

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**(DOKTORA TEZİ)**

**ELEKTRO-PÜSKÜRTME YÖNTEMİYLE FARKLI  
EMÜLSİYONLARDAN YENİLEBİLİR FİLMLEİN  
ÜRETİLMESİ VE BAZI MEYVELERİN RAF  
ÖMRÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Hülya ÇAKMAK**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Sunuş Tarihi: 16.08.2017**

**Bornova-İZMİR**

**2017**



Hülya ÇAKMAK tarafından Doktora tezi olarak sunulan “ELEKTRO-PÜSKÜRTME YÖNTEMİYLE FARKLI EMÜLSİYONLARDAN YENİLEBİLİR FİLMLEİN ÜRETİLMESİ VE BAZI MEYVELERİN RAF ÖMRÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 16.08.2017 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:**

**İmza**

**Jüri Başkanı**

**: Prof. Şebnem TAVMAN**

**Raportör Üye**

**: Doç. Dr. Seher KUMCUOĞLU**

**Üye**

**: Prof. Dr. Erdal ÇELİK**

**Üye**

**: Prof. Dr. Servet Gülüm ŞUMNU**

**Üye**

**: Yrd. Doç. Dr. Melike YILMAZER**

*Şebnem Tavman*  
*S. Kumcuoğlu*  
*Erdal Çelik*  
*Servet Şumnu*  
*Melike Yılmaz*




## EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

### ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “ELEKTRO-PÜSKÜRTME YÖNTEMİYLE FARKLI EMÜLSİYONLARDAN YENİLEBİLİR FİLMLEİN ÜRETİLMESİ VE BAZI MEYVELERİN RAF ÖMRÜNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

16 /08/ 2017

  
Hülya ÇAKMAK



**ÖZET****ELEKTRO-PÜSKÜRTME YÖNTEMİYLE FARKLI  
EMÜLSİYONLARDAN YENİLEBİLİR FİLMLEİN ÜRETİLMESİ  
VE BAZI MEYVELERİN RAF ÖMRÜNE ETKİSİNİN  
İNCELENMESİ**

ÇAKMAK, Hülya

Doktora Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

Ağustos 2017, 214 sayfa

Bu tez çalışmasında, elektro-püskürtme yöntemiyle zeytinyağı içinde su emülsiyonları kullanılarak yenilebilir kaplamalar üretilmesi ve bu yöntemle kaplanan minimal işlem görmüş elma ve çilek örneklerinin buzdolabı koşulunda depolama sırasındaki kalite özelliklerine etkileri incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, kaplamada kullanılacak emülsiyon formülasyonlarının ve homojenizasyon koşullarının belirlenmesi amacıyla kararlılık çalışmaları yapılmıştır. İkinci aşamada; %80 yağ, %20 su, %5 PGPR (yağ+su oranı üzerinden) oranı kullanılarak, su fazında %16 MD, PSPI ve MD+PSPI içeren, yağ fazında antioksidan özellik gösteren %2 üzüm çekirdeği yağı ve nar çekirdeği yağı içeren 12 farklı emülsiyon formülasyonu hazırlanmış ve bu emülsiyonlar ile dilimlenmiş Golden Delicious elma ve Camarosa çeşidi bütün haldeki çilek örnekleri elektro-püskürtme ve daldırma yöntemiyle kaplanmıştır. Kaplanan meyve örneklerinin depolama sırasında nem kaybı, pH, % titrasyon asitliği, renk, tekstürel özellikleri, toplam antioksidan aktivite, toplam fenolik madde, polifenol oksidaz enzim aktivitesi (elma için), mikrobiyal yük (mezofilik aerobik bakteri ve küf-maya sayımı) ve duyu özelliklerindeki değişim belirlenmiştir. Ayrıca kaplanan meyve yüzeyinin mikro yapısı incelenmiştir.

Elektro-püskürtme işlemiyle kaplanan örneklerde nem kaybının kontrol örneğine kıyasla düştüğü ve depolama sırasında kalite özelliklerinin korunduğu belirlenmiştir.

**Anahtar sözcükler:** Elektro-püskürtme, yenilebilir kaplama, elma, çilek, depolama.



**ABSTRACT****PRODUCTION OF EMULSION BASED EDIBLE COATINGS  
USING ELECTROSPRAY METHOD AND THEIR EFFECTS ON  
THE SHELF-LIFE OF SOME FRUITS**

ÇAKMAK, Hülya

Ph.D. in Food Eng.

Supervisor: Prof. Dr. Şebnem TAVMAN

August 2017, 214 pages

In this study, production of edible coatings from water-in-olive oil emulsions by using electro spraying method and changes on the quality parameters of electro spray coated minimally processed apple and strawberry samples during refrigerated storage conditions were evaluated.

At the first step, optimum emulsion formulation and the homogenization conditions were discussed with the emulsion stability tests. Depending on the obtained results, 12 different emulsions were prepared from 80% of oil phase, 20% water phase, 5% of PGPR (from total of oil+water phase) and 16% of MD, WPI or 1:1 MD+WPI dissolved in water phase. Also grape seed and pomegranate seed oil were incorporated into the emulsion at a rate of 2% of oil phase for their antioxidant properties. Golden Delicious apple slices and Camarosa cultivar whole strawberries were coated with these emulsions by using electro spraying and dipping method. During storage period; water loss, pH, titratable acidity %, color, firmness, total antioxidant activity and total phenolics content, polyphenol oxidase enzyme activity (only for apple), microbial load (mesophilic aerobic count and mold-yeast count) and sensory properties of coated fruits were determined. Besides, microstructure of control and coated fruit surfaces were investigated.

Water loss of electro spray coated samples were found lower compared to control, and the possible quality losses of coated fruits during storage was either reduced or improved with this coating method.

**Keywords:** Electro spraying, edible coating, apple, strawberry, storage.



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans ve doktora eğitimim sırasında danışmanım olan ve akademik hayatımda edindiğim tecrübeler ile bu doktora tez çalışmasındaki önemli ve değerli katkıları nedeniyle hocam Sayın Prof. Dr. Şebnem Tavman'a teşekkür ederim. Ayrıca bu tez çalışmasına önemli katkılarından ötürü jüri üyeleri Doç Dr. Seher Kumcuoğlu ve Prof. Dr. Erdal Çelik'e, TÜBİTAK projesindeki yardımlarından ötürü Prof. Dr. Oğuz Bayraktar'a teşekkürlerimi sunarım.

Emülsiyon çap ölçümündeki yardımlarından ötürü Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden Ar. Gör. İsmail Tontul ve Prof. Dr. Ayhan Topuz'a, zeta potansiyeli ölçümündeki yardımlarından ötürü Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü'nden Ar. Gör. Özge Kozguş Güldü'ye, yüzey gerilimi ölçümü yardımlarından ötürü Ege Üniversitesi Fizik Bölümü'nden Ar. Gör. Dr. A. Evren Yavuz'a, temas açısı ölçümündeki yardımlarından ötürü Süleyman Demirel Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden Ar. Gör. Ece Çağdaş'a, Ege Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu'ndan Öğr. Gör. Varsın Kemahlioğlu'na, deney tasarımıdaki yardımlarından ötürü Dr. M. Emin Uslu ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet Koç'a, mikroskop analizlerdeki desteğinden ötürü Yrd. Doç. Dr. Hüseyin Kurtuldu'ya, projedeki deneysel çalışmalardaki yardımlarından ötürü lisansüstü öğrencileri Neslihan Bozdoğan ve G. Ela Gürpüz'e, tezimde yer alan duyu analizlere katılan Ege Üniversitesi lisans ve lisansüstü öğrencileri, asistan arkadaşlarım ve hocalarıma teşekkür ederim. Bu tezin tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği bölümü teknik personeli ve hizmetlilerine teşekkür ederim.

214-O-405 no'lu 1001 projesi ile TÜBİTAK'a, 2015-BİL-024 no'lu proje ile EBİLTEM'e, YÖK Öğretim Üyesi Yetiştirme Programına (ÖYP) maddi desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Akademik hayatım sırasında her aşamada maddi ve manevi destek olan canım annem Nazlı Gökdal'a ve kardeşim, meslektaşım Gökçe Çakmak'a şükranlarımı sunarım.



**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xxvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xxxı
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ .....	3
2.1 Emülsiyon Nedir? .....	3
2.2 Emülsiyon Hazırlama Yöntemleri .....	4
2.3 Emülsiyonlarda Kararsızlık Mekanizmaları .....	6
2.3.1 Çökme (Sedimentasyon) .....	7
2.3.2 Kremleşme .....	8
2.3.3 Kümelenme .....	8
2.3.4 Birleşme .....	9
2.3.5 Ostwald olgunlaşması .....	10
2.3.6 Faz dönüşümü .....	11

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
2.3.7 Faz ayrılması.....	11
2.4 Emülsiyon Kararlılığını Belirleme Yöntemleri.....	11
2.5 Meyveler ve Yenilebilir Kaplama Uygulamaları.....	13
2.6 Elektro-püskürtme İşlemi.....	19
2.6.1 Elektro-püskürtme Yönteminin Gıda Alanında Kullanımı .....	22
3. Materyal ve Yöntem.....	27
3.1 Emülsiyon Hazırlama.....	28
3.2 Emülsiyondan Ayrılan Yağ Miktarının Hesaplanması .....	28
3.3 Viskozite Ölçümü .....	29
3.4 Elektriksel İletkenlik Ölçümü .....	29
3.5 Yüzey Gerilimi Ölçümü.....	29
3.6 Temas Açısı ( $\theta$ ) Ölçümü .....	30
3.7 Zeta Potansiyeli ( $\zeta$ ) Ölçümü.....	30
3.8 Emülsiyonların Damlacık Boyutunun Ölçümü.....	30
3.9 Emülsiyonların Isıl Özelliklerinin Belirlenmesi .....	31
3.10 Elektro-püskürtme Düzeneginin Kurulumu.....	31
3.11 Elektro-püskürtülen Damlacıkların Boyut Analizi .....	32

**İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa

3.12 Elektro-püskürtme ve Daldırma Yöntemleriyle Meyvelerin Kaplanması.....	33
3.13 Depolama Sırasında Meyvelerdeki Ağırlık (Su) Kaybının Belirlenmesi .....	33
3.14 pH ve % Titrasyon Asitliğinin Belirlenmesi .....	34
3.15 Renk Ölçümü .....	34
3.16 Sertlik (Doku) Ölçümü .....	35
3.17 Toplam Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde Miktarının Tayini.....	35
3.18 Polifenol Oksidaz (PPO) Enzim Aktivitesi Tayini .....	38
3.19 Mikrobiyolojik Analizler .....	39
3.20 Duyusal Analizler .....	39
3.21 Kaplanmış Meyve Yüzeylerinin Mikroskopik Analizi.....	40
3.22 Sonuçların İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi .....	40
4. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	41
4.1 Emülsiyonlarda Kullanılacak Emülgatör Tipinin Belirlenmesi .....	41
4.1.1 Oda koşulunda depolama sırasında yağ ayrılmanın belirlenmesi .....	42
4.1.2 Hızlandırılmış depolama testleri ile yağ ayrılmanın belirlenmesi .....	51
4.2 Deney Tasarımı ile Uygun Emülsiyon Formülasyonunun Belirlenmesi .....	62
4.3 Su Fazında Kullanılacak Bileşen Oranının Belirlenmesi .....	73

**İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa

4. 3. 1 Su fazında maltodekstrin içeren emülsiyonların özelliklerinin belirlenmesi .....	74
4. 3. 2 Su fazında peynir altı suyu protein izolatu içeren emülsiyonların özelliklerinin belirlenmesi.....	78
4. 3. 3 Su fazında maltodekstrin ve peynir altı suyu protein izolatu içeren emülsiyonların özelliklerinin belirlenmesi.....	82
4.4 Emülsiyonların Isıl Özellikleri.....	86
4.5 Elektro-püskürtme ve Daldırma ile Kaplamada Kullanılan Emülsiyon Formülasyonları .....	89
4.6 Elektro-püskürtme ile Elde Edilen Damlacıkların Boyut Analizi .....	92
4.7 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Ağırlık Kaybı .....	97
4.8 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında pH ve Titre Edilebilir Asitlik Değerinin Değişimi .....	99
4.9 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Renk Değerlerinin Değişimi .....	102
4.10 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Sertlik Değerinin Değişimi .....	110
4.11 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Toplam Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde Miktarının Değişimi.....	112
4.12 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında PPO Aktivitesinin Değişimi .....	114

**İÇİNDEKİLER (devam)**Sayfa

4.13 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Mikroorganizma Yükünün Değişimi.....	116
4.14 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Duyusal Özelliklerindeki Değişim.....	118
4.15 Kaplanmış Elma Yüzeyinin Mikroskopik Analizi .....	123
4.16 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Ağırlık Kaybı.....	125
4.17 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında pH ve Titre Edilebilir Asitlik Değerlerinin Değişimi.....	128
4.18 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Renk Değerlerinin Değişimi.....	131
4.19 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Sertlik Değerinin Değişimi.....	138
4.20 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Toplam Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde Miktarının Değişimi .....	141
4.21 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Mikroorganizma Yükünün Değişimi.....	142
4.22 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Duyusal Özelliklerindeki Değişim.....	144
4.23 Kaplanmış Çilek Yüzeyinin Mikroskopik Analizi .....	148
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	150
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	154

## İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ .....173

EKLER.....



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 FAO istatistiklerine göre Türkiye'nin toplam meyve-sebze ihracat rakamları.....	1
2.1 Emülgatör miktarı ile emülsiyon kararlılığı, ara yüzey gerilimi ve damlacık boyutunun ilişkisi (Kaynak: Tadros, 2009).....	4
2.2 Emülsiyonlarda meydana gelen kararsızlıklar.....	7
3.1 Tez çalışmasında kullanılan dikey elektro-püskürtme düzeneği.....	32
3.2 Çilekte doku ölçümü.....	35
3.3 Troloks standart eğrisi.....	37
3.4 Gallik asit standart eğrisi.....	38
4.1 %1 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	43
4.2 %1 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	43
4.3 %5 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	44
4.4 %5 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	44
4.5 %1 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	45
4.6 %1 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	45

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.7 %5 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	46
4.8 %5 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	46
4.9 %1 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	47
4.10 %1 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	47
4.11 %5 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	48
4.12 %5 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	48
4.13 %1 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	49
4.14 %1 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	49
4.15 %5 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	50
4.16 %5 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	50
4.17 %1 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	51

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.18 %1 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	52
4.19 %5 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	52
4.20 %5 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	53
4.21 %1 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	53
4.22 %1 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	54
4.23 %5 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	54
4.24 %5 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	55
4.25 %1 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	56
4.26 %1 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	56
4.27 %5 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	57
4.28 %5 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.....	57

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.29 %1 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	58
4.30 %1 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	59
4.31 %5 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	59
4.32 %5 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma. ....	60
4.33 Hızlandırılmış depolama öncesi: A ve sonrası: B emülsiyon görüntüleri. ....	61
4.34 Deneysel ve tahminlenmiş % yağ ayrılma değerlerinin kıyaslanması. ....	66
4.35 Yağ oranı ve emülgatör oranının % yağ ayrılma üzerine etkisi. ....	66
4.36 Karıştırma hızı ve emülgatör oranının % yağ ayrılma üzerine etkisi. ....	67
4.37 8000 rpm sabit karıştırma hızında yağ oranı ve emülgatör oranının %yağ ayrılma üzerine etkisi. ....	67
4.38 % 80 yağ oranında karıştırma hızı ve emülgatör oranının % yağ ayrılma üzerine etkisi. ....	68
4.39 % yağ ayrılma yanıtı için kalıntı-olasılık grafiği. ....	69
4.40 Deneysel ve tahminlenmiş viskozite değerlerinin kıyaslanması.....	70
4.41 Yağ oranı ve emülgatör oranının viskozite üzerine etkisi.....	71

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.42 Viskozite yanıtı için kalıntı-olasılık grafiği .....	72
4.43 % yağ ayrılma değerinin maltodekstrin oranına bağlı değişimi.....	76
4.44 Viskozitenin maltodekstrin oranına bağlı değişimi.....	76
4.45 Elektriksel iletkenliğin maltodekstrin oranına bağlı değişimi.....	77
4.46 MD içeren emülsiyonların ortalama damlacık çapı dağılımı. ....	78
4.47 % yağ ayrılma değerinin PSPI oranına bağlı değişimi. ....	80
4.48 Viskozitenin PSPI oranına bağlı değişimi. ....	80
4.49 Elektriksel iletkenliğin PSPI oranına bağlı değişimi.....	81
4.50 PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık çapı dağılımı. ....	82
4.51 % yağ ayrılma değerinin MD+PSPI oranına bağlı değişimi. ....	84
4.52 Viskozitenin MD+PSPI oranına bağlı değişimi. ....	84
4.53 Elektriksel iletkenliğin MD+PSPI oranına bağlı değişimi.....	85
4.54 MD+PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık çapı dağılımı.....	85
4.55 Zeytinyağı ve %1 PSPI içeren emülsiyona ait termogramlar. ....	86
4.56 Çift başlıkla elektro-püskürtme sırasında Taylor konisinin oluşumu .....	92
4.57 Lam yüzeyine elektro-püskürtülmüş damlacıkların (a); ham görüntüsü, (b); işlenmiş görüntüsü. ....	93

## ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.58 1. emülsiyonun parçacık boyut analizi.....	94
4.59 2. emülsiyonun parçacık boyut analizi.....	94
4.60 3. emülsiyonun parçacık boyut analizi.....	95
4.61 4. emülsiyonun parçacık boyut analizi.....	95
4.62 Daldırma yöntemiyle kaplanan elmaların depolama sırasında % ağırlık kaybı.....	97
4.63 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elmaların depolama sırasında % ağırlık kaybı. ....	98
4.64 Daldırma yöntemiyle kaplanan elmaların toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri. ....	109
4.65 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elmaların toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri.....	110
4.66 Depolamanın 7. günü sırasıyla; kontrol, elektro-püskürtme ile kaplanmış, daldırma ile kaplanmış elma dilimleri. ....	110
4.67 Elma örneklerinin mikro yapıları, A: kaplanmamış örnek (ölçüm çubuğu: 50 $\mu$ m), B: daldırmayla kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 50 $\mu$ m), C: elektro-püskürtmeyle kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 10 $\mu$ m). ....	125
4.68 7 gün depolanmış kontrol örnekleri.....	126
4.69 Daldırma ile kaplanmış örnekler (0. gün).....	126
4.70 Daldırma ile kaplanmış örnekler (5. gün). ....	126

**ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.71 Daldırma yöntemiyle kaplanan çileklerin depolama sırasında % ağırlık kaybı. ....	127
4.72 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan çileklerin depolama sırasında % ağırlık kaybı. ....	128
4.73 Daldırma yöntemiyle kaplanan çileklerin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri. ....	137
4.74 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan çileklerin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri. ....	137
4.75 Depolama öncesi A: kontrol, B: daldırma ile kaplanmış örnekler, 7 gün depolanmış C: kontrol, D: elektro-püskürtme ile kaplanmış, E: daldırma ile kaplanmış örnekler.....	138
4.76 Çilek örneklerinin mikro yapıları, A: kaplanmamış örnek (ölçüm çubuğu: 50 $\mu$ m), B: daldırmayla kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 50 $\mu$ m), C: elektro-püskürtmeyle kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 10 $\mu$ m). ....	149



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Bazı meyvelerin besin içeriği. ....	15
4.1 Emülsiyon kararlılığını belirlemek için hazırlanan emülsiyonlar. ....	42
4.2 Emülgatör tipinin yağ ayrılma üzerine etkisi. ....	60
4.3 Yağ oranı-emülgatör oranı- karıştırma hızı ile oluşturulan deneme deseni. ....	63
4.4 Yanıt yüzey yönteminde verilen yanıtlar. ....	64
4.5 % Yağ ayrılma yanıtı için tahminlenmiş regresyon katsayıları. ....	65
4.6 %Yağ ayrılma için varyans analizi sonuçları. ....	68
4.7 Viskozite yanıtı için tahminlenmiş regresyon katsayıları. ....	70
4.8 Viskozite için varyans analizi sonuçları. ....	71
4.9 Zeta potansiyeli yanıtı için tahminlenmiş regresyon katsayıları. ....	73
4.10 Zeta potansiyeli için varyans analizi sonuçları. ....	73
4.11 Maltodekstrin (MD) içeren emülsiyonların % yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlikleri. ....	75
4.12 Maltodekstrin içeren emülsiyonların ortalama damlacık boyutu. ....	78
4.13 Peynir altı suyu protein izolatı (PSPI) içeren emülsiyonların % yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlikleri. ....	79
4.14 PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık boyutu. ....	82

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.15 MD+PSPI içeren emülsiyonların %yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlikleri. ....	83
4.16 MD+PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık boyutu .....	86
4.17 Emülsiyonların donma, erime sıcaklık ve entalpileri. ....	88
4.18 Kaplama olarak kullanılan emülsiyon formülasyonları.....	91
4.19 Elektro-püskürtme işleminde kaplama koşulları. ....	92
4.20 Elektro-püskürtülen emülsiyonların özellikleri. ....	93
4.21 Elektro-püskürtülen emülsiyon damlacıklarının boyut analizi sonuçları. ....	96
4.22 Elma dilimlerinin depolama süresince pH ve % titrasyon asitliğinin* örneğe bağlı değişimi. ....	100
4.23 Elma dilimlerinin pH ve % titrasyon asitliğinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	102
4.24 Elma dilimlerinin depolama süresince renk değerlerinin değişimi. ....	105
4.25 Elma dilimlerinin renk değerlerinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	107
4.26 Elma dilimlerinin depolama süresince örneğe bağlı sertlik (doku) değerinin değişimi. ....	111
4.27 Elma dilimlerinin sertlik (doku) değerinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	112
4.28 Elma örneklerinde depolama sırasında toplam antioksidan madde ve fenolik madde miktarının değişimi.....	113

## ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.29 Elma örneklerinde PPO enzim aktivitesi. ....	115
4.30 Depolama sırasında elma örneklerinde toplam canlı ve küf ve maya sayısının değişimi. ....	118
4.31 Elma dilimlerinin depolama süresince duyuşal özelliklerinin örneğe bağlı değişimi.....	120
4.32 Elma dilimlerinin duyuşal özelliklerinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	122
4.33 Çilek örneklerinin depolama süresince pH ve % titrasyon asitliğinin* örneğe bağlı değişimi.....	130
4.34 Çilek örneklerinin pH ve titrasyon asitliğinin depolama süresine bağlı değişimi.....	131
4.35 Çilek örneklerinin depolama süresince renk değerlerinin örneğe bağlı değişimi.....	133
4.36 Çilek örneklerinin renk değerlerinin depolama süresine bağlı değişimi. ...	135
4.37 Çilek örneklerinin depolama süresince sertlik değerinin örneğe bağlı değişimi.....	140
4.38 Çilek örneklerinin sertlik değerinin depolama süresine bağlı değişimi. ....	140
4.39 Kaplanan çilek örneklerinde depolama sırasında toplam antioksidan madde ve fenolik madde miktarının değişimi. ....	142
4.40 Depolama sırasında çilek örneklerinde toplam canlı ve küf ve maya sayısının değişimi. ....	144

**ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)**ÇizelgeSayfa

4.41 Çilek örneklerinin depolama süresince duysal özelliklerinin örneğe bağlı değişimi.....146

4.42 Çilek örneklerinin duysal özelliklerinin depolama süresine bağlı değişimi.  
.....147



**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$\Delta E^*$	Toplam renk değışimi
$a^*$	Kırmızılık/yeşillik değeri
Adj MS	Düzeltilmiş ortalama kare
Adj SS	Düzeltilmiş kareler toplamı
Adj-R <sup>2</sup>	Düzeltilmiş belirleme katsayısı
$b^*$	Sarılık/mavilik değeri
C*	Kroma
$d$	Damlacık çapı
$d_{0.1}$	Damlacıkların %10'unun çapının küçük olduğu sayı
$d_{0.5}$	Damlacıkların %50'sinin çapının küçük olduğu sayı
$d_{0.9}$	Damlacıkların %90'ının çapının küçük olduğu sayı
$d_{32}$	Alan-hacim ortalama çapı
$d_{43}$	Hacim-uzunluk ortalama çapı
DF	Serbestlik derecesi
$d_i$	Damlacık çapı
$g$	Yerçekimi ivmesi
L*	Parlaklık değeri

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$M_0$	Depolama başında örnek ağırlığı (g)
$M_t$	$t=t_1$ anında örnek ağırlığı (g)
$n_i$	Damlacık sayısı
PRESS	Tahminlenmiş hataların kareler toplamı
$q_R$	Rayleigh sınır yükü
$r$	Damlacık yarıçapı
$R^2$	Belirleme katsayısı
$R^2(\text{pred})$	Tahminlenmiş belirleme katsayısı
Seq SS	Ardışık kareler toplamı
$t$	Süre (gün)
$V$	Çökelme/kremleşme hızı
$V_{yağ,t}$	$t=t_1$ anında ayrılan yağın hacmi (ml)
$V_{yağ,t0}$	$t=0$ anında yağın başlangıç hacmi (ml)
WI	Beyazlaşma indeksi
$\gamma$	Yağ-su arasındaki ara yüzey gerilimi
$\Delta H_{\text{donma}}$	Donma entalpisi (J/g)
$\Delta H_{\text{erime}}$	Erime entalpisi (J/g)

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$\Delta P_L$	Laplace basıncı
$\varepsilon_0$	Vakumun elektriksel geçirgenliği
$\zeta$	Zeta potansiyeli
$\eta_s$	Sürekli faz viskozitesi
$\theta$	Temas açısı
$\rho_d$	Dağılan fazın yoğunluğu
$\rho_s$	Sürekli faz yoğunluğu
$\Phi_{cp}$	Kritik hacimsel oran
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>

% RH	Yüzde relatif rutubet
Abs	Absorbans
ANOVA	Varyans analizi
BAM	Bacteriological analytical manual
DE	Dekstroz eşdeğeri
DPPH	2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl
EO	Emülgatör oranı
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
FDA	Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
GAE	Gallik asit eşdeğeri
HLB	Hidrofilik-lipofilik denge
K	Karıştırma hızı
KOB	Koloni oluşturan birim
MD	Maltodekstrin
NÇY	Nar çekirdeği yağı
PGPR	Poligliserol polirisinolat
PPO	Polifenol oksidaz
PSPI	Peynir altı suyu protein izolatı
PTFE	Teflon
PVPP	Polyvinylpolypyrrolidone
S/Y	Yağ içinde su emülsiyonu
S/Y/S	Su içinde yağ içinde su emülsiyonu
S80	Span 80
SF	Seyreltme faktörü
T20	Tween 20

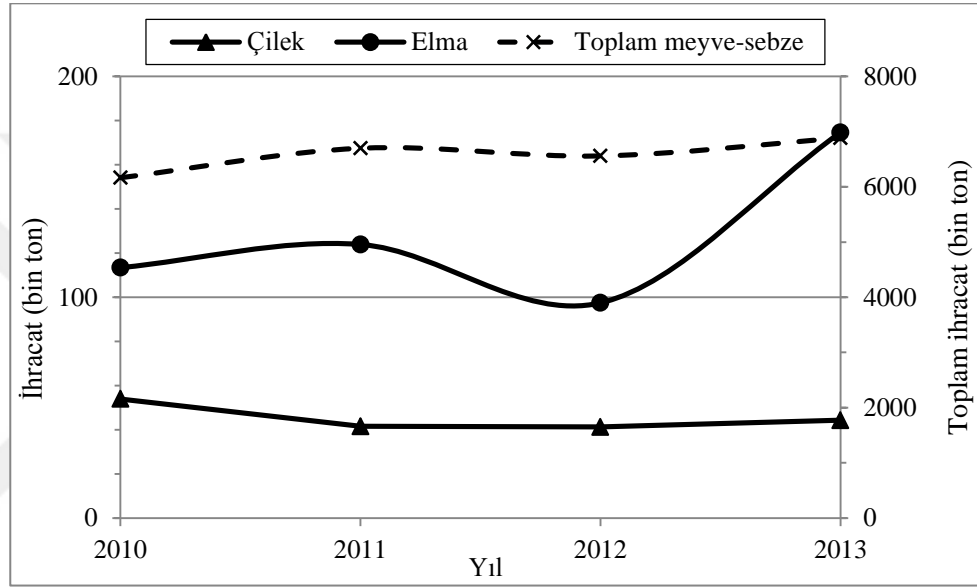
**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam)**

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
T80	Tween 80
TEAC	Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi
Troloks	-6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid
ÜÇY	Üzüm çekirdeği yağı
v/v	Hacimce oran
w/w	Ağırlıkça oran
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
Y/S	Su içinde yağ emülsiyonu
Y/S/Y	Yağ içinde su içinde yağ emülsiyonu
YO	Yağ oranı



## 1. GİRİŞ

Ülkemiz bulunduğu konum itibariyle birçok tarımsal ürünün üretilebileceği iklim koşullarına sahiptir. Özellikle, taze meyve ve sebze üretim miktarları ve ürün çeşitliliği ile ülkemiz dünyanın birçok ülkesine ihracat yapmaktadır. FAO (2016) verilerine göre ülkemiz, 2010-2014 yılları arasında yıllık yaklaşık 6500 bin ton meyve ve sebze ihracatı yaparken (Şekil 1.1), meyveler içerisinde elma ihracatının yaklaşık 100 bin ton ve çilek ihracatının ise 40 bin ton civarında olduğu bildirilmiştir.



Şekil 1.1 FAO istatistiklerine göre Türkiye'nin toplam meyve-sebze ihracat rakamları.

Akdeniz İhracatçı Birliklerinin hazırlamış olduğu Ocak 2015-Aralık 2016 döneminde Türkiye'nin yaş meyve-sebze ihracat rakamları incelendiğinde, 2015 yılında toplam 2.1 milyar \$ meyve ve sebze ihracatı yapılırken, 2016 yılında bu rakamın %5 düşerek 2 milyar \$ olduğu görülmektedir (AKİB, 2017). Meyve ve sebzeler arasında turunçgil ihracatı en önemli paya sahipken, turunçgil dışında en yüksek meyve ihracatının sırasıyla üzüm, nar ve elmada olduğu görülmektedir.

Ülkemiz ve dünya genelinde üretilen tarımsal ürünlerin kişi başı tüketim miktarları düşünüldüğünde, tarımsal üretimin günümüzde olduğu gibi ileriki yıllarda da yetersiz kalacağı varsayımıyla, varolan kaynakların etkin kullanımının ve ürünlerin tüketilmeden atık haline gelmesinin engellenmesi büyük önem taşımaktadır. FAO tarafından 2011 yılında yayınlanan bir çalışmaya göre, dünya çapında insan tüketimi için üretilen gıdaların yaklaşık 1/3'ü yani yıllık 1.3 milyar

ton gıda ürünü israf edilmektedir (FAO, 2011). Yine aynı çalışmada belirtildiği üzere, dünya genelinde en çok zayı edilen gıda ürününün ortalama 250 milyon ton ile meyve ve sebze ürünlerinde olduğu dikkat çekmektedir. Bu da üretimin yaklaşık %40'lık kısmının tüketilmeden atık haline geldiğini göstermektedir. Meyve ve sebzelerin israf oranları incelendiğinde ise, kaybın büyük oranının hasat sonrası; taşıma, depolama, işleme, paketleme ve üreticinin satın aldığı market ve pazarlarda uygun olmayan depolama koşullarına maruz kalması sırasında yaşandığı ortaya çıkmaktadır. İsraf edilen gıdaların ekonomik kaybının yanı sıra, o gıdaları üretmek için kullanılan suyun, yıllık zirai su tüketiminin %25'ini oluşturduğu belirtilmektedir. Gıda kayıp ve israflarının azaltılmasıyla; çiftçiler, firmalar ve hane halkı için tasarruf edilmiş, daha az israf ile daha çok insan beslenmiş ve su, toprak ve iklim üzerinde daha fazla üretim yapmak uğruna oluşan baskı azaltılmış olacaktır (Hanson et al., 2016).

Bu tez çalışmasında öncelikli amaç; raf ömrü kısa olan taze kesilmiş elma ve bütün çileğin elektro-püskürtme yöntemiyle yenilebilir kaplamalar kullanılarak raf ömrünün iyileştirilmesidir. Yenilebilir kaplama temel olarak S/Y emülsiyonu olup, su fazında maltodekstrin, peynir altı suyu protein izolatu ve bu iki bileşenin karışımı kullanılmış, ayrıca yağ fazında antioksidan özelliğe sahip üzüm çekirdeği yağı ve nar çekirdeği yağı kullanılarak farklı emülsiyonlar oluşturulmuştur. Çalışmanın ilk aşamasında, farklı emülgatör çeşitleri, farklı emülsiyon bileşimleri ve farklı emülsiyon hazırlama koşullarının emülsiyonun kararlılığına olan etkisi incelenmiştir. İkinci aşamada elektro-püskürtme koşullarının ve kurulan elektro-püskürtme cihazının etkinliğinin belirlenmesi amacıyla kararlı olduğu belirlenen bazı emülsiyonlarla çalışmalar yapılmıştır. Belirlenen elektro-püskürtme koşullarında, yenilebilir S/Y emülsiyonları kullanılarak taze kesilmiş Golden Delicious çeşidi elma ve bütün haldeki çilek kaplanmıştır. Daldırma yöntemine alternatif olarak geliştirilen elektro-püskürtme yönteminin ve bu yöntemle elde edilen kaplamaların, depolama sırasında kaplanan ürünlerin fiziksel, kimyasal, tekstürel, mikrobiyolojik ve duyu kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca elektro-püskürtme ve daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerin mikro yapıları ve kaplamanın yüzeydeki tutunması yapılan mikroskobik analizlerle değerlendirilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

### 2.1 Emülsiyon Nedir?

En az iki ayrı maddenin karışımından oluşan sistemlere dispers sistemler adı verilir (Gönül, 2000). Dispers sistemlerin, dağılan (dispers) faz ve dispersiyon ortamına (sürekli faz) bağlı olarak; katı/sıvı aerosol, süspansiyon ve emülsiyon gibi çeşitleri bulunmaktadır. Emülsiyonlar, birbiri içinde karışmayan iki sıvıdan (genellikle yağ ve su), birinin diğeri içinde küçük küresel damlacıklar halinde dağılarak karışmasıyla ortaya çıkmaktadır (McClements, 2005). Oluşan bu karışım, makroskopik boyutta homojen iken, mikroskopik boyutta heterojen ve termodinamik olarak da kararsızdır (McClements, 2005; Çelebi, 2009a). Emülsiyonlar; tekli ve çoklu emülsiyonlar olarak iki ana gruptan oluşmakta, tekli emülsiyonlar yağ içinde su (S/Y) ve su içinde yağ (Y/S) olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu iki ana grubu birbirinden ayırt etmekte renk, elektriksel iletkenlik, boyaların etkisi (yağda çözünen, suda çözünen) ve UV ışık altında ışık yayma durumları gibi özellikleri kullanılabilir (Gönül, 2000). Çoklu emülsiyonlar ise yağ içinde su içinde yağ (Y/S/Y), su içinde yağ içinde su (S/Y/S) olarak ikiye ayrılmaktadır. Gıda emülsiyonları genel olarak tekli Y/S tipinde olup, örnek olarak süt, krema, dondurma, mayonez, emülsifiye et ürünleri (sisis, salam, sucuk), salata sosları, diğer soslar, bazı içecekler verilirken, S/Y tipinde gıda emülsiyonlarına örnek olarak tereyağı, margarin ve çikolata verilebilmektedir.

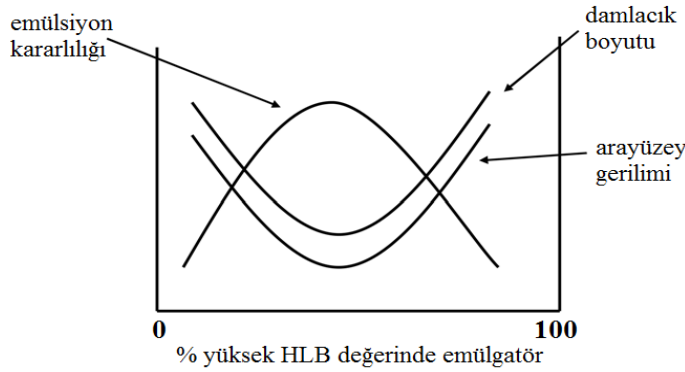
Damlacıkların büyüklük dağılımına göre emülsiyonlar; monodispers ve polidispers olarak ikiye ayrılırlar (McClements, 2005). Emülsiyon içerisinde damlacık büyüklükleri birbirine yakın ve tekdüze ise monodispers, damlacık büyüklükleri bir aralık içinde değişiyorsa polidispers özellik göstermektedir.

Birbiri içinde karışmayan yağ ve su gibi iki sıvıyı, sıvılar arasındaki yüzey gerilimini azaltarak bir arada tutan üçüncü bileşene emülgatör adı verilmektedir (Tadros, 2009; Saldamlı ve Uygun, 2014). Emülgatör ilavesiyle emülsiyonlar belirli bir süre için kinetik olarak kararlı hale getirilmektedir (Badolato et al., 2008). Emülgatörler (yüzey aktif maddeler) hem polar, hem de apolar gruplar içermesi sebebiyle amfifilik olarak adlandırılmaktadır (Salager, 1988; McClements, 2005). Hidrofilik kısmı (polar) ile suya tutunurken, hidrofobik kısmı (apolar) ile yağa tutunmaktadır (Harding, 2006; Su, 2008). Emülgatörün daha çok çözüldüğü faz sürekli faz olarak adlandırılmakta olup bu yaklaşım Bancroft kuralı

olarak bilinmektedir (McClements, 2005; Boom, 2008; Tadros, 2009). Dolayısıyla, hazırlanmak istenen emülsiyonun tipine göre emülgatör seçilmektedir. Uygun emülgatör seçiminde, en az miktarda emülgatör kullanırken, en küçük damlacık çapının ve en kararlı emülsiyonların elde edilmesi ölçüt olarak alınmaktadır (McClements, 2005).

Griffin tarafından emülgatörlerin kimyasal yapısını açıklamak ve emülgatörleri sınıflandırmak amacıyla hidrofilitik-lipofilitik denge (HLB) değeri tanımlanmıştır (Claesson et al., 2004; McClements, 2005). Bu değer, emülgatör molekülünün hidrofilitik grubunun ağırlık yüzdesinin, lipofilitik grubunun ağırlık yüzdesine oranını göstermektedir (Brennan et al., 1990). Emülgatörlerin HLB değerleri 1 ile 20 arasında olup; 3-6 arasında HLB değerine sahip olan emülgatörler S/Y emülsiyonları hazırlamakta kullanılırken, 10-18 arasında HLB değerine sahip olan emülgatörler Y/S emülsiyonları hazırlamakta kullanılmaktadır (Brennan et al., 1990; McClements, 2005).

Şekil 2.1’de özetlendiği gibi HLB değerine göre seçilen emülgatörün optimum olarak kullanılması gereken miktarı belirlenmesinde; damlacık boyutunun ve ara yüzey geriliminin en düşük olup, emülsiyonun en kararlı olduğu oran kullanılmalıdır.



**Şekil 2.1** Emülgatör miktarı ile emülsiyon kararlılığı, ara yüzey gerilimi ve damlacık boyutunun ilişkisi (Kaynak: Tadros, 2009).

## 2.2 Emülsiyon Hazırlama Yöntemleri

Hazırlanacak emülsiyonun miktarı, elde edilecek ürün tipi (damlacık çapı, viskozite vb.), yatırım ve işletme maliyetlerine bağlı olarak farklı emülsiyon homojenizasyon yöntemleri bulunmaktadır. Gıda emülsiyonu hazırlamada kullanılan başlıca homojenizasyon ekipmanları ise; yüksek (kayma) hızlı

karıştırıcılar (rotor-stator tipi), statik karıştırıcılar, yüksek basınç homojenizatörleri, koloit değirmenler, ultrasonik homojenizatörler, mikroakışkanlaştırıcılar, membran ve mikro kanal homojenizatörlerdir (McClements, 2005; Çelebi, 2009a; Tadros, 2009; Herrera, 2012). Ayrıca düşük enerjili emülsiyon hazırlama yöntemi olarak; faz dönüşüm sıcaklığı (PIT), faz dönüşüm kompozisyonu ve çözgen difüzyonu gibi yöntemlerden bahsedilmektedir (Maali and Mosavian, 2013).

Yüksek hızlı (rotor-stator) homojenizatörler, kesikli veya sürekli sistem halinde çalışarak düşük-orta viskoziteli örneklerin homojenize edilmesinde kullanılmaktadır (McClements, 2005). Homojenizasyon sırasında oluşan türbülansa bağlı olarak damlacık çapı küçülmektedir (Narsimhan and Wang, 2008). Yüksek hızlı homojenizatörler, ultrasonik homojenizasyon ve yüksek basınç homojenizasyon gibi yöntemlerle ince emülsiyon hazırlamadan önce, kaba emülsiyon hazırlanmasında kullanılmaktadır.

Yüksek basınç homojenizatörlerinde, öncelikle karıştırma ile süspansiyon edilen kaba emülsiyon hazırlanmakta, sonrasında 3-34 MPa arası homojenizasyon basıncında çalışan homojenizatörlerde son emülsiyon elde edilmektedir (Dalglish, 2004; McClements, 2005). Elde edilen son emülsiyonda damlacık çapını düşürmek, dolayısıyla kümelenme hızını azaltabilmek amacıyla homojenizasyon basıncı arttırılmakta veya emülsiyon birkaç kez homojenizatörden geçirilebilmektedir. Bu tip homojenizatörlerde; süt, dondurma karışımı ve düşük-orta yağlı gıda karışımları homojenize edilmektedir (Appelqvist et al., 2007).

Koloit değirmenlerde, orta-yüksek viskoziteli örnekler sürekli sistemde yaklaşık 1µm damlacık çapına kadar getirilebilmektedir (McClements, 2005). Enerji dağılımına bağlı olarak homojenizasyon sırasında ürünün ısı yükselmekte olup, ekipmana soğutma düzeneğinin ilave edilmesi gerektiği önerilmektedir (Narsimhan and Wang, 2008). Bu ekipman; mayonez, salata sosu ve mayoneze benzer, yüksek yağlı gıdaların homojenize edilmesinde kullanılmaktadır (Ford et al., 2004; Appelqvist et al., 2007).

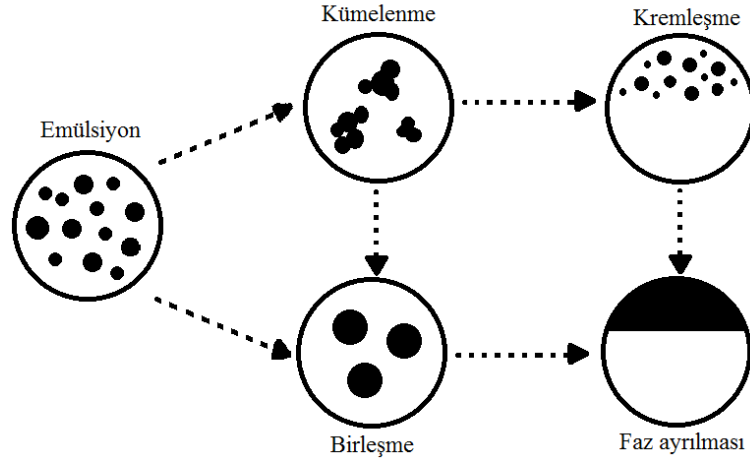
Ultrasonik homojenizasyon sistemleri, kesikli veya sürekli olarak kullanılabilir. Bu yöntemle elde edilen emülsiyonların daha kararlı, damlacık boyutunun küçük olduğu ve istenen damlacık çapının elde edilebilmesinde kullanılacak emülgatör miktarının azaltılabilmesine olanak

tanıldığı belirtilmektedir (Abbas et al., 2013). Ancak yapılan çalışmalar incelendiğinde, tek başına ultrasonik işlemin kararlı emülsiyon oluşturmada yetersiz olduğu belirtilmektedir (Shanmugam and Ashokkumar, 2014). Ultrasonik homojenizasyon işleminden önce yapılacak bir ön karıştırma işlemiyle daha küçük damlacık çapına sahip kararlı emülsiyonlar elde edilebildiği belirtilmektedir (Abbas et al., 2013). Bu amaçla literatürde, ultrasonik homojenizasyon öncesinde manyetik karıştırıcı (Freitas et al., 2006; Hashtjin and Abbasi, 2015), vorteks tipi karıştırıcı (Tang et al., 2013) veya rotor-stator tipi karıştırıcılar (Kentish et al., 2008; Huck-Iriart et al., 2014; Shanmugam and Ashokkumar, 2014; Kobayashi et al., 2015; Rosa et al., 2016) kullanılarak ön karıştırma ile kaba emülsiyon hazırlandığı görülmektedir.

Mikroakışkanlaştırıcı sistemlerde, akışkanların pompa yardımıyla yüksek hızla kanal içerisine beslenmesiyle homojenizasyon sağlanmaktadır (McClements, 2005). Membran homojenizasyon yönteminde ise; tekdüze küçük gözenekler içeren membran içerisindeki dağılan fazın düşük basınç uygulanarak sürekli faz içerisine dağılması sağlanmaktadır (Joscelyne and Trägårdh, 2000; McClements, 2005). Oluşturulacak emülsiyondaki damlacıkların çapı membran gözeneklerinin çapına bağlı olup, istenen boyutlarda damlacığa uygun membran seçimi yapılabilmektedir (Joscelyne and Trägårdh, 2000). Mikro kanallar kullanılarak yapılan homojenizasyon yönteminde; farklı geometrilerdeki kanallar içerisinden dağılan fazın geçirilmesiyle tek düze ve dar bir aralıkta çap dağılımı olan emülsiyonlar elde edilmektedir (McClements, 2005).

### **2.3 Emülsiyonlarda Kararsızlık Mekanizmaları**

Emülsiyonların kararlılığı, termodinamik kararlılık ve kinetik kararlılık olarak incelenmektedir (McClements, 2005). Termodinamik kararsızlık, temelde ara yüzey geriliminden ileri gelmektedir (Bergensstahl, 2015). Emülsiyonların kararlılığının optimize edilebilmesi için, öncelikle kararsızlıkların nasıl oluştuğu detaylı olarak incelenmelidir (Appelqvist et al., 2007). Emülsiyonların homojenliğini bozan fiziksel kararsızlıkların başında, parçacıkların yer değiştirmesi (kremleşme veya çökme), parçacık büyüklüğünün değişimi veya agregasyon (birleşme veya kümelenme) gelmektedir (Herrera, 2012). Emülsiyonlarda kararsızlık tipleri Şekil 2.2’de şematize edilmiş olup maddeler halinde detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 2.2 Emülsiyonlarda meydana gelen kararsızlıklar (Kaynak: Çelebi, 2009a).

### 2.3.1 Çökelme (Sedimentasyon)

Dispers sistemlerde, dağılan fazı oluşturan partiküllerin yoğunluğu, sürekli fazın yoğunluğundan fazla olduğunda ve yerçekimi ya da santrifüj kuvvetlerinin, damlacıkların Brown hareketini aşmasıyla oluşan konsantrasyon farkı ile partiküller çökelme gösterirler (Sæther et al., 2004; Badolato et al., 2008; Çelebi, 2009b; Tadros, 2009). Küresel partiküllerin, sıvı içerisinde çökelme/kremleşme hızı aşağıda belirtilen Stokes yasasıyla açıklanmaktadır;

$$V = \frac{2gr^2(\rho_d - \rho_s)}{9\eta_s} \quad (2.1)$$

burada  $V$  çökelme/kremleşme hızını,  $g$  yerçekimi ivmesini,  $r$  damlacıkların yarıçapını,  $\rho_s$  sürekli fazın yoğunluğunu,  $\rho_d$  dağılan fazın yoğunluğunu,  $\eta_s$  sürekli fazın viskozitesini göstermektedir (Gönül, 2000; McClements, 2005). Hızın işareti pozitif ise, damlacıklar yukarı doğru hareket etmekte ve emülsiyonda kremleşme gözlenmekte, hızın işareti negatif ise, damlacıklar aşağı yönde hareket etmekte ve emülsiyonda çökelme görülmektedir (McClements, 2005). Ancak literatürde bu yasanın; küresel, tekdüze ve  $0.5 \mu\text{m}$ 'den büyük partiküller için geçerli olduğu belirtilmektedir (Çelebi, 2009b). Stokes yasasında, çökelme/kremleşme hızı hesaplanırken Brown hareketinin etkisi ihmal edilmektedir (McClements, 2005). Yaklaşık  $0.1-0.5 \mu\text{m}$ 'den küçük damlacıklar Brown hareketine bağlı olarak kümelenirler ve emülsiyon içerisinde süspansiyon halinde tutulup çökmez ve üstte kremleşmiş tabaka içerisinde yer alırlar (Mishchuk, 2004; McClements, 2005;

Çelebi, 2009b). Bu yüzden emülsiyonların kararsızlığında, çökelmeden ziyade Brown hareketinin etkili olduğu belirtilmektedir (Mishchuk, 2004).

Brown hareketi, koloidal parçacıkların gelişigüzel (rastgele) hareketini tanımlamaktadır (Çelebi, 2009b). Brown hareketi, emülsiyon içerisinde damlacıkların rastgele dağılımıyla sistemin entropisini artırması sebebiyle desteklenmektedir (McClements, 2005). Parçacık çapının düşürülmesi ile hareket hızı artmakta, viskozitenin artırılmasıyla da hareket hızı azalmaktadır. Daha küçük damlacıklar üzerinde ise Brown hareketi ve parçacıklar arası koloidal etkileşimler önemli olmaktadır (Tadros, 2009).

Çökme ve kremleşme, temel olarak yer çekimine bağlı ayrılma tipleri olup; Y/S emülsiyonu içerisindeki damlacıklar kremleşmeye, S/Y emülsiyonu içerisindeki damlacıklar ise çökelmeye eğilimli olmaktadır (McClements, 2005).

### **2.3.2 Kremleşme**

Kremleşme aynı büyüklükte olmayan damlacıkların hareketi olarak bilinmektedir (Çelebi, 2009a). Bu tip kararsızlık, yerçekimi ve santrifüj gibi dış kuvvetlerin etkisiyle oluşmaktadır (Tadros, 2009). Bu kuvvetler, Brown hareketinin üzerinde olduğunda sistemde bir konsantrasyon farkı oluşur ve çapı büyüyen damlacıklar, fazların yoğunluğuna bağlı olarak hızla yukarı doğru çıkar (kremleşir) veya dibeye çökerler (sedimentasyon) (Gönül, 2000; Tadros, 2009).

Kremleşme hızı; emülsiyonun damlacık çapının düşürülmesi, iki faz arasındaki yoğunluğun dengelenmesi veya sürekli fazın viskozitesinin artırılmasıyla azaltılabilmektedir (Garti and Aserin, 1996; Chiralt, 2005; Appelqvist et al., 2007; Su, 2008; Çelebi, 2009a). Eğer agregasyon olmadan kremleşme oluşursa, çalkalama veya karıştırma ile emülsiyon tekrar oluşabilmektedir (Çelebi, 2009a).

### **2.3.3 Kümelene**

Çarpışma, damlacık içi yapışma kuvvetleri ve van der Waals çekim kuvvetlerinin etkisiyle iki veya daha fazla damlacığın bir araya gelmesidir (Garti and Aserin, 1996; McClements, 2005; Çelebi, 2009a; Tadros, 2009). Ancak kümelene damlacıklar kendi bütünlüklerini korumakta, büyük tek bir damlacık haline gelmemektedir. Van der Waals çekiminin ortadan kaldırılabilmesi için başlıca

yöntem, elektrostatik dengelemedir. İyonik emülgatörler kullanılarak oluşan elektriksel çift katman, çekim enerjisini ortadan kaldıran itici enerjinin ortaya çıkmasını sağlar (Tadros, 2009). İkinci ve en etkili yöntem ise uzamsal dengeleme (steric stabilization) yöntemi olup, iyonik olmayan emülgatörler veya polimerler kullanılarak kümelenme engellenebilmektedir (Tadros, 2009).

Kümelenmenin ayrıca hareketli damlacıkların çarpışmasıyla oluştuğu ve çarpışmanın ise Brown hareketi, kayma ve yerçekimi kaynaklı olabildiği literatürde belirtilmektedir (Bergensstahl, 2015).

Dağılan fazın kümelenmesi; kremleşmeden önce, kremleşme sırasında veya kremleşme sonrasında ortaya çıkabilmektedir (Çelebi, 2009a; Tadros, 2009). Ara yüzeyde koruyucu bir mekanik bariyer olmadığında, örneğin yetersiz emülgatör eklenmesi durumunda, emülsiyon damlacıkları hızla toparlanıp birleşirler (Çelebi, 2009a).

Bu tip kararsızlığın geri dönüşlü olup olmayacağı, damlacıklar arasındaki etkileşimin kuvvetine bağlıdır. Etkileşim; emülgatörün kimyasal özellikleri, faz hacim oranı, elektrolit veya iyonik emülgatörler gibi çözünebilir maddelerin derişimiyle saptanabilmektedir (Çelebi, 2009a). Faz ayrılmasına yol açan kümelenmenin ise, büyük oranda sıcaklığa bağlı gerçekleştiği belirtilmektedir (Somasundaran et al., 2003).

### 2.3.4 Birleşme

Birleşme faz ayrılmasının öncülü olup dört farklı aşamayı içermektedir (Ghosh and Rousseau, 2011). Birbirine yaklaşmakta olan damlacıklar önce kümelenmekte, fazlar arasındaki ince film tabakasından sızma görülmekte ve damlacıklar arasındaki ince film tabakasının (lamelin) kırılmasını takiben damlalar bir araya gelmektedir (Garti and Aserin, 1996; Ghosh and Rousseau, 2011). Böylelikle ara yüzey gerilimi ve damlacıkların yüzey alanı azalmakta ve geri dönüşümsüz olarak daha büyük damlacıkların oluşumuyla faz ayrılmasına yol açmaktadır (Harding 2006; Su, 2008). Ancak makro molekül veya katı partikül içeren kalın ara yüzey filmi oluşumuyla birleşme önlenmektedir (Çelebi, 2009a).

Yağ ve su, yağ-su ara yüzeyindeki “*Gibbs serbest enerjisi*” nedeniyle kolaylıkla bir arada bulunamaz (Dalgleish, 2004). Özellikle emülgatör (yüzey

aktif madde) yokluğunda, ara yüzey enerjisinin azaltılması için damlacıklar arası birleşme meydana gelmektedir. Ancak sıvı yüzeyine tutunan emülgatörün varlığında, yağ ve su fazları arasında ara yüzey gerilimi azalmakta böylelikle birleşme için sürükleyici kuvvet düşmekte ancak asla sıfır olmamaktadır. Termodinamik kararsızlığın en önemli sonucu birleşmedir, fakat yeniden homojenizasyon işlemi uygulanarak üründeki birleşme giderilebilmektedir.

### 2.3.5 Ostwald olgunlaşması

Bu tip kararsızlık Y/S emülsiyonlarında daha sık görülmektedir (McClements, 2005; Çelebi, 2009a). Büyük emülsiyon damlacıkları, kimyasal potansiyeline bağlı olarak giderek büyürken, küçük emülsiyon damlacıklarının giderek yok olması Ostwald olgunlaşmasıdır (Kralchevsky et al., 2003; Wasan et al., 2004). Emülsiyon damlacıklarının kimyasal potansiyeli, büyük damlacıklar içinde daha düşüktür. Bu sebeple küçük damlacıkların büyük damlacıklara doğru difüzyonu gerçekleşmektedir. Dolayısıyla, emülsiyon içindeki damlacıkların ortalama çap dağılımı zamanla değişmektedir (McClements, 2005).

Ostwald olgunlaşmasında başlıca etken kuvvetin, Laplace basıncındaki farka bağlı olarak küçük damlacıkların büyük damlacıklara doğru difüzyonu olduğu ve su fazına çözülebilir madde eklenmesiyle artan osmotik basınç ile bu kuvvetin dengelenebileceği, dolayısıyla Ostwald olgunlaşmasının ertelenebileceği düşünülmektedir (Çelebi, 2009a; Herrera, 2012). Tuz, şeker ve hatta polisakkaritlerle, suyun kimyasal potansiyelinin etkin bir şekilde düşürülebileceği ve Laplace basıncına karşılık osmotik basınç etkisinin ortaya çıkmasında etkili olduğu belirtilmektedir (Su, 2008).

Laplace basıncı ( $\Delta P_L$ ); ara yüzey gerilimine bağlı olup damlacığın küresel şeklini korumasını sağlamaktadır (McClements, 2005; Bergenstahl, 2015).

$$\Delta P_L = \frac{4\gamma}{d} \quad (2.2)$$

burada  $\gamma$  yağ-su arasındaki ara yüzey gerilimini,  $d$  ise damlacığın çapını göstermektedir. Bu eşitlik, damlacığın bütünlüğünün bozulması için gerekli basıncın yüzey gerilimi arttıkça veya damlacık çapı azaldıkça arttığını göstermektedir (McClements, 2005). Dolayısıyla, damlacık çapının daha küçük olduğu durumlarda (Laplace basıncı yüksek iken) Ostwald olgunlaşmasının kararsızlığa yol açabileceği görülmektedir.

### 2.3.6 Faz dönüşümü

Dağılan faz ve sürekli faza bağlı olarak, bir emülsiyon tipinin yağ içinde su emülsiyonundan su içinde yağ emülsiyonuna dönmesi veya bunun tam tersinin görülmesidir (McClements, 2005; Çelebi, 2009a; Tadros, 2009). Bu durum emülsiyonun hazırlanması sırasında iki fazın karıştırılması, ısıtılması veya emülsiyonun soğutulması sırasında görülmektedir. Mekanik karıştırma ile oluşan yüksek kayma hızı kuvvetleri faz dönüşümüne yol açabilmektedir (McClements, 2005). Buna ek olarak, dağılan fazın hacim oranının değişimi, bir elektrolit ilavesi veya emülsiyon pH'sının zamanla değişimi de faz dönüşümüne neden olabilmektedir (Gönül, 2000; Tadros, 2009).

Faz dönüşümü tereyağı ve margarin gibi ürünlerde istenen bir durum iken, diğer gıdalarda; görünüm, doku, kararlılık ve tatta istenmeyen değişikliklere yol açmaktadır (McClements, 2005).

### 2.3.7 Faz ayrılması

Kremleşmeden farklı olarak faz ayrılması geri dönüşümsüz bir olaydır (Çelebi, 2009a). Kremleşme kümeleri, çalkalama ile kolaylıkla tekrar dağılabilmekte ve homojen bir karışım elde edilebilmektedir, ancak faz ayrılmasında damlacıkları çevreleyen filmin bozulması sebebiyle karıştırma ile globuller dağıtılamamaktadır. Faz ayrılması; damlacık büyüklüğüne, sürekli fazın viskozitesine ve faz hacim oranına bağlıdır.

## 2.4 Emülsiyon Kararlılığını Belirleme Yöntemleri

Emülsiyonların raf ömrünün saptanması ve emülsiyonların özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla bazı kararlılık analizleri yapılmaktadır. Raf ömrünün belirlenmesinde, farklı sıcaklıklarda emülsiyonların depolanması ile emülsiyonların zorlanmış koşullarda kararlılığı hızlandırılmış olarak incelenebilmektedir (Çelebi, 2009a). Özellikle yüksek sıcaklıklar, emülsiyon kararlılığının daha kısa sürede saptanmasına yardımcı olması sebebiyle tercih edilmektedir. Gıda emülsiyonlarının kararlılığı için standart bir sıcaklık-süre ilişkisi tanımlanmamış olmakla beraber, FAO tarafından pestisitler için önerilen bazı hızlandırılmış depolama (yaşlandırma) testi koşulları şunlardır; 35°C'de 84 gün, 45°C'de 6 hafta ve 54°C'de 14 gün (El-Sayed and Mohammad, 2014; Wardhono, 2014). Literatürde genellikle Y/S emülsiyonlarının kararlılığının

belirlenmesinde oda sıcaklığında bir veya iki hafta süreyle emülsiyonun üst kısmında oluşan kremli tabakanın ölçülmesiyle “kremleşme indeksi” değeri hesaplanmaktadır (Herrera, 2012; Traynor et al., 2013; Lee and Choo, 2015). S/Y emülsiyonlarında ise kremleşme tabakası yerine yağ ayrılması gözlenmesi sebebiyle yağ ayrılmasının zamana bağlı değişimi ölçülmektedir. Emülsiyonlarda kararlılığın zamanla kremleşme indeksi veya yağ ayrılma miktarı açısından incelenmesi görsel muayene olarak adlandırılmaktadır (Herrera, 2012). Ayrıca dondurma-çözdürme döngüsüyle emülsiyonda bulunan su fazının donma ve çözdürülme ile kararlılığı saptanabilmektedir (McClements, 2005).

Emülsiyonların kararlılığının belirlenmesinde reolojik özellikler büyük önem taşımaktadır (McClements, 2005; Çelebi, 2009a; Herrera, 2012). Gıda emülsiyonları, düşük viskoziteye sahip Newton tipi akış özellikleri gösteren süt veya Newton tipi olmayan ve yüksek viskoziteli mayonez gibi çok farklı reolojik özellikler gösterebilmektedir (McClements, 2005; Herrera, 2012). Emülsiyonda kümelenen damlacıklar bulunması halinde emülsiyon viskozitesinin artacağı belirtilmektedir (McClements, 2005). Ancak, kümelenen damlacıkları içeren emülsiyonların viskozite ölçümü sırasında artan kayma hızlarında, kümelenen damlacıklar parçalanacağından viskozitenin giderek düşeceği bilinmektedir (McClements, 2005; Çelebi, 2009a).

Ultrasonik spektroskopi, elektroakustik spektroskopi (zeta potansiyeli), mikroskopik yöntemler (geçirimli elektron mikroskobu (TEM), alan emisyonlu taramalı elektron mikroskobu (FE-SEM), konfokal lazer taramalı mikroskop (CSLM)), atomik kuvvet mikroskobu ve nükleer manyetik rezonans teknikleri son yıllarda emülsiyon kararlılığının belirlenmesinde kullanılan diğer tekniklerdir (McClements, 2005; Rousseau and Hodge, 2005; Herrera, 2012; Beri et al., 2013). Statik lazer dağılımı (kırılımı) yöntemi veya dinamik ışık saçılımı yöntemi emülsiyondaki damlacık boyutunun ve damlacık boyutu dağılımının belirlenmesi ise emülsiyon kararlılığının saptanmasında en sık kullanılan yöntemlerdir (McClements, 2005).

Damlacık büyüklüğü; emülsiyonlarda raf ömrü, görünüm, tekstür ve lezzeti etkilemesi sebebiyle belirlenmesi gereken önemli bir özelliktir (McClements, 2005). Ortalama damlacık çapı 0.5  $\mu\text{m}$  ve daha küçük olan çoğu emülsiyonun kremleşmeye karşı daha kararlı olduğu belirtilmektedir (Bergenstahl, 2015). Polidispers emülsiyonlarda hacim-uzunluk ortalama çapı ( $d_{43}$ ), alan-hacim ortalama çapına ( $d_{32}$ ) göre büyük partiküllerin varlığına daha duyarlı olmakta,

böylelikle kümelenme ve birleşmeyi belirlemede daha doğru sonuçlar vermektedir (McClements, 2005; Huck-Iriart et al., 2014).

$$d_{43} = \frac{\sum_{i=1} n_i d_i^4}{\sum_{i=1} n_i d_i^3} \quad (2.3)$$

$$d_{32} = \frac{\sum_{i=1} n_i d_i^3}{\sum_{i=1} n_i d_i^2} \quad (2.4)$$

burada  $n_i$  damlacık sayısını,  $d_i$  ise damlacık çapını,  $d_{43}$  ise hacim fraksiyonu-uzunluk ortalama çapını ve  $d_{32}$  alan-hacim ortalama çapını göstermektedir (McClements, 2005). Eşitlik 2.5'te verilen span değeri ise, damlacık boyutunun %10, 50 ve 100'lük dilimleri kullanılarak hesaplanmakta ve damlacık boyutu dağılımını belirten bir özellik olarak kullanılmaktadır. Düşük span değerleri damlacık dağılım aralığının daraldığını ve dispersiyon içerisinde damlacık boyutunun tekdüze hale geldiğini göstermektedir.

$$span = \frac{d_{0.9} - d_{0.1}}{d_{0.5}} \quad (2.5)$$

## 2.5 Meyveler ve Yenilebilir Kaplama Uygulamaları

Meyve ve sebzeler; içerdikleri antioksidan bileşenler, vitaminler, mineraller, fitokimyasallar ve çözünür ve çözünmez diyet lifi içerikleri sebebiyle, kanser, kardiyovasküler hastalıklar (koroner kalp hastalığı, kalp krizi vb.), astım, tip 2 diyabet, hipertansiyon ve katarakt gibi kronik ve kronik olmayan hastalıklara karşı korunmamızda yardımcı olmaktadır (WHO, 2012). Dünya Sağlık Örgütü, 2000 kcal'lik diyet baz alınarak günlük 2 kap eşdeğeri (1 kap= 240 ml; yaklaşık 1 küçük muz veya elma/ 8 büyük çilek/ 1 büyük portakal/ 32 tane üzüm) meyve ve 2.5 kap eşdeğeri sebze (1 kap= 240 ml; yaklaşık 2 küçük havuç veya salatalık/ 1 büyük domates) tüketimini önermektedir (WHO, 2012). Çizelge 2.1'de bazı meyvelerin besin içerikleri örnek olarak verilmiştir. Meyve ve sebzelerin kalorisi ve yağ içeriği düşüktür, kolesterol içermezler ve öğün aralarında tüketilebilecek en uygun atıştırmalık gıda ürünleridir (Vicente et al., 2009).

Meyve, sebze ve tahılların içeriğinde bulunan diyet lifinin büyük kısmı nişasta olmayan polisakkaritlerden olup, çözünür lifler kandaki kolesterol seviyesini düşürmekte ve bağırsak sisteminin viskozitesini arttırmaktadır (Bender,

2006). Çözünmez ve sindirilemeyen karbonhidratlardan olan selüloz, hemiselüloz ve lignin; su tutma kapasitelerinin yüksek olması sebebiyle sindirim sisteminin hacmini arttırmakta ve laksatif etki göstererek bağırsağın daha hızlı boşaltılmasını sağlamaktadır (Bender, 2006; Berdanier, 2011). Meyveler, çözünür lif olan pektin kaynağı olup, pektin gibi çözünür lifler jel oluşturarak bağırsak sisteminin boşaltılmasını ve sindirimi yavaşlatmaktadır (Berdanier, 2011). Günümüzde yetişkin bireyler için günlük 20-35 g arası diyet lifi alınması gerektiği belirtilmektedir (Vicente et al., 2009).

Günümüzde taze kesilmiş, tüketime hazır meyve ve sebzelerin hızlı ulaşılabilir, sağlıklı ve güvenilir atıştırılabilirlikler olarak çocuklar, gençler ve çalışan bireyler arasında tüketiminin hızla arttığı görülmektedir. Ülkemizde tüketime hazır meyve ürünleri arasında; dilimlenmiş Hindistan cevizi, ananas, mango, siyah üzüm, muz, kivi, çilek, portakal, armut, nar ve elma dilimlerinden oluşan meyve salatalarının bulunduğu görülmektedir. Ancak tüketime hazır meyve salatalarının içeriğinin tropikal meyve ağırlıklı olması sebebiyle piyasada bulunan ürünlerin daha çok üst gelir grubuna hitap ettiği görülmektedir.

Meyvelerde yıkama, kabuk soyma, çekirdek çıkarma ve dilimleme gibi işlemler sırasında oluşan fizyolojik hasar ve metabolik aktivitelerin artışı, meyvelerin raf ömrünün kısıtlanmasına sebep olmaktadır (Fagundes et al., 2013; Azarakhsh et al., 2014). Meyvelerde solunum hızının artması, etilen sentezini tetikleyebilmekte, fenolik bileşiklerin oksidasyonunu arttırmakta, enzimatik aktivite ve mikrobiyal gelişimi arttırabilmektedir (Fagundes et al., 2013). Ayrıca bazı meyve ve sebzelerde işleme sırasında oksijen, nem ve sıcaklığa bağlı olarak enzimatik olmayan kararma meydana gelebilmektedir (Meyer, 1960). Taze kesilmiş meyve ve sebzeler, su kaybını azaltmak, olgunlaşmayı geciktirmek, parlaklık kazandırarak ürünün daha uzun süre kalitesini muhafaza ederek üreticiye sunulması için çeşitli bileşenlerle kaplanmaktadır (Baldwin et al., 2012). Ayrıca kaplamada kullanılan bu bileşenler meyvenin dış ortamla O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> alışverişini azaltarak meyvenin solunumunu yavaşlatabilmektedir (Kilcast and Subramaniam, 2000).

**Çizelge 2.1 Bazı meyvelerin besin içeriği (Kaynak: USDA, 2016).**

Besin ögesi	Birim	Elma <sup>1</sup>	Çilek	Portakal	Kayısı	Armut	Üzüm <sup>2</sup>	Muz
		100 gramında						
Su	g	85.56	90.95	86.75	86.35	83.96	80.54	74.91
Protein	g	0.26	0.67	0.94	1.40	0.36	0.72	1.09
Yağ	g	0.17	0.30	0.12	0.39	0.14	0.16	0.33
Karbonhidrat (fark hesabı)	g	13.81	7.68	11.75	11.12	15.23	18.10	22.84
Toplam diyet lifi	g	2.4	2	2.4	2	3.1	0.9	2.6
Toplam şeker	g	10.39	4.89	9.35	9.24	9.75	15.48	12.23
<b>Mineraller</b>								
Kalsiyum	mg	6	16	40	13	9	10	5
Demir	mg	0.12	0.41	0.10	0.39	0.18	0.36	0.26
Magnezyum	mg	5	13	10	10	7	7	27
Fosfor	mg	11	24	14	23	12	20	22
Potasyum	mg	107	153	181	259	116	191	358
Sodyum	mg	1	1	0	1	1	2	1
Çinko	mg	0.04	0.14	0.07	0.20	0.10	0.07	0.15
<b>Vitaminler</b>								
C vitamini	mg	4.6	58.8	53.2	10	4.3	3.2	8.7
Tiamin	mg	0.017	0.024	0.087	0.030	0.012	0.069	0.031
Riboflavin	mg	0.026	0.022	0.040	0.040	0.026	0.070	0.073
Niasin	mg	0.091	0.386	0.282	0.600	0.161	0.188	0.665
B <sub>6</sub> vitamini	mg	0.041	0.047	0.060	0.054	0.029	0.086	0.367
Folat	µg	3	24	30	9	7	2	20
A vitamini	IU	54	12	225	1926	25	66	64
E vitamini	mg	0.18	0.29	0.18	0.89	0.12	0.19	0.10
K vitamini	µg	2.2	2.2	0	3.3	4.4	14.6	0.5
<b>Yağlar</b>								
Toplam doymuş yağ	g	0.028	0.015	0.015	0.027	0.022	0.054	0.112
Toplam tekli doymamış yağ	g	0.007	0.043	0.023	0.170	0.084	0.007	0.032
Toplam çoklu doymamış yağ	g	0.051	0.155	0.025	0.077	0.094	0.048	0.073

<sup>1</sup>Red Delicious, Golden Delicious, Gala, Granny Smith ve Fuji çeşidi elmalara ait analitik verilerdir.

<sup>2</sup>Kırmızı veya yeşil, Thompson çekirdeksiz gibi Avrupa tipi.

Yumuşak meyvelerde, enzimatik bozulma, küf gelişimi ve nem kaybına bağlı olarak bozulmalar gerçekleşmekte, bunlarda ürünün dokusunda yumuşama, gözle görülür küf ve kuru bir görünüm oluşturarak ürünün depolama süresini kısaltmaktadır (Kilcast and Subramaniam, 2000). Sert meyvelerde ise, enzimatik bozulma ve nem kabına bağlı bozulmalar, üründe doku yumuşaması ve berelenme ile kuru bir görünüm oluşturarak ürünün depolama süresini kısaltmaktadır (Kilcast and Subramaniam, 2000).

Taze ve bütün meyve ve sebzeler depolama sıcaklığı ve nemine bağlı olarak 1 hafta ile 8 ay arasında depolanabilmektedir (Kilcast and Subramaniam, 2000). Bu gıdaların depolama süresinin uzatılabilmesi için kimyasal, fiziksel, biyolojik ve bunların beraber kullanıldığı yöntemler (engeller teknolojisi) uygulanabilmektedir. Kimyasal yöntemlerde meyvenin mikrobiyal yükünü düşürmek amacıyla çeşitli sterilize edici kimyasallar (hipoklorit, klor dioksit, organik asitler, ozon vb.) kullanılabilir (Ramos et al., 2013). Fiziksel yöntemlerde ise; soğukta depolama, dondurma, modifiye atmosferde paketlenme (MAP), aktif ve akıllı ambalaj teknolojisi, soğuk plazma, kurutma, yüksek basınçta işleme ve radyasyon uygulanabilmektedir (Kilcast and Subramaniam, 2000; Ramos et al., 2013). Taze kesilmiş meyve ve sebzelerde ise ısı uygulamaları, gıdayı taze görünümünden uzaklaştırması sebebiyle tercih edilmemektedir. Bahsedilen yöntemlerin dışında yenilebilir film ve kaplamaların kullanımı son yıllarda önem kazanmıştır (Garcia and Barrett, 2002; Gallagher and Mahajan, 2011). Yenilebilir kaplamalar daldırma, püskürtme ve fırçalama ile direk olarak ürün yüzeyine uygulanabilirken, film kaplamada kompozit veya çift katmanlı filmler, önce su veya çözgenle kalıba dökülmekte, ekstrüzyon veya hidrolik pres yardımıyla da film haline getirilerek ürün yüzeyine kaplanabilmektedir. Ayrıca son yıllarda yenilebilir kaplama uygulamasında yeni bir yöntem olan elektro-püskürtme yönteminin kullanılmaya başlandığı görülmektedir (Ganesh et al., 2012; Massey et al., 2013; Khan et al., 2014a; 2014b; Peretto et al., 2017).

Yenilebilir film ve kaplama formülasyonlarında; proteinler (buğday gluteni, jelatin, kazein, kollojen, yumurta akı proteinleri, zein, peynir altı suyu proteinleri, soya, pamuk çekirdeği, keratin), polisakkaritler (aljinat, dekstrin, karragenan, kitosan, nişasta, pektin, pullulan, selüloz, ksantan gam) ve lipitler (mumlar, resin, stearik asit, yağ asidi esterleri) tek başına veya beraber olarak kullanılabilir (Baldwin et al., 2012; Dhall, 2013; Chiumarelli and Hubinger, 2014). Bu bileşenler dışında antimikrobiyal ve antioksidan özellik gösteren bileşenler ilave

edilerek kaplanan meyvenin depolama sırasında kararması ve mikrobiyal yükünün artması engellebilmektedir.

Yenilebilir kaplama ve film üretiminde kullanılan proteinler, bitkisel kaynaklı (glüten, bezelye, fıstık, pamuk çekirdeği, pirinç kepeği, sorgum, soya proteinleri ve zein) ve hayvansal kaynaklı (jelatin, kazein, keratin, kollojen, balık miyofibril proteini, peynir altı suyu ve yumurta akı proteinleri olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Proteinler, hidrofilik yapıda olmaları sebebiyle yüksek nem içerikli gıdaları nem kaybına karşı koruyabilmeleri için protein bazlı kaplamaların içeriğine lipit gibi hidrofobik malzemelerin eklenmesi gerekmektedir (Pérez-Gago and Krochta, 2001; Lin and Zhao, 2007). Peynir altı suyu proteinlerinin zein, gluten ve soya protein izolatu gibi bitkisel kaynaklı proteinlerden daha iyi mekanik ve bariyer özelliklere sahip olduğu, ayrıca taze kesilmiş meyveleri enzimatik kararmalara karşı koruduğu belirtilmektedir (Ramos et al., 2012). Jooyandeh (2011) yapmış olduğu çalışmada, proteinden oluşan kaplama malzemelerinin içeriğine plastikleştirici bileşenler ilave edildiğinde, mekaniksel özelliklerin (esneklik ve uzayabilirlik) iyileştirilebildiğini aktarmıştır. Proteinlerin polar ve doğrusal (halka olmayan) yapılarıyla, iyonik olmayan polisakkaritlere kıyasla daha düşük oksijen geçirgenliğine sahip olduğu belirtilmektedir (Miller and Krochta, 1997). Ancak genel olarak protein ve polisakkarit gibi hidrofilik bileşenlerin oksijen ve karbondioksit geçirgenliğinin düşük olduğu bilinmektedir (Olivas and Barbosa-Cánovas, 2005; Jooyandeh, 2011). Proteinlerin düşük gaz geçirgenliğine ek olarak düşük yağ geçirgenliğine de sahip olduğu bildirilmiştir (Pérez-Gago and Krochta, 2001).

