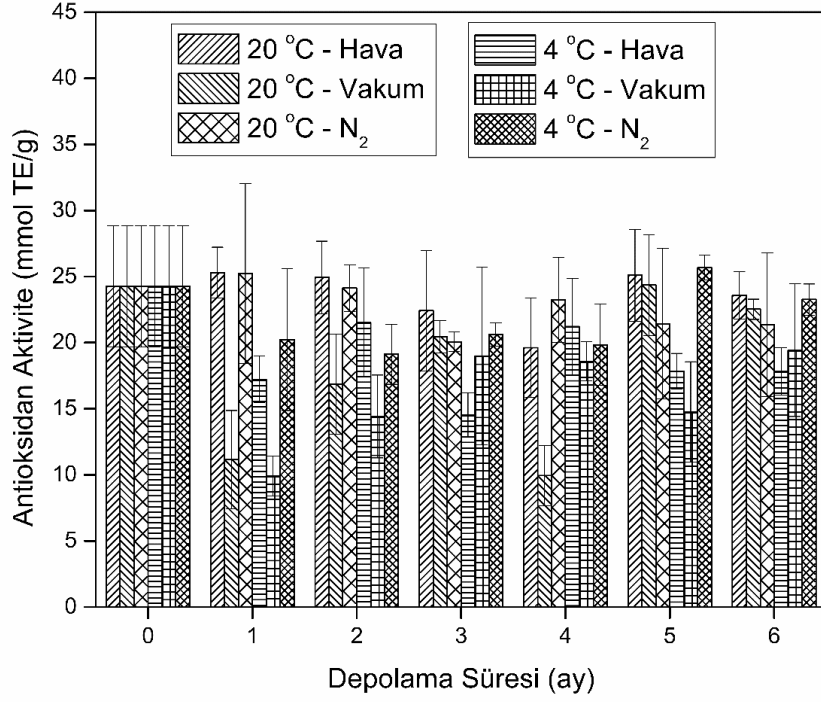
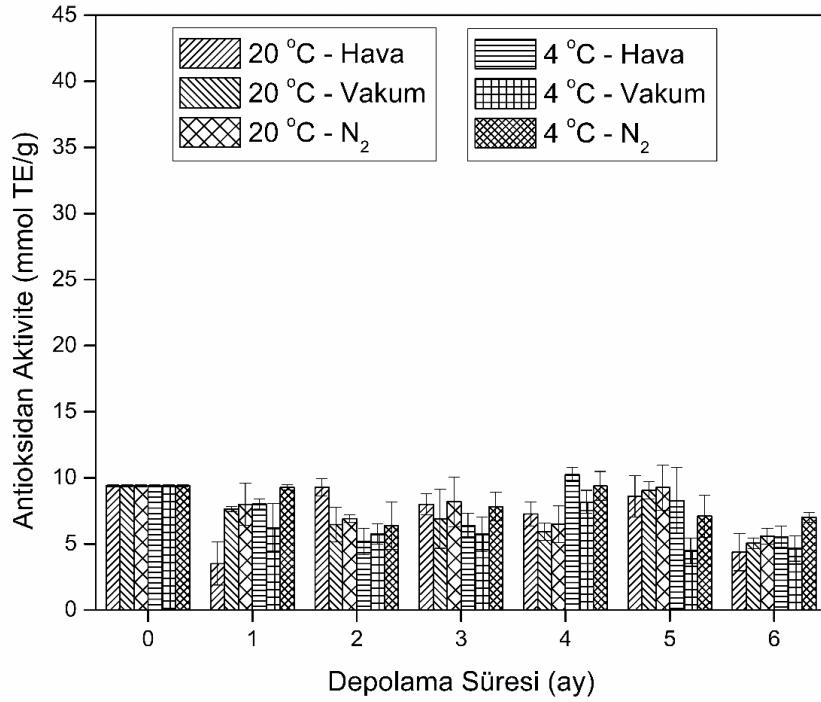
a**b**

Şekil 3.33: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

Fenolik bileşiklerin oksidasyon reaksiyonlarına karşı koruyucu rolü iyi bilinmektedir (Zamora ve Hidalgo 2016). Sonuçlar, koyu renkli cevizlerin toplam fenolik madde içeriğinin başlangıçta ve tüm depolama süresi boyunca açık renkli olanlardan daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu durumda koyu renkli cevizlerin oksidasyon reaksiyonlarına karşı daha duyarlı olması beklenebilir. Bununla birlikte, lipit oksidasyonu (peroksit, konjuge dien ve trien değerleri) ile ilgili bulgularımız, koyu renkli cevizlerde meydana gelen lipit oksidasyonunun açık renkli olanlarda olduğundan daha yüksek olmadığını göstermiştir. Sonuç olarak, ceviz fenoliklerinin nispeten düşük miktarlar da bile olsa oksidasyondan korunmada etkili olduğu sonucuna varılabilir.

3.4.7 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Ögütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri

Ceviz meyvesinde, bazıları yağsız kısmına yerleşmiş, bazıları ise yağında çözülmüş olarak bulunan antioksidan aktiviteye sahip birçok fitokimyasal bulunmaktadır. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C'de depolanan açık ve koyu renkli cevizlerin antioksidan aktiviteleri, Şekil 3.34'te gösterilmektedir. Depolamanın başlangıcında, koyu renkli cevizlerin antioksidan aktivitesi, açık renkli cevizlerden yaklaşık 2,5 kat daha düşüktür. Muhtemelen bu durum koyu renkli cevizlerdeki fenoliklerin depolanmadan önce okside olmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte, sonuçlarımıza göre açık ve koyu renkli cevizlerin lipit oksidasyon parametreleri (peroksit, konjuge dien ve trien) arasında önemli bir fark olmadığı unutulmamalıdır. Bunun olası nedeni; ortamdaki O₂'in ilk olarak ceviz zarı ile karşılaşması ve zardaki antioksidan bileşenlerin O₂'le reaksiyona girmesidir. Bu durumda O₂'in meyvenin yağı ile reaksiyonu önlenmiş olur ve zardaki antioksidanlar okside olduğu sürece de ceviz rengi koyulaşır, ancak cevizin yağı oksidasyondan korunur.

a**b**

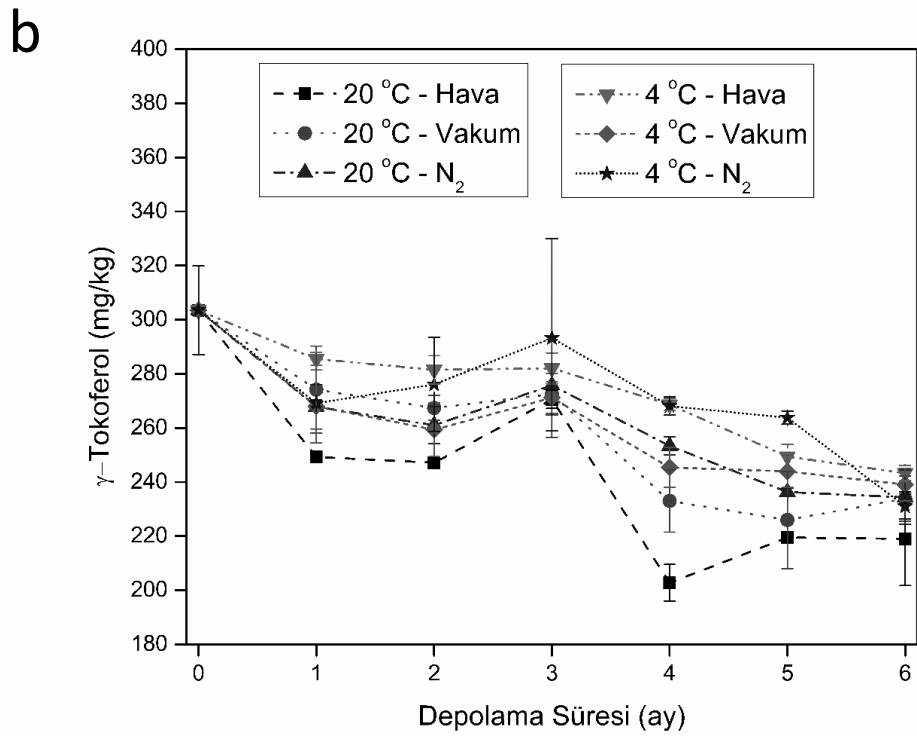
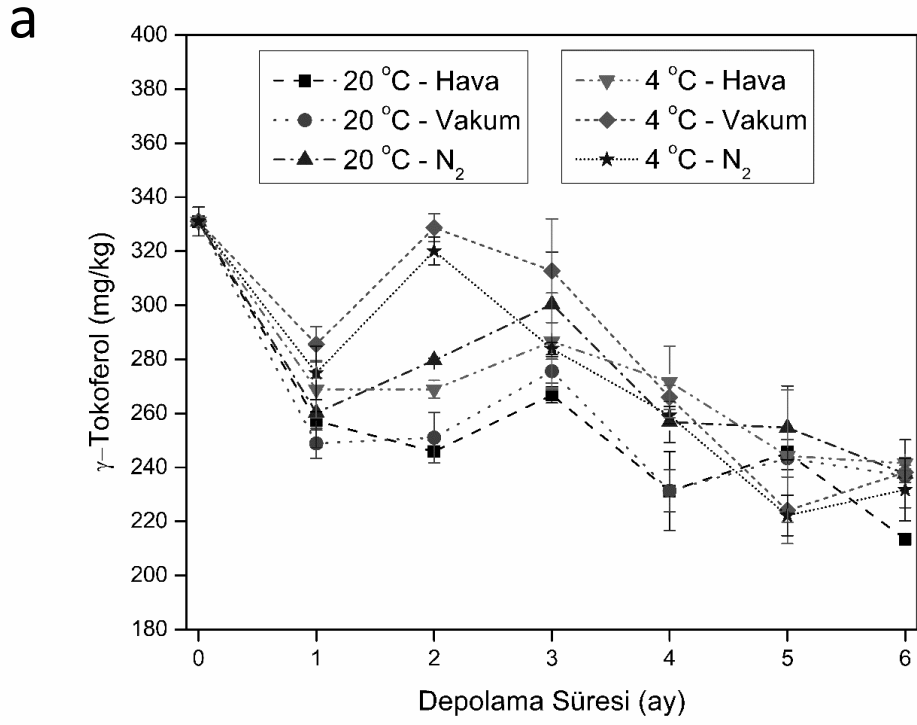
Şekil 3.34: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

Koyu renkli cevizlerin antioksidan aktivitesi, depolama sırasında her iki sıcaklıkta da önemli düzeyde değişmemiştir. Açık renkli cevizlerin antioksidan aktivite değerlerinde bazı ciddi düşüşler (%40'a kadar) saptanmasına rağmen, bu durum depolama süreleri boyunca tutarlı olmamıştır. Benzer şekilde, diğer bazı kuruyemişlerin depolanması sırasında da antioksidan aktivitelerdeki dalgalanmalar rapor edilmiştir (Ghirardello ve diğ. 2016, Buthelezi ve diğ. 2019^b). Yazarlar bu olguyu birçok karmaşık oksidasyon mekanizması ve karmaşık biyokimyasal reaksiyonlarla açıklamıştır. Fenolik maddeler kolayca oksidasyon reaksiyonlarına uğrayabilir ve kahverengi polimerlere dönüşebilir. Ancak, bu kahverengi polimerlerin oluşumundan önce, fenolikler kısmen okside olurlar ve renksiz ara ürünlere dönüşürler. Bu ara ürünlerin, orijinal fenoliklerden ve kahverengi polimerlerden daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Manzocco ve diğ. 2000, Nicoli ve diğ. 1999). Boiling ve diğ. (2010), bademleri 15 ay boyunca 4 ve 20 °C'de depolamıştır ve periyodik olarak toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesini analiz etmiştir. Depolamanın antioksidan aktiviteyi azaltacağı hipotezlerinin aksine, her iki sıcaklıkta da depolanan bademlerde toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite değerleri artmıştır. Bu sonuç, bademlerin depolanması sırasında artan ekstrakte edilebilirliğe bağlanmıştır. Yazarlar ayrıca bademlerin depolama sıcaklığının toplam fenolik madde içeriğini ve antioksidan aktiviteyi etkilemediğini belirtmiştir. Benzer şekilde, bu çalışmada incelenen depolama sıcaklığı ve paketleme tekniklerinin cevizlerin antioksidan aktivitesi üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır.

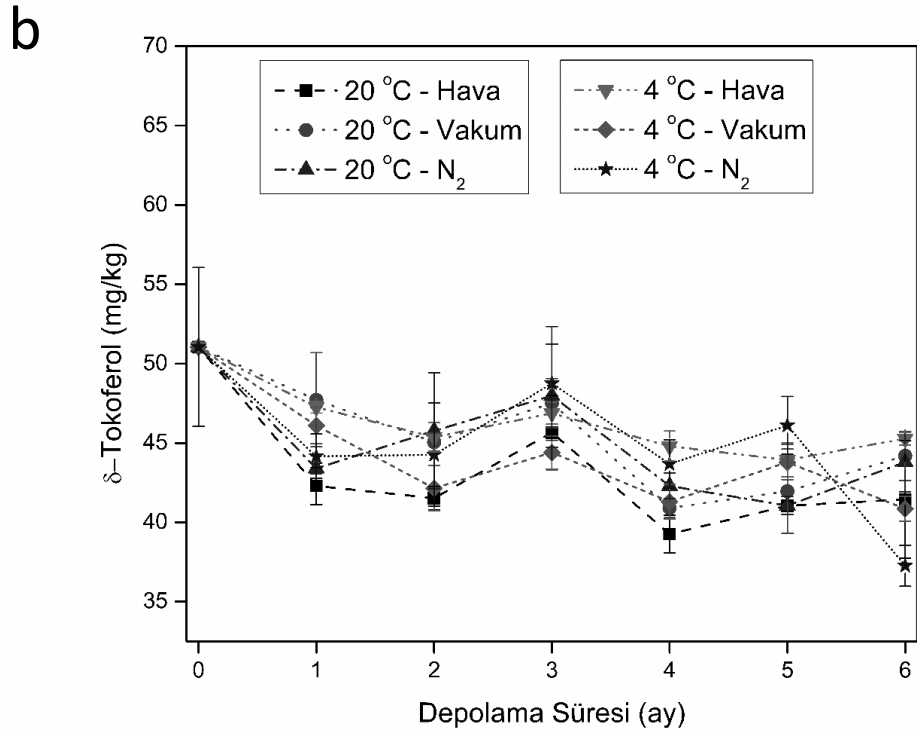
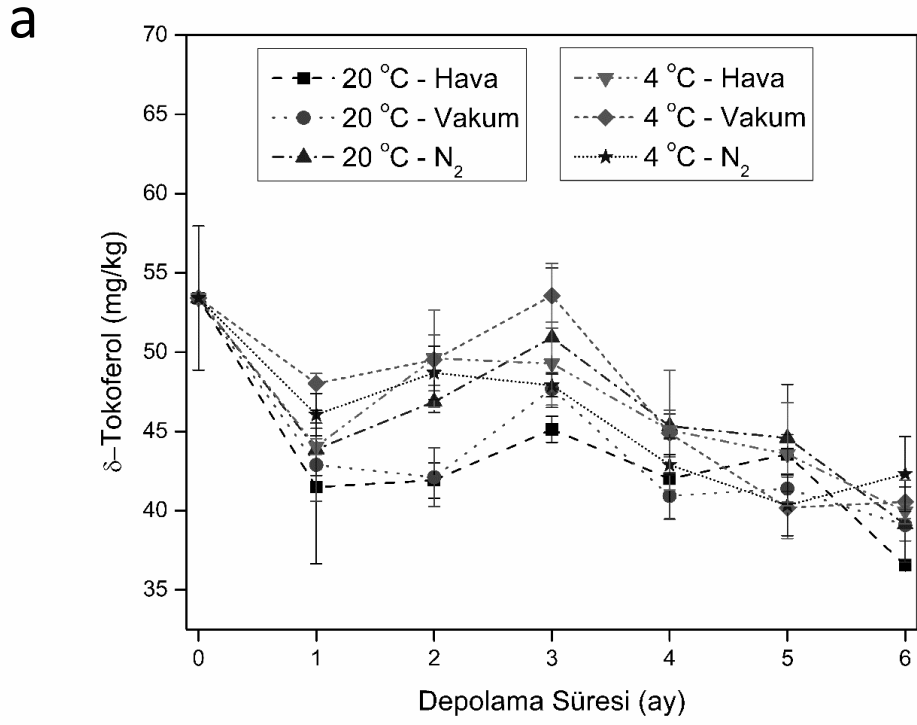
3.4.8 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Tokoferol İçerikleri

Tokoferoller, kuru yemişlerde ve bitkisel yağlarda bol miktarda bulunan önemli antioksidanlardır. Tokoferoller, lipit peroksi radikalleri için doymamış yağ asitleri ile rekabet etmektedir ve böylece oksidatif stabiliteyi arttırmaktadırlar (Huang ve diğ. 1994). Literatürde ceviz yağında bulunan dört tokoferol izomerinden (α -, β -, γ - ve δ -), γ -tokoferolün en bol form olduğu, β -tokoferolün ise nadiren bulunduğu bildirilmiştir (Li ve diğ. 2007, Martínez ve diğ. 2010). Benzer şekilde, bu

