

T.C.  
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI



**ATEŞ DİKENİ (*Pyracantha coccinea* Roemer var. *lalandi*) MEYVE  
EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYON OPTİMİZASYONU VE  
YOĞURT ÜRETİMİNDE KULLANIMI**

Doktora Tezi

**Eda İLHAN DİNÇER**

Danışman

**Prof. Dr. Hasan TEMİZ**

Bu çalışma, PYO.MUH.1904.19.002 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi olarak  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

SAMSUN

2021

## TEZ KABUL VE ONAYI

Eda İLHAN DİNÇER tarafından, Prof. Dr. Hasan TEMİZ danışmanlığında hazırlanan “Ateş Dikeni (*Pyracantha coccinea* Roemer var. *lalandi*) Meyve Ekstraktının Enkapsülasyon Optimizasyonu ve Yoğurt Üretiminde Kullanımı” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 10.2.2021 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Hüseyin ÇELİK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye (Danışman)	Prof. Dr. Hasan Temiz Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Prof. Dr. Fehmi YAZICI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Prof. Dr. Kenan Sinan DAYISOYLU Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret
Üye	Doç. Dr. Oğuz AYDEMİR Çankırı Karatekin Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/>
			Kabul
			<input type="checkbox"/>
			Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT  
Enstitü Müdürü

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım yüksek lisans/doktora/sanatta yeterlik tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

10 /02/ 2021  
Eda İLHAN DİNÇER

## TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

**Tez Başlığı :** ATEŞ DİKENİ (*Pyracantha coccinea* Roemer var. lalandi)  
MEYVE EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYON OPTİMİZASYONU VE  
YOĞURT ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 04/02/2021 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 8

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

İmza  
10/02/2021  
Prof. Dr. Hasan TEMİZ

## ÖZET

### ATEŞ DİKENİ (*Pyracantha coccinea* Roemer var. *lalandi*) MEYVE EKSTRAKTININ ENKAPSÜLASYON OPTİMİZASYONU VE YOĞURT ÜRETİMİNDE KULLANIMI

Eda İLHAN DİNÇER

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Doktora, Şubat, 2021

Danışman: Prof. Dr. Hasan Temiz

Bu çalışmada, ateş dikenini meyve konsantresinin ve farklı yöntemlerle üretilmiş ateş dikenini mikrokapsüllerinin yoğurt üretiminde kullanım imkanları araştırılmıştır. En iyi ekstraksiyon koşulları tespit edilerek ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Buna göre meyveler % 60 etanol, 60 Amplitude gücünde ve sabit  $25\pm 2$  °C sıcaklıkta 20 dakika süresince ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktan maltodekstrin ve gam arabik kaplayıcı materyalleri kullanılarak enkapsülasyon konsantrasyonu, maltodekstrin:gam arabik oranı ve hava giriş sıcaklığı parametreleri bakımından püskürtmeli kurutma yöntemi optimize edilmiştir. İstenirlik fonksiyonuna göre optimum şartlar % 15 enkapsülasyon konsantrasyonu, 3:2 maltodekstrin: gam arabik oranı ve 145 °C hava giriş sıcaklığı olarak tespit edilmiştir. Bu veriler (% 15 maltodekstrin ve 3:2 maltodekstrin:gam arabik) doğrultusunda dondurularak kurutulmuş mikrokapsül üretilmiştir. Ekstraktın ve iki farklı yöntemle üretilmiş mikrokapsüllerin kimyasal bileşimleri ile antioksidan özellikleri incelenmiştir. Dondurarak kurutulmuş mikrokapsüller, püskürterek kurutulmuş mikrokapsüllerden daha yüksek antioksidatif etki göstermiştir. Çalışmanın son basamağında ise elde edilen ekstrakt ve farklı yöntemlerle üretilmiş mikrokapsüller yoğurt üretiminde % 0.25, 0.50 ve 0.75 oranlarında yoğurt üretiminde kullanılmıştır.  $4\pm 1$  °C’ de 28 gün depolanan yoğurt örneklerinde 5 farklı depolama süresince fizikokimyasal, *in vitro* sindirim analizleri, spektrofotometrik, mikrobiyolojik, reolojik, duyu ve uçucu aroma bileşeni analizleri yapılmıştır. pH, asitlik ve serum ayrılması özellikleri bakımından mikrokapsül ilaveli yoğurtların, ekstrakt ilaveli ve kontrol grubundan daha iyi nitelikler gösterdiği tespit edilmiştir. İlave edilen ekstrakt ve mikrokapsül yüzdesi arttıkça bütün depolama günlerinde örneklerin *in vitro* sindirim sonrasındaki toplam fenolik madde miktarları artış göstermiştir. Genel olarak mikrokapsül ilaveli yoğurtların biyoaktif bileşenlerce zengin olduğu, enkapsülasyon işlemi ile biyoaktif bileşenlerin korunduğu görülmüştür. Bu çalışma ile ateş dikenini meyvesi ilk kez bir gıda sistemine uygulanmıştır. Fenolik, antioksidan ve selenyumca zengin olan bu meyveden fayda sağlamak amacıyla ekstrakt ve mikrokapsül üreterek fonksiyonel özellikte yoğurt üretimi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** ateş dikenini (*Pyracantha coccinea*), ultrasonik destekli ekstraksiyon, optimizasyon, püskürtmeli kurutma, dondurarak kurutma, antioksidan, fenolik, reoloji