Polisakkaritlerden elde edilen kaplamaların gaz geçirgenliği düşüktür, ancak hidrofilik karakterleri nedeniyle nem geçirgenliğinin yüksek olduğu bilinmektedir (Baldwin et al., 1995; Barbosa-Cánovas, 2005). Ancak polisakkarit içeren kaplama formülasyonlarına hidrofobik materyaller ilave edildiğinde nem geçirgenliğinin iyileştirilebildiği belirtilmektedir (Lin and Zhao, 2007; Chiumarelli and Hubinger, 2014). Polisakkaritlerin oksijen geçirgenliğinin düşük olması sebebiyle çok bileşenli kaplama formülasyonlarına ilave edilerek bazı gıdaların kaplanmasında kullanıldığı belirtilmektedir (Dhall, 2013). Ayrıca polisakkaritler ve proteinlerin yenilebilir kaplama ve filmlerde iyi mekanik ve yapısal özellikler oluşturdukları bilinmektedir (Falguera et al., 2011).

Lipitler, hidrofobik yapılarıyla nem geçirgenliği protein ve polisakkaritlere kıyasla en düşük bileşenlerdir (Olivas and Barbosa-Cánovas, 2005). Hatta nem

geçirgenliğinin bazı plastik filmler kadar iyi olduğu görülmektedir (Morillon et al., 2002). Lipitlerin su buharı geçirgenlikleri düşük olsa da, kaplamanın kırılğan yapıda ve mekanik özelliklerinin iyi olmadığı belirtilmektedir (Pérez-Gago and Krochta, 2001; Morillon et al., 2002; Olivas and Barbosa-Cánovas, 2005; Chiumarelli and Hubinger, 2014). Ayrıca lipitlerden elde edilen filmlerin şeffaflığının çok iyi olmadığı (mat) ve tüketildiklerinde duyuşsal olarak ağızda çok istenmeyen bir tat bıraktığı bildirilmektedir (Chiumarelli and Hubinger, 2014). Bitkisel yağlar, FDA (Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi) tarafından genel olarak güvenilir (GRAS) bileşenler sınıfında olması sebebiyle, kaplamalarda petrol türevi lipit bileşenlerin yerine kullanılması önerilmektedir (Lin and Zhao, 2007).

Meyve gibi nem içeriği çok yüksek gıdalarda kaplama materyali seçiminde en önemli strateji, öncelikli olarak uygulanan kaplama materyali ile nem geçirgenliğinin düşürülmesidir. Protein, polisakkarit ve lipitlerin tüm bu belirtilen özellikleri beraber değerlendirildiğinde, en uygun fomülasyonun lipit temelli olması gerektiği görülmektedir. Kaplamalarda lipitlere ek olarak protein ve polisakkarit bileşenler ilave edildiğinde, kaplamanın daha iyi mekanik özelliklere sahip olmasının yanı sıra gaz geçirgenliğinin de düşürülebildiği ve bu yüzden belirtilen bileşenlerin birarada kullanılması gerektiği önerilmektedir (Pérez-Gago and Krochta, 2001; Morillon et al., 2002; Olivas and Barbosa-Cánovas, 2005; Lin and Zhao, 2007).

Yenilebilir film ve kaplamalar hem bir gıda maddesi hem de ambalajlama materyali olması sebebiyle; iyi duyuşsal özelliklere sahip olmalı, iyi bariyer ve mekanik özellikleri olmalı, gıdanın besin değerini korumalı, biyokimyasal, fizikokimyasal ve mikrobiyal stabiliteye sahip olmalı, sağlığa uygun olup toksin içermemeli, basit bir teknolojiyle üretilebilmeli, çevreye zarar vermemeli ve düşük hammadde ve üretim maliyeti olmalıdır (Debeaufort et al., 1998; Baldwin et al., 2012).

Yenilebilir film ve kaplamalar, kaplanan ürünün fiziksel olarak korunabilmesi açısından ikincil bir paketleme malzemesine ihtiyaç duymaktadır. Ancak, uygulanan yenilebilir kaplamanın sağladığı iyi bariyer özellikleri sebebiyle, bu ikincil kaplamanın su buharı, gaz ve nem geçirgenliğinin çok üstün özelliklerde olmasına gerek kalmamaktadır (Lacroix and Le Tien, 2005).

## 2.6 Elektro-püskürtme İşlemi

Elektro-püskürtme, elektrohidrokinamik atomizasyon adıyla da bilinmekte olup en genel anlamıyla, ince bir kanal veya kapiler içerisinden geçirilen sıvının (akışkanın) elektriksel kuvvetler etkisiyle, küçük damlacıklara parçalanması işlemidir. Elektrostatik olarak yüklenmiş spreyci oluşumu, sıvının düşük debilerde bir kanal içerisinden geçirilirken voltajın kademeli olarak artırılması ile gözlemlenmektedir (Hayati et al., 1987a). Uygulanan elektriksel alan etkisiyle sıvı kanal içerisinden geçerken ip şeklinde uzamakta (Zeleny 1917; Jaworek, 2007) ve kanalın ucunda kararlı konik bir şekil almaktadır (Ganan-Calvo, 2004). Bu konik şekil literatürde “Taylor konisi” veya “konik jet” olarak adlandırılmakta ve sıvı bu şekli aldığı anda elektrostatik kuvvetler ile yüzey gerilimi kuvvetlerinin dengede olduğu belirtilmektedir (Cloupeau and Prunet-Foch, 1990; Ganan-Calvo, 1999; Yarin et al., 2001; Gamero-Castano and Hruby, 2002; Ganan-Calvo, 2004; Jaworek, 2007; Oh et al., 2008). Taylor tarafından tanımlanan bu denge halinin ise, koninin yarım açısının yalnızca  $49.3^\circ$  olduğunda gerçekleştiği aktarılmıştır (Smith, 1986). Uygulanan elektriksel kuvvetin şiddeti yüzey gerilimini yendiğinde ise, ip şeklinde uzayan jet küçük damlacıklara ayrılmaktadır (Jung et al., 2010). Elektriksel olarak yüklenmiş damlacığın üzerine uygulanabilecek maksimum elektriksel yükün büyüklüğü Eşitlik 2.6’da gösterilen “Rayleigh sınırı” olarak belirtilmektedir (de Juan and de la Mora, 1997; Jaworek, 2007).

$$q_R = \pi(8\gamma\varepsilon_0 d^3)^{1/2} \quad (2.6)$$

burada  $q_R$  Rayleigh sınır yükünü (maksimum yük),  $\varepsilon_0$  vakumun elektriksel geçirgenliğini,  $\gamma$  yüzey gerilimini,  $d$  ise damlacık çapını göstermektedir. Elektriksel yükün büyüklüğü, Rayleigh yükünün yarısına yakın olduğunda elektro-püskürtme işlemiyle küçük damlacıklar üretilebildiği belirtilmiştir (Jaworek, 2007).

Elektro-püskürtme işleminde elde edilen jetin kararlılığı, gerek işlem parametreleri gerekse püskürtülecek sıvının bazı özelliklerine bağlıdır. Elektro-püskürtme işleminde etkili olan işlem parametreleri; sıvının akış (besleme) debisi, uygulanan voltaj (elektriksel potansiyel), sıvının aktığı kapilerin çapı ve bunların kombinasyonlarıdır (Smith, 1986; Hayati et al., 1987b; Cloupeau and Prunet-Foch, 1990; Jaworek and Krupa, 1999). Püskürtülen sıvıya uygulanan voltajın artırılmasıyla, oluşan jetin çapı ve elde edilen damlacıkların çapı küçülürken çap dağılım aralığının daraldığı literatürde belirtilmektedir (Hayati et al., 1987a;

Hartman et al., 1999; Ku and Kim, 2002; Jayasinghe, 2006). Sıvının besleme debisinin artırılmasının ise, oluşan jetin çapının artması ve damlacıkların çapının artmasına yol açtığı belirtilmektedir (Hartman et al., 1999; Zhang et al., 2013). Ayrıca kapiler çapının artmasıyla, uygulanan voltaja bağlı hassasiyet düşmekte ve daha düşük çaplarda daha yüksek voltaj uygulamalarına ihtiyaç olduğu belirtilmektedir (Hartman et al., 1999).

Püskürtülecek sıvının elektriksel iletkenliği, yüzey gerilimi, viskozitesi, yoğunluğu ve dielektrik sabiti ise elektro-püskürtme işleminde etkili olan diğer özelliklerdir (Bailey and Balachandran, 1981; Smith, 1986; Hayati et al., 1987b; Cloupeau and Prunet-Foch, 1990; Jaworek and Krupa, 1999; Ku and Kim, 2002).

Elektriksel iletkenlik, elektriksel özdirencin tersi olup sıvıların elektrostatik olarak püskürtülebilmesi için  $10^4$ - $10^7 \Omega\text{m}$  ( $10^{-7}$ - $10^{-4} \text{ S/m}$ ) arasında özdirence sahip olması gerektiği belirtilmektedir (Bailey and Balachandran, 1981). Yağ gibi yalıtkanlık gösteren sıvılarda, yetersiz serbest yük bulunması sebebiyle kararlı jet oluşumu için gerekli optimum elektriksel iletkenlik değerlerinde farklılıklar olabilmektedir (Hayati et al., 1987b). Su gibi elektriksel iletkenliği çok yüksek sıvılarda (saf su yaklaşık  $10 \text{ S/m}$ ) ise yüzey yüklense bile, teğetsel elektrik alan oluşmadığı ve kayma gerilimi dengelenemediği için kararlı jet oluşmadığı belirtilmektedir (Hayati et al., 1987b). Ayrıca suyun yüksek yüzey gerilimine sahip olması sebebiyle, yüksek elektriksel alana ihtiyaç duyduğu ve bunun da kıvılcım ile yük boşalmasına yol açabildiği aktarılmaktadır (Stachewicz et al., 2010). Kararlı jet oluşumunun ise, sadece yeterli voltaj uygulanan yarı-iletken sıvılarda elde edilebildiği belirtilmektedir (Hayati et al., 1987a).

Elektro-püskürtme işleminde viskozitenin artmasıyla parçalanamayan jet uzunluğu ve kararsızlık artmakta, böylelikle daha büyük çapta damlacıklar elde edilmektedir (Bailey and Balachandran, 1981; Smith, 1986; Hartman et al., 1999). Hartman et al. (2000), viskozitenin artışıyla oluşan ana damlacık çapının arttığı, ancak kardeş (ikincil) damlacıkların çapının, viskozite değişiminden etkilenmediğini belirtmişlerdir.

Smith (1986) tarafından yapılan çalışmada, yüzey gerilimi  $0.05 \text{ N/m}$ 'den büyük sıvıların elektrohidrokinamik atomizasyon şeklinde püskürtülemeyeceği belirtilmiştir. Zeleny (1917) ise, suyun yüksek yüzey gerilimi sebebiyle yük uygulanmaya başlandığı andan itibaren kararsızlık göstereceğini belirtmiştir.

Elektro-püskürtme işleminde, püskürtülen sıvı farklı geometrik şekiller alabilmektedir. Bu şekiller; damlama, mikro damlama, iğsi şekil (spindle), çoklu iğsi şekil, konik jet, dallanmış jet, salınımlı jet, çoklu jet olarak adlandırılmaktadır (Cloupeau and Prunet-Foch, 1990; Cloupeau and Prunet-Foch, 1994; Jaworek and Krupa, 1999). Damlama şeklinde; elektriksel yük uygulanmadığı durumdakine benzer şekilde, sıvı kapilerden damlalar halinde akmaktadır (Jaworek and Krupa, 1999). Sıvının üzerine uygulanan yük artmaya başladığında, kapilerin ucundan sarkan damlacığın boyutu küçülmekte, oluşan damlaların sıklığı artmakta ve kapilerden ayrılan damlacığın beraberinde damlacık boyutunun yaklaşık yarısı boyutta bir veya birkaç uydu (kardeş) damlacık gelebilmektedir (Cloupeau and Prunet-Foch, 1994; Jaworek and Krupa, 1999). Uygulanan yük arttığında, oluşan uydu damlacıkların boyutuda artabilmektedir (Speranza et al., 2001). Kapilerden geçen sıvının daha viskoz olması halinde, ana damlacığın kapilere doğru uzantısı daha ince halde uzamakta ve ana damlacık çok sayıda küçük damlacıklara ayrılabilir (Cloupeau and Prunet-Foch, 1990). Mikro damlama şeklinde, düşük besleme debisinde, elektriksel kuvvetlerin daha etkin olduğu menisküsün (kapiler ucunda sıvının oluşturduğu yarım ay şekil) uç kısmında, kapiler çapından daha küçük boyutta damlacıklar oluşabilmektedir (Cloupeau and Prunet-Foch, 1990; Jaworek and Krupa, 1999). Bu şekildeki sıvıdan elde edilen damlacıklar tekdüze olup, çapları -sıvının özelliklerine bağlı olarak- birkaç mikrometreden yaklaşık yüz mikrometreye kadar değişen aralıkta olabilmektedir (Jaworek and Krupa, 1999). Akış debisi yeteri kadar yüksek olduğunda ve damlama şeklinden daha yüksek voltajlar uygulandığında, menisküsten damlacık yerine uzamış “iğsi şekilde” sıvı parçası ayrılmaktadır (Jaworek and Krupa, 1999). Cloupeau and Prunet-Foch (1994) yaptıkları çalışmada, bu şekilde püskürtmenin sıvının elektriksel iletkenliğinin  $10^{-7}$  S/m’den büyük olduğunda elde edilebileceğini aktarmışlardır. Uygulanan voltaj arttırıldığında ise, çok sayıda iğsi şekilde sıvı parçacıkları menisküsten ayrılmakta olup bu püskürtme şekli çoklu iğsi şekil adını almaktadır (Jaworek and Krupa, 1999). Jaworek and Krupa (1999), pozitif polaritede ve sabit besleme debisinde suyun elektro-püskürtülmesi sırasında, uygulanan voltaj arttırılmaya başlandığında; öncelikle damlama şekli, uydu damlacıkların eşlik ettiği damlama şekli, iğsi şekil, salınımlı jet (koni), devinim şekli ve en son olarak ise en kararlı olan konik jet şekli elde edildiğini belirtmişlerdir. Konik jet şeklinde, sıvı kapilerin ucunda lineer, konveks veya konkav görünümlü olabilmektedir (Jaworek and Krupa, 1999). Konik jet oluşumu literatürde ilk olarak Zeleny (1917) tarafından gösterilmesine karşın, bu şekli konik jet olarak tanımlayan Taylor olması sebebiyle, bu şekilde püskürtme aynı zamanda Taylor konisi olarak adlandırılmaktadır. Taylor tarafından bu konik

şeklin sadece 49.3°' lik açıyla gerçekleştiği aktarılmaktadır, ancak hidrostatik basınç, voltaj ve elektriksel iletkenliğe bağlı olarak bu kararlı konik jet hali farklı açılarda da oluştuğu belirtilmektedir (Cloupeau and Prunet-Foch, 1994; Jaworek and Krupa, 1999). Beslenen sıvının elektriksel iletkenlik ve viskozite değerleri değiştiğinde, konik jet oluşumu için uygulanması gereken elektriksel voltaj ve bunun sonucu elde edilecek damlacık çapı farklı olmaktadır. Besleme debisinin fazla olduğu durumlarda, konik jet oluşumu için gerekli olan elektriksel yük artmakta, ve bunun sonucu olarak ta elde edilen damlacık çapı düşmektedir (Ganan-Calvo et al., 1997). Salınlı jet (koni) şeklinin, besleme debisinin konik jet elde edilebilen minimum besleme debisine eşit veya daha fazla olduğu ve uygulanan voltajın konik jet elde edilen voltajdan daha düşük olduğunda gerçekleştiği belirtilmektedir (Bober and Chen, 2011). Ayrıca bu şekil oluştuğunda, jetin düzgün olmadığı ve bazı noktalarda incelendiği, jet üzerindeki merkezkaç kuvvetinin etkisiyle ise elektriksel olarak zayıf yüklenmiş damlacıkların oluştuğu aktarılmaktadır (Jaworek and Krupa, 1999). Literatür incelendiğinde belirtilen püskürtme şekillerinin dışında, dallanmış jet, devinim şekli (precession mode), geçiş rejimi şekli (transition regime mode), titreşimli jet ve çoklu jet şekilleri bulunmaktadır (Hayati et al., 1987a; Cloupeau and Prunet-Foch, 1990; Cloupeau and Prunet-Foch, 1994; Jaworek and Krupa, 1999; Bober and Chen, 2011).

Literatürde elektrohidrokinamik püskürtmenin en büyük avantajının, elektriksel yükü yüklenen damlacıkların, Coulomb kuvveti etkisiyle hedef üzerine çekilmesi ve böylelikle kaplama etkinliğinin yüksek olduğu (%80'e varan) belirtilmektedir (Jung et al., 2010). Ayrıca akış debisi ve uygulanan voltaj kontrol edilerek, oluşan damlacıkların büyüklükleri kontrol edilebilmektedir (Jaworek, 2007).

### **2.6.1 Elektro-püskürtme Yönteminin Gıda Alanında Kullanımı**

Elektrostatik kaplama yöntemi; tuz, şeker, antimikrobiyal ajanlar, baharatlar ve çeşitli aroma maddelerinin toz halinde gıda yüzeyini kaplamakta kullanıldığı gibi; soya yağı, ayçiçek yağı, fındık yağı, mısır yağı, sızma zeytinyağı, tereyağı, kakao yağı, antioksidan ekstraktlar, malik, tartarik, laktik asit içeren çözelti veya emülsiyon halinde; kraker, peynir, kızarmış patates dilimleri, patlamış mısır, ıspanak, marul, dilimlenmiş kavun, dilimlenmiş elma, bütün çilek, çikolata ve şeker tabletlerinin kaplanmasında kullanılmıştır (Miller and Barringer, 2002; Abu-Ali and Barringer, 2005; Amefia and Barringer, 2006; Halim and Barringer, 2007;

Abu-Ali and Barringer, 2008; Ganesh et al., 2012; Massey et al., 2013; Khan et al., 2014a; 2014b; Peretto et al., 2017).

Literatür incelendiğinde, gıda bileşenleriyle yapılan elektro-püskürtme uygulamaları genel olarak toz elektro-püskürtme ve sıvı (çözelti veya emülsiyon) elektro-püskürtme olarak 2 farklı şekilde uygulanmaktadır. Amefia et al. (2006) tarafından yapılan çalışmada, toz elektro-püskürtme sistemi kullanılarak patates kızartması ve yağsız mozzarella peyniri kaplanmıştır. Patates kızartması elektrostatik (elektro-püskürtme) ve elektrostatik olmayan püskürtme yöntemi kullanılarak glikoz ve tütsü aroması tozu ile kaplanırken, mozzarella peyniri antimikrobiyal ajanlar olan sodyum eritorbat ve selüloz-natamisin karışımıyla benzer yöntemler kullanılarak kaplanmıştır. Patates kızartmasında kaplamanın tekdüzeliği, renk ölçümüyle belirlenmiş olup glikoz veya tütsü aroması tozu ile elektrostatik olarak kaplanan örneklerde, istatistiksel olarak daha homojen bir renk dağılımı olduğu ve transfer etkinliğinin bu yöntemde daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Elektrostatik yöntemle kaplanan mozzarella peynirlerinde ise, elektrostatik olmayan yöntemle kaplamaya eşit miktarda kaplama materyali kullanılsa da raf ömrünün elektrostatik kaplanan örneklerde daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca patates kızartmasında elde edilen sonuçlara benzer şekilde, mozzarella peynirinin elektrostatik yöntemle kaplanmasıyla toz transfer etkinliğinin arttığı ve kaplamanın elektrostatik olmayan yöntemle kaplamadan daha homojen olduğu belirtilmiştir.

Halim and Barringer (2007) tarafından yapılan çalışmada, patates cipsi, tuzlu kraker, domuz yağı cipsi (pork rind) ve beyaz ekmek, farklı çaplardaki gıda tozlarıyla (tuz, maltodekstrin, selüloz tozu, mısır nişastası, ekşi krema tozu, peynir altı suyu tozu, yağsız süttozu, soya unu, şeker ve kakao) elektrostatik ve elektrostatik olmayan yöntemlerle kaplanmıştır. Bu çalışmada; gıda üzerine püskürtülen kaplama materyalinin yapışma etkinliğinin, kaplama yönteminden etkilenip etkilenmediği incelenmiş olup, toz şekerle elektrostatik olarak kaplanan tuzlu kraker ve ekmek örneklerinde, tozun yüzde yapışma değerinin elektrostatik olmayan yöntemle kıyasla önemli düzeyde iyileştiği saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Patates cipsi ve domuz yağı cipsi örneklerinde ise, örneklerin yağlı olması sebebiyle (yağın elektriksel iletkenliğinin düşük olmasına bağlı olarak), elektrostatik ve elektrostatik olmayan yöntemler kaplamanın yapışma etkinliği açısından önemli bir fark yaratmadığı saptanmıştır. Ayrıca genel olarak tüm sonuçlar incelendiğinde, düşük yağ içeriğine ve düşük öz dirence (yüksek elektriksel iletkenlik) sahip gıda örneklerinin düşük relatif rutubette ve daha küçük çaptaki

gıda tozlarıyla kaplandığında, tozun gıda yüzeyine yapışma etkinliğinin daha iyi olduğu belirtilmiştir.

Toz şeker, maltodekstrin, demineralize peynir altı suyu tozu, peynir altı suyu protein izolatu, yağsız süt, tuz (NaCl), potasyum klorür, sodyum eritorbat, malik asit ve sitrik asit gibi gıda tozlarının parçacık büyüklüğünün, elektrostatik toz kaplama etkinliği üzerine etkisinin incelendiği çalışmada, bahsedilen gıda tozları öncelikle 19-165 µm parçacık büyüklüklerine öğütülmüştür (Ratanatriwong and Barringer, 2007). Elektrostatik olmayan yöntemle alüminyum folyo üzerine yapılan kaplamalarda, parçacık büyüklüğünün transfer etkinliği üzerine önemli düzeyde etkisinin olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Parçacık çapının elektrostatik kaplama üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu, ayrıca toza uygulanan yükün artışıyla transfer etkinliğinin giderek arttığı saptanmıştır. Ancak çapı daha küçük olan parçacıkların iç yapışkanlığının yüksek olması sebebiyle, elektrostatik ve elektrostatik olmayan kaplama yöntemlerinde benzer şekilde transfer etkinliğinin düşük olduğu belirlenmiştir. Böylelikle daha küçük çapa sahip gıda tozlarının transfer etkinliğinin artırılması için uygulanacak yükün artırılması önerilmiştir.

Elektro-püskürtme yöntemi, toz kaplamaların yanısıra; alfa-tokoferol, beta karoten, D-limonen, folik asit, gallik asit, karvakrol ve metil sinamat gibi fonksiyonel bileşiklerin mikro ve nano enkapsülasyonunda kullanılmış olup, bahsedilen çalışmalarda kullanılan çözeltilerin bazılarında kapsül oluşumuna ek olarak elektro-eğrilmiş lif oluşumunun gözlemlendiği belirtilmiştir (López-Rubio and Lagaron, 2012; Pérez-Masiá et al., 2015; Fabra et al., 2016; Li et al., 2016; Khoshakhlagh et al., 2017; Peretto et al., 2017).

Abu-Ali and Barringer (2005) yapmış oldukları çalışmada, elektriksel iletkenliği düşük olan sızma zeytinyağı, soya yağı, mısır yağı, ayçiçek yağı, tereyağı ve fıstık yağı lesitin ile %0.3-50 arasında su içerecek şekilde emülsiyon hazırlayıp kraker yüzeyini bu emülsiyonlarla elektro-püskürtme yöntemi ile kaplanmıştır. Çalışmada sadece yağ kullanıldığında, elektriksel iletkenliğinin düşük olması sebebiyle oluşan jetin damlacıklara parçalanmadığı, yağa %13 oranında lesitin ilave edildiğinde ise, elektriksel iletkenliğin yükselerek daha iyi atomizasyon sağlandığı aktarılmıştır. Ayrıca lesitinin dışında su ilave edilerek hazırlanan emülsiyonların, sadece yağ ve lesitin içeren karışımdan çok daha iyi elektro-püskürtülebildiği, transfer etkinliğinin ve tekrarlanabilirliğin soya yağı hariç %90'ın üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bir başka çalışmada, ayçiçek yağına

farklı emülgatörler (PGPR, Span80 ve lesitin) ilave edilerek hazırlanan emülsiyonların elektro-püskürtülmesi incelenmiş olup, %5 oranda emülgatör kullanıldığında, PGPR içeren emülsiyon ile kararlı konik jet oluşumu gözlemlendiği ve tekdüze damlacık boyutu elde edildiği belirtilmektedir (Khan et al., 2013). Buna karşılık Span 80 ve lesitin içeren emülsiyonlarda düzensiz ve kararsız jet oluşumu gözlemlendiği aktarılmıştır. Khoshakhlagh et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada, suda çözünürlüğü düşük olan D-limonen bileşeninin enkapsülasyonu elektro-püskürtme işlemiyle gerçekleştirilmiştir. Farklı oranlarda D-limonen içeren Y/S emülsiyonları hazırlanarak elektro-püskürtme yöntemi ile enkapsüle edilmiş olup, en yüksek enkapsülasyon verimliliği %10 D-limonen içeren örnekte elde edilmiştir. Ayrıca bu örnekte elde edilen parçacık çapının, 35-90 nm arasında değiştiği, %30 D-limonen içeren örnekte ise dairesel parçacıklar yerine elektro-eğrilmiş nano-lif elde edildiği belirtilmektedir.

Elektro-püskürtme işlemi belirtilen gıda uygulamalarının yanı sıra, son yıllarda taze meyve ve sebzelerin yenilebilir kaplamalarla kaplanması ve uygulanan gıdanın raf ömrünün iyileştirilmesi amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Ganesh et al. (2012) organik asitler (malik, tartarik ve laktik asit) ve üzüm çekirdeği ekstraktlarını ıspanak ve aysberg marul üzerine elektro-püskürterek kaplamışlar ve 7 log KOB/ml inokule edilen E. coli O157:H7 sayımının depolama sırasında değişimlerini incelemişlerdir. Malik asit-laktik asit karışımı kullanılarak elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan ıspanak örneklerinde depolama sonunda (14. gün) E. coli O157:H7 sayısında 4 log KOB/g azalma gözlenirken, malik asit-laktik asit ve üzüm çekirdeği ekstraktı karışımı ile kaplanan örneklerde depolama sonunda 2.7 log KOB/g azalma gözlenmiştir. Malik asit-laktik asit karışımı ile kaplanan aysberg marul örneklerinde, E. coli O157:H7 sayısında 12 günlük depolama sonunda 2.5 log KOB/g azalma gözlenirken, malik asit-laktik asit ve üzüm çekirdeği karışımı ile kaplanan örneklerde 2.8 log KOB/g azalma gözlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elektro-püskürtme yöntemiyle kaplama işleminde, yüklenmiş damlacıkların kaplanan ürünün etrafını tamamen sarması ve ürün yüzeyinde homojen şekilde dağılması sebebiyle konvansiyonel antimikrobiyal madde uygulamalarına kıyasla daha başarılı sonuçlar elde edildiği belirtilmektedir. Massey et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada, 8 log KOB/ml E. coli O157:H7 inokule edilen küp şeklinde dilimlenmiş kavun örnekleri, elektro-püskürtme ile malik asit, laktik asit, üzüm çekirdeği ekstraktı ve bunların farklı oranlarda karışımları ile kaplanmıştır. Sadece malik asit (%4) elektro-püskürtülen kavun örneklerinde depolamanın 12. gününde 4.6 log azalma gözlenirken, %4 malik asit- %2 laktik asit karışımı içeren

çözeltiyle kaplanan örneklerde 12. gün sonunda benzer şekilde 4.6 log azalma gözlenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, elektro-püskürtme yöntemi ile taze kesilmiş kavun dilimi örneklerinin antimikrobiyal özellik gösteren bileşenlerle etkin bir şekilde kaplanabildiği ve yapay olarak inokule edilen patojen bakteri yükünün depolama süresi sonunda önemli düzeyde azaltılabildiği görülmektedir.

Taze çilek örnekleri, kalite özelliklerinin korunarak raf ömrünün artırılması amacıyla aljinat, karvakrol ve metil sinamat karışımı içeren çözeltiyle klasik püskürtme ve elektro-püskürtme yöntemleriyle kaplanmıştır (Peretto et al., 2017). Klasik püskürtme yönteminde, belirtilen çözeltinin transfer etkinliği (kaplama materyalinin ürün yüzeyine aktarılması) %20 civarında iken, elektro-püskürtme yönteminde transfer etkinliğinin %60 civarında olduğu belirlenmiştir. Çilek yüzeyindeki bozulmanın görsel muayenesinde, her iki püskürtme yönteminin depolamanın son gününde (13. gün) kontrole kıyasla önemli düzeyde etkili olduğu, ancak elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan örneklerde, yüzeyde görülen bozulmanın istatistiksel olarak en düşük olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Depolama sırasında çilek örneklerinin sertlik değerleri incelendiğinde ise, depolamanın son gününde en yüksek sertlik değerinin elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerden elde edildiği belirlenmiştir.

Khan et al. (2014a) yapmış oldukları çalışmada, S/Y emülsiyonu ve çikolata bazlı emülsiyonun (çikolata, tereyağı, PGPR) taze kesilmiş elma ve şeker tableti gibi model yüzeyler üzerinde kaplama etkinliğini incelemiştir. S/Y emülsiyonu ile kaplanan elma örneklerinde, elektro-püskürtme sisteminden geçiş sayısının artışıyla, üründen su kaybının kontrole kıyasla azaldığı, ayrıca emülsiyonun su fazına askorbit asit ilavesinin ürünün kararmasını diğer emülsiyonlara kıyasla azalttığı belirlenmiştir. Çikolata bazlı emülsiyon kullanılarak elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elma ve şeker tableti gibi farklı doku ve gözenek yapısına sahip model gıda örneklerinde ise, relatif nem akısının benzer şekilde değiştiği saptanmıştır. Şeker tabletlerinin su aktivitesi düşük olup, depolama sırasında üründe nem artışı yaşanırken, su içeriği yüksek olan elma örneklerinin ise depolama sırasında nem kaybı olduğu aktarılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, gıdanın yapısı (nem içeriği, gözeneklilik vb.) farklı olsa dahi, elektro-püskürtme yönteminin gıda yüzeyinde katı yağ içeren emülsiyonlarla film oluşturabilme etkisinin yüksek olduğu ortaya konmaktadır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Emülsiyonun yağ fazı olarak kullanılan rafine zeytinyağı (25°C’de yoğunluk: 908 kg/m<sup>3</sup>, refraktif indeks: 1.47, viskozite: 53.52 mPa.s, yüzey gerilimi: 32.9 mN/m, elektriksel iletkenlik: 13.5 pS/m) TARIŞ Zeytin ve Zeytinyağı Tarım Satış Kooperatifleri Birliği’nden (İzmir) temin edilmiştir. Sorbitan monooleat (Span® 80) (Sigma-Aldrich, Amerika), polisorbitat 20 (Tween® 20) (Merck, Almanya) ve polisorbitat 80 (Tween® 80) (Fluka, İsviçre) yerel tedarikçilerden ve poligliserol polirisinolat (PGPR) (Esterchem, İngiltere) Elvan Gıda San. ve Tic. A.Ş. (İstanbul)’den temin edilmiştir. DE 5-7 maltodekstrin (Paselli™ MD6, Avebe Nişasta Ltd. Şti., İzmir) firma tarafından hediye edilmiştir. Soğuk sıkım ZADE Vital üzüm çekirdeği yağı (ÜÇY) ve nar çekirdeği yağı (NÇY) Helvacızade Gıda İlaç Kimya San. ve Tic A.Ş. (Konya) firmasından temin edilmiştir. Kaplama analizlerinde kullanılan Golden Delicious çeşidi elma (nem: %83.75±1.14) Isparta’da, Camarosa çeşidi çilek (nem: %88.41±0.54) Antalya’da üretilmiş olup yerel satıcılardan temin edilmiştir.

Peynir altı suyu protein izolatu (Hipro, Isowhey) toz halde olup Hardline Nutrition (İstanbul) firmasından temin edilmiştir. Üreticiden sağlanan bilgiye göre peynir altı suyu protein izolatının 100 gramının aminoasit içeriği; 4.777 g alanin, 2.334 g arjinin, 11.222 g aspartik asit, 3 g sistin, 16.666 g glutamik asit, 1.666 g glisin, 2.222 g histidin, 5.445 g izolösin, 12 g lösin, 11.222 g lisin, 2.334 g metiyonin, 3.555 g fenil alanin, 4.445 g prolin, 2.778 g serin, 4.445 g treonin, 2.778 g triptofan, 3.555 g tirozin, 5.556 mg valin’den oluşmaktadır.

Kimyasal analizlerde kullanılan; 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH reaktifi) (Sigma Aldrich, Almanya), -6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid (Troloks) (Sigma Aldrich, Danimarka), aseton (Sigma Aldrich, Almanya), Folin-Ciocalteau (Merck KGaA, Almanya), gallik asit (Merck KGaA, Almanya), kateşol (%99 saflıkta, Alfa Aesar, Almanya), polyvinylpolypyrrolidone (PVPP) (Merck KGaA, Almanya), sodyum bikarbonat (Horasan Kimya, Türkiye), sodyum fosfat monobazik (Sigma Aldrich, İsviçre), sodyum fosfat dibazik (Sigma Aldrich, ABD) ve sodyum hidroksit (Sigma Aldrich, Almanya) yerel tedarikçilerden temin edilmiştir.

### 3.1 Emülsiyon Hazırlama

Emülsiyonların hazırlanmasında kaba emülsiyon (coarse emulsification) hazırlama yöntemi kullanılmıştır. Yüksek devirli homojenizatörde (IKA, T25 Ultra-turrax, Almanya) homojenizasyon amacıyla 18G dağıtım elemanı (stator çapı: 18 mm, rotor çapı: 12.7 mm, rotor-stator arası açıklık 0.3 mm) bulunmaktadır. 50 ml 'lik falkon tüplerine öncelikle yağ ve emülgatör tartılmış, tridistile su ile hazırlanan su fazı ise yüksek devirli homojenizatörün istenen karıştırma hızına ayarlanmasından sonra hızlıca tüpe alınarak belirtilen sürelerde homojen olarak karıştırılması sağlanmıştır. Karıştırma sırasında emülsiyonun sıcaklığının yükselmesini önlemek amacıyla falkon tüpü buzlu su içeren behere yerleştirilmiştir. Su fazında maltodekstrin, peynir altı suyu protein izolatu veya bunların karışımını içeren emülsiyonların hazırlanmasında ise su fazı homojenizasyon öncesinde 1 saat süreyle manyetik karıştırıcı (Stuart CB162, İngiltere) ile karıştırılmıştır.

### 3.2 Emülsiyondan Ayrılan Yağ Miktarının Hesaplanması

Bu tez çalışmasında, kaplamada kullanılacak emülsiyon formülasyonun belirlenmesi amacıyla iki farklı koşulda depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan emülsiyonlar yaklaşık 6.5 mm yarıçapında cam tüplerde, oda koşullarında (20°C) 30 gün ve Wardhono (2014) tarafından yapılan çalışmada belirtildiği gibi hızlandırılmış depolama koşullarında etüvde (WiseVen WOV-30, Daihan Scientific Instruments, Kore) 54°C' de 14 gün depolanmış ve depolama sırasında emülsiyondan ayrılan su ve/veya yağ fazının miktarı kaydedilmiştir. Ancak depolama sırasında bazı emülsiyonlarda su ayrılması gözlenmemiş ve tüm sonuçları aynı parametre üzerinden karşılaştırmak adına yalnızca % hacimsel yağ ayrılma değerleri Eşitlik 3.1' de belirtildiği gibi hesaplanarak sonuçlar değerlendirilmiştir;

$$\%yağ\ ayrılma = \frac{V_{yağ,t}}{V_{yağ,t_0}} \times 100 \quad (3.1)$$

burada  $V_{yağ,t}$   $t=t_1$  anında ayrılan yağın hacmi,  $V_{yağ,t_0}$   $t=0$  anında emülsiyonda bulunan yağın başlangıç hacmini göstermektedir. % yağ ayrılma deneyleri iki tekrar üç paralel halinde gerçekleştirilmiş ve sonuçları ortalama ve standart sapma değerleriyle verilmiştir.

### 3.3 Viskozite Ölçümü

Deney tasarımında belirtilen emülsiyonların viskozitelerinin ölçümü 25°C’de döner viskozimetre ile (Model: RV DV-III Ultra, Brookfield Engineering Laboratories Inc., ABD) SC4-21 spindle kullanılarak Cakmak et al. (2017) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde gerçekleştirilmiştir.

Su fazında MD, PSPI ile MD+PSPI içeren emülsiyonların viskozite ölçümü 25°C’de gerilim kontrollü reometre (DHR3, TA Instruments, ABD) ile eşmerkezli silindir (prob çapı 27.99 mm, uzunluğu: 42.07 mm, ölçüm kabı çapı: 30 mm) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm için yaklaşık örnek hacmi 25 ml ve ölçüm açıklığı 5917.1 µm olarak verilmiştir. Viskozite ölçümü için örnekler ölçüm kabına alındıktan sonra sıcaklık 25°C’ye ayarlanmış ve örnekler 25°C’de 1 dakika şartlandırılmış, daha sonra viskozite ölçümü öncesindeki kayma gerilimlerinin etkisini önlemek için 2 dakika 15 rad/s (217.76 1/s) ‘de ön kayma hızı uygulanmıştır. Kayma hızı uygulamasını takiben 1 dakika süreyle sıcaklık şartlandırılması yapılmış, 5 dakika süreyle saniyede 1 veri alınarak 0.01-200 1/s kayma hızı arasında, kayma hızına (1/s) karşılık kayma gerilimi (mPa) verileri kaydedilmiştir. Kayma hızına karşılık kayma gerilimi grafiğinin eğiminden görünür viskozite değerleri hesaplanmıştır. Viskozite ölçümleri en az üç tekrar iki paralel halinde gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan tüm emülsiyonların Newton tipi akış özelliği gösterdiği belirlenmiş olup, sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

### 3.4 Elektriksel İletkenlik Ölçümü

Emülsiyonların elektriksel iletkenliği elde taşınır ASTM D2624 standardına uygun (uçak yakıtı ve destile yakıtın elektriksel iletkenliğini gösteren standart test yöntemi) 0-2000 pS/m ve 0-35°C aralığında çalışabilen iletkenlik ölçer (Stanhope-Seta, model no: JF 1A-HH, Surrey, İngiltere) ile oda sıcaklığında ölçülmüştür. Su fazının elektriksel iletkenliği ise INLab 731 ISM prob kullanılan elektriksel iletkenlik ölçer (Mettler Toledo, model no: S700, İsviçre) ile oda sıcaklığında ölçülmüştür. Cihazın ölçüm aralığı üretici tarafından 0.01-1000 mS/cm olarak belirtilmiştir.

### 3.5 Yüzey Gerilimi Ölçümü

Çalışmada kullanılan yağ ile emülsiyonların yüzey gerilimi, oda sıcaklığında Krüss K20 Easy dyne (Krüss GmbH, Almanya) gerilimölçer kullanılarak

“Wilhelmy plate” yöntemiyle Ege Üniversitesi Fizik Bölümü Sıvı Kristal Araştırma Laboratuvarı’nda ölçülmüştür.

### 3.6 Temas Açısı ( $\theta$ ) Ölçümü

Elektro-püskürtme işleminde kullanılan emülsiyonların, kolektör yüzeyini kaplayan alüminyum folyo üzerindeki temas açıları Ramé-Hart gonyometre (Ramé-Hart Inc., ABD) ile ölçülmüştür. 15  $\mu$ l damlacık hacmi ile 10 s sağ ve sol açı 5 paralel halinde ölçülmüş, sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Ölçümler Süleyman Demirel Üniversitesi Maden Mühendisliği Bölümü’nde gerçekleştirilmiştir.

### 3.7 Zeta Potansiyeli ( $\zeta$ ) Ölçümü

Emülsiyonların zeta potansiyeli ölçümleri, 25°C’de dinamik ışık saçılımı (dynamic light scattering) prensibiyle çalışan zeta potansiyel ve mobilite ölçüm cihazında (Malvern, Zetasizer Nano-ZS, Malvern Instruments, İngiltere) 633 nm’de 173° belirleme açısı kullanılarak Ege Üniversitesi Nükleer Bilimler Enstitüsü’nde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle zeytinyağı (sürekli faz) ve su (dağılan faz) refraktif indeksi, refraktometre (RFM 330, Bellingham+Stanley Ltd., Kent, İngiltere) ile ölçülmüştür. Su fazı için 1.33 ve zeytinyağı için 1.47 olan refraktif indeks değerleri program içerisine ayarlandıktan sonra, tek kullanımlık şeffaf zeta küvetine alınan örneklerin ölçümleri en az üç paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

### 3.8 Emülsiyonların Damlacık Boyutunun Ölçümü

Hazırlanan emülsiyonların damlacık boyutu ölçümü dinamik ışık saçılımı prensibine göre çalışan Mastersizer 2000 (Malvern Instruments, İngiltere) parçacık analizörü ve sıvı hücresi (Hydro 2000S) kullanılarak, Tontul and Topuz (2013) tarafından yapılan çalışmada belirtilen yöntemle göre, Akdeniz Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nde gerçekleştirilmiştir. Ölçümler en az beş tekrar iki paralel halinde gerçekleştirilmiş olup sonuçlar hacim-uzunluk ortalama çapı ( $d_{43}$ ), alan-hacim ortalama çapı ( $d_{32}$ ), hacimsel damlacık çapı dağılımı ve span değerleri kullanılarak değerlendirilmiştir.

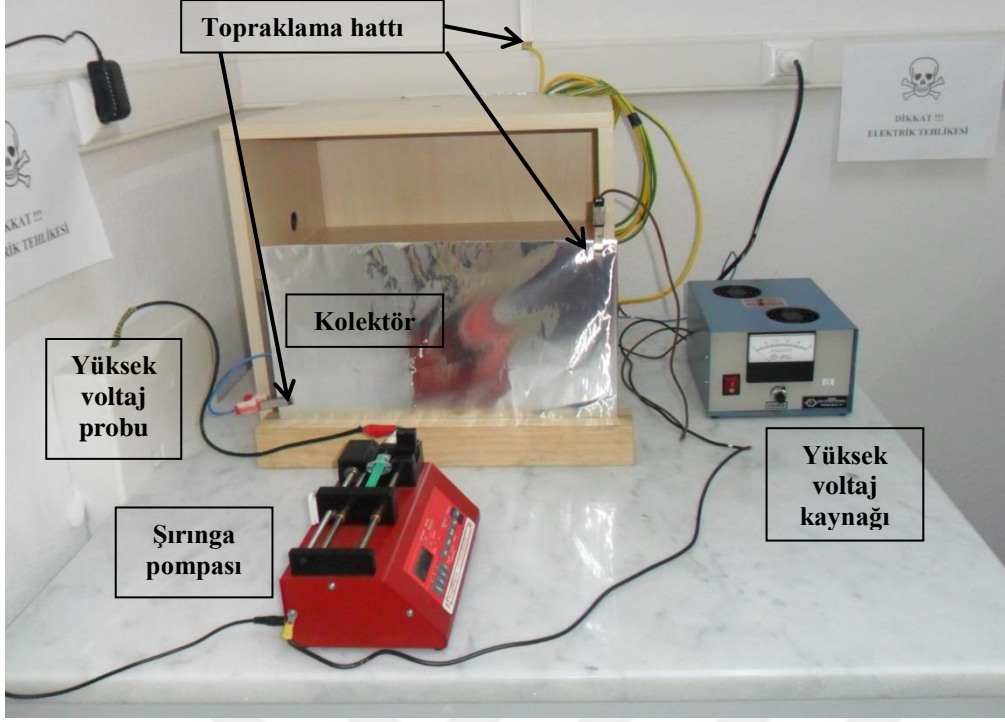
### 3.9 Emülsiyonların Isıl Özelliklerinin Belirlenmesi

Emülsiyonların ısı özellikleri fark tarama kalorimetresi (DSC) (DSC Q2000, V24.11, TA Instruments, ABD) ile belirlenmiştir. Yaklaşık 10 mg emülsiyon örneği,  $\pm 0.01$  mg hassasiyete sahip hassas terazi (Mettler Toledo, MS205DU, İsviçre) ile sızdırmaz alüminyum örnek kabına tartıldıktan sonra kapağı kapatılmış ve kalorimetre hücresine yerleştirilmiştir. Referans olarak boş alüminyum kap referans hücresine yerleştirilerek, %99 saflıktaki azot gazı 50 ml/dk sabit akış hızında beslenerek kalibrasyon tamamlanmıştır. Emülsiyonların ısı özellikleri Zafimahova-Ratisbonne et al. (2014) tarafından belirtilen yöntemle benzer şekilde gerçekleştirilmiştir. Emülsiyon  $20^{\circ}\text{C}$ 'de 5 dakika süreyle şartlandırılmış, daha sonra  $2.5^{\circ}\text{C}/\text{dk}$  hızla  $-60^{\circ}\text{C}$ 'ye soğutulmuş,  $-60^{\circ}\text{C}$ 'de 5 dakika bekletildikten sonra yine  $2.5^{\circ}\text{C}/\text{dk}$  hızla  $20^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtılmıştır. Örneklerin sıcaklığa bağlı ısı akışı kaydedilmiş, erime ve donma için entalpi, pik sıcaklığı, başlangıç ve bitiş sıcaklığı örneklerin termogramlarından TA Universal Analysis yazılımı (Version V4.5A, TA Instruments) kullanılarak hesaplanmıştır.

### 3.10 Elektro-püskürtme Düzeneginin Kurulumu

Şekil 3.1' de gösterilen elektro-püskürtme düzenegi; şırınga pompası (New Era NE 300, ABD), 0-50 kV yüksek voltaj kaynağı (Gamma High Voltage Research Inc. ES50P, ABD) (DC, 20W, 0-400 $\mu\text{A}$ ) ve 25 $\times$ 45 cm bakır plaka kolektör ve tahta sehpadan oluşmaktadır. Püskürtülecek sıvının beslenmesi için, steril şırınga ve düz olarak kesilmiş 20 G enjektör ucu şırınga pompasına bağlanmıştır. Uygulanacak voltaj şırınga ucuna, yüksek voltaj kaynağına bağlı elektrotun ucuna bağlanan krokodil yardımıyla aktarılmaktadır. Kolektörün topraklanması amacıyla, yüksek voltaj kaynağından alınan 2 topraklama ucu alüminyum folyo ile kaplanan bakır kolektöre iki krokodille tutturulmuştur.

Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen dikey elektro-püskürtme düzenegi, elektro-püskürtmede kullanılan kaplama formülasyonları ve kaplama yöntemiyle ilgili Türk Patent Enstitüsü'ne 13.05.2016 tarihinde patent başvurusu yapılmıştır.



Şekil 3.1 Tez çalışmasında kullanılan dikey elektro-püskürtme düzeneği.

### 3.11 Elektro-püskürtülen Damlacıkların Boyut Analizi

Elektro-püskürtme yöntemiyle püskürtülen damlacıkların boyut ölçümlerinde, emülsiyonlar kolektör yüzeyine en yakın mesafeden cam lamanın üst yüzeyi üzerine püskürtülmüş ve hızla mikroskopta ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Boyut ölçümleri; 4×, 10×, 40× ve 100× (Olympus, Japonya) lensleri içeren Psaron® 1000 Floptik HPTS 150 (AIV Labs, Ankara) otomatik mikroskopta gerçekleştirilmiştir. Lenslerin nümerik açıklığı (numerical aperture) sırasıyla 0.10, 0.25, 0.65 ve 1.25 olarak belirtilmiştir. Mikroskoba entegre edilen motorize başlık ile, tüm görüntü üzerinde 1.3 µm uzamsal çözünürlükte aksiyal ve lateral tarama (x-y-z eksenlerinde) yapılabilmektedir. Uyarım kaynağı olarak darbant ışık yayan diot (narrow-band LED) kullanılmaktadır. Örnek yüzeyindeki damlacıkların aydınlık alanda görüntülenmesi üstten aydınlatma ve alttan aydınlatma şeklinde gerçekleştirilebilmektedir. Her elektro-püskürtme koşulu için en az 3 lam üzerine damlacık örnekleri alınarak bu lamlardan en az 30 görüntü CVA Control® yazılımı ile kaydedilmiştir. Kaydedilen görüntüler CVA® 2016 parçacık analizör yazılımı (vers. 1.0.2) ile incelenmiştir. Görüntülerde otomatik iyileştirme fonksiyonu ve görüntülerde gürültüyü azaltmak için alınan görüntüye bağlı olarak Gaussian veya medyan filtreleme yapılmıştır. Ortalama parçacık boyutu ile standart sapmalar kaydedilerek Microsoft Excel programında değerlendirilmiştir.

### 3.12 Elektro-püskürtme ve Daldırma Yöntemleriyle Meyvelerin Kaplanması

Dilim halinde kaplanacak olan elma ile bütün halinde kaplanacak çilek, kaplama öncesinde çeşme suyu ile yıkanmış, fazla suyu süzülerek uzaklaştırılmıştır. Meyveler üzerindeki mikrobiyal yükü düşürmek amacıyla tüm meyveler kaplama öncesinde 100 ppm sodyum hipoklorit çözeltisinde 5 dk bekletilmiştir. Fazla su kağıt havlu ile uzaklaştırılmış, elma yarım ay şeklinde yaklaşık 9 mm kalınlığında dilimlenmiş ve çilek bütün halde kullanılmıştır.

Elektro-püskürtme işleminde; kaplama emülsiyonu 5 ml'lik steril şırıngaya yerleştirilmiş, 20 gauge (dış çap: 0.9 mm) şırınga ucu şırıngaya bağlandıktan sonra yüksek voltaj probu şırınga ucuna bağlanmıştır. Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplama işlemi; 3.5 ml/saat sabit besleme debisi, 14 cm kolektör mesafesi kullanılarak emülsiyonların kararlı olarak püskürtülebildiği voltaj uygulanarak (Çizelge 4.19) 25 saniye süreyle dikey elektro-püskürtme düzeneğinde gerçekleştirilmiştir.

Daldırma yöntemiyle kaplamada ise, meyve örneklerinin tamamı emülsiyona batacak şekilde 20 saniye süreyle daldırılmış, 30 saniye fazla emülsiyonu akıtılarak kaplara alınmıştır. Kaplanan elma örnekleri şeffaf polistiren kaplara, çilek örnekleri ise şeffaf PET kaplara yerleştirilmiş ve analizlere kadar 5°C ve %80 RH'ya ayarlanan iklimlendirme kabiniinde (HPP 750, Memmert, Almanya) depolanmıştır.

### 3.13 Depolama Sırasında Meyvelerdeki Ağırlık (Su) Kaybının Belirlenmesi

Kaplanan örneklerin depolama sırasındaki % ağırlık kaybının belirlenmesi amacıyla, örnek kapları belirli aralıklarla iklimlendirme kabiniinden çıkartılarak yaklaşık 7 gün süresince  $\pm 1$  mg hassasiyete sahip analitik terazi (ATX224, Shimadzu, Japonya) ile tartılmış ve aşağıda belirtilen eşitliğe göre ağırlık kaybı hesaplanmıştır;

$$\% \text{ ağırlık kaybı} = \frac{M_o - M_t}{M_o} \times 100 \quad (3.2)$$

burada  $M_0$  depolamanın başında örnek ağırlığını (g),  $M_t$  depolamanın  $t=t_1$  anında ağırlığını (g) vermektedir. Ağırlık kaybı analizleri en az 2 tekrar 3 paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan örneklerde, kaplama materyalinin miktarı, kaplamayı takiben örneklerin tartılmasına kadar geçen sürede örneklerin hızla nem kaybetmesi sebebiyle tam olarak saptanamamıştır. Bu amaçla elma dilimi ve çilek örneklerinin yüzey alanına benzer olacak şekilde model gıda örnekleri hazırlanarak alüminyum folyo ile kaplanmıştır. En az 10 adet model meyve örneği (Ek 1 Şekil A.1 ve A.2) belirtilen koşullarda kaplanarak elektro-püskürtme sırasında meyve yüzeyine tutunan kaplama materyali gravimetrik yöntemle saptanmıştır ve sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

### 3.14 pH ve % Titrasyon Asitliğinin Belirlenmesi

Örneklerin pH ölçümleri AOAC (1998a) 981.12 numaralı standart test yöntemine göre WTW pH 7110 model pH metre (WTW GmbH, Almanya) ile ölçülmüş olup sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

Titrasyon asitliği analizi AOAC (1998b) 942.15 numaralı standart test yöntemine göre gerçekleştirilmiştir. Örnekler 1:10 oranında saf su ile seyreltilmiş ve titrasyon fenolftaleyn indikatörlüğünde 0.1 N NaOH kullanılarak pembe renk oluşumu gözlenene kadar gerçekleştirilmiştir. % titrasyon asitliği sonuçları elmada baskın asit olan malik asit eşdeğeri (g malik asit/ 100 g örnek) ve çilekte sitrik asit eşdeğeri (g sitrik asit/ 100 g örnek) cinsinden hesaplanarak ortalama olarak verilmiştir. Analizler en az iki tekrar üç paralel halinde gerçekleştirilmiştir.

### 3.15 Renk Ölçümü

Meyvelerin renk ölçümleri Konica Minolta spektrofotometre (CM-700D, Konica Minolta Sensing, Japonya) kullanılarak CIE  $L^*a^*b^*$  renk uzayına göre ölçülmüştür. Bu renk uzayına göre  $L^*$  parlaklık (0: siyah, 100: beyaz),  $a^*$  kırmızılık/yeşillik ve  $b^*$  sarılık/mavilik değerini göstermektedir. Her elma dilimi ve çilek yüzeyinden en az üç farklı noktadan ölçüm alınarak en az 10 renk ölçümü kaydedilmiştir. Toplam renk değişimi ( $\Delta E^*$ ), Kroma ( $C^*$ ), beyazlaşma indeksi (WI) aşağıda belirtilen eşitliklerden hesaplanmıştır;

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^*_{\text{örnek}} - L^*_{\text{kontrol}})^2 + (a^*_{\text{örnek}} - a^*_{\text{kontrol}})^2 + (b^*_{\text{örnek}} - b^*_{\text{kontrol}})^2} \quad (3.3)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.4)$$

$$WI = 100 - \sqrt{[(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]} \quad (3.5)$$

burada kontrol indisiyle belirtilen değerler, örneklerin kaplamının ilk günü (0. gün) ölçümlerini belirtmektedir.

### 3.16 Sertlik (Doku) Ölçümü

Meyvelerin depolama sırasında doku ölçümleri, TA.XT Express (Stable Microsystems Ltd., İngiltere) doku analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizlerde 2 mm çapında prob ile penetrasyon testi uygulanmış olup, ölçüm sırasında maksimum kuvvet sertlik olarak değerlendirilmiştir. Test öncesi hızı 1.5 mm/s, test hızı 1 mm/s, test sonrası hızı 10 mm/s ve örneğe batma derinliği 4 mm olarak ayarlanmıştır. Elmada meyve diliminin dış kabuk ile çekirdeğe yakın kısmını ortalayacak şekilde, çilekte ise çileğin et kısmını ortalayacak şekilde 3 farklı noktadan en az 15 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.2' de çileğin doku ölçümü sırasında alınan bir görüntü örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.2 Çilekte doku ölçümü.

### 3.17 Toplam Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde Miktarının Tayini

Meyve örneklerinde bulunan toplam antioksidan ve toplam fenolik maddenin belirlenmesi amacıyla, iki aşamalı ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon yöntemi Diamanti (2010)'nin çalışmasına benzer şekilde; 10 g meyve tartılarak 20

ml % 80'lik (v/v) metanol ilave edilerek yüksek devirli homojenizatör (IKA, T25 Ultra-turrax, Almanya) yardımıyla 15000 rpm'de 1 dk parçalanmıştır. Parçalanmış karışım 4°C'de 30 dk manyetik karıştırıcıyla (Stuart CB162, İngiltere) karanlık ortamda karıştırılmıştır. Daha sonra karışımın tamamı 50 ml'lik santrifüj tüpüne aktararak 4°C'de 9000 rpm'de 10 dk süreyle santrifüj (Universal 320R, Hettich Zentrifugen, Almanya) edilmiştir. Santrifüj sonunda, süpernatant kısımdan alınan 5 ml örnek, 0.45 µm PTFE (Teflon) şırınga filtreden geçirilerek amber numune şişesine toplanmıştır. Kalan kısma 20 ml % 80'lik metanol ilave edilmiş ve ekstraksiyon aşamaları tekrar edilmiştir. 2. santrifüj sonunda elde edilen ekstraktan 5 ml alınarak ilk santrifüjden elde edilen ekstrakta ilave edilmiş ve örnekler analize kadar -20°C'de depolanmıştır.

Toplam antioksidan madde miktarı, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) (Sigma Aldrich) radikali ve 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethyl-chroman-2-carboxylic acid (Troloks) kullanılarak Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi (TEAC) cinsinden hesaplanmıştır. Öncelikle farklı konsantrasyonlarda (0-0.5 mM) Troloks standartları hazırlanmış, hazırlanan bu çözeltilerden 50 µl alınıp üzerine 1950 µl 0.1 mM DPPH çözeltisi ilave edilerek 20 dk bekletilmiştir. Daha sonra farklı konsantrasyonlarda Troloks içeren standart çözeltilerin absorbansı Cary 60 UV-Vis spektrofotometre (Varian Inc., ABD) kullanılarak 517 nm'de kaydedilmiştir. Farklı konsantrasyonlara karşı % inhibisyon değerleri aşağıdaki eşitlikten hesaplanmış ve elde edilen grafiğin eğimi (Eğim 1) aşağıda belirtilen eşitlikten hesaplanmıştır;

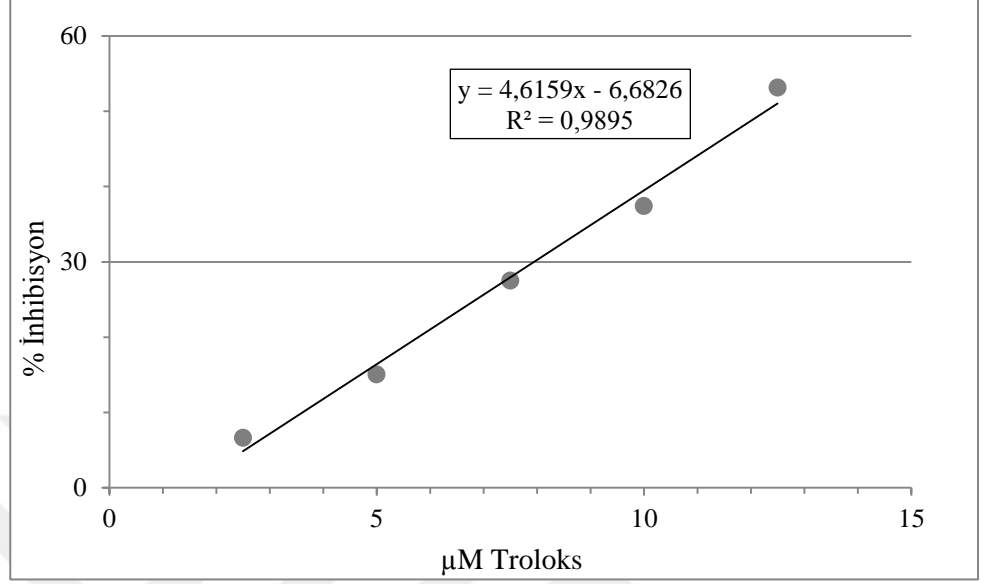
$$\% \text{inhibisyon} = \frac{(Abs_{kontrol} - Abs_{örnek})}{Abs_{kontrol}} \quad (3.6)$$

burada kontrol indisi, Troloks içermeyen çözeltinin absorbansını göstermektedir. Troloks standart eğrisi Şekil 3.3' te verilmiştir.

Benzer şekilde örnek ekstraktlarından 15-75 µl arası örnekler alınıp 1950 µl 0.1 mM DPPH çözeltisi ilave edilerek örnek için % inhibisyon'a karşılık örnek miktarı grafiği çizilerek eğimi (Eğim 2) hesaplanmıştır. Örnekte bulunan toplam antioksidan madde miktarı belirtilen eşitliğe göre hesaplanmıştır;

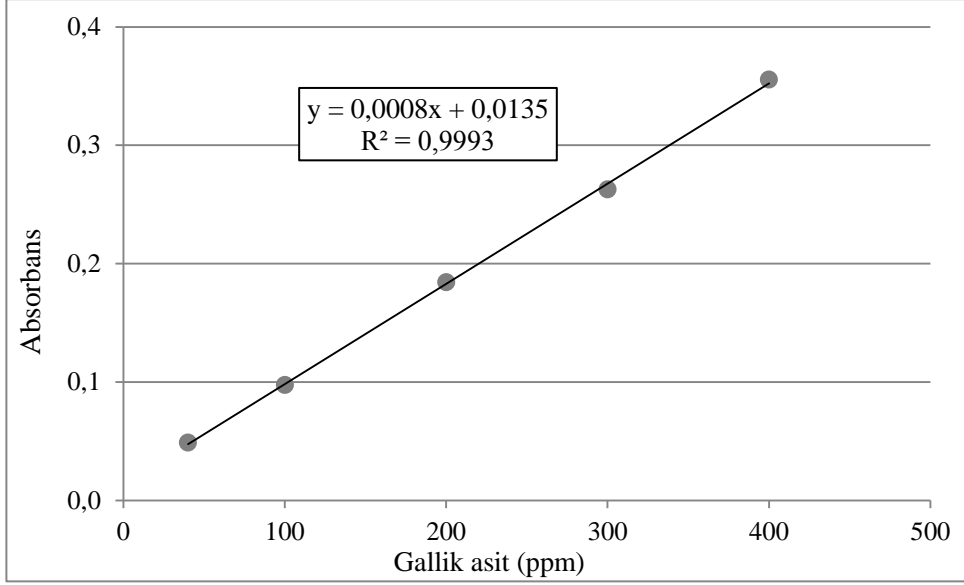
$$TEAC \left( \frac{mM \text{ Troloks}}{g \text{ taze örnek}} \right) = SF \times \left( \frac{Eğim 2}{Eğim 1} \right) \quad (3.7)$$

burada SF örneğın seyreltme faktörünü göstermektedir. Toplam antioksidan aktivite tayini en az 2 tekrar 3 paralel halinde gerçekleştirilmiş olup sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.



Şekil 3.3 Troloks standart eğrisi.

Toplam fenolik madde tayini, gallik asit standart eğrisi çizilerek gallik asit eşdeğeri (mg GAE/ kg taze örnek) cinsinden hesaplanmıştır. Farklı konsantrasyonda (0-400 ppm) stok gallik asit çözeltisi hazırlanmış, bunlardan 1'er ml alınıp 100 ml' lik balona aktarılmış ve 5 ml Folin-Ciocalteau çözeltisi ilave edilmiş ve 15 ml doymuş NaHCO<sub>3</sub> çözeltisi ilave edildikten sonra % 80'lik (v/v) metanol çözeltisiyle 100 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan karışımlar 1 saat karanlıkta bekletilerek absorbanları 760 nm'de Cary 60 UV-Vis spektrometre (Varian Inc., ABD) kullanılarak kaydedilmiştir. Örneklere benzer şekilde hazırlanan kör örnekle absorbanı sıfırlandıktan sonra, örneklerin absorbanı kaydedilmiştir. Şekil 3.4' te gallik asit standart eğrisi verilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı doğrunun denklemini ve seyreltme faktörü kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.4 Gallik asit standart eğrisi.

### 3.18 Polifenol Oksidaz (PPO) Enzim Aktivitesi Tayini

Elma örneklerindeki polifenol oksidaz enzim aktivitesinin belirlenmesi amacıyla, Çizelge 4.18’de belirtilen kontrol emülsiyonu (1 numaralı emülsiyon) ile daldırma ve elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan örnekler ve kontrol örneğinde depolamanın ilk günü (0. gün) ve son günü (7.gün) analiz gerçekleştirilmiştir. Örneklerde PPO enzim aktivitesinin belirlenmesi amacıyla, Cemeroğlu (2013)’te belirtilen yöntemle benzer şekilde öncelikle aseton tozu elde edilmiş, elde edilen aseton tozu analizlere kadar  $-40^{\circ}\text{C}$ ’de depolanmıştır. Hazırlanan aseton tozundan enzim ekstraksiyonu amacıyla 1.5-2.0 g aseton tozu tartılmış, ekstraksiyon sırasında kararmanın engellenmesi amacıyla 0.25 g PVPP ilave edilmiştir. Bu karışıma 150 ml 0.05 M sodyum-fosfat tamponu (pH 6.8) ilave edilerek  $4^{\circ}\text{C}$ ’de 20 dakika süreyle manyetik karıştırıcıda (Stuart CB162, İngiltere) karıştırılmıştır. Karıştırma işlemini takiben çözelti 4 kat tülbent bezden süzölmüş ve süzöntü  $4^{\circ}\text{C}$ ’de 8000 rpm’de 10 dakika santrifüjlenmiştir (Universal 320R, Hettich Zentrifugen, Almanya). Santrifüjden sonra, üstte kalan berrak ham enzim ekstraktının hacmi hesaplamada kullanılmak üzere kaydedilmiştir. Enzim aktivitesinin tayini Cary 60 UV-Vis spektrofotometre (Varian Inc., ABD) ile CaryWin UV kinetics yazılımıyla 410 nm’de 8 dk süreyle absorbans ölçümü alınarak gerçekleştirilmiştir. Enzim tayini, 2 tekrar 3 paralel halinde gerçekleştirilmiş sonuçlar ortalama olarak verilmiştir. Örnekler arasındaki farkı belirlemek amacıyla SPSS’te bağımlı örneklem t-testi (paired sample t-test) gerçekleştirilmiştir.

### 3.19 Mikrobiyolojik Analizler

Kaplanan örneklerde depolama sırasındaki mikrobiyal yük değişimini belirlemek amacıyla elma dilimleri ve çilek örneklerinde depolamanın ilk günü (0. gün) ve 5. gün toplam canlı (mezofilik aerobik bakteri) ve küf ve maya sayımı analizleri gerçekleştirilmiştir. Örneklerin depolama öncesi ve depolama sonrası analizleri TEMPO<sup>®</sup> AC ile mezofilik aerobik bakteri ve TEMPO<sup>®</sup> YM ile küf ve maya (TEMPO<sup>®</sup> bioMerieux, Durham, USA) kitleri kullanılarak TEMPO<sup>®</sup> (TEMPO, bioMérieux, Fransa) işletim sistemi ile gerçekleştirilmiştir. 10 g meyve örneği TEMPO<sup>®</sup> stomacher poşetine aktarılmış ve üzerine 90 ml %0.1'lik steril peptonlu su eklenmiştir. İki dakika boyunca yüksek hızda parçalanmış meyvelerden uygun miktarlarda örnek alınmış ve daha öncesinde steril su eklenmiş olan ve içerisinde dehidrate steril besiyeri bulunan TEMPO<sup>®</sup> AC ve TEMPO<sup>®</sup> YM viallerine eklenmiştir. İçerisinde dehidrate steril besiyeri, steril su ve örnek bulunan vialler 20 saniye boyunca karıştırılmış ve sonrasında TEMPO<sup>®</sup> AC ve TEMPO<sup>®</sup> YM kartlarına dolmuştur yapılarak inkübasyona bırakılmıştır. Örneklerde seyreltme; 0. gün için 1/40 oranında, 5. gün ise 1/400 oranında yapılmıştır. FDA'nın BAM (Bacteriological Analytical Manual) metoduna göre, aerobik bakteri sayımı için örnekler kartlara dolmuştur yapıldıktan sonra 35°C'de 22-24 saat inkübatörde (Sanyo-Gallenkamp, Loughborough, İngiltere) inkübasyona bırakılırken, küf ve maya sayımı için 25°C'de (Nüve EN 400, Türkiye) 72-76 saat boyunca inkübe edilmişlerdir. Analizler 2 tekrar 3 paralel halinde gerçekleştirilmiş olup sonuçlar KOB/ g (koloni oluşturan birim/ g taze örnek) olarak verilmiştir.

### 3.20 Duyusal Analizler

Kaplamanın ilk günü (0.gün), 3. gün ve 5. gününde kaplanmış elma dilimleri ve çilek örnekleri için 9 puanlık hedonik skala kullanılarak pilot ölçekli tüketici beğeni testi gerçekleştirilmiştir (Altuğ ve Elmacı, 2005). Duyusal analizler; meyve tüketmeyi seven, yaşları 20-50 arasında değişen Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü lisans, yüksek lisans öğrencileri ile akademik personeli 20-30 arasında kişi ile gerçekleştirilmiştir. Duyusal analizlerde panelistler elma için örnekleri; renk, sertlik, sululuk (tazelik), lezzet ve genel beğeni yönünden değerlendirilmiştir. Çilek örnekleri ise; parlaklık, koku, lezzet, doku (sertlik) ve genel beğeni yönünden değerlendirilmiştir. Bu analiz sonucunda, ortalama 5 puan ve üzeri alan örnekler kabul edilebilir olarak değerlendirilmektedir. Tüm sonuçlar ortalama olarak verilmiştir.

### **3.21 Kaplanmış Meyve Yüzeylerinin Mikroskobik Analizi**

Farklı yöntemlerle kaplamanın meyve yüzeyi üzerinde görünümünü belirlemek ve kaplamanın morfolojisini incelemek amacıyla, dilimlenmiş elma ve bütün çilekler Çizelge 4.18’ de bileşimi verilen 1 numaralı emülsiyon kullanılarak daldırma ve elektro-püskürtme yöntemleriyle kaplanmış ve kaplamayı takiben hızlı mikroskobik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde kullanılan mikroskobun detayları Materyal ve Yöntem başlığı altında “Elektro-püskürtülen Damlacıkların Boyut Analizi” kısmında verilmiştir. Elektro-püskürtülen damlacıkların daha detaylı incelenebilmesi amacıyla büyütme oranı arttırılmıştır. En az 3 farklı kaplanmış (daldırma ve elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan) ve kontrol örneği üzerinden en az 10 görüntü alınarak, kaplamanın meyve yüzeyindeki tutunması ve yapısı incelenmiştir.

### **3.22 Sonuçların İstatistiksel Analizi ve Değerlendirilmesi**

Elde edilen sonuçların istatistiksel analizi SPSS yazılımı (SPSS Inc., Ver 16.0) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olup olmadığı, tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile %95 güven aralığında incelenmiştir. Ayrıca deney tasarımı Minitab 15 (Minitab Inc.) istatistik yazılımı kullanılarak yanıt yüzey yöntemiyle (response surface method) 3 faktörlü merkezi birleşik tasarım (central composite design) ile oluşturulmuş ve varyans analiziyle % 95 güven aralığında değerlendirilmiştir. Bazı deneysel sonuçların ikili karşılaştırılmasında ise, SPSS yazılımında bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Tüm sonuçlar ortalama olarak belirtilmiştir.

## 4. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

### 4.1 Emülsiyonlarda Kullanılacak Emülgatör Tipinin Belirlenmesi

Emülgatörler, oluşturulmak istenen emülsiyon tipine (S/Y veya Y/S) bağlı olarak farklı HLB (hidrofilik-lipofilik denge) değerine göre seçilmektedir. Yağ içinde su emülsiyonlarında, düşük HLB değerine sahip emülgatörler kullanılması gerekirken, su içinde yağ emülsiyonlarında yüksek HLB değerine sahip emülgatörler kullanılmaktadır (McClements, 2005; Tadros, 2009). Bu tez çalışması kapsamında, zeytinyağı sürekli faz olarak kullanılarak yağ içinde su emülsiyonları hazırlanmış olup, öncelikle farklı emülgatörler veya bunların karışımlarıyla emülsiyonlar hazırlanarak bunların depolama sırasında kararlılıkları incelenmiştir. Bu amaçla Span 80, Tween 20, Tween 80 ve PGPR emülsiyonlarının HLB değerleri (Narsimhan and Wang, 2008), zeytinyağı için önerilen 6 HLB değeri (Anonim, 2014) göz önüne alınarak farklı oranlarda karıştırılmıştır. Span 80 için verilen HLB değeri 4.3 ve PGPR için 2-4 arasında olup hazırlanan emülsiyonlarda PGPR tek başına kullanılırken Span 80 hem tek başına, hem de Tween 20 veya Tween 80 ile karışım halinde kullanılmıştır. Span 80 ile Tween 20 ve 80'e ait örnek bir HLB hesaplaması Eşitlik 4.1 ve 4.2'de gösterilmiştir;

HLB değerleri; Span 80= 4.3, Tween 20= 16.7, Tween 80=15:

$$6 = 4.3 \times S + 16.7 \times (1 - S) \quad (4.1)$$

burada  $S$ , Span 80 yüzdesini,  $(1-S)$  ise Tween 20 yüzdesini göstermektedir. Buna göre %86.3 Span 80 ve %13.7 Tween 20 karışımı hazırlandığında istenen HLB değerine ulaşılmıştır.

$$6 = 4.3 \times S + 15 \times (1 - S) \quad (4.2)$$

burada  $S$ , Span 80 yüzdesini,  $(1-S)$  ise Tween 80 yüzdesini göstermektedir. Buna göre %84.1 Span 80 ve %15.9 Tween 80 karışımı hazırlandığında istenen HLB değerine ulaşılmıştır.

Karışım olarak kullanılacak emülgatörlerin kütleli olarak kullanılacak miktarları belirlendikten sonra; Span 80 yağ fazında çözünmesi sebebiyle yağ fazına eklenmiş, Tween 20 ile Tween 80 su fazında çözünmesi sebebiyle su içerisinde çözündürülüp su fazı içerisine ilave edilmiştir.

Deney tasarımında belirtilen emülgatörler, en düşük (%1) ve en yüksek (%5) oranda kullanılarak, yüksek devirli homojenizatör ile en düşük (8000 rpm) ve en yüksek (16000 rpm) karıştırma hızı ve en düşük (1 dk) ve en yüksek (5 dk) karıştırma sürelerinde %80 yağ (en fazla sürekli faz) içerecek şekilde Çizelge 4.1’de özetlendiği gibi farklı emülsiyonlar hazırlanmıştır.

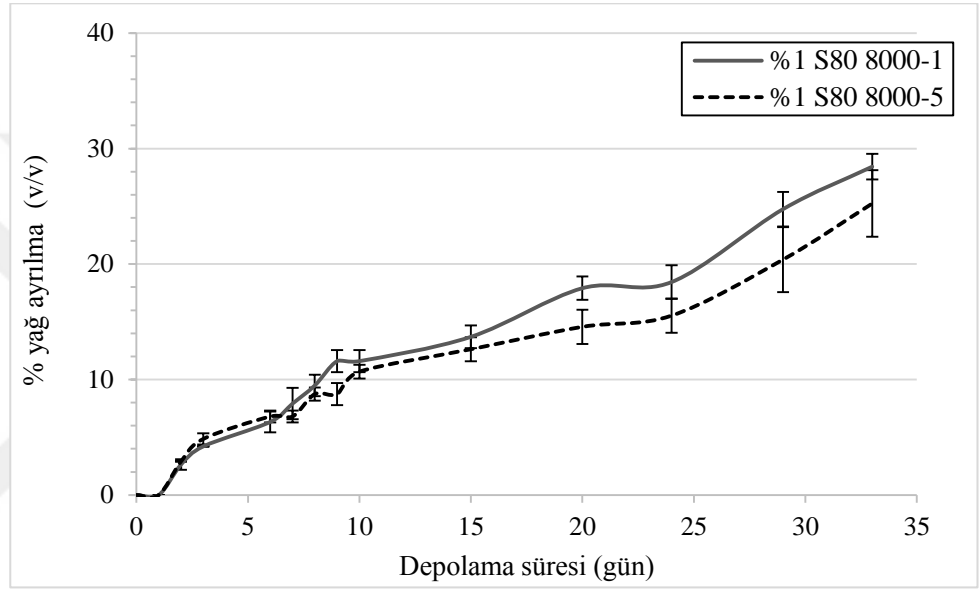
**Çizelge 4.1** Emülsiyon kararlılığını belirlemek için hazırlanan emülsiyonlar.