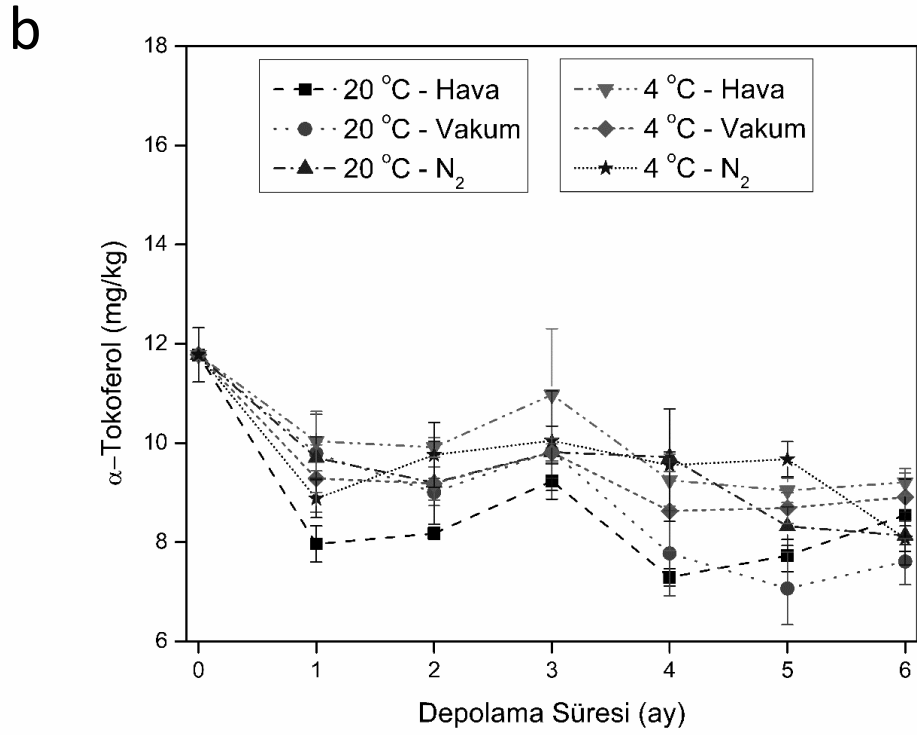
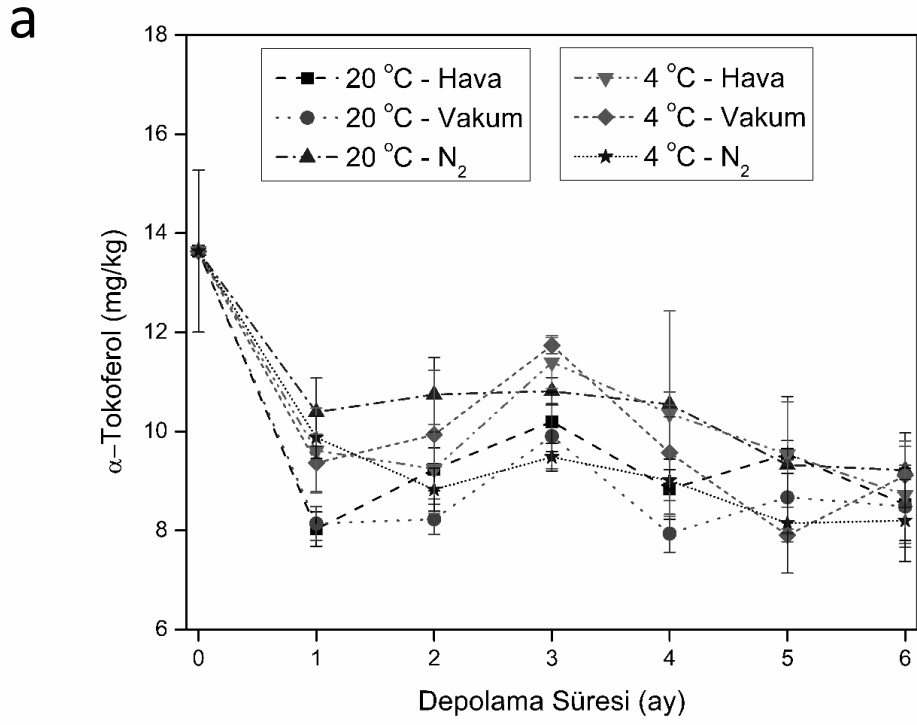
çalışmadaki tokoferol konsantrasyonları da şu şekilde sıralanmıştır: γ -, δ - ve α -tokoferol, β -tokoferol ise tespit edilmemiştir. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C'de depolanan ceviz örneklerinin γ -, δ - ve α -tokoferol içerikleri, sırasıyla Şekil 3.35, Şekil 3.36 ve Şekil 3.37'de gösterilmektedir. Depolama başlangıcında, açık renkli cevizlerde γ -, δ - ve α -tokoferol konsantrasyonları sırasıyla 331,0±5,3, 53,4±4,55 ve 13,6±1,6 mg/kg yağ ve koyu renkli cevizlerde ise 303,5±16,3, 51,0±5 ve 11,8±0,55 mg/kg yağ bulunmuştur. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre açık ve koyu renkli cevizlerin tokoferol içeriği arasındaki bu farklılıklar anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Bu durum, açık renkli ceviz tanelerinin yüzeyinde koyu renkli olanlara göre daha fazla bulunarak tokoferollerin oksidasyonunu sınırlayan antioksidan maddelere atfedilebilir. Öte yandan tokoferoller ceviz yağında çözülmüş olarak ve yağ ise, oleoresin adı verilen proteinlerle gömülü tek bir fosfolipit tabakası ile çevrili damlacıklar olarak, ceviz içinde dağınmış halde bulunmaktadır (Tzen ve diğ. 1992). Bu yapı da yağdaki bileşenlerin oksidasyondan korunmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu koruma etkisinin cevizin bozulmamış (öğütülmemiş) formuna özgü olduğu ve bu çalışmada olduğu gibi öğütme gibi bir işlemle bütünlük bozulduğunda ortadan kalktığı unutulmamalıdır. Öğütülmüş örneklerin 6 aylık depolanmasının sonunda açık ve koyu renkli cevizlerdeki herhangi bir tokoferol tipinin konsantrasyonları arasında anlamlı bir fark olmadığı saptanmıştır. Muhtemelen, öğütme işleminin bir sonucu olarak hücrelerden sızan yağdaki tokoferoller zamanla okside olmuştur. Elde edilen bulgulara göre, 6 ay boyunca depolama sonunda α -, γ - ve δ -tokoferol düzeylerindeki azalma açık renkli cevizlerde sırasıyla %26,6-39,9, %27,0-35,5 ve %20,8-31,5 koyu renkli cevizlerde ise %21,8-35,4, %19,8-27,8 ve %11,3-27,0 olmuştur. İstatistiksel analiz, farklı tekniklerle paketlenen ve farklı sıcaklıklarda depolanan ceviz örneklerinin tokoferol içerikleri arasında anlamlı bir fark olmadığını ortaya koymuştur ($p>0,05$). Benzer şekilde García-Pascual ve diğ. (2003), N₂ ve hava altında paketlenmiş ve 8 ve 36 °C'de depolanan bademlerin α -tokoferol içeriği üzerine ne depolama sıcaklığının ne de paketlenme atmosferinin, önemli bir etkiye sahip olmadığını bildirmiştir. Bu sonuçlar, tokoferol seviyeleri üzerinde sadece atmosferik O₂'in değil, aynı zamanda oksidasyon zincir reaksiyonları sırasında oluşan serbest radikaller gibi diğer faktörlerin de önemli bir rolü olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.35: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince γ - tokoferol içerikleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.36: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ-tokoferol içerikleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).



Şekil 3.37: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.4.9 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Yağ Asidi Kompozisyonları

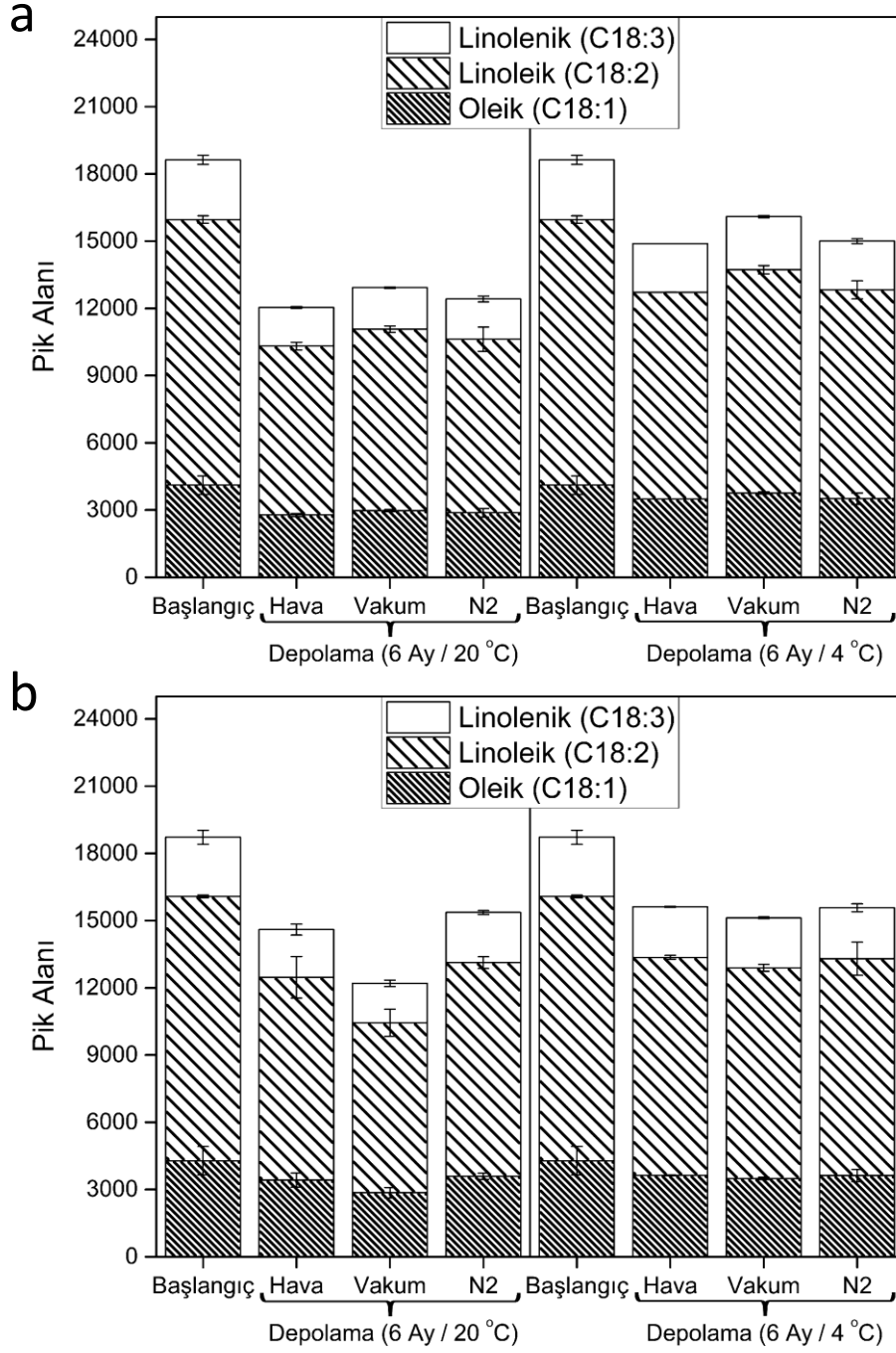
Yağ asidi kompozisyonu, doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri oranlarının bir göstergesidir ve yağın beslenme kalitesi hakkında fikir vermektedir. Ceviz yağı doymamış yağ asitleri bakımından zengindir ve yüksek linoleik asit içeriği ile bilinir. Ancak, yüksek doymamış yağ asidi içeriği meyveyi oksidasyon reaksiyonlarına oldukça duyarlı hale getirmektedir. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen yağ asidi kompozisyonları, Tablo 3.9’da gösterilmektedir. Önceki çalışmalara (Mexis ve Kontominas 2009, Maguire ve diğ. 2004) paralel olarak ceviz örneklerindeki doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin yaklaşık oranları sırasıyla %9, %22 ve %68 bulunmuştur ve linoleik asit hem açık hem de koyu renkli ceviz örneklerinde baskın yağ asidi olmuştur. Açık renkli ceviz örneklerindeki linoleik, oleik, linolenik, palmitik ve stearik asitlerin yüzdesi depolamadan önce sırasıyla %55,00, %21,45, %12,49, %7,21 ve %2,58 olup koyu renkli cevizlerdeki karşılık gelen değerler ise sırasıyla %55,49, %21,08, %12,63, %6,84 ve %2,71 olarak belirlenmiştir. Diğer yağ asitleri (miristik, palmitoleik, oleik asit izomeri, araşidik ve eikosenoik asitler) yaklaşık %1’lik bir toplam oluşturmaktadır. Depolama sonunda açık ve koyu renkli ceviz örneklerinin doymamış yağ asitlerinin pik alanları değişimi Şekil 3.38’de verilmiştir. Doymamış yağ asitlerinin pik alanları değişimi incelendiğinde sıcaklığın ve paketleme tekniğinin önemli etkisi olduğu görülmüştür (Şekil 3.38). Depolanan her koşulda ceviz örneklerinin doymamış yağ asitlerinin azaldığı tespit edilmiştir ancak 4 °C’de depolanan örneklerdeki değişim daha az olmuştur. 4 °C’de depolanan ceviz örneklerinin tekli doymamış yağ asitleri %8-18 arasında çoklu doymamış yağ asitleri ise %15-20 arasında azalmıştır. Aynı cevizler 20 °C’de depolandığında ise tekli doymamış yağ asitleri %16-32 arasında çoklu doymamış yağ asitleri ise %18-36 arasında azalmıştır.

Tablo 3.9: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri^{a, b}

Depolama şekli	Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	Palmitik asit (C16:0)	Stearik asit (C18:0)	Oleik asit (C18:1)	Linoleik asit (C18:2)	α-Linolenik asit (C18:3)	Diğer yağ asitleri
AÇIK	Başlangıç	--		7,21 ± 0,26	2,58 ± 0,08	21,45 ± 2,21	55,00 ± 2,25	12,49 ± 0,33	1,28 ± 0,03
			Hava	6,71 ± 0,48	2,52 ± 0,05	20,68 ± 0,09	55,97 ± 0,33	12,85 ± 0,10	1,27 ± 0,02
			Vakum	6,35 ± 0,64	2,46 ± 0,08	20,82 ± 0,07	56,16 ± 0,83	12,93 ± 0,04	1,29 ± 0,02
	Depolama sonu (6. ay)	20 °C	N ₂	6,42 ± 0,21	2,44 ± 0,01	20,76 ± 0,04	56,15 ± 0,21	12,95 ± 0,03	1,28 ± 0,01
			Hava	7,39 ± 0,43	2,63 ± 0,08	20,56 ± 0,43	55,27 ± 0,04	12,93 ± 0,07	1,23 ± 0,05
			Vakum	6,75 ± 0,72	2,53 ± 0,13	20,63 ± 0,18	55,76 ± 0,94	13,08 ± 0,01	1,26 ± 0,04
		4 °C	N ₂	7,04 ± 0,13	2,63 ± 0,11	20,87 ± 0,28	55,27 ± 0,27	12,92 ± 0,03	1,27 ± 0,03
			Hava	6,84 ± 0,33	2,71 ± 0,16	21,08 ± 1,57	55,49 ± 2,13	12,63 ± 0,75	1,26 ± 0,03
			Vakum	6,35 ± 1,18	2,45 ± 0,21	21,24 ± 0,43	55,68 ± 0,82	13,04 ± 0,14	1,26 ± 0,07
KOYU	Başlangıç	20 °C	N ₂	6,54 ± 0,69	2,40 ± 0,17	21,03 ± 0,21	55,67 ± 0,61	13,11 ± 0,02	1,20 ± 0,08
			Hava	6,18 ± 0,70	2,36 ± 0,19	21,08 ± 0,06	55,96 ± 0,75	13,13 ± 0,05	1,29 ± 0,02
			Vakum	6,52 ± 0,64	2,46 ± 0,13	21,24 ± 0,03	55,49 ± 0,69	13,01 ± 0,09	1,29 ± 0,02
	Depolama sonu (6. ay)	4 °C	N ₂	6,66 ± 1,56	2,48 ± 0,27	20,90 ± 0,61	55,60 ± 0,98	13,14 ± 0,14	1,23 ± 0,10
			Hava	5,50 ± 0,19	2,25 ± 0,04	21,22 ± 0,04	56,39 ± 0,28	13,33 ± 0,03	1,31 ± 0,01
			Vakum	6,66 ± 1,56	2,48 ± 0,27	20,90 ± 0,61	55,60 ± 0,98	13,14 ± 0,14	1,23 ± 0,10

^a Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

^b Depolama boyunca yağ asitlerinde gözlenen değişimlerin hesabı ve istatistikleri integral alanı üzerinden yapılmıştır.



Şekil 3.38: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

3.4.10 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin İyot Sayıları

İyot sayısı yağın kalite özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan önemli özelliklerden biridir. Her yağ için belirli bir iyot sayısı bulunmaktadır. İyot sayısı, yağ örneklerindeki doymamışlık düzeyinin bir ölçüsü olup iyot sayısında azalma, çift bağların oksidasyon, ayrılma ve polimerizasyon yoluyla tahrip olmasından kaynaklı olabilmektedir (Choudhary ve diğ. 2015). Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen iyot sayıları, Tablo 3.10’da gösterilmektedir. Açık ve koyu renkli ceviz örneklerinin başlangıç iyot sayısı benzer bulunmuştur. Başlangıç iyot sayısı açık renkli cevizlerde 146,61±0,06 koyu renkli cevizlerde 147,51±0,59 bulunmuştur. Ceviz örneklerinin iyot sayıları literatürdeki bulgularla uyumludur (Martínez ve diğ. 2013, Zhou ve diğ. 2018). Açık ve koyu renkli cevizlerin iyot sayısı 6 ay sonunda 146,51-151,03 arasında değişmiştir. 6 aylık depolama sürecinde iyot değerinde çok küçük değişiklikler olmuştur ancak gerçekleştirilen istatistik analiz sonucuna göre bu değişimlerin anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 3.10: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında iyot sayıları^{a, b, c}

Depolama şekli	Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	İyot sayısı
AÇIK	Başlangıç	--		146,61 ± 2,41Aa
			Hava	148,57 ± 0,90ABa
	Depolama sonu (6. ay)	20 °C	Vakum	146,23 ± 1,27Bb
			N ₂	149,20 ± 0,36Aa
		4 °C	Hava	147,44 ± 0,48Aa
			Vakum	148,74 ± 1,50Aa
			N ₂	148,74 ± 1,50Aa
				147,71 ± 0,32Aa
KOYU	Başlangıç	--		147,51 ± 0,59Aa
			Hava	149,03 ± 2,05Aa
	Depolama sonu (6. ay)	20 °C	Vakum	149,01 ± 1,18Aa
			N ₂	149,64 ± 1,50Aa
		4 °C	Hava	146,94 ± 0,91Ba
			Vakum	148,88 ± 2,59ABa
			N ₂	148,88 ± 2,59ABa
				151,03 ± 0,40Ab

^a Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

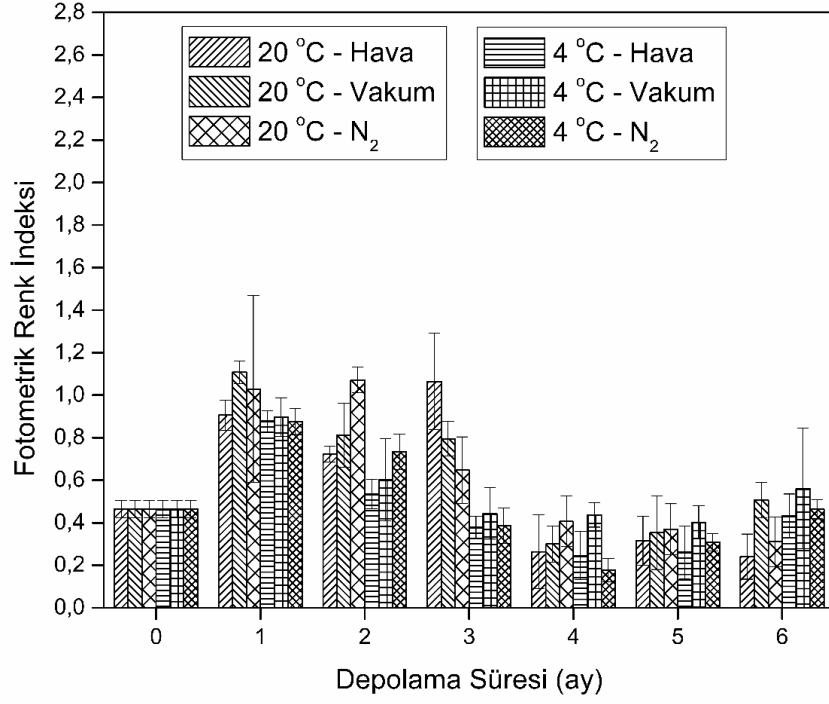
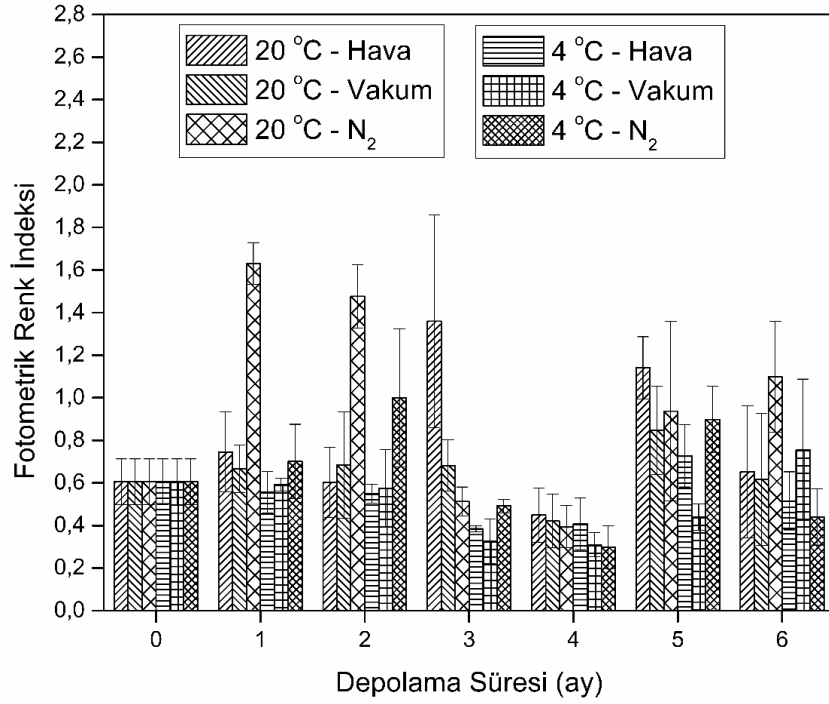
^b Büyük harfle gösterilen farklı harfler, farklı paketleme teknikleri arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (p<0,05).