## ABSTRACT

### FIRETHORN (*Pyracantha coccinea* Roemer var. *lalandi*) ENCAPSULATION OPTIMIZATION OF FRUIT EXTRACT AND ITS USE IN YOGURT PRODUCTION

Eda ILHAN DINCER

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Food Engineering

Ph.D., February, 2021

Supervisor: Prof. Dr. Hasan TEMİZ

In this study, the usage possibilities of firethorn fruit concentrate and firethorn microcapsules produced by different methods were investigated in yoghurt production. The extraction process was carried out by determining the best extraction conditions. Accordingly, the fruits were extracted for 20 minutes with 60 % ethanol, 60 amplitude power and a constant temperature of  $25\pm 2$  °C. The spray drying method was optimized in terms of encapsulation concentration, maltodextrin: gum arabic ratio and air inlet temperature parameters by using maltodextrin and gum arabic coating materials from the extracts obtained. Optimum conditions according to the desirability function were determined as 15 % encapsulation concentration, 3: 2 maltodextrin: gum arabic ratio and 145 °C air inlet temperature. In line with these data (15 % maltodextrin and 3: 2 maltodextrin: gum arabic), freeze-dried microcapsules were produced. Chemical compositions and antioxidant properties of extract and microcapsules were studied. Freeze-dried microcapsules showed higher antioxidative effects than spray-dried microcapsules. In the last step of the study, extracts and microcapsules were used in yoghurt production in 0.25, 0.50 and 0.75 % ratios. Physicochemical, *in vitro* digestion analyzes, spectrophotometric, microbiological, rheological, sensory and volatile aromatic compound analyzes were performed during 5 different storage periods in yoghurt samples stored at  $4\pm 1$  °C for 28 days. In terms of pH, acidity and serum separation properties, it was determined that the microcapsule added yoghurts showed better qualities than the extract added and control groups. As the percentage of extracts and microcapsules added increased, the total phenolic content of the samples after *in vitro* digestion increased on all storage days. In general, it has been observed that microcapsule-added yoghurts are rich in bioactive components, and bioactive components are protected by the encapsulation process. With this study, firethorn fruit was applied to a food system for the first time. In order to benefit from this fruit rich in phenolic, antioxidant and selenium, a functional yoghurt was produced by producing extracts and microcapsules.

**Keywords:** firethorn (*Pyracantha coccinea*), ultrasonic assisted extraction, optimization, spray drying, freeze drying, antioxidant, phenolic, rheology

## ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Doktora tezimin yürütülmesi aşamasında tüm desteğini hissettiğim, her zaman ulaşabildiğim ve sorunlarımı çözüme ulaştıran değerli danışmanım Prof. Dr. Hasan Temiz' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tezimin geliştirilmesi amacıyla tecrübe ve akademik fikirleriyle destek olan değerli hocalarım Prof. Dr. Fehmi Yazıcı ve Prof. Dr. Hüseyin Çelik' e teşekkür ederim. Ayrıca tez savunmamda değerli zamanlarını ayırarak katkı sağlayan Prof. Dr. Kenan Sinan Dayısoylu ve Doç. Dr. Oğuz Aydemir' e teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalarım konusunda destek olan ve gerçekleştirilmesi noktasında tüm fedakârlıklarıyla yanımda olan değerli hocam Prof. Dr. Kazım Savaş Bahçeci' ye teşekkür ederim.

Pilot ölçekte yoğurt üretiminin gerçekleştirilmesinde hammadde, ekipman ve personeliyle destek sunan Dalgıçlar Çiftliği Eren Gıda Endüstrisi San. ve Tic. Ltd. Şti.' ne teşekkür ederim.

Tezimin tüm aşamalarında desteklerini esirgemeyen eşim Murat Dinçer' e, tezimin bitmesini dört gözle bekleyen ve benimle her daim gurur duyan, varlıkları ve destekleriyle bu günlere gelmemi sağlayan canım anne ve babama sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Son olarak da canım kızım bir evlat olarak varlığıyla yanımda olduğun için teşekkür ederim.

Bu çalışma, PYO.MUH.1904.19.002 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından desteklenmiştir.