Emülsiyon no	Emülgatör tipi	Emülgatör oranı (% w/w)	Karıştırma hızı (rpm)	Karıştırma süresi (dk)
1	Span 80	1	8000	1
2	Span 80	1	8000	5
3	Span 80	1	16000	1
4	Span 80	1	16000	5
5	Span 80	5	8000	1
6	Span 80	5	8000	5
7	Span 80	5	16000	1
8	Span 80	5	16000	5
9	Span 80+ Tween 20	1	8000	1
10	Span 80+ Tween 20	1	8000	5
11	Span 80+ Tween 20	1	16000	1
12	Span 80+ Tween 20	1	16000	5
13	Span 80+ Tween 20	5	8000	1
14	Span 80+ Tween 20	5	8000	5
15	Span 80+ Tween 20	5	16000	1
16	Span 80+ Tween 20	5	16000	5
17	Span 80+ Tween 80	1	8000	1
18	Span 80+ Tween 80	1	8000	5
19	Span 80+ Tween 80	1	16000	1
20	Span 80+ Tween 80	1	16000	5
21	Span 80+ Tween 80	5	8000	1
22	Span 80+ Tween 80	5	8000	5
23	Span 80+ Tween 80	5	16000	1
24	Span 80+ Tween 80	5	16000	5
25	PGPR	1	8000	1
26	PGPR	1	8000	5
27	PGPR	1	16000	1
28	PGPR	1	16000	5
29	PGPR	5	8000	1
30	PGPR	5	8000	5
31	PGPR	5	16000	1
32	PGPR	5	16000	5

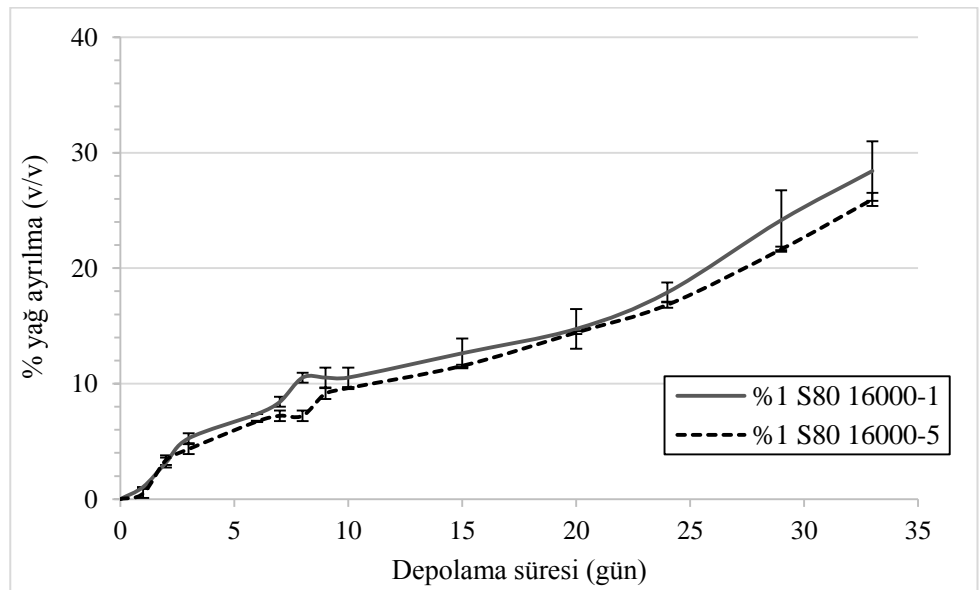
#### 4.1.1 Oda koşulunda depolama sırasında yağ ayrılmanın belirlenmesi

Span 80 emülgatörü kullanılarak Çizelge 4.1’ de belirtilen emülsiyonlar hazırlanmış olup, emülsiyonların ortalama yağ ayrılma yüzdelerine ilişkin grafikler Şekil 4.1, 4.2, 4.3 ve 4.4’te gösterilmiştir. Depolama süresinin sonunda, düşük emülgatör oranında (%1) karıştırma süresi arttıkça, emülsiyondan ayrılan

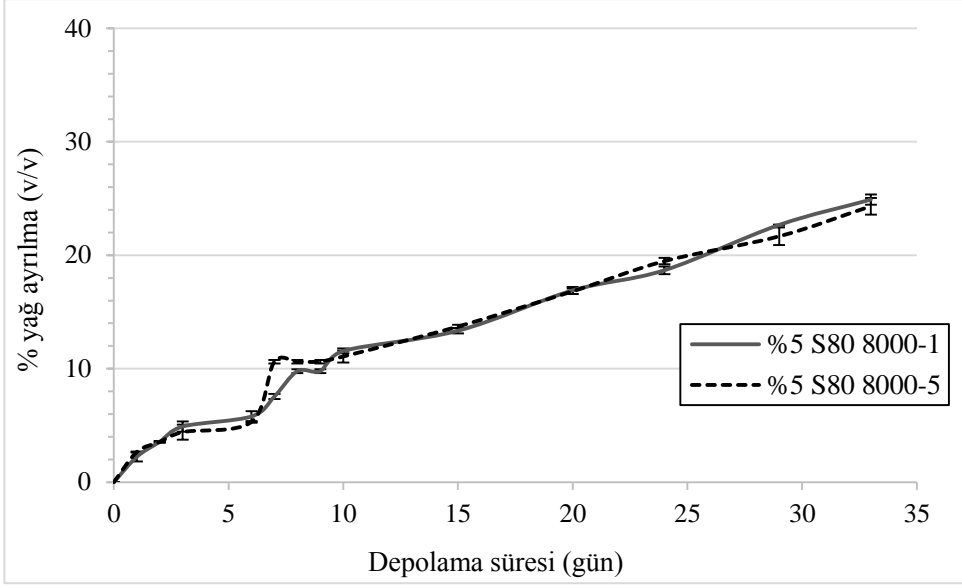
yağ miktarı azalmış, ancak sabit karıştırma süresinde karıştırma hızı arttıkça emülsiyondan ayrılan yağ oranında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. %5 emülgatör oranında ise, sabit karıştırma hızlarında karıştırma süresiyle % yağ ayrılma değeri değişmezken, düşük karıştırma hızında yağ ayrılma oranı, yüksek karıştırma hızında hazırlanan örneklerden daha düşük bulunmuştur. Su (2008) tarafından yapılan çalışmada, yağ fazı olarak hacimce %80 soya yağı ve su fazı olarak hacimce %20 0.1 M sodyum fosfat tamponu ile %10 Span 80 (w/v) kullanılarak hazırlanan emülsiyonlarda homojenizasyonu takiben hızla faz ayrılması olduğu belirtilmiştir.



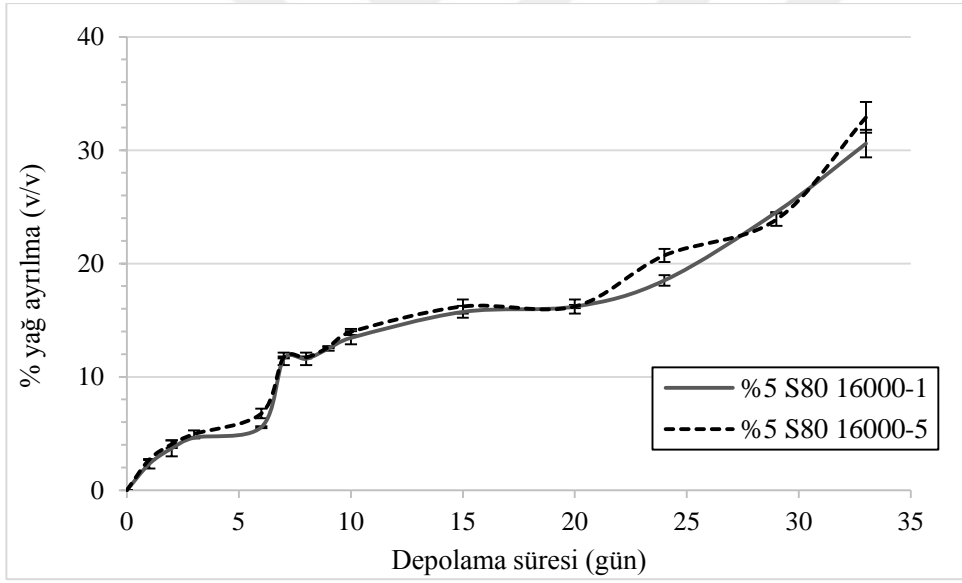
Şekil 4.1 %1 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



Şekil 4.2 %1 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



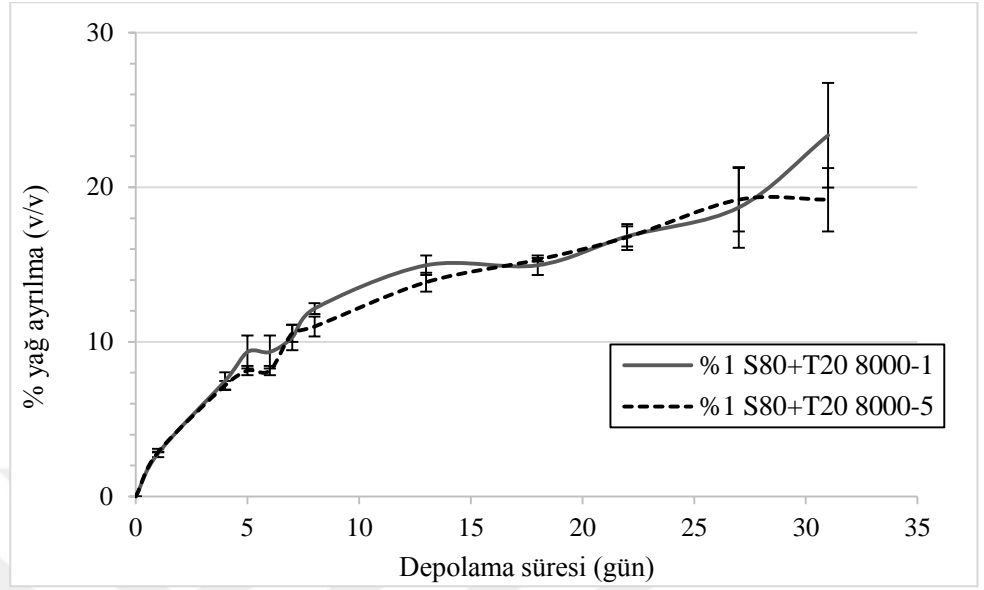
Şekil 4.3 %5 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



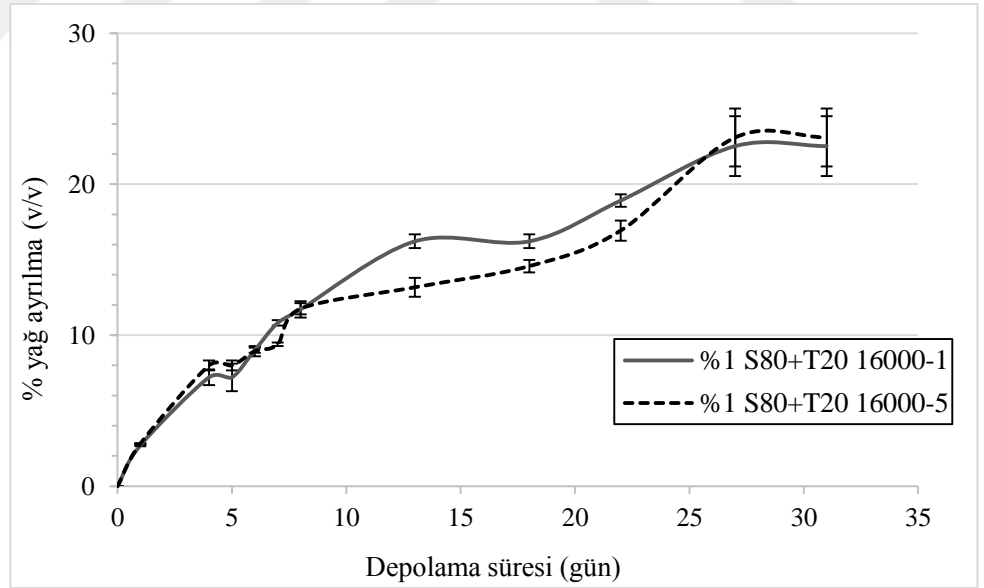
Şekil 4.4 %5 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

Span 80 + Tween 20 emülgatör karışımı ile Çizelge 4.1' de belirtilen emülsiyonlar hazırlanmış olup, emülsiyonların ortalama yağ ayrılma yüzdelerine ilişkin grafikler Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8'de gösterilmiştir. Şekil 4.5 ve 4.6' da görüldüğü gibi depolama süresinin sonunda düşük emülgatör oranında (%1) 8000 rpm karıştırma hızında, karıştırma süresi arttıkça emülsiyondan ayrılan yağ miktarı azalmıştır, ancak 16000 rpm'de hazırlanan örneklerde karıştırma hızına bağlı olarak önemli bir fark görülmemektedir. %5 emülgatör oranında ise, düşük

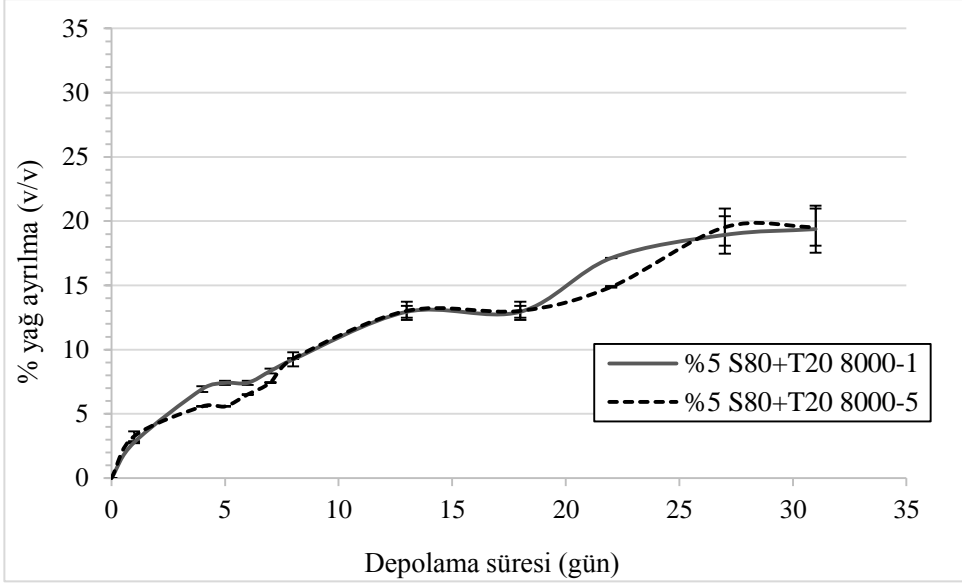
karıştırma hızında hazırlanan emülsiyonlarda yağ ayrılma oranı, yüksek karıştırma hızında hazırlanan örneklerden daha düşük bulunmuştur.



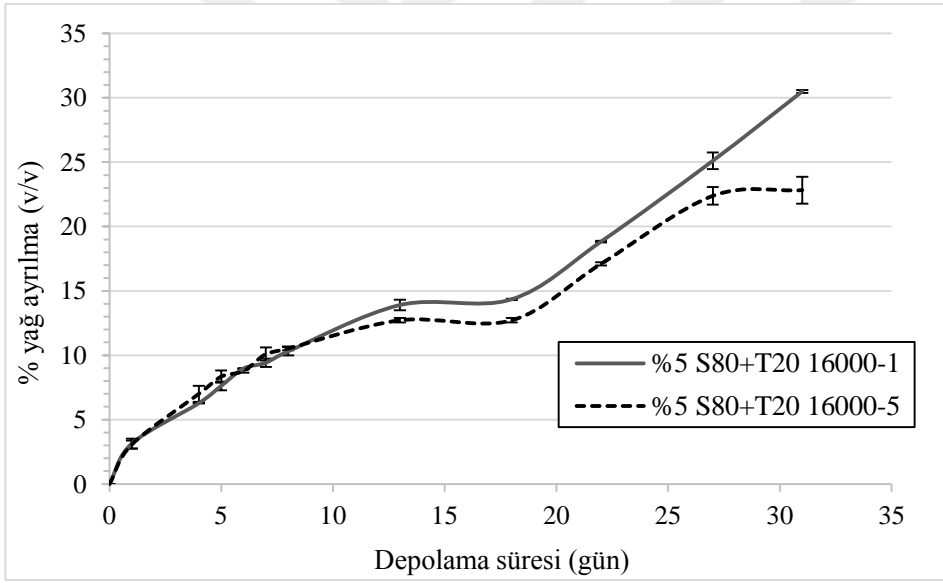
**Şekil 4.5** %1 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



**Şekil 4.6** %1 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



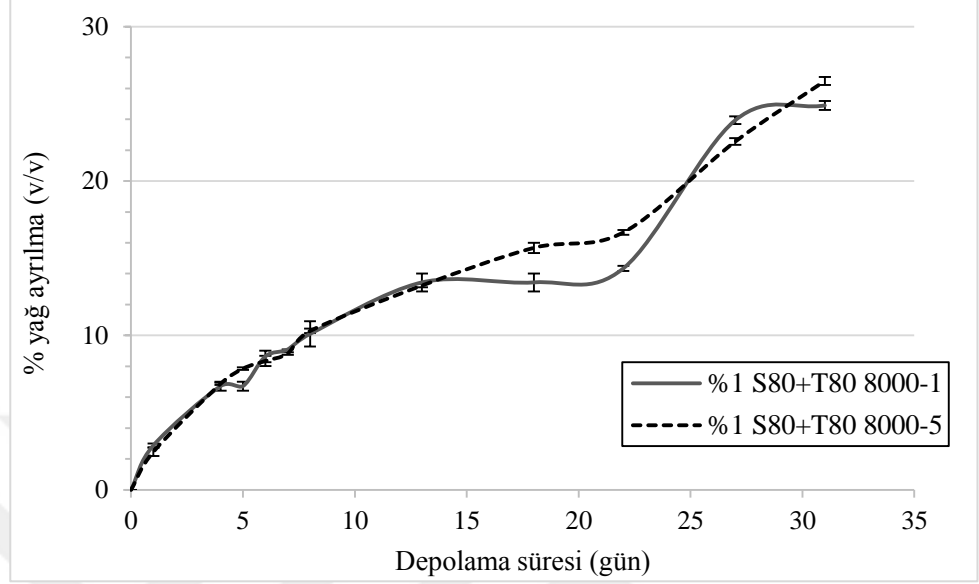
**Şekil 4.7** %5 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



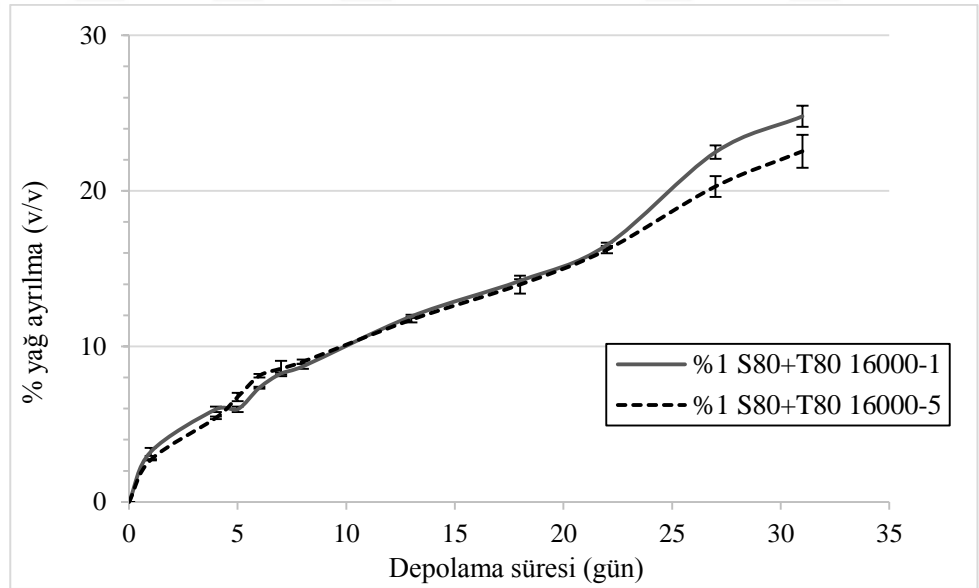
**Şekil 4.8** %5 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

Span 80+Tween 80 emülgatör karışımı ile Çizelge 4.1' de belirtilen emülsiyonlar hazırlanmış olup, emülsiyonların ortalama yağ ayrılma yüzdelerine ilişkin grafikler Şekil 4.9, 4.10, 4.11 ve 4.12'de gösterilmiştir. Şekil 4.9 ve 4.10 'da görüldüğü gibi, depolama süresinin sonunda, düşük emülgatör oranında (%1) 8000 rpm karıştırma hızı ile 16000 rpm karıştırma hızı arasında yağ ayrılma miktarları açısından büyük bir fark bulunmamaktadır. %5 Span 80+Tween 80 emülgatör karışımı içeren emülsiyonlarda ise, karıştırma süresi arttıkça yağ

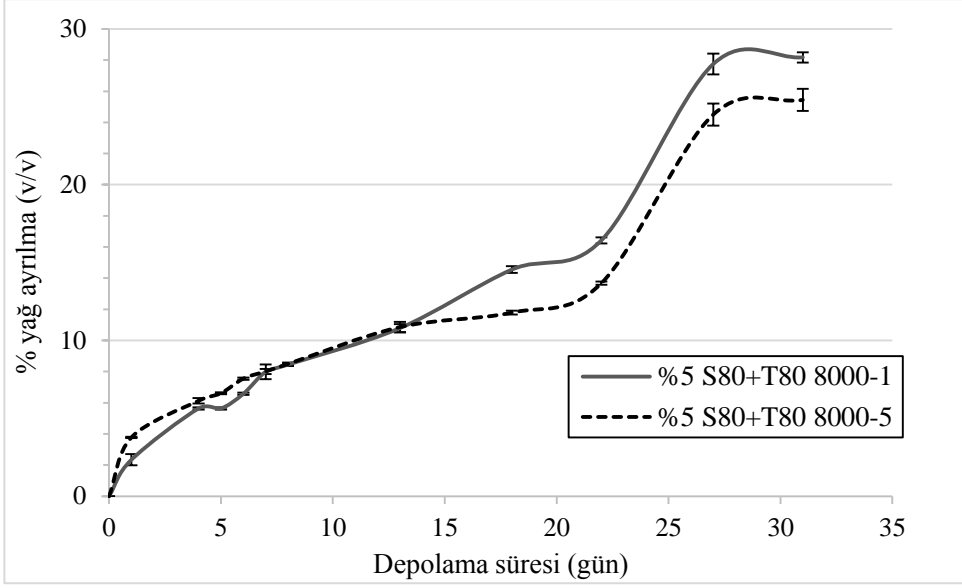
ayrılma oranının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca en düşük yağ ayrılma oranı, %5 emülgatör içeren ve 16000 rpm'de 5 dakika süreyle karıştırılan örneklerde elde edilmiştir.



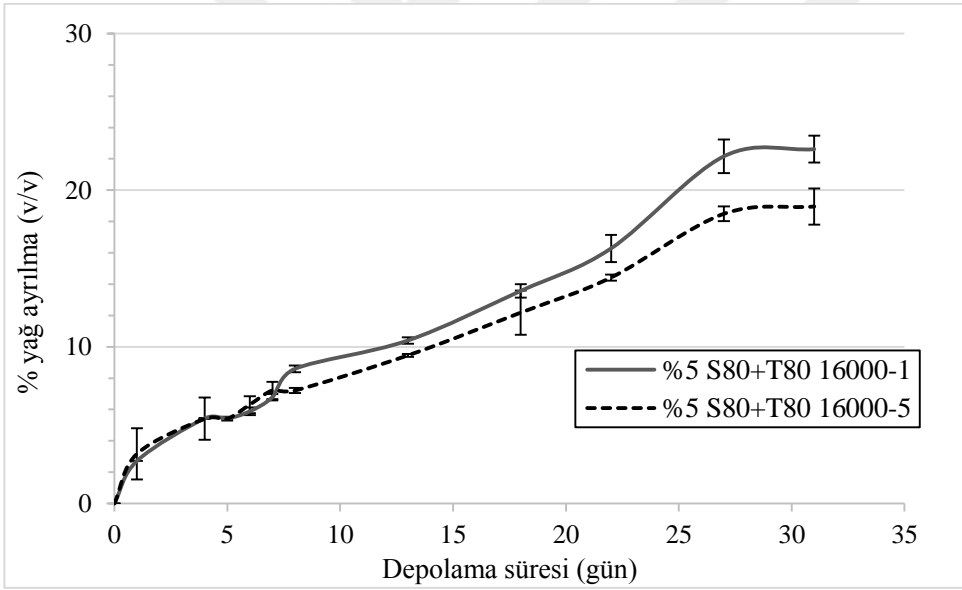
**Şekil 4.9** %1 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



**Şekil 4.10** %1 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



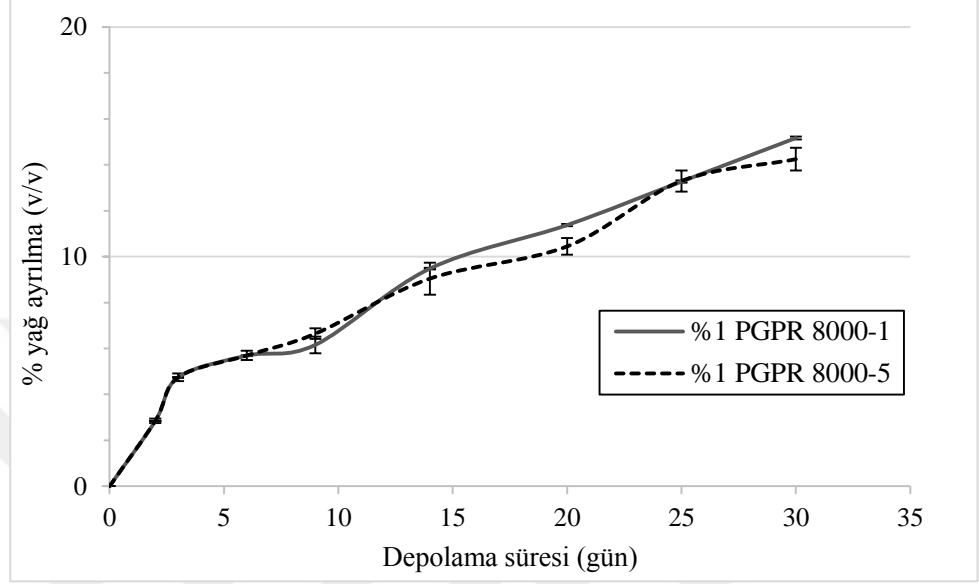
**Şekil 4.11** %5 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



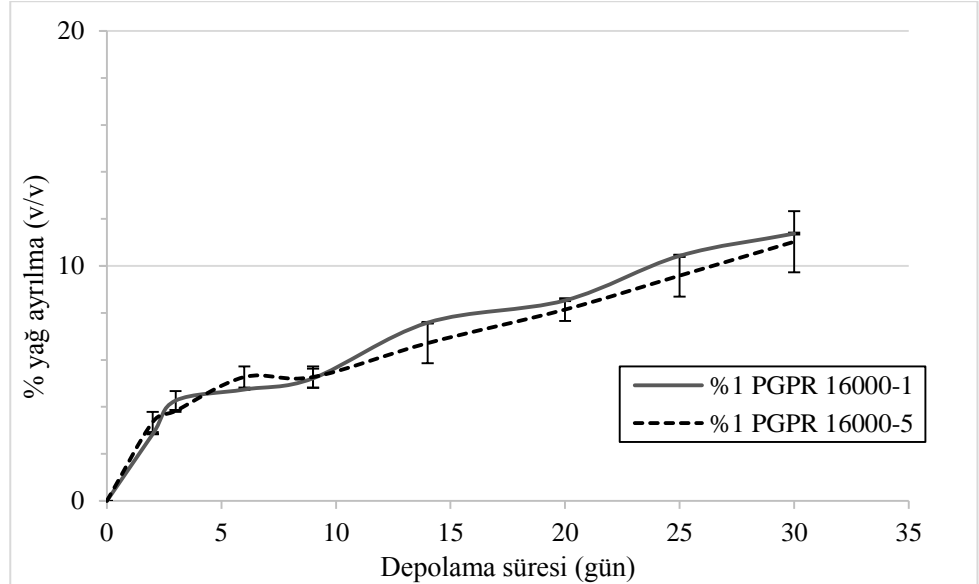
**Şekil 4.12** %5 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

PGPR ile Çizelge 4.1' de belirtilen emülsiyonlar hazırlanmış olup, emülsiyonların ortalama yağ ayrılma yüzdelerine ilişkin grafikler Şekil 4.13, 4.14, 4.15 ve 4.16'da gösterilmiştir. Şekil 4.13 ve 4.14 'te görüldüğü gibi depolama süresinin sonunda %1 emülgatör içeren emülsiyonlarda yağ ayrılma oranı ile karıştırma süresi arasında belirgin bir ilişki gözlenmezken, 16000 rpm karıştırma hızında hazırlanan örneklerin emülsiyondan ayrılan yağ miktarı 8000 rpm'de

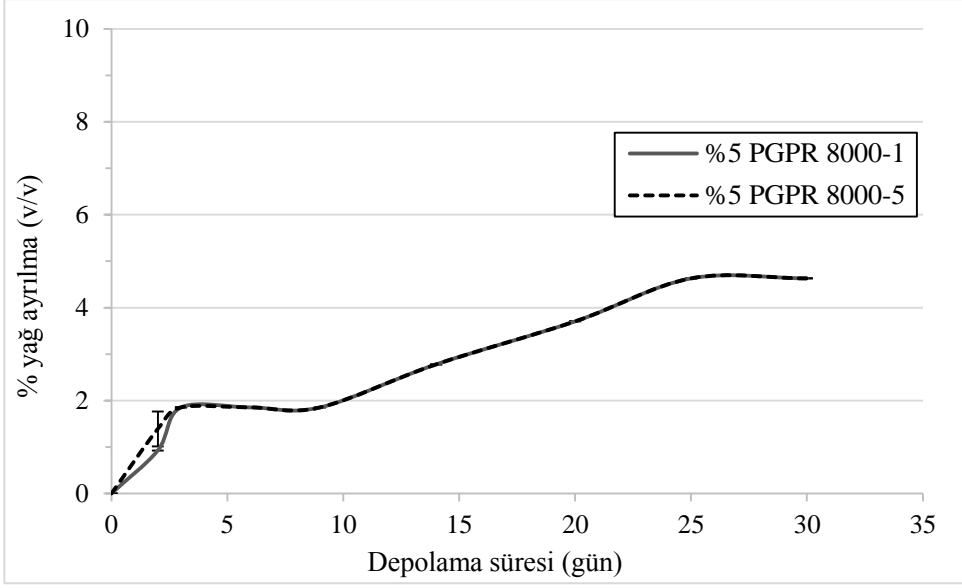
homojenize edilen örneklerden daha düşük bulunmuştur. %5 PGPR içeren emülsiyonlarda ise, depolama süresi sonunda 8000 rpm'de hazırlanan örneklerin % yağ ayrılma miktarları 1 ve 5 dk karıştırma süreleri için benzer iken, 16000 rpm'de karıştırılan emülsiyonların % yağ ayrılma miktarı 5 dk karıştırılan örneklerde daha düşük bulunmuştur.



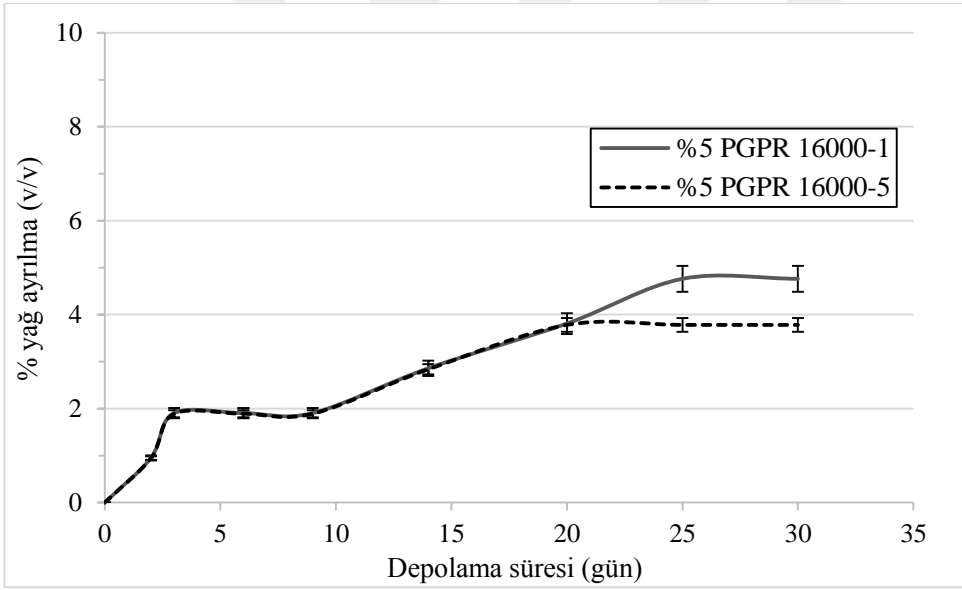
Şekil 4.13 %1 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



Şekil 4.14 %1 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



Şekil 4.15 %5 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



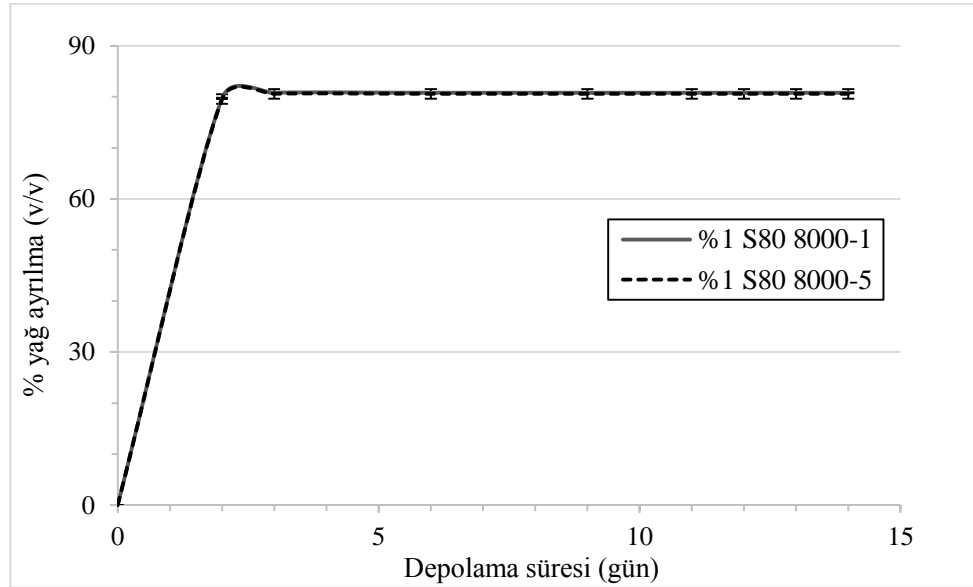
Şekil 4.16 %5 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

En yüksek emülgatör oranı (%5) kullanıldığında 8000 rpm'de homojenize edilen örneklerde en çok yağ ayrılma Span 80+ Tween 80 emülgatör karışımı ile elde edilirken, en düşük yağ ayrılma PGPR ile hazırlanan emülsiyonlarda gözlenmiştir. Ayrıca Span 80+ Tween 20 karışımıyla hazırlanan emülsiyonlarda, sadece Span 80 ile hazırlanan emülsiyonlara göre, emülsiyonlardan daha az yağ ayrılma olduğu belirlenmiştir. Bu da emülsiyona Span 80 ile beraber Tween 20 eklenmesiyle emülsiyon kararlılığının arttığını göstermektedir. Su (2008), yapmış olduğu çalışmada, %10 Span 80 ile hazırlanan emülsiyonlarda homojenizasyonu

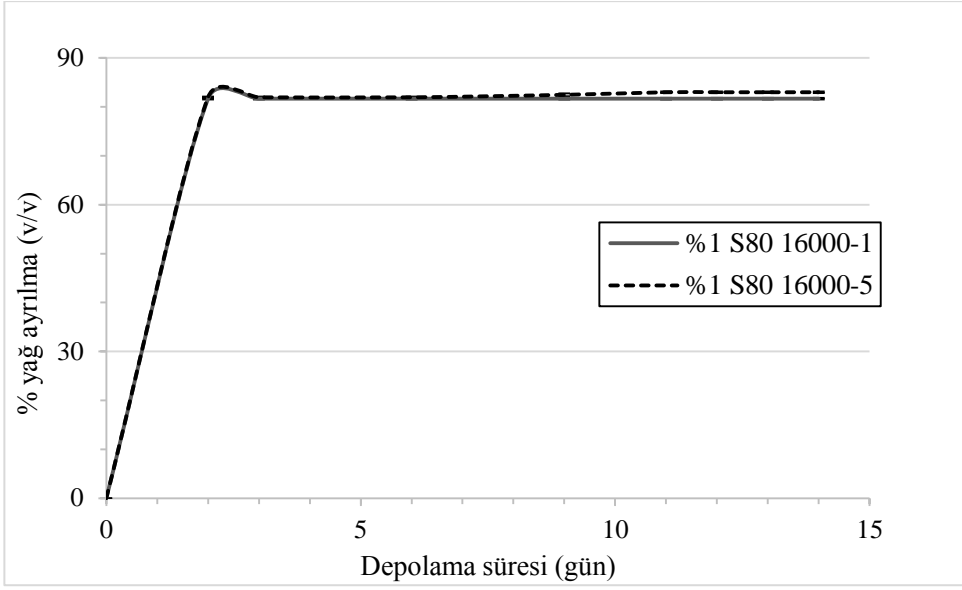
takiben hızla faz ayrılması olduğunu, %10 PGPR içeren emülsiyonun homojen olduğu ve faz ayrılması gözlenmediğini aktarmıştır. Emülsiyonlarının kararlılığının emülgatör tipine bağlı değişimini detaylı olarak incelemek amacıyla, ikinci aşama olarak yüksek sıcaklık-kısa sürede yapılabilen hızlandırılmış depolama testi gerçekleştirilmiştir.

#### 4.1.2 Hızlandırılmış depolama testleri ile yağ ayrılmanın belirlenmesi

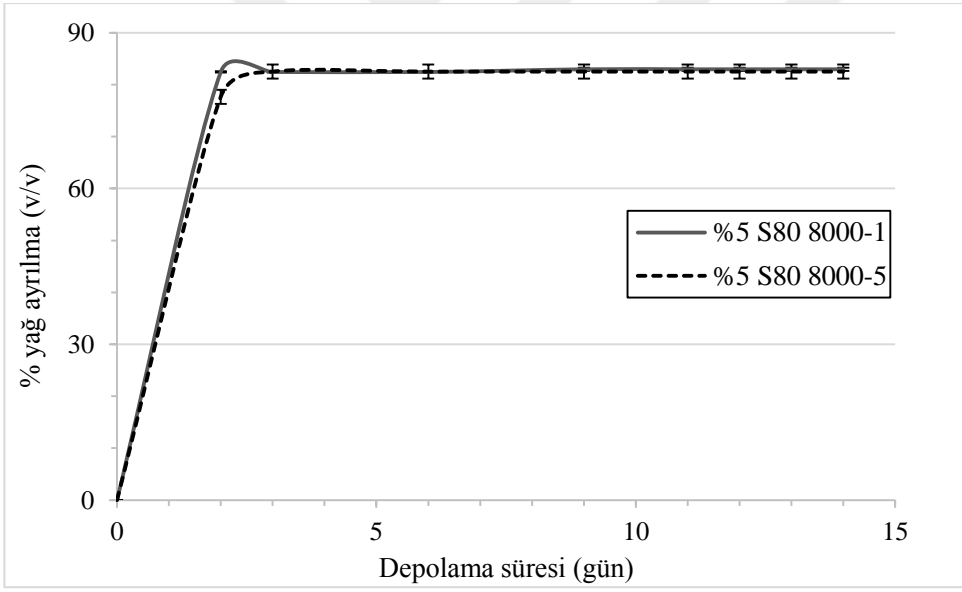
Çizelge 4.1’de belirtilen örnekler hazırlanarak 54°C’ de 14 gün süreyle hızlandırılmış depolama testlerine tabi tutulmuştur. Span 80 ile hazırlanan emülsiyonlara ait grafikler Şekil 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20’de gösterilmektedir. Grafikler incelendiğinde, 2. günden itibaren emülsiyonların karıştırma hızı, karıştırma süresi veya emülgatör oranından bağımsız olarak %80-83 arasında yağ ayrılması olduğu görülmektedir. Opawale and Burgess (1998) tarafından yapılan çalışmada, mineral yağ ve farklı sorbitan türevleri (Span 20, 80, 83 ve 85) ile S/Y emülsiyonları üretilmiş, Span 80 ile hazırlanan ve 60°C’de depolanan emülsiyonlarda 4 hafta süreyle kremleşme tabakası görülmediğini belirtmişlerdir. Ancak literatür özetinde de belirtildiği üzere, S/Y emülsiyonlarında faz ayrılması ve emülsiyon kararsızlığı kremleşme şeklinde değil, yağ ayrılması şeklinde oluşmaktadır. Söz konusu çalışmada, mineral yağa ait özellikler (viskozite, yoğunluk vb.) ve yağ fazı/su fazı oranı belirtilmemiş olması sebebiyle Span 80’in emülsifiye etme kapasitesi hakkında net bir yorum yapmak mümkün değildir.



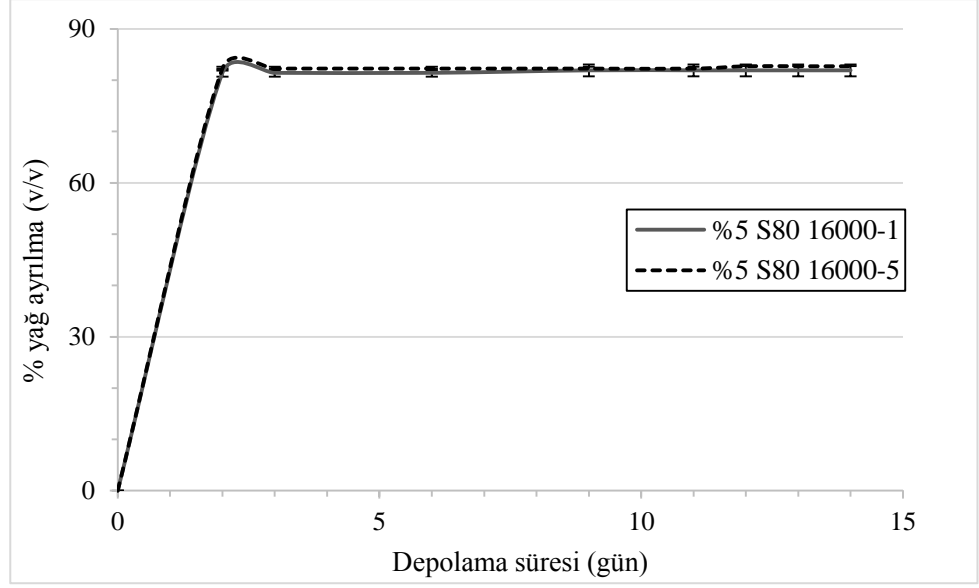
Şekil 4.17 %1 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



Şekil 4.18 %1 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

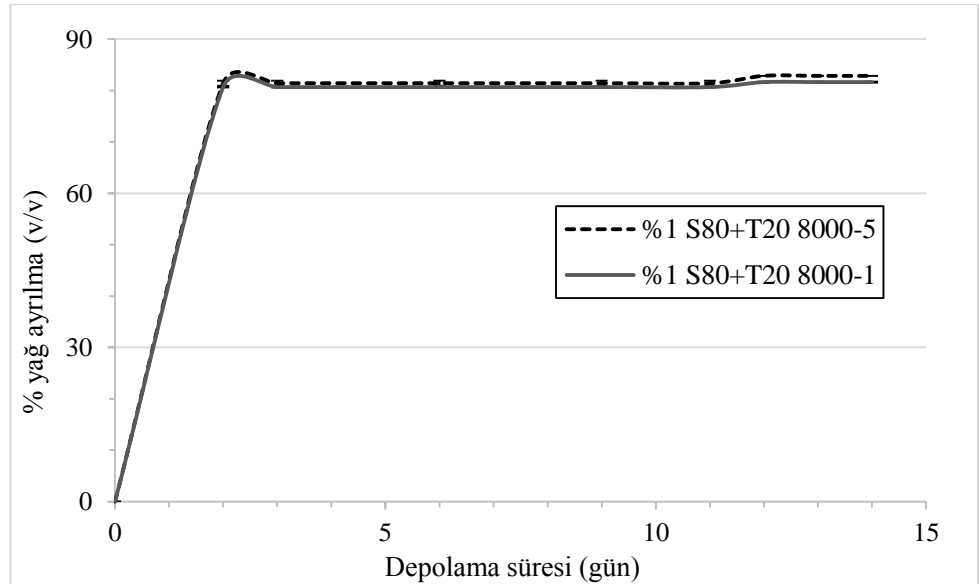


Şekil 4.19 %5 Span 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

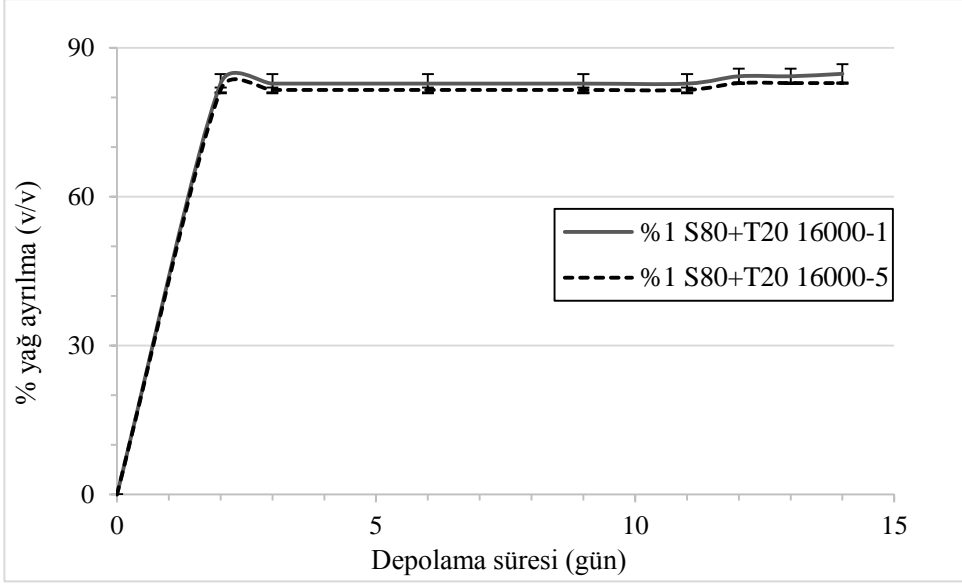


**Şekil 4.20** %5 Span 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

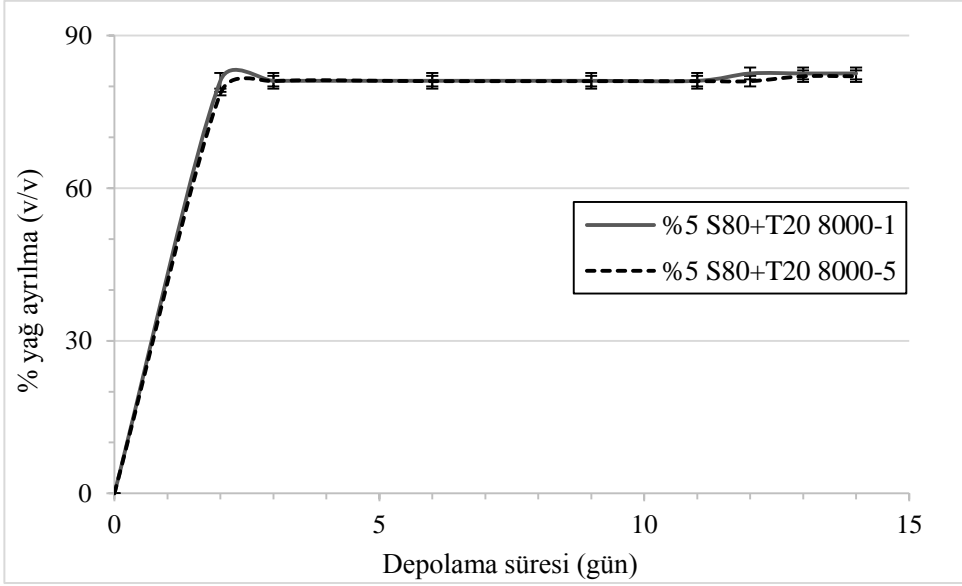
Span 80+ Tween 20 karışımı ile hazırlanan ve 54°C'de depolanan emülsiyonlara ait grafikler Şekil 4.21, 4.22, 4.23 ve 4.24'te gösterilmektedir. Span 80 ile hazırlanan emülsiyonlara benzer şekilde, karıştırma hızı, karıştırma süresi veya emülgatör içeriğinin, emülsiyonlardan ayrılan yağ miktarı üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiş, depolama süresi sonunda %82 civarında yağ ayrılması olduğu belirlenmiştir.



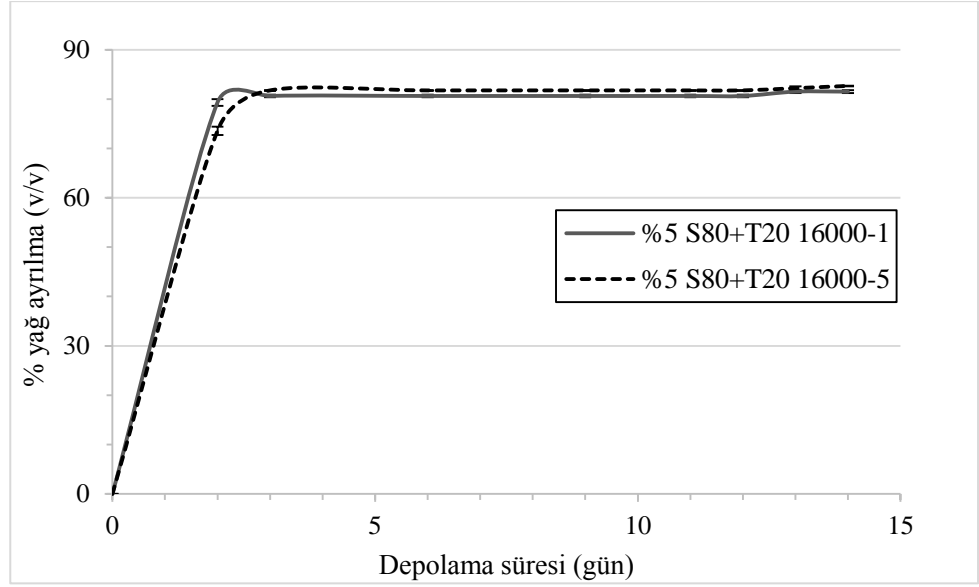
**Şekil 4.21** %1 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



**Şekil 4.22** %1 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

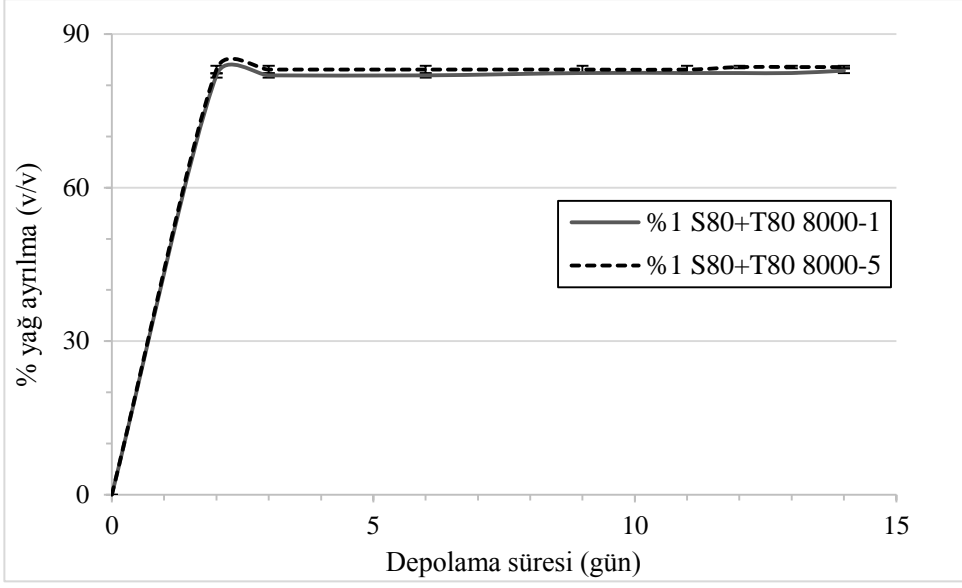


**Şekil 4.23** %5 Span 80+Tween 20 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

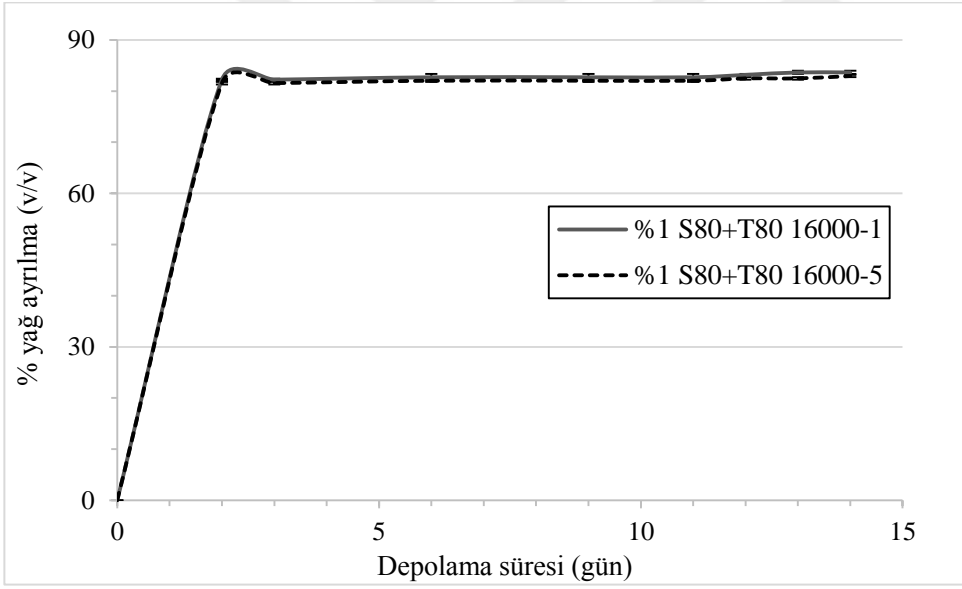


**Şekil 4.24** %5 Span 80+Tween 20 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

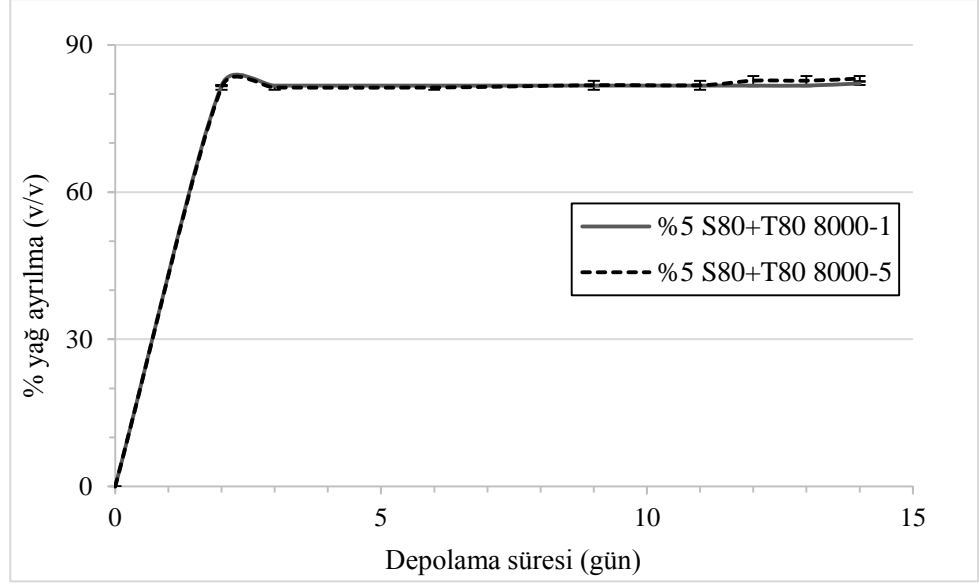
Span 80+ Tween 80 karışımı ile hazırlanan ve 54°C'de depolanan emülsiyonlara ait grafikler, Şekil 4.25, 4.26, 4.27 ve 4.28'de gösterilmektedir. Span 80 ve Span 80+Tween 20 karışımı ile hazırlanan emülsiyonlara benzer şekilde; karıştırma hızı, karıştırma süresi veya emülgatör içeriğinin, emülsiyonlardan ayrılan yağ içeriği üzerine herhangi bir etkisi gözlenmemiş olup, depolama süresi sonunda %82-84 arasında yağ ayrılması olduğu belirlenmiştir. Oda koşullarında depolama stabilitesi ve hızlandırılmış depolama testlerinde elde edilen yağ ayrılma sonuçları incelendiğinde; Span 80 ve Span 80 içeren emülgatör karışımlarının, %20 (w/w) su içeriğinde rafine zeytinyağı ile S/Y emülsiyonu oluşturmada başarısız olduğu görülmektedir.



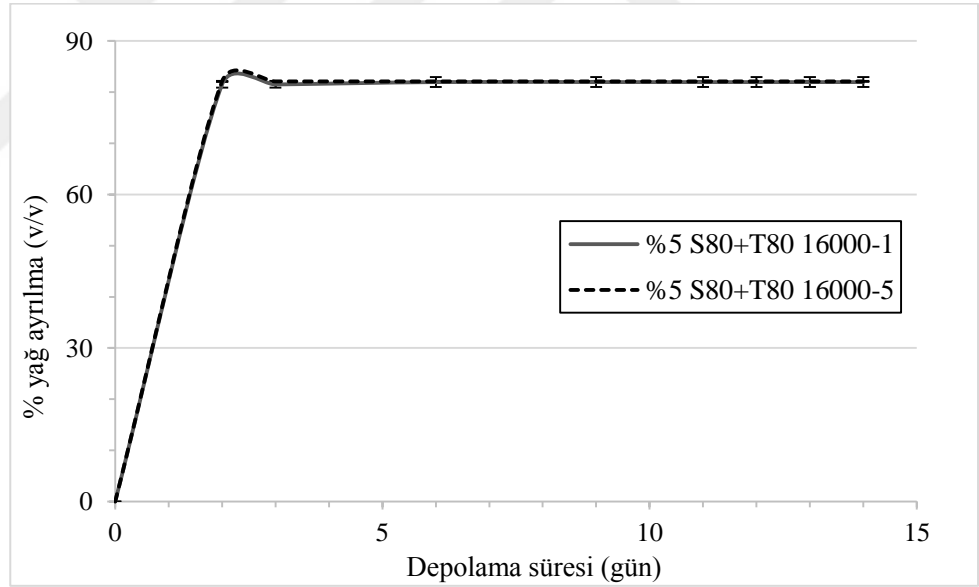
**Şekil 4.25** %1 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



**Şekil 4.26** %1 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



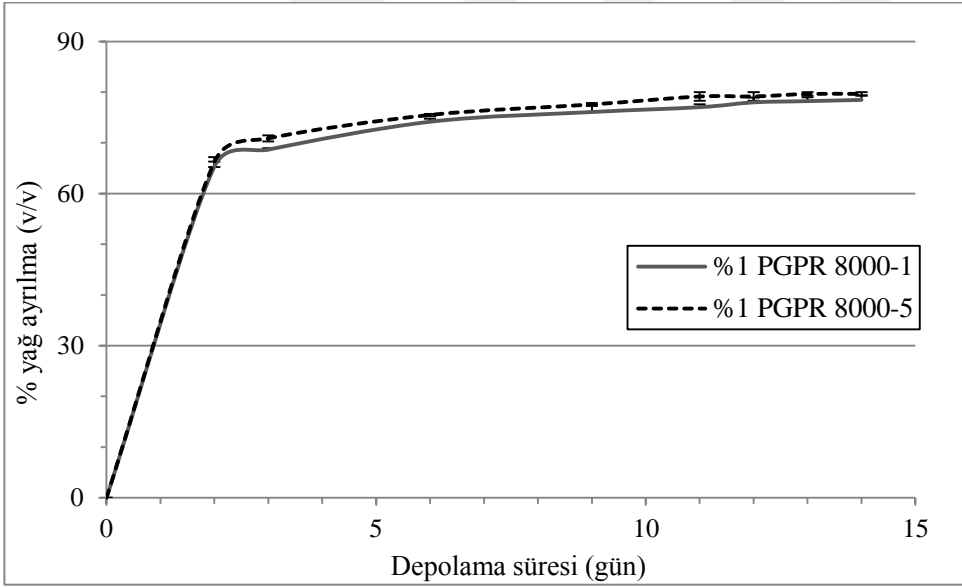
**Şekil 4.27** %5 Span 80+Tween 80 içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



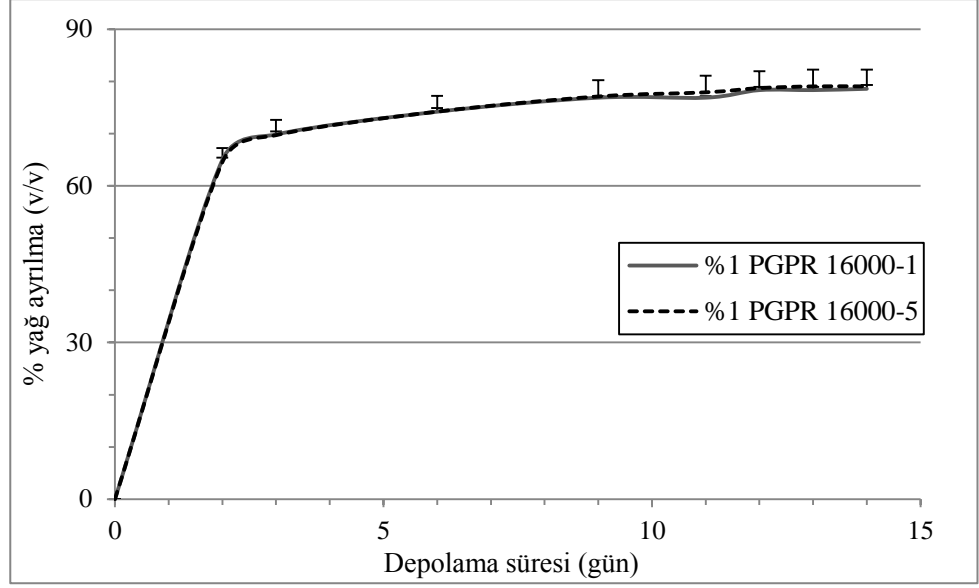
**Şekil 4.28** %5 Span 80+Tween 80 içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

Hızlandırılmış depolama koşullarında kararlılığı incelenen diğer emülsiyonlar PGPR ile hazırlanmış olup, sonuçları Şekil 4.29, 4.30, 4.31 ve 4.32'de gösterilmiştir. %1 PGPR içeren 8000 ve 16000 rpm'de hazırlanan emülsiyonlarda yağ ayrılma yüzdelerinin, karıştırma hızından etkilenmediği ve %1 PGPR içeren emülsiyonlarda ayrılan yağ miktarının %80'den düşük olduğu

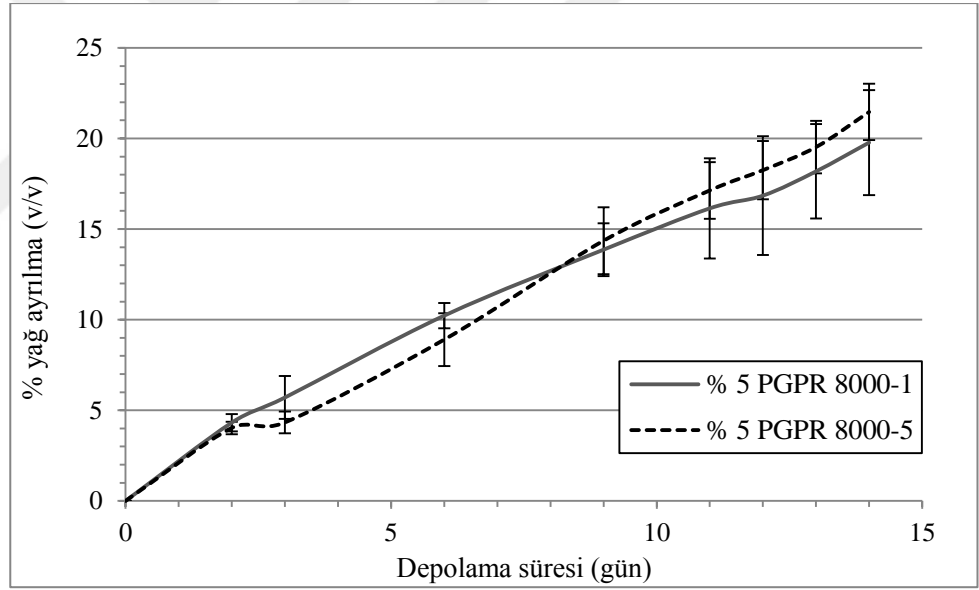
belirlenmiştir. Span 80 ve Span 80 içeren emülgatör karışımlarında depolamanın ilk iki gününde hızla yağ ayrılırken, %5 PGPR içeren emülsiyonlarda 14 günlük depolamanın sonunda bile diğer emülgatörlerin ilk iki gününde ayrılan yağ miktarından daha az yağ ayrıldığı ortaya çıkmıştır. Ushikubo and Cunha (2014)'nın yapmış olduğu çalışmada, yağ fazı olarak soya yağı kullanıldığında, bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara benzer şekilde, PGPR içeren emülsiyonların, içerdiği su fazı oranından bağımsız olarak Span 80 içeren emülsiyonlardan daha kararlı yapıda olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Matos et al. (2014) tarafından yapılan çalışmada, Miglyol 812 sürekli fazı ile yapılan emülsiyonlarda %5 (w/v) Span 80 kullanılan emülsiyonun damlacık çapının ( $d_{43}=3.73 \mu\text{m}$ ), %5 (w/v) PGPR ile homojenize edilen emülsiyona ( $d_{43}=0.74 \mu\text{m}$ ) kıyasla daha büyük olduğu ve çok tepeli dağılım gözlemlendiği aktarılmaktadır. Ayrıca çift katlı emülsiyonların kararlılığının incelendiği bir çalışmada, Span 80'in çoklu emülsiyonları stabilize etmekte başarısız olduğu ve emülsiyon elde etme verimliliğinin düşük olduğu belirtilmiştir (Garti and Aserin, 1996).



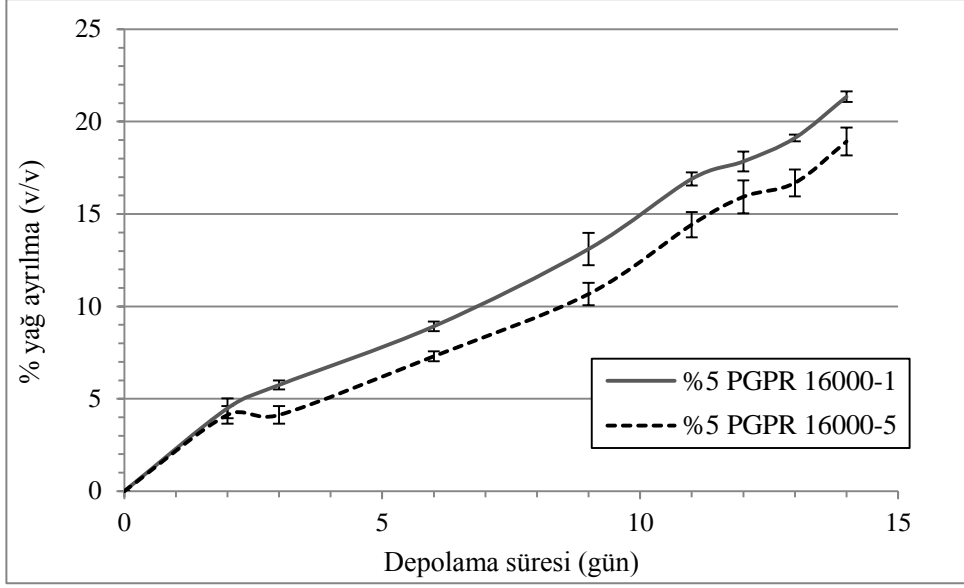
**Şekil 4.29** %1 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



Şekil 4.30 %1 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



Şekil 4.31 %5 PGPR içeren 8000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.



Şekil 4.32 %5 PGPR içeren 16000 rpm hızda 1 ve 5 dk karıştırılan emülsiyonda % yağ ayrılma.

Şekil 4.31 ve 4.32 incelendiğinde, yüksek hızda yapılan homojenizasyon işleminin, artan süreyle emülsiyon kararlılığına olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir. Ancak homojenizasyon sırasında emülsiyon sıcaklığının yükselmesinin, emülsiyon yapısının kırılması ve faz ayrılmasına yol açması sebebiyle 16000 rpm'den yüksek homojenizasyon hızlarının depolama kararlılığını olumsuz etkileyeceği düşünülmektedir.

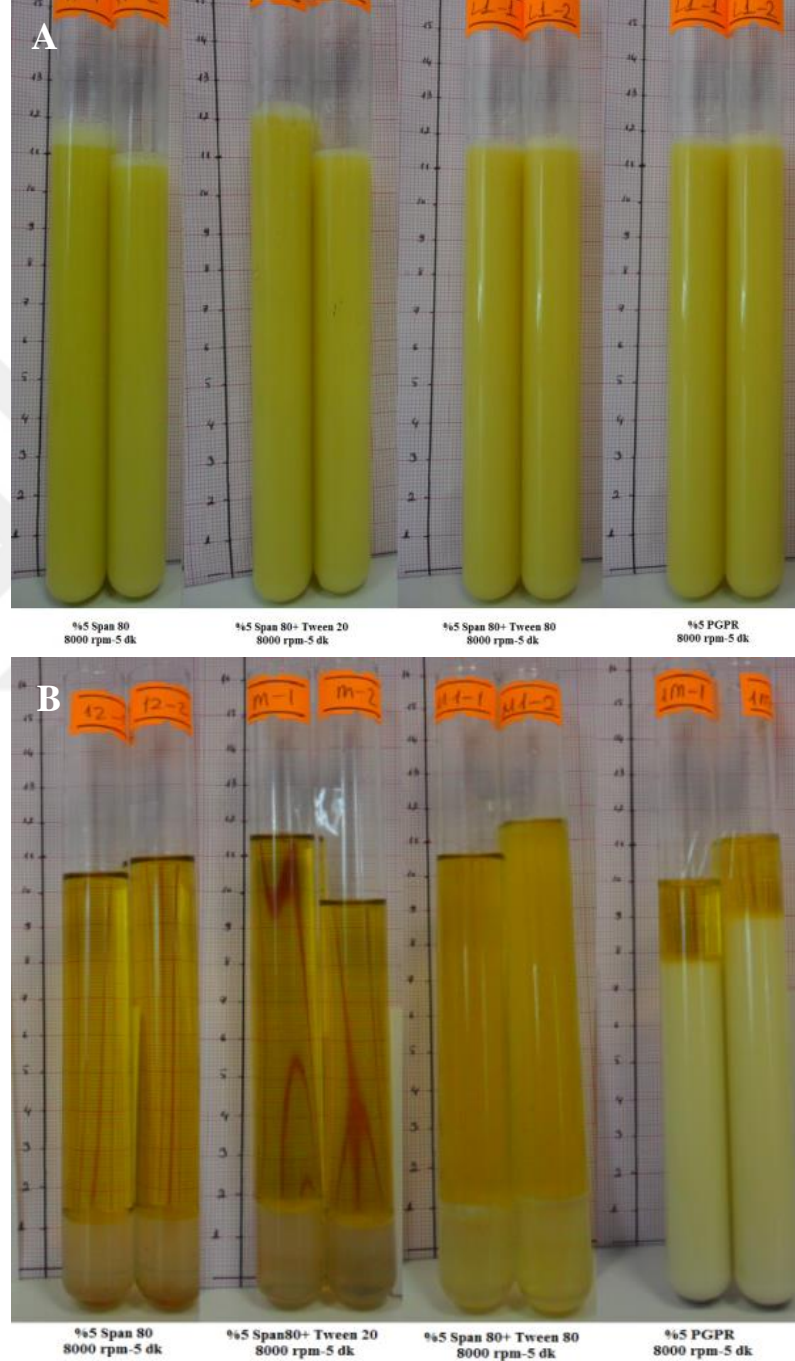
Tüm emülgatör çeşitlerinin emülsiyon oluşturma kapasitelerini belirlemek amacıyla yapılan istatistiksel analize göre (Çizelge 4.2); emülgatör oranı, karıştırma hızı veya karıştırma süresinden bağımsız olarak, en düşük % yağ ayrılma değerinin PGPR kullanılan emülsiyonlarda olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Diğer emülgatörlerle (Span 80, Span 80+ Tween 20, Span 80+ Tween 80) hazırlanan emülsiyonlarda ise, yağ ayrılma değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır ( $p > 0.05$ ).

Çizelge 4.2 Emülgatör tipinin yağ ayrılma üzerine etkisi.

Emülgatör tipi	% (v/v) Ortalama yağ ayrılma
Span 80	82.37 <sup>b</sup>
Span 80+ Tween 20	82.61 <sup>b</sup>
Span 80+ Tween 80	82.80 <sup>b</sup>
PGPR	49.66 <sup>a</sup>

<sup>a-b</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

Şekil 4.33 'te %5 sabit emülgatör oranında 8000 rpm ve 5 dk homojenize edilmiş emülsiyonların hızlandırılmış depolama öncesi (Şekil 4.33-A) ve sonrası (Şekil 4.33-B) görüntüleri verilmiştir. Depolama sonunda (14. gün) Span 80 emülgatör içeren emülsiyonlarda yağ fazı ve su fazı ayrılmasının belirgin olduğu şekilden de görülmektedir.



Şekil 4.33 Hızlandırılmış depolama öncesi: A ve sonrası: B emülsiyon görüntüleri.

Hızlandırılmış depolama testleri sonucunda yapılan istatistiksel analizlere göre, en düşük yağ ayrılma PGPR emülgatörüyle elde edilmiş olup, tez çalışmasının bundan sonraki aşamasında oluşturulan deney tasarımında PGPR emülgatörünün kullanılması gerektiği belirlenmiştir.

## **4.2 Deney Tasarımı ile Uygun Emülsiyon Formülasyonunun Belirlenmesi**

Yapılan ön çalışmalarda, farklı emülgatör çeşitleri (Span80, Span80+Tween20, Span80+Tween80 ve PGPR), karıştırma hızları (8000 ve 16000 rpm) ve karıştırma sürelerinin sabit yağ içeriğinde (%80, ağırlıkça) emülsiyonun depolama sırasında kararlılığına etkileri incelenmiştir. Bu ön denemelerden elde edilen sonuçlara göre, hazırlanacak S/Y tipi emülsiyonlarda kullanılması gereken emülgatörün PGPR olması ve karıştırma süresinin 5 dakika ile sabit tutulmasıyla en kararlı emülsiyonlar elde edildiği belirlenmiştir. Sabit karıştırma süresinde farklı yağ oranı, farklı emülgatör oranı ve farklı karıştırma hızlarında hazırlanacak emülsiyonların kararlılıklarının, belirtilen bu değişkenlere bağlı olarak nasıl değiştiğini saptamak amacıyla Minitab 15 (Minitab Inc.) istatistik yazılımıyla Çizelge 4.3'te gösterilen yanıt yüzey yöntemiyle (response surface method) merkezi birleşik tasarım (central composite design) ile 3 faktörlü, rastgele sıralanan deneme deseni oluşturulmuştur. Bu tasarımda yanıt olarak % yağ ayrılma (hızlandırılmış depolama sonucu), viskozite ve zeta potansiyeli bağımlı değişkenler olarak verilmiş olup, deney tasarımı ile öncelikle kararlı bir emülsiyonda bulunması gereken emülgatör miktarının belirlenmesi önem taşımaktadır.