^c Küçük harflerle gösterilen farklı harfler, açık ve koyu renkli cevizler arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (p<0,05).

3.4.11 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Açık ve Koyu Renkli Ceviz Örneklerinin Fotometrik Renk İndeksleri

Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin fotometrik renk indeksleri, Şekil 3.39’da gösterilmektedir. Fotometrik renk indeksleri incelendiğinde sistematik bir değişim olmadığı değerlerin dalgalandığı görülmektedir. Yağ rengi, ekstraksiyon sırasında yağ ile birlikte ekstrakte edilen pigmentler ile ilgili olup ceviz meyvesinde bulunan tüm renk pigmentleri ceviz yağına geçmemektedir. Yağ ekstraksiyonunun yan ürünü olarak kalan küspede yağda çözünmeyen pigmentler ve küspede kalan lipit fraksiyonunda tutulan pigmentler kalmaktadır (Rabadán ve diğ. 2018^b). Bu nedenle küspede kalan lipitte tutulan pigmentlerin yağ renginde farklılıklara neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca depolama sürecinde karmaşık oksidasyon reaksiyonları da renk bileşenlerinde değişime neden olabilmektedir.

Depolamanın başlangıcında ceviz örneklerinin fotometrik renk indeksleri, açık renkli cevizler için $0,46 \pm 0,04$ ve koyu renkli cevizler için $0,61 \pm 0,11$ olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca fotometrik renk indeksleri açık renkli ceviz örnekleri için 0,18-1,11 arasında, koyu renkli ceviz örnekleri için ise 0,31-1,63 arasında saptanmıştır.

a**b**

Şekil 3.39: Öğütülmüş Şebın cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri (a: açık ceviz, b: koyu ceviz). Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

Ceviz yağlarının renginin belirlenmesi ile ilgili çalışmalarda bu indeksin kullanımının yaygın olmadığı onun yerine Lovibond tintometresi ile ölçümün yaygın olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Lovibond tintometresi ile ölçülen ceviz yağı çeşitlerinin a değeri 1,15-1,2 arasında b değeri ise 11-12 arasında değiştiği bildirilmiştir (Gharibzahedi ve diğ. 2014). Yine Lovibond tintometresi ile ceviz yağının renginin ölçüdüğü bir çalışmada b değeri 20 a değeri ise 3 verilmiş olup renk açık sarı olarak belirtilmiştir (Oro ve diğ. 2009). Oro ve diğ. (2009) pekan cevizi yağının 22,5 °C’de 120 günlük depolama süresi boyunca sarı yoğunluğunda (b) bir artış, kırmızı tonunda (a) ise depolama boyunca dalgalanma görülmektedir. Başka bir çalışmada ise bir renk ölçüm cihazı kullanılarak L*, a* ve b* değerlerinin belirlendiği tespit edilmiş olup bu değerleri Vaidya ve Eun (2013) sırasıyla 94,55, -2,46 ve 20,55 olarak bildirmiştir. Ancak bu değerlerin de ceviz veya herhangi bir kuruyemişin depolanması ile yağ renginin değişiminin incelendiği herhangi bir çalışma tespit edilememiştir. Ancak zeytinyağının depolandığı bir çalışmada a* değeri biraz artarken, b* değerinin daha belirgin bir şekilde azaldığı belirtilmektedir (Stoll ve diğ. 2017). Bu çalışmada sarılık kaybını gösteren b* parametresindeki azalma, karotenoidlerin zamanla bozulmasıyla ilgili olabileceği, a* parametresindeki artışın ise yeşil rengin kaybı yani klorofil bozunması ile ilgili olabileceği belirtilmektedir.

3.5 Öğütülmüş Chandler Cevizlerin Farklı Depolama Koşullarında Kalitesinin İncelenmesi

3.5.1 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Ceviz Örneklerinin Paket İçi Gaz Bileşimleri

Hava ve N₂ altında paketleme tekniği ile paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin paket içi gaz bileşimleri, Tablo 3.11’de gösterilmektedir.

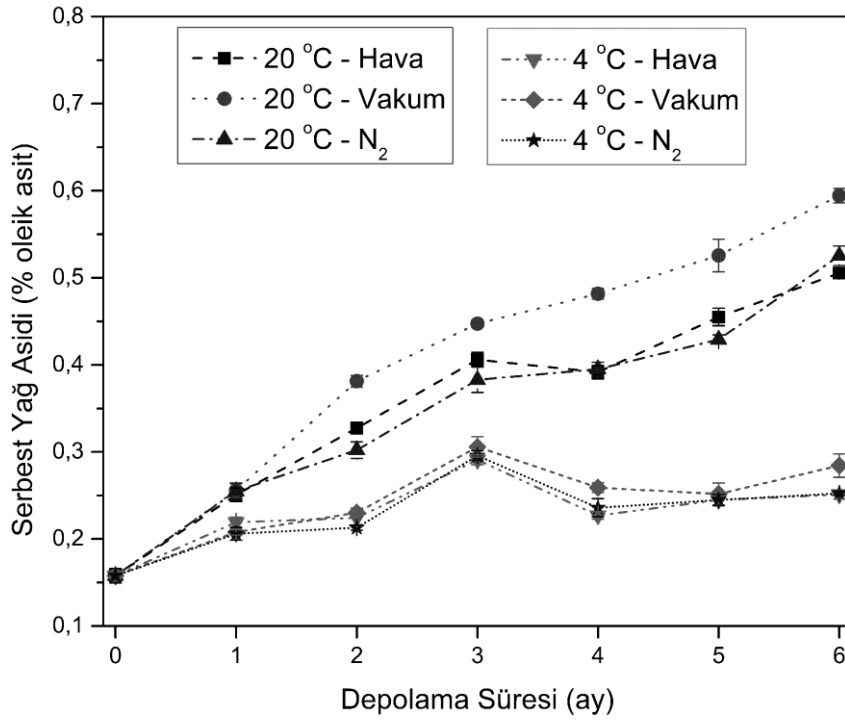
Tablo 3.11: Öğütülmüş Chandler ceviz paketlerinin 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince paket içi gaz bileşimi yüzdeleri

Depolama sıcaklığı	Paketleme şekli	Gaz	Depolama süresi													
			Başlangıç		1. ay		2. ay		3. ay		4. ay		5. ay		6 ay	
			ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.	ort.	s.s.
20 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,1	20,8	0,1	20,2	0,2	19,9	0,3	19,8	0,1	20,0	0,5	19,0	0,1
		CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,3	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0
		N ₂	79,1	0,1	79,3	0,1	79,7	0,1	79,8	0,3	79,9	0,1	79,6	0,5	80,4	0,1
	Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1
		CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
		N ₂	100,0	0,0	99,9	0,0	99,9	0,0	99,9	0,1	99,8	0,0	99,8	0,0	99,8	0,1
4 °C	Normal atmosferde paketleme	O ₂	20,9	0,1	20,8	0,0	20,8	0,0	20,8	0,0	21,1	0,0	21,8	0,1	21,1	0,1
		CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
		N ₂	79,1	0,1	79,2	0,0	79,2	0,0	79,2	0,0	78,9	0,0	78,2	0,0	78,9	0,0
	Azot altında paketleme	O ₂	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,1	0,1
		CO ₂	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		N ₂	100,0	0,0	99,9	0,0	99,9	0,0	99,9	0,0	99,9	0,1	100,0	0,0	100,0	0,1

Sonuçlar incelendiğinde her iki sıcaklıkta da depolamanın başlangıcından sonuna kadar ambalaj içindeki gaz içeriğinin genel olarak korunduğu görülmektedir. Hava altında paketlenip 4 °C’de depolanan ceviz örneklerinin paket içi gaz bileşimi genel olarak korunmuştur ancak 20 °C’de depolanan örneklerin paket içi gaz bileşiminde küçük değişimler gözlenmiştir. Hava altında paketlenen ceviz örneklerinin 6 ay depolanmaları boyunca paket içindeki O₂, CO₂ ve N₂ gaz konsantrasyonları sırasıyla %19,0-21,8, %0,0-0,6 ve %78,2-80,4 arasında değişmiştir. N₂ gazı altında paketlenen ceviz örneklerinin ise O₂, CO₂ ve N₂ gaz konsantrasyonları sırasıyla %0,0-0,2, %0,0-0,1 ve %99,8-100,0 arasında değişmiştir.

3.5.2 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Serbest Yağ Asidi Değerleri

Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerleri, Şekil 3.40’da gösterilmektedir. Sonuçlar, depolama sırasında hem 4 °C’de hem de 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerlerinin arttığını göstermiştir. Ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerlerindeki artış oranı depolama boyunca incelendiğinde 4 °C’deki değerlerin 20 °C’dekinden daha düşük olduğu görülmüştür ($p < 0,05$). Serbest yağ asidi değerleri depolamanın başlangıcında %0,16±0,01 oleik asit olarak tespit edilmiş olup zamanla artmıştır. Depolamanın sonunda hava, N₂ ve vakumla paketlenen ve 4 °C’de depolanan cevizlerin serbest yağ asidi değerleri oleik asit olarak %0,16-0,30 arasında değişirken, bu değerler 20 °C’de depolanan örnekler için %0,16-0,59 arasında kaydedilmiştir. Depolama sıcaklığının yüksek olması serbest yağ asidi oluşumunu hızlandırmıştır. Bu durum yüksek sıcaklık koşullarında kimyasal ve enzimatik reaksiyon hızlarının arttığının göstergesidir. Daha önceki çalışmalarda da serbest yağ asidi değerinin, yüksek sıcaklıkta depolanan kuruyemiş örneklerinde daha fazla arttığı bildirilmiştir (Ghirardello ve diğ. 2013, Raei ve Jafari 2013). Her iki sıcaklıkta da depolanan ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerleri, vakum altında paketlenenlerde daha yüksek tespit edilmiştir ve aradaki fark 20 °C’de depolanan örneklerde istatistiksel açıdan da önemli bulunmuştur.



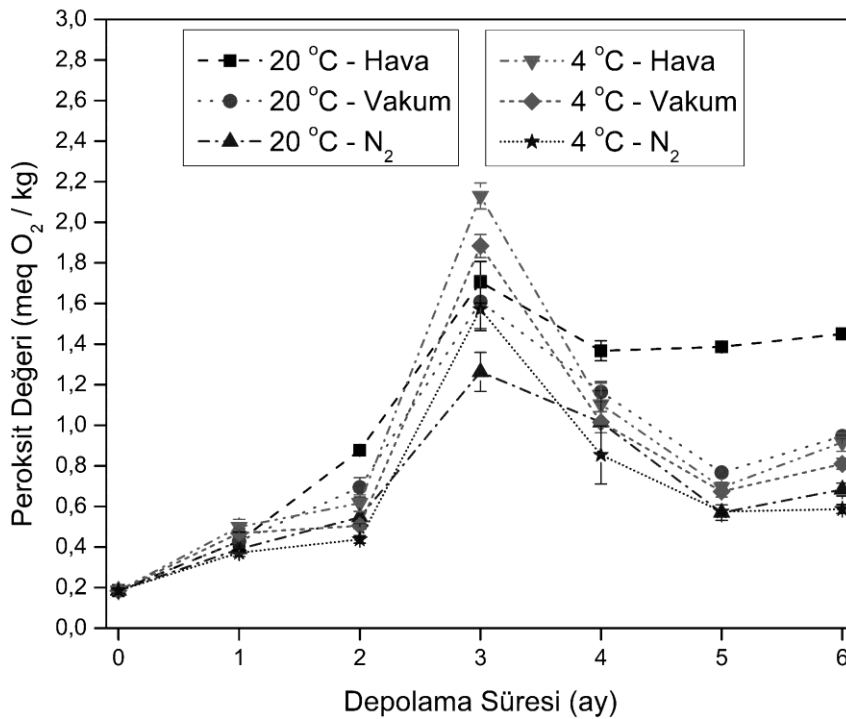
Şekil 3.40: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince serbest yağ asidi değerleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.5.3 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Peroksit Değerleri

Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin peroksit değerleri, Şekil 3.41’de gösterilmektedir. Ceviz örneklerinin başlangıç peroksit değeri oldukça düşük (0,18 meq O₂/kg yağ) tespit edilmiştir. Bu değer daha önce ceviz için depolama başlangıcında verilen bulgularla uyumludur (Mexis ve diğ. 2009^a). Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tüm koşullarda depolanan ceviz örneklerinin peroksit değerleri 3. aya kadar artarak maksimum değere ulaşmış ve daha sonra da azalışa geçmiştir. 3. aya kadar peroksit değerinin artması peroksit oluşum hızının bu aya kadar fazla olduğunu göstermektedir. Peroksit değerinin 3. aydan sonra azalışa geçmesi ise peroksitlerin parçalanma hızının artmasından kaynaklanmaktadır. 4. aydan itibaren depolamanın sonuna kadar örnekleme zamanlarında tespit edilen en yüksek peroksit değerleri

(1,37-1,45 meq O₂/kg yağ) hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinde, en düşük peroksit değerleri ise (0,59-0,85 meq O₂/kg yağ) N₂ altında paketlenip 4 °C’de depolanan ceviz örneklerinde tespit edilmiştir.

Depolama boyunca N₂ altında paketlenen ceviz örneklerinin peroksit değerleri, diğer paketleme teknikleriyle paketlenen örneklerden önemli düzeyde daha düşük bulunmuştur (p<0,05). Elde edilen bulgulardan biri de, vakum tekniğinin öğütülmüş ceviz örneklerinin peroksit değerlerine N₂ uygulaması kadar etkili olmadığıdır. Ghirardello ve diğ. (2013) de N₂ altında paketlenip 4 °C sıcaklıkta depolanan fındık örnekleri için peroksit değerindeki artışın yavaşladığını bildirmişlerdir. García-Pascual ve diğ. (2003) ise badem örneklerini farklı depolama sıcaklığı (8 ve 36 °C) ve paketleme atmosferinde (hava ve N₂) 9 ay süreyle depolamanın badem kalitesi üzerindeki etkisini değerlendirmiştir. Paketleme atmosferinin badem örneklerinin peroksit değerini etkilemediğini bildirmişlerdir.

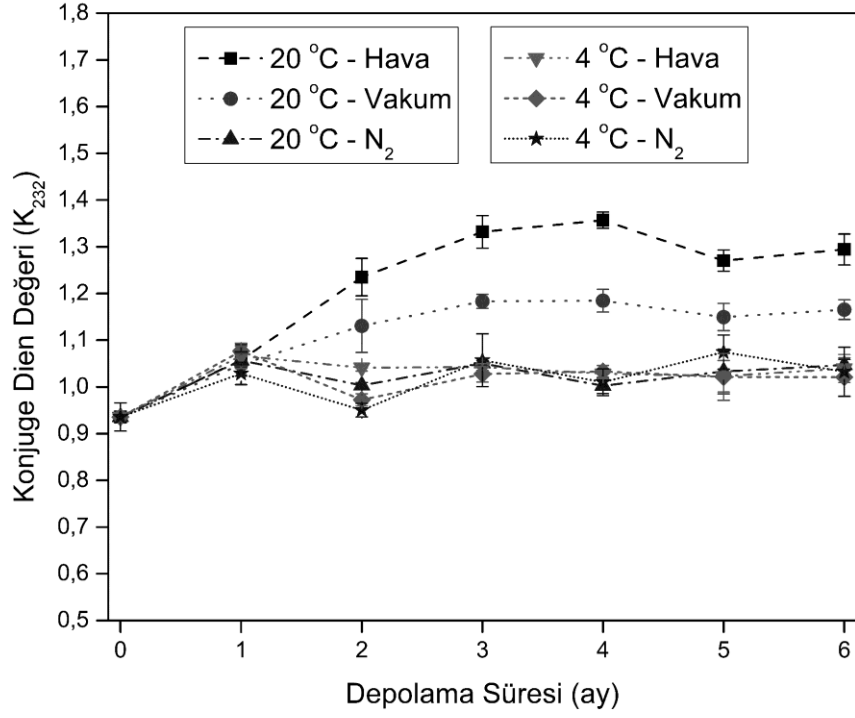


Şekil 3.41: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince peroksit değerleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

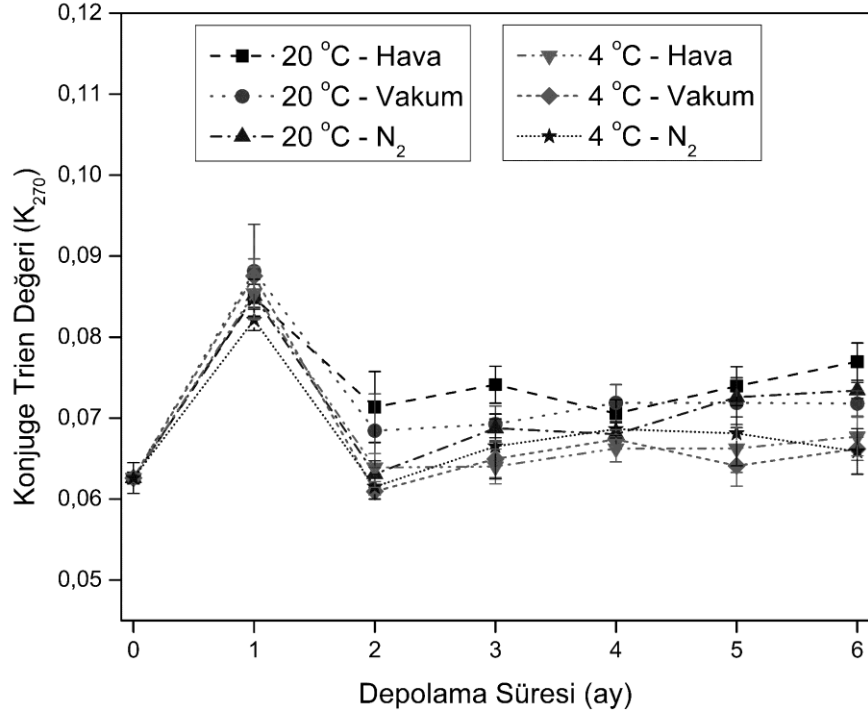
3.5.4 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Konjuge Dien ve Trien Değerleri

Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin konjuge dien ve trien değerleri, sırasıyla Şekil 3.42 ve Şekil 3.43’te gösterilmektedir. Depolamanın başlangıcında belirlenen konjuge dien değeri $0,94\pm 0,03$ iken konjuge trien değeri $0,06\pm 0,00$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler Grilo ve Wang (2021)’in bulgularıyla uyumludur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde depolama boyunca en yüksek konjuge dien değerleri, hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan örneklerde $0,94-1,36$ arasında saptanmıştır ve ikinci yüksek değerler de vakum paketlenip 20 °C’de depolanan örneklerde $0,94-1,18$ arasında tespit edilmiştir. Diğer depolama koşullarında depolanan ceviz örneklerinin konjuge dien değerleri, depolama boyunca dalgalanarak devam etmiş ancak başlangıçtaki değerinden fazla yükselmemiştir ($0,94-1,06$ arasında) ve bu şartlarda istatistiksel açıdan önemli bir artış tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Konjuge dien değerinin arttığı noktalarda birincil oksidasyon ürünlerinin arttığı, azaldığı noktalarda ise bu ürünlerin parçalanarak ikincil oksidasyon ürünlerinin arttığı düşünülmüştür.

Depolama süresince konjuge trien değerlerindeki en büyük değerler, tüm koşullar için 2. ayda saptanmış olup daha sonra depolama sonuna kadar başlangıçtaki değerine yakın değerlerde dalgalanarak devam etmiştir. Bellomo ve diğ. (2009) de farklı sıcaklıklarda 14 ay depoladıkları fıstıklar için konjuge trien değerlerinin değişmediğini bildirmiştir. Farklı tekniklerle paketlenerek 4 ve 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin konjuge trien değerleri arasında herhangi bir önemli farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$). Benzer şekilde Rabadán ve diğ. (2018^a) ceviz yağının depolama koşullarının konjuge trien değerlerine herhangi bir etkisinin olmadığını bildirmiştir.