Deney tasarımına göre 20 farklı deneme çıkmış olup, bu denemelerin 6 tanesi merkez noktasında (%70 yağ, %3 PGPR, 12000 rpm karıştırma hızı) yer almaktadır. Deneme deseninde verilen her bir deneme için 2 tekrar 3 paralel olarak analiz yapılmış olup, bu değerlerin ortalamaları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Bu çizelgede görüldüğü gibi, en düşük yağ ayrılma değerleri %80 yağ ve %5 PGPR içeren örneklerde elde edilirken, en yüksek yağ ayrılma değerleri %1 PGPR ve %70 yağ içeren emülsiyonlarda elde edilmiştir. Emülsiyonlarda bulunması gereken optimum dağılan faz oranı literatürde %20-30 olarak belirtilmektedir (Su, 2008). Dağılan fazın oranının artışı, damlacıkların çarpışmasını artırırken emülsifikasyon sırasında birleşmeye yol açmaktadır (Tadros et al., 2004). Ayrıca emülgatör tipi, emülgatör oranı, sıcaklık ve karıştırma hızı gibi değişkenler sabit tutularak emülsiyonun dağılan faz oranı

arttırıldığında, kritik hacimsel orana ( $\Phi_{cp}$ ) ulaşılmakta ve bu da aşırı faz ayrılması veya emülsiyonun tamamen parçalanmasına yol açmaktadır (McClements, 2005).

**Çizelge 4.3** Yağ oranı-emülgatör oranı- karıştırma hızı ile oluşturulan deneme deseni.

Standart sıra	Çalışma sırası	Nokta şekli	Yağ oranı (% , w/w)	Emülgatör oranı (% , w/w)	Karıştırma hızı (rpm)
19	1	0	70	3	12000
7	2	1	60	5	16000
4	3	1	80	5	8000
17	4	0	70	3	12000
6	5	1	80	1	16000
16	6	0	70	3	12000
18	7	0	70	3	12000
13	8	-1	70	3	8000
11	9	-1	70	1	12000
10	10	-1	80	3	12000
12	11	-1	70	5	12000
2	12	1	80	1	8000
15	13	0	70	3	12000
3	14	1	60	5	8000
20	15	0	70	3	12000
5	16	1	60	1	16000
9	17	-1	60	3	12000
8	18	1	80	5	16000
1	19	1	60	1	8000
14	20	-1	70	3	16000

**Çizelge 4.4** Yanıt yüzey yönteminde verilen yanıtlar.

Standart sıra	Yağ oranı (% , w/w)	Emülgatör oranı (% , w/w)	Karıştırma hızı (rpm)	% Yağ ayrılma (v/v)	Viskozite (mPa.s)	Zeta Potansiyeli (mV)
19	70	3	12000	33.19	153.00	-0.198
7	60	5	16000	33.69	259.13	-0.216
4	80	5	8000	21.46	116.08	0.173
17	70	3	12000	33.42	149.97	0.156
6	80	1	16000	79.05	97.12	-0.038
16	70	3	12000	31.96	159.73	0.125
18	70	3	12000	30.79	147.67	0.173
13	70	3	8000	32.85	157.40	-0.158
11	70	1	12000	79.83	151.30	0.032
10	80	3	12000	29.55	105.31	0.180
12	70	5	12000	27.97	157.05	0.393
2	80	1	8000	79.64	101.70	0.219
15	70	3	12000	30.31	158.27	0.412
3	60	5	8000	33.01	251.26	-0.292
20	70	3	12000	35.53	156.78	0.097
5	60	1	16000	73.00	230.93	-0.032
9	60	3	12000	39.47	246.28	-0.212
8	80	5	16000	18.92	116.23	-0.037
1	60	1	8000	72.07	229.50	-0.084
14	70	3	16000	27.51	156.72	-0.247

Çizelge 4.5'te deney tasarımından elde edilen yanıtlara bağlı olarak elde edilen regresyon analizinin sonuçları verilmiştir. Görüldüğü gibi emülsiyon kararlılığında en önemli ölçüt olan % yağ ayrılma değeri üzerine; emülgatör oranı, karıştırma hızı, emülgatör oranının karesi, karıştırma hızının karesi ve yağ oranı ile emülgatör oranının çarpım halinde etkisi önemli düzeyde etkili bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Bu çizelgedeki katsayılar kullanılarak yağ ayrılma oranı üzerine etkili değişkenler bir fonksiyon halinde Eşitlik 4.3'te belirtilmiştir. Bu eşitliğe göre yağ oranının ve emülgatör oranının artışı emülsiyondan ayrılan yağ miktarını azaltmaktadır.

**Çizelge 4.5** % Yağ ayrılma yanıtı için tahminlenmiş regresyon katsayıları.

Terim*	Katsayı	St. hata katsayısı	T	p
Katsayı	98.1659	65.2328	1.505	0.163
YO	-0.9630	1.9427	-0.496	0.631
EO	-25.4080	3.7109	-6.847	0.000
K	0.0057	0.0025	2.254	0.048
YO × YO	0.0119	0.0137	0.865	0.407
EO × EO	5.1445	0.3433	14.986	0.000
K × K	-0.000	0.0000	-2.288	0.045
YO × EO	-0.2496	0.0403	-6.201	0.000
YO × K	-0.000	0.0000	-0.736	0.479
EO × K	-0.000	0.0001	-0.342	0.740

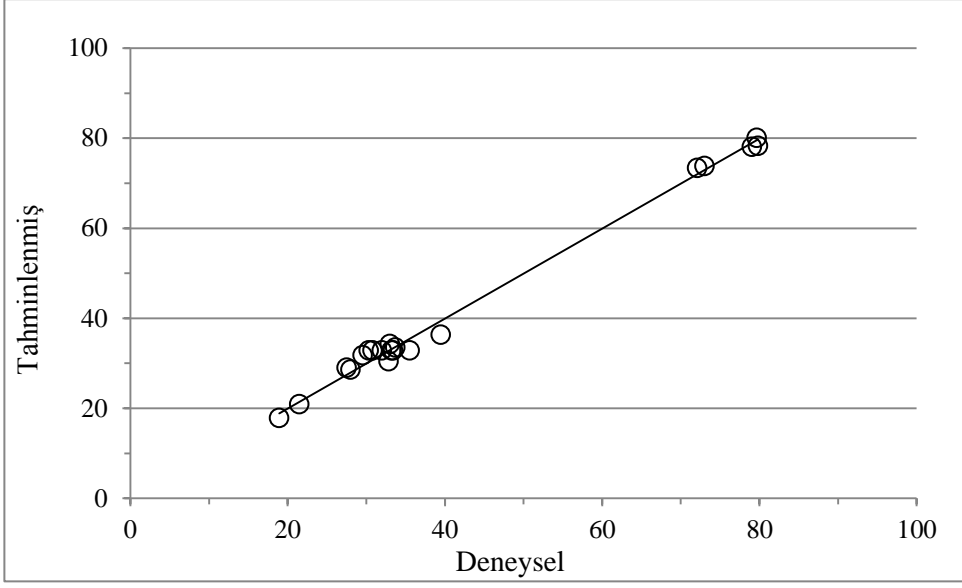
\* Yağ oranı: YO, emülgatör oranı: EO, karıştırma hızı: K

S=2.27716, PRESS= 280.931, R<sup>2</sup>=0.9938 R<sup>2</sup>(pred)=0.9665, Adj- R<sup>2</sup>=0.9883

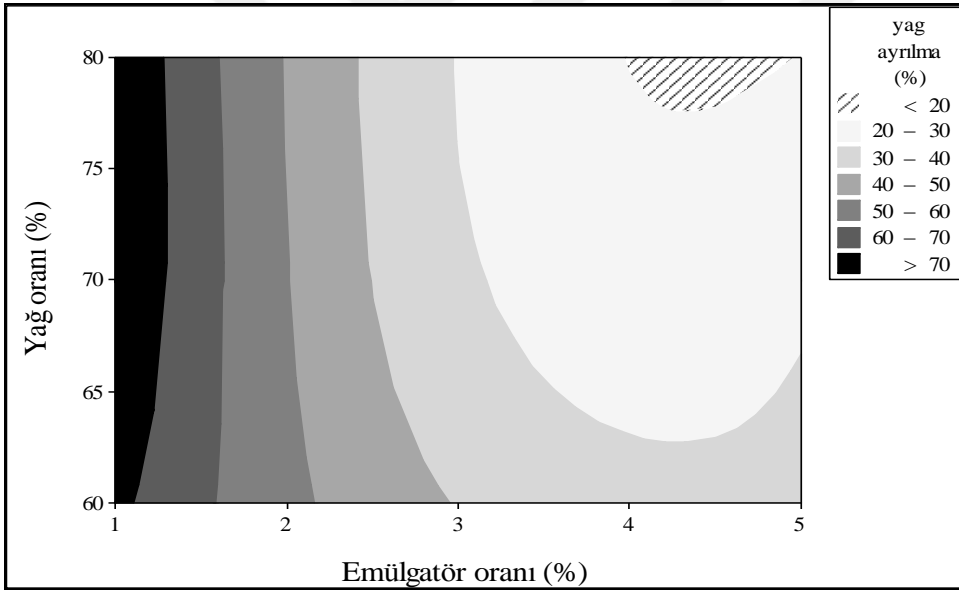
$$(\%) \text{Yağ ayrılma} = 98.1659 - (25.4080 \times \text{EO}) + (0.0057 \times \text{K}) + (5.1445 \times \text{EO}^2) - (0.2496 \times \text{YO} \times \text{EO}) \quad (4.3)$$

Yağ ayrılma oranının deneysel veriler ile modelden tahminlenen verilen uyumu (R<sup>2</sup>=0.9938) oldukça iyi olup bu veriler Şekil 4.34'te karşılaştırılmıştır. Şekilde de gösterildiği gibi deneysel ve tahminlenen sonuçlar bir doğru üzerinde yığılmakta bu da modelin deneysel sonuçları temsil edebilme yeteneğinin iyi olduğunu göstermektedir.

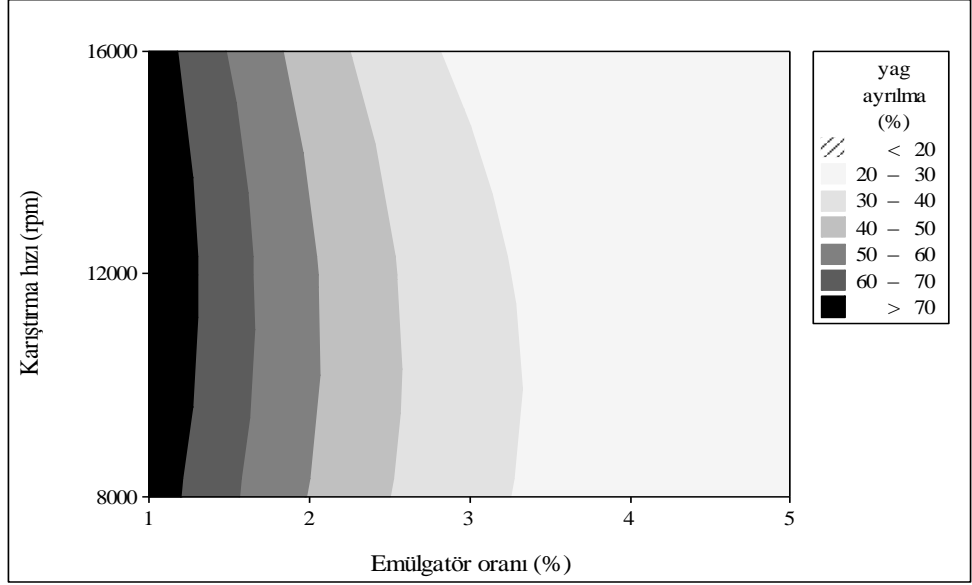
Şekil 4.35 ve 4.36'da % yağ ayrılma değerinin, modelde etkili olan diğer değişkenlere bağlı değişimi gösterilmiştir. Görüldüğü gibi en az % yağ ayrılma değerleri, emülgatör oranı %4'ten fazla ve yağ oranı %75'ten fazla iken elde edilmiştir. Ayrıca karıştırma hızının, emülgatör oranı %3-5 aralığında iken % yağ ayrılma değeri üzerinde çok önemli bir değişim yaratmadığı görülmektedir.



Şekil 4.34 Deneysel ve tahminlenmiş % yağ ayrılma değerlerinin kıyaslanması.

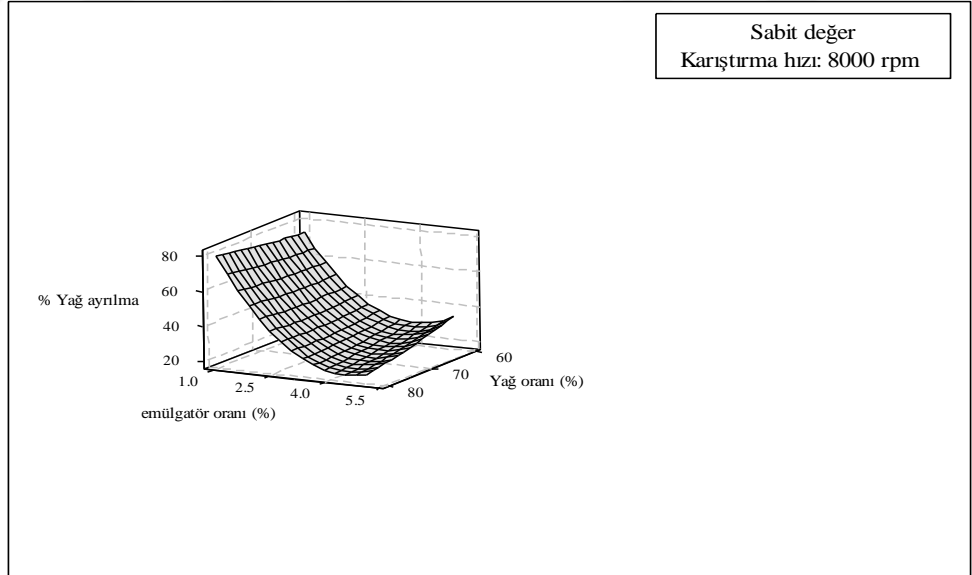


Şekil 4.35 Yağ oranı ve emülgatör oranının %yağ ayrılma üzerine etkisi.



Şekil 4.36 Karıştırma hızı ve emülgatör oranının % yağ ayrılma üzerine etkisi.

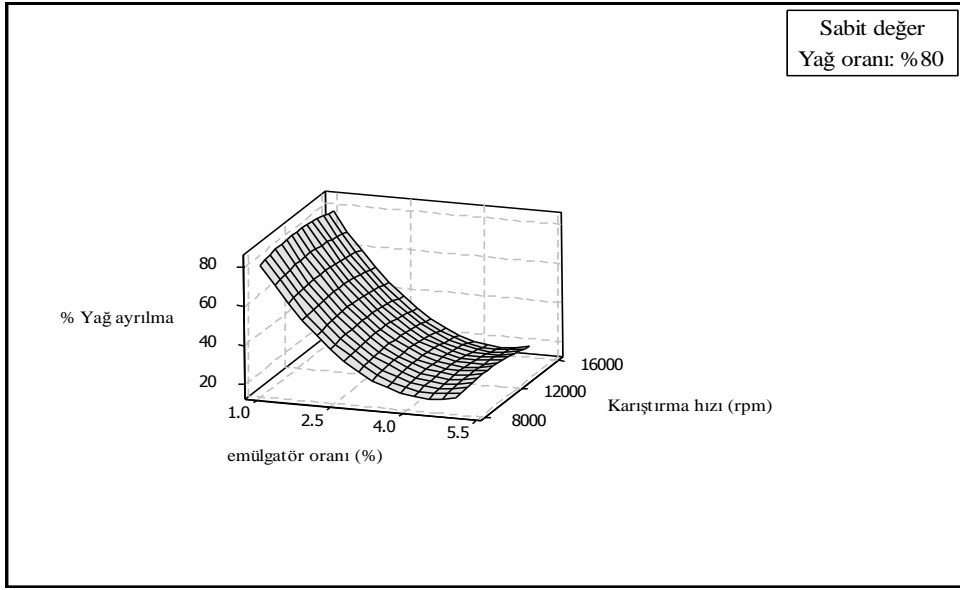
Şekil 4.37'de karıştırılma hızı 8000 rpm'de sabit tutulduğunda % yağ ayrılma değerinin, emülgatör oranı ve yağ oranına bağlı değişimi gösterilmiştir. Görüldüğü üzere emülgatör oranı en fazla (%5) ve yağ oranı en fazla (%80) olduğunda emülsiyondan ayrılan yağ miktarı en düşük değerine ulaşmaktadır.



Şekil 4.37 8000 rpm sabit karıştırma hızında yağ oranı ve emülgatör oranının %yağ ayrılma üzerine etkisi.

Yağ oranı %80'de sabit tutularak yağ ayrılma üzerine emülgatör oranı ve karıştırma hızının etkisi Şekil 4.38'de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi en düşük yağ

ayrılma oranı, en yüksek emülgatör oranında elde edilirken; karıştırma hızının yağ ayrılma üzerine önemli düzeyde etkili olmadığı görülmektedir. Çizelge 4.6'da % yağ ayrılma için değişkenlerin varyans analizi sonuçları verilmiş olup, regresyon analizinin sonuçlarının önemli olduğu ( $p < 0.05$ ) ve değişkenlerin lineer, kare ve interaksiyon halinde model denkliği üzerinde etkisinin önemli olduğu görülmektedir ( $p < 0.05$ ).

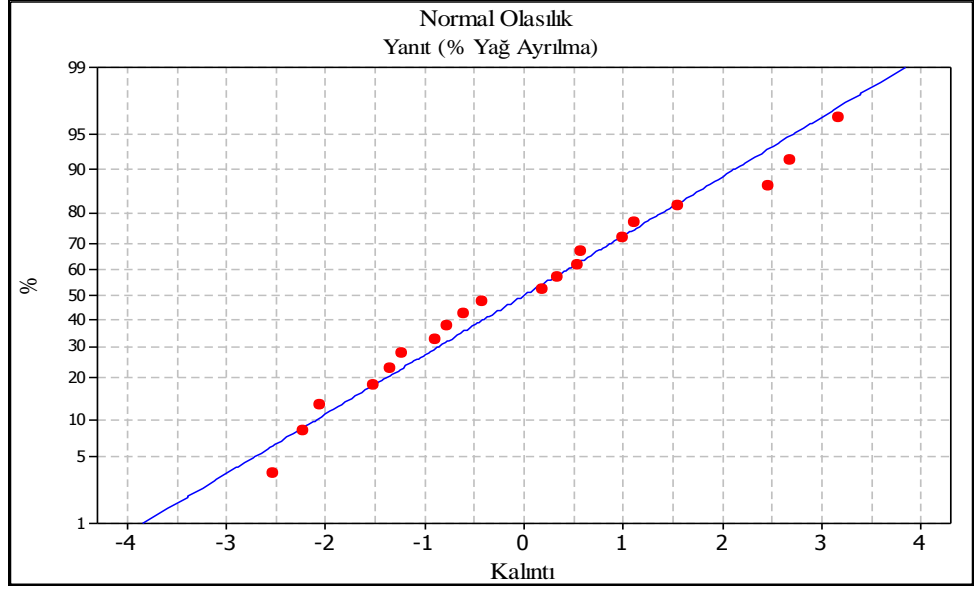


Şekil 4.38 % 80 yağ oranında karıştırma hızı ve emülgatör oranının % yağ ayrılma üzerine etkisi.

Çizelge 4.6 %Yağ ayrılma için varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	p
Regresyon	9	8346.01	8346.01	927.334	178.83	0.000
Lineer	3	6233.09	261.45	87.150	16.81	0.000
Kare	3	1910.11	1910.11	636.703	122.79	0.000
İnteraksiyon	3	202.81	202.81	67.605	13.04	0.001
Kalıntı hata	10	51.85	51.85	5.185		
Uyum eksikliği	5	33.35	33.35	6.669	1.80	0.267
Saf hata	5	18.51	18.51	3.702		
Toplam	19	8397.86				

Şekil 4.39 'da görüldüğü gibi deney tasarımında yağ ayrılma oranının kalıntı düzeyi verilmiş olup sonuçların bir doğru üzerinde yığılması deney tasarımı oluşan kalıntıların normal dağılış gösterdiğini ve regresyon analizi sonuçlarının en düşük rastgele varyans ile tahminlendiğini belirtmektedir.



Şekil 4.39 % yağ ayrılma yanıtı için kalıntı-olasılık grafiği.

Çizelge 4.7 ve Eşitlik 4.4'te viskozite yanıtı üzerine etkili olan değişkenler verilmiştir. Viskozitenin tahminlenen değerleri üzerine değişkendeki katsayının, emülsiyonda bulunan yağ oranının ve yağ oranının karesinin önemli düzeyde etkili olduğu görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Viskozite yanıtı için, %yağ ayrılma yanıtında olduğu gibi- regresyon analizinin önemli olduğu, elde edilen yüksek belirleme katsayısından da anlaşılmaktadır ( $R^2 = 0.9956$ ). Kümelenmemiş emülsiyonlarda dağılan faz oranının artışının, emülsiyon viskozitesini arttırdığı belirtilmektedir (McClements, 2005). Eşitlik 4.4'te gösterildiği gibi yağ oranının yüksek oluşu viskoziteyi düşürmektedir. Böylelikle düşük viskoziteli emülsiyonlarda, daha kararlı bir yapının elde edileceği ve emülsiyondan ayrılan yağ miktarının düşeceği görülmektedir. Literatürde emülsiyon viskozitesinin düşük olması durumunda, emülsiyonun kararlılığının iyileştiği belirtilmektedir (McClements, 2005; Çelebi, 2009c; Tadros, 2009; Herrera, 2012). Ayrıca Şekil 4.41 incelendiğinde, viskozitenin azalması üzerine en etkili değişkenin yağ oranı olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.7** Viskozite yanıtı için tahminlenmiş regresyon katsayıları.

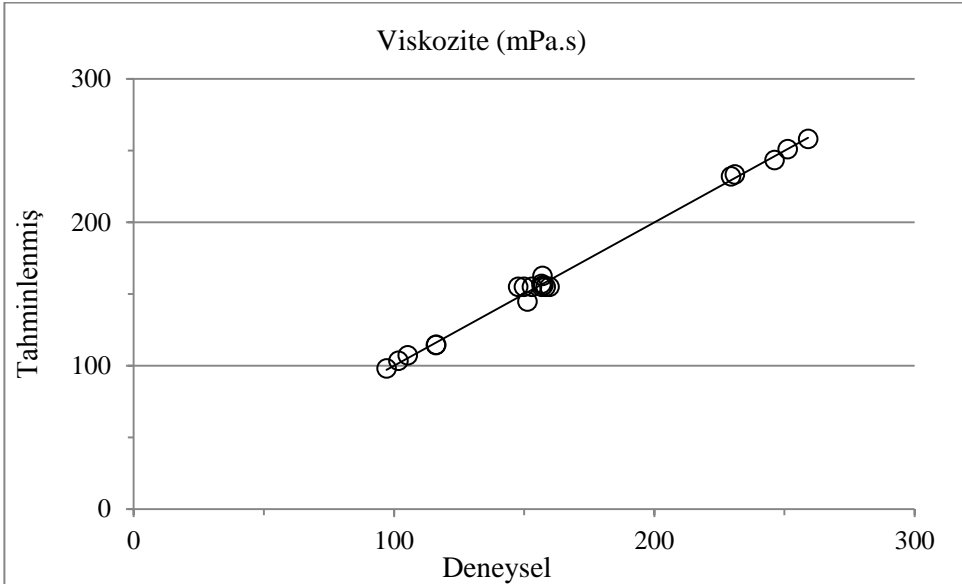
Terim*	Katsayı	St. hata katsayısı	T	p
Katsayı	1573.49	134.369	11.710	0.000
YO	-34.39	4.002	-8.595	0.000
EO	12.13	7.644	1.586	0.144
K	-0.00	0.005	-0.051	0.960
YO × YO	0.20	0.028	7.157	0.000
EO × EO	-0.34	0.707	-0.487	0.637
K × K	0.00	0.000	0.533	0.606
YO × EO	-0.12	0.083	-1.425	0.185
YO × K	-0.00	0.000	-0.851	0.415
EO × K	0.00	0.000	1.026	0.329

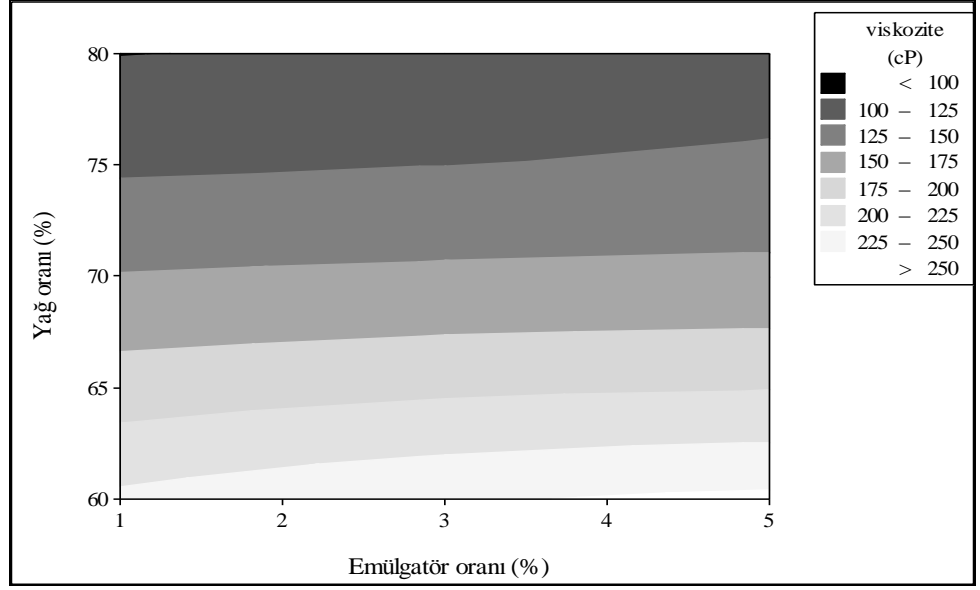
\* Yağ oranı: YO, emülgatör oranı: EO, karıştırma hızı: K

S=4.69060, PRESS= 938.658,  $R^2=0.9956$ ,  $R^2(\text{pred})=0.9812$ , Adj-  $R^2=0.9916$

$$\text{Viskozite} = 1573.49 - (34.39 \times \text{YO}) + (0.20 \times \text{YO}^2) \quad (4.4)$$

Şekil 4.40'ta gösterildiği gibi viskozite yanıtı için deneysel ve tahminlenen sonuçlar bir doğru üzerinde yığılmakta ve Eşitlik 4.4'te gösterilen bu modelin deneysel sonuçları temsil edebilme yeteneğinin iyi olduğunu göstermektedir.

**Şekil 4.40** Deneysel ve tahminlenmiş viskozite değerlerinin kıyaslanması.



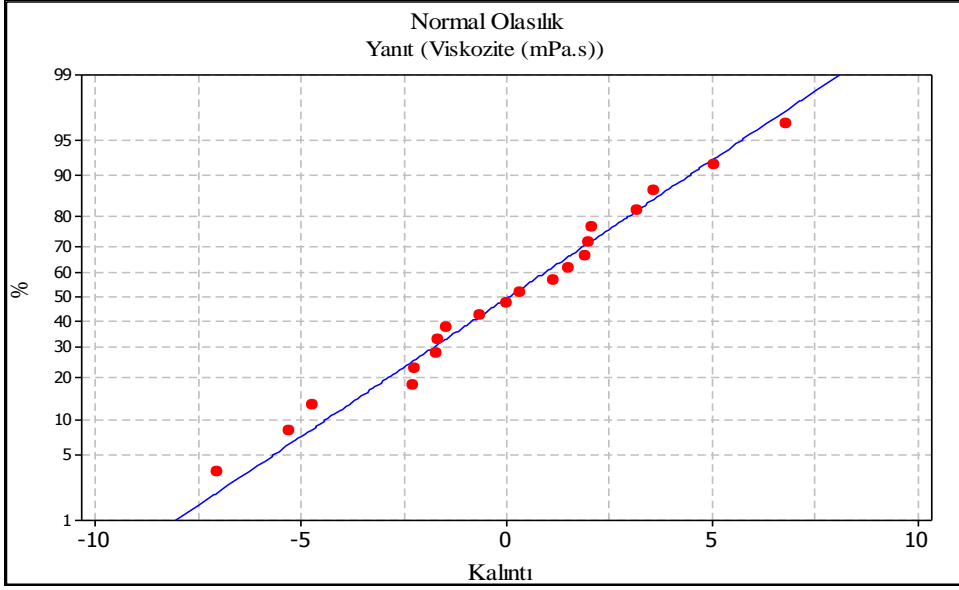
**Şekil 4.41** Yağ oranı ve emülgatör oranının viskozite üzerine etkisi.

Çizelge 4.8’de viskozite yanıtı için değişkenlerin varyans analizi sonuçları verilmiş olup, regresyon analizinin sonuçlarının önemli olduğu ( $p<0.05$ ) ve değişkenlerin lineer ve kareleri halinde model denkliği üzerinde etkisinin önemli olduğu ( $p<0.05$ ) tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.8** Viskozite için varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	p
Regresyon	9	49576.5	49576.55	5508.51	250.37	0.000
Lineer	3	47419.7	1724.58	574.86	26.13	0.000
Kare	3	2073.1	2073.08	691.03	31.41	0.000
İnteraksiyon	3	83.8	83.79	27.93	1.27	0.337
Kalıntı hata	10	220.0	220.02	22.00		
Uyum eksikliği	5	104.2	104.25	20.85	0.90	0.544
Saf hata	5	115.8	115.77	23.15		
Toplam	19	49796.6				

Şekil 4.42 ‘de görüleceği üzere, deney tasarımında viskozite değerlerinin kalıntı düzeyi verilmiş olup, sonuçların bir doğru üzerinde yığılması deney tasarımında oluşan kalıntıların normal dağılım gösterdiğini ve en düşük rastgele varyans ile deney sonuçlarının tahminlendiğini belirtmektedir.



Şekil 4.42 Viskozite yanıtı için kalıntı-olasılık grafiği.

Deney tasarımından elde edilen zeta potansiyeli değer incelendiğinde (Çizelge 4.9), örneklerin ortalama zeta potansiyelinin -0.292 ile 0.412 mV arasında olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlarla yapılan regresyon analizinde ise; karıştırma hızı ve karıştırma hızının karesinin önemli düzeyde ( $p < 0.05$ ) etkili olduğu görülürken, yapılan varyans analizi testine göre (Çizelge 4.10); regresyon analizi ve bileşenlerin lineer, kare veya intereksiyonlarının istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir ( $p > 0.05$ ). Zeta potansiyeli; emülsiyonların elektrostatik ayrılma kararlılığını belirlemekte önemli bir parametre olup,  $\pm 25$  mV ve üzerinde zeta potansiyeline sahip emülsiyonlar kararlı olarak belirtilmektedir (McClements, 2005). Cakmak et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada belirtildiği gibi, incelenen emülsiyonlarda birincil kararsızlık mekanizmasının elektrostatik ayrılma olmadığı görülmektedir.

Deney tasarımından elde edilen verilere göre, en az yağ ayrılmanın, %80 yağ, %20 su ve %5 PGPR içeren örnekler olduğu belirlenmiştir. %yağ ayrılma yanıtına ait regresyon katsayıları ve elde edilen model denkleğine göre; karıştırma hızı değişkeni yağ ayrılma oranı üzerinde önemli düzeyde etkili bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Model denkleğine göre; karıştırma hızının en düşük değerinde olması ile yağ ayrılma oranının en az değere sahip olacağı görülmektedir. Deney tasarımından elde edilen veriler göz önüne alındığında; %80 (w/w) yağ, %20 (w/w) su ve %5 (w/w) PGPR içeren emülsiyonların 8000 rpm hızda 5 dakika homojenize edilmesiyle en kararlı emülsiyon elde edildiği görülmekte olup, tez

çalışmasının bundan sonraki aşamalarında hazırlanacak emülsiyonlarda belirtilen bileşim ve homojenizasyon koşullarının uygulanmasına karar verilmiştir.

**Çizelge 4.9** Zeta potansiyeli yanıtı için tahminlenmiş regresyon katsayıları.

Terim*	Katsayı	St. hata katsayısı	T	p
Katsayı	-6.69	5.048	-1.324	0.215
YO	0.12	0.150	0.774	0.457
EO	-0.42	0.287	-1.454	0.177
K	0.00	0.000	2.513	0.031
YO × YO	-0.00	0.001	-0.586	0.571
EO × EO	0.04	0.027	1.559	0.150
K × K	-0.00	0.000	-2.345	0.041
YO × EO	0.00	0.003	0.697	0.502
YO × K	-0.00	0.000	-1.196	0.259
EO × K	0.00	0.000	0.142	0.890

\* Yağ oranı: YO, emülgatör oranı: EO, karıştırma hızı: K

S=0.17622, PRESS= 1.10, R<sup>2</sup>=0.6202, R<sup>2</sup>(pred)=0.0000, Adj- R<sup>2</sup>=0.2783

**Çizelge 4.10** Zeta potansiyeli için varyans analizi sonuçları.

Varyans kaynağı	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	p
Regresyon	9	0.5	0.51	0.06	1.81	0.183
Lineer	3	0.2	0.28	0.09	3.01	0.081
Kare	3	0.3	0.25	0.08	2.69	0.103
İnteraksiyon	3	0.1	0.06	0.02	0.65	0.603
Kalıntı hata	10	0.3	0.31	0.03		
Uyum eksikliği	5	0.1	0.12	0.02	0.63	0.688
Saf hata	5	0.2	0.19	0.04		
Toplam	19	0.8				

### 4.3 Su Fazında Kullanılacak Bileşen Oranının Belirlenmesi

Bu tez çalışmasında, meyvelerin kaplanması için hazırlanacak S/Y emülsiyonlarında, emülsiyonun kararlılığını (% yağ ayrılma) iyileştirmek ve viskozitesini, elektriksel iletkenliğini, yüzey gerilimini değiştirerek farklı koşullarda elektro-püskürtülmesine olanak sağlayacak karbonhidrat ve protein kaynaklarının kullanılması düşünülmüştür. Bu amaçla; dağılan fazda farklı oranlarda (% 1-16) maltodekstrin (MD), peynir altı suyu protein izolatu (PSPI) ve maltodekstrin ile peynir altı suyu protein izolatının ağırlıkça 1:1 karışımlarının (MD+PSPI) saf su fazı yerine çözelti halinde kullanılması düşünülmüştür.

### 4.3.1 Su fazında maltodekstrin içeren emülsiyonların özelliklerinin belirlenmesi

MD içeren emülsiyonların hazırlanmasında öncelikle dekstroz eşdeğeri 5-7 olan maltodekstrin (Paselli<sup>TM</sup>, AVEBE Food, Hollanda), saf su içerisinde belirtilen oranlarda ilave edilerek manyetik karıştırıcıyla karıştırılmış ve su fazı olarak kullanılmıştır. Emülsiyonlar, deney tasarımında belirlendiği gibi 8000 rpm 5 dakika süreyle rotor-stator tipi karıştırıcıyla homojenize edilmiştir.

Su fazında farklı oranlarda maltodekstrin içeren emülsiyonlara ait fiziksel, kimyasal ve elektriksel özellikler Çizelge 4.11, Şekil 4.43, 4.44 ve 4.45'te gösterilmektedir. Emülsiyonlarda yağ ayrılma değerlerinin, emülsiyonda bulunan maltodekstrin içeriğinin artışına bağlı olarak azaldığı görülmektedir. Ara yüzeyde bulunan su miktarının azalmasının, bir başka deyişle emülsiyondaki dağılan faz oranının azalmasının emülsiyonun kararlılığının arttığı görülmektedir. Ayrıca su fazına ilave edilen maltodekstrinin, dağılan fazın viskozitesini artırarak sürekli fazın viskozitesine yaklaşmasının da emülsiyonun kararlılığını arttırdığı görülmektedir. Y/S emülsiyonlarında kullanılan maltodekstrinlerin, proteinler gibi yüzey aktif bileşenler olmaması sebebiyle emülsiyonun kararlılığını sadece viskozite modifikasyonu ve sürekli su fazında jelleşmeyle arttırdığı literatürde belirtilmektedir (Silva et al., 2010). Su fazında bulunan maltodekstrin oranı artışı ile, viskozite ve elektriksel iletkenliğin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Ushikubo and Cunha (2014) tarafından yapılan çalışmada, PGPR kullanılarak hazırlanan soya yağı içerisinde su emülsiyonlarının 70:30 yağ:su oranında iken Newton tipi akış özelliği gösterdiği, ancak 60:40 yağ:su oranında ise kayma ile incelen yapıda akış özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ise, viskozitenin maltodekstrin oranına bağlı olarak azaldığı gözlemlense bile, tüm emülsiyonların Newton tipi akış özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Einstein tarafından türetilen eşitliğe göre, bir emülsiyonun viskozitesinin sürekli fazın viskozitesiyle değiştiği belirtilmektedir (McClements, 2005). Ancak bu eşitliğin kullanılmasında bazı kısıtlamalar bulunmaktadır. Bunlar; sürekli fazın Newton tipi akış özelliği göstermesi, dağılan parçacıkların küresel şekilde olması ve parçacıklar arasında etkileşim gözlenmemesidir.

Su fazının elektriksel iletkenliği değerlendirildiğinde, maltodekstrin artışının su fazının elektriksel iletkenliğini arttırdığı, ancak emülsiyon oluştuğunda su fazının içeride kalması ve çözeltinin içerisindeki su miktarının giderek düşmesiyle elektriksel iletkenlik düşerek yağ fazına yaklaştığı belirlenmiştir (Saf su: 0.92

mS/m, %16 (ağırlıkça) maltodekstrin çözeltisi: 34.5 mS/m, zeytinyağı: 13.5 pS/m). Su fazında MD içermeyen (%0) emülsiyonun elektriksel iletkenlik değeri ise, elektriksel iletkenlik ölçüm cihazının ölçüm aralığını aşması sebebiyle (>2000 pS/m) belirlenememiş ve sonucu istatistiksel analize dahil edilememiştir.

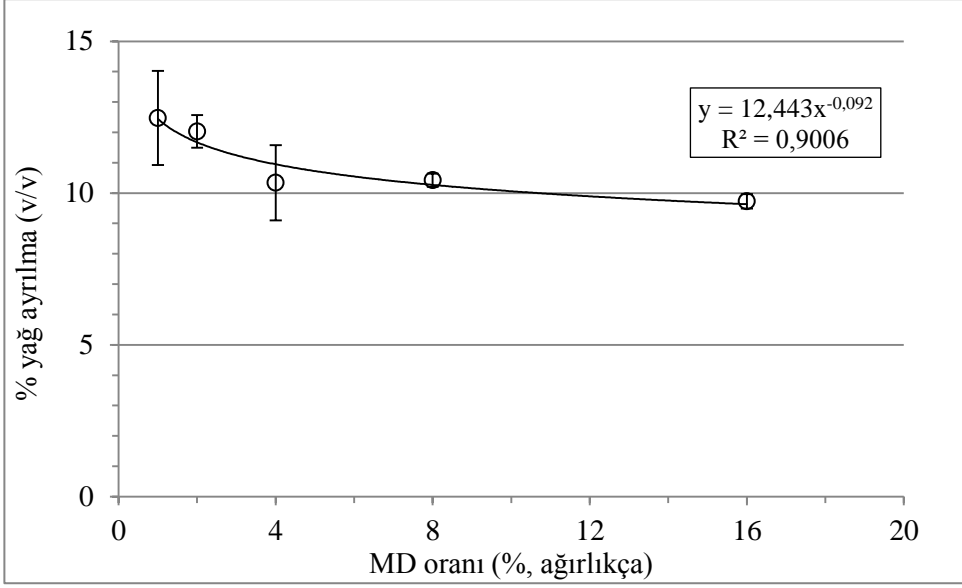
Emülsiyonların yüzey gerilimi değerleri incelendiğinde ise, örnekler arasında istatistiksel bir fark gözlenmemiş ( $p>0.05$ ), yüzey gerilim değerlerinin dış fazı oluşturan yağın ortalama yüzey gerilimi değerine benzer olduğu (32.9 mN/m) saptanmıştır.

**Çizelge 4.11** Maltodekstrin (MD) içeren emülsiyonların % yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlikleri.

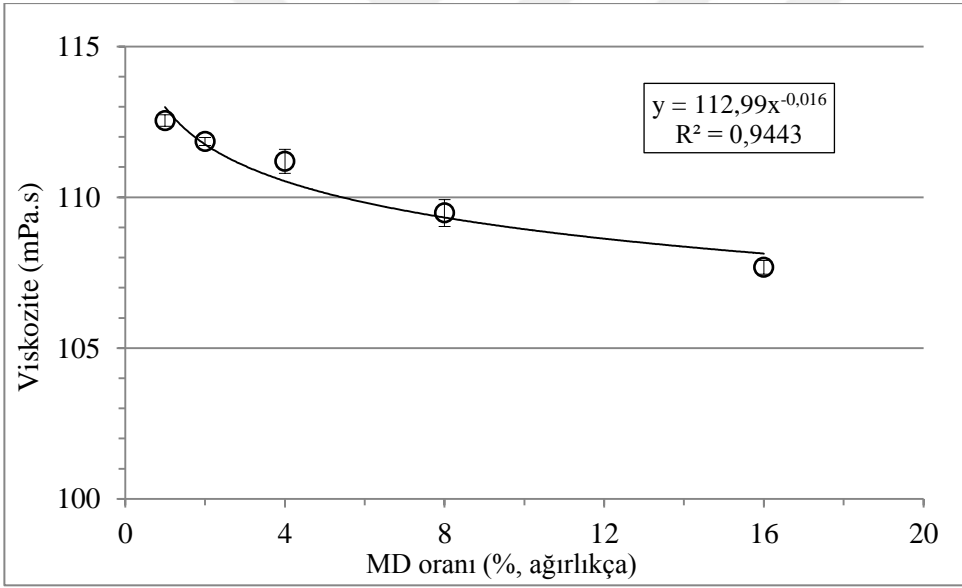
Maltodekstrin oranı (% (%, ağırlıkça)	% Yağ ayrılma (v/v)	Viskozite (mPa.s)	Elektriksel iletkenlik (pS/m)	Yüzey gerilimi (mN/m)
0	21.46 <sup>d</sup>	113.64 <sup>e</sup>	-	33.3 <sup>a</sup>
1	12.47 <sup>c</sup>	112.54 <sup>d</sup>	1947.7 <sup>e</sup>	33.3 <sup>a</sup>
2	12.03 <sup>b,c</sup>	111.85 <sup>c,d</sup>	1701.2 <sup>d</sup>	33.3 <sup>a</sup>
4	10.34 <sup>a,b</sup>	111.19 <sup>c</sup>	1506.9 <sup>c</sup>	33.2 <sup>a</sup>
8	10.42 <sup>a,b</sup>	109.48 <sup>b</sup>	1309.7 <sup>b</sup>	33.3 <sup>a</sup>
16	9.73 <sup>a</sup>	107.68 <sup>a</sup>	1159.6 <sup>a</sup>	33.4 <sup>a</sup>

<sup>a-e</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

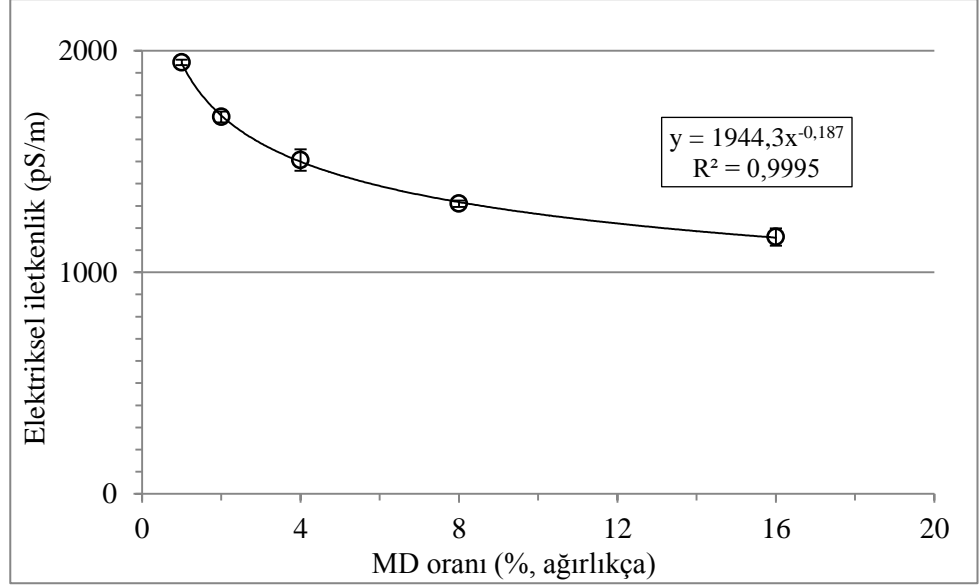
Emülsiyon özellikleri, istatistiksel analiz dışında grafiksel olarak Şekil 4.43, 4.44 ve 4.45 verilmiş olup, su fazında bulunan maltodekstrin oranının artışıyla % yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlik değerlerinin üssel olarak azaldığı ( $R^2>0.90$ ) görülmektedir. Elde edilen sonuçların istatistiksel sonuçlarla uyumlu olduğu görülmekte olup, ileriki çalışmalarda belirtilen oranların dışında MD ilavesi yapıldığında emülsiyon özelliklerinin değişimi konusunda genel bir fikir edinilebileceği görülmektedir.



Şekil 4.43 % yağ ayrılma değerinin maltodekstrin oranına bağlı değişimi.

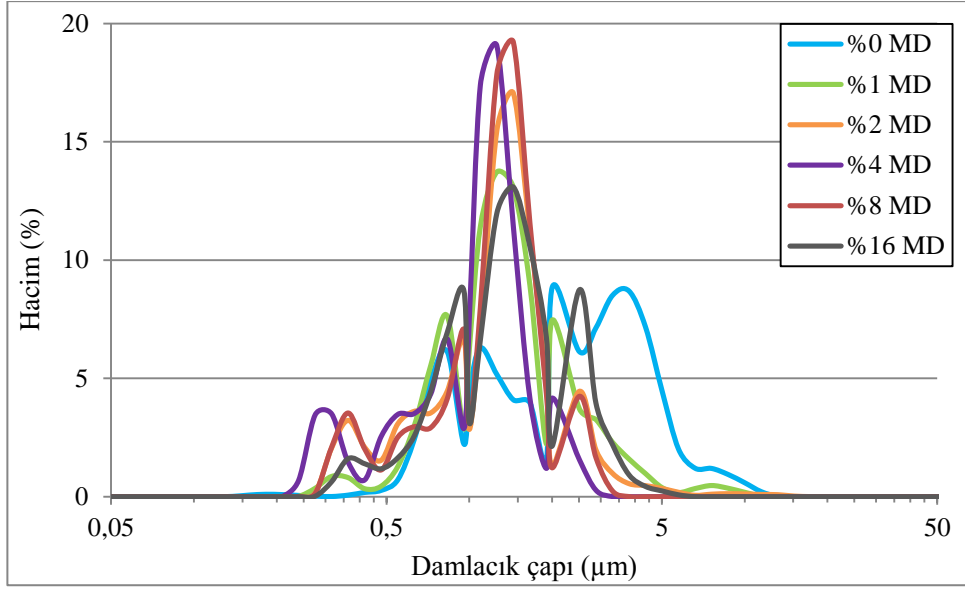


Şekil 4.44 Viskozitenin maltodekstrin oranına bağlı değişimi.



**Şekil 4.45** Elektriksel iletkenliğin maltodekstrin oranına bağlı değişimi.

MD içeren emülsiyonların damlacık boyutu dağılımı ve ortalama damlacık boyutu değerleri, Şekil 4.46 ve Çizelge 4.12’de gösterilmiştir. Şekil 4.46 incelendiğinde, emülsiyonların çok tepeli (multimodal) dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca su fazında bulunan MD oranının artmasıyla, emülsiyonların damlacık çapı dağılım aralığının daraldığı, örneklerin daha tekdüze bir yapı kazandığı görülmektedir. Proteinler ve polisakkaritler gıda emülsiyonlarında en sık kullanılan iki gıda bileşeni olup, emülsiyonun kararlılık, mikro yapısı ve dokusunun kontrol edilmesinde kullanılmaktadır (Herrera, 2012). Proteinlerin ve polisakkaritlerin bu fonksiyonel özelliğinin, su fazının agregasyon ve jelleşme yoluyla reolojisinin kontrol edilmesinden kaynaklandığı belirtilmektedir (Dickinson, 2008). Çizelge 4.12 incelendiğinde, %4 ve %8 MD içeren emülsiyonların  $d_{43}$  ortalama çap değerlerinin ve span değerlerinin, diğer MD oranlarına göre istatistiksel olarak daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Genel olarak emülsiyonun kararlılığını arttırmak için daha düşük ortalama damlacık çapı değerine sahip olması istenmektedir. Ancak damlacık çapının giderek düşmesi ise, Brown hareketini arttırarak emülsiyonların kümelenmesi ve kararsızlığını arttırabilmektedir (Tadros et al., 2004). Çizelge 4.11’de de görüldüğü gibi, en düşük ortalama çap değerine sahip olan %4 MD içeren emülsiyonun, en düşük yağ ayrılma değerine sahip olmadığı ve bu durumun Brown hareketine bağlı olabileceği görülmektedir.



Şekil 4.46 MD içeren emülsiyonların ortalama damlacık çapı dağılımı.

Çizelge 4.12 Maltodekstrin içeren emülsiyonların ortalama damlacık boyutu.

Bileşen miktarı (%, ağırlıkça)	d <sub>32</sub> (µm)	d <sub>43</sub> (µm)	span
0	1.748 <sup>d:C</sup>	2.793 <sup>d:D</sup>	1.757
1	1.247 <sup>c:B</sup>	1.678 <sup>c:C</sup>	1.487
2	0.942 <sup>a,b:A</sup>	1.294 <sup>b:B</sup>	1.225
4	0.900 <sup>a:A</sup>	1.175 <sup>a:A</sup>	1.023
8	0.932 <sup>a,b:A</sup>	1.182 <sup>a:A</sup>	1.027
16	0.966 <sup>b:A</sup>	1.344 <sup>b:B</sup>	1.482

<sup>a-d</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

<sup>A-D</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.01$ ).

### 4.3.2 Su fazında peynir altı suyu protein izolatı içeren emülsiyonların özelliklerinin belirlenmesi

Su fazında farklı oranlarda (%1-16) PSPI içeren emülsiyonlara ait yağ ayrılma, viskozite, elektriksel iletkenlik ve yüzey gerilimi değerleri Çizelge 4.13'te gösterilmektedir. Su fazında bulunan PSPI oranı arttıkça (su miktarı azaldıkça), yağ ayrılmanın, viskozitenin ve elektriksel iletkenliğin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). MD içeren emülsiyona benzer şekilde, PSPI oranı artışıyla emülsiyonun fiziksel kararlılığının arttığı görülmektedir. Süt proteinlerinin ve özellikle peynir altı suyu proteinlerinin, amfifilik özellikleriyle

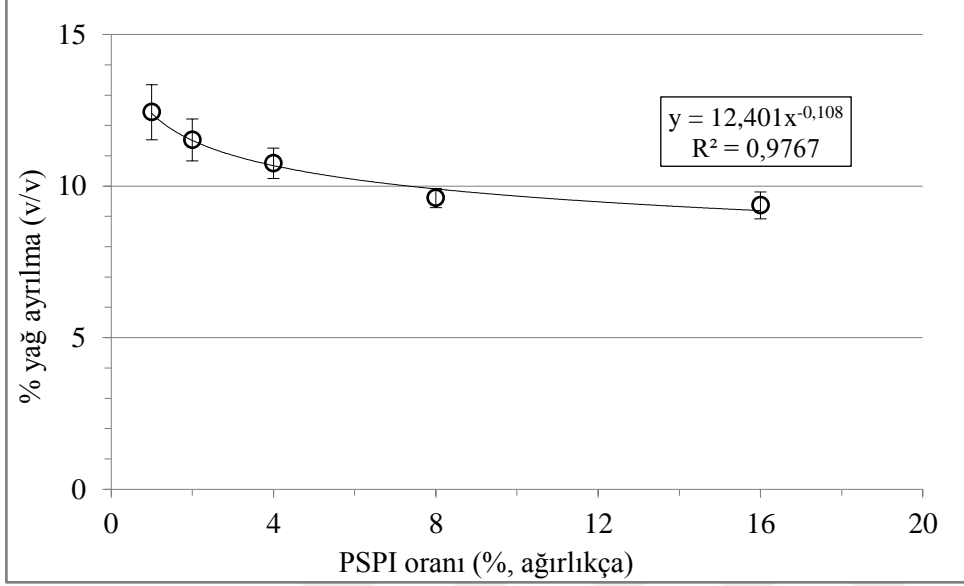
Y/S emülsiyonlarında yüzey aktif bileşen olarak sıklıkla kullanıldığı ve emülsiyon kararlılığını arttırabildiği literatürdeki birçok çalışmada gösterilmiştir. Proteinlerin, homojenizasyon sırasında yağ damlacıklarının etrafını sararak yüzey gerilimini düşürdüğü ve damlacıkların birleşmesini engelleyerek emülsiyon kararlılığını arttırdığı belirtilmektedir (McClements, 2004; Sun et al., 2007). MD içeren emülsiyona benzer şekilde, PSPI oranı artışıyla emülsiyonun fiziksel kararlılığının arttığı görülmektedir. Su fazının elektriksel iletkenliği değerlendirildiğinde; PSPI artışı su fazının elektriksel iletkenliğini arttırdığı, ancak emülsiyon oluştuğunda su fazının dağılan faz olması ve çözeltideki su oranının giderek düşmesiyle elektriksel iletkenlik düşerek yağ fazına yaklaştığı belirlenmiştir (Saf su: 0.92 mS/m, %16 PSPI çözeltisi: 195.2 mS/m, zeytinyağı: 13.5 pS/m). Emülsiyonların yüzey gerilimi değerleri incelendiğinde, örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunmamakta olup ( $p>0.05$ ), yüzey gerilim değerlerinin dış fazı oluşturan yağın ortalama yüzey gerilimi değerine benzer olduğu (32.9 mN/m) görülmektedir. Çizelge 4.13'te verilen % yağ ayrılma ve Çizelge 4.14'te verilen ortalama çap değeri ( $d_{43}$ ) beraber incelendiğinde, %4, 8 ve %16 PSPI içeren emülsiyonlardan ayrılan yağ miktarının, diğer emülsiyonlara kıyasla daha düşük olduğu ve en düşük ortalama çap değeri ile span değerine sahip olan %8 PSPI içeren örneğin en kararlı emülsiyon olarak değerlendirilebileceği görülmektedir. Proteinler yüzey aktif bileşenler olup, Y/S emülsiyonlarında etkin bir emülgatör olarak kullanılabilen ve elektrostatik ile sterik mekanizmaların beraber etkileşimiyle emülsiyon damlacıklarının koloidal kararlılığını arttırmaktadır (Akhtar and Dickinson, 2007; Dickinson, 2008; Tavernier et al., 2016). Bu sebeple PSPI artışının emülsiyonun kararlılığını arttırma ve elde edilen emülsiyonun damlacık çapını düşürme etkisi olduğu Çizelge 4.13 ve 4.14'ten de görülmektedir.

**Çizelge 4.13** Peynir altı suyu protein izolatı (PSPI) içeren emülsiyonların % yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlikleri.

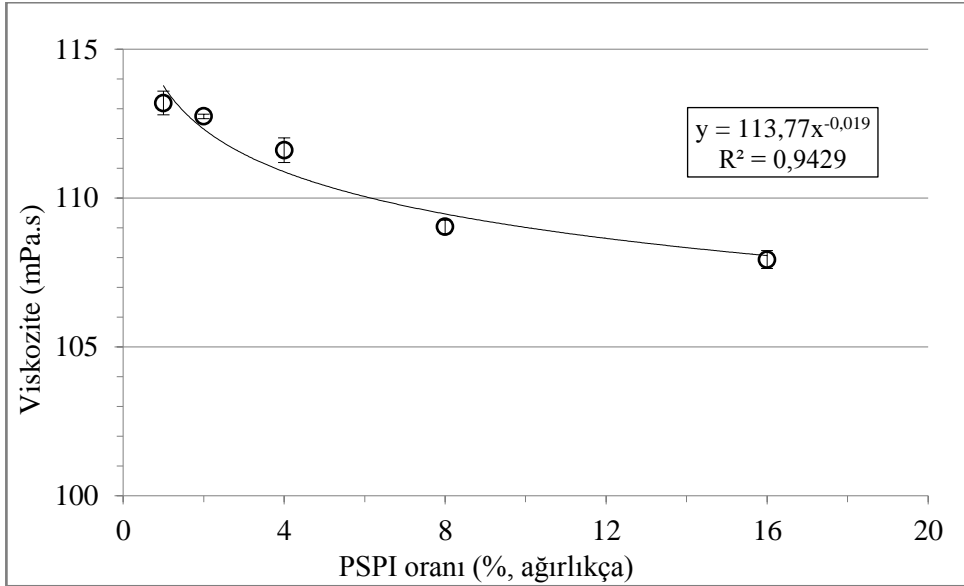
PSPI oranı (%, ağırlıkça)	% Yağ ayrılma (v/v)	Viskozite (mPa.s)	Elektriksel iletkenlik (pS/m)	Yüzey gerilimi (mN/m)
0	21.46 <sup>d</sup>	113.64 <sup>d</sup>	-	33.3 <sup>a</sup>
1	12.44 <sup>c</sup>	113.19 <sup>d</sup>	1935.9 <sup>e</sup>	33.2 <sup>a</sup>
2	11.52 <sup>b,c</sup>	112.74 <sup>d</sup>	1797.3 <sup>d</sup>	33.2 <sup>a</sup>
4	10.75 <sup>a,b</sup>	111.60 <sup>c</sup>	1362.3 <sup>c</sup>	33.2 <sup>a</sup>
8	9.61 <sup>a</sup>	109.03 <sup>b</sup>	1132.3 <sup>b</sup>	33.1 <sup>a</sup>
16	9.37 <sup>a</sup>	107.93 <sup>a</sup>	908.4 <sup>a</sup>	33.1 <sup>a</sup>

<sup>a-e</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

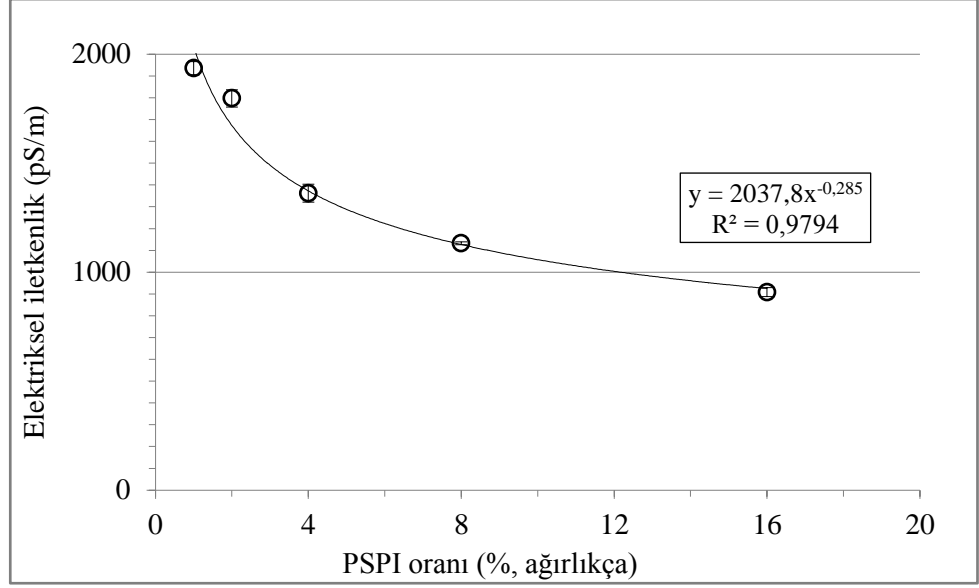
Şekil 4.47, 4.48 ve 4.49 incelendiğinde, MD içeren emülsiyonlara benzer şekilde su fazında bulunan PSPI oranının artışıyla; % yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlik değerlerinin üssel olarak azaldığı ( $R^2 > 0.94$ ) ve elde edilen sonucun istatistiksel sonuçlarla (Çizelge 4.13) uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.47 % yağ ayrılma değerinin PSPI oranına bağlı değişimi.

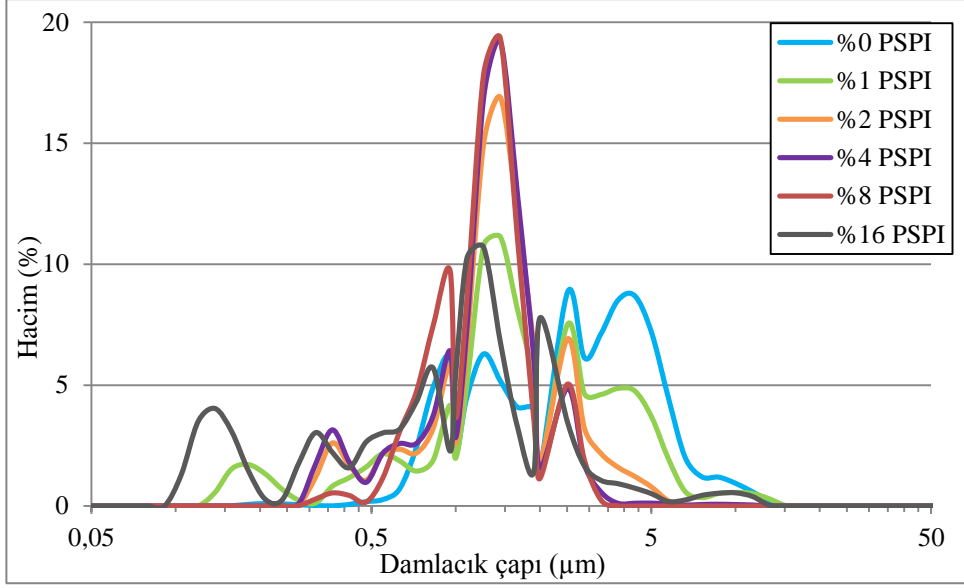


Şekil 4.48 Viskozitenin PSPI oranına bağlı değişimi.



**Şekil 4.49** Elektriksel iletkenliğin PSPI oranına bağlı değişimi.

PSPI içeren emülsiyonların damlacık boyutu dağılımı ve ortalama damlacık boyutu değerleri Şekil 4.50 ve Çizelge 4.14'te gösterilmiştir. Şekil 4.50 incelendiğinde, emülsiyonların damlacık boyutunun çok tepeli dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca su fazında bulunan PSPI oranının artmasıyla, emülsiyonların damlacık çapı dağılım aralığının daraldığı, örneklerin daha homojen bir yapı kazandığı görülmektedir. Alan-hacim ortalama çap değerine göre ( $d_{32}$ ) %16 PSPI içeren emülsiyonun en kararlı olabileceği düşünülürken, bu çap değerinin büyük parçacık varlığına duyarlı olmaması sebebiyle emülsiyonların kararlılığı değerlendirilirken,  $d_{43}$  ve span değeri göz önüne alınmıştır. Şekil 4.50'de görüldüğü gibi %16 PSPI içeren emülsiyonda  $0.5 \mu\text{m}$ 'den küçük parçacık sayısı, % 8 PSPI içeren emülsiyondan daha fazla olmasına karşın, %8 PSPI içeren emülsiyonun damlacıklarının daha tekdüze olduğu ve damlacık boyutu dağılımının daha dar aralıkta bulunduğu görülmektedir.



Şekil 4.50 PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık çapı dağılımı.

Çizelge 4.14 PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık boyutu.

Bileşen miktarı (%, ağırlıkça)	$d_{32}$ (µm)	$d_{43}$ (µm)	span
0	1.748 <sup>c; C</sup>	2.793 <sup>e; E</sup>	1.757
1	1.023 <sup>b; B</sup>	2.037 <sup>d; D</sup>	2.597
2	1.070 <sup>b; B</sup>	1.440 <sup>c; C</sup>	1.416
4	0.988 <sup>b; B</sup>	1.272 <sup>a,b; A,B</sup>	1.072
8	1.074 <sup>b; B</sup>	1.230 <sup>a,b; A</sup>	0.941
16	0.423 <sup>a; A</sup>	1.344 <sup>b; B,C</sup>	1.722

<sup>a-e</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

<sup>A-E</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.01$ ).

### 4. 3. 3 Su fazında maltodekstrin ve peynir altı suyu protein izolatu içeren emülsiyonların özelliklerinin belirlenmesi

Proteinlerin emülgatör olarak kullanıldığı emülsiyonlarda kararlılığını iyileştirmek amacıyla kullanılan polisakkaritler, sürekli fazın reolojisini ve ağ yapısını kontrol ederek, faz ayrılması ve yerçekimine bağlı kremleşmeyi engelleyebilmektedir (Dickinson, 2008). Ayrıca proteinli bileşenler yağ damlacığı yüzeyine tutunurken, kovalent olarak bağlı karbonhidrat bloklarının su fazına doğru çıkarak elektrostatik ve sterik ayrılma kuvvetleriyle emülsiyon damlacıklarının kümelenmesini engellediği belirtilmektedir (Evans et al., 2013). Akhtar and

Dickinson (2007) yapmış oldukları çalışmada, peynir altı suyu protein izolatu ve maltodekstrinin kuru ısıtılmasıyla elde ettikleri konjugasyonları, Y/S emülsiyonlarında emülgatör olarak kullanmışlar ve konjugasyon oranının (PSPI/MD oranı) 1:1 olduğunda en kararlı emülsiyonların (en düşük ortalama çap) elde edildiğini belirlemişlerdir.

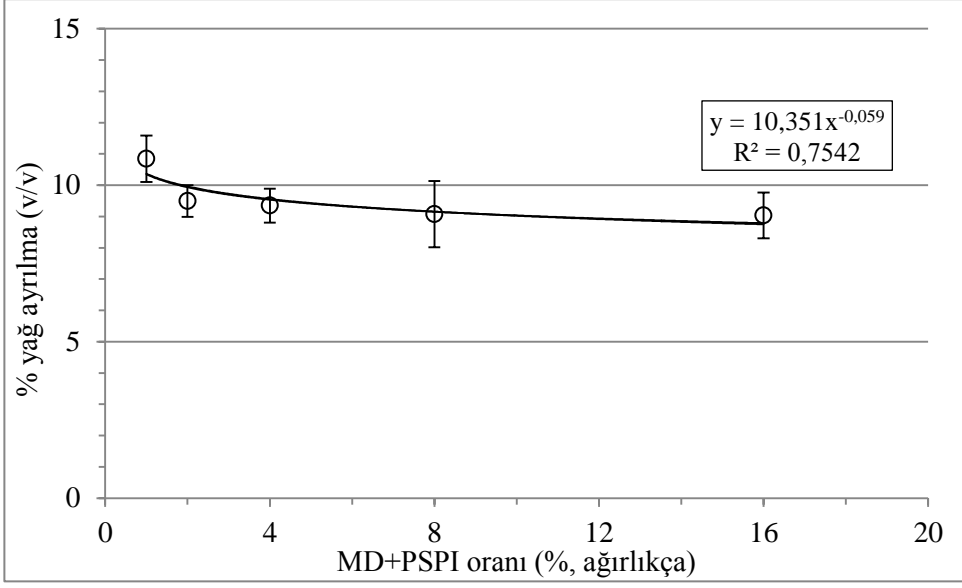
Su fazında ağırlıkça %50 MD ve %50 PSPI içeren emülsiyonların özellikleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Su fazında MD+PSPI içermeyen örnek dışında % yağ ayrılma için, örnekler arasında istatistiksel bir fark görülmemiştir ( $p>0.05$ ). Ancak sadece MD (Çizelge 4.11) veya sadece PSPI (Çizelge 4.13) içeren emülsiyonların yağ ayrılma değerleriyle kıyaslandığında MD+PSPI karışımını %1-2 ve 4 oranında içeren emülsiyonlarda yağ ayrılma değerlerinin çok daha düşük olduğu görülmektedir. Sadece MD veya sadece PSPI içeren emülsiyonlara benzer şekilde, örneklerin yüzey gerilim değerleri arasında önemli bir fark bulunmazken ( $p>0.05$ ), viskozite ve elektriksel iletkenlik değerlerinin, su fazında bulunan MD+PSPI artışına bağlı olarak istatistiksel olarak azaldığı görülmektedir ( $p<0.05$ ).

**Çizelge 4.15** MD+PSPI içeren emülsiyonların %yağ ayrılma, viskozite ve elektriksel iletkenlikleri.

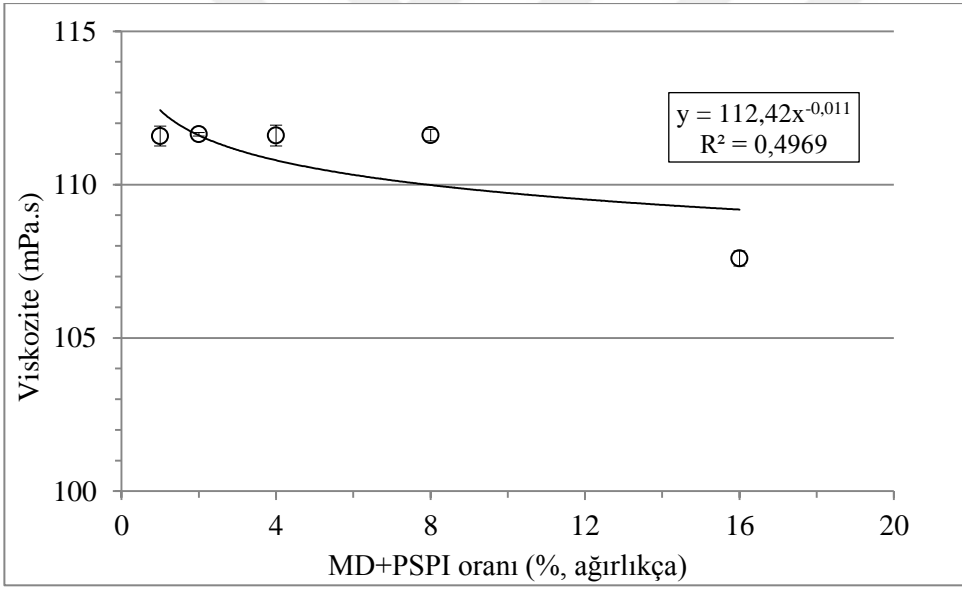
MD+PSPI oranı (%, ağırlıkça)	% Yağ ayrılma (v/v)	Viskozite (mPa.s)	Elektriksel iletkenlik (pS/m)	Yüzey gerilimi (mN/m)
0	21.46 <sup>b</sup>	113.64 <sup>c</sup>	-	33.3 <sup>a</sup>
1	10.84 <sup>a</sup>	111.58 <sup>b</sup>	1656.7 <sup>c</sup>	33.1 <sup>a</sup>
2	9.49 <sup>a</sup>	111.64 <sup>b</sup>	1597.1 <sup>d</sup>	33.3 <sup>a</sup>
4	9.35 <sup>a</sup>	111.60 <sup>b</sup>	1389.6 <sup>c</sup>	33.2 <sup>a</sup>
8	9.08 <sup>a</sup>	111.61 <sup>b</sup>	1053.2 <sup>b</sup>	33.2 <sup>a</sup>
16	9.03 <sup>a</sup>	107.59 <sup>a</sup>	838.9 <sup>a</sup>	33.2 <sup>a</sup>

<sup>a-e</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

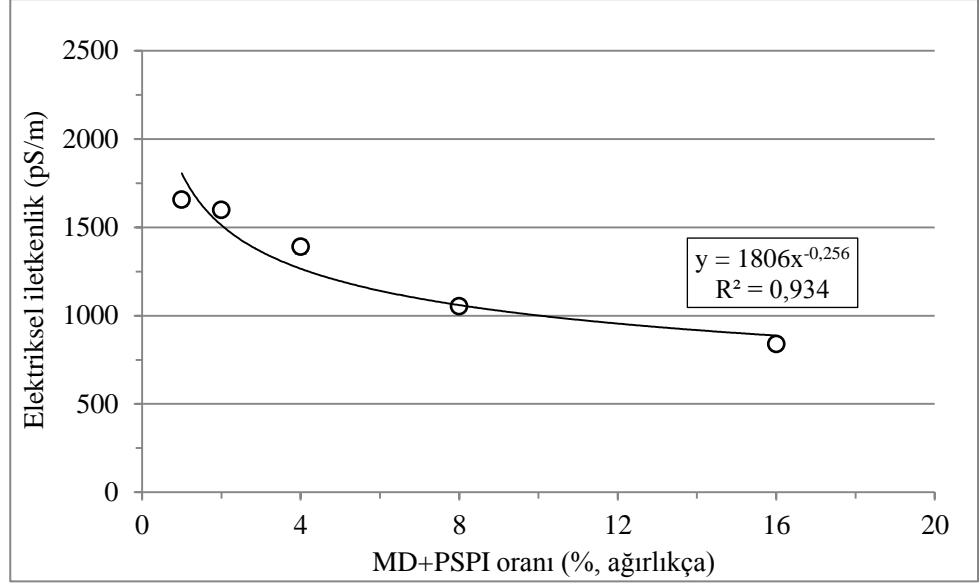
Şekil 4.51, 4.52 ve 4.53 incelendiğinde, su fazında bulunan MD+PSPI oranının artışıyla, elektriksel iletkenliğin üssel olarak azaldığı ( $R^2>0.93$ ) görülmekte, ancak % yağ ayrılma ve viskozite değerleri için MD+PSPI oranına bağlı bir değişim görülmemektedir. Elde edilen sonuçların, istatistiksel sonuçlarla (Çizelge 4.15) uyumlu olduğu görülmektedir.



Şekil 4.51 % yağ ayrılma değerinin MD+PSPI oranına bağlı değişimi.

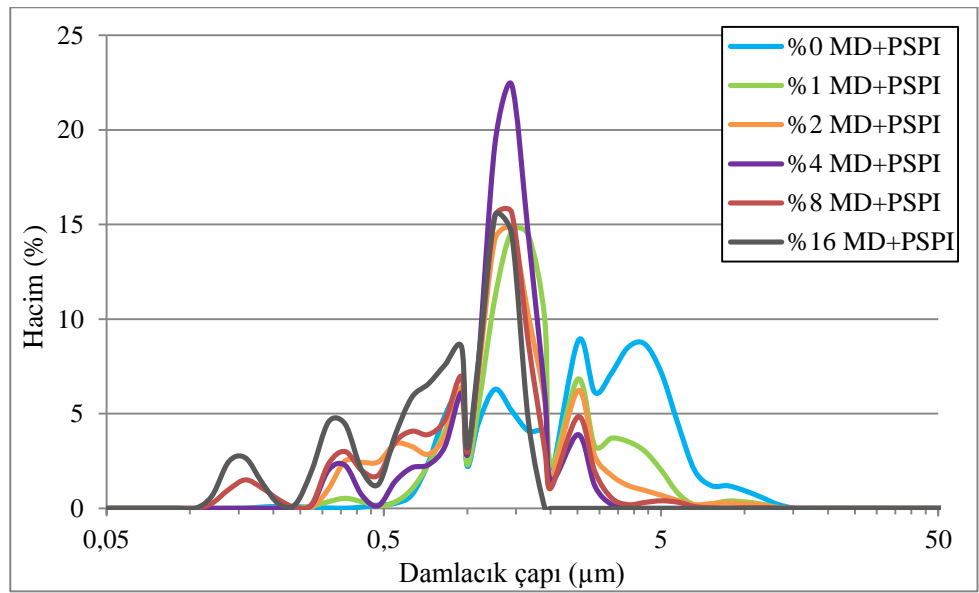


Şekil 4.52 Viskozitenin MD+PSPI oranına bağlı değişimi.



Şekil 4.53 Elektriksel iletkenliğin MD+PSPI oranına bağlı değişimi.

Şekil 4.54 incelendiğinde, %1-2-4 ve %8 MD+PSPI içeren örneklerin damlacık boyut dağılımının benzer olduğu ve sonuçların % yağ ayrılma değerleriyle uyumlu olduğu görülmektedir. Çizelge 4.16 incelendiğinde %16 MD+PSPI içeren emülsiyonun istatistiksel olarak en düşük ortalama çapa ( $d_{43}$ ) sahip olmasına karşın, span değerinin en düşük olmadığı görülmektedir. Şekil 4.54'te görüldüğü gibi %16 MD+PSPI örneğinin  $0,8 \mu\text{m}$ 'den büyük parçacık içermediği ve  $0,5 \mu\text{m}$ 'den küçük damlacık sayısının, diğer örneklerle kıyasla daha fazla oranda olduğu görülmektedir.



Şekil 4.54 MD+PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık çapı dağılımı.

**Çizelge 4.16** MD+PSPI içeren emülsiyonların ortalama damlacık boyutu.

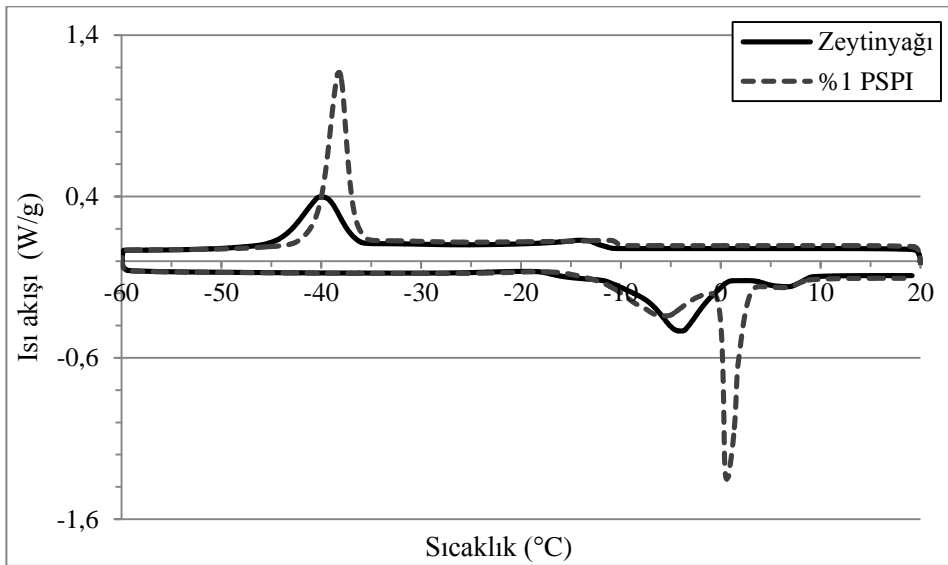
Bileşen miktarı (%, ağırlıkça)	d <sub>32</sub> (µm)	d <sub>43</sub> (µm)	span
0	1.748 <sup>e; E</sup>	2.793 <sup>f; F</sup>	1.757
1	1.354 <sup>d; D</sup>	1.831 <sup>e; E</sup>	1.713
2	0.988 <sup>c; C</sup>	1.450 <sup>d; D</sup>	1.567
4	1.028 <sup>c; C</sup>	1.265 <sup>c; C</sup>	0.905
8	0.748 <sup>b; B</sup>	1.153 <sup>b; B</sup>	1.292
16	0.574 <sup>a; A</sup>	0.855 <sup>a; A</sup>	1.259

<sup>a-f</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

<sup>A-F</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler, sonuçlar arasında istatistiksel fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.01$ ).

#### 4.4 Emülsiyonların Isıl Özellikleri

Emülsiyonların ısı özellikleri Çizelge 4.17’de ve örnek termogram Şekil 4.55’te verilmiştir. Zeytinyağının ve %1 PSPI içeren emülsiyonun örnek termogramları incelendiğinde, donma sırasında  $-40^{\circ}\text{C}$  civarında belirgin bir ekzotermik pik ve  $-10^{\circ}\text{C}$  civarında daha küçük bir pik elde edilirken, erime sırasında biri daha küçük olmak üzere iki belirgin endotermik pik elde edilmiştir. Chiavaro et al. (2008) tarafından yapılan çalışmada, sızma zeytinyağı için  $-13^{\circ}\text{C}$  civarında küçük ve  $-38^{\circ}\text{C}$ ’de maksimum pik elde edildiği, zeytinyağının erime entalpisi  $73.7\pm 1.7$  J/g iken, donma entalpisinin  $65.2\pm 0.02$  J/g olduğu bulunmuştur. Calligaris et al. (2006), erime sırasında bu tez çalışmasına benzer şekilde  $-18^{\circ}\text{C}$  ile  $0^{\circ}\text{C}$  arasında daha büyük pik ve  $0^{\circ}\text{C}$  ile  $10^{\circ}\text{C}$  arasında daha küçük pik elde etmişlerdir.

**Şekil 4.55** Zeytinyağı ve %1 PSPI içeren emülsiyona ait termogramlar.

Jafari et al. (2009) tarafından farklı İran sızma zeytinyağları ile yapılan çalışmada, bazı yağ çeşitlerinde daha küçük pik daha düşük sıcaklıklarda elde edilirken, erime sırasında bu tez çalışmasına benzer şekilde iki endotermik pik elde edilmiştir. Aynı çalışmada yağ çeşitlerine bağlı olarak, donma pik sıcaklıkları  $-38.7^{\circ}\text{C}$  ile  $-30.5^{\circ}\text{C}$  arasında iken, erime pik sıcaklıkları  $-17^{\circ}\text{C}$  ile  $-4^{\circ}\text{C}$  arasında bulunmuştur.

Literatür incelendiğinde, zeytinyağı için yağ asidi kompozisyonuna bağlı olarak erime ve donma sırasında farklı sıcaklık aralıklarında iki endotermik pik elde edildiği görülmektedir. Doymuş triaçil gliserol fraksiyonlarının (örn: palmitik, stearik, araşidik, behenik ve lignoserik asit) daha yüksek sıcaklıkta donup, daha yüksek sıcaklıkta eridiği, buna karşın doymamış triaçil gliserol fraksiyonlarının (örn: palmitoleik, oleik, linoleik ve linolenik asit) daha düşük sıcaklıklarda donup, daha düşük sıcaklıklarda eridiği belirtilmektedir (Calligaris et al., 2006; Chiavaro et al., 2008; Jafari et al., 2009; Barba et al., 2013). Bu çalışmada kullanılan zeytinyağının yağ asiti kompozisyonu incelendiğinde (Ek 2 Çizelge A.1), baskın yağ asitinin oleik asit (%71.69) olduğu, bunu takiben linoleik asit (%15) ve palmitik asit (%8) geldiği görülmektedir. Literatürde oleik asit için erime noktası  $5^{\circ}\text{C}$ , linoleik asit için  $-13^{\circ}\text{C}$  ve palmitik asit için  $66^{\circ}\text{C}$  olarak verilmektedir (McClements, 2005).

Zafimahova-Ratisbonne et al. (2014) tarafından yapılan çalışmada, yağ fazı olarak kolza tohumu metil esterleri kullanılan emülsiyonlarda; PGPR ile hazırlanan emülsiyonların donma pik sıcaklığı  $-32^{\circ}\text{C}$  iken, lesitin ile hazırlanan emülsiyonların  $-18^{\circ}\text{C}$  donma pik sıcaklığına sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca bu çalışmada, daha küçük damlacık çapına sahip olan emülsiyonların (PGPR ile hazırlanan), daha yüksek sıcaklıklarda donduğu belirtilmektedir. Bu tez çalışmasında ise, örneklerin ortalama donma pik sıcaklıkları, donma başlangıç ve donma bitiş sıcaklıkları arasında önemli bir fark olmadığı belirlenmiştir.

Emülsiyonların ısıl özellikleri incelendiğinde, kaplanan meyvelerin depolama sıcaklığında ( $5^{\circ}\text{C}$ ) emülsiyonların ısıl kararlılıklarını koruduğu, kristalizasyon gözlenmediği ve emülsiyonların belirtilen depolama sıcaklığında kaplanan ürün yüzeyinde faz değiştirmeden tutunabileceği görülmektedir.

**Çizelge 4.17** Emülsiyonların donma, erime sıcaklık ve entalpileri.

Örnek	T <sub>donma, başlangıç</sub> (°C)	T <sub>donma, pik</sub> (°C)	T <sub>donma, bitiş</sub> (°C)	ΔH <sub>donma</sub> (J/g)	T <sub>erime, başlangıç</sub> (°C)	T <sub>erime, pik</sub> (°C)	T <sub>erime, bitiş</sub> (°C)	ΔH <sub>erime</sub> (J/g)
Zeytinyağı	-35.67±1.12	-40.14±0.15	-51.22±0.22	34.39±0.40	-19.24±0.04	-4.01±0.05	9.98±0.04	67.91±0.84
Kontrol emülsiyonu	-35.09±0.09	-38.14±0.03	-44.52±0.27	63.59±1.11	-15.77±0.09	0.64±0.03	8.99±0.14	106.35±1.35
% 1 MD	-34.72±0.29	-38.40±0.01	-45.41±0.38	62.75±1.09	-16.61±0.47	0.61±0.08	9.41±0.34	105.20±1.80
% 1 PSPI	-34.94±0.14	-38.20±0.01	-43.81±0.09	64.29±0.10	-16.55±0.24	0.62±0.01	9.54±0.17	109.35±0.05
% 1 MD+ PSPI	-34.73±0.36	-38.33±0.03	-44.47±0.29	62.08±0.65	-16.32±0.15	0.62±0.01	9.21±0.07	105.55±1.75
% 16 MD	-34.96±0.16	-38.78±0.05	-45.10±0.05	53.90±0.07	-14.90±0.16	0.45±0.05	8.98±0.00	91.14±0.18
% 16 PSPI	-33.34±0.16	-38.77±0.02	-43.05±0.05	60.45±0.20	-16.57±0.00	0.34±0.01	9.95±0.11	100.40±0.30
% 16 MD+ PSPI	-34.30±0.06	-38.67±0.02	-43.84±0.20	57.06±0.18	-17.05±0.60	0.27±0.00	10.12±0.15	97.76±0.40

Elektro-püskürtme işleminde, püskürtülecek sıvının elektriksel iletkenlik ve viskozitesi, elektro-püskürtme koşullarının belirlenmesinde en önemli özelliklerden olup, su fazına ilave edilen bileşenlerin oranının belirlenmesi ve kaplama formülasyonunun oluşturulmasında bu özellikler temel alınmıştır. Emülsiyonların fiziksel kararlılıkları incelendiğinde, genel olarak emülsiyonun su fazında bulunan MD, PSPI veya MD+PSPI'nin en yüksek (%16) oranda bulunmasıyla en kararlı emülsiyonların elde edildiği görülmektedir. Yine emülsiyon damlacık boyut analizi sonuçları incelendiğinde, su fazında çözünen bileşenlerin oranının artmasıyla damlacık boyutu dağılımının daha dar aralıkta olduğu belirlenmiştir. Ayrıca elektriksel iletkenlik ve viskozitenin en düşük olduğu değerlerin de yine bu oranda elde edildiği ve elektro-püskürtme işlem parametrelerine farklı etkilerinin bu oranda (%16) gözlenebileceği belirlenmiştir. Bu amaçla bu tez çalışmasının ileriki aşamalarında kaplama formülasyonlarında, su fazında bulunan bileşen oranının ağırlıkça %16 olmasına karar verilmiştir.

#### **4.5 Elektro-püskürtme ve Daldırma ile Kaplamada Kullanılan Emülsiyon Formülasyonları**

Bu tez çalışmasında temel amaç; S/Y emülsiyonları kullanılarak taze kesilmiş veya minimal işlem görmüş meyvelerin kaplanmasında, konvansiyonel olarak kullanılan daldırma yöntemine alternatif olarak elektro-püskürtme yönteminin kullanılmasıdır. Çalışmanın ilk aşamasında, dilimlenmiş elma ve bütün çileğin kaplanmasında kullanılacak emülsiyon çeşitlerinin en kararlı olanları (emülgatör tipi ve homojenizasyon koşulları) belirlenmiş, belirlenen bu emülsiyonların iç fazında MD, PSPI ve MD+PSPI kullanımının emülsiyonun fiziksel, reolojik, elektriksel, kimyasal ve ısıl kararlılıklarına olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, meyvelerin kaplanmasında kullanılacak emülsiyon bileşimleri Çizelge 4.18'de detaylı olarak verilmiştir. Emülsiyonun dağılan (iç) fazında kullanılan bileşenlerin yanı sıra, emülsiyonun sürekli (dış) fazında da antioksidan özellik gösteren üzüm çekirdeği yağı (ÜÇY) ve nar çekirdeği yağı (NÇY) kullanılması düşünülmüştür. Bu bileşenlerin kaplanan meyve yüzeyinde (özellikle dilimlenmiş elma) kararmayı engelleme potansiyeli bulunmaktadır. Üzüm çekirdeği yağı, polifenoller ve doymamış yağ asitlerince zengin olup sağlık üzerine olumlu etkileri sebebiyle besin desteği olarak kullanılabilir. Üreticiden sağlanan bilgiye göre bu çalışmada kullanılan üzüm çekirdeği yağı; %24.6 tekli doymamış yağ asidi, %62.2 çoklu doymamış yağ asidi ve %13.2 doymuş yağ asidi içermektedir. Literatür incelendiğinde, üzüm çekirdeği yağının sofralık ve şaraplık üzüm çeşitleri için farklı yağ asidi kompozisyonlarına sahip

olduğu görülmektedir. Baydar and Akkurt (2001) tarafından yapılan çalışmada, şaraplık üzüm çeşitlerinden elde edilen üzüm çekirdeği yağında doymamış yağ asidi içeriğinin %86.6-89.3 arasında değişirken, linoleik asitin en yüksek oranda bulunduğu, onu takiben oleik asit içeriğinin de yüksek olduğu belirtilmiştir. Sofralık üzüm çeşitlerinden elde edilen ÜÇY'lerde ise, doymamış yağ asidi içeriğinin %84.2-88.3 arasında değiştiği ve şaraplık üzüm çeşitlerine benzer şekilde linoleik ve oleik asit içeriğinin yüksek olduğu görülmektedir. Maier et al. (2009) tarafından yapılan çalışmada, üzüm çekirdeğinin toplam fenolik asit içeriğinin farklı üzüm çeşitlerine göre 188.7 ile 1165.8 mg/ kg KM arasında değiştiği ve gallik asitin tüm üzüm çeşitleri içerisinde en yüksek fenolik asit türü olduğu belirtilmiştir. Aynı çalışmada, üzüm çekirdeğinin toplam polifenol içeriğinin ise 4.81-19.12 g/kg KM arasında değiştiği belirtilmiştir. Bail et al. (2008) tarafından yapılan çalışmada, farklı soğuk sıkım üzüm çekirdeği yağı kompozisyonları incelenmiş olup, incelenen yağların toplam fenolik madde içeriğinin 59.0-115.5 mg GAE/kg yağ arasında değiştiği, toplam antioksidan madde içeriğinin 0.09-1.16 mg TEAC/kg yağ arasında değiştiği saptanmıştır. Aynı çalışmada ÜÇY türlerinin triaçil gliserol içeriği incelenmiş olup, en baskın triaçil gliserol türevinin linoleik asit, daha sonra da oleik asit olduğu belirtilmiştir.

Nar çekirdeği yağı, üzüm çekirdeği yağına benzer şekilde tokoferol, polifenoller, konjuge linolenik asit ve diğer fitokimyasallarca zengin içeriği ile sağlık üzerine olumlu etkiler göstermektedir. NÇY'nin yağ asidi kompozisyonunda elde edilen bitki çeşidine göre farklılıklar bulunmakla beraber, %37-81 arasında punisik asitten oluştuğu görülmektedir (Melo et al., 2014; Sahin-Nadeem and Özen, 2014). Üreticiden sağlanan bilgiye göre bu çalışmada kullanılan nar çekirdeği yağı; %5.2 tekli doymamış yağ asidi, %89.8 çoklu doymamış yağ asidi ve %5 doymuş yağ asidi içermektedir. Yapılan çalışmalarda NÇY tüketiminin kilo vermede yardımcı olduğu, tip-2 diyabet riskini ve insülin direncini azalttığı, serum kolesterolünü düşürdüğü, hormon kaynaklı kanserler ve kolon kanserine karşı koruduğu, ayrıca bağışıklık sistemini güçlendirdiği belirtilmiştir (Vroegrijk et al., 2011; Melo et al., 2014; Sahin-Nadeem and Özen, 2014).

Çizelge 4.18'de belirtilen emülsiyonların hazırlanmasında, emülgatör olarak % 5 (ağırlıkça) PGPR kullanılmıştır. Belirtilen tüm emülsiyonlarla daldırma ve elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elma dilimi ve bütün çilek örneklerinin depolama sırasında kalite özelliklerine etkisi incelenmiş olup, çizelgede belirtilen

emülsiyonlar dışında kaplanmamış (kontrol örneği) örneğin de özellikleri, kaplanan örneklerle beraber değerlendirilmiştir.

**Çizelge 4.18** Kaplama olarak kullanılan emülsiyon formülasyonları.

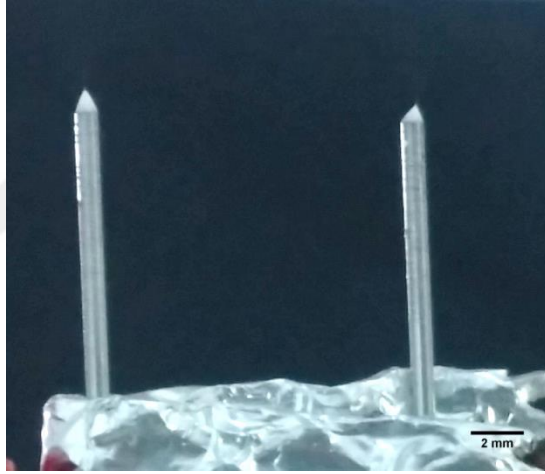
Emülsiyon no	Zeytinyağı (% <sub>0</sub> , ağırlıkça)	Esansiyel yağ (% <sub>0</sub> , ağırlıkça)	Esansiyel yağ*	MD (% <sub>0</sub> , ağırlıkça)	PSPI (% <sub>0</sub> , ağırlıkça)	MD+ PSPI (% <sub>0</sub> , ağırlıkça)
1	80	-	-	-	-	-
2	80	-	-	16	-	-
3	80	-	-	-	16	-
4	80	-	-	-	-	16
5	78	2	ÜÇY	-	-	-
6	78	2	NÇY	-	-	-
7	78	2	ÜÇY	16	-	-
8	78	2	ÜÇY	-	16	-
9	78	2	ÜÇY	-	-	16
10	78	2	NÇY	16	-	-
11	78	2	NÇY	-	16	-
12	78	2	NÇY	-	-	16

\*ÜÇY; üzüm çekirdeği yağı, NÇY; nar çekirdeği yağı

Çizelge 4.18'de belirtilen emülsiyonların elektro-püskürtme ile kaplama koşulları Çizelge 4.19'da özetlenmiştir. Bu çizelgede verilen elektro-püskürtmede uygulanan voltajın belirlenmesi için, sabit besleme debisi ve kolektör mesafesinde 0-20 kV arasında voltaj uygulanmış olup, kararlı olarak püskürtmenin ve “Taylor konisi” oluşumunun (Şekil 4.56'da görüldüğü gibi) gözlemlendiği voltajlar belirlenmiştir.

**Çizelge 4.19** Elektro-püskürtme işleminde kaplama koşulları.

Emülsiyon no	Besleme debisi (ml/saat)	Kolektör mesafesi (cm)	Uygulanan voltaj (kV)	Kaplama süresi (s)
1	3.5	14	11	25
2	3.5	14	12	25
3	3.5	14	12	25
4	3.5	14	13	25
5	3.5	14	10	25
6	3.5	14	11	25
7	3.5	14	11	25
8	3.5	14	13	25
9	3.5	14	12	25
10	3.5	14	12	25
11	3.5	14	12	25
12	3.5	14	12	25

**Şekil 4.56** Çift başlıklı elektro-püskürtme sırasında Taylor konisinin oluşumu.

#### **4.6 Elektro-püskürtme ile Elde Edilen Damlacıkların Boyut Analizi**

Elektro-püskürtme yönteminde örneklerin yüzeyini kaplayan emülsiyon damlacıklarının boyutunun belirlenmesi amacıyla, %80 yağ (%20 su fazı) içeren farklı elektriksel iletkenliğe ve viskoziteye sahip Çizelge 4.18’de belirtilen ilk dört emülsiyon farklı besleme debilerinde lam üzerine elektro-püskürtülmüş ve elde edilen mikroskop görüntülerinden damlacık boyut analizi gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla, farklı boyuttaki yeşil ve kırmızı floresan parçacıkların görüntüleri kaydedilmiş ve görüntüler ImageJ yazılımıyla incelenmiştir. Doğrulama amaçlı yapılan bu analizde, üretici firma tarafından

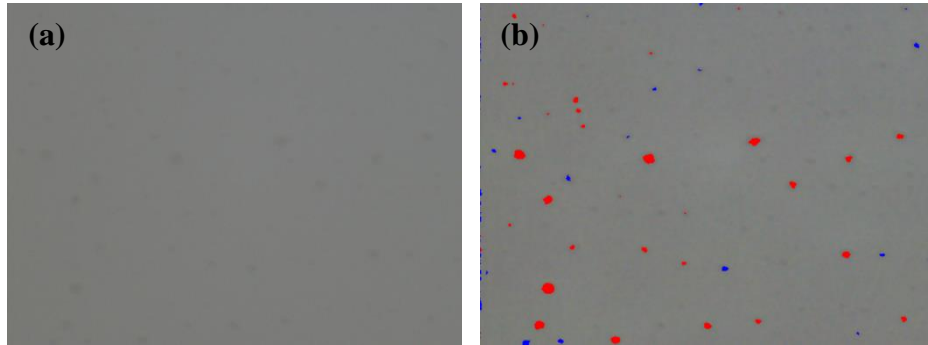
ortalama çapı 10  $\mu\text{m}$  olarak belirtilen CDG1000 Fluoro-Max Green (TermoFisher Scientific, ABD) boyanın sulu çözeltisi lam üzerine alınarak görüntüleri kaydedilmiş (EK 3 Şekil A.1) ve boyut analizi sonucunda  $10.001 \pm 0.616 \mu\text{m}$  bulunmuştur. Benzer şekilde üretici firma tarafından ortalama çapı 2  $\mu\text{m}$  olarak belirtilen R0200B Fluoro-Max Red (TermoFisher Scientific, ABD) boyanın sulu çözeltisi lam üzerine alınarak görüntüleri kaydedilmiş (EK 4 Şekil A.2) ve boyut analizi sonucunda  $2.010 \pm 0.048 \mu\text{m}$  bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar damlacık boyutunu belirlemekte ve kaplanmış meyve yüzeyini incelemekte kullanılan mikroskop ve boyut analizörü yazılımı ile yapılan ölçümlerin güvenilirliğini göstermektedir.

Çizelge 4.20’de elektro-püskürtme ile damlacık boyut analizi yapılan emülsiyonların elektro-püskürtmede önemli olan bazı özellikleri verilmiştir.

**Çizelge 4.20** Elektro-püskürtülen emülsiyonların özellikleri.

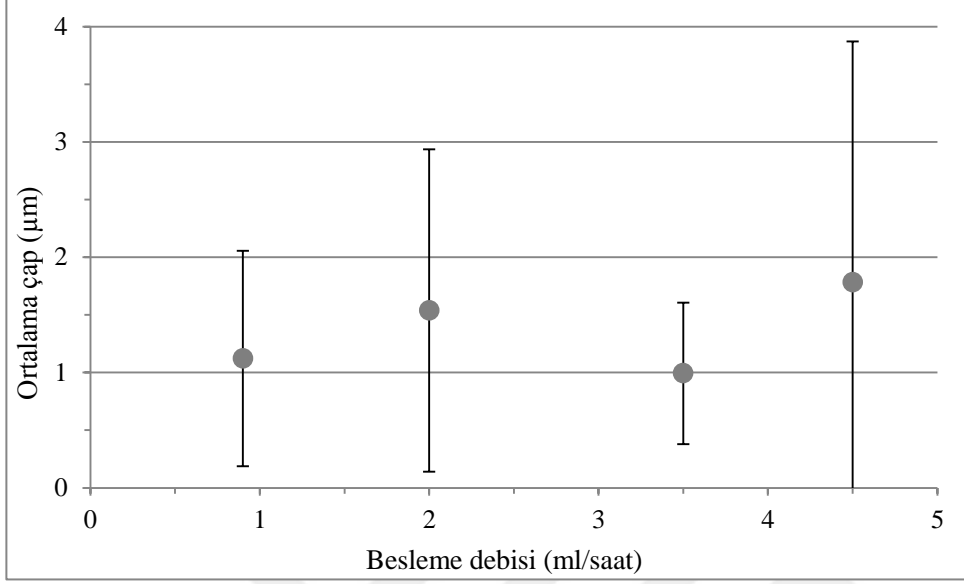
Emülsiyon no	Elektriksel iletkenlik (pS/m)	Viskozite (mPa.s)	Yüzey gerilimi (mN/m)	Temas açısı ( $^{\circ}$ )
1	>2000	113.64	33.3	35.1
2	1159.6	107.68	33.4	40.2
3	908.4	107.93	33.1	42.1
4	838.9	107.59	33.2	46.8

Şekil 4.57’de elektro-püskürtülen emülsiyonun ham görüntüsü (a) ve işlenmiş görüntüsü (b) örnek olarak verilmiştir. İşlenmiş görüntüde kırmızı parçacıklar boyut analizine dahil edilen örnekleri, mavi parçacıklar ise geometrik şekli yuvarlaklığa uymaması sebebiyle (aspect ratio>1.5) boyut analizine dahil edilmeyen parçacıkları göstermektedir.

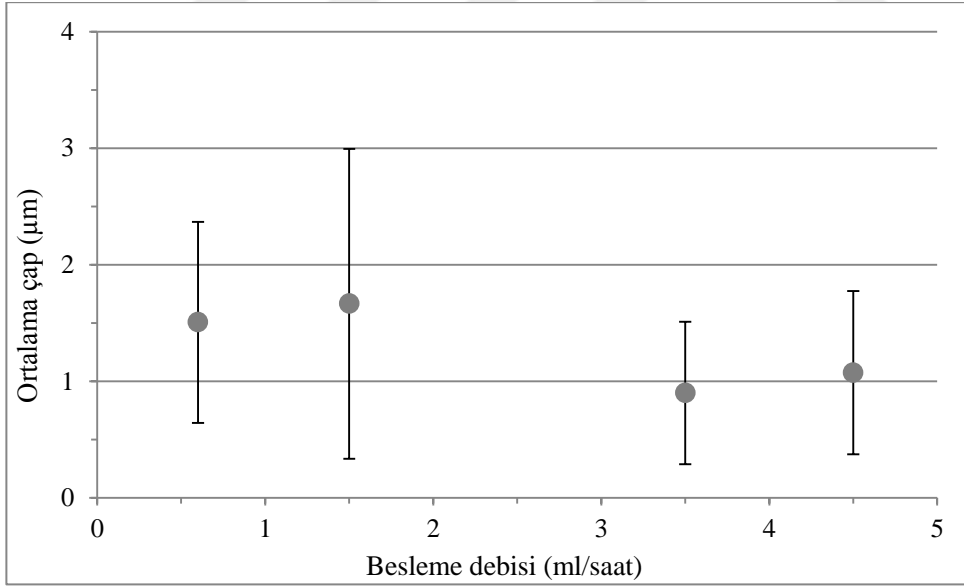


**Şekil 4.57** Lam yüzeyine elektro-püskürtülmüş damlacıkların (a); ham görüntüsü, (b); işlenmiş görüntüsü.

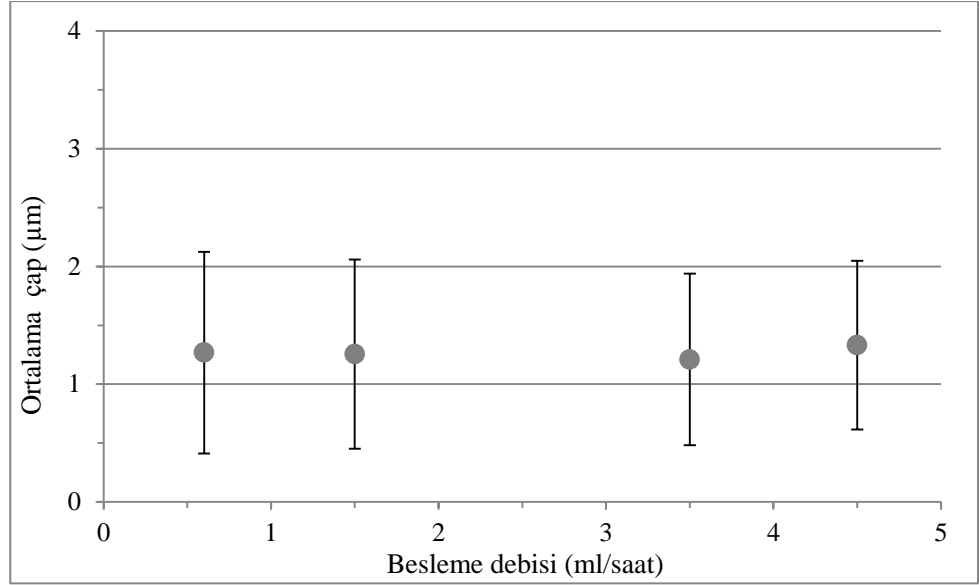
Farklı besleme debilerinde elektro-püskürtülen emülsiyonların ortalama çapları sırasıyla Şekil 4.58, 4.59, 4.60 ve 4.61'de ve boyut analizi sonuçları Çizelge 4.21'de verilmiştir.



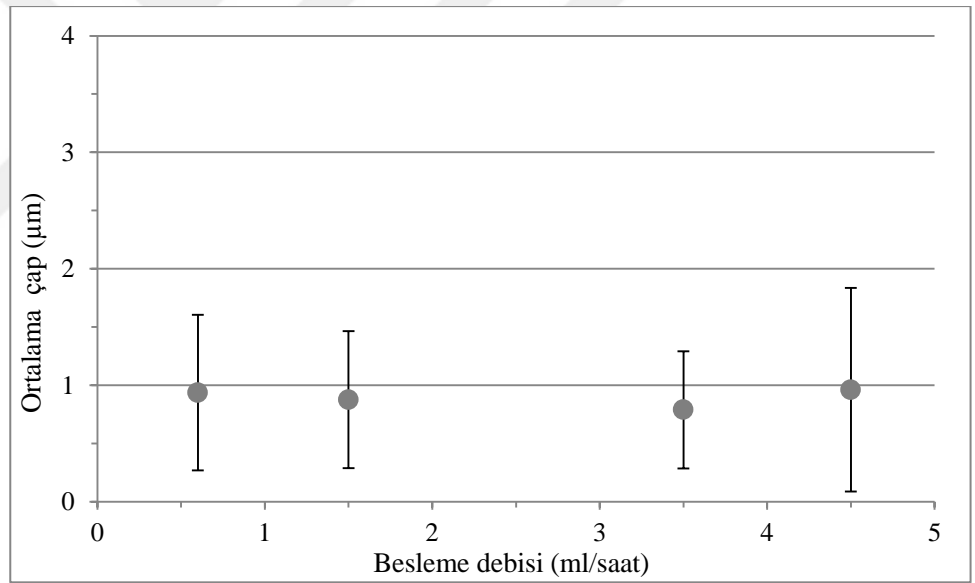
Şekil 4.58 1. emülsiyonun parçacık boyut analizi.



Şekil 4.59 2. emülsiyonun parçacık boyut analizi.



Şekil 4.60 3. emülsiyonun parçacık boyut analizi.



Şekil 4.61 4. emülsiyonun parçacık boyut analizi.

Çizelge 4.21 incelendiğinde, elektriksel iletkenliği ve viskozitesi diğer emülsiyonlardan daha yüksek olan 1. emülsiyonda kararlı bir püskürtme sağlanan voltaj değerlerine kıyasla daha düşük olmasına karşın, elde edilen damlacıkların ortalama boyutlarının daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı voltaj uygulandığında en düşük ortalama çapın 3.5 ml/saat debide elde edildiği görülmektedir. Tüm emülsiyonlar kıyaslandığında, en düşük ortalama çap elde edilen örneğin 4. emülsiyon olduğu görülmektedir. Aynı besleme debisinde diğer

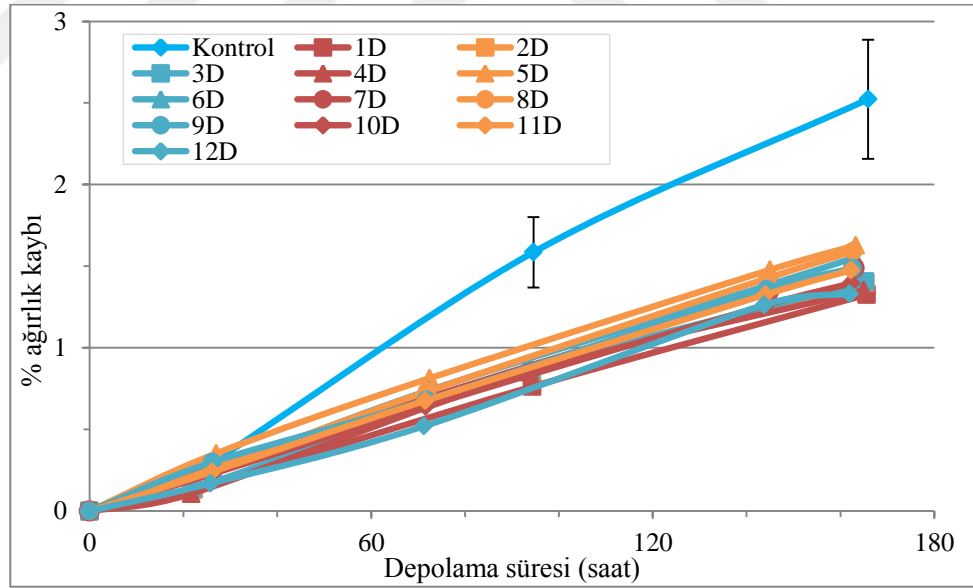
emülsiyonlardan daha düşük elektriksel iletkenlik ve viskoziteye sahip bu emülsiyonda, kararlı püskürtmenin elde edilebilmesi için daha yüksek voltaj uygulanması gerektiği saptanmıştır. Beslenen sıvının elektriksel iletkenlik ve viskozite değerleri değiştiğinde, konik jet oluşumu için uygulanması gereken elektriksel voltaj ve bunun sonucu elde edilecek damlacık çapı farklı olmaktadır. Besleme debisinin fazla olduğu durumlarda, konik jet oluşumu için gerekli olan elektriksel yük artmakta, ve bunun sonucu olarak elde edilen damlacık çapı düşmektedir (Ganan-Calvo et al., 1997). Uygulanan voltajın artışıyla, damlacık boyutu dağılımının tek tepeli (monomodal) olup, daha dar bir aralıkta değiştiği belirtilmektedir (Jayasinghe, 2006). Literatürde elektro-püskürtme sırasında oluşan konik jet çapının belirlenmesiyle ilgili teorik modeller (Ganan-Calvo et al. (1997) ve Hartman et al. (1999) tarafından öngörülen) bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında kullanılan emülsiyonların fiziksel ve elektriksel özellikleri öngörülen teorik modellerle incelendiğinde, elektro-püskürtme debisinin artışıyla oluşan jet çapının üssel olarak arttığı tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmada elde edilen elektro-püskürtülmüş damlacık boyutunun karşılaştırılabileceği herhangi bir teorik model bulunmamıştır.

**Çizelge 4.21** Elektro-püskürtülen emülsiyon damlacıklarının boyut analizi sonuçları.

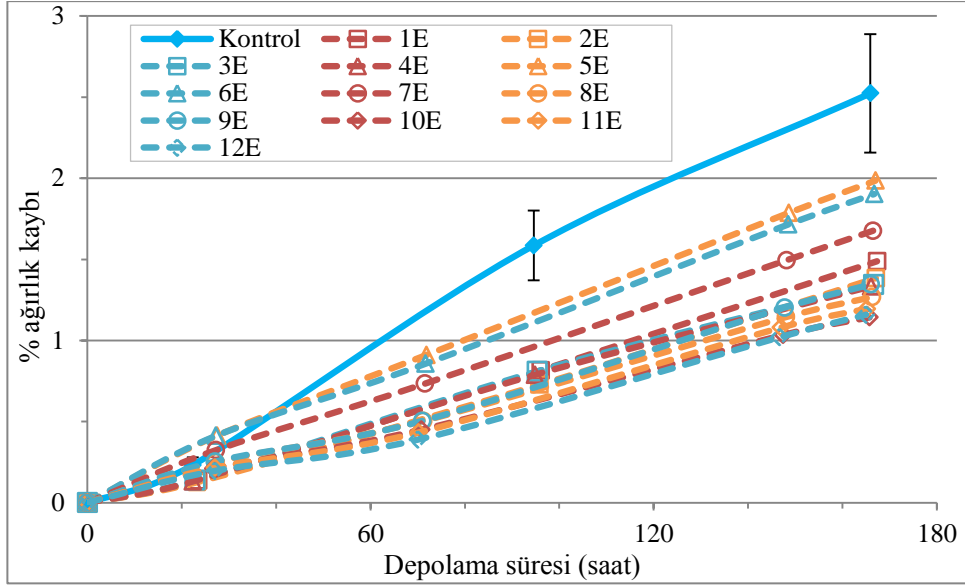
Emülsiyon no	Debi (ml/saat)	Voltaj (kV)	Ortalama çap ( $\mu\text{m}$ )
1	0.9	11	1.121±0.934
1	2	11	1.537±1.398
1	3.5	11	0.993±0.612
1	4.5	11	1.783±2.089
2	0.6	12	1.505±0.863
2	1.5	12	1.664±1.331
2	3.5	12	0.899±0.611
2	4.5	12	1.073±0.700
3	0.6	12	1.268±0.857
3	1.5	12	1.255±0.804
3	3.5	12	1.210±0.729
3	4.5	12	1.331±0.717
4	0.6	13	0.937±0.667
4	1.5	13	0.875±0.588
4	3.5	13	0.789±0.504
4	4.5	13	0.961±0.875

#### 4.7 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Ağırlık Kaybı

7 günlük depolama sırasında kontrol ve kaplanmış örneklerin ağırlık (nem) kaybı değerleri Şekil 4.62 ve 4.63 'te gösterilmektedir. Şekiller incelendiğinde, her iki yöntemle kaplanan elma dilimlerinde nem kaybının, tüm depolama süresince kontrol örneğine kıyasla belirgin ölçüde düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca kaplama yönteminden bağımsız olarak kaplamada kullanılan emülsiyon bileşiminin, elma dilimlerinin nem kaybı üzerinde önemli bir etki yaratmadığı görülmektedir. Daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerde ağırlık kaybının ortalama %1.33 ile 1.63 arasında değiştiği, elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan örneklerde ağırlık kaybının ortalama % 1.14 ile 1.98 arasında değiştiği saptanmıştır. Daldırma yönteminde elma dilimi başına ortalama  $0.762 \pm 0.030$  g emülsiyon kullanılırken, elektro-püskürtme yönteminde  $2.500 \pm 0.292$  mg emülsiyon kullanılmış olup; yaklaşık 300 kat daha az kaplama malzemesi kullanılarak nem kaybı daldırmaya benzer düzeyde azaltılmıştır.



Şekil 4.62 Daldırma yöntemiyle kaplanan elmaların depolama sırasında % ağırlık kaybı.



Şekil 4.63 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elmaların depolama sırasında % ağırlık kaybı.

Taze kesilmiş meyveler, dilimleme ve soyma işlemini takiben hızla nem kaybetmeye başlamakta, kesilen yüzeye herhangi bir işlem uygulanmadığında depolandığı atmosfere bağlı olarak nem kaybı giderek artmaktadır. Gardesh et al. (2016) tarafından yapılan çalışmada, nanokitosan çözeltisiyle kaplanan bütün Golab Kohanz çeşidi elmalarda nem kaybı kontrol örneğine kıyasla daha düşük bulunmuş, çözeltideki kitosan oranının artışının nem kaybını azaltmakta etkili olduğu görülmüştür. Ancak elmaların bütün halde depolanması sebebiyle nem kaybının iki aylık depolama sonunda bile, en fazla %5 olduğu görülmektedir. Kraśniewska et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise, Jonagored çeşidi bütün elma örnekleri pullulan içeren film ile kaplanarak 2°C ve 16°C'de depolanmıştır. 2°C'de depolanan örneklerde 1 aylık depolama sonunda nem kaybı tüm örneklerde (kontrol dahil), %4'ten daha az bulunmuş; 16°C'de 2 hafta depolanan örneklerde ise nem kaybının en çok kontrol örneğinde olduğu (%4) belirlenmiştir. Yapılan bir başka çalışmada, dilimlenmiş Golden Delicious çeşidi elma örnekleri, balmumu veya karnauba mumu temelli peynir altı suyu proteinleri ve hidroksipropil metil selüloz (HPMC) içeren filmlerle kaplanmış olup, kapalı kaplarda 5°C'de depolanan örneklerde nem kaybı %0.73-1.40 arasında bulunmuştur (Perez-Gago et al., 2005). Ayrıca beklenenin aksine, kaplanan bazı örneklerin, kontrol örneğinden daha fazla nem kaybettiği belirlenmiştir. Mumlar yapılarında yüksek oranda bulunan uzun zincirli alkoller ve alkanlar ile yüksek hidrofobisiteye sahip olup, nem ve su buharı geçirgenliğine karşı en etkili kaplama materyali olduğu belirtilmektedir (Pérez-Gago and Krochta, 2001; Perez-Gago et al., 2005). Olivas et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada, Gala çeşidi

dilimlenmiş elma örnekleri aljinat içeren çözeltilerle kaplanmış olup, örnekler bu tez çalışmasına benzer şekilde 5°C ve %85 RH'de depolanmıştır. 8 günlük depolama sonunda kontrol örneğinde %30 civarında nem kaybı olurken, aljinat-kalsiyum-asetillenmiş monogliserit linoleik asit içeren kaplamayla kaplanan örneklerde nem kaybı %20'den az bulunmuştur. Benzer koşullarda depolanan taze kesilmiş Fuji çeşidi elmada, 8 günlük depolama sonunda kontrol örneğinde ağırlık kaybı %25 civarında iken, kitosan-CaCl<sub>2</sub>-askorbik asit çözeltisiyle kaplanmış elma örneklerinde nem kaybı %15 civarında bulunmuştur (Qi et al., 2011). Khan et al. (2014a) tarafından yapılan çalışmada ise, S/Y emülsiyonu ile kaplanan Golden Delicious çeşidi elma dilimi örneklerinde nem kaybının, kontrol örneğine kıyasla %32 oranında azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca elektro-püskürtme ile kaplamada, geçiş sayısının artışı ile (kaplama materyalinin artışı), su buharı geçirgenliğinin düşerek %50'ye kadar azaltılabileceği gösterilmiştir.

Literatür incelendiğinde, minimal işlem görmüş elma örneklerinde, depolama sırasındaki nem kaybının; depolama koşulları (sıcaklık, nem, süre), elma çeşidi, elmanın dilimlenmiş/bütün olarak depolanması, meyvenin olgunluk derecesi, kaplama materyalinin bileşimi (polisakkarit, protein, lipid), kaplama materyali türü (çözelti, emülsiyon, film), ikincil ambalaj tipi ve kaplama yöntemi gibi birçok faktöre bağlı olarak değiştiği görülmektedir. Ancak uygulanan kaplama işlemi ile, nem kaybının mümkün olduğunca azaltılmasının, elmanın diğer kalite özelliklerinin korunmasında yardımcı olduğu görülmektedir.

#### **4.8 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında pH ve Titre Edilebilir Asitlik Değerinin Değişimi**

Çizelge 4.22 ve 4.23'te kaplanan elma dilimlerinin depolama sırasında pH ve % titrasyon asitliği değerleri gösterilmektedir. Çizelge incelendiğinde, elma örneklerinin tüm depolama süresince pH değerleri 3.4-3.8 arasında değişirken, titrasyon asitliğinin ise %0.53-1.06 malik asit arasında değiştiği belirlenmiştir. Örneklerin pH değerleri incelendiğinde, depolama sırasında kaplama yöntemine veya kaplamada kullanılan bileşime göre belirgin bir değişim görülmediği, pH değerlerinin depolama sonunda daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerde 3.4-3.6 arasında bulunduğu görülmektedir. Elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerde de benzer şekilde depolama sonunda pH değerlerinin 3.4-3.6 arasında olduğu belirlenmiştir. Daldırma yönteminde, kaplama materyali olarak kullanılan emülsiyon miktarının daha fazla olmasına karşın, elmanın pH değerini değiştirmekte önemli düzeyde etkili olmadığı görülmektedir.

**Çizelge 4.22** Elma dilimlerinin depolama süresince pH ve % titrasyon asitliğinin\* örneğe bağlı değişimi.

Örnek	Depolama süresi							
	0. gün		3. gün		5. gün		7. gün	
	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik
K	3.520 <sup>d,e</sup>	0.688 <sup>a</sup>	3.579 <sup>c,d</sup>	0.683 <sup>c,d,e,f</sup>	3.578 <sup>e,f,g,h,i</sup>	0.731 <sup>d,e,f,g</sup>	3.489 <sup>g,h,i</sup>	0.854 <sup>g,h,i,j</sup>
1D	3.452 <sup>b</sup>	1.069 <sup>e</sup>	3.522 <sup>a,b,c</sup>	0.696 <sup>c,d,e,f,g</sup>	3.538 <sup>c,d,e,f</sup>	0.480 <sup>a</sup>	3.442 <sup>d,e,f</sup>	0.738 <sup>c,d,e,f</sup>
2D	3.503 <sup>d</sup>	0.939 <sup>d</sup>	3.454 <sup>a</sup>	0.654 <sup>b,c,d</sup>	3.533 <sup>c,d,e</sup>	0.654 <sup>b,c,d</sup>	3.464 <sup>f,g,h</sup>	0.810 <sup>e,f,g,h</sup>
3D	3.460 <sup>b</sup>	1.063 <sup>e</sup>	3.551 <sup>b,c</sup>	0.717 <sup>d,e,f,g</sup>	3.534 <sup>c,d,e</sup>	0.653 <sup>b,c,d</sup>	3.439 <sup>d,e,f</sup>	0.729 <sup>b,c,d,e</sup>
4D	3.464 <sup>b,c</sup>	0.848 <sup>c</sup>	3.537 <sup>b,c</sup>	0.657 <sup>b,c,d</sup>	3.551 <sup>c,d,e,f,g</sup>	0.546 <sup>a,b</sup>	3.423 <sup>b,c,d,e,f</sup>	0.752 <sup>c,d,e,f</sup>
5D	3.401 <sup>a</sup>	0.718 <sup>a,b</sup>	3.679 <sup>e,f,g,h</sup>	0.654 <sup>b,c,d</sup>	3.627 <sup>j,k,l,m</sup>	0.771 <sup>d,e,f,g</sup>	3.415 <sup>a,b,c,d</sup>	0.863 <sup>g,h,i,j</sup>
6D	3.507 <sup>d</sup>	0.728 <sup>a,b</sup>	3.719 <sup>g,h,i</sup>	0.741 <sup>d,e,f,g</sup>	3.578 <sup>e,f,g,h,i</sup>	0.954 <sup>i,j,k</sup>	3.385 <sup>a,b</sup>	0.921 <sup>i,j</sup>
7D	3.446 <sup>b</sup>	0.634 <sup>a</sup>	3.739 <sup>h,i</sup>	0.881 <sup>i</sup>	3.597 <sup>g,h,i,j</sup>	0.747 <sup>d,e,f,g</sup>	3.379 <sup>a</sup>	0.814 <sup>e,f,g,h</sup>
8D	3.469 <sup>b,c</sup>	0.847 <sup>c</sup>	3.747 <sup>h,i</sup>	0.785 <sup>g,h</sup>	3.649 <sup>k,l,m</sup>	0.791 <sup>e,f,g</sup>	3.395 <sup>a,b,c</sup>	0.870 <sup>g,h,i,j</sup>
9D	3.462 <sup>b</sup>	0.653 <sup>a</sup>	3.690 <sup>e,f,g,h</sup>	0.673 <sup>c,d,e</sup>	3.603 <sup>h,i,j,k</sup>	0.768 <sup>d,e,f,g</sup>	3.383 <sup>a,b</sup>	0.938 <sup>j</sup>
10D	3.494 <sup>c,d</sup>	0.798 <sup>b,c</sup>	3.626 <sup>d,e</sup>	0.609 <sup>a,b,c</sup>	3.583 <sup>f,g,h,i,j</sup>	0.783 <sup>d,e,f,g</sup>	3.420 <sup>a,b,c,d,e</sup>	0.890 <sup>h,i,j</sup>
11D	3.551 <sup>e,f</sup>	0.841 <sup>c</sup>	3.641 <sup>d,e,f</sup>	0.783 <sup>g,h</sup>	3.711 <sup>o</sup>	1.055 <sup>k</sup>	3.540 <sup>j,k,l</sup>	0.848 <sup>g,h,i,j</sup>
12D	3.561 <sup>f</sup>	0.833 <sup>c</sup>	3.586 <sup>c,d</sup>	0.905 <sup>i</sup>	3.556 <sup>d,e,f,g,h</sup>	0.975 <sup>j,k</sup>	3.617 <sup>n</sup>	0.741 <sup>c,d,e,f</sup>
1E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.488 <sup>a,b</sup>	0.557 <sup>a</sup>	3.456 <sup>a</sup>	0.701 <sup>c,d,e,f</sup>	3.461 <sup>e,f,g</sup>	0.827 <sup>f,g,h,i</sup>
2E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.525 <sup>a,b,c</sup>	0.533 <sup>a</sup>	3.506 <sup>b,c</sup>	0.654 <sup>b,c,d</sup>	3.433 <sup>c,d,e,f</sup>	0.739 <sup>c,d,e,f</sup>
3E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.495 <sup>a,b</sup>	0.576 <sup>a,b</sup>	3.521 <sup>b,c,d</sup>	0.780 <sup>d,e,f,g</sup>	3.511 <sup>i,j</sup>	0.612 <sup>a</sup>
4E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.525 <sup>a,b,c</sup>	0.621 <sup>a,b,c</sup>	3.487 <sup>a,b</sup>	0.601 <sup>b,c</sup>	3.586 <sup>m,n</sup>	0.639 <sup>a,b</sup>
5E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.688 <sup>e,f,g,h</sup>	0.851 <sup>h,i</sup>	3.651 <sup>l,m</sup>	0.673 <sup>c,d,e</sup>	3.456 <sup>d,e,f,g</sup>	0.655 <sup>a,b,c</sup>
6E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.771 <sup>i</sup>	0.737 <sup>d,e,f,g</sup>	3.719 <sup>o</sup>	0.587 <sup>a,b,c</sup>	3.530 <sup>i,j,k</sup>	0.693 <sup>a,b,c,d</sup>
7E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.703 <sup>f,g,h,i</sup>	0.754 <sup>e,f,g</sup>	3.701 <sup>n,o</sup>	0.785 <sup>e,f,g</sup>	3.557 <sup>k,l,m</sup>	0.699 <sup>a,b,c,d</sup>
8E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.659 <sup>e,f,g</sup>	0.925 <sup>i</sup>	3.672 <sup>m,n,o</sup>	0.923 <sup>h,i,j</sup>	3.502 <sup>h,i,j</sup>	0.913 <sup>i,j</sup>
9E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.712 <sup>f,g,h,i</sup>	0.776 <sup>f,g,h</sup>	3.659 <sup>m,n</sup>	0.786 <sup>e,f,g</sup>	3.484 <sup>g,h,i</sup>	0.922 <sup>i,j</sup>
10E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.642 <sup>d,e,f</sup>	0.895 <sup>i</sup>	3.674 <sup>m,n,o</sup>	0.846 <sup>g,h,i</sup>	3.425 <sup>b,c,d,e,f</sup>	0.774 <sup>d,e,f,g</sup>
11E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.698 <sup>e,f,g,h,i</sup>	0.727 <sup>d,e,f,g</sup>	3.591 <sup>g,h,i,j</sup>	0.831 <sup>f,g,h</sup>	3.430 <sup>c,d,e,f</sup>	0.935 <sup>j</sup>
12E	3.520 <sup>d,e</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.681 <sup>e,f,g,h</sup>	0.865 <sup>h,i</sup>	3.606 <sup>i,j,k,l</sup>	0.835 <sup>g,h,i</sup>	3.575 <sup>l,m</sup>	0.692 <sup>a,b,c,d</sup>

\*% titrasyon asitliği, malik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

a-o Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

Öztürk ve Öztürk (2016) yapmış olduğu çalışmada, Golden Delicious elma çeşidinde pH değerinin ortalama 3.90 ve titrasyon asitliğinin %0.65 olduğunu belirtmişlerdir. Rutkowski et al. (2008) tarafından yapılan çalışmada ise, Golden Delicious çeşidi elma örneklerinde titrasyon asitliğinin, meyvenin olgunluk düzeyine bağlı olarak %0.4-0.8 arasında değiştiği belirtilmektedir. Jeziorek et al. (2010) tarafından yapılan çalışmada, etilen üretimini baskılayan 1-metilsiklopropan ile muamele edilen bütün haldeki Golden Delicious çeşidi elma örneklerinde, depolama süresine bağlı olarak titrasyon asitliğinin düştüğü belirtilmiştir. Bu çalışmada, örneklerin titrasyon asitliğinin hasat edildikten sonra %0.51-0.70 arasında iken, 6 aylık depolama sonunda %0.16-0.40 malik asite düştüğü belirtilmiştir.

Çizelge 4.23 incelendiğinde, kontrol örneğinde pH değerinin önemli düzeyde değişmediği, ancak titrasyon asitliğinin depolama süresine bağlı olarak arttığı görülmektedir. Daldırma ile kaplanan örnekler incelendiğinde, depolama süresine bağlı olarak pH değerinin önemli düzeyde değişmediği veya azaldığı görülmektedir. Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elma dilimi örneklerinin pH değerinin de, daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerle benzer bir eğilim gösterdiği görülmektedir. Titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde, daldırma veya elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanmış elma örneklerinde genel olarak kaplama emülsiyonu bileşimi veya kaplama süresine bağlı bir değişim olmadığı görülmektedir. Bu da dilimlenmiş elma örneklerinin pH ve asitlik değerlerinin, kaplama bileşimi veya uygulanan kaplama miktarı yerine, kaplanan elmanın pH ve asitlik düzeyine bağlı olduğu görülmektedir. Ayrıca kaplamada bulunan ÜÇY veya NÇY esansiyel yağlarının, pH veya % titrasyon asitliği üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı görülmektedir. Olivas et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada, Gala çeşidi dilimlenmiş elma örnekleri aljinat içeren çözeltilerle kaplanmış olup, depolama sırasında tüm örneklerin titrasyon asitliğinin düştüğü, ancak aljinat-kalsiyum-asetillenmiş monogliserit linoleik asit içeren kaplamayla kaplanan örneklerde asitliğin daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Yine bu çalışmada, meyvenin olgunlaşmasına bağlı olarak, meyvenin şeker içeriğinin artarken asitliğin düştüğü ifade edilmiştir. Literatür incelendiğinde, minimal işlem görmüş elma örneklerinin, depolama sırasında pH ve titrasyon asitliği değerlerine ilişkin detaylı veri bulunmadığı görülmüştür.

**Çizelge 4.23** Elma dilimlerinin pH ve % titrasyon asitliğinin depolama süresine bağlı değişimi.

Örnek											
K		1D		2D		3D		4D			
gün	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	
0	3.520 <sup>a</sup>	0.688 <sup>a</sup>	3.452 <sup>a</sup>	1.069 <sup>c</sup>	3.503 <sup>b,c</sup>	0.939 <sup>c</sup>	3.460 <sup>a</sup>	1.063 <sup>b</sup>	3.464 <sup>a</sup>	0.848 <sup>c</sup>	
3	3.579 <sup>a</sup>	0.683 <sup>a</sup>	3.522 <sup>b</sup>	0.696 <sup>b</sup>	3.454 <sup>a</sup>	0.654 <sup>a</sup>	3.551 <sup>b</sup>	0.717 <sup>a</sup>	3.537 <sup>b</sup>	0.657 <sup>b</sup>	
5	3.578 <sup>a</sup>	0.731 <sup>a,b</sup>	3.538 <sup>b</sup>	0.480 <sup>a</sup>	3.533 <sup>c</sup>	0.654 <sup>a</sup>	3.534 <sup>b</sup>	0.653 <sup>a</sup>	3.551 <sup>b</sup>	0.546 <sup>a</sup>	
7	3.489 <sup>a</sup>	0.854 <sup>b</sup>	3.442 <sup>a</sup>	0.738 <sup>b</sup>	3.464 <sup>a,b</sup>	0.810 <sup>b</sup>	3.439 <sup>a</sup>	0.729 <sup>a</sup>	3.423 <sup>a</sup>	0.752 <sup>b,c</sup>	
5D		6D		7D		8D		9D			
gün	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	
0	3.401 <sup>a</sup>	0.718 <sup>a,b</sup>	3.507 <sup>b</sup>	0.728 <sup>a</sup>	3.446 <sup>b</sup>	0.634 <sup>a</sup>	3.469 <sup>b</sup>	0.847 <sup>a</sup>	3.462 <sup>b</sup>	0.653 <sup>a</sup>	
3	3.679 <sup>c</sup>	0.654 <sup>a</sup>	3.719 <sup>d</sup>	0.741 <sup>a</sup>	3.739 <sup>d</sup>	0.881 <sup>d</sup>	3.747 <sup>d</sup>	0.785 <sup>a</sup>	3.690 <sup>d</sup>	0.673 <sup>a,b</sup>	
5	3.627 <sup>b</sup>	0.771 <sup>b</sup>	3.578 <sup>c</sup>	0.954 <sup>b</sup>	3.597 <sup>c</sup>	0.747 <sup>b</sup>	3.649 <sup>c</sup>	0.791 <sup>a</sup>	3.603 <sup>c</sup>	0.768 <sup>b</sup>	
7	3.415 <sup>a</sup>	0.863 <sup>c</sup>	3.385 <sup>a</sup>	0.921 <sup>b</sup>	3.379 <sup>a</sup>	0.814 <sup>c</sup>	3.395 <sup>a</sup>	0.870 <sup>a</sup>	3.383 <sup>a</sup>	0.938 <sup>c</sup>	
10D		11D		12D		1E		2E			
gün	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	
0	3.494 <sup>b</sup>	0.798 <sup>b</sup>	3.551 <sup>a</sup>	0.841 <sup>a</sup>	3.561 <sup>a</sup>	0.833 <sup>a,b</sup>	3.520 <sup>c</sup>	0.687 <sup>b</sup>	3.520 <sup>b</sup>	0.687 <sup>b,c</sup>	
3	3.626 <sup>d</sup>	0.609 <sup>a</sup>	3.641 <sup>b</sup>	0.783 <sup>a</sup>	3.586 <sup>a,b</sup>	0.905 <sup>b,c</sup>	3.488 <sup>b</sup>	0.557 <sup>a</sup>	3.525 <sup>b</sup>	0.533 <sup>a</sup>	
5	3.583 <sup>c</sup>	0.783 <sup>b</sup>	3.711 <sup>c</sup>	1.055 <sup>b</sup>	3.556 <sup>a</sup>	0.975 <sup>c</sup>	3.456 <sup>a</sup>	0.701 <sup>b</sup>	3.506 <sup>b</sup>	0.654 <sup>b</sup>	
7	3.420 <sup>a</sup>	0.890 <sup>c</sup>	3.540 <sup>a</sup>	0.848 <sup>a</sup>	3.617 <sup>b</sup>	0.741 <sup>a</sup>	3.461 <sup>a,b</sup>	0.827 <sup>c</sup>	3.433 <sup>a</sup>	0.739 <sup>c</sup>	
3E		4E		5E		6E		7E			
gün	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	
0	3.520 <sup>a</sup>	0.687 <sup>b</sup>	3.520 <sup>b</sup>	0.687 <sup>b</sup>	3.520 <sup>b</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.520 <sup>a</sup>	0.687 <sup>b</sup>	3.520 <sup>a</sup>	0.687 <sup>a</sup>	
3	3.495 <sup>a</sup>	0.576 <sup>a</sup>	3.525 <sup>b</sup>	0.621 <sup>a</sup>	3.688 <sup>d</sup>	0.851 <sup>b</sup>	3.771 <sup>c</sup>	0.737 <sup>c</sup>	3.703 <sup>c</sup>	0.754 <sup>a,b</sup>	
5	3.521 <sup>a</sup>	0.780 <sup>c</sup>	3.487 <sup>a</sup>	0.601 <sup>a</sup>	3.651 <sup>c</sup>	0.673 <sup>a</sup>	3.719 <sup>b</sup>	0.587 <sup>a</sup>	3.701 <sup>c</sup>	0.785 <sup>b</sup>	
7	3.511 <sup>a</sup>	0.612 <sup>a</sup>	3.586 <sup>c</sup>	0.639 <sup>a,b</sup>	3.456 <sup>a</sup>	0.655 <sup>a</sup>	3.530 <sup>a</sup>	0.693 <sup>b,c</sup>	3.557 <sup>b</sup>	0.699 <sup>a,b</sup>	
8E		9E		10E		11E		12E			
gün	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	
0	3.520 <sup>a</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.520 <sup>b</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.520 <sup>b</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.520 <sup>b</sup>	0.687 <sup>a</sup>	3.520 <sup>a</sup>	0.687 <sup>a</sup>	
3	3.659 <sup>b</sup>	0.925 <sup>b</sup>	3.712 <sup>d</sup>	0.776 <sup>b</sup>	3.642 <sup>c</sup>	0.895 <sup>c</sup>	3.698 <sup>d</sup>	0.727 <sup>a,b</sup>	3.681 <sup>d</sup>	0.865 <sup>b</sup>	
5	3.672 <sup>b</sup>	0.923 <sup>b</sup>	3.659 <sup>c</sup>	0.786 <sup>b</sup>	3.674 <sup>d</sup>	0.846 <sup>b,c</sup>	3.591 <sup>c</sup>	0.831 <sup>b,c</sup>	3.606 <sup>c</sup>	0.835 <sup>b</sup>	
7	3.502 <sup>a</sup>	0.913 <sup>b</sup>	3.484 <sup>a</sup>	0.922 <sup>c</sup>	3.425 <sup>a</sup>	0.774 <sup>a,b</sup>	3.430 <sup>a</sup>	0.935 <sup>c</sup>	3.575 <sup>b</sup>	0.692 <sup>a</sup>	

<sup>a-d</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

#### 4.9 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Renk Değerlerinin Değişimi

Depolama süresince elma dilimlerinin renk değerlerinin değişimi Çizelge 4.24 ve 4.25'te, toplam renk değişimleri ( $\Delta E$ ) Şekil 4.64 ile 4.65'te gösterilmiştir. Depolama sırasında, örneklerde parlaklık ( $L^*$ ) ve beyazlaşma indeksi ( $WI$ ) değerinin önemli düzeyde azaldığı, buna karşılık kırmızılık ( $a^*$ ), sarılık ( $b^*$ ) ve bu değerler ile elde edilen kroma ( $C^*$ ) değerlerinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Elmada kararmanın belirlenmesinde, parlaklık ve kırmızılık değerinin önemli bir indikatör olduğu belirtilmektedir (Chiabrandò and

Giacalone, 2012). Depolama sırasında tüm örneklerin kırmızılık değerinin ( $a^*$ ) arttığı, depolamanın sonunda (7. gün) en yüksek  $a^*$  değerinin, daldırma ile kaplanan örneklerde olduğu belirlenmiştir. Kitosan ile kaplanan Fuji çeşidi elmalarda, depolamanın ilk 24 saatinde parlaklık değerinin hızla düştüğü ve kırmızılık değerinin en yüksek düzeye ulaştığı aktarılmış olup, elde edilen sonuçların bu çalışma ile uyumlu olduğu görülmektedir (Qi et al., 2011). Song et al. (2013) tarafından yapılan çalışmada ise, aloe vera jeli ile kaplanan Hongro çeşidi elma örneklerinde kahverengileşme indeksi (browning index) değerinin ilk 5 saatte hızla arttığı, depolamanın ilerleyen sürelerinde ise önemli düzeyde değişmediği belirtilmiştir. Benzer şekilde, aljinat içeren yenilebilir kaplama ile kaplanan Gala çeşidi elma dilimlerinde kahverengileşme indeksinin depolamanın 2. gününde en yüksek değere ulaştığı, depolamanın diğer günlerinde ise (2-8. gün) önemli düzeyde değişmediği belirlenmiştir (Olivas et al., 2007).

Kroma ( $C^*$ ) değeri, kırmızılık ve sarılık değerlerinden hesaplanan ve renk doygunluğunu gösteren bir değer olup, kroma değeri yüksek olan örneklerin, insanlar tarafından algılanan renk yoğunluğunun arttığı belirtilmektedir (Pathare et al., 2013). Buna göre, kroma değerindeki artışın örneklerde olası kararmanın belirlenmesinde beyazlaşma indeksi ile beraber değerlendirilebileceği görülmektedir.  $C^*$  değerleri incelendiğinde, kontrol örneğinin dışında, daldırma ve elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerde de önemli düzeyde bir artış olduğu ( $p<0.05$ ) belirlenmiştir. Ayrıca örneklerde depolama süresine bağlı olarak beyazlaşma indeksinin giderek düştüğü, örneklerde kararmanın değerinin depolama süresinin sonunda en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Khan et al. (2014a) tarafından yapılan çalışmada ise, kontrol örneği, kontrol emülsiyonu ve su fazında %10 pekmez içeren emülsiyon ile kaplanan elma örneklerinde, beyazlaşma indeksinin depolamanın ikinci saatinde önemli düzeyde düştüğü ( $p<0.05$ ), ancak su fazında %10 askorbik asit içeren örneklerde beyazlaşma indeksinde önemli düzeyde bir değişim olmadığı ( $p>0.05$ ) belirtilmiştir. Benzer şekilde, askorbik asit içeren emülsiyonlarda kroma değerinde depolamanın ilk 2 saatinde önemli bir değişim yaşanmazken ( $p>0.05$ ), diğer örneklerde kroma değerinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Çizelge 4.24 incelendiğinde, depolama süresi sonunda kontrol örneğinin en düşük parlaklık ve beyazlaşma indeksi değerine sahip olmadığı, bunun da depolama sırasında kaplanan örneklerle kıyasla hızla nem kaybeden kontrol örneğinde kurumaya bağlı olarak kabuk oluştuğu ve kararmanın göreceli olarak yavaşladığı düşünülmektedir. Benzer sonuçlara literatürde de yer verilmiştir (Perez-Gago et al., 2006; Kraśniewska et al., 2015; Moreira et al., 2015).

Depolama süresine bağı olarak elmanın renk değerlerindeki değişim Çizelge 4.25'te verilmiş olup, genel olarak depolamanın ilk ve 3. gününde renk değişiminin önemli düzeyde olduğu ( $p<0.05$ ), depolamanın 5. ve 7. gününde ise özellikle parlaklık ve beyazlaşma indeksi değerlerinde önemli düzeyde değişim görülmediği saptanmıştır ( $p>0.05$ ).



Çizelge 4.24 Elma dilimlerinin depolama süresince renk değerlerinin değişimi.