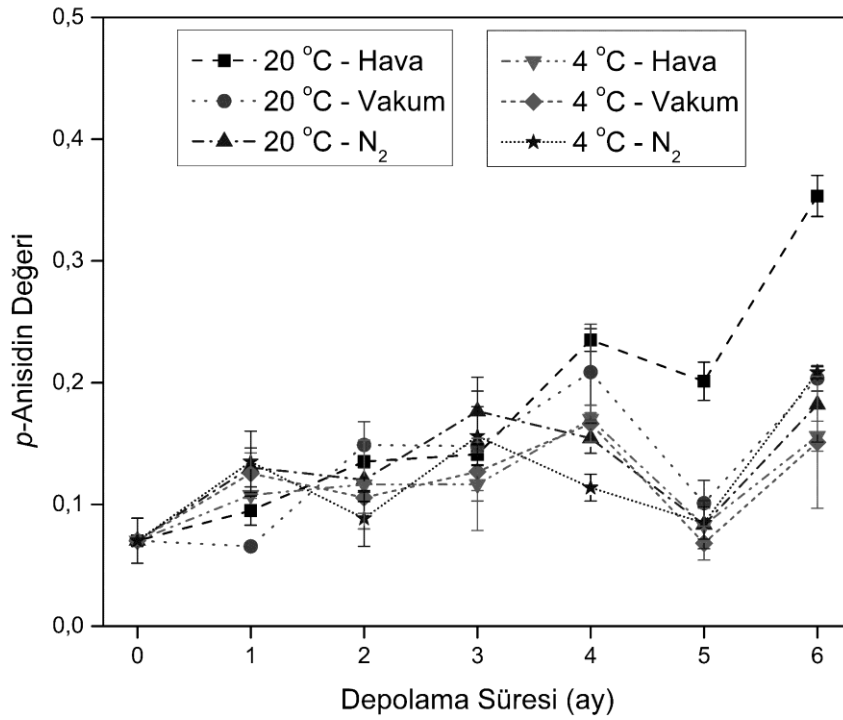
Şekil 3.42: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge dien değerleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.43: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince konjuge trien değerleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.5.5 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin *p*-Anisidin Değerleri

Kararsız olan birincil oksidasyon ürünleri, uçucu ve uçucu olmayan bileşiklere parçalanarak ikincil ürünler oluşmaktadır. İkincil ürünler kötü tatlardan sorumlu olup bazıları toksiktir (Hashempour-Baltork ve diğ. 2017). İkincil oksidasyon ürünleri olan 2-alkenaller ve 2,4-alkadienallerin değerlendirilmesi, *p*-anisidin içeriğinin belirlenmesi ile tahmin edilmektedir (Gaikwad ve diğ. 2017). Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin *p*-anisidin değerleri, Şekil 3.44’te gösterilmektedir. Depolama başlangıcında *p*-anisidin değeri, ceviz örnekleri için $0,07\pm 0,02$ olarak tespit edilmiştir. Depolama sonunda *p*-anisidin değerleri her depolama koşulu için başlangıca göre daha fazla bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama boyunca *p*-anisidin değerleri genellikle dalgalanarak devam etmiştir. Ancak hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin *p*-anisidin değerleri 3. aydan sonra artışa geçmiştir ve depolama sonuna kadar en yüksek değerler bu şartlarda depolanan ceviz örneklerinde tespit edilmiştir. Hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan örneklerin depolama sonunda *p*-anisidin değerleri $0,35\pm 0,02$ iken, diğer koşullarda depolanan ceviz örneklerinin *p*-anisidin değerleri 0,15-0,20 arasında bulunmuştur. Hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan ceviz örnekleri haricinde diğer örnekler için, paketleme tekniklerinin ve depolama sıcaklığının *p*-anisidin değerleri üzerine önemli bir etkisi saptanmamıştır ($p>0,05$). Yağda meydana gelen oksidasyon reaksiyonları farklı iç ve dış parametrelerin etkisinden dolayı çok karmaşık süreçlerdir. Bazı yağlarda hidroperoksitler, konsantrasyonları uygun bir düzeye ulaştığında bozulmaya başlarken bazı yağlarda ise ikincil oksidasyon ürünlerinin oluşumu hidroperoksitlerin oluşumu ile hemen hemen aynı anda başlamaktadır (Bakkalbaşı 2019). Bu çalışma, ceviz yağında aynı anda birincil oksidasyon ürünleri ile (peroksit değeri) ve ikincil oksidasyon ürünlerinin (*p*-anisidin) oluştuğunu göstermektedir. Ceviz örneklerinin tüm depolama koşullarında elde edilen *p*-anisidin sonuçları literatüre göre kabul edilebilir bulunmuştur. Bu açıdan depolama boyunca tüm ceviz örnekleri için oksidasyonun *p*-anisidin değerleri açısından düşük olduğu düşünülmektedir.

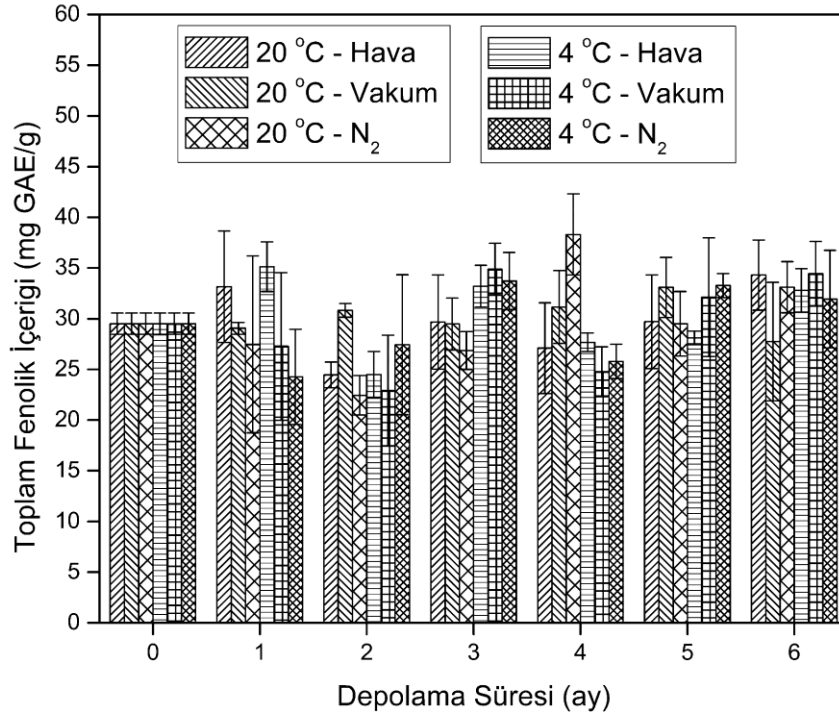


Şekil 3.44: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince *p*-anisidin değerleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.5.6 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Toplam Fenolik Madde İçerikleri

Ceviz meyvesi, duyuusal özelliklerini etkileyen ve oksidasyona uğramasını engelleyerek stabilitesini koruyan fenolik maddeler bakımından zengindir. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin toplam fenolik madde içerikleri, Şekil 3.45’te gösterilmektedir. Depolama süresince toplam fenolik madde içerikleri 22,90-35,12 mg GAE/g arasında değişmiştir. Depolama süresince toplam fenolik madde içerikleri incelendiğinde, tüm depolama koşullarında depolanan ceviz örneklerinin toplam fenolik madde içeriğinin istatistiksel olarak hemen hemen sabit kaldığı, sadece N₂ altında paketlenip 20 °C’de depolanan ceviz örneklerinin 3. ayında çok az bir artış olduğu saptanmıştır. Bolling ve diğ. (2010) badem örneklerini 15 ay depolama sonrasında toplam fenolik miktarının başlangıç değerine göre %190 arttığını ifade etmiştir. Sonuçlara göre depolama süresince farklı paketlenme tekniklerinin ve sıcaklıkların toplam fenolik

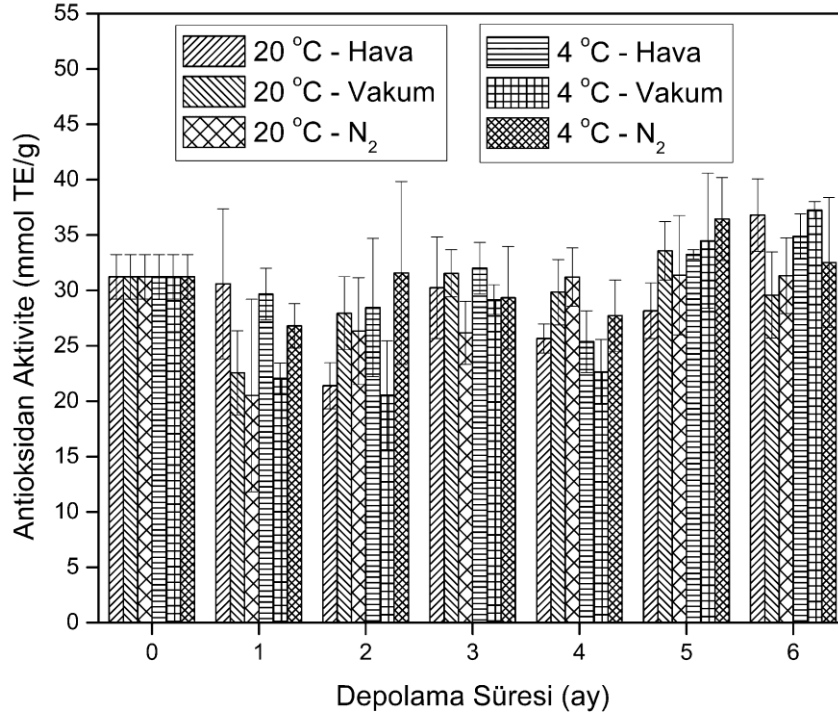
madde içeriğini genellikle önemli düzeyde etkilemediği tespit edilmiştir ($p>0,05$). Paketleme tekniği ve depolama sıcaklığının kuruyemişlerin toplam fenolik madde içeriğine kesin bir etkisi olmadığı önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Ghirardello ve diğ. 2016, Bolling ve diğ. 2010).



Şekil 3.45: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince toplam fenolik madde içerikleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.5.7 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Antioksidan Aktiviteleri

Ceviz meyvesinin antioksidan içeriği stabilitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir. Depolama sırasında ceviz örneklerinin biyoaktif özelliklerinde meydana gelen değişimlerin incelenebilmesi için antioksidan kapasitesinin belirlenmesi oksidatif stabilitesinin tahmini için faydalı bir analizdir. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin antioksidan aktiviteleri, Şekil 3.46’da gösterilmektedir.



Şekil 3.46: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince antioksidan aktiviteleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

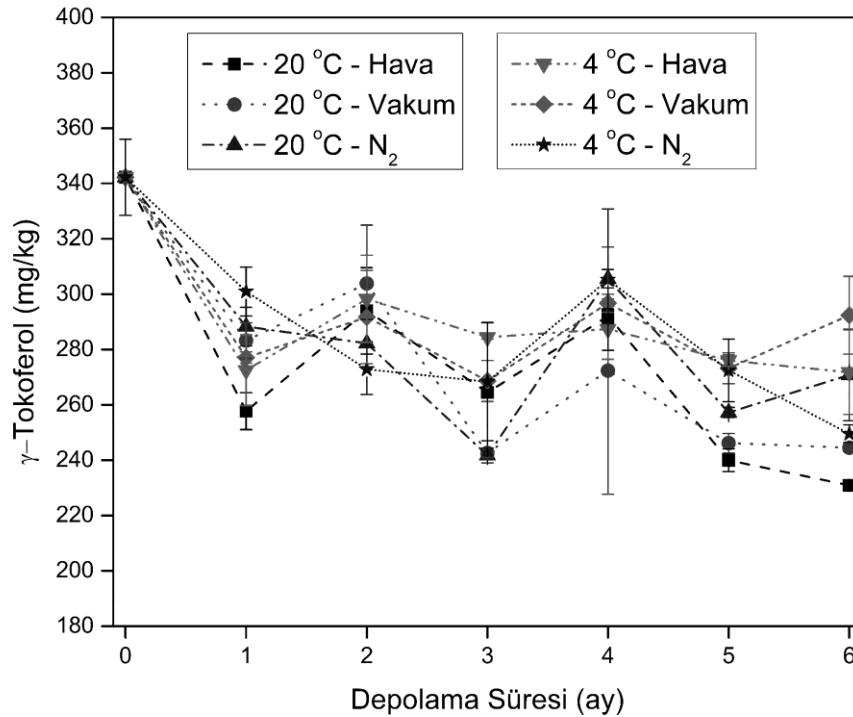
Depolama süresince antioksidan aktivite 20,51-37,26 mmol TE/g arasında değişmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, toplam fenolik madde içeriğindeki değişim ile antioksidan aktivitedeki değişim arasında pozitif ilişki olduğunu göstermiştir. Depolama boyunca farklı depolama koşullarında elde edilen antioksidan aktivite değerleri zaman zaman azalsa da genel olarak başlangıç değerlerine benzer sonuçlar alınmıştır ve depolama sonundaki antioksidan aktivite değerleri istatistiksel olarak başlangıca benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Depolama süresince farklı paketleme tekniklerinin ve sıcaklıkların antioksidan aktiviteyi genellikle önemli düzeyde etkilemediği tespit edilmiştir ($p>0,05$).

3.5.8 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Tokoferol İçerikleri

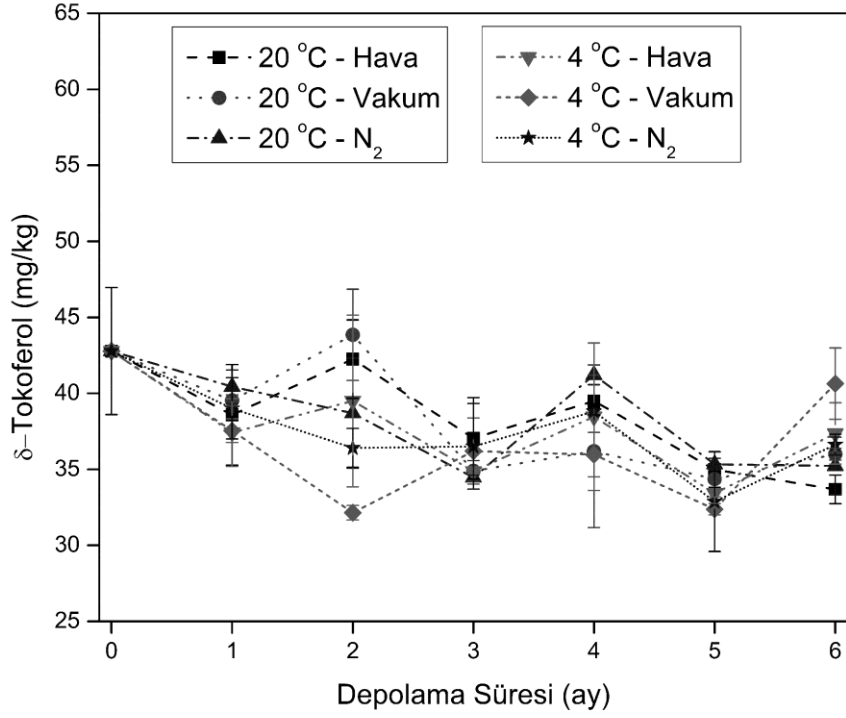
Tokoferoller, gıdaların işlenmesi ve depolanması sırasında antioksidan aktivite göstererek yağ oksidasyonunu önlemektedir ancak bu sırada da miktarları azalmaktadır. Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan

öğütülmüş ceviz örneklerinin γ -, δ -, α -tokoferol içerikleri, sırasıyla Şekil 3.47, 3.48 ve 3.49'da gösterilmektedir. Ceviz örneklerinde γ -tokoferol içeriği, δ - ve α -tokoferol içeriklerine kıyasla daha yüksek miktarda bulunmuştur ve bu değerler depolama başlangıcında sırasıyla $342,23 \pm 13,75$, $42,78 \pm 4,18$ ve $16,07 \pm 1,51$ mg/kg yağ'dır. γ -tokoferol, toplam tokoferollerin yaklaşık %85'ini temsil etmektedir. Önceki çalışmalar da, γ -tokoferolün baskın homolog olduğunu doğrulamaktadır (Savage ve diğ. 1999, Vaidya ve Eun 2013).

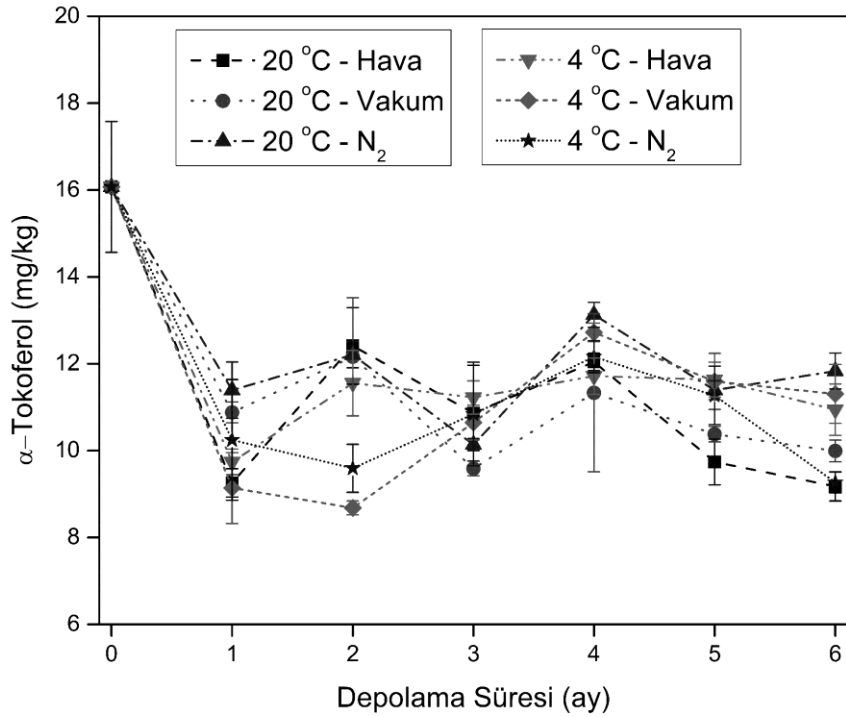
Ceviz örneklerinin tokoferol sonuçları incelendiğinde, tüm koşullarda depolama boyunca tokoferol türlerinin miktarı azalmıştır. Depolama sonunda saptanan tokoferol miktarlarının başlangıça göre kayıp oranları çoktan aza doğru sıralanırsa; α -tokoferol (%26,38-42,87) ve bunu sırası ile γ -tokoferol (%14,57-32,54) ve δ -tokoferol (%5,0-21,27) izlemektedir. Ceviz meyvesinde başlangıçta bulunan α -tokoferol miktarı diğer tokoferollerden daha düşük olmasından dolayı oransal olarak daha fazla azalmıştır ancak miktar açısından bakıldığında en fazla γ -tokoferol azalmıştır. Paketleme tekniklerinin ve depolama sıcaklığının ceviz örnekleri için genellikle önemli bir etkisi olmamıştır.



Şekil 3.47: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C'de depolanmaları süresince γ -tokoferol içerikleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



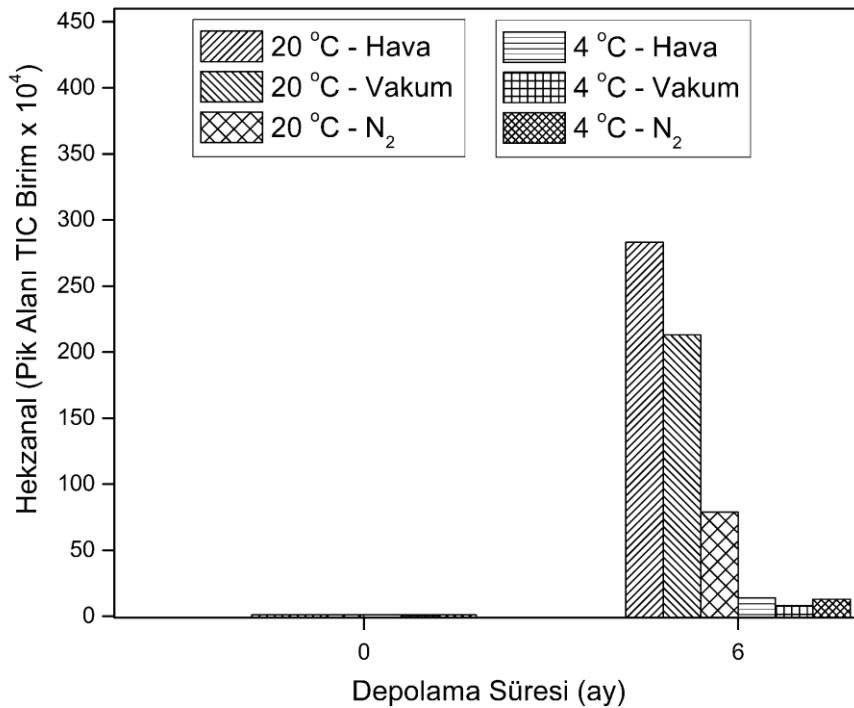
Şekil 3.48: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince δ -tokoferol içerikleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).