Örnek	0. gün					3. gün				
	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
K	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	73.65 <sup>h,i,j</sup>	1.41 <sup>d,e,f</sup>	22.62 <sup>d,e,f,g,h</sup>	22.69 <sup>d,e,f,g,h</sup>	65.08 <sup>e,f,g</sup>
1D	75.96 <sup>c</sup>	0.81 <sup>d,e</sup>	17.78 <sup>a,b</sup>	17.82 <sup>a,b</sup>	69.98 <sup>e,f</sup>	72.24 <sup>f,g,h,i</sup>	1.05 <sup>b,c,d</sup>	25.22 <sup>i,j</sup>	25.24 <sup>i,j,k,l</sup>	62.42 <sup>c,d</sup>
2D	73.28 <sup>a,b</sup>	0.63 <sup>c,d,e</sup>	22.61 <sup>c,d</sup>	22.63 <sup>c,d</sup>	64.96 <sup>a,b</sup>	73.68 <sup>h,i,j</sup>	0.73 <sup>a,b</sup>	21.19 <sup>b,c,d,e</sup>	21.21 <sup>b,c,d,e</sup>	66.18 <sup>f,g,h</sup>
3D	72.42 <sup>a</sup>	-0.37 <sup>a,b</sup>	16.94 <sup>a,b</sup>	16.95 <sup>a,b</sup>	67.61 <sup>c,d</sup>	71.45 <sup>d,e,f,g</sup>	0.75 <sup>a,b</sup>	23.32 <sup>e,f,g,h,i</sup>	23.34 <sup>e,f,g,h,i,j</sup>	63.09 <sup>c,d,e</sup>
4D	74.85 <sup>b,c</sup>	-0.68 <sup>a</sup>	18.59 <sup>b</sup>	18.63 <sup>b</sup>	68.63 <sup>d,e</sup>	73.89 <sup>i,j</sup>	1.29 <sup>c,d,e</sup>	23.77 <sup>f,g,h,i,j</sup>	23.81 <sup>f,g,h,i,j,k,l</sup>	64.62 <sup>d,e,f,g</sup>
5D	72.64 <sup>a</sup>	0.58 <sup>c,d,e</sup>	18.73 <sup>b</sup>	18.75 <sup>b</sup>	66.81 <sup>b,c,d</sup>	67.44 <sup>a</sup>	2.50 <sup>i,j</sup>	23.35 <sup>e,f,g,h,i</sup>	23.49 <sup>e,f,g,h,i,j,k</sup>	59.69 <sup>a,b</sup>
6D	75.56 <sup>c</sup>	1.09 <sup>e,f</sup>	17.07 <sup>a,b</sup>	17.11 <sup>a,b</sup>	70.13 <sup>e,f</sup>	69.89 <sup>b,c,d</sup>	2.03 <sup>g,h,i</sup>	21.35 <sup>b,c,d,e,f</sup>	21.46 <sup>c,d,e,f</sup>	62.88 <sup>c,d,e</sup>
7D	71.91 <sup>a</sup>	0.07 <sup>b,c</sup>	18.91 <sup>b</sup>	18.92 <sup>b</sup>	66.07 <sup>a,b,c</sup>	68.10 <sup>a,b</sup>	2.90 <sup>j</sup>	24.58 <sup>g,h,i,j</sup>	24.76 <sup>g,h,i,j,k,l</sup>	59.41 <sup>a</sup>
8D	73.33 <sup>a,b</sup>	1.83 <sup>g</sup>	23.96 <sup>d</sup>	24.05 <sup>d</sup>	64.00 <sup>a</sup>	68.31 <sup>a,b,c</sup>	2.97 <sup>j</sup>	25.40 <sup>i,j</sup>	25.59 <sup>j,k,l</sup>	59.14 <sup>a</sup>
9D	71.72 <sup>a</sup>	0.26 <sup>b,c,d</sup>	21.45 <sup>c</sup>	21.46 <sup>c</sup>	64.42 <sup>a</sup>	68.66 <sup>a,b,c</sup>	2.21 <sup>h,i</sup>	21.85 <sup>c,d,e,f</sup>	21.96 <sup>c,d,e,f</sup>	61.58 <sup>b,c</sup>
10D	76.38 <sup>c</sup>	1.69 <sup>f,g</sup>	17.55 <sup>a,b</sup>	17.64 <sup>a,b</sup>	70.46 <sup>e,f</sup>	70.35 <sup>c,d,e,f</sup>	2.48 <sup>i,j</sup>	21.01 <sup>b,c,d,e</sup>	21.16 <sup>b,c,d,e</sup>	63.50 <sup>c,d,e</sup>
11D	78.25 <sup>d</sup>	1.65 <sup>f,g</sup>	17.73 <sup>a,b</sup>	17.81 <sup>a,b</sup>	71.80 <sup>f</sup>	68.73 <sup>a,b,c</sup>	2.29 <sup>h,i</sup>	21.90 <sup>c,d,e,f</sup>	22.03 <sup>c,d,e,f</sup>	61.66 <sup>b,c</sup>
12D	76.23 <sup>c</sup>	1.89 <sup>g</sup>	17.66 <sup>a,b</sup>	17.78 <sup>a,b</sup>	70.30 <sup>e,f</sup>	70.08 <sup>b,c,d,e</sup>	2.07 <sup>g,h,i</sup>	21.35 <sup>b,c,d,e,f</sup>	21.46 <sup>c,d,e,f</sup>	63.14 <sup>c,d,e</sup>
1E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	75.34 <sup>j</sup>	0.75 <sup>a,b</sup>	24.91 <sup>h,i,j</sup>	24.93 <sup>h,i,j,k,l</sup>	64.92 <sup>e,f,g</sup>
2E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	75.08 <sup>j</sup>	0.41 <sup>a</sup>	25.72 <sup>j</sup>	25.74 <sup>k,l</sup>	64.15 <sup>d,e,f</sup>
3E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	75.02 <sup>j</sup>	0.77 <sup>a,b</sup>	26.08 <sup>j</sup>	26.10 <sup>l</sup>	63.84 <sup>c,d,e</sup>
4E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	75.53 <sup>j</sup>	0.87 <sup>a,b,c</sup>	25.19 <sup>i,j</sup>	25.22 <sup>i,j,k,l</sup>	64.81 <sup>d,e,f,g</sup>
5E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	72.31 <sup>f,g,h,i</sup>	1.67 <sup>e,f,g</sup>	23.00 <sup>e,f,g,h,i</sup>	23.07 <sup>e,f,g,h,i</sup>	63.79 <sup>c,d,e</sup>
6E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	72.31 <sup>f,g,h,i</sup>	2.11 <sup>g,h,i</sup>	23.07 <sup>e,f,g,h,i</sup>	23.19 <sup>e,f,g,h,i</sup>	63.77 <sup>c,d,e</sup>
7E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	72.88 <sup>g,h,i</sup>	1.76 <sup>e,f,g,h</sup>	18.06 <sup>a</sup>	18.15 <sup>a</sup>	67.30 <sup>h,i</sup>
8E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	71.61 <sup>d,e,f,g,h</sup>	1.91 <sup>f,g,h</sup>	22.40 <sup>c,d,e,f,g</sup>	22.49 <sup>c,d,e,f,g</sup>	63.64 <sup>c,d,e</sup>
9E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	72.00 <sup>e,f,g,h,i</sup>	1.92 <sup>f,g,h</sup>	22.31 <sup>c,d,e,f,g</sup>	22.40 <sup>c,d,e,f,g</sup>	64.08 <sup>d,e,f</sup>
10E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	73.78 <sup>i,j</sup>	1.66 <sup>e,f,g</sup>	20.31 <sup>b,c,d</sup>	20.39 <sup>b,c,d</sup>	66.76 <sup>g,h,i</sup>
11E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	73.55 <sup>g,h,i,j</sup>	2.54 <sup>i,j</sup>	20.02 <sup>a,b,c</sup>	20.18 <sup>a,b,c</sup>	66.66 <sup>g,h</sup>
12E	80.15 <sup>d</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>g</sup>	75.44 <sup>j</sup>	0.83 <sup>a,b,c</sup>	19.04 <sup>a,b</sup>	19.07 <sup>a,b</sup>	68.85 <sup>i</sup>

<sup>a-1</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

Çizelge 4.24 Elma dilimlerinin depolama süresince renk değerlerinin değişimi. (DEVAM)

Örnek	5.gün					7.gün				
	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
K	73.03 <sup>g,h</sup>	1.37 <sup>d,e</sup>	23.02 <sup>c,d,e</sup>	23.08 <sup>c,d,e,f,g</sup>	64.33 <sup>e,f</sup>	75.18 <sup>i,j</sup>	1.11 <sup>a,b</sup>	25.30 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	25.33 <sup>d,e,f,g,h,i</sup>	64.52 <sup>h,i,j</sup>
1D	75.48 <sup>i</sup>	0.57 <sup>b,c</sup>	25.37 <sup>e,f,g,h</sup>	25.38 <sup>g,h,i,j</sup>	64.69 <sup>e,f,g</sup>	70.91 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.25 <sup>a,b,c</sup>	26.16 <sup>f,g,h</sup>	26.19 <sup>g,h,i</sup>	60.81 <sup>b,c,d,e,f</sup>
2D	72.42 <sup>g,h</sup>	1.91 <sup>e,f,g</sup>	24.77 <sup>e,f,g</sup>	24.85 <sup>f,g,h,i</sup>	62.83 <sup>c,d,e</sup>	73.10 <sup>g,h,i,j</sup>	1.00 <sup>a,b</sup>	25.15 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	25.18 <sup>d,e,f,g,h,i</sup>	63.13 <sup>f,g,h</sup>
3D	72.39 <sup>g,h</sup>	1.78 <sup>e,f</sup>	26.27 <sup>g,h</sup>	26.34 <sup>i,j</sup>	61.81 <sup>b,c,d</sup>	71.90 <sup>e,f,g</sup>	1.95 <sup>e,f,g,h</sup>	26.78 <sup>h</sup>	26.87 <sup>i</sup>	61.10 <sup>c,d,e,f</sup>
4D	73.36 <sup>h</sup>	1.49 <sup>e</sup>	27.37 <sup>h</sup>	27.42 <sup>j</sup>	61.73 <sup>b,c,d</sup>	72.99 <sup>g,h,i</sup>	2.27 <sup>g,h</sup>	26.65 <sup>g,h</sup>	26.76 <sup>h,i</sup>	61.97 <sup>d,e,f,g</sup>
5D	64.01 <sup>a</sup>	2.62 <sup>h,i</sup>	23.48 <sup>c,d,e,f</sup>	23.64 <sup>d,e,f,g,h</sup>	56.82 <sup>a</sup>	66.05 <sup>a</sup>	2.27 <sup>g,h</sup>	24.09 <sup>a,b,c,d,e</sup>	24.21 <sup>b,c,d,e,f</sup>	58.20 <sup>a</sup>
6D	65.96 <sup>a,b</sup>	1.45 <sup>e</sup>	20.46 <sup>b</sup>	20.52 <sup>b</sup>	60.05 <sup>b</sup>	67.32 <sup>a,b</sup>	2.25 <sup>g,h</sup>	24.74 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	24.86 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	58.79 <sup>a,b</sup>
7D	68.09 <sup>b,c,d</sup>	1.88 <sup>e,f,g</sup>	22.25 <sup>b,c,d</sup>	22.35 <sup>b,c,d,e</sup>	60.79 <sup>b,c</sup>	70.94 <sup>c,d,e,f,g</sup>	2.21 <sup>g,h</sup>	25.82 <sup>e,f,g,h</sup>	25.93 <sup>f,g,h,i</sup>	60.95 <sup>b,c,d,e,f</sup>
8D	68.79 <sup>c,d,e</sup>	2.36 <sup>f,g,h,i</sup>	24.29 <sup>d,e,f,g</sup>	24.41 <sup>e,f,g,h,i</sup>	60.28 <sup>b</sup>	68.95 <sup>b,c</sup>	1.89 <sup>d,e,f,g,h</sup>	25.66 <sup>e,f,g,h</sup>	25.75 <sup>f,g,h,i</sup>	59.58 <sup>a,b,c</sup>
9D	66.52 <sup>b</sup>	2.07 <sup>f,g,h</sup>	21.26 <sup>b,c</sup>	21.37 <sup>b,c,d</sup>	60.06 <sup>b</sup>	69.88 <sup>c,d,e</sup>	2.35 <sup>g,h</sup>	23.99 <sup>a,b,c,d,e</sup>	24.12 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	61.33 <sup>c,d,e,f</sup>
10D	68.17 <sup>b,c,d</sup>	2.54 <sup>h,i</sup>	22.20 <sup>b,c,d</sup>	22.35 <sup>b,c,d,e</sup>	60.97 <sup>b,c</sup>	70.07 <sup>c,d,e</sup>	2.35 <sup>g,h</sup>	25.07 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	25.19 <sup>d,e,f,g,h,i</sup>	60.82 <sup>b,c,d,e,f</sup>
11D	67.47 <sup>b,c</sup>	2.57 <sup>h,i</sup>	22.14 <sup>b,c,d</sup>	22.30 <sup>b,c,d,e</sup>	60.47 <sup>b</sup>	69.45 <sup>b,c,d</sup>	2.52 <sup>h</sup>	24.43 <sup>b,c,d,e,f</sup>	24.57 <sup>c,d,e,f,g</sup>	60.72 <sup>b,c,d,e</sup>
12D	67.47 <sup>b,c</sup>	2.54 <sup>h,i</sup>	21.95 <sup>b,c,d</sup>	22.11 <sup>b,c,d,e</sup>	60.58 <sup>b</sup>	69.72 <sup>c,d,e</sup>	2.48 <sup>h</sup>	24.88 <sup>b,c,d,e,f,g,h</sup>	25.02 <sup>c,d,e,f,g,h,i</sup>	60.58 <sup>b,c,d</sup>
1E	77.27 <sup>i,j</sup>	0.33 <sup>b,c</sup>	25.76 <sup>f,g,h</sup>	25.76 <sup>h,i,j</sup>	65.62 <sup>f,g,h</sup>	74.21 <sup>h,i,j</sup>	1.55 <sup>b,c,d,e,f</sup>	24.05 <sup>a,b,c,d,e</sup>	24.10 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	64.66 <sup>h,i,j</sup>
2E	77.62 <sup>i,j</sup>	0.29 <sup>b</sup>	24.81 <sup>e,f,g</sup>	24.82 <sup>f,g,h,i</sup>	66.57 <sup>g,h</sup>	74.86 <sup>h,i,j</sup>	1.34 <sup>a,b,c,d,e</sup>	25.33 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	25.37 <sup>d,e,f,g,h,i</sup>	64.24 <sup>h,i,j</sup>
3E	77.81 <sup>j</sup>	0.30 <sup>b</sup>	24.28 <sup>d,e,f,g</sup>	24.29 <sup>e,f,g,h,i</sup>	67.08 <sup>h</sup>	75.34 <sup>j</sup>	1.35 <sup>a,b,c,d,e</sup>	23.06 <sup>a,b</sup>	23.10 <sup>a,b,c</sup>	66.17 <sup>j</sup>
4E	77.06 <sup>i,j</sup>	-0.31 <sup>a</sup>	24.20 <sup>d,e,f,g</sup>	24.21 <sup>e,f,g,h,i</sup>	66.63 <sup>g,h</sup>	74.60 <sup>h,i,j</sup>	1.32 <sup>a,b,c,d</sup>	23.37 <sup>a,b,c</sup>	23.41 <sup>a,b,c,d</sup>	65.40 <sup>i,j</sup>
5E	70.11 <sup>d,e,f</sup>	2.11 <sup>f,g,h,i</sup>	23.96 <sup>d,e,f,g</sup>	24.08 <sup>e,f,g,h,i</sup>	61.28 <sup>b,c,d</sup>	71.91 <sup>e,f,g</sup>	1.28 <sup>a,b,c,d</sup>	24.07 <sup>a,b,c,d,e</sup>	24.11 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	62.88 <sup>d,e,f,g,h</sup>
6E	70.18 <sup>d,e,f</sup>	2.30 <sup>f,g,h,i</sup>	24.03 <sup>d,e,f,g</sup>	24.17 <sup>e,f,g,h,i</sup>	61.43 <sup>b,c,d</sup>	71.41 <sup>d,e,f,g</sup>	1.42 <sup>a,b,c,d,e</sup>	24.85 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	24.89 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	62.04 <sup>d,e,f,g</sup>
7E	69.19 <sup>c,d,e,f</sup>	2.54 <sup>h,i</sup>	20.54 <sup>b</sup>	20.70 <sup>b,c</sup>	62.86 <sup>c,d,e</sup>	72.63 <sup>f,g,h</sup>	0.80 <sup>a</sup>	22.27 <sup>a</sup>	22.29 <sup>a</sup>	64.66 <sup>h,i,j</sup>
8E	69.24 <sup>c,d,e,f</sup>	2.47 <sup>g,h,i</sup>	22.29 <sup>b,c,d</sup>	22.43 <sup>b,c,d,e,f</sup>	61.76 <sup>b,c,d</sup>	70.27 <sup>c,d,e,f</sup>	2.03 <sup>f,g,h</sup>	23.58 <sup>a,b,c,d</sup>	23.69 <sup>a,b,c,d,e</sup>	61.90 <sup>d,e,f,g</sup>
9E	69.57 <sup>c,d,e,f</sup>	2.21 <sup>f,g,h,i</sup>	22.15 <sup>b,c,d</sup>	22.27 <sup>b,c,d,e</sup>	62.16 <sup>b,c,d</sup>	71.71 <sup>d,e,f,g</sup>	1.26 <sup>a,b,c,d</sup>	22.45 <sup>a</sup>	22.50 <sup>a,b</sup>	63.75 <sup>g,h,i</sup>
10E	69.27 <sup>c,d,e,f</sup>	2.71 <sup>i</sup>	20.05 <sup>b</sup>	20.24 <sup>b</sup>	63.16 <sup>d,e</sup>	70.77 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.06 <sup>a,b</sup>	24.82 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	24.85 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	61.57 <sup>c,d,e,f,g</sup>
11E	70.91 <sup>e,f,g</sup>	0.81 <sup>b,c</sup>	17.63 <sup>a</sup>	17.65 <sup>a</sup>	65.93 <sup>f,g,h</sup>	71.60 <sup>d,e,f,g</sup>	1.14 <sup>a,b,c</sup>	23.60 <sup>a,b,c,d</sup>	23.64 <sup>a,b,c,d,e</sup>	62.99 <sup>e,f,g,h</sup>
12E	71.39 <sup>f,g,h</sup>	0.88 <sup>c,d</sup>	16.31 <sup>a</sup>	16.33 <sup>a</sup>	67.00 <sup>h</sup>	71.69 <sup>d,e,f,g</sup>	1.76 <sup>c,d,e,f,g</sup>	25.39 <sup>d,e,f,g,h</sup>	25.46 <sup>e,f,g,h,i</sup>	61.90 <sup>d,e,f,g</sup>

<sup>a-1</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

**Çizelge 4.25** Elma dilimlerinin renk değerlerinin depolama süresine bağlı değişimi.

K						1D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>b</sup>	75.96 <sup>b</sup>	0.82 <sup>a,b</sup>	17.78 <sup>a</sup>	17.82 <sup>a</sup>	69.98 <sup>c</sup>
3	73.65 <sup>a,b</sup>	1.41 <sup>b</sup>	22.62 <sup>b</sup>	22.69 <sup>b</sup>	65.08 <sup>a</sup>	72.24 <sup>a</sup>	1.05 <sup>a,b</sup>	25.22 <sup>b</sup>	25.24 <sup>b</sup>	62.42 <sup>a</sup>
5	73.03 <sup>a</sup>	1.37 <sup>b</sup>	23.02 <sup>b</sup>	23.08 <sup>b</sup>	64.33 <sup>a</sup>	75.48 <sup>b</sup>	0.57 <sup>a</sup>	25.37 <sup>b</sup>	25.38 <sup>b</sup>	64.69 <sup>b</sup>
7	75.18 <sup>b</sup>	1.11 <sup>b</sup>	25.30 <sup>c</sup>	25.33 <sup>c</sup>	64.52 <sup>a</sup>	70.91 <sup>a</sup>	1.25 <sup>b</sup>	26.16 <sup>b</sup>	26.19 <sup>b</sup>	60.81 <sup>a</sup>
2D						3D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	73.28 <sup>a</sup>	0.63 <sup>a</sup>	22.61 <sup>a</sup>	22.63 <sup>a</sup>	64.96 <sup>b</sup>	72.42 <sup>a</sup>	-0.37 <sup>a</sup>	16.94 <sup>a</sup>	16.95 <sup>a</sup>	67.61 <sup>b</sup>
3	73.68 <sup>a</sup>	0.73 <sup>a</sup>	21.19 <sup>a</sup>	21.21 <sup>a</sup>	66.18 <sup>b</sup>	71.45 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	23.32 <sup>b</sup>	23.34 <sup>b</sup>	63.09 <sup>a</sup>
5	72.42 <sup>a</sup>	1.91 <sup>b</sup>	24.77 <sup>b</sup>	24.85 <sup>b</sup>	62.83 <sup>a</sup>	72.39 <sup>a</sup>	1.78 <sup>c</sup>	26.28 <sup>c</sup>	26.34 <sup>c</sup>	61.81 <sup>a</sup>
7	73.10 <sup>a</sup>	1.00 <sup>a</sup>	25.15 <sup>b</sup>	25.18 <sup>b</sup>	63.13 <sup>a</sup>	71.90 <sup>a</sup>	1.95 <sup>c</sup>	26.79 <sup>c</sup>	26.87 <sup>c</sup>	61.10 <sup>a</sup>
4D						5D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	74.85 <sup>b</sup>	-0.68 <sup>a</sup>	18.59 <sup>a</sup>	18.63 <sup>a</sup>	68.63 <sup>c</sup>	72.64 <sup>c</sup>	0.58 <sup>a</sup>	18.73 <sup>a</sup>	18.75 <sup>a</sup>	66.81 <sup>c</sup>
3	73.89 <sup>a,b</sup>	1.29 <sup>b</sup>	23.77 <sup>b</sup>	23.81 <sup>b</sup>	64.62 <sup>b</sup>	67.44 <sup>b</sup>	2.50 <sup>b</sup>	23.35 <sup>b</sup>	23.49 <sup>b</sup>	59.69 <sup>b</sup>
5	73.36 <sup>a,b</sup>	1.49 <sup>b</sup>	27.37 <sup>c</sup>	27.42 <sup>c</sup>	61.73 <sup>a</sup>	64.01 <sup>a</sup>	2.62 <sup>b</sup>	23.48 <sup>b</sup>	23.64 <sup>b</sup>	56.82 <sup>a</sup>
7	72.99 <sup>a</sup>	2.27 <sup>c</sup>	26.65 <sup>c</sup>	26.76 <sup>c</sup>	61.97 <sup>a</sup>	66.05 <sup>a,b</sup>	2.27 <sup>b</sup>	24.09 <sup>b</sup>	24.21 <sup>b</sup>	58.20 <sup>a,b</sup>
6D						7D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	75.56 <sup>c</sup>	1.09 <sup>a</sup>	17.07 <sup>a</sup>	17.11 <sup>a</sup>	70.13 <sup>c</sup>	71.91 <sup>b</sup>	0.07 <sup>a</sup>	18.91 <sup>a</sup>	18.92 <sup>a</sup>	66.07 <sup>b</sup>
3	69.89 <sup>b</sup>	2.03 <sup>b</sup>	21.35 <sup>b</sup>	21.46 <sup>b</sup>	62.88 <sup>b</sup>	68.10 <sup>a</sup>	2.90 <sup>c</sup>	24.58 <sup>b,c</sup>	24.76 <sup>c</sup>	59.41 <sup>a</sup>
5	65.96 <sup>a</sup>	1.45 <sup>a</sup>	20.46 <sup>b</sup>	20.52 <sup>b</sup>	60.05 <sup>a</sup>	68.09 <sup>a</sup>	1.88 <sup>b</sup>	22.25 <sup>b</sup>	22.35 <sup>b</sup>	60.79 <sup>a</sup>
7	67.32 <sup>a</sup>	2.25 <sup>b</sup>	24.74 <sup>c</sup>	24.86 <sup>c</sup>	58.79 <sup>a</sup>	70.94 <sup>b</sup>	2.21 <sup>b</sup>	25.82 <sup>c</sup>	25.93 <sup>c</sup>	60.95 <sup>a</sup>
8D						9D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	73.33 <sup>b</sup>	1.83 <sup>a</sup>	23.96 <sup>a</sup>	24.06 <sup>a</sup>	64.00 <sup>b</sup>	71.72 <sup>c</sup>	0.26 <sup>a</sup>	21.45 <sup>a</sup>	21.46 <sup>a</sup>	64.42 <sup>b</sup>
3	68.31 <sup>a</sup>	2.97 <sup>b</sup>	25.40 <sup>a</sup>	25.59 <sup>a</sup>	59.14 <sup>a</sup>	68.66 <sup>a,b</sup>	2.21 <sup>b</sup>	21.85 <sup>a</sup>	21.96 <sup>a</sup>	61.58 <sup>a</sup>
5	68.79 <sup>a</sup>	2.36 <sup>a</sup>	24.29 <sup>a</sup>	24.41 <sup>a</sup>	60.28 <sup>a</sup>	66.52 <sup>a</sup>	2.07 <sup>b</sup>	21.26 <sup>a</sup>	21.37 <sup>a</sup>	60.06 <sup>a</sup>
7	68.95 <sup>a</sup>	1.89 <sup>a</sup>	25.66 <sup>a</sup>	25.75 <sup>a</sup>	59.58 <sup>a</sup>	69.88 <sup>b,c</sup>	2.35 <sup>b</sup>	23.99 <sup>b</sup>	24.12 <sup>b</sup>	61.33 <sup>a</sup>
10D						11D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	76.38 <sup>c</sup>	1.69 <sup>a</sup>	17.55 <sup>a</sup>	17.64 <sup>a</sup>	70.46 <sup>c</sup>	78.25 <sup>b</sup>	1.65 <sup>a</sup>	17.73 <sup>a</sup>	17.81 <sup>a</sup>	71.80 <sup>b</sup>
3	70.35 <sup>b</sup>	2.48 <sup>b</sup>	21.01 <sup>b</sup>	21.16 <sup>b</sup>	63.50 <sup>b</sup>	68.73 <sup>a</sup>	2.29 <sup>b</sup>	21.90 <sup>b</sup>	22.03 <sup>b</sup>	61.66 <sup>a</sup>
5	68.17 <sup>a</sup>	2.54 <sup>b</sup>	22.20 <sup>b</sup>	22.35 <sup>b</sup>	60.97 <sup>a</sup>	67.47 <sup>a</sup>	2.57 <sup>b</sup>	22.14 <sup>b</sup>	22.30 <sup>b</sup>	60.47 <sup>a</sup>
7	70.07 <sup>a,b</sup>	2.35 <sup>b</sup>	25.07 <sup>c</sup>	25.19 <sup>c</sup>	60.82 <sup>a</sup>	69.45 <sup>a</sup>	2.52 <sup>b</sup>	24.43 <sup>c</sup>	24.57 <sup>c</sup>	60.72 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

**Çizelge 4.25** Elma dilimlerinin renk değerlerinin depolama süresine bağlı değişimi. (DEVAM)

12D						1E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	76.23 <sup>c</sup>	1.89 <sup>a</sup>	17.66 <sup>a</sup>	17.78 <sup>a</sup>	70.30 <sup>c</sup>	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>b</sup>
3	70.08 <sup>b</sup>	2.07 <sup>a,b</sup>	21.35 <sup>b</sup>	21.46 <sup>b</sup>	63.14 <sup>b</sup>	75.34 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	24.91 <sup>b</sup>	24.93 <sup>b</sup>	64.92 <sup>a</sup>
5	67.47 <sup>a</sup>	2.54 <sup>b</sup>	21.95 <sup>b</sup>	22.11 <sup>b</sup>	60.58 <sup>a</sup>	77.27 <sup>b</sup>	0.33 <sup>b</sup>	25.76 <sup>b</sup>	25.76 <sup>b</sup>	65.62 <sup>a</sup>
7	69.72 <sup>b</sup>	2.48 <sup>a,b</sup>	24.88 <sup>c</sup>	25.02 <sup>c</sup>	60.58 <sup>a</sup>	74.21 <sup>a</sup>	1.55 <sup>c</sup>	24.05 <sup>b</sup>	24.10 <sup>b</sup>	64.66 <sup>a</sup>

2E						3E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>
3	75.08 <sup>a</sup>	0.41 <sup>b</sup>	25.72 <sup>b</sup>	25.74 <sup>b</sup>	64.15 <sup>a</sup>	75.02 <sup>a</sup>	0.77 <sup>c</sup>	26.08 <sup>c</sup>	26.10 <sup>c</sup>	63.84 <sup>a</sup>
5	77.62 <sup>b</sup>	0.29 <sup>b</sup>	24.81 <sup>b</sup>	24.82 <sup>b</sup>	66.57 <sup>b</sup>	77.81 <sup>b</sup>	0.30 <sup>b</sup>	24.28 <sup>b,c</sup>	24.29 <sup>b,c</sup>	67.08 <sup>b</sup>
7	74.86 <sup>a</sup>	1.34 <sup>c</sup>	25.33 <sup>b</sup>	25.37 <sup>b</sup>	64.24 <sup>a</sup>	75.34 <sup>a</sup>	1.35 <sup>d</sup>	23.06 <sup>b</sup>	23.10 <sup>b</sup>	66.17 <sup>b</sup>

4E						5E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>b</sup>	80.15 <sup>b</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>
3	75.53 <sup>a</sup>	0.87 <sup>c</sup>	25.19 <sup>b</sup>	25.22 <sup>b</sup>	64.81 <sup>a</sup>	72.31 <sup>a</sup>	1.67 <sup>b,c</sup>	23.00 <sup>b</sup>	23.07 <sup>b</sup>	63.79 <sup>b</sup>
5	77.06 <sup>b</sup>	-0.31 <sup>b</sup>	24.20 <sup>b</sup>	24.21 <sup>b</sup>	66.63 <sup>a</sup>	70.11 <sup>a</sup>	2.11 <sup>c</sup>	23.96 <sup>b</sup>	24.08 <sup>b</sup>	61.28 <sup>a</sup>
7	74.60 <sup>a</sup>	1.32 <sup>c</sup>	23.37 <sup>b</sup>	23.41 <sup>b</sup>	65.40 <sup>a</sup>	71.91 <sup>a</sup>	1.28 <sup>b</sup>	24.07 <sup>b</sup>	24.11 <sup>b</sup>	62.88 <sup>a,b</sup>

6E						7E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>
3	72.31 <sup>b</sup>	2.11 <sup>c</sup>	23.07 <sup>b</sup>	23.19 <sup>b</sup>	63.77 <sup>b</sup>	72.88 <sup>b</sup>	1.76 <sup>c</sup>	18.06 <sup>b</sup>	18.15 <sup>b</sup>	67.30 <sup>b</sup>
5	70.18 <sup>a</sup>	2.30 <sup>c</sup>	24.03 <sup>b</sup>	24.17 <sup>b</sup>	61.43 <sup>a</sup>	69.19 <sup>a</sup>	2.54 <sup>d</sup>	20.54 <sup>c</sup>	20.70 <sup>c</sup>	62.86 <sup>a</sup>
7	71.41 <sup>a,b</sup>	1.42 <sup>b</sup>	24.85 <sup>b</sup>	24.89 <sup>b</sup>	62.04 <sup>a,b</sup>	72.63 <sup>b</sup>	0.80 <sup>b</sup>	22.27 <sup>d</sup>	22.29 <sup>c</sup>	64.66 <sup>a</sup>

8E						9E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>b</sup>	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>b</sup>
3	71.61 <sup>b</sup>	1.91 <sup>b</sup>	22.40 <sup>b</sup>	22.49 <sup>b</sup>	63.64 <sup>a</sup>	72.00 <sup>b</sup>	1.92 <sup>c</sup>	22.31 <sup>b</sup>	22.40 <sup>b</sup>	64.08 <sup>a</sup>
5	69.24 <sup>a</sup>	2.47 <sup>b</sup>	22.29 <sup>b</sup>	22.43 <sup>b</sup>	61.76 <sup>a</sup>	69.57 <sup>a</sup>	2.21 <sup>c</sup>	22.15 <sup>b</sup>	22.27 <sup>b</sup>	62.16 <sup>a</sup>
7	70.27 <sup>a,b</sup>	2.03 <sup>b</sup>	23.58 <sup>b</sup>	23.69 <sup>b</sup>	61.90 <sup>a</sup>	71.71 <sup>b</sup>	1.26 <sup>b</sup>	22.45 <sup>b</sup>	22.50 <sup>b</sup>	63.75 <sup>a</sup>

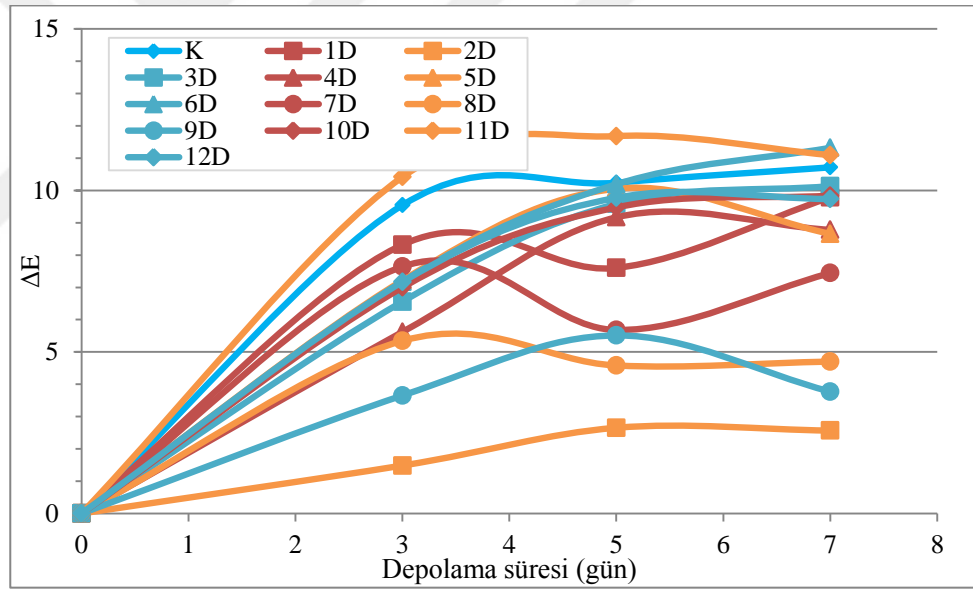
10E						11E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>
3	73.78 <sup>b</sup>	1.66 <sup>c</sup>	20.31 <sup>b</sup>	20.39 <sup>b</sup>	66.76 <sup>b</sup>	73.55 <sup>b</sup>	2.54 <sup>c</sup>	20.02 <sup>c</sup>	20.18 <sup>c</sup>	66.66 <sup>b</sup>
5	69.27 <sup>a</sup>	2.71 <sup>d</sup>	20.05 <sup>b</sup>	20.24 <sup>b</sup>	63.16 <sup>a</sup>	70.91 <sup>a</sup>	0.81 <sup>b</sup>	17.63 <sup>b</sup>	17.65 <sup>b</sup>	65.93 <sup>b</sup>
7	70.77 <sup>a</sup>	1.06 <sup>b</sup>	24.82 <sup>c</sup>	24.85 <sup>c</sup>	61.57 <sup>a</sup>	71.60 <sup>a,b</sup>	1.14 <sup>b</sup>	23.60 <sup>d</sup>	23.64 <sup>d</sup>	62.99 <sup>a</sup>

12E					
gün	L*	a*	b*	C*	WI
0	80.15 <sup>c</sup>	-0.92 <sup>a</sup>	16.02 <sup>a</sup>	16.05 <sup>a</sup>	74.44 <sup>c</sup>
3	75.44 <sup>b</sup>	0.83 <sup>b</sup>	19.04 <sup>b</sup>	19.07 <sup>b</sup>	68.85 <sup>b</sup>
5	71.39 <sup>a</sup>	0.88 <sup>b</sup>	16.31 <sup>a</sup>	16.33 <sup>a</sup>	67.01 <sup>b</sup>
7	71.69 <sup>a</sup>	1.76 <sup>c</sup>	25.39 <sup>c</sup>	25.46 <sup>c</sup>	61.90 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

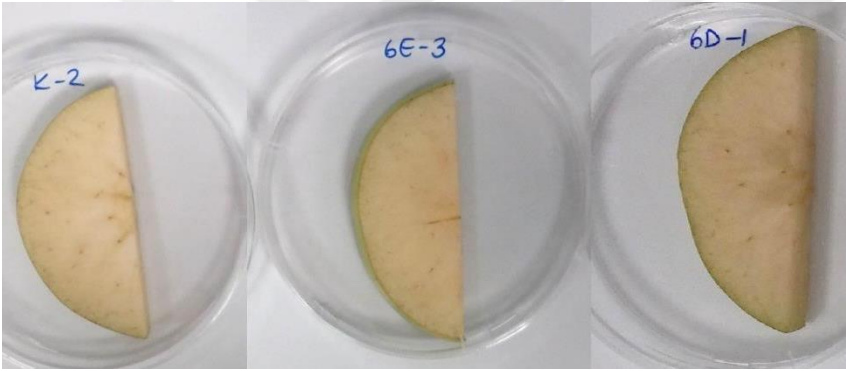
Toplam renk değişimi değerleri incelendiğinde (şekil 4.64 ve 4.65), daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerin toplam renk değişimi değerlerinin, elektro-püskürtmeyle kaplanan örnekler ile kontrol örneğine kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. Daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerde, daha fazla kaplama malzemesi kullanılması ve kullanılan kaplama malzemesinin yüzeyde tutunarak yağlı ve daha parlak görünüm yaratması sebebiyle, daha düşük toplam renk değişimine neden olduğu düşünölmektedir. Ayrıca daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerin toplam renk değişiminin, kullanılan emülsiyona göre oldukça farklılık gösterdiği, ancak elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerde toplam renk değişiminin emülsiyona bağlı olarak değişmediği ve bunun da elektro-püskürtme yöntemiyle daha homojen kaplamalar elde edilmesinden kaynaklandığı düşünölmektedir. şekil 4.66'da görüldüğü gibi, depolamanın son gününde daldırma ile kaplanan örneklerde kararmanın homojen olmadığı, elma yüzeyinde bölgesel renk farklılıkları olduğu belirlenmiştir.



şekil 4.64 Daldırma yöntemiyle kaplanan elmaların toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri.



Şekil 4.65 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elmaların toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri.



Şekil 4.66 Depolamanın 7. günü sırasıyla; kontrol, elektro-püskürtme ile kaplanmış, daldırma ile kaplanmış elma dilimleri.

#### 4.10 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Sertlik Değerinin Değişimi

Elma ve domates gibi meyvelerde doku yumuşamasının (sertlik değerinin azalması), bu tip meyvelerde en büyük bozulma kaynağı olduğu ve elmada sertliğin düşmesinin, üründen su kaybı ile önemli düzeyde ilişkili olduğu belirtilmektedir (Rojas-Graü et al., 2008; Baldwin et al., 2012; Song et al., 2013). Meyvede oluşan yumuşamayla hücrelerin yapısının bozulduğu ve bu durumun meyve içinde çürüme ve bozulmanın işareti olduğu bildirilmiştir (Kilcast and Subramaniam, 2000). Çizelge 4.26 ve 4.27’de daldırma ve elektro-püskürtmeyle kaplanmış elma dilimlerinin sertlik değerleri verilmiştir. Depolamanın ilk gününde elektro-püskürtmede kullanılan kaplama malzemesinin oldukça az

miktarda olması ve sertlikte herhangi bir fark yaratmaması sebebiyle, elektro-püskürtmeyle kaplanan elma dilimlerinin 0. gün sertlik değeri kontrol örneğine eşit kabul etmiştir.

**Çizelge 4.26** Elma dilimlerinin depolama süresince örneğe bağlı sertlik (doku) değerinin değişimi.

Örnek	Sertlik (N)			
	0. gün	3. gün	5. gün	7. gün
K	3.068 <sup>b</sup>	3.044 <sup>b,c,d</sup>	3.457 <sup>a,b</sup>	3.903 <sup>b,c,d,e</sup>
1D	2.165 <sup>a</sup>	3.799 <sup>e</sup>	3.736 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	4.066 <sup>c,d,e,f,g,h,i</sup>
2D	2.075 <sup>a</sup>	3.837 <sup>e</sup>	4.191 <sup>g</sup>	4.018 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>
3D	2.114 <sup>a</sup>	3.481 <sup>d,e</sup>	3.862 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	4.338 <sup>f,g,h,i,j,k,l</sup>
4D	2.007 <sup>a</sup>	3.827 <sup>e</sup>	4.007 <sup>d,e,f,g</sup>	4.387 <sup>h,i,j,k,l</sup>
5D	2.044 <sup>a</sup>	2.306 <sup>a,b,c</sup>	3.648 <sup>a,b,c,d,e</sup>	4.085 <sup>c,d,e,f,g,h,i,j</sup>
6D	2.007 <sup>a</sup>	2.414 <sup>a</sup>	3.720 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	4.325 <sup>f,g,h,i,j,k,l</sup>
7D	2.089 <sup>a</sup>	2.313 <sup>a</sup>	3.973 <sup>c,d,e,f,g</sup>	4.467 <sup>i,j,k,l</sup>
8D	2.009 <sup>a</sup>	2.614 <sup>a,b</sup>	3.788 <sup>a,b,c,d,e,f,g</sup>	4.363 <sup>g,h,i,j,k,l</sup>
9D	2.190 <sup>a</sup>	2.764 <sup>a,b,c</sup>	4.101 <sup>e,f,g</sup>	4.659 <sup>l,m</sup>
10D	2.134 <sup>a</sup>	2.708 <sup>a,b,c</sup>	4.118 <sup>f,g</sup>	4.315 <sup>e,f,g,h,i,j,k,l</sup>
11D	2.288 <sup>a</sup>	2.307 <sup>a</sup>	3.559 <sup>a,b,c,d</sup>	3.926 <sup>b,c,d,e,f</sup>
12D	2.381 <sup>a</sup>	2.455 <sup>a</sup>	3.677 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	3.891 <sup>b,c,d</sup>
1E	3.068 <sup>b</sup>	3.499 <sup>d,e</sup>	3.610 <sup>a,b,c,d</sup>	4.333 <sup>f,g,h,i,j,k,l</sup>
2E	3.068 <sup>b</sup>	3.294 <sup>c,d,e</sup>	3.613 <sup>a,b,c,d</sup>	3.903 <sup>b,c,d,e</sup>
3E	3.068 <sup>b</sup>	3.714 <sup>e</sup>	3.675 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	3.956 <sup>c,d,e,f,g</sup>
4E	3.068 <sup>b</sup>	3.760 <sup>e</sup>	4.197 <sup>g</sup>	4.292 <sup>d,e,f,g,h,i,j,k,l</sup>
5E	3.068 <sup>b</sup>	3.128 <sup>b,c,d</sup>	3.327 <sup>a</sup>	4.495 <sup>j,k,l</sup>
6E	3.068 <sup>b</sup>	3.137 <sup>b,c,d</sup>	3.347 <sup>a</sup>	4.351 <sup>g,h,i,j,k,l</sup>
7E	3.068 <sup>b</sup>	3.070 <sup>b,c,d</sup>	3.472 <sup>a,b</sup>	4.209 <sup>d,e,f,g,h,i,j,k</sup>
8E	3.068 <sup>b</sup>	3.052 <sup>b,c,d</sup>	3.677 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	3.723 <sup>a,b,c</sup>
9E	3.068 <sup>b</sup>	3.150 <sup>b,c,d</sup>	3.971 <sup>c,d,e,f,g</sup>	3.543 <sup>a,b</sup>
10E	3.068 <sup>b</sup>	3.110 <sup>b,c,d</sup>	3.545 <sup>a,b,c</sup>	4.913 <sup>m</sup>
11E	3.068 <sup>b</sup>	3.274 <sup>c,d,e</sup>	4.101 <sup>e,f,g</sup>	4.526 <sup>k,l</sup>
12E	3.068 <sup>b</sup>	3.110 <sup>b,c,d</sup>	3.706 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	3.484 <sup>a</sup>

<sup>a-m</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

Çizelgeler incelendiğinde, örneklerde kaplama yönteminden bağımsız olarak, kontrol örneği ve kaplanmış örnekler için sertlik değerinin depolama süresince arttığı tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Kontrol örneğinde ağırlık kaybı değerlerinin, daldırma ve elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan elmalara kıyasla daha yüksek olmasına karşın elmaların sertlik değerinde belirgin bir farklılık yaratmadığı görülmektedir. Daldırma ile kaplanan örneklerde ise, depolamanın ilk gününde (0.gün) düşük sertlik değerinin yüzeyde fazla miktarda bulunan kaplama materyaline bağlı olduğu, depolamanın diğer günlerinde bu kaplama materyalinin elma yüzeyinden dokuların iç kısmına ilerlemesiyle, sertlik değerinin elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan örneklerden daha fazla artmasına yol açtığı düşünülmektedir. Literatür incelendiğinde, sertlik ölçüm yöntemi ve elma çeşidinden bağımsız olarak depolamanın kaplanmamış elmada yumuşamaya yol

açtığı belirlenmiştir (Olivas et al., 2007; Rojas-Graü et al., 2007; Rojas-Graü et al., 2008; Qi et al., 2011; Zambrano-Zaragoza et al., 2014b). Kaplanmış elma dilimlerinde ise, depolama süresince sertlik değerinin dalgalandığı ancak önemli düzeyde değişmediği belirlenmiştir (Olivas et al., 2007; Rojas-Graü et al., 2007; Rojas-Graü et al., 2008; Qi et al., 2011; Zambrano-Zaragoza et al., 2014b; Salvia-Trujillo et al., 2015).

**Çizelge 4.27** Elma dilimlerinin sertlik (doku) değerinin depolama süresine bağlı değişimi.

Örnek									
gün	K	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D
0	3.068 <sup>a</sup>	2.165 <sup>a</sup>	2.075 <sup>a</sup>	2.114 <sup>a</sup>	2.007 <sup>a</sup>	2.044 <sup>a</sup>	2.007 <sup>a</sup>	2.089 <sup>a</sup>	2.009 <sup>a</sup>
3	3.044 <sup>a</sup>	3.799 <sup>b</sup>	3.837 <sup>b</sup>	3.481 <sup>b</sup>	3.827 <sup>b</sup>	2.306 <sup>a</sup>	2.414 <sup>b</sup>	2.313 <sup>a</sup>	2.614 <sup>b</sup>
5	3.457 <sup>b</sup>	3.736 <sup>b</sup>	4.191 <sup>c</sup>	3.862 <sup>c</sup>	4.007 <sup>b</sup>	3.648 <sup>b</sup>	3.720 <sup>c</sup>	3.973 <sup>b</sup>	3.788 <sup>c</sup>
7	3.903 <sup>c</sup>	4.066 <sup>c</sup>	4.018 <sup>b,c</sup>	4.338 <sup>d</sup>	4.387 <sup>c</sup>	4.085 <sup>c</sup>	4.325 <sup>d</sup>	4.467 <sup>c</sup>	4.363 <sup>d</sup>
Örnek									
gün	9D	10D	11D	12D	1E	2E	3E	4E	5E
0	2.190 <sup>a</sup>	2.134 <sup>a</sup>	2.288 <sup>a</sup>	2.381 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>
3	2.764 <sup>b</sup>	2.708 <sup>b</sup>	2.307 <sup>a</sup>	2.455 <sup>a</sup>	3.499 <sup>a</sup>	3.294 <sup>a,b</sup>	3.714 <sup>b</sup>	3.760 <sup>b</sup>	3.128 <sup>a</sup>
5	4.101 <sup>c</sup>	4.118 <sup>c</sup>	3.559 <sup>b</sup>	3.677 <sup>b</sup>	3.610 <sup>a</sup>	3.613 <sup>b,c</sup>	3.675 <sup>b</sup>	4.197 <sup>b</sup>	3.327 <sup>a</sup>
7	4.659 <sup>d</sup>	4.315 <sup>c</sup>	3.926 <sup>c</sup>	3.891 <sup>b</sup>	4.333 <sup>b</sup>	3.903 <sup>b,c</sup>	3.956 <sup>b</sup>	4.292 <sup>b</sup>	4.495 <sup>b</sup>
Örnek									
gün	6E	7E	8E	9E	10E	11E	12E		
0	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>	3.068 <sup>a</sup>		
3	3.137 <sup>a</sup>	3.070 <sup>a</sup>	3.052 <sup>a</sup>	3.150 <sup>a</sup>	3.110 <sup>a</sup>	3.274 <sup>a</sup>	3.117 <sup>a</sup>		
5	3.347 <sup>a</sup>	3.472 <sup>a</sup>	3.677 <sup>b</sup>	3.971 <sup>b</sup>	3.545 <sup>a</sup>	4.101 <sup>b</sup>	3.706 <sup>b</sup>		
7	4.351 <sup>b</sup>	4.209 <sup>b</sup>	3.723 <sup>b</sup>	3.543 <sup>a,b</sup>	4.913 <sup>b</sup>	4.526 <sup>b</sup>	3.484 <sup>a,b</sup>		

<sup>a-d</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

#### 4.11 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Toplam Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde Miktarının Değişimi

Meyve ve sebzeler, yapılarında bulunan çeşitli biyoaktif bileşenler ve lifler nedeniyle; kanser, kardiyovasküler rahatsızlıklar, yüksek kan basıncı ve diyabete karşı korunmaya yardımcı olmaktadır (Lin and Zhao, 2007; Ramos et al., 2013).

Elma dilimi örnekleri, antioksidan aktivite gösteren ÜÇY (5. emülsiyon), NÇY (6. emülsiyon) içeren emülsiyon ve kontrol emülsiyonu (1. emülsiyon) ile kaplanmış ve sonuçlar Çizelge 4.28'de verilmiştir. Elma örneklerinde toplam antioksidan madde miktarı kaplama çeşidinde göre farklılık gösterse de, depolama sonunda örneklerin antioksidan aktivitelerinin önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) düştüğü görülmektedir. 1. emülsiyon (kontrol emülsiyonu) ile ÜÇY içeren emülsiyon ile

daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerin, depolamanın ilk gününde toplam antioksidan aktivitelerinin diğer örneklerden daha yüksek olduğu, ancak NÇY içeren emülsiyon ile daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerin toplam antioksidan aktivitesinin kontrol örneğine benzer olduğu görülmektedir. Bunun daldırma yöntemiyle kaplama materyalinin elma yüzeyinde tutunamaması, kaplanan elma hammaddesinin daha düşük antioksidan aktiviteye sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca elektro-püskürtmeyle kaplanan elma örneklerinde depolama süresi sonunda, daldırmayla kaplanan örneklere kıyasla daha yüksek toplam antioksidan aktiviteye sahip olmasının, bu yöntemle kaplanan örneklerin yüzeyinde kaplama materyalinin daldırmaya kıyasla daha iyi tutunduğunu kanıtlamaktadır. Moreira et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada, bu çalışmaya benzer şekilde polisakkaritlerle kaplanan Golden Delicious çeşidi elma örneklerinde, kaplamanın depolamanın ilk gününde antioksidan madde miktarını kontrole göre arttırdığı, ancak depolamanın sonuna doğru kontrole benzer antioksidan aktivite gözlemlendiği belirlenmiştir.

**Çizelge 4.28** Elma örneklerinde depolama sırasında toplam antioksidan madde ve fenolik madde miktarının değişimi.

Örnek	Toplam antioksidan aktivite (mM TEAC/g örnek)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg örnek)
Kontrol-0.gün	0.80 <sup>b</sup>	316.48 <sup>b</sup>
Kontrol-5.gün	0.75 <sup>a,b</sup>	264.81 <sup>a</sup>
1D 0. gün	1.37 <sup>e</sup>	659.88 <sup>i</sup>
1D 5. gün	1.21 <sup>d</sup>	576.22 <sup>g</sup>
1E 5. gün	0.98 <sup>c</sup>	307.30 <sup>b</sup>
5D 0. gün	1.27 <sup>d,e</sup>	532.12 <sup>f</sup>
5D 5. gün	0.58 <sup>a</sup>	343.19 <sup>c</sup>
5E 5. gün	0.69 <sup>a,b</sup>	381.24 <sup>d</sup>
6D 0. gün	0.66 <sup>a,b</sup>	620.21 <sup>h</sup>
6D 5. gün	0.60 <sup>a</sup>	436.71 <sup>e</sup>
6E 5. gün	0.65 <sup>a,b</sup>	307.83 <sup>b</sup>

<sup>a-i</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

Toplam fenolik madde miktarları incelendiğinde, kaplanan tüm elma örneklerinin depolamanın son gününde kontrol örneğinden daha yüksek fenolik madde miktarına sahip olduğu belirlenmiştir (p<0.05). Toplam antioksidan aktivite miktarına benzer şekilde, 1. emülsiyon (kontrol emülsiyonu), ÜÇY içeren

emülsiyon (5. emülsiyon) ve NÇY içeren emülsiyon (6. emülsiyon) ile daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerin depolamanın ilk gününde toplam fenolik madde miktarlarının diğer örneklerden daha yüksek olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Esansiyel yağ içeren emülsiyonlarla daldırma ile kaplanan örneklerin, depolamanın ilk günü elde edilen sonuçları kıyaslandığında ise, NÇY'in ÜÇY'den daha yüksek toplam fenolik madde miktarına sahip olduğu, fakat ÜÇY'nin toplam antioksidan aktivitesinin NÇY'den yüksek olduğu görülmektedir. Ancak depolamanın son gününde (5.gün), ÜÇY veya NÇY'nin örneklerin toplam antioksidan madde veya fenolik maddesinin korunmasında veya iyileştirmesinde etkili olmadığı, buna karşın kontrol emülsiyonu ile daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerin depolama sonunda toplam antioksidan aktivite ve fenolik madde içeriğinin diğer örneklerden önemli düzeyde yüksek olduğu bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

#### **4.12 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında PPO Aktivitesinin Değişimi**

Polifenol oksidaz enzimi, doğal olarak bazı meyve ve sebzelerin yapısında bulunan bir enzim olup, söz konusu gıda herhangi bir mekanik işleme (yıkama, kesme, kabuk soyma, dilimleme vb.) maruz kaldığında veya bozulmaya başladığında enzim aktivite göstermeye başlamaktadır. Meyvelerin yapısında bulunan fenolik bileşikler, PPO enzimi için substrat görevi görmektedir. Polifenol oksidaz enzimleri; dokuların direk havayla temas etmesiyle kateşol, kafeik asit, p-kumarik asit ve hidroksigallik asit gibi o-dihidroksifenol türevlerini okside ederek, dokuların esmerleşmesine yol açan o-benzokinon gibi ürünlerin oluşumuna yol açmaktadır (Pazos and Medina, 2014; Temiz, 2014). Kinonlar ise daha sonra enzimatik olmayan yollarla melanin adı verilen koyu renkli pigmentlere dönüşmektedir (Falguera et al., 2011). Taze kesilmiş meyvelerin, MAP veya yenilebilir kaplamaların uygulamasıyla oksijen geçirgenliği düşürülerek PPO enzim aktivitesinin azaltılması ve enzimatik esmerleşmenin engellenebileceği literatürde belirtilmektedir.

Elma dilimlerinde depolama sırasında PPO enzim aktivitesinin değişimi, Çizelge 4.29'da gösterilmektedir. Kaplama yönteminin, PPO aktivitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla, örnekler sadece 1. emülsiyonlar ile kaplanmış olup, sonuçlar ortalama olarak ünite/g taze meyve cinsinden hesaplanmıştır. Depolamanın ilk ve son günü arasında ve örnekler arasındaki farkları belirlemek amacıyla bağımlı örneklem t-testi gerçekleştirilmiştir. Bu istatistiksel analize

göre; kaplanmamış örneğin depolamanın ilk ve son günü arasında önemli ( $p<0.05$ ) bir fark bulunduğu ve 7 gün depolanan örneklerin PPO aktivitelerinin de birbirinden önemli düzeyde farklı olduğu ( $p<0.05$ ) saptanmıştır. Ancak kontrol örneğinin depolamanın ilk günü PPO aktivitesiyle, elektro-püskürtmeyle kaplanan örneğin (1E) depolamanın son günündeki PPO aktivitesi istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ). 1. emülsiyon kullanılarak daldırma yöntemi ile kaplanan elmaların, 7 gün depolama sonrası  $L^*$  değeri, depolamanın ilk gününe kıyasla düşerken,  $a^*$  değerinin depolamanın son günü istatistiksel olarak ilk günden yüksek olmasının, elmanın PPO aktivitesinin artışına bağlı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca elma dilimlerinin beyazlaşma indeksi değerlerinin de benzer şekilde düşüşünün, kaplanan elmadaki enzimatif kararmanın bir göstergesi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca Çizelge 4.24'te gösterilen kontrol, 1D ve 1E örneklerinin 7. gün WI değerleri incelendiğinde, 1D örneğinin WI değerinin kontrol ve 1E örneğinden istatistiksel olarak düşük olduğu ( $p<0.05$ ), buna karşılık kontrol ve 1E örneklerinin istatistiksel olarak benzer WI değerine sahip olduğu görülmektedir ( $p>0.05$ ). Kontrol örneğinin PPO aktivitesinin depolama sonunda düşmesinin, PPO enzimine substrat olan fenolik bileşik miktarının depolamanın sonunda düşmesine bağlı olduğu düşünülmektedir (Çizelge 4.28). Chiabrando and Giacalone (2012) tarafından yapılan çalışmada, kararmayı engelleyici bileşenlerle Golden Delicious çeşidi elma kaplanmış olup, kaplanmış örneklerde kontrol örneğine benzer şekilde depolamanın sonunda PPO aktivitesinin arttığı gözlenmiştir. Benzer sonuçlar, farklı oranlarda nano kitosanla dış yüzeyi kaplanan (bütün) Golab çeşidi elmalarda gözlenmiştir (Gardesh et al., 2016). Bu tez çalışmasında verilen Golden Delicious çeşidi elmaların depolama sırasındaki PPO aktivitelerinin, literatürde belirtilen Aori27, Elstar, Fuji, Granny Smith, Mellow ve Red Delicious elma çeşitlerinin PPO aktivitesi değerlerinin arasında kaldığı belirlenmiştir (Jeong et al., 2008; Holderbaum et al., 2010; Li et al., 2014; Zambrano-Zaragoza et al., 2014a).

**Çizelge 4.29** Elma örneklerinde PPO enzim aktivitesi.

Örnek	PPO enzim aktivitesi (U/ g taze meyve)
Kontrol 0. gün	225.12±59.62
Kontrol 7. gün	104.60±21.06
Elektro-püskürtme 7. gün	187.56±19.49
Daldırma 7. gün	313.26±26.23

### 4.13 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Mikroorganizma Yükünün Değişimi

Meyve ve sebzeler doğal olarak mumsu kütikül tabaka ile kaplı olup, bu tabaka mikrobiyal bulaşmalara karşı gıdayı dış etkilerden korumaktadır (Barth et al., 2009). Ancak bu koruyucu tabaka; yıkama, dilimleme, kabuk soyma gibi işlemler sırasında hasar göyerek gıdanın doğal mikroflorasının dışındaki mikroorganizmaların da gelişimine yol açmaktadır (Acar, 2015; Graça et al., 2015). Taze meyve ve sebzeler; yüksek su içeriğinin yanı sıra karbonhidrat, vitamin ve mineral içerikleriyle mikroorganizmalar için uygun bir gelişme ortamı sağlamaktadır (Acar, 2015). Bu gıdalarda; mezofilik bakteriler, laktik asit bakterileri, koliformlar (bazıları fekal kaynaklı), küf ve mayaların aktif olarak gelişebildiği belirtilmektedir (Toivonen and DeEll, 2002). Ancak meyvelerin düşük pH değerleri, bakteri üremesini kısıtlamakta, bu sebeple meyvelerde mikrobiyal bozunma, maya ve küf kaynaklı olmaktadır (Acar, 2015). Minimal işlem görmüş meyvelerde, mikrobiyal bozulmanın görsel olarak anlaşılabilmesi meyve tipine göre değişiklik göstermektedir (Baldwin et al., 2012). Örneğin; mango dilimlerinde; mezofilik ve psikrotrofik aerobik ve laktik asit bakteri sayımı 2.4 log KOB/g, maya sayımı ise 3 log KOB/g ulaştığında, kavun dilimlerinde ise; aerobik psikrofilik sayım 8 log KOB/g ve maya sayımı ise 5 log KOB/g'a ulaştığında tüketici tarafından mikrobiyal bozunma ayırt edilebilmektedir. Kaplanmış elma örneklerine ait olan toplam mezofilik aerobik bakteri ve küf-maya değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Kaplamanın uygulandığı 0. günde, elma örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 100'ün altında olduğu belirlenirken; depolamanın 5. günde toplam aerobik bakteri sayısının en fazla  $2.1 \times 10^2$  KOB/g olduğu tespit edilmiştir. Örnekler karşılaştırıldığında, toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının kaplamada kullanılan emülsiyon bileşiminden veya kaplama yönteminden etkilenmediği görülmektedir. Ayrıca, elmaların kaplama işlemi öncesi 100 ppm hipoklorit çözeltisinde bekletilmesiyle ürün yüzeyindeki doğal mikrofloranın bir kısmı uzaklaştırılmış, kaplama sırasında da herhangi bir bulaşmanın önlenmesi amacıyla kaplama işlemi mümkün olduğunca özenli gerçekleştirilmiştir. Depolamanın son günü, kontrol örneği dışında tüm örneklerin mezofilik aerobik bakteri sayımı benzer olup, kontrol örneğinin diğer örneklerden daha fazla sayıya ulaştığı görülmektedir. Moreira et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada, aljinat ve pektin ile kaplanan Golden Delicious çeşidi elma dilimlerinde, mezofilik aerobik mikroorganizma sayıları depolama öncesi (0.gün) 2.8-4.2 log KOB/g arasında değiştiği, depolama sırasında da bu sayımların artarak, depolama

sonunda (16. gün) 3.5-6.5 log KOB/g değerlerine ulaştığı görülmektedir. Bir başka çalışmada, Portekiz’de marketlerde satılan minimal işlem görmüş elma dilimlerinin mikrobiyal yükü incelenmiş olup, incelenen örneklerin %25.4’ünün  $10^6$ - $10^7$  KOB/g, %59.7’sinin  $10^7$ - $10^8$  KOB/g mezofilik bakteri sayımına sahip olduğu belirlenmiştir (Graça et al., 2015). Olivas et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise, minimal işlenmiş Gala çeşidi elma dilimlerinin mezofilik mikroorganizma sayımının depolama süresince  $1 \times 10^2$  KOB/g değerinin altında kaldığı belirtilmiştir.

Küf ve maya sonuçları incelendiğinde ise; elmaların kaplamanın ilk gününde (0. gün)  $10^2$  KOB/g’ın altında; depolama sonunda ise en fazla  $10^2$  KOB/g küf ve maya sayımına ulaştığı belirlenmiştir. Mezofilik aerobik mikroorganizma sayımına benzer şekilde, kaplama materyali veya kaplama yönteminin elma dilimlerinin toplam küf ve maya sayımını önemli düzeyde etkilemediği görülmektedir. Graça et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada, markette satılan ve son kullanım tarihi dolmamış minimal işlem görmüş elma dilimlerinin küf-maya sayımı incelendiğinde, %10.6’sının  $<10^5$  KOB/g, %45.5’inin  $10^5$ - $10^6$  KOB/g, %40.9’unun ise  $10^6$ - $10^7$  KOB/g arasında sayıma ulaştığı belirlenmiştir. Olivas et al. (2007) tarafından yapılan çalışmada ise, kaplanmış Gala elma dilimlerinin depolama süresince küf maya yükünün  $1 \times 10^1$  KOB/g’dan az olduğu belirtilmiştir. Aljinat, pektin veya gellan ile kaplanan Golden Delicious çeşidi elma dilimlerinin küf-maya sayımının depolamanın ilk gününde azaldığı, buna karşın depolamanın ilerleyen günlerinde ise doğrusal olarak arttığı görülmektedir (Moreira et al., 2015). Depolamanın ilk günündeki sayımın düşük olmasının ise, uygulanan kaplamanın antimikrobiyal özellik göstermesine bağlı olduğu belirtilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği’nde tüketime hazır doğranmış meyve ve sebzeler için mezofilik aerobik mikroorganizma ve küf-maya sayımı için herhangi bir sınırlama belirtilmemiş olup, sadece *E. coli* sayısının üst limiti olarak  $10^3$  KOB/g verilmiştir (Anonim, 2017). Avrupa Birliği tarafından yayınlanan düzenlemeye göre; tüketime hazır taze meyve ve sebzeler için Türk Gıda Kodeksine benzer şekilde *E. coli* sayısının üst limiti olarak  $10^3$  KOB/g verilmiş, ayrıca 25 g örnekte Salmonella bulunmaması gerektiği belirtilmiştir (EC, 2005). Bu tez çalışmasında, kaplanmış örnekler ile kontrol örneğinin 5 günlük depolama sonunda mezofilik aerobik mikroorganizma sayımı ile küf-maya sayımı değerinin literatürde belirtilen çalışmalardan düşük olduğu, ayrıca duyusal olarak ta tüketilebilir durumda olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.30** Depolama sırasında elma örneklerinde toplam canlı ve küf ve maya sayısının değişimi.

Örnek	Toplam canlı (KOB/g)		Küf ve maya (KOB/g)	
	0. gün	5. gün	0. gün	5. gün
Kontrol	<10	2.1×10 <sup>2</sup>	45	<100
1D	<10	<100	10	100
2D	10	<100	<10	<100
3D	21	<100	<10	<100
4D	10	<100	21	<100
5D	<10	<100	<10	<100
6D	<10	<100	<10	<100
7D	<10	<100	<10	<100
8D	21	<100	<10	<100
9D	<10	100	<10	<100
10D	<10	<100	<10	<100
11D	<10	100	10	<100
12D	10	<100	<10	<100
1E	10	<100	10	<100
2E	10	100	21	100
3E	<10	<100	<10	<100
4E	10	<100	10	<100
5E	<10	<100	<10	<100
6E	<10	<100	<10	100
7E	<10	<100	<10	<100
8E	33	<100	57	<100
9E	10	<100	<10	<100
10E	<10	<100	<10	<100
11E	<10	<100	21	100
12E	<10	<100	<10	<100

#### 4.14 Kaplanmış Elma Örneklerinde Depolama Sırasında Duyusal Özelliklerindeki Değişim

Depolamanın duyu özelliklere etkisi, Çizelge 4.31 ve 4.32’de gösterilmiş olup 9-puanlık hedonik skalaya göre, depolamanın son gününde (5. gün) örneklerin tümünün renk, sertlik, sululuk, lezzet ve genel beğeni yönünden ortalama 5 puanın üzerinde olması sebebiyle kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir. Depolamanın ilk gününde daldırmayla kaplanan örneklerin, lezzet ve genel beğeni puanlarının, kontrol örneği ve elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklere kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük ( $p < 0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Daldırma yönteminde, depolamanın ilk gününde kaplama olarak kullanılan emülsiyonunun elma dilimi yüzeyinde tutunmuş olması ve normalde elma yüzeyinde tüketicinin alışkın olmadığı yağlılık hissine bağlı olarak, genel beğeni puanlarının elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerden istatistiksel olarak daha düşük olduğu görülmektedir ( $p < 0.05$ ). Depolamanın son gününde (5. gün) ise, kaplama şekline bağımsız olarak tüm örneklerin 9-puanlık hedonik skalaya

göre renk, sertlik, sululuk, lezzet ve genel beğeni yönünden ortalama 5 puanın üzerinde olması sebebiyle kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir. Ancak daldırma ve elektro-püskürtme yöntemleri karşılaştırıldığında, elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklerin depolama süresince daha yüksek ortalama puana sahip olduğu görülmektedir. Literatür incelendiğinde, kaplama yapılan elma ve mango gibi meyvelerin duyuşal özelliklerinin kontrol örneklerine kıyasla genel olarak korunduğu görülmektedir (Chiumarelli et al., 2010; Song et al., 2013). Yenilebilir kaplama geliştirilirken, kaplanan meyvenin bazı önemli duyuşal özelliklerine dikkat edilmelidir. Bunlar; kaplanan meyvenin yüzey görünümü (kararma, beyazlaşma veya kuruma), meyvenin dokusu (sertlik ve gevreklik) ve meyvenin lezzetidir (Lin and Zhao, 2007). Ancak kaplanan meyvenin tek başına duyuşal özelliklerinin belirlenmesi, ürün geliştirilmesinde yeterli değildir. Duyusal işlemlerin yanında bu çalışmada olduğu gibi analitik yöntemlerle kalitenin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kaplanan örneklerin duyuşal özellikleri depolama süresine bağlı olarak değerlendirildiğinde (Çizelge 4.32), genel olarak daldırmayla kaplanan örneklerin sertlik ve sululuk özelliklerinin değişmediği, lezzet ve genel beğeni puanlarının depolamanın 3. ve 5. günlerinde arttığı görülmektedir. Elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerde ise, depolama sırasında renk değerlerinin değişmediği, ancak sertlik ve sululuk özelliklerine ait puanlarda düşme olduğu görülmektedir. Bu çalışmada yapılan duyuşal analizler, tüketici tercihini pilot ölçekli olarak belirleme amaçlı olup, elektro-püskürtme yönteminin özellikle S/Y emülsiyonlarıyla kaplama yapıldığında başarılı olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 4.31 Elma dilimlerinin depolama süresince duyusal özelliklerinin örneğe bağlı değişimi.

Örnek	0. gün					3. gün				
	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
K	6.3 <sup>a,b,c,d</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.7 <sup>b,c,d</sup>	6.5 <sup>b</sup>	6.6 <sup>b</sup>	7.0 <sup>c,d,e</sup>	6.4 <sup>c,d,e</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e</sup>
1D	5.9 <sup>a,b</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e</sup>	6.5 <sup>b,c,d</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>b,c,d</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e</sup>	5.6 <sup>a,b</sup>	5.5 <sup>a,b,c,d</sup>	5.7 <sup>a,b,c,d</sup>
2D	6.2 <sup>a,b,c,d</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.3 <sup>b,c,d</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	7.1 <sup>d,e</sup>	5.8 <sup>a,b,c,d</sup>	5.6 <sup>a,b,c</sup>	5.0 <sup>a,b</sup>	5.3 <sup>a,b</sup>
3D	6.1 <sup>a,b,c</sup>	6.0 <sup>a,b,c,d</sup>	6.1 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b,c,d,e</sup>	5.6 <sup>a,b,c</sup>	5.9 <sup>a,b,c,d,e</sup>	5.1 <sup>a,b</sup>	5.4 <sup>a,b</sup>
4D	5.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.3 <sup>b,c</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.9 <sup>c,d,e</sup>	5.8 <sup>a,b,c</sup>	6.1 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	5.6 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f</sup>
5D	6.7 <sup>a,b,c,d</sup>	6.5 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.6 <sup>b,c,d</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	7.0 <sup>d,e</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e</sup>	5.9 <sup>a,b,c,d,e</sup>	5.0 <sup>a,b</sup>	5.6 <sup>a,b,c,d</sup>
6D	6.2 <sup>a,b,c</sup>	5.9 <sup>a,b,c</sup>	6.2 <sup>b,c</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>b</sup>	5.6 <sup>a,b,c</sup>	6.0 <sup>a,b,c,d,e</sup>	5.6 <sup>a,b,c,d,e</sup>	5.6 <sup>a,b,c,d</sup>
7D	6.9 <sup>c,d</sup>	6.4 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.3 <sup>b,c,d</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.9 <sup>c,d,e</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
8D	6.4 <sup>a,b,c,d</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e</sup>	6.7 <sup>b,c,d</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	7.0 <sup>d,e</sup>	5.9 <sup>a,b,c,d</sup>	6.1 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	5.0 <sup>a,b</sup>	5.5 <sup>a,b</sup>
9D	5.9 <sup>a,b</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b,c,d,e</sup>	6.8 <sup>d,e,f</sup>	6.7 <sup>d,e,f,g</sup>	6.3 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	6.7 <sup>e,f,g,h</sup>
10D	6.8 <sup>b,c,d</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.2 <sup>b,c</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>c,d,e</sup>	6.0 <sup>a,b,c,d,e</sup>	5.2 <sup>a,b,c</sup>	5.5 <sup>a,b</sup>
11D	6.6 <sup>a,b,c,d</sup>	5.8 <sup>a,b</sup>	6.1 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>c,d,e</sup>	6.3 <sup>c,d,e</sup>	6.6 <sup>c,d,e,f,g</sup>	5.7 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e</sup>
12D	6.7 <sup>a,b,c,d</sup>	6.5 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.4 <sup>b,c,d</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.6 <sup>b,c,d,e</sup>	5.2 <sup>a,b</sup>	5.5 <sup>a,b</sup>	5.3 <sup>a,b,c</sup>	5.6 <sup>a,b,c</sup>
1E	6.9 <sup>c,d</sup>	7.1 <sup>e,f,g</sup>	7.0 <sup>c,d</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	7.3 <sup>e</sup>	7.5 <sup>f</sup>	7.4 <sup>g</sup>	7.0 <sup>g,h</sup>	7.3 <sup>h</sup>
2E	6.3 <sup>a,b,c,d</sup>	6.7 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	7.0 <sup>c,d</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b,c,d,e</sup>	6.6 <sup>c,d,e,f</sup>	6.7 <sup>d,e,f,g</sup>	6.2 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	6.6 <sup>d,e,f,g,h</sup>
3E	6.6 <sup>a,b,c,d</sup>	6.9 <sup>d,e,f,g</sup>	6.8 <sup>b,c,d</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	7.5 <sup>e</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.3 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	6.5 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>
4E	6.6 <sup>a,b,c,d</sup>	6.9 <sup>d,e,f,g</sup>	7.2 <sup>d</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	6.8 <sup>b,c,d,e</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e</sup>	6.5 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.6 <sup>e,f,g,h</sup>	6.7 <sup>e,f,g,h</sup>
5E	7.0 <sup>c,d</sup>	7.3 <sup>g</sup>	7.1 <sup>c,d</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.5 <sup>e</sup>	6.9 <sup>e,f</sup>	6.9 <sup>e,f,g</sup>	7.2 <sup>h</sup>	7.2 <sup>g,h</sup>
6E	6.9 <sup>c,d</sup>	7.1 <sup>e,f,g</sup>	6.9 <sup>b,c,d</sup>	6.7 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.6 <sup>b,c,d,e</sup>	5.7 <sup>a,b,c</sup>	5.8 <sup>a,b,c,d</sup>	6.3 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>
7E	7.2 <sup>d</sup>	7.2 <sup>f,g</sup>	7.0 <sup>c,d</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.3 <sup>b</sup>	6.3 <sup>b,c,d</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f</sup>
8E	6.7 <sup>a,b,c,d</sup>	6.8 <sup>c,d,e,f,g</sup>	6.8 <sup>b,c,d</sup>	6.6 <sup>b</sup>	6.8 <sup>b</sup>	6.8 <sup>b,c,d,e</sup>	7.0 <sup>e,f</sup>	6.7 <sup>d,e,f,g</sup>	6.7 <sup>f,g,h</sup>	6.8 <sup>e,f,g,h</sup>
9E	6.8 <sup>a,b,c,d</sup>	7.0 <sup>e,f,g</sup>	6.9 <sup>b,c,d</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	7.4 <sup>e</sup>	6.3 <sup>c,d,e</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.7 <sup>f,g,h</sup>	6.8 <sup>e,f,g,h</sup>
10E	6.3 <sup>a,b,c,d</sup>	6.8 <sup>c,d,e,f,g</sup>	6.7 <sup>b,c,d</sup>	6.9 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	7.4 <sup>e</sup>	6.5 <sup>c,d,e</sup>	6.6 <sup>c,d,e,f,g</sup>	6.4 <sup>d,e,f,g,h</sup>	6.5 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>
11E	6.9 <sup>c,d</sup>	6.6 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.9 <sup>b,c,d</sup>	6.7 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b,c</sup>	7.0 <sup>e,f</sup>	7.1 <sup>f,g</sup>	6.9 <sup>g,h</sup>	7.0 <sup>f,g,h</sup>
12E	6.7 <sup>a,b,c,d</sup>	7.0 <sup>e,f,g</sup>	7.0 <sup>c,d</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>c,d,e</sup>	6.5 <sup>c,d,e</sup>	6.8 <sup>d,e,f,g</sup>	6.5 <sup>d,e,f,g,h</sup>	6.6 <sup>e,f,g,h</sup>

**Çizelge 4.31** Elma dilimlerinin depolama süresince duyuşal özelliklerinin örneğe bağlı değişimi. (DEVAM)

5. gün					
Örnek	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
K	6.8 <sup>a,b</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.4 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f</sup>
1D	6.8 <sup>a,b</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.4 <sup>c,d,e,f,g</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.6 <sup>c,d,e,f</sup>
2D	6.4 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>b,c,d</sup>	6.4 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	5.4 <sup>b,c,d</sup>	5.6 <sup>b,c</sup>
3D	7.2 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.5 <sup>c,d,e,f,g</sup>	5.5 <sup>b,c,d</sup>	5.8 <sup>b,c,d</sup>
4D	6.4 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>b,c,d</sup>	5.9 <sup>b,c,d,e</sup>	5.7 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>
5D	7.1 <sup>b</sup>	5.9 <sup>b,c,d,e</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	5.8 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f</sup>
6D	6.2 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>b,c,d</sup>	5.7 <sup>b,c,d,e</sup>	5.2 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a,b</sup>
7D	6.3 <sup>a,b</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.2 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	5.7 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f</sup>
8D	6.5 <sup>a,b</sup>	5.5 <sup>b,c</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f</sup>	5.4 <sup>b,c</sup>	5.8 <sup>b,c,d</sup>
9D	7.0 <sup>a,b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>
10D	7.2 <sup>b</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.6 <sup>d,e,f,g</sup>	5.7 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>
11D	6.5 <sup>a,b</sup>	5.7 <sup>b,c,d</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>	5.6 <sup>b,c,d,e</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>
12D	6.5 <sup>a,b</sup>	5.9 <sup>b,c,d,e</sup>	5.7 <sup>b,c,d,e</sup>	5.6 <sup>b,c,d</sup>	5.9 <sup>b,c,d,e</sup>
1E	6.8 <sup>a,b</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.6 <sup>d,e,f,g</sup>	6.6 <sup>d,e,f,g</sup>	6.7 <sup>d,e,f</sup>
2E	6.4 <sup>a,b</sup>	5.9 <sup>b,c,d,e</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.5 <sup>c,d,e,f,g</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>
3E	7.2 <sup>b</sup>	6.8 <sup>d,e,f</sup>	7.0 <sup>f,g</sup>	6.8 <sup>f,g</sup>	6.8 <sup>e,f</sup>
4E	6.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b,c</sup>	5.5 <sup>b,c</sup>	5.7 <sup>b,c,d,e,f</sup>	5.7 <sup>b,c,d</sup>
5E	7.0 <sup>a,b</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.3 <sup>b,c,d,e,f</sup>
6E	6.8 <sup>a,b</sup>	5.4 <sup>a,b,c</sup>	5.3 <sup>b</sup>	5.8 <sup>b,c,d,e,f</sup>	5.7 <sup>b,c,d</sup>
7E	7.0 <sup>a,b</sup>	6.5 <sup>c,d,e,f</sup>	6.5 <sup>c,d,e,f,g</sup>	6.9 <sup>g</sup>	6.8 <sup>e,f</sup>
8E	6.4 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>e,f</sup>	7.2 <sup>g</sup>	7.0 <sup>g</sup>	7.0 <sup>f</sup>
9E	6.5 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>b,c,d</sup>	5.6 <sup>b,c,d</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f</sup>
10E	7.0 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>b,c,d</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>	6.1 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.4 <sup>b,c,d,e,f</sup>
11E	6.4 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>f</sup>	6.7 <sup>e,f,g</sup>	6.8 <sup>e,f,g</sup>	6.9 <sup>e,f</sup>
12E	7.2 <sup>b</sup>	5.4 <sup>a,b</sup>	5.6 <sup>b,c,d</sup>	5.9 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	6.0 <sup>b,c,d,e,f</sup>

<sup>a-h</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekleler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

**Çizelge 4.32** Elma dilimlerinin duyuusal özelliklerinin depolama süresine bağlı değişimi.

K						1D				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	4.7 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>
3	7.0 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a,b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a,b</sup>	5.7 <sup>a</sup>
5	6.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>	6.6 <sup>b</sup>

2D						3D				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
3	7.1 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a,b</sup>	5.4 <sup>a</sup>
5	6.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>b</sup>	5.8 <sup>a</sup>

4D						5D				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	5.8 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>
3	6.9 <sup>b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	6.2 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a,b</sup>	5.6 <sup>a,b</sup>
5	6.4 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	6.0 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>

6D						7D				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.2 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.5 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.4 <sup>b</sup>	6.3 <sup>b</sup>	4.4 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
3	5.9 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.1 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>
5	6.2 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>b</sup>	6.2 <sup>b</sup>	5.7 <sup>b</sup>	6.1 <sup>b</sup>

8D						9D				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.4 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.3 <sup>b</sup>	4.3 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
3	7.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>b</sup>	6.7 <sup>c</sup>	6.3 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>
5	6.5 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	4.6 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.1 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>

10D						11D				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.8 <sup>b</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	4.0 <sup>a</sup>	4.9 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	4.2 <sup>a</sup>	4.8 <sup>a</sup>
3	4.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.2 <sup>b</sup>	5.5 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b</sup>
5	7.2 <sup>b</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>b</sup>	6.3 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.6 <sup>b</sup>	6.0 <sup>b</sup>

12D						1E				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.7 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	6.4 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>
3	6.6 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>
5	6.5 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a,b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>

**Çizelge 4.32** Elma dilimlerinin duyuşsal özelliklerinin depolama süresine bağılı değişimi. (DEVAM)

2E						3E				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>
3	6.7 <sup>a</sup>	6.6 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a,b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
5	6.4 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>

4E						5E				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.6 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>
3	6.8 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a,b</sup>	6.5 <sup>b</sup>	6.6 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>
5	6.1 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>

6E						7E				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.3 <sup>b</sup>
3	6.6 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a,b</sup>	6.3 <sup>a,b</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>
5	6.8 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	6.5 <sup>a,b</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>

8E						9E				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>
3	6.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>	6.3 <sup>a,b</sup>	6.2 <sup>a,b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>
5	6.4 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>

10E						11E				
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.3 <sup>a</sup>	6.8 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
3	7.4 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a,b</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
5	7.0 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>

12E					
gün	Renk	Sertlik	Sululuk	Lezzet	Genel beğeni
0	6.7 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>
3	6.9 <sup>a</sup>	6.5 <sup>b</sup>	6.8 <sup>b</sup>	6.5 <sup>a,b</sup>	6.6 <sup>a,b</sup>
5	7.2 <sup>a</sup>	5.4 <sup>a</sup>	5.6 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>

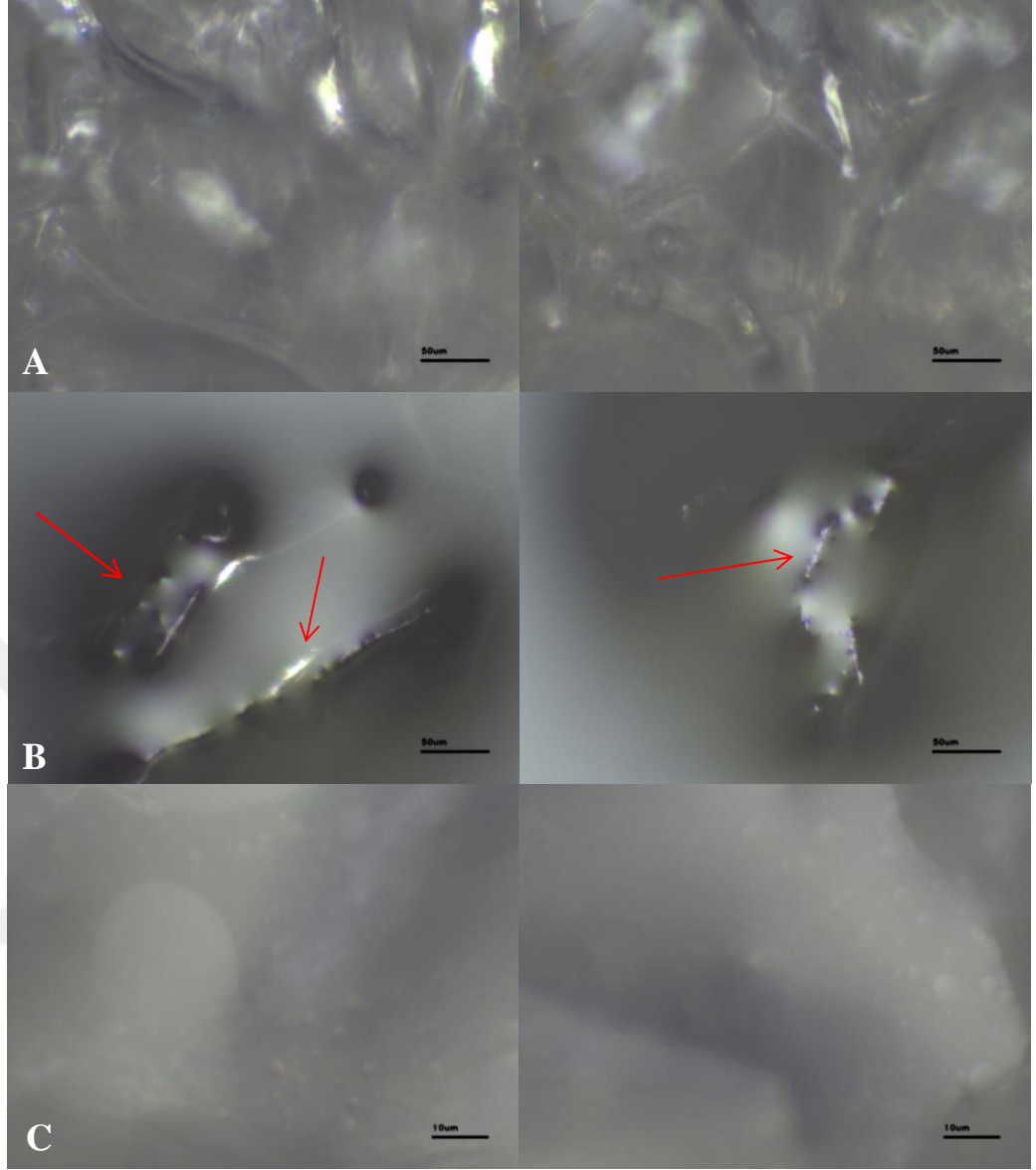
<sup>a-b</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

#### 4.15 Kaplanmış Elma Yüzeyinin Mikroskobik Analizi

Kaplanmanın meyve yüzeyine tutunması ve kaplanmış meyvenin mikroyapısını belirlemek amacıyla kontrol, daldırma ile kaplanmış ve elektro-püskürtmeyle kaplanmış elma yüzeylerinin mikrografları, Şekil 4.67'de gösterilmiştir. Mikrograflar incelendiğinde, kontrol örneklerinde mezokarpa tekdüze olmayan

hücre yapısı ve kesilmiş yüzeyde bulunan su açıkça görülmektedir. Kaplamayı takiben hızla analize alınan örneklerde daldırma ile kaplamanın, yüzeydeki birçok pürüzlü yapıyı doldurduğu, ancak yüzeyde bazı kısımlarda kaplamada düzensizlikler olduğu görülmektedir. Bu da daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerde, yüzeydeki homojen olmayan düzensiz yapıların tamamen kaplanamadığını ya da lipofilik kaplama materyalinin yüzeyde tam olarak tutunamadığını göstermektedir. Ancak elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklerde, kaplamanın daha tekdüze olduğu görülmektedir. Kaplamada kullanılan elektriksel olarak yüklenmiş emülsiyon, topraklanmış kolektör üzerindeki elma yüzeyi hedefine doğru ilerleyerek hızla kaplanmakta, düzgün olmayan yapı veya boşlukları da doldurabilmektedir.

Kraśniewska et al. (2015) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde, her iki yöntemle kaplanan elma dilimlerinde kaplanan yüzeyin kontrol örneğinden daha pürüzsüz ve homojen bir yapıya ulaştığı görülmektedir. Kaplanan örneklerde nem kaybının, kontrol örneğinden belirgin düzeyde düşük olmasının, elma yüzeyinde kaplamanın daha homojen ve tekdüze yayılmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 4.67** Elma örneklerinin mikro yapıları, A: kaplanmamış örnek (ölçüm çubuğu: 50µm), B: daldırmayla kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 50µm), C: elektro-püskürtmeyle kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 10µm).

#### **4.16 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Ağırlık Kaybı**

Yapılan ön denemelerde, çilek örneklerinde 7 gün depolama sonrası yumuşama, beyazlaşma ve gözle görülür mikrobiyal üreme (küf oluşumu) gözlenmiştir (Şekil 4.68). Bu amaçla, örneklerin kalite özellikleri değerlendirilirken (pH, titrasyon asitliği, renk, doku, toplam antioksidan ve fenolik mad. miktarı, mikrobiyolojik ve duyu analizler), 5 günlük depolama süresi sonucunda elde edilen sonuçlar

karşılaştırılmıştır. Ayrıca çilek örneklerinde, depolamanın başında (0.gün) ve sonunda (5. gün) daldırma ile kaplanan örneklerde beyaz renkte olan emülsiyonun, çileğin çekirdek kısımlarında birikerek yüzey üzerinde homojen dağılması (Şekil 4.69 ve 4.70) ve duyu analizlerde daldırma ile kaplanan çilek örneklerinin kabul edilebilir düzeyin oldukça altında puanlar alması sebebiyle, çilek ile yapılan duyu analizlerde yalnızca elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerin sonuçları değerlendirilmiştir.



Şekil 4.68 7 gün depolanmış kontrol örnekleri.



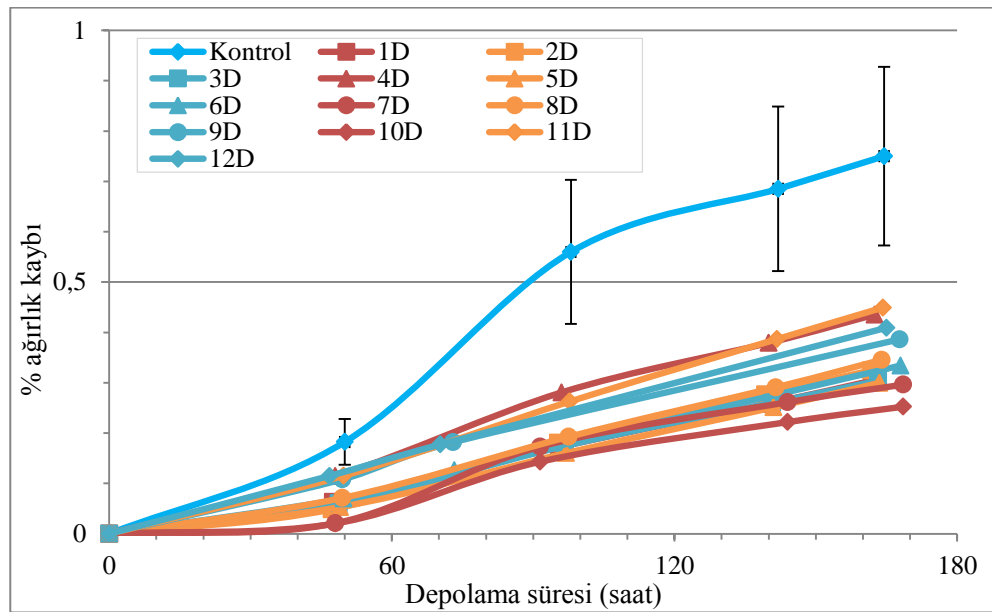
Şekil 4.69 Daldırma ile kaplanmış örnekler (0. gün).



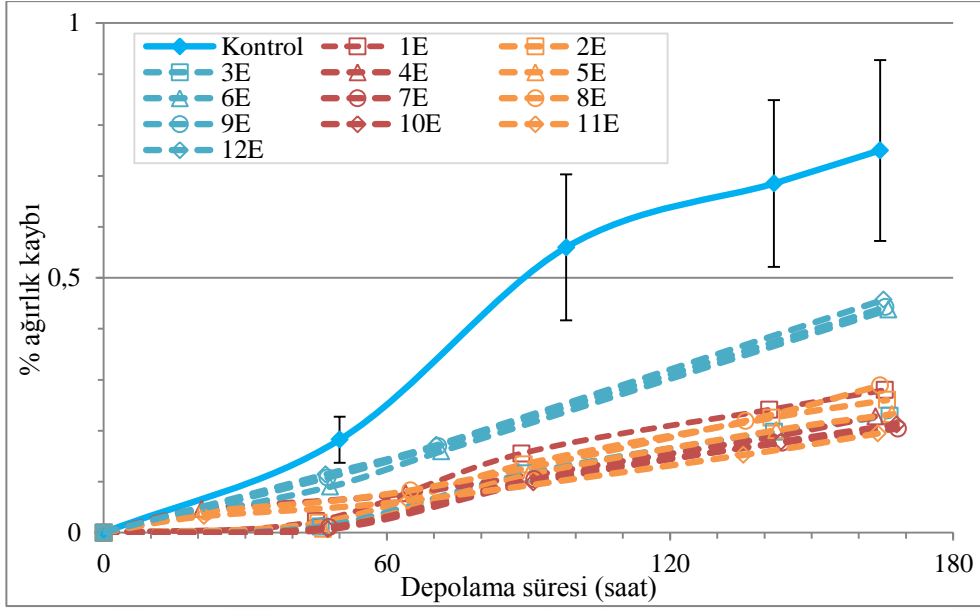
Şekil 4.70 Daldırma ile kaplanmış örnekler (5. gün).

Depolama sırasında, daldırma ve elektro-püskürtmeyle kaplanan çilek örneklerinin ağırlık kayıpları, sırasıyla Şekil 4.71 ve 4.72'de gösterilmektedir. Daldırma (%0.30-0.45) ve elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklerin (%0.19-

0.45) ağırlık kaybının, kontrol örneğinin ağırlık kaybından ( $0.75 \pm 0.18$ ) oldukça düşük olmasının, her iki yöntemle kaplamanın çileğin depolama sırasında nem kaybına karşı etkili olduğunu göstermektedir. Ancak, elektro-püskürtme yönteminin bütün çilekleri eşit ve homojen bir şekilde kaplayarak kaplamanın depolama sırasında da ürün yüzeyinde kalabilmesi ve kaplama emülsiyonlarının hidrofobik yapısıyla ağırlık kaybını daldırmaya kıyasla önemli düzeyde azaltabildiği görülmektedir. Peretto et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada, bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlara benzer şekilde, elektrostatik olarak kaplamanın, çilekler üzerine kaplama materyalinin transfer etkinliğini, elektrostatik olmayan kaplamaya (konvansiyonel püskürtme) kıyasla arttırdığı ve buna bağlı olarak elektrostatik kaplanan çilek örneklerinde daha düşük ağırlık kaybı olduğu belirtilmiştir. Nadim et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada ise,  $4^{\circ}\text{C}$ 'de depolanan çilek örneklerinde 8 günlük depolama sonunda, metilselüloz ile kaplanan örneklerde %7.5 civarında nem kaybı olurken, kontrol örneklerinde nem kaybının %15'i geçtiği belirtilmektedir. Bir başka çalışmada, pullulan içeren emülsiyonlarla daldırma yöntemiyle kaplanan çileklerde,  $4^{\circ}\text{C}$ 'de 12 günlük depolama sonunda nem kaybının %15 civarında olduğu, buna karşılık kontrol örneğinde nem kaybının %20'yi geçtiği belirtilmiştir (Eroglu et al., 2014). Garcia et al. (1998) tarafından yapılan çalışmada ise, farklı nişasta temelli filmlerle kaplanan çilek örneklerinde,  $0^{\circ}\text{C}$ 'de yaklaşık 1 aylık depolama sonunda nem kaybı %15-25 arasında olurken, kontrol örneğinde nem kaybının %35'e ulaştığı belirtilmiştir.



Şekil 4.71 Daldırma yöntemiyle kaplanan çileklerin depolama sırasında % ağırlık kaybı.



Şekil 4.72 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan çileklerin depolama sırasında % ağırlık kaybı.

Bu çalışmada, daldırma yönteminde çilek örneği başına ortalama  $47.221 \pm 11.825$  mg emülsiyon kullanılırken, elektro-püskürtme yönteminde  $0.122 \pm 0.064$  mg emülsiyon kullanılmış olup; yaklaşık 400 kat daha az kaplama malzemesi kullanılarak, nem kaybı daldırmaya benzer hatta bazı örnekler için daha iyi düzeyde azaltılmıştır. Kaplanan elma örnekleriyle kıyaslandığında, çilek örneklerinde daldırma sırasında örnek yüzeyinde daha az kaplama malzemesi tutunduğu, ayrıca Şekil 4.70’te gösterildiği gibi depolamanın sonuna doğru çileğin düzensiz geometrik şekline bağlı olarak kaplama materyalinin yüzeyden ayrıldığı görülmektedir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, minimal işlem görmüş çilek örneklerinde kalite kayıplarının belirlenmesinde, ağırlık kaybının önemli bir parametre olduğu ve uygulanan kaplama materyaline bağlı olarak nem kaybında önemli düzeyde farklılıklar olduğu görülmektedir. Ancak elektro-püskürtme yönteminin, diğer kaplama yöntemleri ile karşılaştırıldığında, düzensiz geometrik şekle sahip meyve örneklerinin kaplanmasında kullanılma potansiyelinin yüksek olduğu elde edilen sonuçlardan da anlaşılmaktadır.

#### 4.17 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında pH ve Titre Edilebilir Asitlik Değerlerinin Değişimi

Çizelge 4.33 ve 4.34’te kaplanan bütün haldeki çilek örneklerinin depolama sırasında pH ve % titrasyon asitliği değerleri verilmiştir. Çilekte, meyvenin

içerdiği baskın asitin sitrik asit olması sebebiyle (Cemeroğlu, 2013), titrasyon asitliği değerleri bu asit eşdeğerince hesaplanmıştır. Örneklerin pH değerleri incelendiğinde, depolamanın ilk gününde daldırma ile kaplanan örneklerin pH değerlerinin daha düşük olduğu, depolamanın sonunda ise en düşük ortalama pH değerinin kontrol örneğinde elde edildiği görülmektedir ( $p<0.05$ ). Ayrıca kontrol örneğinde depolama sırasında pH'nın önemli düzeyde düşerken, titrasyon asitliğinin arttığı görülmektedir. Han et al. (2004) yapmış oldukları çalışmada, farklı oranlarda kitosan ve kalsiyum laktat içeren kaplama ile kaplanan çilek örnekleri ile kontrol örneğinde, bu çalışmaya benzer şekilde depolama sırasında pH'nın düştüğü ve titrasyon asitliğinin arttığını belirtmişlerdir.

Örneklerin titrasyon asitliği değerleri incelendiğinde, depolamanın ilk gününde daldırma ile kaplanan örneklerin asitlik değerinin kontrol (ve kontrole eşit olarak alınan elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerden) örneğinden daha yüksek olduğu, ancak depolamanın son gününde, kontrol örneğinin titrasyon asitliğinin daldırma ile kaplanan örneklerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklerin asitlik değerlerinin, kontrol örneğine benzer bir eğilim gösterdiği belirlenmiştir. Tüm örneklerin titrasyon asitliği ve pH değerlerinin literatürdeki çalışmalara benzer olduğu belirlenmiştir (Nunes and Emond, 1999; Han et al., 2004; Tanada-Palmu and Grosso, 2005; Vargas et al., 2006; Cemeroğlu, 2013; Aday and Caner, 2014). Ancak tüm örnekler beraber incelendiğinde, depolama süresince asitliğin genel olarak artma veya azalma eğiliminde olmadığı, temin edilen çilek örneğinin olgunluk düzeyine bağlı bir değişim görüldüğü belirlenmiştir.

**Çizelge 4.33** Çilek örneklerinin depolama süresince pH ve % titrasyon asitliğinin\* örneğe bağlı değişimi.

Örnek	0. gün		3. gün		5. gün	
	pH	%asitlik	pH	%asitlik	pH	%asitlik
K	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.641 <sup>h,i</sup>	0.865 <sup>d,e,f</sup>	3.543 <sup>a</sup>	1.185 <sup>j</sup>
1D	3.739 <sup>c,d,e</sup>	1.016 <sup>f</sup>	3.639 <sup>h,i</sup>	0.962 <sup>f,g,h,i,j</sup>	3.705 <sup>e,f</sup>	0.696 <sup>a,b</sup>
2D	3.637 <sup>b,c</sup>	0.889 <sup>d,e</sup>	3.710 <sup>l,m</sup>	0.763 <sup>a,b,c</sup>	3.795 <sup>i,j</sup>	0.928 <sup>h,i</sup>
3D	3.715 <sup>c,d,e</sup>	0.835 <sup>c,d,e</sup>	3.606 <sup>f,g</sup>	0.830 <sup>b,c,d</sup>	3.820 <sup>j,k</sup>	0.777 <sup>b,c,d,e</sup>
4D	3.670 <sup>c,d</sup>	0.675 <sup>b</sup>	3.539 <sup>b,c</sup>	0.996 <sup>g,h,i,j,k</sup>	3.688 <sup>d,e</sup>	0.755 <sup>b,c,d</sup>
5D	3.467 <sup>a</sup>	0.837 <sup>c,d,e</sup>	3.580 <sup>e,f</sup>	1.043 <sup>j,k</sup>	3.735 <sup>f,g,h</sup>	0.732 <sup>b,c</sup>
6D	3.797 <sup>e</sup>	0.803 <sup>c,d</sup>	3.761 <sup>n</sup>	0.960 <sup>f,g,h,i,j</sup>	3.701 <sup>e,f</sup>	0.751 <sup>b,c,d</sup>
7D	3.681 <sup>c,d,e</sup>	0.836 <sup>c,d,e</sup>	3.700 <sup>l,m</sup>	0.877 <sup>d,e,f</sup>	3.873 <sup>l</sup>	0.706 <sup>b,c</sup>
8D	3.744 <sup>c,d,e</sup>	0.875 <sup>d,e</sup>	3.884 <sup>p</sup>	0.749 <sup>a,b</sup>	3.748 <sup>g,h</sup>	0.874 <sup>e,f,g,h,i</sup>
9D	3.681 <sup>c,d,e</sup>	0.765 <sup>b,c</sup>	3.564 <sup>c,d,e</sup>	0.950 <sup>f,g,h,i,j</sup>	3.817 <sup>j,k</sup>	0.776 <sup>b,c,d,e</sup>
10D	3.775 <sup>d,e</sup>	0.742 <sup>b,c</sup>	3.618 <sup>g,h</sup>	0.844 <sup>c,d,e</sup>	3.873 <sup>l</sup>	0.610 <sup>a</sup>
11D	3.541 <sup>a,b</sup>	1.105 <sup>g</sup>	3.827 <sup>o</sup>	0.817 <sup>b,c,d</sup>	3.711 <sup>e,f,g</sup>	0.792 <sup>b,c,d,e,f</sup>
12D	3.704 <sup>c,d,e</sup>	0.930 <sup>e,f</sup>	3.681 <sup>k,l</sup>	1.006 <sup>h,i,j,k</sup>	3.768 <sup>h,i</sup>	0.770 <sup>b,c,d,e</sup>
1E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.594 <sup>e,f,g</sup>	0.905 <sup>d,e,f,g</sup>	3.821 <sup>j,k</sup>	0.811 <sup>c,d,e,f,g</sup>
2E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.693 <sup>l,m</sup>	0.902 <sup>d,e,f,g</sup>	3.852 <sup>k,l</sup>	0.734 <sup>b,c</sup>
3E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.652 <sup>i,j,k</sup>	0.937 <sup>e,f,g,h,i</sup>	3.662 <sup>c,d</sup>	0.863 <sup>e,f,g,h,i</sup>
4E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.544 <sup>b,c,d</sup>	1.140 <sup>l,m</sup>	3.825 <sup>j,k</sup>	0.769 <sup>b,c,d,e</sup>
5E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.572 <sup>d,e</sup>	1.047 <sup>j,k</sup>	3.824 <sup>j,k</sup>	0.745 <sup>b,c,d</sup>
6E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.530 <sup>b</sup>	0.914 <sup>d,e,f,g,h</sup>	3.762 <sup>h,i</sup>	0.893 <sup>f,g,h,i</sup>
7E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.720 <sup>m</sup>	1.021 <sup>i,j,k</sup>	3.788 <sup>i,j</sup>	0.908 <sup>g,h,i</sup>
8E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.646 <sup>h,i,j</sup>	1.073 <sup>k,l</sup>	3.644 <sup>b,c</sup>	0.923 <sup>h,i</sup>
9E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.469 <sup>a</sup>	1.176 <sup>m</sup>	3.719 <sup>e,f,g</sup>	0.847 <sup>d,e,f,g,h</sup>
10E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.719 <sup>m</sup>	0.900 <sup>d,e,f,g</sup>	3.856 <sup>k,l</sup>	0.776 <sup>b,c,d,e</sup>
11E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.818 <sup>o</sup>	0.721 <sup>a</sup>	3.620 <sup>b</sup>	0.960 <sup>i</sup>
12E	3.695 <sup>c,d,e</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.678 <sup>j,k,l</sup>	1.012 <sup>h,i,j,k</sup>	3.631 <sup>b,c</sup>	0.851 <sup>d,e,f,g,h</sup>

\*% titrasyon asitliği sitrik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır.

<sup>a-p</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

**Çizelge 4.34** Çilek örneklerinin pH ve titrasyon asitliğinin depolama süresine bağlı değişimi.

		Örnek									
		K		1D		2D		3D		4D	
gün		pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik
0		3.695 <sup>b</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.739 <sup>b</sup>	1.016 <sup>b</sup>	3.637 <sup>a</sup>	0.889 <sup>b</sup>	3.715 <sup>b</sup>	0.835 <sup>a</sup>	3.670 <sup>b</sup>	0.675 <sup>a</sup>
3		3.641 <sup>b</sup>	0.865 <sup>b</sup>	3.639 <sup>a</sup>	0.962 <sup>b</sup>	3.710 <sup>b</sup>	0.763 <sup>a</sup>	3.606 <sup>a</sup>	0.830 <sup>a</sup>	3.539 <sup>a</sup>	0.996 <sup>b</sup>
5		3.543 <sup>a</sup>	1.185 <sup>c</sup>	3.705 <sup>b</sup>	0.696 <sup>a</sup>	3.795 <sup>c</sup>	0.928 <sup>b</sup>	3.820 <sup>c</sup>	0.777 <sup>a</sup>	3.688 <sup>b</sup>	0.755 <sup>a</sup>
		5D		6D		7D		8D		9D	
gün		pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik
0		3.467 <sup>a</sup>	0.837 <sup>b</sup>	3.797 <sup>b</sup>	0.803 <sup>a</sup>	3.681 <sup>a</sup>	0.836 <sup>b</sup>	3.744 <sup>a</sup>	0.875 <sup>b</sup>	3.681 <sup>b</sup>	0.765 <sup>a</sup>
3		3.580 <sup>b</sup>	1.043 <sup>c</sup>	3.761 <sup>b</sup>	0.960 <sup>b</sup>	3.700 <sup>a</sup>	0.877 <sup>b</sup>	3.884 <sup>b</sup>	0.749 <sup>a</sup>	3.564 <sup>a</sup>	0.950 <sup>b</sup>
5		3.735 <sup>c</sup>	0.732 <sup>a</sup>	3.701 <sup>a</sup>	0.751 <sup>a</sup>	3.873 <sup>b</sup>	0.706 <sup>a</sup>	3.748 <sup>a</sup>	0.874 <sup>b</sup>	3.817 <sup>c</sup>	0.776 <sup>a</sup>
		10D		11D		12D		1E		2E	
gün		pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik
0		3.775 <sup>b</sup>	0.742 <sup>b</sup>	3.541 <sup>a</sup>	1.105 <sup>b</sup>	3.704 <sup>a</sup>	0.930 <sup>b</sup>	3.695 <sup>b</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>
3		3.618 <sup>a</sup>	0.844 <sup>b</sup>	3.827 <sup>c</sup>	0.817 <sup>a</sup>	3.681 <sup>a</sup>	1.006 <sup>b</sup>	3.594 <sup>a</sup>	0.905 <sup>b</sup>	3.693 <sup>a</sup>	0.902 <sup>c</sup>
5		3.873 <sup>c</sup>	0.610 <sup>a</sup>	3.711 <sup>b</sup>	0.792 <sup>a</sup>	3.768 <sup>b</sup>	0.770 <sup>a</sup>	3.821 <sup>c</sup>	0.811 <sup>b</sup>	3.852 <sup>b</sup>	0.734 <sup>b</sup>
		3E		4E		5E		6E		7E	
gün		pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik
0		3.695 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>b</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>b</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>b</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>
3		3.652 <sup>a</sup>	0.937 <sup>b</sup>	3.544 <sup>a</sup>	1.140 <sup>c</sup>	3.572 <sup>a</sup>	1.047 <sup>c</sup>	3.530 <sup>a</sup>	0.914 <sup>b</sup>	3.720 <sup>a</sup>	1.021 <sup>c</sup>
5		3.662 <sup>a</sup>	0.863 <sup>b</sup>	3.825 <sup>c</sup>	0.769 <sup>b</sup>	3.824 <sup>c</sup>	0.745 <sup>b</sup>	3.762 <sup>b</sup>	0.893 <sup>b</sup>	3.788 <sup>a</sup>	0.908 <sup>b</sup>
		8E		9E		10E		11E		12E	
gün		pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik	pH	% asitlik
0		3.695 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>b</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>	3.695 <sup>a</sup>	0.559 <sup>a</sup>
3		3.646 <sup>a</sup>	1.073 <sup>c</sup>	3.469 <sup>a</sup>	1.176 <sup>c</sup>	3.719 <sup>a</sup>	0.900 <sup>c</sup>	3.818 <sup>b</sup>	0.721 <sup>b</sup>	3.678 <sup>a</sup>	1.012 <sup>c</sup>
5		3.644 <sup>a</sup>	0.923 <sup>b</sup>	3.719 <sup>b</sup>	0.847 <sup>b</sup>	3.856 <sup>b</sup>	0.776 <sup>b</sup>	3.620 <sup>a</sup>	0.960 <sup>c</sup>	3.631 <sup>a</sup>	0.851 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

#### 4.18 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Renk Değerlerinin Değişimi

Depolama süresince, kaplanan bütün çilek örneklerinin renk değişimi Çizelge 4.35 ve 4.36'da, toplam renk değişimleri ( $\Delta E$ ) Şekil 4.73 ile 4.74'te gösterilmiştir. Depolama sırasında örneklerde parlaklık ( $L^*$ ) ve beyazlaşma indeksi (WI) değerinin önemli düzeyde azaldığı, buna karşılık kırmızılık ( $a^*$ ), sarılık ( $b^*$ ) ve bu değerler ile elde edilen kroma ( $C^*$ ) değerlerinin yükseldiği belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Bu çalışmada elde edilen parlaklık değerleri, Eroglu et al. (2014) tarafından yapılan çalışma ile kıyaslandığında, tüm depolama süresince daha yüksek olduğu ve emülsiyonlarla kaplanan çilek örneklerinin parlaklıklarını daha iyi muhafaza ettiği görülmektedir. Vargas et al. (2006) tarafından yapılan çalışmada ise, parlaklık değerinin kontrol örneklerinde daha iyi muhafaza edildiği

ve bunun sebebinin kaplama materyalinin kendisinin parlaklıkta azalmaya yol açtığı belirtilmiştir. Bir başka çalışmada, metil selüloz ile kaplanan çilek örneklerinin parlaklık değerinin, depolama süresince kontrol örneğine kıyasla daha iyi korunduğu, kırmızılık değerinin ise, kontrol örneğinde kaplanan örnekten daha yüksek bulunduğu bildirilmiştir (Nadim et al., 2015).

Daldırma ve elektro-püskürtme işlemi kıyaslandığında, elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerin kırmızılık ve sarılık değerinin, depolamanın son gününde daldırmayla kaplanan örneklere kıyasla istatistiksel olarak yüksek olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ). Daldırma yönteminde, çilek yüzeyindeki çekirdek kısımlarında biriken beyaz emülsiyonun, çileğin sahip olması gereken kırmızılık ve sarılık değerini düşürdüğü düşünülmektedir. Kroma değerleri incelendiğinde, daldırmayla kaplanan örneklerde daha düşük değerler elde edildiği bunun da depolamanın sonuna doğru soluk renkte bir görünüm yarattığı belirlenmiştir. Tanada-Palmu and Grosso (2005) yapmış oldukları çalışmada, glüten içeren kaplama ve çift katmanlı film ile kaplanan örneklerde, kaplamanın örneklerin renk değişimini (kırmızılık/sarıklık) kontrol örneğine kıyasla yavaşlattığını belirtmişlerdir.

Örneklerin toplam renk değişimi Şekil 4.73 ve 4.74'te verilmiştir. Elektro-püskürtmeyle kaplanan örnekler ile kontrol örneğinin toplam renk değişimlerinin benzer olduğu görülmekte, buna karşın daldırma işleminde, toplam renk değişimi değerinin ürün yüzeyinde homojen olmayan şekilde dağılarak belirgin bir artma veya azalma eğilimi göstermediği düşünülmektedir. Ancak genel olarak incelendiğinde, toplam renk değişiminin daldırma ile kaplanan örneklerde daha düşük iken, elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerde daha yüksek olduğu, bunun depolama sırasında elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerde kırmızılık ve sarılık değerinin önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) artışından kaynaklandığı görülmektedir. Depolamanın son gününde, kontrol ve kaplanmış çilek örneklerinin görüntüleri Şekil 4.75'te verilmiş olup, daldırma ile kaplanan örneğin depolamanın ilk ve son gününde homojen olmayan renk dağılımı açıkça görülmektedir. Depolamanın son gününde, kontrol örneği ve daldırma ile kaplanan örneklerin yüzeyinde, gözle görülür küf oluşumunun dışında, elektro-püskürtme ile kaplanan örnek ve kontrol örneğinde genel olarak rengin daha homojen dağıldığı görülmektedir.

**Çizelge 4.35** Çilek örneklerinin depolama süresince renk değerlerinin örneğe bağlı değişimi.

Örnek	0.gün					3.gün				
	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
K	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	36.91 <sup>a,b</sup>	31.17 <sup>d</sup>	26.59 <sup>g,h</sup>	41.19 <sup>f,g,h</sup>	24.38 <sup>a</sup>
1D	41.78 <sup>a,b</sup>	18.75 <sup>a</sup>	11.49 <sup>a,b</sup>	22.38 <sup>a,b</sup>	37.31 <sup>a</sup>	39.36 <sup>b,c,d,e,f</sup>	23.81 <sup>b,c</sup>	15.12 <sup>a,b,c</sup>	28.40 <sup>b,c,d,e</sup>	32.96 <sup>b,c,d</sup>
2D	40.25 <sup>a</sup>	19.90 <sup>a</sup>	11.06 <sup>a,b</sup>	23.05 <sup>a,b</sup>	35.78 <sup>a</sup>	41.93 <sup>f,g</sup>	23.17 <sup>b,c</sup>	14.92 <sup>a,b,c</sup>	27.83 <sup>b,c,d</sup>	35.51 <sup>d,e,f</sup>
3D	41.81 <sup>a,b</sup>	22.92 <sup>a</sup>	14.94 <sup>b</sup>	27.62 <sup>b</sup>	35.32 <sup>a</sup>	38.47 <sup>a,b,c,d</sup>	22.72 <sup>b,c</sup>	20.33 <sup>f</sup>	30.61 <sup>d,e</sup>	31.21 <sup>b</sup>
4D	42.16 <sup>a,b</sup>	20.02 <sup>a</sup>	7.03 <sup>a</sup>	21.34 <sup>a,b</sup>	38.20 <sup>a</sup>	39.76 <sup>b,c,d,e,f</sup>	24.53 <sup>c</sup>	19.52 <sup>e,f</sup>	31.47 <sup>e</sup>	31.94 <sup>b,c</sup>
5D	41.01 <sup>a</sup>	20.57 <sup>a</sup>	10.55 <sup>a,b</sup>	23.41 <sup>a,b</sup>	36.25 <sup>a</sup>	40.78 <sup>d,e,f,g</sup>	24.81 <sup>c</sup>	18.59 <sup>d,e,f</sup>	31.15 <sup>e</sup>	33.03 <sup>b,c,d</sup>
6D	41.07 <sup>a</sup>	18.81 <sup>a</sup>	7.51 <sup>a</sup>	20.35 <sup>a</sup>	37.45 <sup>a</sup>	41.40 <sup>e,f,g</sup>	23.95 <sup>b,c</sup>	17.81 <sup>c,d,e,f</sup>	29.99 <sup>c,d,e</sup>	34.11 <sup>c,d,e</sup>
7D	41.84 <sup>a,b</sup>	20.47 <sup>a</sup>	11.06 <sup>a,b</sup>	23.51 <sup>a,b</sup>	37.10 <sup>a</sup>	42.17 <sup>f,g</sup>	21.30 <sup>a,b</sup>	16.25 <sup>b,c,d</sup>	26.96 <sup>b,c</sup>	35.91 <sup>e,f</sup>
8D	40.72 <sup>a</sup>	19.69 <sup>a</sup>	11.12 <sup>a,b</sup>	22.95 <sup>a,b</sup>	36.17 <sup>a</sup>	40.39 <sup>c,d,e,f,g</sup>	19.51 <sup>a</sup>	12.47 <sup>a</sup>	23.47 <sup>a</sup>	35.79 <sup>e,f</sup>
9D	42.39 <sup>a,b</sup>	18.92 <sup>a</sup>	10.17 <sup>a,b</sup>	21.68 <sup>a,b</sup>	38.32 <sup>a</sup>	40.65 <sup>d,e,f,g</sup>	23.03 <sup>b,c</sup>	16.94 <sup>c,d,e</sup>	28.77 <sup>c,d,e</sup>	33.91 <sup>c,d,e</sup>
10D	43.72 <sup>a,b</sup>	22.51 <sup>a</sup>	13.13 <sup>b</sup>	26.23 <sup>a,b</sup>	37.61 <sup>a</sup>	42.69 <sup>g</sup>	23.90 <sup>b,c</sup>	15.13 <sup>a,b,c</sup>	28.46 <sup>b,c,d,e</sup>	35.90 <sup>e,f</sup>
11D	44.96 <sup>b</sup>	22.39 <sup>a</sup>	13.04 <sup>b</sup>	26.07 <sup>a,b</sup>	38.83 <sup>a</sup>	42.92 <sup>g</sup>	21.09 <sup>a,b</sup>	13.82 <sup>a,b</sup>	25.41 <sup>a,b</sup>	37.47 <sup>f</sup>
12D	42.04 <sup>a,b</sup>	20.03 <sup>a</sup>	10.66 <sup>a,b</sup>	22.94 <sup>a,b</sup>	37.51 <sup>a</sup>	39.44 <sup>b,c,d,e,f</sup>	23.50 <sup>b,c</sup>	16.57 <sup>b,c,d</sup>	29.01 <sup>c,d,e</sup>	32.65 <sup>b,c</sup>
1E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	37.64 <sup>a,b,c</sup>	33.42 <sup>d,e</sup>	25.31 <sup>g,h</sup>	42.19 <sup>g,h</sup>	24.63 <sup>a</sup>
2E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	38.03 <sup>a,b,c,d</sup>	34.30 <sup>e</sup>	26.06 <sup>g,h</sup>	43.23 <sup>h</sup>	24.30 <sup>a</sup>
3E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	37.15 <sup>a,b</sup>	33.78 <sup>d,e</sup>	24.55 <sup>g,h</sup>	41.84 <sup>g,h</sup>	24.29 <sup>a</sup>
4E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	38.53 <sup>a,b,c,d,e</sup>	33.74 <sup>d,e</sup>	27.57 <sup>h</sup>	43.74 <sup>h</sup>	24.27 <sup>a</sup>
5E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	37.94 <sup>a,b,c,d</sup>	33.61 <sup>d,e</sup>	25.96 <sup>g,h</sup>	42.63 <sup>g,h</sup>	24.55 <sup>a</sup>
6E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	37.36 <sup>a,b</sup>	33.53 <sup>d,e</sup>	25.71 <sup>g,h</sup>	42.38 <sup>g,h</sup>	24.25 <sup>a</sup>
7E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	37.31 <sup>a,b</sup>	33.19 <sup>d,e</sup>	25.31 <sup>g,h</sup>	41.93 <sup>g,h</sup>	24.38 <sup>a</sup>
8E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	38.13 <sup>a,b,c,d</sup>	34.02 <sup>d,e</sup>	26.57 <sup>g,h</sup>	43.31 <sup>h</sup>	24.38 <sup>a</sup>
9E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	38.40 <sup>a,b,c,d</sup>	33.86 <sup>d,e</sup>	26.12 <sup>g,h</sup>	42.92 <sup>g,h</sup>	24.88 <sup>a</sup>
10E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	35.55 <sup>a</sup>	31.31 <sup>d,e</sup>	24.42 <sup>g</sup>	39.81 <sup>f,g</sup>	24.09 <sup>a</sup>
11E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	37.57 <sup>a,b,c</sup>	32.24 <sup>d,e</sup>	20.18 <sup>f</sup>	38.19 <sup>f</sup>	26.74 <sup>a</sup>
12E	41.29 <sup>a,b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>b</sup>	26.52 <sup>a,b</sup>	35.25 <sup>a</sup>	36.12 <sup>a</sup>	32.80 <sup>d,e</sup>	24.56 <sup>g,h</sup>	41.11 <sup>f,g,h</sup>	23.96 <sup>a</sup>

**Çizelge 4.35** Çilek örneklerinin depolama süresince renk değerlerinin örneğe bağlı değişimi. (DEVAM)

Örnek	5.gün				
	L*	a*	b*	C*	WI
K	36.48 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	33.42 <sup>e,f,g</sup>	24.49 <sup>f</sup>	41.63 <sup>g,h,i,j</sup>	23.92 <sup>a</sup>
1D	39.53 <sup>h</sup>	19.87 <sup>a,b,c</sup>	8.50 <sup>a,b</sup>	21.53 <sup>a,b</sup>	35.75 <sup>c</sup>
2D	42.23 <sup>i</sup>	17.91 <sup>a</sup>	9.99 <sup>a,b,c</sup>	20.78 <sup>a</sup>	38.45 <sup>d</sup>
3D	37.37 <sup>c,d,e,f,g,h</sup>	18.54 <sup>a</sup>	8.53 <sup>a,b</sup>	20.73 <sup>a</sup>	33.97 <sup>c</sup>
4D	38.15 <sup>e,f,g,h</sup>	20.34 <sup>a,b,c</sup>	11.59 <sup>c,d</sup>	23.68 <sup>a,b,c</sup>	33.71 <sup>c</sup>
5D	38.34 <sup>f,g,h</sup>	21.52 <sup>b,c,d</sup>	10.42 <sup>a,b,c</sup>	24.22 <sup>b,c,d</sup>	33.68 <sup>c</sup>
6D	35.07 <sup>a,b,c</sup>	23.82 <sup>d</sup>	12.91 <sup>c,d</sup>	27.36 <sup>d,e</sup>	29.44 <sup>b</sup>
7D	38.95 <sup>g,h</sup>	18.99 <sup>a,b</sup>	8.57 <sup>a,b</sup>	20.89 <sup>a</sup>	35.39 <sup>c</sup>
8D	38.36 <sup>f,g,h</sup>	20.05 <sup>a,b,c</sup>	7.73 <sup>a</sup>	21.66 <sup>a,b</sup>	34.61 <sup>c</sup>
9D	34.66 <sup>a,b</sup>	23.23 <sup>d</sup>	11.50 <sup>b,c,d</sup>	26.04 <sup>c,d,e</sup>	29.47 <sup>b</sup>
10D	35.55 <sup>a,b,c,d</sup>	23.77 <sup>d</sup>	11.61 <sup>c,d</sup>	26.52 <sup>c,d,e</sup>	30.23 <sup>b</sup>
11D	34.14 <sup>a</sup>	22.07 <sup>c,d</sup>	10.64 <sup>a,b,c</sup>	24.63 <sup>b,c,d</sup>	29.46 <sup>b</sup>
12D	35.63 <sup>a,b,c,d</sup>	24.31 <sup>d</sup>	13.68 <sup>d</sup>	28.09 <sup>e</sup>	29.60 <sup>b</sup>
1E	36.36 <sup>a,b,c,d,e,f</sup>	33.40 <sup>e,f,g</sup>	23.13 <sup>e,f</sup>	40.75 <sup>f,g,h,i,j</sup>	24.33 <sup>a</sup>
2E	35.13 <sup>a,b,c</sup>	31.47 <sup>e</sup>	22.40 <sup>e,f</sup>	38.70 <sup>f,g,h</sup>	24.33 <sup>a</sup>
3E	34.95 <sup>a,b</sup>	32.21 <sup>e,f</sup>	20.71 <sup>e</sup>	38.45 <sup>f,g</sup>	24.30 <sup>a</sup>
4E	34.82 <sup>a,b</sup>	35.64 <sup>g</sup>	21.05 <sup>e</sup>	41.48 <sup>g,h,i,j</sup>	22.64 <sup>a</sup>
5E	36.91 <sup>b,c,d,e,f,g</sup>	34.36 <sup>f,g</sup>	24.18 <sup>f</sup>	42.14 <sup>i,j</sup>	24.03 <sup>a</sup>
6E	34.67 <sup>a,b</sup>	31.08 <sup>e</sup>	21.84 <sup>e,f</sup>	38.06 <sup>f</sup>	24.17 <sup>a</sup>
7E	35.73 <sup>a,b,c,d</sup>	31.94 <sup>e,f</sup>	22.57 <sup>e,f</sup>	39.18 <sup>f,g,h,i</sup>	24.68 <sup>a</sup>
8E	38.57 <sup>f,g,h</sup>	35.56 <sup>g</sup>	28.27 <sup>g</sup>	45.50 <sup>k</sup>	23.46 <sup>a</sup>
9E	35.47 <sup>a,b,c</sup>	35.20 <sup>g</sup>	22.57 <sup>e,f</sup>	41.93 <sup>h,i,j</sup>	22.94 <sup>a</sup>
10E	35.44 <sup>a,b,c</sup>	32.20 <sup>e,f</sup>	24.30 <sup>f</sup>	40.44 <sup>f,g,h,i,j</sup>	23.79 <sup>a</sup>
11E	37.84 <sup>d,e,f,g,h</sup>	33.95 <sup>e,f,g</sup>	30.15 <sup>g</sup>	45.55 <sup>k</sup>	22.88 <sup>a</sup>
12E	35.95 <sup>a,b,c,d,e</sup>	35.33 <sup>g</sup>	23.47 <sup>e,f</sup>	42.54 <sup>j</sup>	23.08 <sup>a</sup>

<sup>a-k</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

**Çizelge 4.36** Çilek örneklerinin renk değerlerinin depolama süresine bağlı değişimi.

K						1D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>	41.78 <sup>a</sup>	18.75 <sup>a</sup>	11.49 <sup>a</sup>	22.38 <sup>a</sup>	37.31 <sup>b</sup>
3	36.91 <sup>a</sup>	31.17 <sup>b</sup>	26.59 <sup>b</sup>	41.19 <sup>b</sup>	24.38 <sup>a</sup>	39.36 <sup>a</sup>	23.81 <sup>b</sup>	15.12 <sup>b</sup>	28.40 <sup>b</sup>	32.96 <sup>a</sup>
5	36.48 <sup>a</sup>	33.42 <sup>b</sup>	24.49 <sup>b</sup>	41.63 <sup>b</sup>	23.92 <sup>a</sup>	39.53 <sup>a</sup>	19.87 <sup>a</sup>	8.50 <sup>a</sup>	21.53 <sup>a</sup>	35.75 <sup>a,b</sup>
2D						3D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	40.25 <sup>a</sup>	19.90 <sup>a,b</sup>	11.06 <sup>a</sup>	23.05 <sup>a</sup>	35.78 <sup>a</sup>	41.81 <sup>b</sup>	22.92 <sup>b</sup>	14.94 <sup>b</sup>	27.62 <sup>b</sup>	35.32 <sup>b</sup>
3	41.93 <sup>a</sup>	23.17 <sup>b</sup>	14.92 <sup>b</sup>	27.83 <sup>b</sup>	35.51 <sup>a</sup>	38.47 <sup>a</sup>	22.72 <sup>b</sup>	20.33 <sup>c</sup>	30.61 <sup>b</sup>	31.21 <sup>a</sup>
5	42.23 <sup>a</sup>	17.91 <sup>a</sup>	9.99 <sup>a</sup>	20.78 <sup>a</sup>	38.45 <sup>a</sup>	37.37 <sup>a</sup>	18.54 <sup>a</sup>	8.53 <sup>a</sup>	20.73 <sup>a</sup>	33.97 <sup>a</sup>
4D						5D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	42.16 <sup>b</sup>	20.02 <sup>a</sup>	7.03 <sup>a</sup>	21.34 <sup>a</sup>	38.20 <sup>b</sup>	41.01 <sup>a</sup>	20.57 <sup>a</sup>	10.55 <sup>a</sup>	23.41 <sup>a</sup>	36.25 <sup>a</sup>
3	39.76 <sup>a,b</sup>	24.53 <sup>b</sup>	19.52 <sup>c</sup>	31.47 <sup>b</sup>	31.94 <sup>a</sup>	40.78 <sup>a</sup>	24.81 <sup>b</sup>	18.59 <sup>b</sup>	31.15 <sup>b</sup>	33.03 <sup>a</sup>
5	38.15 <sup>a</sup>	20.34 <sup>a</sup>	11.59 <sup>b</sup>	23.68 <sup>a</sup>	33.71 <sup>a</sup>	38.34 <sup>a</sup>	21.52 <sup>a,b</sup>	10.42 <sup>a</sup>	24.22 <sup>a</sup>	33.68 <sup>a</sup>
6D						7D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.07 <sup>b</sup>	18.81 <sup>a</sup>	7.51 <sup>a</sup>	20.35 <sup>a</sup>	37.45 <sup>c</sup>	41.84 <sup>a,b</sup>	20.47 <sup>a</sup>	11.06 <sup>a</sup>	23.51 <sup>a,b</sup>	37.10 <sup>a</sup>
3	41.40 <sup>b</sup>	23.95 <sup>b</sup>	17.81 <sup>c</sup>	29.99 <sup>b</sup>	34.11 <sup>b</sup>	42.17 <sup>b</sup>	21.30 <sup>a</sup>	16.25 <sup>b</sup>	26.96 <sup>b</sup>	35.91 <sup>a</sup>
5	35.07 <sup>a</sup>	23.82 <sup>b</sup>	12.91 <sup>b</sup>	27.36 <sup>b</sup>	29.44 <sup>a</sup>	38.95 <sup>a</sup>	18.99 <sup>a</sup>	8.57 <sup>a</sup>	20.89 <sup>a</sup>	35.39 <sup>a</sup>
8D						9D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	40.72 <sup>a</sup>	19.69 <sup>a</sup>	11.12 <sup>b</sup>	22.95 <sup>a</sup>	36.17 <sup>a</sup>	42.39 <sup>b</sup>	18.92 <sup>a</sup>	10.17 <sup>a</sup>	21.68 <sup>a</sup>	38.32 <sup>c</sup>
3	40.39 <sup>a</sup>	19.51 <sup>a</sup>	12.47 <sup>b</sup>	23.47 <sup>a</sup>	35.79 <sup>a</sup>	40.65 <sup>b</sup>	23.03 <sup>b</sup>	16.94 <sup>b</sup>	28.77 <sup>b</sup>	33.91 <sup>b</sup>
5	38.36 <sup>a</sup>	20.05 <sup>a</sup>	7.73 <sup>a</sup>	21.66 <sup>a</sup>	34.61 <sup>a</sup>	34.66 <sup>a</sup>	23.23 <sup>b</sup>	11.50 <sup>a</sup>	26.04 <sup>b</sup>	29.47 <sup>a</sup>
10D						11D				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	43.72 <sup>b</sup>	22.51 <sup>a</sup>	13.13 <sup>a,b</sup>	26.23 <sup>a</sup>	37.61 <sup>b</sup>	44.96 <sup>b</sup>	22.39 <sup>a</sup>	13.04 <sup>a,b</sup>	26.07 <sup>a</sup>	38.83 <sup>b</sup>
3	42.69 <sup>b</sup>	23.90 <sup>a</sup>	15.13 <sup>b</sup>	28.46 <sup>a</sup>	35.90 <sup>b</sup>	42.92 <sup>b</sup>	21.09 <sup>a</sup>	13.82 <sup>b</sup>	25.41 <sup>a</sup>	37.47 <sup>b</sup>
5	35.55 <sup>a</sup>	23.77 <sup>a</sup>	11.61 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	30.23 <sup>a</sup>	34.14 <sup>a</sup>	22.07 <sup>a</sup>	10.64 <sup>a</sup>	24.63 <sup>a</sup>	29.46 <sup>a</sup>
12D						1E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	42.04 <sup>b</sup>	20.03 <sup>a</sup>	10.66 <sup>a</sup>	22.94 <sup>a</sup>	37.51 <sup>b</sup>	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>
3	39.44 <sup>b</sup>	23.50 <sup>b</sup>	16.57 <sup>b</sup>	29.01 <sup>b</sup>	32.65 <sup>a</sup>	37.64 <sup>a</sup>	33.42 <sup>b</sup>	25.31 <sup>b</sup>	42.19 <sup>b</sup>	24.63 <sup>a</sup>
5	35.63 <sup>a</sup>	24.31 <sup>b</sup>	13.68 <sup>a,b</sup>	28.09 <sup>b</sup>	29.60 <sup>a</sup>	36.36 <sup>a</sup>	33.40 <sup>b</sup>	23.13 <sup>b</sup>	40.75 <sup>b</sup>	24.33 <sup>a</sup>
2E						3E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.29 <sup>c</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>a</sup>
3	38.03 <sup>b</sup>	34.30 <sup>b</sup>	26.06 <sup>c</sup>	43.23 <sup>c</sup>	24.30 <sup>a</sup>	37.15 <sup>a</sup>	33.78 <sup>b</sup>	24.55 <sup>b</sup>	41.84 <sup>b</sup>	24.29 <sup>b</sup>
5	35.13 <sup>a</sup>	31.47 <sup>b</sup>	22.40 <sup>b</sup>	38.70 <sup>b</sup>	24.33 <sup>a</sup>	34.95 <sup>a</sup>	32.21 <sup>b</sup>	20.71 <sup>b</sup>	38.45 <sup>b</sup>	24.30 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).

**Çizelge 4.36** Çilek örneklerinin renk değerlerinin depolama süresine bağlı değişimi. (DEVAM)

4E						5E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.29 <sup>c</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>
3	38.53 <sup>b</sup>	33.74 <sup>b</sup>	27.57 <sup>c</sup>	43.74 <sup>b</sup>	24.27 <sup>a</sup>	37.94 <sup>a</sup>	33.61 <sup>b</sup>	25.96 <sup>b</sup>	42.63 <sup>b</sup>	24.55 <sup>a</sup>
5	34.82 <sup>a</sup>	35.64 <sup>b</sup>	21.05 <sup>b</sup>	41.48 <sup>b</sup>	22.64 <sup>a</sup>	36.91 <sup>a</sup>	34.36 <sup>b</sup>	24.18 <sup>b</sup>	42.14 <sup>b</sup>	24.03 <sup>a</sup>

6E						7E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.29 <sup>c</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>
3	37.36 <sup>b</sup>	33.53 <sup>b</sup>	25.71 <sup>c</sup>	42.38 <sup>c</sup>	24.25 <sup>a</sup>	37.31 <sup>a</sup>	33.19 <sup>b</sup>	25.31 <sup>b</sup>	41.93 <sup>b</sup>	24.38 <sup>a</sup>
5	34.67 <sup>a</sup>	31.08 <sup>b</sup>	21.84 <sup>b</sup>	38.06 <sup>b</sup>	24.17 <sup>a</sup>	35.73 <sup>a</sup>	31.94 <sup>b</sup>	22.57 <sup>b</sup>	39.18 <sup>b</sup>	24.68 <sup>a</sup>

8E						9E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>	41.29 <sup>c</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>
3	38.13 <sup>a</sup>	34.02 <sup>b</sup>	26.57 <sup>b</sup>	43.31 <sup>b</sup>	24.38 <sup>a</sup>	38.40 <sup>b</sup>	33.86 <sup>b</sup>	26.12 <sup>c</sup>	42.92 <sup>b</sup>	24.88 <sup>a</sup>
5	38.57 <sup>a</sup>	35.56 <sup>b</sup>	28.27 <sup>b</sup>	45.50 <sup>b</sup>	23.46 <sup>a</sup>	35.47 <sup>a</sup>	35.20 <sup>b</sup>	22.57 <sup>b</sup>	41.93 <sup>b</sup>	22.94 <sup>a</sup>

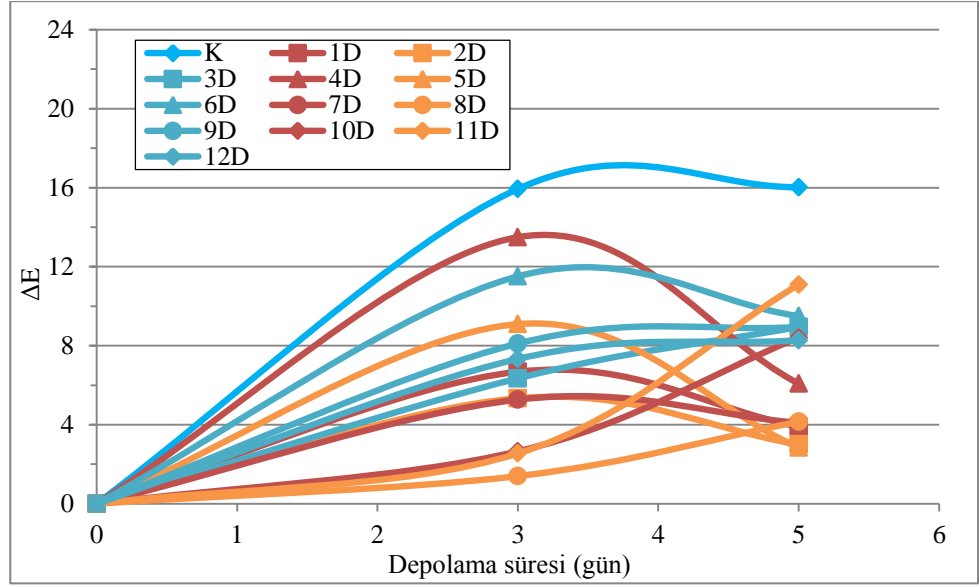
  

10E						11E				
gün	L*	a*	b*	C*	WI	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>c</sup>
3	35.55 <sup>a</sup>	31.31 <sup>b</sup>	24.42 <sup>b</sup>	39.81 <sup>b</sup>	24.09 <sup>a</sup>	37.57 <sup>a</sup>	32.24 <sup>b</sup>	20.18 <sup>b</sup>	38.19 <sup>b</sup>	26.74 <sup>b</sup>
5	35.44 <sup>a</sup>	32.20 <sup>b</sup>	24.30 <sup>b</sup>	40.44 <sup>b</sup>	23.79 <sup>a</sup>	37.84 <sup>a</sup>	33.95 <sup>b</sup>	30.15 <sup>c</sup>	45.55 <sup>c</sup>	22.88 <sup>a</sup>

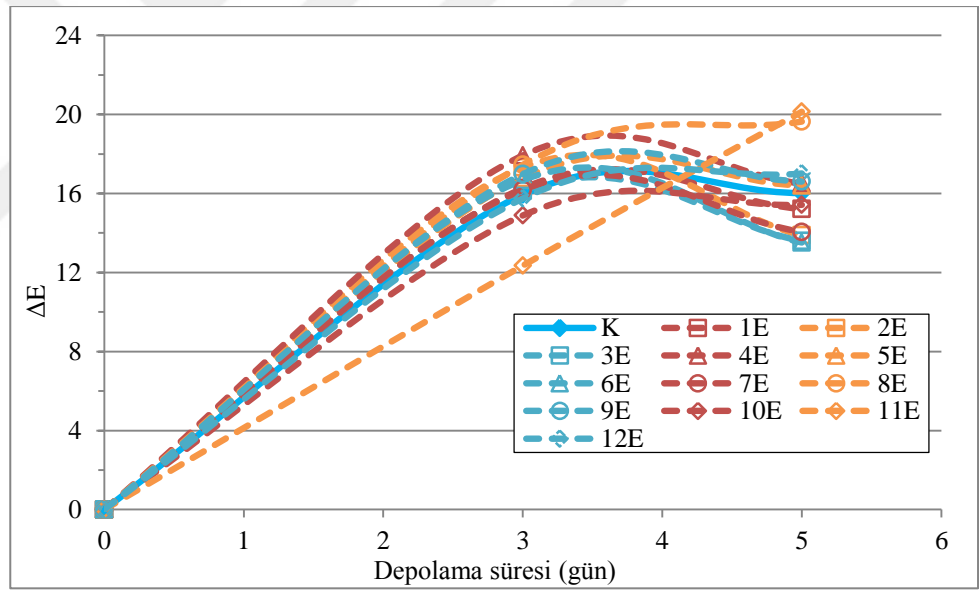
  

12E					
gün	L*	a*	b*	C*	WI
0	41.29 <sup>b</sup>	22.06 <sup>a</sup>	14.26 <sup>a</sup>	26.52 <sup>a</sup>	35.25 <sup>b</sup>
3	36.12 <sup>a</sup>	32.80 <sup>b</sup>	24.56 <sup>b</sup>	41.11 <sup>b</sup>	23.96 <sup>a</sup>
5	35.95 <sup>a</sup>	35.33 <sup>b</sup>	23.47 <sup>b</sup>	42.54 <sup>b</sup>	23.08 <sup>a</sup>

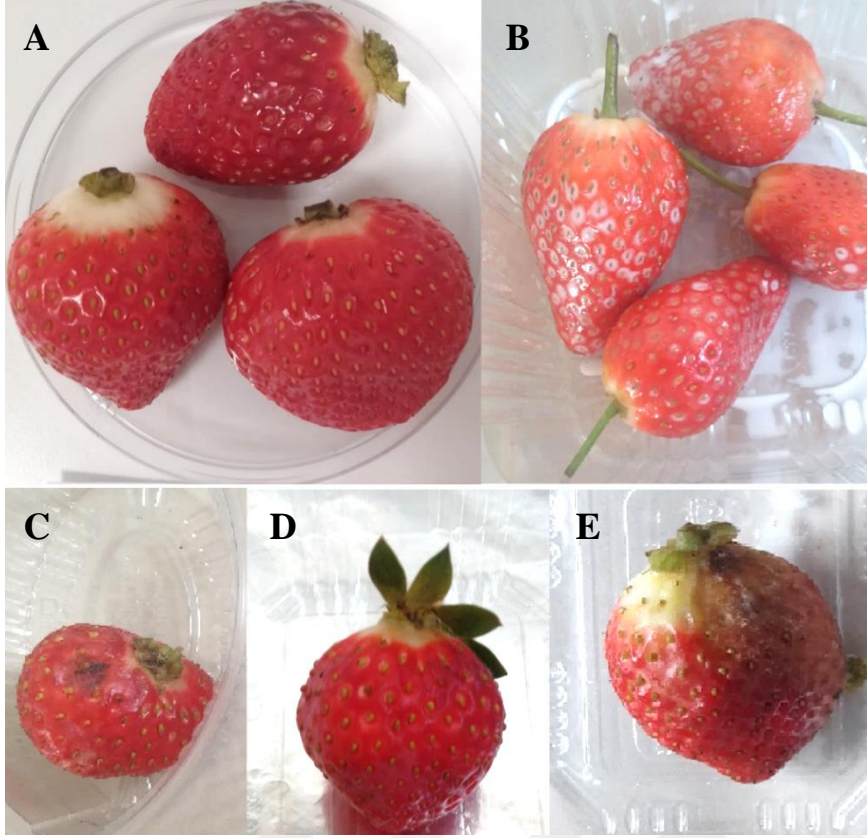
<sup>a-c</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir (p<0.05).



Şekil 4.73 Daldırma yöntemiyle kaplanan çileklerin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri.



Şekil 4.74 Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan çileklerin toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) değerleri.



**Şekil 4.75** Depolama öncesi A: kontrol, B: daldırma ile kaplanmış örnekler, 7 gün depolanmış C: kontrol, D: elektro-püskürtme ile kaplanmış, E: daldırma ile kaplanmış örnekler.

#### 4.19 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Sertlik Değerinin Değişimi

Meyve ve sebzelerin dokusu; sertlik, gevreklik, sululuk ve liflilik ile tanımlanmakta olup, taze veya minimal işlem görmüş meyve sebzeler için sertlik ve gevreklik değerlerinin yüksek olması istenmektedir (Lin and Zhao, 2007). Meyvelerin dokusunda oluşan yumuşama, olgunluk açısından belirli düzeyde istense de; fazla yumuşamış bir doku, bozulma ve meyve içinde başlayan çürümenin bir göstergesi olması sebebiyle tercih edilmemektedir (Kilcast and Subramaniam, 2000). Taze kesilmiş ve minimal işlem görmüş meyvelerde, sertlik değeri doğrudan meyvenin su kaybıyla ilişkilendirilmektedir. Yenilebilir kaplama uygulamalarıyla, meyvelerin su kaybının azaltılarak sertliğinin korunduğu birçok çalışmada detaylı olarak gösterilmektedir. Çilek örneklerinin depolama sırasında sertlik değerindeki değişimler Çizelge 4.37 ve 4.38’de gösterilmektedir. Çizelge incelendiğinde, depolamanın ilk gününde (0.gün) kontrol örneği ile kaplanmış örneklerin (daldırma ve elektro-püskürtme) benzer sertlik değerine sahip olduğu ve bu değerlerin 1.331 ile 1.752 N arasında değiştiği görülmektedir. Depolamanın

son gününde (5. gün) ise, kontrol örneği ve daldırma ile kaplanan örneklerin sertlik değerinin elektro-püskürtme ile kaplanan örneklere kıyasla istatistiksel olarak daha düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

Kaplanmış çileğin, depolama sırasında sertlik değişimini inceleyen çalışmalarda; doku ölçüm metodları ve kullanılan prob çapı farklı olmasına karşın depolama sırasında çileklerin dokusunun depolama sırasında önemli düzeyde değişmediği veya giderek azaldığı belirlenmiştir (Garcia et al., 1998; Vargas et al., 2006; Eroglu et al., 2014). Bu çalışmalarda, çözünür pektinin degrade olmasının, hücre duvarının bütünlüğünün bozulmasının ve su kaybının dokuda yumuşama etkisi yarattığı belirtilmektedir (Garcia et al., 1998; Tanada-Palmu and Grosso, 2005; Aday and Caner, 2014; Eroglu et al., 2014). Garcia et al. (1998) tarafından yapılan çalışmada, kaplanmamış çilek örneğinde 25 günlük depolama sırasında sertlik değeri %50'den fazla düşerken, kaplama yapılan çileklerde sertlik değerindeki düşüş %20 ile %40 arasında bulunmuştur. Benzer şekilde, glüten içeren yenilebilir kaplamayla kaplanan çilek örneklerinde, 16 günlük depolama sonunda sertlik değeri en fazla %40 oranında azalırken, kontrol örneklerinde sertlik değerindeki değişim %80'den fazla bulunmuştur (Tanada-Palmu and Grosso, 2005). Yapılan bu tez çalışmasında, kaplanan çilek örneklerinde oluşan ağırlık kaybı değerleri (Şekil 4.71 ve 4.72) incelendiğinde, uygulanan ikincil ambalaj malzemesinin (PET) düşük su buharı ve nem geçirgenliğine bağlı olarak, daldırma ve elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerin ağırlık kaybı değerlerinin benzer ve %0.5'in altında olduğu görülmektedir. Bu da, örneklerin yumuşamasının ağırlık kaybından kaynaklanmadığı, daldırma yöntemiyle kaplanan örneklerde çilek yüzeyinde kalan kaplama materyalinin yumuşama etkisi yarattığı düşünülmekte ve benzer sonuçların depolamanın ilk günlerinde elma örneklerinde de elde edildiği görülmektedir. Çizelge 4.38 incelendiğinde, daldırma ile kaplanan bazı örneklerin depolama sırasında sertlik değerinin düştüğü ( $p<0.05$ ), bazılarında ise herhangi bir değişimi gözlenmediği saptanmıştır ( $p>0.05$ ). Buna karşın elektro-püskürtmeyle kaplanan çilek örneklerinin tamamında, sertlik değerinde önemli bir değişiklik gözlenmediği görülmektedir ( $p>0.05$ ). Bu da elektro-püskürtme işleminin, dokunun ve meyvenin bütünlüğünün korunmasında yardımcı olduğunu göstermektedir.

**Çizelge 4.37** Çilek örneklerinin depolama süresince sertlik değerinin örneğe bağlı değişimi.

Örnek	Sertlik (N)		
	0. gün	3. gün	5. gün
K	1.632 <sup>b,c</sup>	1.863 <sup>e,f,g</sup>	1.176 <sup>a,b</sup>
1D	1.642 <sup>b,c</sup>	1.626 <sup>a,b,c,d,e</sup>	1.413 <sup>b,c,d,e,f</sup>
2D	1.705 <sup>b,c</sup>	1.707 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.523 <sup>c,d,e,f,g</sup>
3D	1.493 <sup>a,b</sup>	1.632 <sup>a,b,c,d,e</sup>	1.063 <sup>a</sup>
4D	1.574 <sup>b,c</sup>	1.704 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.343 <sup>a,b,c,d</sup>
5D	1.752 <sup>c</sup>	1.825 <sup>d,e,f,g</sup>	1.362 <sup>b,c,d,e</sup>
6D	1.552 <sup>a,b,c</sup>	1.440 <sup>a,b</sup>	1.398 <sup>b,c,d,e,f</sup>
7D	1.686 <sup>b,c</sup>	1.659 <sup>b,c,d,e,f</sup>	1.394 <sup>b,c,d,e,f</sup>
8D	1.667 <sup>b,c</sup>	1.639 <sup>a,b,c,d,e</sup>	1.194 <sup>a,b</sup>
9D	1.333 <sup>a</sup>	1.542 <sup>a,b,c</sup>	1.392 <sup>b,c,d,e,f</sup>
10D	1.523 <sup>a,b,c</sup>	1.419 <sup>a</sup>	1.367 <sup>b,c,d,e</sup>
11D	1.539 <sup>a,b,c</sup>	1.464 <sup>a,b</sup>	1.220 <sup>a,b,c</sup>
12D	1.331 <sup>a</sup>	1.421 <sup>a</sup>	1.555 <sup>d,e,f,g</sup>
1E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.732 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.642 <sup>d,e,f,g</sup>
2E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.830 <sup>d,e,f,g</sup>	1.814 <sup>g</sup>
3E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.727 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.704 <sup>f,g</sup>
4E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.713 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.735 <sup>g</sup>
5E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.728 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.693 <sup>f,g</sup>
6E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.795 <sup>d,e,f,g</sup>	1.627 <sup>d,e,f,g</sup>
7E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.765 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.665 <sup>e,f,g</sup>
8E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.730 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.664 <sup>e,f,g</sup>
9E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.892 <sup>f,g</sup>	1.647 <sup>d,e,f,g</sup>
10E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.903 <sup>g</sup>	1.756 <sup>g</sup>
11E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.694 <sup>c,d,e,f,g</sup>	1.667 <sup>e,f,g</sup>
12E	1.632 <sup>b,c</sup>	1.610 <sup>a,b,c,d</sup>	1.666 <sup>e,f,g</sup>

<sup>a-g</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

**Çizelge 4.38** Çilek örneklerinin sertlik değerinin depolama süresine bağlı değişimi.

gün	Örnek								
	K	1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D	8D
0	1.632 <sup>b</sup>	1.642 <sup>a</sup>	1.705 <sup>a</sup>	1.493 <sup>b</sup>	1.574 <sup>a,b</sup>	1.752 <sup>b</sup>	1.552 <sup>a</sup>	1.686 <sup>b</sup>	1.667 <sup>b</sup>
3	1.863 <sup>c</sup>	1.626 <sup>a</sup>	1.707 <sup>a</sup>	1.632 <sup>b</sup>	1.704 <sup>b</sup>	1.825 <sup>b</sup>	1.440 <sup>a</sup>	1.659 <sup>b</sup>	1.639 <sup>b</sup>
5	1.176 <sup>a</sup>	1.413 <sup>a</sup>	1.523 <sup>a</sup>	1.063 <sup>a</sup>	1.343 <sup>a</sup>	1.362 <sup>a</sup>	1.398 <sup>a</sup>	1.394 <sup>a</sup>	1.194 <sup>a</sup>

gün	Örnek								
	9D	10D	11D	12D	1E	2E	3E	4E	5E
0	1.333 <sup>a</sup>	1.523 <sup>a</sup>	1.539 <sup>b</sup>	1.331 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>
3	1.542 <sup>a</sup>	1.419 <sup>a</sup>	1.464 <sup>b</sup>	1.421 <sup>a</sup>	1.732 <sup>a</sup>	1.830 <sup>a</sup>	1.727 <sup>a</sup>	1.713 <sup>a</sup>	1.728 <sup>a</sup>
5	1.392 <sup>a</sup>	1.367 <sup>a</sup>	1.220 <sup>a</sup>	1.555 <sup>a</sup>	1.642 <sup>a</sup>	1.814 <sup>a</sup>	1.704 <sup>a</sup>	1.735 <sup>a</sup>	1.693 <sup>a</sup>

gün	Örnek						
	6E	7E	8E	9E	10E	11E	12E
0	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>	1.632 <sup>a</sup>
3	1.795 <sup>a</sup>	1.765 <sup>a</sup>	1.730 <sup>a</sup>	1.892 <sup>b</sup>	1.903 <sup>b</sup>	1.694 <sup>a</sup>	1.610 <sup>a</sup>
5	1.627 <sup>a</sup>	1.665 <sup>a</sup>	1.664 <sup>a</sup>	1.647 <sup>a</sup>	1.756 <sup>a,b</sup>	1.667 <sup>a</sup>	1.666 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

#### **4.20 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Toplam Antioksidan Aktivite ve Fenolik Madde Miktarının Değişimi**

Çilek örneklerine ait toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarları, Çizelge 4.39'da gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde, kaplama yapılan örnekler ile kaplama yapılmayan örneğin depolama başında ve sonunda toplam antioksidan madde miktarının önemli düzeyde değişmediği ( $p>0.05$ ), kaplama yapılan örnekler arasında kaplama materyaline bağlı herhangi bir fark görülmediği saptanmıştır. Çilek örneklerinin toplam antioksidan madde miktarı, sadece duyu analizi yapılan örneklerde yani elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklerde belirlenmiştir. Ancak kaplama malzemesinin ortalama  $0.122\pm 0.064$  mg/g çilek olması sebebiyle, kaplamada kullanılan emülsiyonun antioksidan özelliği yüksek esansiyel yağlar (ÜÇY ve NÇY) kullanılsa dahi, toplam antioksidan madde miktarını değiştirmekte etkili olamayacağı görülmektedir. Nadim et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada, bu çalışmaya benzer şekilde depolama sırasında toplam antioksidan aktivite ve antosiyanin içeriğinin depolama sonunda önemli düzeyde değişmediği saptanmıştır. Eroglu et al. (2014) tarafından yapılan çalışmada ise, pullulan içeren kaplamayla kaplanarak 12 gün süreyle depolanan çilek örneklerde askorbik asit içeriğinde %40-50 arasında azalma varken, karotenoid içeriğinde %35-55 arasında azalma olduğu bulunmuştur. Saraçoğlu ve Özgen (2015) tarafından yapılan, farklı hasat zamanları ve farklı çilek türlerinin toplam antioksidan madde miktarları üzerine etkisinin incelendiği çalışmada; depolanmamış taze çileklerde antioksidan aktivitenin  $11.39-16.32$   $\mu\text{mol TEAC/g}$  taze örnek olduğu, bu tez çalışmasında ise; depolama sonunda toplam antioksidan madde miktarının ( $13.05-14.40$   $\mu\text{mol TEAC/g}$  taze örnek), çalışmada belirtilen depolanmamış çilek örnekleri için verilen değerler arasında kaldığı belirlenmiştir.

Kontrol örneğinin depolama sonunda toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde, depolamanın ilk gününe göre önemli düzeyde düşüş yaşandığı ( $p<0.05$ ), en düşük fenolik madde içeriğinin ise, NÇY ile kaplanan örnekte bulunduğu görülmektedir. Elektro-püskürtmede, çilek yüzeyine tutunan kaplama malzemesinin miktarının çok düşük olması sebebiyle belirlenen bu düşüşün çilek hammaddesine (olgunluk düzeyi, hasat zamanı vb.) bağlı olduğu düşünülmektedir.

**Çizelge 4.39** Kaplanan çilek örneklerinde depolama sırasında toplam antioksidan madde ve fenolik madde miktarının değişimi.

Örnek	Toplam antioksidan aktivite (mM TEAC/g örnek)	Toplam fenolik madde (mg GAE/kg örnek)
Kontrol-0.gün	2.80 <sup>a</sup>	2463.35 <sup>d</sup>
Kontrol-5.gün	2.61 <sup>a</sup>	1744.10 <sup>b</sup>
1E 5. gün	2.88 <sup>a</sup>	1992.86 <sup>c</sup>
5E 5. gün	2.62 <sup>a</sup>	1802.28 <sup>b</sup>
6E 5. gün	2.64 <sup>a</sup>	1555.52 <sup>a</sup>

<sup>a-d</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p<0.05$ ).

#### 4.21 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Mikroorganizma Yükünün Değişimi

Taze kesilmiş ve minimal işlem görmüş meyve ve sebzelerin en önemli kalite özellikleri; görünüm, renk, doku, lezzet, besin değeri ve mikrobiyal güvenirligidir (Lin and Zhao, 2007). Özellikle meyvelerin yüksek nem içeriği, uygulanan işlemler sırasında kalite özelliklerinde önemli değişimlere yol açmaktadır. Ayrıca düşük pH içeriği, meyvede küf ve maya kaynaklı mikrobiyal bozulmalara sebep olmaktadır. Minimal işlem görmüş çilek gibi yumuşak meyveler (çilek, yaban mersini vb.) ile yapılan çalışmalar incelendiğinde, meyvenin mikrobiyal bozulmasının küf miseli veya bakteriyel lezyon oluşumunun görsel muayenesi ile kalitatif olarak (Tanada-Palmu and Grosso, 2005; Vargas et al., 2006; Aday and Caner, 2014; Eroglu et al., 2014; Nadim et al., 2015), ya da aerobik mezofilik, psikrofilik mikroorganizma sayımı, küf-maya sayımı ile plaka inhibisyon çapının belirlenmesiyle (toplam canlı ile küf sayımı için) yapılarak kantitatif olarak saptanabildiği görülmektedir (Vu et al., 2011; Guerreiro et al., 2015; Gomes et al., 2017). Bu tez çalışmasında ise, depolama süresince çilek örnekleri görsel olarak incelenmiş, ayrıca aerobik mezofilik sayım ve küf-maya sayımı sonuçları da belirlenmiştir. Çizelge 4.40'ta belirtildiği gibi, depolamanın ilk günü mezofilik aerobik sayım ile küf ve maya sayımının, kaplama malzemesinin bileşimine göre değişmediği görülmektedir. Depolamanın 5. gününde de depolamanın 0. gününe benzer sonuçlar elde edildiği, toplam canlı sayımının en fazla  $1 \times 10^2$  KOB/g, küf ve maya sayımının ise en fazla  $8.6 \times 10^2$  KOB/g olduğu belirlenmiştir. Guerreiro et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada, sodyum aljinat ve pektin bazlı emülsiyonlar ile kaplanan çileğin 14 günlük depolama sırasında aerobik mezofilik mikroorganizma ile küf-maya sayımının depolama süresine bağlı olarak arttığı,

kaplanmamış (kontrol) çileğin aerobik mezofilik mikroorganizma sayısının 2.9 log KOB/g'dan 4.5 log KOB/g'a ulaştığı belirtilmiştir. Kaplanmış örneklerde ise, mezofilik aerobik mikroorganizma sayısının depolama süresince 0.7-4.4 log KOB/g arasında değiştiği görülmektedir. Kontrol örneğinde, küf-maya sayımının depolamanın başında (0.gün) 2.5 log KOB/g'dan depolama sonunda 4.5 log KOB/g'a ulaştığı aktarılmıştır. Kaplanmış örneklerde ise küf-maya sayısının depolama süresince 0.7-4.3 log KOB/g arasında değiştiği belirtilmiştir. Gomes et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada ise, 15 günlük depolama sırasında kırmızı yaban mersini örneklerinin aerobik mezofilik bakteri sayısı 1-3.5 log KOB/g arasında iken, küf-maya sayısının 0.5-3.5 log KOB/g arasında olduğu aktarılmıştır. Çalışmada antimikrobiyal özellik gösteren esansiyel yağ içeren kaplamaların, yaban mersininin mikrobiyal yükünü düşürdüğü belirtilmiştir. Benzer sonuçlar antimikrobiyal özellik gösteren farklı esansiyel yağlarla kaplanan çilek örneklerinde elde edilmiştir (Vu et al., 2011). Bu tez çalışmasında ise, ÜÇY veya NÇY içeren emülsiyonlarla kaplanan çilek örneklerinin aerobik mezofilik bakteri ile küf-maya sayımının, diğer emülsiyonlarla kaplanan örneklerden önemli düzeyde farklı olmadığı görülmektedir. Yine bu tez çalışmasında verilen, kaplanmış dilimlenmiş elma örneklerinin mikrobiyal yük değişiminin, kaplanmış çilek örneklerine benzer olduğu belirlenmiştir. Türk Gıda Kodeksi veya diğer uluslararası tebliğlerde mezofilik aerobik mikroorganizma veya küf-maya sayımı için herhangi bir üst limit belirtilmese de, Guerreiro et al. (2015) tarafından yapılan çalışmada en fazla bulunabilecek mikroorganizma sayısının 5 log KOB/g olması gerektiği aktarılmıştır. Buna göre bu tez çalışmasında, hem dilimlenmiş elma örneklerinin hem de kaplanmış çilek örneklerinin depolama sonunda bile bu limitlerin altında kaldığı, dolayısıyla bu örneklerin mikrobiyal açıdan güvenilir olarak değerlendirilebileceği görülmektedir.