Şekil 3.49: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince α -tokoferol içerikleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

3.5.9 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Hekzanal İçerikleri

Hekzanal, linoleik asidin oksidasyonu sırasında oluşan ikincil bir metabolit olup linolenik asidin oksidatif bozunma hızı, linoleik asit ve oleik asitten çok daha hızlıdır (Bakkalbaşı 2019, Grilo ve Wang 2021). Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen hekzanal pik alanları, Şekil 3.50’de gösterilmektedir.



Şekil 3.50: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları öncesinde ve sonrasında hekzanal içerikleri

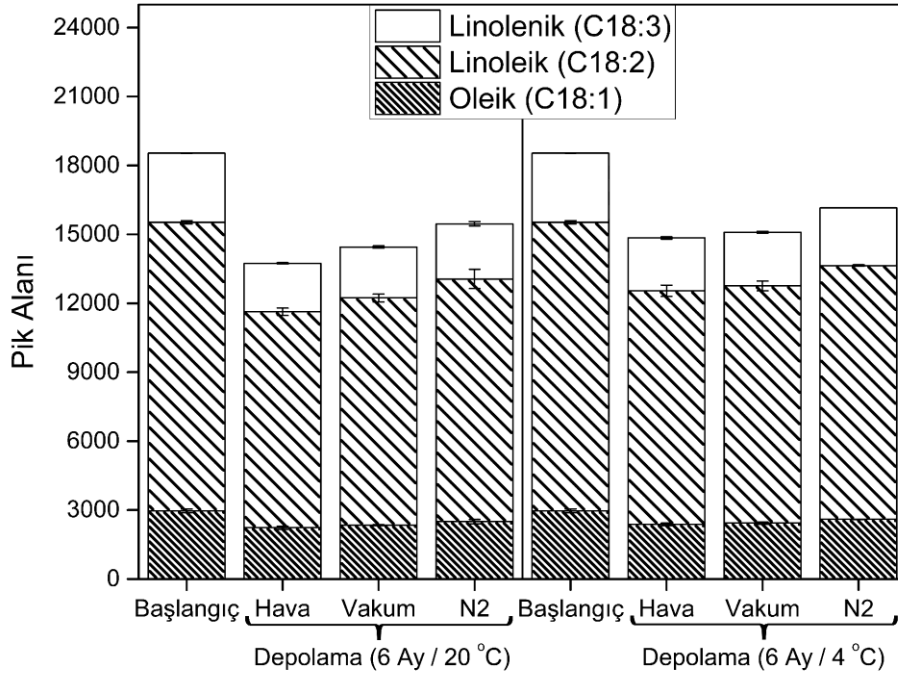
Depolamanın başlangıcında ceviz örneklerindeki hekzanal oldukça düşük seviyede (pik alanı $1,15 \times 10^4$) bulunmuştur, bu da ceviz örneklerinin depolama çalışmasına başlayana kadar lipid oksidasyonundan korunduğunu göstermektedir. Şekil 3.50’de gösterildiği gibi, hekzanal oranı her iki sıcaklıkta da 6 aylık depolamadan sonra artmıştır, ancak 20 °C’de depolanan cevizlerdeki hekzanal seviyesi önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Depolama süresinin sonunda, 4 °C’de depolanan cevizlerdeki hekzanal pik alanı ($8,6 \times 10^4$ - $14,6 \times 10^4$), 20 °C’deki seviyelere ($21,3 \times 10^4$ - $283,2 \times 10^4$) kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bu

çalışmadaki bulgularla uyumlu olarak pekan cevizlerinin 300 gün depolanmasının sonunda, 2 °C’de depolanan cevizlerdeki hekzanal içeriği, 20 °C’deki seviyelere kıyasla 8 kat daha düşük bulunmuştur (Descalzo ve diğ. 2021). Paketleme tekniklerinin etkisi incelendiğinde, özellikle 20 °C’de depolanan cevizlerin hekzanal sonuçlarından paketlerdeki O₂’in sınırlandırılmasının oksidasyonu azaltmada etkili olduğu görülmektedir. 20 °C’de depolanan cevizlerde hekzanal en düşük N₂ altında paketlenen örneklerde tespit edilirken en yüksek değer hava altında paketlenen örneklerde tespit edilmiştir. Ceviz örneklerinin farklı koşullarda depolandığı bir çalışmada hekzanal içeriği ile cevizlerin acı ve ransit tadı arasında pozitif korelasyon tespit edildiği bildirilmektedir (Jensen ve diğ. 2001). Bu nedenle ceviz meyvesinin başlangıçtaki iyi kalitesini korumak için cevizlerin O₂ geçirgenliği düşük bir materyal ile paketlenip 4 °C gibi soğuk sıcaklıkta depolanması önerilmektedir. Ancak şunu da unutmamak gerekir ki, soğuk şartlarda düşük seviyelerde de olsa oksidatif reaksiyonlar gerçekleşmektedir ve bu durum oksidasyonun tetiklenmesini engellememektedir.

3.5.10 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Yağ Asidi Kompozisyonları

Yağ asidi kompozisyonu ile lipit oksidasyonu arasında doğrudan ilişki bulunmaktadır. Doymamış yağ asitlerinin miktarı ne kadar fazlaysa, çift bağ kararsızlığından dolayı oksidatif stabilite o kadar düşüktür. Bununla birlikte fenolikler ve tokoferoller gibi biyoaktif bileşiklerin mevcudiyeti yağın yüksek bir oksidatif stabiliteye sahip olmasını sağlamaktadır (de Albuquerque Meireles ve diğ. 2021). Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen yağ asidi kompozisyonları, Tablo 3.12’de gösterilmektedir. Ceviz örneklerinde başlıca yağ asitleri olarak; linoleik, oleik, linolenik, palmitik ve stearik asitler tespit edilmiş olup sırasıyla, %61,37, %14,02, %14,64, %5,96 ve %2,95 oranlarında bulunmaktadır. Bu sonuçlar, linoleik asidin ceviz yağının ana bileşenleri olduğunu gösteren literatür bulgularıyla da uyumludur (Gao ve diğ. 2019, Crews ve diğ. 2005, Fu ve diğ. 2016). Bu yağ asitlerinin haricinde de yaklaşık toplam %1 oranında minör

yağ asitleri tanımlanmıştır. Sonuçlardan da görüldüğü üzere ceviz yağı yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi içermektedir. Ceviz yağında linoleik asit en fazla bulunan yağ asidi olup ardından oleik ve linolenik asidin gelmesi yüksek doymamışlık derecesine yol açmaktadır. Depolama sonunda ceviz örneklerindeki doymamış yağ asitlerinin pik alanları değişimi Şekil 3.51’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde depolama sıcaklığının da paketlenme tekniğinin de önemli etkisi olduğu görülmektedir. Depolanan her koşulda ceviz örneklerinin doymamış yağ asitlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Ancak ceviz örneklerinin doymamış yağ asitlerindeki azalma en az N₂ altında ve 4 °C’de depolananlarda olmuştur. En fazla azalma ise hava altında paketlenip 20 °C’de depolanan örneklerde tespit edilmiştir.



Şekil 3.51: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay depolanmaları öncesinde ve sonrasında doymamış yağ asitlerinin alanları. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

Tablo 3.12: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında yağ asidi yüzdeleri^{a, b}

Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	Palmitik asit (C16:0)	Stearik asit (C18:0)	Oleik asit (C18:1)	Linoleik asit (C18:2)	α -Linolenik asit (C18:3)	Diğer yağ asitleri
Başlangıç	--		5,96 ± 0,00	2,95 ± 0,04	14,02 ± 0,82	61,37±0,64	14,64 ± 0,57	1,06 ± 0,03
Depolama sonu (6. ay)	20 °C	Hava	6,13 ± 0,11	2,97 ± 0,05	14,63 ± 0,09	61,40 ± 0,12	13,81 ± 0,12	1,06 ± 0,00
		Vakum	6,10 ± 0,05	2,97 ± 0,03	14,60 ± 0,09	61,44 ± 0,01	13,82 ± 0,04	1,07 ± 0,01
		N ₂	6,04 ± 0,09	2,96 ± 0,05	14,54 ± 0,04	61,48 ± 0,10	13,92 ± 0,03	1,06 ± 0,00
	4 °C	Hava	5,60 ± 0,20	2,77 ± 0,06	14,57 ± 0,10	61,97 ± 0,23	14,02 ± 0,06	1,07 ± 0,00
		Vakum	5,80 ± 0,43	2,79 ± 0,14	14,68 ± 0,01	61,73 ± 0,44	13,92 ± 0,12	1,07 ± 0,01
		N ₂	6,08 ± 0,01	2,93 ± 0,02	14,55 ± 0,09	61,43 ± 0,05	13,95 ± 0,02	1,06 ± 0,00

^a Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

^b Depolama boyunca yağ asitlerinde gözlenen değişimlerin hesabı ve istatistikleri integral alanı üzerinden yapılmıştır.

3.5.11 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin İyot Sayıları

İyot değerindeki azalma karmaşık fizikokimyasal değişikliklerden kaynaklanabilse de, oksidasyon derecesinin bir göstergesi olarak önemli bir kalite parametresidir (Aşkın ve Kaya 2020). Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin depolamanın başlangıcında ve sonunda elde edilen iyot sayıları, Tablo 3.13’te gösterilmektedir. Depolamanın başlangıcında ceviz örneklerinin iyot sayıları, 156,86±1,57 olarak belirlenmiştir. Bu değerler, ceviz yağı için önceden bildirilen sonuçlarla da uyumludur (Jokić ve diğ. 2014, Moodley ve diğ. 2007, Gharibzahedi ve diğ. 2014, Martínez ve diğ. 2013). Ceviz örneklerinin iyot sayısı 6 ay sonunda 149,20-156,75 arasında değişmiştir. Depolama sonunda elde edilen iyot sayıları kısmen azalmıştır ancak istatistiksel olarak bu değişim önemli bulunmamıştır.

Tablo 3.13: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de 6 ay süreyle depolanmaları öncesinde ve sonrasında iyot sayıları^{a, b}

Depolama süresi	Depolama sıcaklığı	Paketleme tekniği	İyot Sayısı
Başlangıç	--		156,86 ± 1,57A
		Hava	156,75 ± 0,50A
		Vakum	156,19 ± 1,06A
Depolama sonu (6. ay)	20 °C	N ₂	149,20 ± 0,36B
		Hava	155,63 ± 0,22A
		Vakum	155,33 ± 0,04A
Depolama sonu (6. ay)	4 °C	N ₂	155,62 ± 0,06A

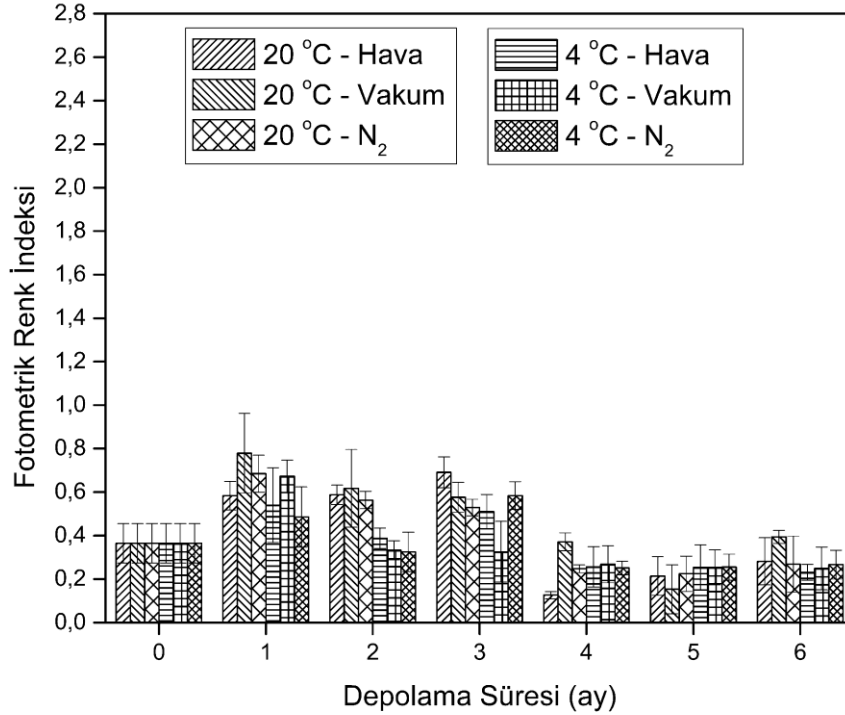
^a Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (± standart sapmalar).

^b Büyük harfle gösterilen farklı harfler, farklı paketleme teknikleri arasında önemli farklılıklar olduğunu gösterir (p<0,05).

3.5.12 Farklı Tekniklerle Paketlenip Farklı Sıcaklıklarda Depolanan Öğütülmüş Chandler Çeşit Ceviz Örneklerinin Fotometrik Renk İndeksleri

Ceviz yağının oksidasyonu, karotenoidler ve klorofiller gibi yağ renginden sorumlu doğal pigmentlerin de bozulmasına yol açabilmektedir. Ayrıca görünür

spektral aralıkta absorpsiyon yapan oksidasyon ürünleri de renk değişimlerine katkıda bulunabilir (Sikorska ve diğ. 2007). Farklı tekniklerle paketlenip 6 ay boyunca 4 ve 20 °C’de depolanan öğütülmüş ceviz örneklerinin fotometrik renk indeksleri, Şekil 3.52’de gösterilmektedir. Depolamanın başlangıcında ceviz örneklerinin fotometrik renk indeksleri $0,36 \pm 0,09$ olup depolama boyunca 0,13-0,68 arasında saptanmıştır. Fotometrik renk indeksi incelendiğinde zaman zaman dalgalansa da aşırı değişmediği bu indeksin daha yüksek depolama sıcaklıklarında, daha fazla ışığa maruz kalma durumunda daha yoğun artacağı düşünülmektedir. Nitekim bu indeks daha çok kızartma veya ısıl işlem uygulanan çalışmalarda kullanıldığı tespit edilmiş olup rengin kararmasıyla bu değerler oldukça fazla arttığı bildirilmiştir. Bununla ilgili olarak Baixauli ve diğ. (2002) ayçiçek yağının fotometrik renk indeksi 20. kızartmaya kadar yaklaşık 0 değerine yakın bir şekilde artıp azalarak dalgalandığını, ancak 20. kızartmadan sonra lineer bir artışa geçtiğini tespit etmiştir ve 40. kızartma sonunda fotometrik renk indeksi yaklaşık 15 değerine kadar ulaşmıştır.



Şekil 3.52: Öğütülmüş Chandler cevizlerin farklı tekniklerle paketlenip 4 ve 20 °C’de depolanmaları süresince fotometrik renk indeksleri. Değerler, dört bağımsız örneğin sonuçlarının ortalamasıdır (\pm standart sapmalar).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında; Chandler ve Şebin ceviz çeşitleri kabuklu, kabuksuz ve öğütülmüş olarak, 4 ve 20 °C’de vakum, N₂ ve hava altında paketlenip depolanmaları süresince kalite özelliklerinin değişimi ve muhafaza edilebilirliği incelenmiştir. Depolama süresince, lipit oksidasyon parametrelerinin değişimi üzerine ceviz renginin, çeşidinin ve depolama koşullarının etkileri incelenmiştir. Yapılan tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

1) Çalışmada depolama süresince serbest yağ asitliği değeri artış göstermiş ve depolama sonunda başlangıç değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Serbest yağ asitleri seviyelerinin depolama sıcaklığından önemli derecede etkilendiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). 20 °C’de depolanan tüm ceviz örneklerinin serbest yağ asidi değerleri 4 °C’de depolanan örneklere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek tespit edilmiştir. Depolama sıcaklığı arttıkça serbest yağ asidi seviyelerindeki artış, daha yüksek sıcaklıklarda bozulma reaksiyonlarının hızındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir.

2) Koyu renkli cevizlerin serbest yağ asidi değerleri her iki depolama sıcaklığında da açık olanlardan daha hızlı artmıştır. Nitekim açık ve koyu renkli cevizlerin 20 °C’de 6 aylık depolama sonunda elde edilen serbest yağ asidi değerleri, başlangıç değerine göre sırasıyla 2,9-3,1 ve 4,5-6,1 kat artmıştır. Bununla birlikte, koyu cevizlerin 4 °C’de depolanması sırasındaki serbest yağ asidi değerleri düşük ve kararlı olduğu görülmüştür. Depolama sonunda 20 °C’de depolanan koyu renkli cevizler hariç serbest yağ asidi değerlerinin her biri kabul edilebilirlik sınırının (%0,6 oleik asit) altında saptanmıştır.

3) Peroksit değerlerinde depolama boyunca bazı dalgalanmalar gerçekleşmiş ve depolama sonunda istisnasız tüm ceviz örneklerindeki peroksit değerleri, başlangıç değerlerine göre yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama boyunca gerçekleşen dalgalanmalar, peroksitlerin kararsız olması ve yeni peroksitler üretilirken bile parçalanarak aldehit, keton gibi benzer ikincil oksidasyon ürünlerine indirgenmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4) Depolama boyunca farklı paketleme teknikleri cevizlerin peroksit değerlerinde bazı farklılıklara yol açsa da değişimlerin sistematik olmadığı ve paketleme tekniklerinin ve depolama sıcaklıklarının herhangi bir ceviz örneğinin peroksit değerinin değişmesinde etkili olmadığı görülmüştür.

5) Kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan ceviz örneklerinin depolama sırasındaki K_{232} değerinin değişimi peroksit değerlerindeki değişime benzer bir eğilim izlemiştir. Açık ve koyu renkli cevizler için en yüksek K_{232} değerleri (sırasıyla 1,25 ve 1,34) hava altında paketlenen ve 20 °C’de depolanan örneklerde belirlenmiştir.

6) K_{270} değerleri depolama sonunda başlangıçtaki değerine göre genellikle değişmemiştir ya da az miktarda değişmiştir.

7) Depolama sonunda *p*-anisidin değerleri her depolama koşulu için başlangıca göre daha fazla bulunmuştur ($p < 0,05$). Ancak depolanan tüm numuneler için *p*-anisidin değeri tüm depolama süresi boyunca 1’in altında kalmıştır.

8) Depolama sonunda elde edilen en yüksek *p*-anisidin değerleri her iki çeşit ceviz örneği için de 20 °C’de hava altında depolanan örneklerde tespit edilmiştir. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki, her iki ceviz çeşidi de bu şartlarda kabuklu olarak depolandığında 12 ay sonundaki *p*-anisidin değerleri kabuksuz depolananlara göre yaklaşık 1,5 kat daha düşük bulunmuştur.

9) Açık cevizlerin *p*-anisidin değerleri koyu renkli cevizlere göre 20 °C’de daha yavaş bir artış göstermiştir. Depolama boyunca *p*-anisidin değerleri açık renkli cevizler için 0,08-0,33 arasında koyu renkli cevizler için ise 0,12-0,51 arasında değişmiştir.

10) Kabuklu depolanan cevizlerdeki toplam fenolik madde içeriğindeki değişim, depolama boyunca kabuksuz depolanan örneklerdeki gibi olmamıştır. Bu durum karmaşık oksidatif ve biyokimyasal reaksiyonların kabuklu cevizlerde daha yavaş gerçekleştiğinin göstergesidir.

11) Kabuklu ve kabuksuz olarak depolanan ceviz örneklerinin 12 aylık depolanması süresince elde edilen antioksidan aktivite değerleri, depolama sırasında elde edilen toplam fenolik madde içeriklerinde saptanan eğilime benzer bulunmuştur.

12) Depolama sonunda istisnasız tüm koşullarda depolanan ceviz örneklerinin antioksidan aktiviteleri başlangıca göre düşük bulunmuştur ($p < 0,05$).

13) Depolamanın başlangıcında koyu cevizler açık renkli cevizlere göre daha düşük toplam fenolik madde, α - ve γ - tokoferol içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir.

14) Koyu renkli cevizlerin oksidasyon parametreleri depolama sonunda, meyvede bulunan daha düşük antioksidan bileşiklere rağmen hava altında paketlenip 20 °C'de depolananlarda dahi kabul edilebilir olduğu sonucuna varılmıştır.

15) Paketleme tekniği ve depolama sıcaklığı gibi faktörlerin ceviz örneklerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitesi üzerinde kesin bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir.

16) Ceviz örneklerinde γ -, δ -, α - tokoferol tanımlanmıştır ve bunlar arasında γ - tokoferolün cevizde en fazla bulunan tokoferol olduğu belirlenmiştir. Tokoferol içeriklerini ceviz çeşidinin de önemli derecede etkilediği saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre α - tokoferol diğer tokoferollerden daha düşük stabilite göstermiştir.

17) Kabuklu ve kabuksuz 20 °C'de depolanan ceviz örneklerinin γ -, δ - ve α - tokoferol içerikleri depolama boyunca, genellikle 4 °C'de depolanan ceviz örneklerine göre daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar, cevizlerin depolanması sürecinde 20 °C veya daha yüksek sıcaklıkta hava altında kabuksuz olarak depolamanın oksidasyon reaksiyonlarını hızlandırdığını ve 4 °C'de vakum, N₂ ve hava altında 12 ay depolanan kabuklu veya kabuksuz cevizlerin tokoferol içerikleri önemli ölçüde değişmediğini göstermektedir.

18) Cevizlerin yağ asitleri en iyi kabuklu olarak 4 °C'de depolanan ceviz örneklerinde korunmuştur. Yağ asitlerindeki en fazla değişim ise öğütülmüş olarak 20 °C'de depolanan ceviz örneklerinde olmuştur.

19) Hekzanal içeriğinin depolama koşullarından açıkça etkilendiği tespit edilmiştir. Hekzanal içeriği, genellikle vakum ve N₂ altında paketlenip 4 °C sıcaklıkta depolanan ceviz örneklerinde önemli derecede düşük bulunmuştur. Sonuçlardan hekzanal artışını etkileyen en önemli faktörün sıcaklık olduğu görülmüştür. Ayrıca

kabuklu olarak depolanan cevizlerdeki hekzanal içeriği kabuksuzlara göre oldukça düşük bulunmuştur.

20) Elde edilen bulgulardan biri de, vakum tekniğinin ceviz örneklerinin oksidatif reaksiyonlarının önlenmesinde N₂ uygulaması kadar etkili olmadığıdır.

21) Ceviz meyvesindeki lipit oksidasyonu en az kabuklu olarak N₂ altında paketlenip 4 °C sıcaklıkta depolanan örneklerde tespit edilmiştir.

22) Ceviz örnekleri için oksidasyon reaksiyonlarını hızlandıran faktörlerin çoktan aza doğru sıcaklık, kabuk bulunma durumu, cevizin rengi, paketleme tekniği olarak sıralanabileceği belirlenmiştir.

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlara ek olarak ceviz meyvesinin depolanması dair yapılabilecek çalışmalar için aşağıdaki öneriler sunulmuştur:

- Ceviz meyvesinin depolanmasında; cevizin çeşidi, cevizin depolama şekli (kabuklu, kabuksuz, öğütülmüş), ceviz içinin rengi (açık, koyu), uygulanan paketleme tekniği ve depolama sıcaklığı gibi faktörlerin cevizin kalitesini önemli derecede etkilediği görülmüştür.
- Bu tez çalışmasının sonuçlarına göre, ceviz meyvesinin uzun süreli depolanması sırasında kalitesinin en iyi şekilde korunabilmesi için kabuklu olarak N₂ altında paketlenip 4 °C'de depolanması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

Abbaspour- Gilandeh, Y., Kaveh, M. and Jahanbakhshi, A., “The effect of microwave and convective dryer with ultrasound pre- treatment on drying and quality properties of walnut kernel”, *J. Food Process. Preserv.*, 43(11), e14178, (2019).

Adiletta, G., Magri, A., Albanese, D., Liguori, L., Sodo, M., Di Matteo, M. and Petriccione, M., “Overall quality and oxidative damage in packaged freshly shelled walnut kernels during cold storage”, *J. Food Meas. Charact.*, 14(6), 3483-3492, (2020).

Akca, Y., Bilgen, Y. and Ercisli, S., “Selection of superior Persian walnut (*Juglans regia* L.) from seedling origin in Turkey”, *ACTA Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 14(3), 103-114, (2015).

Akca, Y. and Ozogun, S., “Selection of late leafing, late flowering, laterally fruitful walnut (*Juglans regia*) types in Turkey”, *New Zeal. J. Crop Hort.*, 32(4), 337-342, (2004).

Akça, Y., Yuldaşulu, Y. B., Murad, E. and Vahdati, K., “Exploring of walnut genetic resources in Kazakhstan and evaluation of promising selections”, *Int. J. Hortic. Sci.*, 7(2), 93-102, (2020).

Albu, S., Joyce, E., Paniwnyk, L., Lorimer, J. P. and Mason, T. J., “Potential for the use of ultrasound in the extraction of antioxidants from *Rosmarinus officinalis* for the food and pharmaceutical industry”, *Ultrason. Sonochem.*, 11(3-4), 261-265, (2004).

Amaral, J. S., Casal, S., Pereira, J. A., Seabra, R. M. and Oliveira, B. P., “Determination of sterol and fatty acid compositions, oxidative stability, and nutritional value of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars grown in Portugal”, *J. Agric. Food Chem.*, 51(26), 7698-7702, (2003).

Angelo, A. J. S., Vercellotti, J., Jacks, T. and Legendre, M., “Lipid oxidation in foods”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 36(3), 175-224, (1996).

AOAC, “Official methods of analysis”, 16th ed.; *Association of Official Analytical Chemists*, Gaithersburg, M.D., (1997).

AOCS, “Official method Ca 5a–40: Free fatty acids”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign, (2009^a).

AOCS, “Official method Cd 8–53: Peroxide value acetic acid-chloroform method”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign, (2003).

AOCS, “Official method Ch 5-91: Determination of specific extinction of oils and fats, ultraviolet absorption”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign, (2001).

AOCS, “Official method Cd 18-90: *p*-Anisidine value”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign (1997^a).

AOCS, “Official method Ce 8-89: Determination of tocopherols and tocotrienols in vegetable oils and fats by HPLC”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign (2009^b).

AOCS, “Official method Ce 2-66: Preparation of methyl esters of fatty acids”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign (1997^b).

AOCS, “Official method Cd 1c-85: Calculated iodine value”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign (1997^c).

AOCS, “Official method Cc 13c-50: Color spectrophotometric method”, *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*, AOCS Press, Champaign (2009^c).

Arena, E., Ballistreri, G. and Fallico, B., “Effect of postharvest storage temperatures on the quality parameters of pistachio nuts”, *Czech J. Food Sci*, 31(5), 467-473, (2013).

Aslansoy, B., “Sultandağı (Afyon) yöresi cevizlerinin (*Juglans regia* L.) seleksiyon yoluyla ıslahı üzerine araştırmalar” Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı*, Konya (2012).

Aşkın, B. and Kaya, Y, “Effect of deep frying process on the quality of the refined oleic/linoleic sunflower seed oil and olive oil”, *J. Food Sci. Technol.*, 57(12), 4716-4725, (2020).

Baixauli, R., Salvador, A., Fiszman, S. M., and Calvo, C., “Effect of oil degradation during frying on the color of fried, battered squid rings”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79(11), 1127-1131, (2002).

Bakkalbaşı, E., “Oxidative stability of enriched walnut oil with phenolic extracts from walnut press-cake under accelerated oxidation conditions and the effect of ultrasound treatment”, *J. Food Meas. Charact.*, 13(1), 43-50, (2019).

Bakkalbaşı, E., “Farklı ambalaj materyalleri ve depo koşullarının ceviz içi bileşimine etkisi”, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Ankara, (2009).

Bakkalbaşı, E., Yılmaz, Ö. M., ve Artık, N., “Türkiye’de yetiştirilen yerli bazı ceviz çeşitlerinin fiziksel özellikleri ve kimyasal bileşenleri”, *Akademik Gıda*, 8(1), 6-54, (2010).

Bakkalbaşı, E., Yılmaz, Ö. M., Javidipour, I. and Artık, N., “Effects of packaging materials, storage conditions and variety on oxidative stability of shelled walnuts”, *LWT Food Sci. Technol.*, 46(1), 203-209, (2012).

Bakkalbaşı, E., Yılmaz, Ö. M., Yemiş, O. and Artık, N., “Changes in the phenolic content and free radical-scavenging activity of vacuum packed walnut kernels during storage”, *Food Sci. Technol. Res.*, 19(1), 105-112, (2013).

Bakkalbaşı, E., Yılmaz, Ö. M., Poyrazoğlu, E. S. and Artık, N., “Tocopherol contents of walnut varieties grown in Turkey and the effect of storage on tocopherol content”, *J. Food Process. Preserv.*, 38(1), 518-526, (2014).

Bakkalbaşı, E., “Oxidative stability of enriched walnut oil with phenolic extracts from walnut press-cake under accelerated oxidation conditions and the effect of ultrasound treatment”, *J. Food Meas. Charact.*, 13(1), 43-50, (2019).

Barrett, D. M., Somogyi, L. and Ramaswamy, H. S. (Eds.), “*Processing Fruits: Science and Technology*”, Boca Raton: CRC press, (2004).

Barriuso, B., Astiasarán, I. and Ansorena, D., “A review of analytical methods measuring lipid oxidation status in foods: a challenging task”, *Eur. Food Res. Technol.*, 236(1), 1-15, (2013).

Beaudry, R. M., Payne, J. A. and Kays, S. J., “Variation in the respiration of harvested pecans due to genotype and kernel moisture level”, *HortScience*, 20(4), 752-754, (1985).

Bellomo, M. G., Fallico, B. and Muratore, G., “Stability of pigments and oil in pistachio kernels during storage”, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44(12), 2358-2364, (2009).

Belviso, S., Dal Bello, B., Giacosa, S., Bertolino, M., Ghirardello, D., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V. and Zeppa, G., “Chemical, mechanical and sensory monitoring of hot air-and infrared-roasted hazelnuts (*Corylus avellana* L.) during nine months of storage”, *Food Chem.*, 217, 398-408, (2017).

Bolling, B. W., Blumberg, J. B. and Chen, C. Y. O., “The influence of roasting, pasteurisation, and storage on the polyphenol content and antioxidant capacity of California almond skins”, *Food Chem.*, 123(4), 1040-1047, (2010).

Brawner, S. A. and Warmund, M. R., “Husk softening and kernel characteristics of three black walnut cultivars at successive harvest dates”, *HortScience*, 43(3), 691-695, (2008).

Buranasompob, A., Tang, J., Powers, J. R., Reyes, J., Clark, S. and Swanson, B. G., “Lipoxygenase activity in walnuts and almonds”, *LWT Food Sci. Technol.*, 40(5), 893-899, (2007).

Buthelezi, N. M. D., Tesfay, S. Z., Ncama, K. and Magwaza, L. S., “Destructive and non-destructive techniques used for quality evaluation of nuts: A review”, *Sci. Hortic.*, 247, 138-146, (2019^a).

Buthelezi, N. M. D., Magwaza, L. S. and Tesfay, S. Z., “Postharvest pre-storage processing improves antioxidants, nutritional and sensory quality of macadamia nuts”, *Sci. Hortic.*, 251, 197-208, (2019^b).

Caleb, O. J., Opara, U. L. and Witthuhn, C. R., “Modified atmosphere packaging of pomegranate fruit and arils: a review”, *Food Bioprocess Technol.*, 5(1), 15-30, (2012).

- Cerit, İ., Sariçam, A., Demirkol, O., Ünver, H., Sakar, E. and Coşansu, S., “Comparative study of functional properties of eight walnut (*Juglans regia* L.) genotypes”, *Food Sci. Technol.*, 37(3), 472-477, (2017).
- Chaiyasit, W., Elias, R. J., McClements, D. J. and Decker, E. A., “Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 47(3), 299-317, (2007).
- Chavoshizadeh, S., Pirsā, S. and Mohtarami, F., “Sesame oil oxidation control by active and smart packaging system using wheat gluten/chlorophyll film to increase shelf life and detecting expiration date”, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 122(3), 1900385, (2020).
- Choe, E. and Min, D. B., “Mechanisms and factors for edible oil oxidation”, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 5(4), 169-186, (2006).
- Christopoulos, M. V. and Tsantili, E., “Oil composition in stored walnut cultivars-quality and nutritional value”, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 117(3), 338-348, (2015).
- Christopoulos, M. V. and Tsantili, E., “Effects of temperature and packaging atmosphere on total antioxidants and colour of walnut (*Juglans regia* L.) kernels during storage”, *Sci. Hortic.*, 131, 49-57, (2011).
- Christopoulos, M. V. and Tsantili, E., “Storage of fresh walnuts (*Juglans regia* L.) low temperature and phenolic compounds”, *Postharvest Biol. Technol.*, 73, 80-88, (2012).
- Choudhary, M., Grover, K. and Javed, M., “Effect of deep-fat frying on fatty acid composition and iodine value of rice bran oil blends”, *Proc. Natl. Acad. Sci., India, Sect. B Biol. Sci.*, 85(1), 211-218, (2015).
- Colakoglu, A. S., “Oxidation kinetics of soybean oil in the presence of monoolein, stearic acid and iron”, *Food Chem.*, 101(2), 724-728, (2007).
- Colaric, M., Veberic, R., Solar, A., Hudina, M. and Stampar, F., “Phenolic acids, syringaldehyde, and juglone in fruits of different cultivars of *Juglans regia* L.”, *J. Agric. Food Chem.*, 53(16), 6390-6396, (2005).
- Coupland, J. N. and McClements, D. J., “Lipid oxidation in food emulsions”, *Trends Food Sci. Technol.*, 7(3), 83-91, (1996).

Crews, C., Hough, P., Godward, J., Brereton, P., Lees, M., Guiet, S. and Winkelmann, W., “Study of the main constituents of some authentic walnut oils”, *J. Agric. Food Chem.*, 53:4853–4860, (2005).

Crowe, T. D., Crowe, T. W., Johnson, L. A. and White, P. J., “Impact of extraction method on yield of lipid oxidation products from oxidized and unoxidized walnuts”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79(5), 453-456, (2002).

Cutter, C. N., “Microbial control by packaging: a review”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 42(2), 151-161, (2002).

Çağlarırnak, N., “Biochemical and physical properties of some walnut genotypes (*Juglans regia* L.)”, *Food/Nahrung*, 47(1), 28-32, (2003).

Dabbou, S., Gharbi, I., Brahmi, F., Nakbi, A. and Hammami, M., “Impact of packaging material and storage time on olive oil quality”, *Afr. J. Biotechnol.*, 10(74), 16929-16936, (2011).

Damerou, A., Kamlang-ek, P., Moisiso, T., Lampi, A. M. and Piironen, V., “Effect of SPME extraction conditions and humidity on the release of volatile lipid oxidation products from spray-dried emulsions”, *Food Chem.*, 157, 1-9, (2014).

da Silva Timm, N., Ramos, A. H., Ferreira, C. D., de Oliveira Rios, A., Zambiazzi, R. C. and de Oliveira, M., “Influence of germ storage from different corn genotypes on technological properties and fatty acid, tocopherol, and carotenoid profiles of oil”, *Eur. Food Res. Technol.*, 247(6), 1449-1460, (2021).

Dastgerdi, G. F., Goli, S. A. H. and Kadivar, M., “A new antioxidant active film based on HDPE and peppermint essential oil for packaging soybean oil”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 93(5), 657-664, (2016).

de Albuquerque Meireles, B. R. L., Alcântara, M. A., Polari, I. D. L. B., de Souza, A. G., dos Santos, N. A., Grisi, C. V. B. and de Magalhães Cordeiro, A. M. T., “Catole coconut (*Syagrus cearensis*) oil: physicochemical characterization and thermo-oxidative stability by TG/DTG/DTA and Rancimat”, *J. Therm. Anal. Calorim.*, 1-8, (2021).

Decker, E. A., “Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability”, *Trends Food Sci. Technol.*, 9(6), 241-248, (1998).

- Descalzo, A. M., Biolatto, A., Rizzo, S. A., Pérez, C. D., Frusso, E. A., Carduza, F. and Rossetti, L., “Oxidative stability parameters and sensory properties of in-shell Stuart pecans [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] stored at different temperatures under non-accelerated conditions”, *Postharvest Biol. Technol.*, 179, 111591, (2021).
- Díaz, G. C., Tapanes, N. D. L. C. O., Câmara, L. D. T. and Aranda, D. A., “Glycerol conversion in the experimental study of catalytic hydrolysis of triglycerides for fatty acids production using Ni or Pd on Al₂O₃ or SiO₂”, *Renew. Energ.*, 64, 113-122, (2014).
- Ding, C., Khir, R., Pan, Z., Zhao, L., Tu, K., El-Mashad, H. and McHugh, T. H., “Improvement in shelf life of rough and brown rice using infrared radiation heating”, *Food Bioprocess Technol.*, 8(5), 1149-1159, (2015).
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W. and Lorenzo, J. M., “A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products”, *Antioxidants*, 8(10), 429, (2019).
- Donis-González, I. R., Bergman, S. M., Sideli, G. M., Slaughter, D. C. and Crisosto, C. H., “Color vision system to assess English walnut (*Juglans regia*) kernel pellicle color”, *Postharvest Biol. Technol.*, 167, 111199, (2020).
- Dordoni, R., Cantaboni, S. and Spigno, G., “Walnut paste: oxidative stability and effect of grape skin extract addition”, *Heliyon*, 5(9), e02506, (2019).
- Ebrahimi, S., Jamei, R., Nojoomi, F. and Zamanian, Z., “Persian walnut composition and its importance in human health”, *Int. J. Enteric. Pathog.*, 6, 3-9, (2018).
- Ercisli, S., Sayinci, B., Kara, M., Yildiz, C. and Ozturk, I., “Determination of size and shape features of walnut (*Juglans regia* L.) cultivars using image processing”, *Sci. Hortic.*, 133, 47-55, (2012).
- Evren, S., “Naturel findık ununun depolama stabilitesi”, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı*, Samsun, (2011).
- Faas, N., Röcker, B., Smrke, S., Yeretziyan, C. and Yildirim, S., “Prevention of lipid oxidation in linseed oil using a palladium-based oxygen scavenging film”, *Food Packag. Shelf Life*, 24, 100488, (2020).

FAOSTAT, “Database on Crops, Food and Agriculture Organization of the United Nations [online]”, (7 Ocak 2021), Rome, Italy. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, (2021).

Faroux, J. M., and Ureta, M. M., Tymczyszyn, E. E. and Gómez-Zavaglia, A., “An overview of peroxidation reactions using liposomes as model systems and analytical methods to monitor them”, *Colloids Surf., B*, 111254, (2020).

Franco, D., Rodríguez-Amado, I., Agregán, R., Munekata, P. E., Vázquez, J. A., Barba, F. J. and Lorenzo, J. M., “Optimization of antioxidants extraction from peanut skin to prevent oxidative processes during soybean oil storage”, *LWT Food Sci. Technol.*, 88, 1-8, (2018).

Fuentealba, C., Hernández, I., Saa, S., Toledo, L., Burdiles, P., Chirinos, R., Campos, D., Brown, P. and Pedreschi, R., “Colour and *in vitro* quality attributes of walnuts from different growing conditions correlate with key precursors of primary and secondary metabolism”, *Food Chem.*, 232, 664-672, (2017).

Fu, M., Qu, Q., Yang, X. and Zhang, X., “Effect of intermittent oven drying on lipid oxidation, fatty acids composition and antioxidant activities of walnut”, *LWT Food Sci. Technol.*, 65, 1126-1132, (2016).

Gadani, B. C., Miléski, K. M. L., Peixoto, L. S. and Agostini, J. D. S., “Physical and chemical characteristics of cashew nut flour stored and packaged with different packages”, *Food Sci. Technol.*, 37(4), 657-662, (2017).