**Çizelge 4.40** Depolama sırasında çilek örneklerinde toplam canlı ve küf ve maya sayısının değişimi.

Örnek	Toplam canlı (KOB/g)		Küf ve maya (KOB/g)	
	0. gün	5. gün	0. gün	5. gün
Kontrol	<10	<100	44	<100
1E	<10	<100	43	<100
2E	<10	100	44	$8.6 \times 10^2$
3E	<10	<100	45	$2.1 \times 10^2$
4E	21	<100	<10	$3.2 \times 10^2$
5E	32	<100	10	<100
6E	<10	<100	21	<100
7E	43	<100	<10	100
8E	10	<100	10	$4.5 \times 10^2$
9E	44	<100	69	<100
10E	10	<100	<10	$7.1 \times 10^2$
11E	<10	<100	10	100
12E	<10	<100	21	<100

#### 4.22 Kaplanmış Çilek Örneklerinde Depolama Sırasında Duyusal Özelliklerindeki Değişim

Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanmış çilek örneklerinin duyusal özelliklerinin örneğe ve depolama süresine bağlı değişimi, sırasıyla Çizelge 4.41 ve 4.42’de gösterilmiştir. Elma örneklerinden farklı olarak kaplanmış çilek örneklerinde, literatürde verilen çalışmalara benzer şekilde; renk yerine parlaklık ve sululuk yerine koku duyusal özelliği beğeni testinde değerlendirilmiştir. Depolamanın ilk gününde, kontrol örneği ve elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerin parlaklık, sertlik, lezzet ve genel beğeni özellikleri kaplamada kullanılan emülsiyon çeşidinden bağımsız olarak aynı grupta bulunmuştur ( $p>0.05$ ). Tüm depolama süresince ise, genel olarak parlaklık, lezzet, sertlik ve genel beğeni özelliklerinin kontrole göre önemli düzeyde değişmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ). Örneklerin depolama sırasında nem kaybının düşük olmasının, duyusal olarak belirlenen sertlik değeri üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir. Elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanan çilek örneklerinde kaplamanın gözle görülebilmesi ve kaplama malzemesinin oldukça az kullanılması sebebiyle, depolama sırasında lezzet özelliği üzerinde önemli bir etki yaratmadığı görülmektedir. Ayrıca enstrümental olarak ölçülen sertlik değerleri incelendiğinde, çilek örneklerinde depolama süresine bağlı istatistiksel olarak önemli bir değişiklik gözlenmezken ( $p>0.05$ ), Çizelge 4.42’de görüldüğü gibi bazı örneklerde duyusal olarak elde edilen sertlik puanlarının depolamanın son gününde (5. gün) düştüğü

belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Vargas et al. (2006) tarafından yapılan çalışmada, farklı oranlarda oleik asit ilave edilen kitosan içeren kaplama ile kaplanan çileklerde, bu tez çalışmasından farklı şekilde, kaplanan örneklerin duyuşal özelliklerinin kontrol örneklerine kıyasla önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir. Özellikle kaplanan çileklerde, lezzet ve koku puanlarının kontrole kıyasla daha düşük olduğu belirtilmiştir. Vu et al. (2011) tarafından yapılan çalışmada ise, kitosan ile kaplanan çilek örneklerinin kaplamanın yapıldığı günde lezzet ve koku yönünden kabul edilebilir puanlar aldığı belirtilmiş, ancak depolama süresince duyuşal özelliklerin değişimi incelenmemiştir. Bir başka çalışmada, aljinat ve kitosan içeren kaplama ile kaplanan ve 0.5°C'de depolanan çilek örneklerinde, depolamanın ilk 7 gününde tüm örneklerin görünüm, sertlik, aroma, lezzet ve genel beğeni özelliklerinden kabul edilebilir puanlar aldığı, ancak depolamanın 14. gününde örneklerin duyuşal olarak kabul edilebilir bulunmadığı belirtilmiştir (Guerreiro et al., 2015).

**Çizelge 4.41** Çilek örneklerinin depolama süresince duyuusal özelliklerinin örneğe bağlı değişimi.

Örnek	0. gün					3. gün					5. gün				
	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni
K	7.4 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a,b,c</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	7.2 <sup>b,c</sup>	6.5 <sup>a,b,c</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
1E	7.3 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	6.6 <sup>a,b</sup>	6.5 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a,b,c</sup>	7.3 <sup>c</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
2E	7.2 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a,b,c</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	6.6 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a,b,c</sup>	6.8 <sup>a,b,c</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>
3E	7.5 <sup>a</sup>	7.6 <sup>a</sup>	7.8 <sup>c</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.2 <sup>b,c</sup>	6.2 <sup>a,b,c</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
4E	7.0 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b,c</sup>	6.8 <sup>a,b,c</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
5E	7.4 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a,b,c</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	6.7 <sup>a,b</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a,b</sup>	6.0 <sup>a,b</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
6E	7.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a,b,c</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	7.4 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	7.2 <sup>b,c</sup>	6.9 <sup>a,b,c</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>
7E	7.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a,b,c</sup>	7.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	7.4 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b,c</sup>	6.9 <sup>a,b,c</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
8E	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a,b,c</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a,b</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a,b,c</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>
9E	7.1 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a,b,c</sup>	6.7 <sup>a,b,c</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
10E	7.4 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a,b,c</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>a,b,c</sup>	7.1 <sup>b,c</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>
11E	7.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a,b,c</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
12E	7.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.6 <sup>b,c</sup>	7.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.2 <sup>a,b</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.4 <sup>c</sup>	6.6 <sup>a,b,c</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

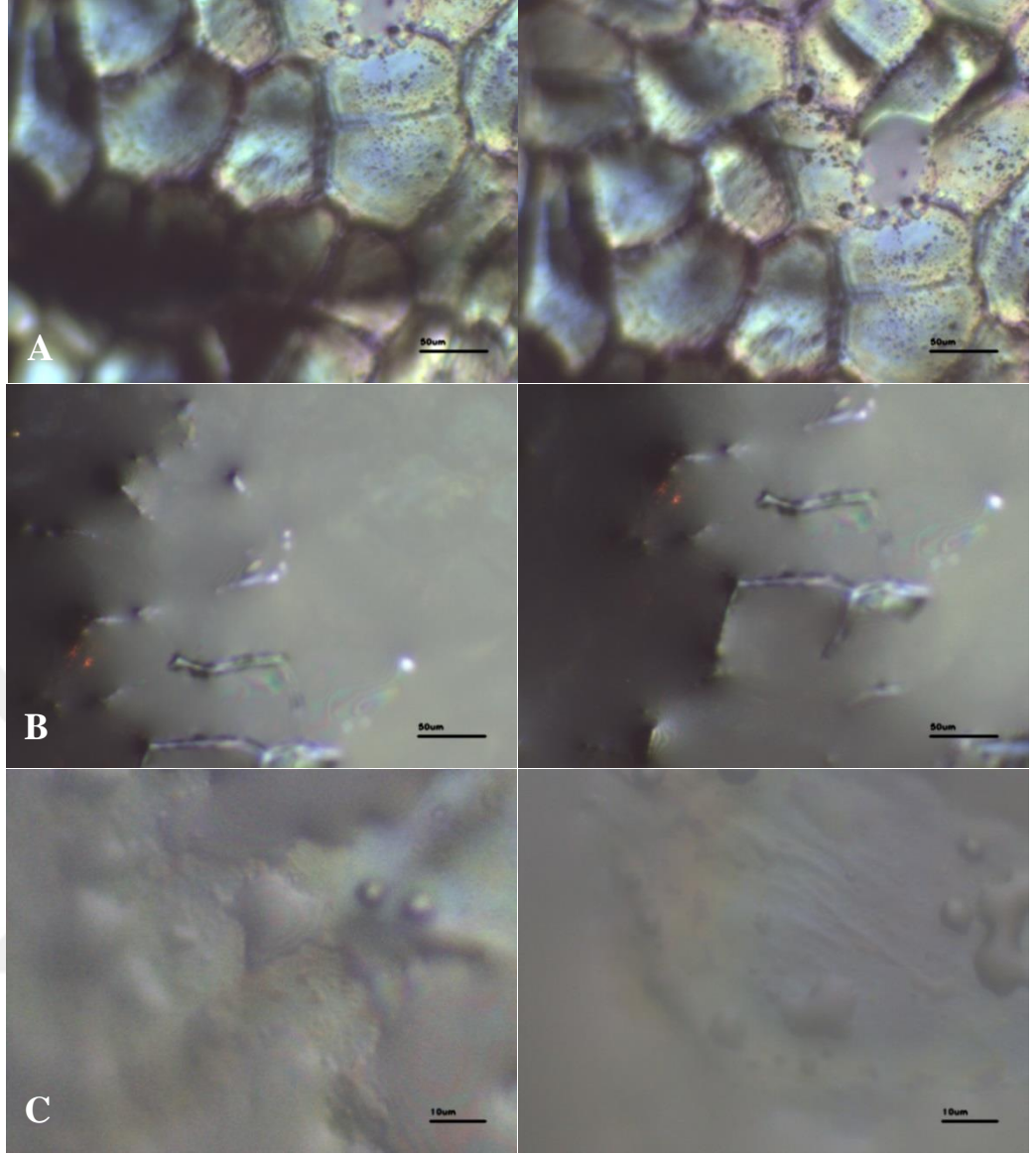
**Çizelge 4.42** Çilek örneklerinin duyuşal özelliklerinin depolama süresine bağlı değişimi.

K						1E				
gün	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni
0	7.4 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>
3	7.3 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>b</sup>
5	6.5 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>
2E						3E				
gün	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni
0	7.2 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.6 <sup>b</sup>	7.8 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>
3	7.3 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	6.6 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>	6.8 <sup>a,b</sup>	6.9 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>
5	6.8 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
4E						5E				
gün	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni
0	7.2 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.4 <sup>b</sup>
3	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>b</sup>	6.7 <sup>b</sup>	6.4 <sup>b</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
5	6.8 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	5.9 <sup>a</sup>
6E						7E				
gün	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni
0	7.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.4 <sup>b</sup>	7.3 <sup>b</sup>
3	7.3 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	6.9 <sup>b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a,b</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>	7.1 <sup>a,b</sup>
5	6.9 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
8E						9E				
gün	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni
0	7.1 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.2 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>
3	6.3 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
5	6.7 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a,b</sup>	6.4 <sup>a,b</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>
10E						11E				
gün	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni
0	7.4 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.2 <sup>b</sup>
3	7.5 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>a</sup>	6.9 <sup>a</sup>	7.1 <sup>b</sup>	7.1 <sup>a</sup>	6.8 <sup>a</sup>	7.1 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a,b</sup>
5	7.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
12E										
gün	Parlaklık	Sertlik	Koku	Lezzet	Genel beğeni					
0	7.5 <sup>b</sup>	7.3 <sup>b</sup>	7.6 <sup>b</sup>	7.4 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>					
3	7.5 <sup>b</sup>	7.2 <sup>b</sup>	7.5 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>	7.4 <sup>b</sup>					
5	6.6 <sup>a</sup>	6.2 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>					

<sup>a-b</sup>Aynı sütunda bulunan farklı harfler örnekler arasında istatistiksel bir fark bulunduğunu göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

### 4.23 Kaplanmış Çilek Yüzeyinin Mikroskobik Analizi

Kontrol ve kaplanmış çilek yüzeylerinin mikro yapısı Şekil 4.76'da verilmiştir. Şekil incelendiğinde, çilek yüzeyinin elma yüzeyinden daha düzenli hücre yapısına sahip olduğu görülmektedir. Bütün halde kaplanan çilek örneklerinin düzgün olmayan geometrik şeklinin, kaplama materyalinin yüzeyde tutunmasını zorlaştıracağı düşünülmüştür. Ancak elma dilimi örneklerine benzer şekilde, daldırma ve elektro-püskürtme ile kaplanan çilek örneklerinin kontrol örneğinden daha homojen bir yüzeye sahip olduğu, kaplamanın yüzeyde tutunabildiği görülmektedir. Daldırma ile kaplanan örneklerde, kaplamanın yüzeyin bazı kısımlarında noktalar halinde boşluklara sahip olduğu görülmektedir. Elektro-püskürtmeyle kaplanan çilek yüzeyinde ise, daldırmayla kaplanan örneklerden daha tekdüze bir yapı olduğu ve elektrostatik olarak yüklenen emülsiyon ile kaplamanın yüzeyde tutunabildiği görülmektedir. Elektro-püskürtme ve daldırmayla kaplanan çileklerde nem kaybının, kontrol örneğinden belirgin düzeyde düşük olması, kaplama materyalinin çilek yüzeyinde başarıyla tutunabildiğini göstermektedir. Elektro-püskürtmeyle kaplanan bazı örneklerde ağırlık kaybının daldırmayla kaplanan örneklerden daha düşük olması, elektro-püskürtme işleminin daldırmaya benzer hatta daha başarılı bir etki yarattığını göstermektedir. Garcia et al. (1998) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde, çileğin çekirdek kısmının bile homojen olarak kaplanabilmesi, uygulanan kaplamanın çilek yüzeyindeki bütünlüğünü göstermektedir. Chiumarelli and Hubinger (2014) tarafından yapılan çalışmada belirtildiği gibi, kaplamanın kapalı polimer yapıda olması, kaplamada delikler, çatlaklar veya düzensizlikler olmaması, kaplanan gıdanın su buharı geçirgenliğini sınırlandırmaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda, çilek gibi muntazam olmayan geometrik şekillerdeki gıda örneklerinin kaplanmasında elektro-püskürtme yönteminin kullanılma potansiyelinin yüksek olduğu düşünülmektedir.



**Şekil 4.76** Çilek örneklerinin mikro yapıları, A: kaplanmamış örnek (ölçüm çubuğu: 50µm), B: daldırmayla kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 50µm), C: elektro-püskürtmeyle kaplanmış örnek (ölçüm çubuğu: 10µm).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında, farklı bileşimlerdeki S/Y emülsiyonları kullanılarak, daldırma yöntemine alternatif olarak geliştirilen elektro-püskürtme düzeneği ile yenilebilir kaplamalar üretilmesi hedeflenmiştir. Söz konusu kaplama materyalleri kullanılarak, Golden Delicious çeşidi elma dilimleri ile Camarosa çeşidi bütün çilek örnekleri, elektro-püskürtme ve karşılaştırma amacıyla konvansiyonel kaplama yöntemi olan daldırma yöntemiyle kaplanmıştır. Kaplanan örnekler iklimlendirme kabiniinde bir hafta süreyle depolanmış ve depolama sırasında meyvelerin kalite özellikleri üzerindeki değişimler incelenmiştir.

Bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar özetlenecek olursa;

- Çalışmanın ilk aşamasında; sabit yağ fazı (80%) kullanılarak; farklı emülgatör tipi (Span 80, Span80+Tween 20, Span80+Tween 80 ve PGPR), emülgatör oranı (%1 ve %5), karıştırma hızı (8000 rpm ve 16000 rpm) ve karıştırma süresinin (1 dk ve 5 dk), elde edilen emülsiyonların kararlılıkları üzerine etkisi oda koşullarında ve hızlandırılmış depolama koşullarında test edilmiştir. Bu aşamada en uygun emülgatör tipinin PGPR olduğuna karar verilmiş olup, homojenizasyon koşulları, yağ fazı miktarı ve kullanılacak emülgatör miktarının belirlenebilmesi amacıyla deney tasarımı oluşturulmuştur.
- Emülsiyon bileşimi ve homojenizasyon koşullarının belirlenmesi amacıyla Minitab 15 (Minitab Inc.) istatistik yazılımı kullanılarak yanıt yüzey yöntemiyle merkezi birleşik tasarım ile 3 faktörlü, rastgele sıralanan deneme deseni oluşturulmuştur. Oluşturulan deneme deseninde yanıt olarak, % yağ ayrılma ve viskozite değerleri tanımlanmıştır. Deneme deseninde elde edilen sonuçlar incelendiğinde; en yüksek fiziksel stabilitenin, yüksek yağ oranı (%80), düşük karıştırma hızı (8000 rpm) ve yüksek karıştırma süresi (5 dk) ile elde edildiği görülmüştür.
- Deney tasarımında belirlenen koşullar kullanılarak; su fazında maltodekstrin, peynir altı suyu protein izolatu ve 1:1 oranında maltodekstrin+peynir altı suyu protein izolatu karışımları ile %1-2-4-8-16 (w/w) oranlarında saf su ile çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltiler emülsiyonun su fazı olarak kullanılmıştır. Hazırlanan emülsiyonların; fiziksel, reolojik, elektriksel, kimyasal özellikleri ve ısıl kararlılıkları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kaplamada kullanılacak emülsiyon formülasyonunda su fazı içerisinde kullanılacak çözünür bileşen oranı %16 (w/w) olarak seçilmiştir.

- Farklı elektriksel, reolojik ve kimyasal özelliğe sahip emülsiyonlardan farklı elektro-püskürtme koşullarında elde edilecek damlacıkların boyutu üzerine etkisi kaydedilen damlacık görüntülerinin işlenmesiyle elde edilmiştir. Bu aşamada, elektro-püskürtme işlem koşulları belirlenmiş olup; 14 cm sabit kolektör mesafesi ve 3.5 ml/saat besleme debisinde 25 saniye süreyle elektro-püskürtme ile kaplama işlemi yapılmıştır.
- Bir sonraki aşamada, emülsiyonun yağ fazında %2 oranında üzüm çekirdeği yağı ve nar çekirdeği yağı kullanılarak 12 farklı emülsiyon hazırlanmış ve belirtilen elektro-püskürtme koşullarında, kararlı püskürtme (Taylor konisi) gözlenen voltajlar belirlenmiştir. Kaplamada kullanılan emülsiyon bileşimine bağlı olarak uygulanan voltajların 10-13 kV arasında değiştiği belirlenmiştir.
- Kaplamada kullanılacak emülsiyon formülasyonları ve elektro-püskürtme koşullarında, dilimlenmiş Golden Delicious çeşidi elma ve bütün Camarosa çeşidi çilek örnekleri daldırma ve elektro-püskürtme yöntemiyle kaplanarak iklimlendirme kabinde 5°C'de %80 RH'de 7 gün süreyle depolanmıştır.
- Depolanan elma ve çilek örneklerinde nem kaybının, tüm depolama süresince kontrol örneğine kıyasla belirgin ölçüde düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca, elektro-püskürtme ile kaplanan örneklerde nem kaybının daldırmaya eşit hatta ondan daha düşük olduğu, çok az kaplama malzemesi kullanarak meyvelerin etkin bir şekilde kaplanabildiği belirlenmiştir.
- Depolama sırasında kaplanan elma ve çilek örneklerinin pH ve titrasyon asitliği değerlerinin genel olarak önemli düzeyde değişmediği belirlenmiştir.
- Depolama sırasında elma dilimleri ve çilek örneklerinin benzer şekilde parlaklık ( $L^*$ ) ve beyazlaşma indeksi (WI) değerlerinin önemli düzeyde azaldığı, buna karşılık kırmızılık ( $a^*$ ), sarılık ( $b^*$ ) ve bu değerler ile elde edilen kroma ( $C^*$ ) değerlerinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).
- Elma dilimlerinde, kaplama yönteminden bağımsız olarak, kontrol örneği ve tüm kaplanmış örnekler için sertlik değerinin depolama süresince arttığı tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).
- Daldırma ile kaplanan bazı çilek örneklerinde, depolama sırasında sertlik değerinin düştüğü ( $p<0.05$ ), bazılarında ise herhangi bir değişimi gözlenmediği saptanmıştır ( $p>0.05$ ). Buna karşın, elektro-püskürtmeyle kaplanan çilek örneklerinin tamamında, sertlik değerinde önemli bir değişiklik gözlenmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).
- Elma örneklerinde, toplam antioksidan madde miktarı, kaplama çeşidine göre farklılık gösterse de, depolama sonunda örneklerin antioksidan aktivitelerinin önemli düzeyde düştüğü görülmektedir ( $p<0.05$ ). Ayrıca, kaplanan tüm elma

örneklerinin, depolamanın son gününde kontrol örneğinden daha yüksek fenolik madde miktarına sahip olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ).

- Kaplama yapılan çilek örnekleri ile kontrol örneğinin, depolama başlangıcında ve sonunda toplam antioksidan madde miktarının önemli düzeyde değişmediği ( $p>0.05$ ), kaplama yapılan örnekler arasında kaplama materyaline bağlı herhangi bir fark görülmediği saptanmıştır. Kontrol örneğinin depolama sonunda toplam fenolik madde miktarı incelendiğinde ise, depolamanın ilk gününe kıyasla önemli düzeyde düşüş yaşandığı ( $p<0.05$ ), en düşük fenolik madde içeriğinin ise NÇY ile kaplanan çilek örneğinde bulunduğu saptanmıştır.
- Kontrol elma dilimi örneğinin PPO aktivitesi incelendiğinde, depolamanın ilk ve son günü arasında önemli ( $p<0.05$ ) bir fark bulunduğu ve 7 gün depolanan örneklerin PPO aktivitelerinin de birbirinden önemli düzeyde farklı olduğu ( $p<0.05$ ) saptanmıştır. Ancak kontrol örneğinin, depolamanın ilk günü PPO aktivitesiyle, elektro-püskürtmeyle kaplanan örneğin (1E) depolamanın son günündeki PPO aktivitesi istatistiksel olarak benzer bulunmuştur ( $p>0.05$ ).
- Örneklerin mikrobiyal yükü değerlendirildiğinde; 0. günde elma örneklerinde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı 100'ün altında olduğu belirlenirken; depolamanın 5. günde toplam mezofilik aerobik bakteri sayısının en fazla  $2.1 \times 10^2$  KOB/g olduğu tespit edilmiştir. Küf ve maya sonuçları incelendiğinde ise; elmaların mikrobiyal yükünün kaplamanın ilk gününde (0. gün)  $10^2$  KOB/g'ın altında; depolama sonunda ise en fazla  $10^2$  KOB/g olduğu belirlenmiştir.
- Çilek örneklerinde; depolamanın 5. gününde depolamanın 0. gününe benzer sonuçlar elde edildiği, toplam canlı sayımının en fazla  $1 \times 10^2$  KOB/g, küf ve maya sayımının ise en fazla  $8.6 \times 10^2$  KOB/g olduğu belirlenmiştir.
- Depolamanın ilk gününde daldırmayla kaplanan elma örneklerinin, lezzet ve genel beğeni puanlarının kontrol örneği ve elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklere kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde düşük olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Depolamanın son gününde (5. gün) ise, kaplama şeklinden bağımsız olarak tüm örneklerin 9-puanlık hedonik skalaya göre renk, sertlik, sululuk, lezzet ve genel beğeni yönünden ortalama 5 puanın üzerinde olması sebebiyle kabul edilebilir düzeyde olduğu görülmektedir.
- Tüm depolama süresince, çilek örneklerinin genel olarak parlaklık, lezzet, sertlik ve genel beğeni özelliklerinin kontrole göre önemli düzeyde değişmediği belirlenmiştir ( $p>0.05$ ).
- Daldırma yöntemiyle kaplanan elma örneklerinde, yüzeydeki homojen olmayan düzensiz yapıların tamamen kaplanamadığı ya da lipofilik kaplama

materyalinin yüzeyde tam olarak tutunamadığı görülmektedir. Ancak elektro-püskürtmeyle kaplanan örneklerde, kaplamanın daha tekdüze olduğu belirlenmiştir.

- Daldırma ve elektro-püskürtme ile kaplanan çilek örneklerinin mikrografları incelendiğinde; kontrol örneğinden daha homojen bir yüzeye sahip oldukları ve kaplamanın yüzeyde tutunabildiği görülmektedir. Daldırma ile kaplanan örneklerde, kaplamanın yüzeyin bazı kısımlarında noktalar halinde boşluklar bulunduğu görülmektedir. Elektro-püskürtmeyle kaplanan çilek yüzeyinde ise, daldırmayla kaplanan örneklerden daha tekdüze bir yapı olduğu ve elektrostatik olarak yüklenen emülsiyon ile kaplamanın yüzeyde tutunabildiği tespit edilmiştir.

Elde edilen tüm sonuçlar değerlendirildiğinde; elektro-püskürtme yöntemiyle, oldukça az miktarda kaplama malzemesi kullanılarak elma dilimi gibi düzgün veya çilek gibi düzgün olmayan geometriye sahip meyve örneklerinin etkin bir şekilde kaplanabildiği belirlenmiştir. Elektro-püskürtme yöntemiyle hidrofobik yapıya sahip emülsiyonlardan mikron mertebesinde yüklenmiş damlacıklar üretilerek, ürünün tekdüze bir halde rahatlıkla kaplanabileceği, ayrıca depolama süresince kaplama materyalinin ürünün yüzeyinde kalabildiği belirlenmiştir.

Geliştirilen dikey elektro-püskürtme düzeneği, tekli püskürtme başlığı kullanılarak manuel olarak meyvelerin kaplanmasına olanak tanımaktadır. İleride yapılacak çalışmalarda, kaplanacak ürünün otomatik olarak bir bant üzerinden geçmesi ve geliştirilecek çoklu başlık sistemiyle birden fazla ürünün aynı anda kaplanabilmesini sağlayacak, pilot ölçekli veya endüstriyel ölçekli prototipler üretilebilir. Kaplanacak meyve örneklerinde, depolama süresinin daha da uzatılabilmesi amacıyla doğal antimikrobiyal özellikler gösteren bileşenleri içeren kaplama malzemeleriyle çalışmalar gerçekleştirilebilecektir. Sıvı elektro-püskürtme çözeltileriyle, bu tez çalışmasında belirtildiği gibi minimal işlem görmüş meyve örnekleri kaplanmıştır, ancak geliştirilen bu elektro-püskürtme düzeneği, başka gıdaların (et, balık, peynir vb.) raf ömrünü iyileştirme çalışmalarına temel oluşturacaktır.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abbas, S., Hayat, K., Karangwa, E., Bashari, M. and Zhang, X.**, 2013, An overview of ultrasound-assisted food-grade nanoemulsions, *Food Engineering Reviews*, 5:139-157pp.
- Abu-ali, J. and Barringer, S.A.**, 2005, Method for electrostatic atomization of emulsion in an EHD system, *Journal of Electrostatics*, 63:361-369pp.
- Abu-ali, J. and Barringer, S.A.**, 2008, Optimization of liquid electrostatic coating, *Journal of Electrostatics*, 66:184-189pp.
- Acar, J.**, 2015, Meyve-sebze ve meyve-sebze ürünlerinde mikrobiyolojik bozulmalar ve muhafaza yöntemleri, 317-358, *Gıda Mikrobiyolojisi*, A. Ünlütürk ve F. Turantaş (Derl.), Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 606s.
- Aday, M.S. and Caner, C.**, 2014, Individual and combined effects of ultrasound, ozone and chlorine dioxide on strawberry storage life, *LWT-Food Science and Technology*, 57(1):344-351pp.
- Akhtar, M. and Dickinson, E.**, 2007, Whey protein-maltodextrin conjugates as emulsifying agents: an alternative to gum arabic, *Food Hydrocolloids*, 21:607-616pp.
- AKİB**, 2017, Yaş meyve ve sebze sektörü Türkiye geneli değerlendirme raporu, Akdeniz İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, Mersin, 12s.
- Altuğ, T. ve Elmacı, Y.**, 2005, Gıdalarda Duyusal Değerlendirme, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 130s.
- Amefia, A.E., Abu-ali, J.M. and Barringer, S.A.**, 2006, Improved functionality of food additives with electrostatic coating, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 7:176-181pp.
- Anonim**, 2014, “HLB Values of Some Surfactants”, <http://pskills.pharm.ku.edu/phar520/dosageforms/emulsions/lecture/hlhtable.s.pdf> (Erişim tarihi: 26 Ağustos 2014).
- Anonim**, 2017, “Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği”, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm> (Erişim tarihi: 31 Ocak 2017).
- AOAC**, 1998a, Official methods of analysis method no: 981.12, pH of acidified foods, Association of Official Analytical Chemists, Washington.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- AOAC**, 1998b, Official methods of analysis method no: 942.15, Acidity (titratable) of fruit products, Association of Official Analytical Chemists, Washington.
- Appelqvist, I.A.M., Golding, M., Vreeker, R. and Zuidam, N.J.**, 2007, Emulsions as delivery systems in foods, 41-81, Encapsulation and Controlled Release: Technologies in Food Systems, Lakkis, J.M. (Ed.), Blackwell Publishing, Iowa, 239p.
- Azarakhsh, N., Osman, A., Ghazali, H.M., Tan, C.P. and Adzahan, N.M.**, 2014, Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple, *Postharvest Biology and Technology*, 88:1-7pp.
- Badolato, G.G., Aguilar, F., Schuchmann, H.P., Sobisch, T. and Lerche, D.**, 2008, Evaluation of long term stability of model emulsions by multisample analytical centrifugation, *Progress in Colloid and Polymer Science*, 134:66-73pp.
- Bail, S., Stuebiger, G., Krist, S., Unterweger, H. and Buchbauer, G.**, 2008, Characterisation of various grape seed oils by volatile compounds, triacylglycerol composition, total phenols and antioxidant capacity, *Food Chemistry*, 108(3):1122-1132pp.
- Bailey, A.G. and Balachandran, W.**, 1981, The disruption of charged jets of viscous liquids, *Journal of Electrostatics*, 10:99-105pp.
- Baldwin, E.A., Hagenmaier, R. and Bai, J.**, 2012, Edible Coatings and Films to Improve Food Quality, CRC Press, Boca Raton, 448p.
- Baldwin, E.A., Nisperos-Carriedo, M.O. and Baker, R.A.**, 1995, Edible coatings for lightly processed fruits and vegetables, *HortScience*, 30(1):35-38pp.
- Barba, L., Arrighetti, G. and Calligaris, S.**, 2013, Crystallization and melting properties of extra virgin olive oil studied by synchrotron XRD and DSC, *Journal of Lipid Science and Technology*, 115:322-329pp.
- Barth, M., Hankinson, T.R., Zhuang, H. and Breidt, F.**, 2009, Microbiological spoilage of fruits and vegetables, 135-183, *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages*, W.H. Sperber and M.P. Doyle (Eds.), Springer, New York, 351p.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Baydar, N.G. and Akkurt, M.**, 2001, Oil content and oil quality properties of some grape seeds, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25(3):163-168pp.
- Bender, D.A.**, 2006, *Benders' Dictionary of Nutrition and Food Technology*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 539p.
- Berdanier, C.D.**, 2011, *CRC Desk Reference for Nutrition*, CRC Press, Boca Raton, 492p.
- Bergenstahl, B.**, 2015, Emulsion formation and instability, 33-49, *Engineering Aspects of Food Emulsification and Homogenization*, Rayner, M. and Dejmek, P. (Eds.), CRC Press, Boca Raton, 296p.
- Beri, A., Norton, J.F. and Norton, I.T.**, 2013, Effect of emulsifier type and concentration, aqueous phase volume and wax ratio on physical, material and mechanical properties of water in oil lipsticks, *International Journal of Cosmetic Science*, 35:613-621pp.
- Bober, D.B. and Chen, C.H.**, 2011, Pulsating electrohydrodynamic cone-jets: from choked jet to oscillating cone, *Journal of Fluid Mechanics*, 689:552-563pp.
- Boom, R.**, 2008, Emulsions: principles and preparation, 305-341, *Food Materials Science: Principles and Practices*, Aguilera, J.M. and Lillford, P.J. (Eds.), Springer, USA, 616p.
- Brennan, J.G., Butters, J.R. and Cowell, N.D.**, 1990, *Food Engineering Operations*, Elsevier Science Publishers Ltd., Essex, 700p.
- Cakmak, H., Gulpuz, G.E., Bozdogan, N., Kumcuoglu, S. and Tavman, S.**, 2017, Dispersed phase and emulsification conditions on the stability of water-in-oil emulsion, *Food Studies*, 7(1):29-37pp.
- Calligaris, S., Sovrano, S., Manzocco, L. and Nicoli, M.C.**, 2006, Influence of crystallization on the oxidative stability of extra virgin olive oil, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54:529-535pp.
- Cemeroğlu, B.S.**, 2013, *Gıda Analizleri*, Bizim Grup Basımevi, Ankara, 480s.
- Chiabrando, V. and Giacalone, G.**, 2012, Effects of antibrowning agents on color and related enzymes in fresh-cut apples during cold storage, *Journal of Food Processing and Preservation*, 36:133-140pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Chiavaro, E., Vittadini, E., Rodriguez-Estrada, M.T., Cerretani, L. and Bendini, A.**, 2008, Differential scanning calorimeter application to the detection of refined hazelnut oil in extra virgin olive oil, *Food Chemistry*, 110:248-256pp.
- Chiralt, A.**, 2005, Food emulsions, *Food engineering- Volume II: Encyclopedia of Life Support Systems*, UNESCO, Oxford, 339-354 pp.
- Chiumarelli, M. and Hubinger, M.D.**, 2014, Evaluation of edible films and coatings formulated with cassava starch, glycerol, carnauba wax and stearic acid, *Food Hydrocolloids*, 38:20-27pp.
- Chiumarelli, M., Pereira, L.M., Ferrari, C.C., Sarantópoulos, C.I. and Hubinger, M.D.**, 2010, Cassava starch coating and citric acid to preserve quality parameters of fresh-cut "Tommy Atkins" mango, *Journal of Food Science*, 75(5): E297-304pp.
- Claesson, P.M., Blomberg, E. and Poptoshev, E.**, 2004, Surface forces and emulsion stability, 257-297, *Food Emulsions*, Friberg, S.E., Larsson, K. and Sjöblom, J. (Eds.), 4th ed., Marcel Dekker, New York, 627p.
- Cloupeau, M. and Prunet-Foch, B.**, 1990, Electrostatic spraying of liquids: Main functioning modes, *Journal of Electrostatics*, 25:165-184pp.
- Cloupeau, M. and Prunet-Foch, B.**, 1994, Electrohydrodynamic spraying functioning modes: a critical review, *Journal of Aerosol Science*, 25(6):1021-1036pp.
- Çelebi, N.**, 2009a, Emülsiyonlar, 277-299, *Modern Farmasötik Teknoloji*, Türkiye Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını, 2. Baskı, 452s.
- Çelebi, N.**, 2009b, Kolloidler, 263-275, *Modern Farmasötik Teknoloji*, Türkiye Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını, 2. Baskı, 452s.
- Çelebi, N.**, 2009c, Reoloji, 391-405, *Modern Farmasötik Teknoloji*, Türkiye Eczacılar Birliği Eczacılık Akademisi Yayını, 2. Baskı, 452s.
- Dalgleish, D.G.**, 2004, Food emulsions: their structures and properties, 17-60, *Food Emulsions*, Friberg, S.E., Larsson, K. and Sjöblom J. (Eds.), 4th ed., Marcel Dekker, New York, 627p.
- de Juan, L. and de la Mora, J.F.**, 1997, Charge and size distributions of electrospray drops, *Journal of Colloid and Interface Science*, 186(2):280-293pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Debeaufort, F., Quezada-Gallo, J.A. and Voilley, A.**, 1998, Edible films and coatings: tomorrow's packagings: a review, *Critical Reviews in Food Science*, 38(4):299-313pp.
- Dhall, R.K.**, 2013, Advances in edible coatings for fresh fruits and vegetables: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53:435-450pp.
- Diamanti, J.**, 2010, Quality, Nutritional Quality and Nutraceutical Value as a New Task for Strawberry Breeding, PhD Thesis, Università Politecnica Delle Marche, Italy, 104p (unpublished).
- Dickinson, E.**, 2008, Interfacial structure and stability of food emulsions as affected by protein-polysaccharide interactions, *Soft Matter*, 4(5):932-942pp.
- EC**, 2005, "European Union Commission Regulation No: 2073/2005 on Microbiological Criteria for Foodstuffs" [https://ec.europa.eu/food/safety/biosafety/food\\_hygiene/microbiological\\_criteria\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/biosafety/food_hygiene/microbiological_criteria_en) (Erişim tarihi: 19 Haziran 2017).
- El-Sayed, W. and Mohammad T.G.M.**, 2014, Preparation and characterization of alternative oil-in-water emulsion formulation of deltamethrin, *American Journal of Experimental Agriculture*, 4(4):405-414pp.
- Eroglu, E., Torun, M., Dincer, C. and Topuz, A.**, 2014, Influence of pullulan-based edible coating on some quality properties of strawberry during cold storage, *Packaging Technology and Science*, 27(10):831-838pp.
- Evans, M., Ratcliffe, I. and Williams, P.A.**, 2013, Emulsion stabilisation using polysaccharide-protein complexes, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 18:272-282pp.
- Fabra, M.J., López-Rubio, A. and Lagaron, J.M.**, 2016, Use of the electrohydrodynamic process to develop active/bioactive bilayer films for food packaging applications, *Food Hydrocolloids*, 55:11-18pp.
- Fagundes, C., Amboni, R.D.M.C. and Monteiro, A.R.**, 2013, Influence of temperature and gas concentration on the physical-chemical, sensory and microbiological parameters of minimally processed apples (*Malus ×domestica*, B.) cv Gala, *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(5):405-412pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Falguera, V., Quintero, J.P., Jiménez, A., Muñoz, J.A. and Ibarz, A.,** 2011, Edible films and coatings: structures, active functions and trends in their use, *Trends in Food Science & Technology*, 22(6):292-303pp.
- FAO,** 2011, Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 37p.
- FAO,** 2016, Crops and livestock products statistics, Food and Agricultural Organization of the United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP> (Erişim tarihi: 20 Nisan 2016).
- Ford, L.D., Borwankar, R.P., Pechak, D. and Schwimmer, B.,** 2004, Dressings and sauces, 525-572, *Food Emulsions*, Friberg, S.E., Larsson, K. and Sjöblom, J. (Eds.), 4th ed., Marcel Dekker, New York, 627p.
- Freitas, S., Hielscher, G., Merkle, H.P. and Gander, B.,** 2006, Continuous contact- and contamination-free ultrasonic emulsification-a useful tool for pharmaceutical development and production, *Ultrasonics Sonochemistry*, 13:76-85pp.
- Gallagher, M.J.S. and Mahajan, P.V.,** 2011, The stability and shelf life of fruits and vegetables, 641-656, *Food and Beverage Stability and Shelf Life*, Kilcast, D. and Subramaniam, P. (Eds.), Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 340p.
- Gamero-Castano, M. and Hruby, V.,** 2002, Electric measurements of charged sprays emitted by cone-jets, *Journal of Fluid Mechanics*, 459:245-276pp.
- Ganan-Calvo, A.M.,** 1999, The surface charge in electrospraying: its nature and its universal scaling laws, *Journal of Aerosol Science*, 30(7):863-872pp.
- Ganan-Calvo, A.M.,** 2004, On the general scaling theory for electrospraying, *Journal of Fluid Mechanics*, 507:203-212pp.
- Ganan-Calvo, A.M., Dávila, J. and Barrero, A.,** 1997, Current and droplet size in the electrospraying of liquids. Scaling laws, *Journal of Aerosol Science*, 28(2):249-275pp.
- Ganesh, V., Hettiarachchy, N.S., Griffis, C.L., Martin, E.M. and Ricke, S.C.,** 2012, Electrostatic spraying of food-grade organic and inorganic acids and plant extracts to decontaminate *Escherichia coli* O157:H7 on spinach and iceberg lettuce, *Journal of Food Science*, 77(7):M391-M-396pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Garcia, E. and Barrett, D.M.**, 2002, Preservative treatments for fresh-cut fruits and vegetables, 267-304, *Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market*, Lamikanra, O. (Ed.), CRC Press, Boca Raton, 480p.
- Garcia, M.A., Martino, M.N. and Zaritzky, N.E.**, 1998, Plasticized starch-based coatings to improve strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality and stability, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(9):3758-3767pp.
- Gardesh, A.S.K., Badii, F., Hashemi, M., Ardakani, A.Y., Maftoonazad, N. and Gorji, A.M.**, 2016, Effect of nanochitosan based coating on climacteric behavior and postharvest shelf-life extension of apple cv. *Golab Kohanz*, *LWT-Food Science and Technology*, 70:33-40pp.
- Garti, N. and Aserin, A.**, 1996, Double emulsion stabilized by macromolecular surfactants, *Advances in Colloid and Interface Science*, 65:37-69pp.
- Ghosh, S. and Rousseau, D.**, 2011, Fat crystals and water-in-oil emulsion stability, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 16:421-431pp.
- Gomes, M.D.S., Cardoso, M.D.G., Guimarães, A.C.G., Guerreiro, A.C., Gago, C.M.L., Boas, E.V.B.V., Dias, C.M.B., Manhita, A.C.C., Faleiro, M.L., Miguel, M.G.C. and Antunes, M.D.C.**, 2017, Effect of edible coatings with essential oils on the quality of red raspberries over shelf-life, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(3):929-938pp.
- Gönül, N.**, 2000, Çok Fazlı Sistemler II: Süspansiyon ve Emülsiyon Teknolojisi, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, 82, Ankara Üniversitesi Basımevi, Türkiye, 89s.
- Graça, A., Santo, D., Esteves, E., Nunes, C., Abadias, M. and Quintas, C.**, 2015, Evaluation of microbial quality and yeast diversity in fresh-cut apple, *Food Microbiology*, 51:179-185pp.
- Guerreiro, A.C., Gago, C.M., Faleiro, M.L., Miguel, M.G. and Antunes, M.D.**, 2015, The use of polysaccharide-based edible coatings enriched with essential oils to improve shelf-life of strawberries, *Postharvest Biology and Technology*, 110:51-60pp.
- Halim, F. and Barringer, A.S.**, 2007, Electrostatic adhesion in food, *Journal of Electrostatics*, 65:168-173pp.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Han, C., Zhao, Y., Leonard, S.W. and Traber, M.G.**, 2004, Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria × ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*), *Postharvest Biology and Technology*, 33(1):67-78pp.
- Hanson, C., Lipniski, B., Robertson, K., Dias, D., Gavilan, I., Gréverath, P., Fonseca, J., VanOtterdijk, R., Timmermans, T., Lomax, J., O'Connor, C., Dawe, A., Swannel, R., Berger, V., Reddy, M., Somogyi, D., Tran, B., Leach, B. and Qusted, T.**, 2016, Food loss and waste accounting and reporting standard, <http://www.wri.org/sites/>, (Erişim tarihi: 29 Haziran 2016).
- Harding, T.J.**, 2006, Emulsion Phase Matching (EPM) Technique for Predicting Optimal Emulsifiers, PhD thesis, Swinburne University of Technology, Australia, 158p (unpublished).
- Hartman, R.P.A., Brunner, D.J., Camelot, D.M.A., Marijnissen, J.C.M. and Scarlett, B.**, 2000, Jet break-up in electrohydrodynamic atomization in the cone-jet mode, *Journal of Aerosol Science*, 31(1):65-95pp.
- Hartman, R.P.A., Brunner, D.J., Camelot, D.M.A., Marijnissen, J.C.M. and Scarlett, B.**, 1999, Electrohydrodynamic atomization in the cone-jet mode physical modeling of the liquid cone and jet, *Journal of Aerosol Science*, 30(7):823-849pp.
- Hashtjin, A.M. and Abbasi, S.**, 2015, Nano-emulsification of orange peel essential oil using sonication and native gums, *Food Hydrocolloids*, 44:40-48pp.
- Hayati, I., Bailey, A.I. and Tadros, T.F.**, 1987a, Investigations into the mechanisms of electrohydrodynamic spraying of liquids: I. Effect of electric field and the environment on pendant drops and factors affecting the formation of stable jets and atomization, *Journal of Colloid and Interface Science*, 117(1):205-221pp.
- Hayati, I., Bailey, A.I. and Tadros, T.F.**, 1987b, Investigations into the mechanisms of electrohydrodynamic spraying of liquids: II. Mechanism of stable jet formation and electrical forces acting on a liquid cone, *Journal of Colloid and Interface Science*, 117(1):222-230pp.
- Herrera, M.L.**, 2012, Analytical Techniques for Studying the Physical Properties of Lipid Emulsions, Springer, New York, 61p.

### KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Holderbaum, D.F., Kon, T., Kudo, T. and Guerra, M.P.**, 2010, Enzymatic browning, polyphenol oxidase activity, and polyphenols in four apple cultivars: dynamics during fruit development, *HortScience*, 45(8):1150-1154pp.
- Huck-Iriart, C., Rincón-Cardona, J.A. and Herrera, M.L.**, 2014, Stability of whey protein concentrate/sunflower oil emulsions as affected by sucrose and xanthan gum, *Food and Bioprocess Technology*, 7(9):2646-2656pp.
- Jafari, M., Kadivar, M. and Keramat, J.**, 2009, Detection of adulteration in Iranian olive oils using instrumental (GC, NMR, DSC) methods, *Journal of The American Oil Chemists' Society*, 86:103-110pp.
- Jaworek, A. and Krupa, A.**, 1999, Classification of the modes of ehd spraying, *Journal of Aerosol Science*, 30(7):873-893pp.
- Jaworek, A.**, 2007, Micro- and nanoparticle production by electrospraying, *Powder Technology*, 176:18-35pp.
- Jayasinghe, S.N.**, 2006, Self-assembled nanostructures via electrospraying, *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 33(2):398-406pp.
- Jeong, H.L., Jin, W.J., Kwang, D.M. and Kee, J.P.**, 2008, Effects of anti-browning agents on polyphenoloxidase activity and total phenolics as related to browning of fresh-cut 'Fuji' apple, *ASEAN Food Journal*, 15(1):79-87pp.
- Jeziorek, K., Wozniak, M. and Tomala, K.**, 2010, Response of 'golden delicious' apples to postharvest application of 1-methylcyclopropene (1-MCP) in conditions of normal and controlled atmosphere, *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18(2):223-237pp.
- Jooyandeh, H.**, 2011, Whey protein films and coatings: a review, *Pakistan Journal of Nutrition*, 10(3):296-301pp.
- Joscelyne, S.M. and Trägårdh, G.**, 2000, Membrane emulsification- a literature review, *Journal of Membrane Science*, 169:107-117pp.
- Jung, J.H., Oh, H. and Kim, S.S.**, 2010, Numerical simulation of the deposition pattern in multiple electrohydrodynamic spraying, *Powder Technology*, 198:439-444pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Kentish, S., Wooster, T.J., Ashokkumar, M., Balachandran, S., Mawson, R. and Simons, L.**, 2008, The use of ultrasonics for nanoemulsion preparation, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9:170-175pp.
- Khan, M.K.I., Cakmak, H., Tavman, Ş., Schutyser, M. and Schroën, K.**, 2014a, Anti-browning and barrier properties of edible coatings prepared with electrospraying, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 25:9-13pp.
- Khan, M.K.I., Maan, A.A., Schutyser, M., Schroën, K. and Boom, R.**, 2013, Electrospraying of water in oil emulsions for thin film coating, *Journal of Food Engineering*, 119:776-780pp.
- Khan, M.K.I., Schutyser, M., Schroën, K. and Boom, R.**, 2014b, Barrier properties and storage stability of edible coatings prepared with electrospraying, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 23:182-187pp.
- Khoshakhlagh, K., Koocheki, A., Mohebbi, M. and Allafchian, A.**, 2017, Development and characterization of electrosprayed *Alyssum homolocarpum* seed gum nanoparticles for encapsulation of D-limonene, *Journal of Colloid and Interface Science*, 490:562-575pp.
- Kilcast, D. and Subramaniam, P.**, 2000, *The Stability and Shelf-life of Food*, Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 340p.
- Kobayashi, D., Hiwatashi, R., Asakura, Y., Matsumoto, H., Shimada, Y., Otake, K. and Shono, A.**, 2015, Effects of operational conditions on preparation of oil in water emulsion using ultrasound, *Physics Procedia*, 70:1043-1047pp.
- Kralchevsky, P.A., Danov, K.D. and Denkov, N.D.**, 2003, Chemical physics of colloid systems and interfaces, 143-350, *Handbook of Surface and Colloid Chemistry*, Birdi, K.S. (Ed.), 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 733p.
- Kraśniewska, K., Gniewosz, M., Synowiec, A., Przybył, J.L., Bączek, K. and Węglarz, Z.**, 2015, The application of pullulan coating enriched with extracts from *Bergenia crassifolia* to control the growth of food microorganisms and improve the quality of peppers and apples, *Food and Bioproducts Processing*, 94:422-433pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Ku, B.K. and Kim, S.S.**, 2002, Electrospray characteristics of highly viscous liquids, *Journal of Aerosol Science*, 33:1361-1378pp.
- Lacroix, M. and Le Tien, C.**, 2005, Edible films and coatings from non-starch polysaccharides, 338-361, *Innovations in Food Packaging*, Han, J.H. (Ed.), Elsevier Academic Press, San Diego, 517p.
- Lee, P.E. and Choo, W.S.**, 2015, Characterization of flaxseed oil emulsions, *Journal of Food Science and Technology*, 52(7):4378-4386pp.
- Li, J., Kim, S.Y., Chen, X. and Park, H.J.**, 2016, Calcium-alginate beads loaded with gallic acid: preparation and characterization, *LWT-Food Science and Technology*, 68:667-673pp.
- Li, Y., Wills, R.B.H., Golding, J.B. and Huque, R.**, 2014, Effect of halide salts on development of surface browning on fresh-cut 'Granny Smith' (*Malus × domestica* Borkh) apple slices during storage at low temperature, *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 95(5):945-952pp.
- Lin, D. and Zhao, Y.**, 2007, Innovations in the development and application of edible coatings for fresh and minimally processed fruits and vegetables, *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 6(3):60-75pp.
- López-Rubio, A. and Lagaron, J.M.**, 2012, Whey protein capsules obtained through electrospraying for the encapsulation of bioactives, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13:200-206pp.
- Maali, A. and Mosavian, M.T.H.**, 2013, Preparation and application of nanoemulsions in the last decade (2000-2010), *Journal of Dispersion Science and Technology*, 34:92-105pp.
- Maier, T., Schieber, A., Kammerer, D.R. and Carle, R.**, 2009, Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants, *Food Chemistry*, 112(3):551-559pp.
- Massey, L.M., Hettiarachchy, N.S., Martin, E.M. and Ricke, S.C.**, 2013, Electrostatic spray of food-grade organic acids and plant extract to reduce *Escherichia coli* O157: H7 on fresh-cut cantaloupe cubes, *Journal of Food Safety*, 33(1):71-78pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Matos, M., Gutiérrez, G., Coca, J. and Pazos, C.**, 2014, Preparation of water-in-oil-in-water ( $W_1/O/W_2$ ) double emulsions containing trans-resveratrol, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 442:69-79pp.
- McClements D.J.**, 2004, Protein-stabilized emulsions, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 9(5):305-313pp.
- McClements, D.J.**, 2005, *Food Emulsions: Principles, Practices, and Techniques*, CRC Press, Boca Raton, 609p.
- Melo, I.L.P., Carvalho, E.B.T. and Mancini-Filho, J.**, 2014, Pomegranate seed oil (*Punica Granatum L.*): a source of punicic acid (conjugated  $\alpha$ -linolenic acid), *Journal of Human Nutrition and Food Science*, 2(1):1-11pp.
- Meyer, L.H.**, 1960, *Food Chemistry*, Reinhold Publishing Corporation, New York, 385p.
- Miller, K.S. and Krochta, J.M.**, 1997, Oxygen and aroma barrier properties of edible films: a review, *Trends in Food Science & Technology*, 8(7):228-237pp.
- Miller, M.J. and Barringer, S.A.**, 2002, Effect of sodium chloride particle size and shape on nonelectrostatic and electrostatic coating of popcorn, *Journal of Food Science*, 67(1):198-201pp.
- Mishchuk, N.O.**, 2004, Coalescence kinetics of Brownian emulsions, 352-354, *Emulsions: Structure, Stability and Interactions*, Petsev, D.N. (Ed.), Elsevier Academic Press, Amsterdam, 767p.
- Moreira, M.R., Cassani, L., Martín-Belloso, O. and Soliva-Fortuny, R.**, 2015, Effects of polysaccharide-based edible coatings enriched with dietary fiber on quality attributes of fresh-cut apples, *Journal of Food Science and Technology*, 52(12):7795-7805pp.
- Morillon, V., Debeaufort, F., Blond, G., Capelle, M. and Voilley, A.**, 2002, Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1):67-89pp.
- Nadim, Z., Ahmadi, E., Sarikhani, H. and Chayjan, R.A.**, 2015, Effect of methylcellulose-based edible coating on strawberry fruit's quality maintenance during storage, *Journal of Food Processing and Preservation*, 39:80-90pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Narsimhan, G. and Wang, Z.**, 2008, Guidelines for processing emulsion-based foods, 349-394, Food Emulsifiers and Their Applications, Hasenhuettl, G.L. and Hartel, R.W. (Eds.), Springer, New York, 426p.
- Nunes, M.C.N. and Emond, J.P.**, 1999, Quality of strawberries after storage in constant or fluctuating temperatures, Proceedings of the 20th International Congress on Refrigeration, Sydney, 19-24pp.
- Oh, H., Kim, K. and Kim, S.**, 2008, Characterization of deposition patterns produced by twin-nozzle electrospray, Journal of Aerosol Science, 39:801-813pp.
- Olivas, G.I. and Barbosa-Cánovas, G.V.**, 2005, Edible coatings for fresh-cut fruits, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 45:657-670pp.
- Olivas, G.I., Mattinson, D.S. and Barbosa-Cánovas, G.V.**, 2007, Alginate coatings for preservation of minimally processed ‘Gala’ apples, Postharvest Biology and Technology, 45(1):89-96pp.
- Opawale, F.O. and Burgess, D.J.**, 1998, Influence of interfacial properties of lipophilic surfactants on water-in-oil emulsion stability, Journal of Colloid and Interface Science, 197(1):142-150pp.
- Öztürk, A. ve Öztürk, B.**, 2016, Samsun ekolojisinde yetiştirilen standart bazı elma çeşitlerinin fenolojik ve pomolojik özelliklerinin belirlenmesi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31:1-8.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J.**, 2013, Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: a review, Food and Bioprocess Technology, 6:36-60pp.
- Pazos, M. and Medina, I.**, 2014, Oxidants occurring in food systems, 21-46, Food Oxidants and Antioxidants: Chemical, Biological, and Functional Properties, Bartosz, G. (Ed.), CRC Press, Boca Raton, 550p.
- Peretto, G., Du, W.X., Avena-Bustillos, R.J., Berrios, J.D.J., Sambo, P. and McHugh, T.H.**, 2017, Electrostatic and conventional spraying of alginate-based edible coating with natural antimicrobials for preserving fresh strawberry quality, Food and Bioprocess Technology, 10:165-174pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Pérez-Gago, M.B. and Krochta, J.M.**, 2001, Lipid particle size effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein/beeswax emulsion films, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(2):996-1002pp.
- Perez-Gago, M.B., Serra, M. and Del Rio, M.A.**, 2006, Color change of fresh-cut apples coated with whey protein concentrate-based edible coatings, *Postharvest Biology and Technology*, 39(1):84-92pp.
- Perez-Gago, M.B., Serra, M., Alonso, M., Mateos, M. and Del Río, M.A.**, 2005, Effect of whey protein-and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples, *Postharvest Biology and Technology*, 36(1):77-85pp.
- Pérez-Masiá, R., López-Nicolás, R., Periago, M.J., Ros, G., Lagaron, J.M. and López-Rubio, A.**, 2015, Encapsulation of folic acid in food hydrocolloids through nanospray drying and electrospraying for nutraceutical applications, *Food Chemistry*, 168:124-133pp.
- Qi, H., Hu, W., Jiang, A., Tian, M. and Li, Y.**, 2011, Extending shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 12(1):62-66pp.
- Ramos, B., Miller, F.A., Brandão, T.R.S., Teixeira, P. and Silva, C.L.M.**, 2013, Fresh fruits and vegetables-an overview on applied methodologies to improve its quality and safety, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 20:1-15pp.
- Ramos, Ó.L., Fernandes, J.C., Silva, S.I., Pintado, M.E. and Malcata, F.X.**, 2012, Edible films and coatings from whey proteins: a review on formulation, and on mechanical and bioactive properties, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(6):533-552pp.
- Ratanatriwong, P. and Barringer, S.**, 2007, Particle size, cohesiveness and charging effects on electrostatic and nonelectrostatic powder coating, *Journal of Electrostatics*, 65:704-708pp.
- Rojas-Graü, M.A., Raybaudi-Massilia, R.M., Soliva-Fortuny, R.C., Avena-Bustillos, R.J., McHugh, T.H. and Martín-Belloso, O.**, 2007, Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples, *Postharvest Biology and Technology*, 45(2):254-264pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Rojas-Graü, M.A., Tapia, M.S. and Martín-Belloso, O.**, 2008, Using polysaccharide-based edible coatings to maintain quality of fresh-cut Fuji apples, *LWT-Food Science and Technology*, 41(1):139-147pp.
- Rosa, M.T.M.G., Silva, E.K., Santos, D.T., Petenate, A.J. and Meireles, M.A.A.**, 2016, Obtaining annatto seed oil miniemulsions by ultrasonication using aqueous extract from Brazilian ginseng roots as a biosurfactant, *Journal of Food Engineering*, 168:68-78pp.
- Rousseau, D. and Hodge, S.M.**, 2005, Stabilization of water-in-oil emulsions with continuous phase crystals, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 260(1):229-237pp.
- Rutkowski, K.P., Michalczuk, B. and Konopacki, P.**, 2008, Nondestructive determination of 'Golden Delicious' apple quality and harvest maturity, *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16:39-52pp.
- Sæther, Ø., Sjöblom, J. and Dukhin, S.S.**, 2004, Droplet flocculation and coalescence in dilute oil-in-water emulsions, 189-233, *Food Emulsions*, Friberg, S.E., Larsson, K. and Sjöblom, J. (Eds.), 4th ed., Marcel Dekker, New York, 627p.
- Sahin-Nadeem, H. and Özen, M.A.**, 2014, Physical properties and fatty acid composition of pomegranate seed oil microcapsules prepared by using starch derivatives/whey protein blends, *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(7):847-856pp.
- Salager, J.L.**, 1988, Phase transformation and emulsion inversion on the basis of catastrophe theory, 79-134, *Encyclopedia of Emulsion Technology: Basic Theory, Measurement and Applications*, Becher, P. (Ed.), Marcel Dekker, New York, 441p.
- Saldamlı, İ. ve Uygun, Ü.**, 2014, Gıda katkı maddeleri, 625-669, *Gıda Kimyası*, İ. Saldamlı (Derl.), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 683s.
- Salvia-Trujillo, L., Rojas-Graü, M.A., Soliva-Fortuny, R. and Martín-Belloso, O.**, 2015, Use of antimicrobial nanoemulsions as edible coatings: impact on safety and quality attributes of fresh-cut Fuji apples, *Postharvest Biology and Technology*, 105:8-16pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Saraçoğlu, O. ve Özgen, M.**, 2015, Farklı derim dönemlerinin kısa ve nötr gün çilek çeşitlerinde meyve kalite özellikleri ve fitokimyasallar üzerine etkileri, Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3(7):545-549.
- Shanmugam, A. and Ashokkumar, M.**, 2014, Ultrasonic preparation of stable flax seed oil emulsions in dairy systems- physicochemical characterization, Food Hydrocolloids, 39:151-162pp.
- Silva K.A., Rocha-Leão M.H. and Coelho M.A.Z.**, 2010, Evaluation of aging mechanisms of olive oil–lemon juice emulsion through digital image analysis, Journal of Food Engineering, 97:335-340pp.
- Smith, D.P.H.**, 1986, The electrohydrodynamic atomization of liquids, IEEE Transactions on Industry Applications, 3:527-535pp.
- Somasundaran, P., Markovic, B., Yu, X. and Krishnakumar, S.**, 2003, Colloid systems and interfaces-stability of dispersions through polymer and surfactant adsorption, 392-439, Handbook of Surface and Colloid Chemistry, K.S. Birdi (Ed.), 2nd ed., CRC Press, Boca Raton, 784p.
- Song, H.Y., Jo, W.S., Song, N.B., Min, S.C. and Song, K.B.**, 2013, Quality change of apple slices coated with Aloe vera gel during storage, Journal of Food Science, 78(6):C817-C822pp.
- Speranza, A., Ghadiri, M., Newman, M., Osseo, L.S. and Ferrari, G.**, 2001, Electro-spraying of a highly conductive and viscous liquid, Journal of Electrostatics, 51:494-501pp.
- Stachewicz, U., Yurteri, C.U., Dijkstra, J.F. and Marijnissen, J.C.M.**, 2010, Single event electrospraying of water, Journal of Aerosol Science, 41:963-973pp.
- Su, J.**, 2008, Formation and Stability of Food-Grade Water-in-Oil-in-Water Emulsions, PhD thesis, Massey University, 213p (unpublished).
- Sun C., Gunasekaran S. and Richards, M.P.**, 2007, Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions, Food Hydrocolloids, 21(4):555-564pp.
- Tadros, T., Izquierdo, P. Esquena, J. and Solans, C.**, 2004, Formation and stability of nano-emulsions, Advances in Colloid and Interface Science, 108:303-318pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Tadros, T.F.**, 2009, Emulsion Science and Technology, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 344p.
- Tanada-Palmu, P.S. and Grosso, C.R.**, 2005, Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality, Postharvest Biology and Technology, 36(2):199-208pp.
- Tang, S.Y., Sivakumar, M. and Nashiru, B.**, 2013, Impact of osmotic pressure and gelling in the generation of highly stable single core water-in-oil-in-water (w/o/w) nano multiple emulsions of aspirin assisted by two-stage ultrasonic cavitation emulsification, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 102:653-658pp.
- Tavernier, I., Wijaya, W., Van der Meeren, P. Dewettinck, K. and Patel, A.R.**, 2016, Food-grade particles for emulsion stabilization, Trends in Food Science & Technology, 50:159-174pp.
- Temiz, A.**, 2014, Enzimler, 319-409, Gıda Kimyası, İ. Saldamlı (Derl.), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara, 683s.
- Toivonen, P.M.A. and DeEll, J.R.**, 2002, Physiology of fresh-cut fruits and vegetables, 91-124, Fresh-cut Fruits and Vegetables: Science, Technology and Market, Lamikanra, O. (Ed.), CRC Press, Boca Raton, 480p.
- Tontul, I. and Topuz, A.**, 2013, Mixture design approach in wall material selection and evaluation of ultrasonic emulsification in flaxseed oil microencapsulation, Drying Technology, 31:1362-1373pp.
- Traynor, M.P., Burke, R., Frias, J.M., Gaston, E. and Barry-Ryan, C.**, 2013, Formation and stability of an oil in water emulsion containing lecithin, xanthan gum and sunflower oil, International Food Research Journal, 20(5):2173-2181pp.
- USDA**, 2016, National Nutrient Database for Standard Reference, <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/search/list> (Erişim tarihi: 30 Mart 2017).
- Ushikubo, F.Y. and Cunha, R.L.**, 2014, Stability mechanisms of liquid water-in-oil emulsions, Food Hydrocolloids, 34:145-153pp.
- Vargas, M., Albors, A., Chiralt, A. and González-Martínez, C.**, 2006, Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings, Postharvest Biology and Technology, 41(2):164-171pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Vicente, A.R., Manganaris, G.A., Sozzi, G.O. and Crisosto, C.H.**, 2009, Nutritional quality of fruits and vegetables, 58-106, *Postharvest Handling: A System Approach*, W.J. Florkowski, R.L. Shewfelt, B. Brueckner and S.E. Prussia (Eds.), 2nd ed., Academic Press, San Diego, 615p.
- Vroegrijk, I.O., van Diepen, J.A., van den Berg, S., Westbroek, I., Keizer, H., Gambelli, L., Hontecillas, R., Bassaganya-Riera, J., Zondag, G.C.M., Romijn, J.A., Havekes, L.M. and Voshol, P.J.**, 2011, Pomegranate seed oil, a rich source of punicic acid, prevents diet-induced obesity and insulin resistance in mice, *Food and Chemical Toxicology*, 49(6):1426-1430pp.
- Vu, K.D., Hollingsworth, R.G., Leroux, E., Salmieri, S. and Lacroix, M.**, 2011, Development of edible bioactive coating based on modified chitosan for increasing the shelf life of strawberries, *Food Research International*, 44(1):198-203pp.
- Wardhono, E.Y.**, 2014, Optimization of Concentrated W/O Emulsions: Stability, Trapping and Release of Polysaccharides, PhD Thesis, Université de Technologie Compiègne, 168p (unpublished).
- Wasan, D.T., Xu, W., Dutta, A. and Nikolov, A.**, 2004, Structure and stability of aerated food emulsions, 234-268, *Food Emulsions*, S.E. Friberg, K. Larsson and J. Sjöblom (Eds.), 4th ed., Marcel Dekker, New York, 640p.
- WHO**, 2012, Promoting a Healthy Diet for the WHO Eastern Mediterranean Region: User-friendly Guide, World Health Organization, Cairo, 43p.
- Yarin, A.L., Koombhongse, S. and Reneker, D.H.**, 2001, Taylor cone and jetting from liquid droplets in electrospinning of nanofibers, *Journal of Applied Physics*, 90(9):4836-4846pp.
- Zafimahova-Ratisbonne, A., Wardhono, E.Y., Lanoisellé, J.L., Saleh, K. and Clause, D.**, 2014, Stability of w/o emulsions encapsulating polysaccharides, *Journal of Dispersion Science and Technology*, 35:38-47pp.
- Zambrano-Zaragoza, M.L., Gutiérrez-Cortez, E., Del Real, A., González-Reza, R.M., Galindo-Pérez, M.J. and Quintanar-Guerrero, D.**, 2014a, Fresh-cut Red Delicious apples coating using tocopherol/mucilage nanoemulsion: Effect of coating on polyphenol oxidase and pectin methylesterase activities, *Food Research International*, 62:974-983pp.

**KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)**

- Zambrano-Zaragoza, M.L., Mercado-Silva, E., Gutiérrez-Cortez, E., Cornejo-Villegas, M.A. and Quintanar-Guerrero, D.,** 2014b, The effect of nano-coatings with  $\alpha$ -tocopherol and xanthan gum on shelf-life and browning index of fresh-cut “*Red Delicious*” apples, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 22:88-196pp.
- Zeleny, J.,** 1917, Instability of electrified liquid surfaces, *Physical Review*, 10(1):1-6pp.
- Zhang, X., Kobayashi, I., Uemura, K. and Nakajima, M.,** 2013, Direct observation and characterization of the generation of organic solvent droplets with and without triglyceride oil by electrospraying, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 436:937-943pp.

## ÖZGEÇMİŞ

Hülya Çakmak 30.03.1984 tarihinde İzmir Bornova'da doğmuştur. Türkiye Cumhuriyeti vatandaşıdır. Lisans eğitimini 2006 yılında Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamıştır. 2007-2009 yılları arasında APV Hemisan ve Hemitek Ltd. Şti.'de proje ve komponent satış mühendisi olarak çalışmıştır. 2010 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümü Temel İşlemler Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2011 yılında Öğretim Üyesi Yetiştirme Programı (ÖYP) ile Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. Aynı yıl yüksek lisans eğitimini sürdürdüğü Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Bölümünde geçici görevli olarak Araştırma Görevliliğine başlamış, 2017 yılı Mayıs ayına kadar görevine devam etmiştir. 2017 yılı Mayıs ayından itibaren kadrosunun bulunduğu Hitit Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevliliğine devam etmektedir. Yapmış olduğu uluslararası yayınların bazıları sırasıyla verilmiştir;

- Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S., 2016, Bay leaf (Chapter 4), In: “Leafy Medicinal Herbs: Botany, Chemistry and Post-Harvest Technology and Uses”, 42-62, CABI Publisher, UK.
- Cakmak, H., Altinel, B., Kumcuoglu, S., Tavman, S., 2013, Chicken meat added bread formulation for protein enrichment, Food and Feed Research, 40(1), 33-41.
- Khan, M.K.I., Cakmak, H., Tavman, Ş., Schutyser, M., Schroën, K., 2014, Anti-browning and barrier properties of edible coatings prepared with electrospraying, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 25, 9-13.
- Cakmak, H., Altinel, B., Kumcuoglu, S., Kislá, D., Tavman, S., 2016, Production of crispy bread snacks containing chicken meat and chicken meat powder, Anais da Academia Brasileira de Ciências, 88(4): 2387-2399.
- Turkut, G.M., Cakmak, H., Kumcuoglu, S., Tavman, S., 2016, Effect of quinoa flour on gluten-free bread batter rheology and bread quality, Journal of Cereal Science, 69: 174-181.
- Cakmak, H., Gulpuz, G.E., Bozdogan, N., Kumcuoglu, S., Tavman, S., 2017, Dispersed phase and emulsification conditions on the stability of water-in-oil emulsion, Food Studies, 7(1): 29-37.

## **EKLER**

- Ek 1 Elektro-püskürtmede kullanılan model meyve örnekleri
- Ek 2 Çalışmada kullanılan rafine zeytinyağının yağ asiti kompozisyonu
- Ek 3 Farklı büyütme oranlarında yeşil floresan parçacık görüntüleri
- Ek 4 Farklı büyütme oranlarında kırmızı floresan parçacık görüntüleri



## Ek 1



Şekil A.1 Elektro-püskürtmede kullanılan model elma örneği.



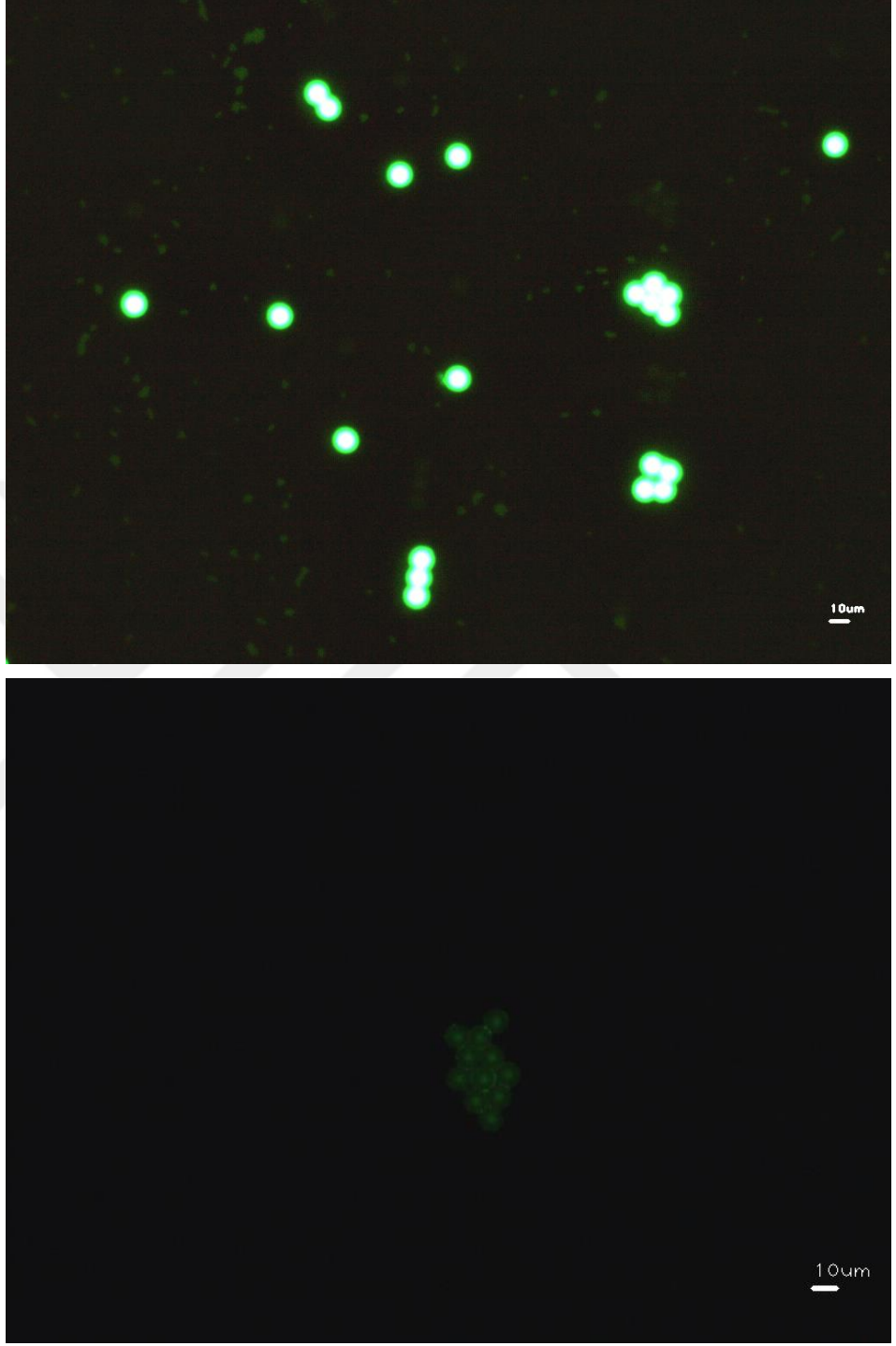
Şekil A.2 Elektro-püskürtmede kullanılan model çilek örnekleri.

## Ek 2

**Çizelge A.1** Çalışmada kullanılan rafine zeytinyağının yağ asiti kompozisyonu.

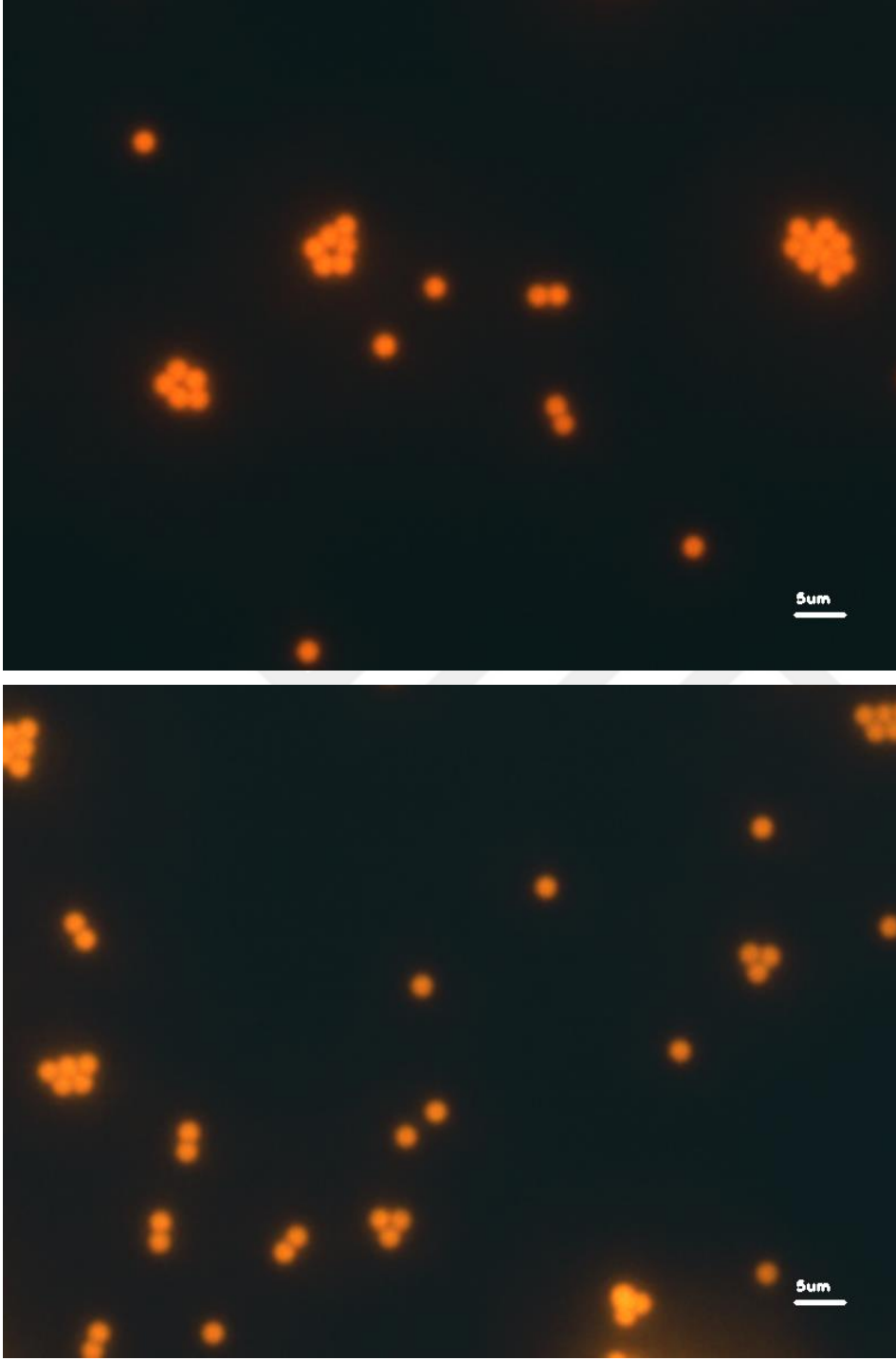
Yağ asiti	Oran (%, ağırlıkça)
Miristik asit (C14:0)	0.02
Palmitik asit (C16:0)	8
Palmitoleik asit (C16:1)	2
Heptadekanoik /margarik asit (C17:0)	0.1
Heptadesenoik/margoleik asit (C17:1)	0.1
Stearik asit (C18:0)	2
Oleik asit (C18:1)	71.69
Linoleik asit (C18:2)	15
Linolenik asit (C18:3)	0.2
Araşidik asit (C20:0)	0.39
Gadoleik/eikosenoik asit (C20:1)	0.2
Behenik asit (C22:0)	0.1
Lignoserik asit (C24:0)	0.2

### Ek 3



Şekil A.3 Farklı büyütme oranlarında yeşil floresan parçacık görüntüleri.

#### Ek 4



Şekil A.4 Farklı büyütme oranlarında kırmızı floresan parçacık görüntüleri.