Gaikwad, K. K., Singh, S. and Lee, Y. S., “A new pyrogallol coated oxygen scavenging film and their effect on oxidative stability of soybean oil under different storage conditions”, *Food Sci. Biotechnol.*, 26(6), 1535-1543, (2017).

Gama, T., Wallace, H. M., Trueman, S. J. and Hosseini-Bai, S., “Quality and shelf life of tree nuts: a review”, *Sci. Hortic.*, 242, 116-126, (2018).

Gama, T., Wallace, H. M., Trueman, S. J., Jones, K. and Hosseini-Bai, S., “Late-dropping macadamia nuts have reduced shelf life”, *Sci. Hortic.*, 268, 109378, (2020).

Gao, P., Liu, R., Jin, Q. and Wang, X., “Comparative study of chemical compositions and antioxidant capacities of oils obtained from two species of walnut: *Juglans regia* and *Juglans sigillata*”, *Food Chem.*, 279, 279-287, (2019).

García-Pascual, P., Mateos, M., Carbonell, V. and Salazar, D. M., “Influence of storage conditions on the quality of shelled and roasted almonds”, *Biosyst. Eng.*, 84(2), 201-209, (2003).

Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamed, M., Khodaiyan, F. and Dadashpour, A., “Mechanical behavior of Persian walnut and its kernel under compression loading: an experimental and computational study”, *J. Food Process. Preserv.*, 36(5), 423-430, (2012).

Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamed, M. and Khodaiyan, F., “Determination and characterization of kernel biochemical composition and functional compounds of Persian walnut oil”, *J. Food Sci. Technol.*, 51(1), 34-42, (2014).

Ghirardello, D., Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V., Antonucci, M., Spigolon, N. and Zeppa, G., “Phenolic composition, antioxidant capacity and hexanal content of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) as affected by different storage conditions”, *Postharvest Biol. Technol.*, 112, 95-104, (2016).

Ghirardello, D., Contessa, C., Valentini, N., Zeppa, G., Rolle, L., Gerbi, V. and Botta, R., “Effect of storage conditions on chemical and physical characteristics of hazelnut (*Corylus avellana* L.)”, *Postharvest Biol. Technol.*, 81, 37-43, (2013).

Goffman, F. D. and Möllers, C., “Changes in tocopherol and plastochromanol-8 contents in seeds and oil of oilseed rape (*Brassica napus* L.) during storage as influenced by temperature and air oxygen”, *J. Agric. Food Chem.*, 48(5), 1605-1609, (2000).

Gokoglu, N., Topuz, O. K. and Yerlikaya, P., “Effects of pomegranate sauce on quality of marinated anchovy during refrigerated storage”, *LWT Food Sci. Technol.*, 42(1), 113-118, (2009).

Gokoglu, N., Topuz, O. K., Buyukbenli, H. A. and Yerlikaya, P., “Inhibition of lipid oxidation in anchovy oil (*Engraulis encrasicolus*) enriched emulsions during refrigerated storage”, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 47(7), 1398-1403, (2012).

Gómez- Alonso, S., Mancebo- Campos, V., Desamparados Salvador, M., and Fregapane, G., “Oxidation kinetics in olive oil triacylglycerols under accelerated shelf- life testing (25-75 °C)”, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 106(6), 369-375, (2004).

Grilo, F. S., Srisaard, Y., and Wang, S. C., “Prediction of walnut deterioration using kernel oxidative stability”, *Foods*, 9(9), 1207, (2020).

Grilo, F. S. and Wang, S. C., “Walnut (*Juglans regia* L.) volatile compounds indicate kernel and oil oxidation”, *Foods*, 10(2), 329, (2021).

Grosso, A. L., Asensio, C. M., Grosso, N. R. and Nepote, V., “Increase of walnuts' shelf life using a walnut flour protein-based edible coating”, *LWT Food Sci. Technol.*, 118, 108712, (2020).

Grosso, A. L., Asensio, C. M., Nepote, V. and Grosso, N. R., “Antioxidant activity displayed by phenolic compounds obtained from walnut oil cake used for walnut oil preservation”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 95(11), 1409-1419, (2018).

Guiné, R. P., Almeida, C. F., Correia, P. M. and Mendes, M., “Modelling the influence of origin, packing and storage on water activity, colour and texture of almonds, hazelnuts and walnuts using artificial neural networks”, *Food Bioprocess Technol.*, 8(5), 1113-1125, (2015).

Gumus, C. E., Decker, E. A. and McClements, D. J., “Impact of legume protein type and location on lipid oxidation in fish oil-in-water emulsions: Lentil, pea, and faba bean proteins”, *Food Res. Int.*, 100, 175-185, (2017).

Güler, S. K., Bostan, S. Z. and Çon, A. H., “Effects of gamma irradiation on chemical and sensory characteristics of natural hazelnut kernels”, *Postharvest Biol. Technol.*, 123, 12-21, (2017).

Hashempour-Baltork, F., Torbati, M., Azadmard-Damirchi, S. and Savage, G. P., “Quality properties of sesame and olive oils incorporated with flaxseed oil”, *Adv. Pharm. Bull.*, 7(1), 97, (2017).

Hassan-Beygi, S. R., Aghbashlo, M., Kianmehr, M. H. and Massah, J., “Drying characteristics of walnut (*Juglans regia* L.) during convection drying”, *Int. Agrophys*, 23(2), 129-135, (2009).

Hassani, D., Sarikhani, S., Dastjerdi, R., Mahmoudi, R., Soleimani, A. and Vahdati, K., “Situation and recent trends on cultivation and breeding of Persian walnut in Iran”, *Sci. Hortic.*, 270, 109369, (2020).

Henríquez, C., Loewe, V., Saavedra, J., Córdova, A. and Lutz, M., “Effect of the type of packaging on the oxidative stability of pine nuts (*Pinus pinea* L.) grown in Chile”, *CyTA - J. Food*, 16(1), 255-262, (2018).

- Hosseini, H., Ghorbani, M., Mahoonak, A. and Maghsoudlou, Y., "Monitoring hydroperoxides formation as a measure of predicting walnut oxidative stability", *Acta Aliment.*, 43(3), 412-418, (2014).
- Huang, S. W., Frankel, E. N. and German, J. B., "Antioxidant activity of alpha- and gamma-tocopherols in bulk oils and in oil-in-water emulsions", *J. Agric. Food. Chem.*, 42(10), 2108-2114, (1994).
- Hu, K., Huyan, Z., Ding, S., Dong, Y. and Yu, X., "Investigation on food packaging polymers: Effects on vegetable oil oxidation", *Food Chem.*, 315, 126299, (2020).
- Huyan, Z., Ding, S., Mao, X., Wu, C. and Yu, X., "Effects of packaging materials on oxidative product formation in vegetable oils: Hydroperoxides and volatiles", *Food Packag. Shelf Life*, 21, 100328, (2019).
- Inanc, T. and Maskan, M., "Effect of carvacrol on the oxidative stability of palm oil during frying", *Grasas Aceites*, 65(4), 042, (2014).
- Ipek, M., Arıkan, Ş., Pırlak, L. and Eşitken, A., "Phenological, morphological and molecular characterization of some promising walnut (*Juglans regia* L) genotypes in Konya", *Erwerbs-Obstbau*, 61(2), 149-156, (2019).
- Jahanban-Esfahlan, A., Ostadrahimi, A., Tabibiazar, M. and Amarowicz, R., "A comparative review on the extraction, antioxidant content and antioxidant potential of different parts of walnut (*Juglans regia* L.) fruit and tree", *Molecules*, 24(11), 2133, (2019).
- Javanmard, M., "Effect of modified atmosphere packaging and storage temperatures on quality of shelled raw walnuts", *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 11(7), 510-514, (2017).
- Jensen, P. N., Sørensen, G., Brockhoff, P. and Bertelsen, G., "Investigation of packaging systems for shelled walnuts based on oxygen absorbers", *J. Agric. Food. Chem.*, 51(17), 4941-4947, (2003).
- Jensen, P. N., Sørensen, G., Engelsen, S. B. and Bertelsen, G., "Evaluation of quality changes in walnut kernels (*Juglans regia* L.) by Vis/NIR spectroscopy", *J. Agric. Food. Chem.*, 49(12), 5790-5796, (2001).
- Johnson, D. R. and Decker, E. A., "The role of oxygen in lipid oxidation reactions: a review", *Annu. Rev. Food Sci. Technol.*, 6, 171-190, (2015).

Jokić, S., Moslavac, T., Bošnjak, A., Aladić, K., Rajić, M. and Bilić, M., “Optimization of walnut oil production”, *Croat. J. Food Sci. Technol.*, 6(1), 27-35, (2014).

Joshi, A. U., Liu, C. and Sathe, S. K., “Functional properties of select seed flours”, *LWT Food Sci. Technol.*, 60(1), 325-331, (2015).

Kader, A. A., “Impact of nut postharvest handling, de-shelling, drying and storage on quality”, (ed: Harris, L.), *Improving the Safety and Quality of Nuts*, United Kingdom: Woodhead Publishing, 22-34, (2013).

Kaykhani, M. and Rahmani, M., “Headspace liquid phase microextraction for quantitation of hexanal in potato crisps by gas chromatography”, *J. Sep. Sci.*, 30(4), 573-578, (2007).

Kindleysides, S., Quek, S. Y. and Miller, M. R., “Inhibition of fish oil oxidation and the radical scavenging activity of New Zealand seaweed extracts”, *Food Chem.*, 133(4), 1624-1631, (2012).

Kiralan, M. and Kiralan, S. S., “Changes in volatile compounds of black cummin oil and hazelnut oil by microwave heating process”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 92(10), 1445-1450, (2015).

Kiralan, M., Kayahan, M., Kiralan, S. S. and Ramadan, M. F., “Effect of thermal and photo oxidation on the stability of cold-pressed plum and apricot kernel oils”, *Eur. Food Res. Technol.*, 244(1), 31-42, (2018).

Kong, X., Zhang, L., Song, W., Zhang, C., Hua, Y., Chen, Y. and Li, X., “Separation, identification and molecular binding mechanism of dipeptidyl peptidase IV inhibitory peptides derived from walnut (*Juglans regia* L.) protein”, *Food Chem.*, 347, 129062, (2021).

Koontz, J. L., “Packaging technologies to control lipid oxidation”, (eds: Hu, M. and Jacobsen, C.), *Oxidative Stability and Shelf Life of Foods Containing Oils and Fats*, AOCS Press, 479-517, (2016).

Koyuncu, M. A., Koyuncu, F. and Bakir, N., “Selected drying conditions and storage period and quality of walnut selections”, *J. Food Process. Preserv.*, 27(2), 87-99, (2003).

Labuckas, D., Maestri, D. and Lamarque, A., “Lipid and protein stability of partially defatted walnut flour (*Juglans regia* L.) during storage”, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 46(7), 1388-1397, (2011).

- Laguerre, M., Lecomte, J. and Villeneuve, P., “Evaluation of the ability of antioxidants to counteract lipid oxidation: Existing methods, new trends and challenges”, *Prog. Lipid Res.*, 46(5), 244-282, (2007).
- Lee, J., Vázquez- Araújo, L., Adhikari, K., Warmund, M. and Elmore, J., “Volatile compounds in light, medium, and dark black walnut and their influence on the sensory aromatic profile”, *J. Food Sci.*, 76(2), C199-C204, (2011).
- Lehtonen, M., Kekäläinen, S., Nikkilä, I., Kilpeläinen, P., Tenkanen, M. and Mikkonen, K. S., “Active food packaging through controlled in situ production and release of hexanal”, *Food Chem.: X*, 5, 100074, (2020).
- Li, L., Tsao, R., Yang, R., Kramer, J. K. and Hernandez, M., “Fatty acid profiles, tocopherol contents, and antioxidant activities of heartnut (*Juglans ailanthifolia* var. *cordiformis*) and Persian walnut (*Juglans regia* L.)”, *J. Agric. Food. Chem.*, 55(4), 1164-1169, (2007).
- Ling, B., Hou, L., Li, R. and Wang, S., “Thermal treatment and storage condition effects on walnut paste quality associated with enzyme inactivation”, *LWT Food Sci. Technol.*, 59(2), 786-793, (2014).
- Lin, X., Wu, J., Zhu, R., Chen, P., Huang, G., Li, Y., Ye, N., Huang, B., Lai, Y., Zhang, H., Lin, W., Lin, J., Wang, Z., Zhang, H. and Ruan, R., “California almond shelf life: lipid deterioration during storage”, *J. Food Sci.*, 77(6), C583-C593, (2012).
- Liu, B., Liang, J., Zhao, D., Wang, K., Jia, M. and Wang, J., “Morphological and compositional analysis of two walnut (*Juglans regia* L.) cultivars growing in China”, *Plant Foods Hum. Nutr.*, 75(1), 116-123, (2020).
- Liu, M., Li, C., Cao, C., Wang, L., Li, X., Che, J., Yang, H., Zhang, X., Zhao, H., He, G. and Liu, X., “Walnut fruit processing equipment: academic insights and perspectives”, *Food Eng. Rev.*, 1-36, (2021).
- López, A., Pique, M. T., Romero, A. and Aleta, N., “Influence of cold-storage conditions on the quality of unshelled walnuts”, *Int. J. Refrig.*, 18(8), 544-549, (1995).
- Maftoonazad, N. and Ramaswamy, H. S., “Application and evaluation of a pectin-based edible coating process for quality change kinetics and shelf-life extension of lime fruit (*Citrus aurantifolium*)”, *Coatings*, 9(5), 285, (2019).

- Maguire, L. S., O'sullivan, S. M., Galvin, K., O'connor, T. P. and O'brien, N. M., "Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut", *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 55(3), 171-178, (2004).
- Manzocco, L., Calligaris, S., Mastrocola, D. and Nicoli, M. C., "Antioxidant activity of polyphenol containing foods as affected by processing and storage conditions", *Dietary Anticarcinogens and Antimutagens: Chemical and Biological Aspects*, Elsevier, (255), 235, (2000).
- Marrano, A., Martínez- García, P. J., Bianco, L., Sideli, G. M., Di Pierro, E. A., Leslie, C. A., Stevens K. A, Crepeau M. W., Troggo, M., Langley, C. H. and Neale, D. B., "A new genomic tool for walnut (*Juglans regia* L.): development and validation of the high-density Axiom™ *Juglans regia* 700K SNP genotyping array", *Plant Biotechnol. J.*, 17(6), 1027-1036, (2019).
- Martínez, M., Barrionuevo, G., Nepote, V., Grosso, N. and Maestri, D., "Sensory characterisation and oxidative stability of walnut oil", *Int. J. Food Sci. Technol.*, 46(6), 1276-1281, (2011).
- Martínez, M. L., Curti, M. I., Rocchia, P., Llabot, J. M., Penci, M. C., Bodoira, R. M. and Ribotta, P. D., "Oxidative stability of walnut (*Juglans regia* L.) and chia (*Salvia hispanica* L.) oils microencapsulated by spray drying", *Powder Technol.*, 270, 271-277, (2015).
- Martínez, M. L., Labuckas, D. O., Lamarque, A. L. and Maestri, D. M., "Walnut (*Juglans regia* L.): genetic resources, chemistry, by-products", *J. Sci. Food Agric.*, 90(12), 1959-1967, (2010).
- Martínez, M. L. and Maestri, D. M., "Oil chemical variation in walnut (*Juglans regia* L.) genotypes grown in Argentina", *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 110(12), 1183-1189, (2008).
- Martínez, M. L., Penci, M. C., Ixtaina, V., Ribotta, P. D. and Maestri, D., "Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of walnut oil under different storage conditions", *LWT Food Sci. Technol.*, 51(1), 44-50, (2013).
- Martín, M. P., Grosso, A. L., Nepote, V. and Grosso, N. R., "Sensory and chemical stabilities of high-oleic and normal-oleic peanuts in shell during long-term storage", *J. Food Sci.*, 83(9), 2362-2368, (2018).

Mastromatteo, M., Conte, A. and Del Nobile, M. A., “Combined use of modified atmosphere packaging and natural compounds for food preservation”, *Food Eng. Rev.*, 2(1), 28-38, (2010).

Matthäus, B., Özcan, M. M., Al Juhaimi, F., Adiamo, O. Q., Alsawmahi, O. N., Ghafoor, K. and Babiker, E. E., “Effect of the harvest time on oil yield, fatty acid, tocopherol and sterol contents of developing almond and walnut kernels”, *J. Oleo Sci.*, 67(1), 39-45, (2018).

Maté, J. I., Saltveit, M. E. and Krochta, J. M., “Peanut and walnut rancidity: Effects of oxygen concentration and relative humidity”, *J. Food Sci.*, 61(2), 465-469, (1996).

Medina-Meza, I. G., Barnaba, C. and Barbosa-Cánovas, G. V., “Effects of high pressure processing on lipid oxidation: A review”, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 22, 1-10, (2014).

Mexis, S. F. and Kontominas, M. G., “Effect of γ -irradiation on the physicochemical and sensory properties of walnuts (*Juglans regia* L.)”, *Eur. Food Res. Technol.*, 228(5), 823-831, (2009).

Mexis, S. F., Badeka, A. V. and Kontominas, M. G., “Quality evaluation of raw ground almond kernels (*Prunus dulcis*): Effect of active and modified atmosphere packaging, container oxygen barrier and storage conditions”, *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 10(4), 580-589, (2009^b).

Mexis, S. F., Badeka, A. V., Riganakos, K. A., Karakostas, K. X. and Kontominas, M. G., “Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts”, *Food Control*, 20(8), 743-751, (2009^a).

Miraliakbari, H. and Shahidi, F., “Oxidative stability of tree nut oils”, *J. Agric. Food. Chem.*, 56(12), 4751-4759, (2008).

Miranda, G., Berna, A. and Mulet, A., “Dried-Fruit storage: An analysis of package headspace atmosphere changes”, *Foods*, 8(2), 56, (2019).

Mokwena, K. K. and Tang, J., “Ethylene vinyl alcohol: a review of barrier properties for packaging shelf stable foods”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 52(7), 640-650, (2012).

Momchilova, S. M., Taneva, S. P., Zlatanov, D., Antova, G. A., Angelova-Romova, M. J. and Blagoeva, E., “Fatty acids, tocopherols and oxidative stability of hazelnuts during storage”, *Bulg. Chem. Commun.*, 49, 65-70, (2017).

- Moodley, R., Kindness, A. and Jonnalagadda, S. B., “Elemental composition and chemical characteristics of five edible nuts (almond, Brazil, pecan, macadamia and walnut) consumed in Southern Africa”, *J. Environ. Sci. Health, Part B*, 42(5), 585-591, (2007).
- Moscetti, R., Haff, R. P., Aernouts, B., Saeys, W., Monarca, D., Cecchini, M. and Massantini, R., “Feasibility of Vis/NIR spectroscopy for detection of flaws in hazelnut kernels”, *J. Food Eng.*, 118(1), 1-7, (2013).
- Nabilah, B., Afizah, M. N., Zunairah, W. W. and Hanani, Z. N., “Oxidative stability of palm oil packaged in active bilayer PE/SPI film incorporated with mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) pericarp extract”, *J. Packag. Technol. Res.*, 5(1), 1-10, (2021).
- Nduka, J. K. C., Omozuwa, P. O., and Imanah, O. E., “Effect of heating time on the physicochemical properties of selected vegetable oils”, *Arabian J. Chem.*, 14(4), 103063, (2021).
- Nicoli, M. C., Anese, M. and Parpinel, M., “Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables”, *Trends Food Sci. Technol.*, 10(3), 94-100, (1999).
- Ojeda-Amador, R. M., Salvador, M. D., Gómez-Alonso, S. and Fregapane, G., “Characterization of virgin walnut oils and their residual cakes produced from different varieties”, *Food Res. Int.*, 108, 396-404, (2018).
- Oro, T., Bolini, H. M. A., Arellano, D. B. and Block, J. M., “Physicochemical and sensory quality of crude Brazilian pecan nut oil during storage”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 86(10), 971-976, (2009).
- Ortiz, C. M., Vicente, A. R., Fields, R. P., Grillo, F., Labavitch, J. M., Donis-Gonzalez, I. and Crisosto, C. H., “Walnut (*Juglans regia* L.) kernel postharvest deterioration as affected by pellicle integrity, cultivar and oxygen concentration”, *Postharvest Biol. Technol.*, 156, 110948, (2019).
- Ozkan, G. and Koyuncu, M. A., “Physical and chemical composition of some walnut (*Juglans regia* L) genotypes grown in Turkey”, *Grasas Aceites*, 56(2), 141-146, (2005).
- Ozyigit, I. I., Uras, M. E., Yalcin, I. E., Severoglu, Z., Demir, G., Borkoev, B., Salieva, K., Yucel, E., Erturk, E. and Solak, A. O., “Heavy metal levels and mineral nutrient status of natural walnut (*Juglans regia* L.) populations in Kyrgyzstan: nutritional values of kernels”, *Biol. Trace Elem. Res.*, 189(1), 277-290, (2019).

- Paradiso, V. M., Gomes, T., Nasti, R., Caponio, F. and Summo, C., “Effects of free fatty acids on the oxidative processes in purified olive oil”, *Food Res. Int.*, 43(5), 1389-1394, (2010).
- Pastorelli, S., Torri, L., Rodriguez, A., Valzacchi, S., Limbo, S. and Simoneau, C., “Solid-phase micro-extraction (SPME-GC) and sensors as rapid methods for monitoring lipid oxidation in nuts”, *Food Addit. Contam.*, 24(11), 1219-1225, (2007).
- Pereira, J. A., Oliveira, I., Sousa, A., Ferreira, I. C., Bento, A. and Estevinho, L., “Bioactive properties and chemical composition of six walnut (*Juglans regia* L.) cultivars”, *Food Chem. Toxicol.*, 46(6), 2103-2111, (2008).
- Petersen, K., Nielsen, P. V., Bertelsen, G., Lawther, M., Olsen, M. B., Nilsson, N. H. and Mortensen, G., “Potential of biobased materials for food packaging”, *Trends Food Sci. Technol.*, 10(2), 52-68, (1999).
- Player, M. E., Kim, H. J., Lee, H. O. and Min, D. B., “Stability of α - , γ - , or δ - tocopherol during soybean oil oxidation”, *J. Food Sci.*, 71(8), C456-C460, (2006).
- Prabhakar, H., Sharma, S. and Kong, F., “Effects of postharvest handling and storage on pecan quality”, *Food Rev. Int.*, 1-28, (2020).
- Pycia, K., Kapusta, I., Jaworska, G. and Jankowska, A., “Antioxidant properties, profile of polyphenolic compounds and tocopherol content in various walnut (*Juglans regia* L.) varieties”, *Eur. Food Res. Technol.*, 245(3), 607-616, (2019).
- Quiroga, P. R., Asensio, C. M. and Nepote, V., “Antioxidant effects of the monoterpenes carvacrol, thymol and sabinene hydrate on chemical and sensory stability of roasted sunflower seeds”, *J. Sci. Food Agric.*, 95(3), 471-479, (2015).
- Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Pardo, J. E. and Alvarruiz, A., “Storage stability and composition changes of three cold-pressed nut oils under refrigeration and room temperature conditions”, *Food Chem.*, 259, 31-35, (2018^a).
- Rabadán, A., Pardo, J. E., Gómez, R., & Álvarez-Ortí, M., “Evaluation of physical parameters of walnut and walnut products obtained by cold pressing”, *LWT Food Sci. Technol.*, 91, 308-314, (2018^b).

Rábago-Panduro, L. M., Martín-Belloso, O., Welti-Chanes, J. and Morales-de la Peña, M., “Changes in bioactive compounds content and antioxidant capacity of pecan nuts [*Carya illinoensis* (Wangenh. K. Koch)] during storage”, *Rev. Mex. Ing. Chim.*, 19(3), 1439-1452, (2020).

Raisi, M., Ghorbani, M., Mahoonak, A. S., Kashaninejad, M. and Hosseini, H., “Effect of storage atmosphere and temperature on the oxidative stability of almond kernels during long term storage”, *J. Stored Prod. Res.*, 62, 16-21, (2015).

Raei, M. and Jafari, S. M., “Influence of modified atmospheric conditions and different packaging materials on pistachio (*Pistacia vera* L.) oil quality”, *Lat. Am. Appl. Res.*, 43(1), 43-46, (2013).

Reddy, K. K., Subramanian, R., Kawakatsu, T. and Nakajima, M., “Decolorization of vegetable oils by membrane processing”, *Eur. Food Res. Technol.*, 213(3), 212-218, (2001).

Ribeiro, S. R., Klein, B., Ribeiro, Q. M., Dos Santos, I. D., Genro, A. L. G., de Freitas Ferreira, D., Hamann, J. J., Barin, J. S., Cichoski, A. J., Fronza, D., Both, V. and Wagner, R., “Chemical composition and oxidative stability of eleven pecan cultivars produced in southern Brazil”, *Food Res. Int.*, 136, 109596, (2020^b).

Ribeiro, S. R., Ribeiro, Q. M., Klein, B., dos Santos, I. D., Forgiarini, S., Hamann, J. J., Cichoski, A. J., Fronza, D., Both, V. and Wagner, R., “Effect of low oxygen on quality attributes of ‘Barton’ pecan nuts after long-term storage at different temperatures”, *Sci. Hortic.*, 263, 109098, (2020^a).

Rodriguez-Aguilera, R. and Oliveira, J. C., “Review of design engineering methods and applications of active and modified atmosphere packaging systems”, *Food Eng. Rev.*, 1(1), 66-83, (2009).

Romeu-Nadal, M., Castellote, A. I. and López-Sabater, M. C., “Headspace gas chromatographic method for determining volatile compounds in infant formulas”, *J. Chromatogr. A*, 1046(1-2), 235-239, (2004).

Salcedo, C. L., de Mishima, B. A. L. and Nazareno, M. A., “Walnuts and almonds as model systems of foods constituted by oxidisable, pro-oxidant and antioxidant factors”, *Food Res. Int.*, 43(4), 1187-1197, (2010).

Saldamlı, İ., (Ed.) *Gıda Kimyası*, 4. Baskı (Genişletilmiş Basım), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, 426-427, (2014).

- Sanchez-Bel, P., Egea, I., Pretel, M. T., Flores, F. B., Romojaro, F. and Martínez-Madrid, M. C., “Roasting and packaging in nitrogen atmosphere protect almond var. Guara against lipid oxidation”, *Food Sci. Technol. Int.*, 17(6), 529-540, (2011).
- Sandulachi, E., and Tatarov, P., “Photometric color index of walnut oil”, *MTFI*, 281-286, (2014).
- Sandulachi, E., Bulgaru, V. and Tatarov, P., “Study of the light influence on the walnuts oil quality”, *AFSJ*, 1-10, (2019).
- Sanibal, E. A. A., and Mancini-Filho, J., “Frying oil and fat quality measured by chemical, physical, and test kit analyses”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 81(9), 847-852, (2004).
- Savage, G. P., Dutta, P. C. and McNeil, D. L., “Fatty acid and tocopherol contents and oxidative stability of walnut oils”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 76(9), 1059-1063, (1999).
- Shafiei, G., Ghorbani, M., Hosseini, H., Mahoonak, A. S., Maghsoudlou, Y. and Jafari, S. M., “Estimation of oxidative indices in the raw and roasted hazelnuts by accelerated shelf-life testing”, *J. Food Sci. Technol.*, 57(7), 2433-2442, (2020).
- Shahidi, F. and Zhong, H. J., “Methods for measuring lipid oxidation”, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 1-27, (2020).
- Shahidi, F. and Zhong, Y., “Lipid oxidation and improving the oxidative stability”, *Chem. Soc. Rev.*, 39(11), 4067-4079, (2010).
- Shah, U. N., Mir, J. I., Nazeer, A., Zaid, A., Jan, S., Fazili, K. M. and Wani, S. H., “Bio-techniques for improvement of qualitative and quantitative traits in walnut (*Juglans regia*)”, *Adv Horti Sci*, 32(1), 113, (2018).
- Shakerardekani, A., Karim, R., Ghazali, H. M. and Chin, N. L., “Textural, rheological and sensory properties and oxidative stability of nut spreads - a review”, *Int. J. Mol. Sci.*, 14(2), 4223-4241, (2013).
- Sharma, S., Cheng, S. F., Bhattacharya, B. and Chakkaravarthi, S., “Efficacy of free and encapsulated natural antioxidants in oxidative stability of edible oil: Special emphasis on nanoemulsion-based encapsulation”, *Trends Food Sci. Technol.*, 91, 305-318, (2019).

Sibbett, G., Martin, G. and Draper, T., “Effects of prolonged drying and harvest delay following ethephon on walnut kernel quality”, *Calif. Agric.*, 32(6), 12-13, (1978).

Sideli, G. M., McAtee, P., Marrano, A., Allen, B. J., Brown, P. J., Butterfield, T. S., Dandekar, A. M., Leslie C. A. and Neale, D. B., “Genetic analysis of walnut (*Juglans regia* L.) pellicle pigment variation through a novel, high-throughput phenotyping platform”, *G3: Genes, Genomes, Genet.*, 10(12), 4411-4424, (2020).

Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventós, R. M., “Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent”, (ed: Lester, P.), *Methods in Enzymology*, San Diego: Academic Press, 299, 152-178, (1999).

Sikorska, E., Caponio, F., Bilancia, M. T., Summo, C., Pasqualone, A., Khmelinskii, I. V., and Sikorski, M., “Changes in colour of extra-virgin olive oil during storage”, *Polish J. Food Nutr. Sci.*, 57(4C), 495-498, (2007).

Siracusa, V., “Food packaging permeability behaviour: A report”, *Int. J. Polym. Sci.*, 2012, (2012).

Slatnar, A., Mikulic-Petkovsek, M., Stampar, F., Veberic, R. and Solar, A., “Identification and quantification of phenolic compounds in kernels, oil and bagasse pellets of common walnut (*Juglans regia* L.)”, *Food Res. Int.*, 67, 255-263, (2015).

Solar, A., Jakopic, J., Miklavc, J., Stampar, F., Veberic, R. and Trdan, S., “Walnut husk fly substantially affects sensory attributes and phenolic contents of the kernels in common walnut”, *Sci. Hortic.*, 247, 17-26, (2019).

Solar, A., Stampar, F., Veberic, R. and Trdan, S., “How much walnut husk fly (*Rhagoletis complete* Cresson) affects nut quality of different walnut cultivars?”, *Eur. J. Hortic. Sci.*, 85, 63-74, (2020).

Stoll, L., Silva, A. M. D., Iahnke, A. O. E. S., Costa, T. M. H., Flores, S. H., and Rios, A. D. O., “Active biodegradable film with encapsulated anthocyanins: Effect on the quality attributes of extra-virgin olive oil during storage”, *J. Food Process. Preserv.*, 41(6), e13218, (2017).

Subramanian, R., Nandini, K. E., Sheila, P. M., Gopalakrishna, A. G., Raghavarao, K. S. M. S., Nakajima, M., Kimura, T. and Maekawa, T., “Membrane processing of used frying oils”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 77(3), 323, (2000).

Sun-Waterhouse, D., Thakorlal, J. and Zhou, J., “Effects of added phenolics on the storage stability of avocado and coconut oils”, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 46(8), 1575-1585, (2011).

Şen, S. M. and Karadeniz, T., “The nutritional value of walnut”, *J. Hyg. Eng. Des.*, 11(18), 68-71, (2015).

Takeoka, G. R., Full, G. H., and Dao, L. T., “Effect of heating on the characteristics and chemical composition of selected frying oils and fats”, *J. Agric. Food. Chem.*, 45(8), 3244-3249, (1997).

Tapia, M. I., Sánchez-Morgado, J. R., García-Parra, J., Ramírez, R., Hernández, T. and González-Gómez, D., “Comparative study of the nutritional and bioactive compounds content of four walnut (*Juglans regia* L.) cultivars”, *J. Food Compos. Anal.*, 31(2), 232-237, (2013).

Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L. and Byrne, D. H., “Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts”, *J. Food Compos. Anal.*, 19(6-7), 669-675, (2006).

Thewes, F. R., Both, V., Thewes, F. R., Brackmann, A., Wagner, R., Ribeiro, S. R., Ludwig, V. and Rossato, F. P., “Pecan storage: Effects of 1-MCP on the overall quality and volatile compounds profile of shelled and unshelled pecans”, *LWT Food Sci. Technol.*, 145, 111298, (2021).

Ti, H., Zhang, R., Zhang, M., Li, Q., Wei, Z., Zhang, Y., Tang, X., Deng, Y., Liu, L. and Ma, Y., “Dynamic changes in the free and bound phenolic compounds and antioxidant activity of brown rice at different germination stages”, *Food Chem.*, 161, 337-344, (2014).

Tinello, F. and Lante, A., “Recent advances in controlling polyphenol oxidase activity of fruit and vegetable products”, *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 50, 73-83, (2018).

Torres, M., Martínez, M., Pierantozzi, P., Albanese, M., Nasjleti, A. and Maestri, D., “Contribution of compositional parameters to the oxidative stability of olive and walnut oil blends”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 88(6), 755-762, (2011).

Tsantili, E., Konstantinidis, K., Christopoulos, M. V. and Roussos, P. A., “Total phenolics and flavonoids and total antioxidant capacity in pistachio (*Pistachia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions”, *Sci. Hortic.*, 129(4), 694-701, (2011).

Turan, A., “Effect of drying methods on fatty acid profile and oil oxidation of hazelnut oil during storage”, *Eur. Food Res. Technol.*, 244(12), 2181-2190, (2018).

Turan, A. and Karaosmanoğlu, H., “Effect of drying methods on long term storage of hazelnut”, *Food Sci. Technol.*, 39(2), 406-412, (2019).

TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu, “Bitkisel Üretim İstatistikleri [online]”, (15 Şubat 2021) <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>, (2021).

Tzen, J. T., Lie, G. C. and Huang, A. H., “Characterization of the charged components and their topology on the surface of plant seed oil bodies”, *Int. J. Biol. Chem.*, 267(22), 15626-15634, (1992).

UNECE, “UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) standart DDP-02 concerning the marketing and commercial quality control of walnut kernels [online]”, United Nations, New York and Geneva, (14 Nisan 2020), https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/standard/dry/Standards/DDP02_Walnutkernels_2019_e.pdf, (2020).

Vanhanen, L. P. and Savage, G. P., “The use of peroxide value as a measure of quality for walnut flour stored at five different temperatures using three different types of packaging”, *Food Chem.*, 99(1), 64-69, (2006).

Vaidya, B. and Eun, J. B., “Effect of roasting on oxidative and tocopherol stability of walnut oil during storage in the dark”, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 115(3), 348-355, (2013).

Venkatachalam, M. and Sathe, S. K., “Chemical composition of selected edible nut seeds”, *J. Agric. Food. Chem.*, 54(13), 4705-4714, (2006).

Vidrih, R., Hribar, J., Solar, A. and Zlatič, E., “The influence of atmosphere on the oxidation of ground walnut during storage at 20 °C”, *Food Technol. Biotechnol.*, 50(4), 454-460, (2012).

Villarreal-Lozoya, J. E., Lombardini, L. and Cisneros-Zevallos, L., “Electron-beam irradiation effects on phytochemical constituents and antioxidant capacity of pecan kernels [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] during storage”, *J. Agric. Food. Chem.*, 57(22), 10732-10739, (2009).

- Vinaixa, M., Llobet, E., Brezmes, J., Vilanova, X. and Correig, X., “A fuzzy ARTMAP-and PLS-based MS e-nose for the qualitative and quantitative assessment of rancidity in crisps”, *Sens. Actuators, B: Chem.*, 106(2), 677-686, (2005).
- Wang, D., Chen, X., Wang, Q., Meng, Y., Wang, D. and Wang, X., “Influence of the essential oil of *Mentha spicata* cv. *Henanshixiang* on sunflower oil during the deep-frying of Chinese Maye”, *LWT Food Sci. Technol.*, 122, 109020, (2020).
- Wang, S., Monzon, M., Johnson, J. A., Mitcham, E. J. and Tang, J., “Industrial-scale radio frequency treatments for insect control in walnuts: II: Insect mortality and product quality”, *Postharvest Biol. Technol.*, 45(2), 247-253, (2007).
- Wilkin, J. D., Ashton, I. P., Fielding, L. M. and Tatham, A. S., “Storage stability of whole and nibbed, conventional and high oleic peanuts (*Arachis hypogaea* L.)”, *Food Bioprocess Technol.*, 7(1), 105-113, (2014).
- Winkler–Moser, J. K., Hwang, H. S. and Kerr, B. J., “Changes in markers of lipid oxidation and thermal treatment in feed-grade fats and oils”, *J. Sci. Food Agric.*, 100(8), 3328-3340, (2020).
- Wu, S., Shen, D., Wang, R., Li, Q., Mo, R., Zheng, Y., Zhou, Y. and Liu, Y., “Phenolic profiles and antioxidant activities of free, esterified and bound phenolic compounds in walnut kernel”, *Food Chem.*, 350, 129217, (2021).
- Xu, L., Yu, X., Li, M., Chen, J. and Wang, X., “Monitoring oxidative stability and changes in key volatile compounds in edible oils during ambient storage through HS-SPME/GC–MS”, *Int. J. Food Prop.*, 20(sup3), S2926-S2938, (2017).
- Ye, L., Harris, E., Budge, S. M. and Sullivan Ritter, J., “Flavors' decreasing contribution to *p*-anisidine value over shelf life may invalidate the current recommended protocol for flavored fish oils”, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 97(12), 1335-1341, (2020).
- Yerlikaya, C., Yucel, S., Erturk, Ü. and Korukluoğlu, M., “Proximate composition, minerals and fatty acid composition of *Juglans regia* L. genotypes and cultivars grown in Turkey”, *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 55(5), 677-683, (2012).

Yuan, X., Huang, S., Ma, H., Huang, N. and Ye, N., “Differential responses of walnut cultivars to cold storage and their correlation with postharvest physiological parameters”, *Hortic. Environ. Biotechnol.*, 60(3), 345-356, (2019).

Zacheo, G., Cappello, M. S., Gallo, A., Santino, A. and Cappello, A. R., “Changes associated with post-harvest ageing in almond seeds”, *LWT Food Sci. Technol.*, 33(6), 415-423, (2000).

Zaini, P. A., Feinberg, N. G., Grilo, F. S., Saxe, H. J., Salemi, M. R., Phinney, B. S., Crisosto, C., H. and Dandekar, A. M., “Comparative proteomic analysis of walnut (*Juglans regia* L.) pellicle tissues reveals the regulation of nut quality attributes”, *Life*, 10(12), 314, (2020).

Zajdenweg, C., Branco, G. F., Alamed, J., Decker, E. A. and Castro, I. A., “Correlation between sensory and chemical markers in the evaluation of Brazil nut oxidative shelf-life”, *Eur. Food Res. Technol.*, 233(1), 109-116, (2011).

Zamora, R. and Hidalgo, F. J., “The triple defensive barrier of phenolic compounds against the lipid oxidation-induced damage in food products”, *Trends Food Sci. Technol.*, 54, 165-174, (2016).

Zhang, B., Zheng, A., Zhou, L., Huang, Z. and Wang, S., “Developing hot air-assisted radio frequency drying for in-shell walnuts”, *Emir. J. Food Agric.*, 459-467, (2016).

Zhang, S., Tian, L., Zhang, Y., Zhao, H., Zhao, J., Guo, J. and Zhu, G. P., “De novo transcriptome assembly of the fresh-cut white husk of *Juglans cathayensis* Dode: insights for enzymatic browning mechanism of fresh-cut husk of walnut”, *Sci. Hortic.*, 257, 108654, (2019).

Zhou, Y., Fan, W., Chu, F., Wang, C. and Pei, D., “Identification of volatile oxidation compounds as potential markers of walnut oil quality”, *J. Food Sci.*, 83(11), 2745-2752, (2018).

Ziegler, V., Ferreira, C. D., Hoffmann, J. F., Chaves, F. C., Vanier, N. L., de Oliveira, M. and Elias, M. C., “Cooking quality properties and free and bound phenolics content of brown, black, and red rice grains stored at different temperatures for six months”, *Food Chem.*, 242, 427-434, (2018).

Zwarts, L., Savage, G. P. and McNeil, D. L., “Fatty acid content of New Zealand-grown walnuts (*Juglans regia* L.)”, *Int. J. Food. Sci. Nutr.*, 50(3), 189-194, (1999).