Eda İLHAN DİNÇER

# İÇİNDEKİLER

.....	iii
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR .....</b>	<b>v</b>
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ .....</b>	<b>vi</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ .....</b>	<b>xv</b>
<b>1. ....</b>	<b>1</b>
<b>2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>3</b>
2.1. Ateş Dikeni ( <i>Pyracantha coccinea</i> ) .....	3
2.2. Ultrason Destekli Ekstraksiyon .....	4
2.3. Mikroenkapsülasyon .....	7
2.4. Kaplayıcı Materyaller.....	8
2.5. Maltodekstrin.....	9
2.6. Akasya Gamı (Gam Arabik).....	10
2.7. Püskürtmeli Kurutma Yöntemi .....	11
2.8. Dondurarak Kurutma Yöntemi.....	12
2.9. Fenolik Bileşikler ve Fenolik Bileşiklerin Enkapsülasyonu .....	12
2.10. Biyoyararlılık .....	13
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>16</b>
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Ateş Dikeni Meyvesi.....	16
3.1.2. Standartlar .....	16
3.1.3. Kimyasallar .....	16
3.1.4. Yoğurt Üretimi .....	16
3.2. Yöntem .....	16
3.2.1. Taze Meyvede Yapılan Analizler.....	16
3.2.1.1. Toplam Kuru Madde Tayini .....	17
3.2.1.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini .....	17
3.2.1.3. Renk Analizi .....	17
3.2.1.4. pH.....	17
3.2.1.5. ICP-EOS Analizi.....	17

3.2.2. Ateş Dikeni Meyvesinin Ultrasonik Destekli Ekstraksiyonu .....	18
3.2.3. Ateş Dikeni Ekstraktına Yapılan Analizler.....	18
3.2.3.1. Toplam Biyoaktif Bileşenlerin Tayini .....	18
3.2.3.2. Toplam Antioksidan Aktivite Tayini .....	19
3.2.3.3. Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol Bileşiklerin Profili.....	19
3.2.4. Ateş Dikeni Meyvesi Ekstraktının Enkapsülasyonu .....	20
3.2.4.1. Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Mikrokapsül Üretimi .....	20
3.2.4.2. Dondurarak Kurutma Yöntemi ile Mikrokapsül Üretimi .....	22
3.2.5. Mikrokapsül Analizleri .....	23
3.2.5.1. Nem Tayini .....	23
3.2.5.2. Su Aktivitesi Miktarı .....	23
3.2.5.3. Renk Analizi .....	24
3.2.5.4. Islanabilirlik Analizi .....	24
3.2.5.5. Çözünürlük Analizi.....	24
3.2.5.6. Serbest ve Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu Analizi .....	24
3.2.5.7. Mikrokapsül Verimi.....	24
3.2.5.8. Spektrofotometrik Analizler .....	25
3.2.5.9. Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol Bileşiklerin Profili.....	26
3.2.5.10. Parçacık Boyut Dağılımı .....	26
3.2.5.11. Parçacık Morfolojisi .....	27
3.2.6. Ateş Dikeni Meyve Ekstraktının ve Mikrokapsüllerin Yoğurt Üretiminde Kullanılması.....	28
3.2.7. Yoğurt Analizleri .....	28
3.2.7.1. pH.....	29
3.2.7.2. Titrasyon Asitliği .....	29
3.2.7.3. Toplam Kuru Madde Analizi .....	29
3.2.7.4. Serum Ayrılması .....	29
3.2.7.5. Mikrobiyolojik Analizler .....	29
3.2.7.6. Aroma Analizi.....	30
3.2.7.7. Reolojik Özellikler.....	30
3.2.7.8. <i>In Vitro</i> Biyoyararlılığının İncelenmesi .....	31
3.2.7.9. Renk Analizi .....	32

3.2.7.10. Organik Asit Analizi .....	32
3.2.7.11. Duyusal Analiz .....	32
3.2.7.12. İstatistiksel Analiz .....	33
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....</b>	<b>34</b>
4.1. Ateş Dikeni Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri .....	34
4.2. Toplam Biyoaktif Bileşen Miktarı ve Toplam Antioksidan Kapasitesi .....	36
4.3. Ateş dikeni Ekstraktında Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol Bileşiklerin Profili .....	37
4.4. Optimizasyon.....	42
4.4.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı .....	46
4.4.2. Toplam Flavonoid Madde Miktarı .....	49
4.4.3. Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP) .....	52
4.4.4. Serbest Radikal Süpürücü Aktivite (DPPH) .....	54
4.4.5. % Nem ve Su Aktivitesi (aw) .....	56
4.4.6. İslanabilirlik .....	60
4.4.7. Çözünübilirlik.....	63
4.4.8. Serbest Yiğın Yoğunluğu ve Sıkıştırılmış Yiğın Yoğunluğu .....	66
4.4.9. Mikrokapsül Verimi .....	71
4.4.10. Optimum Noktanın Belirlenmesi .....	74
4.5. Optimum Noktaya Göre Elde Edilmiş Mikrokapsüllerin Analizleri.....	76
4.5.1. Renk Analizi.....	76
4.5.2. Mikrokapsüllerin Toplam Biyoaktif Bileşen ve Antioksidan Aktivite Analizleri.....	78
4.5.3. Mikrokapsül Morfolojisi ve Parçacık Boyutu Dağılımı .....	79
4.5.4. Mikrokapsüllerin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol Bileşiklerin Profili .....	81
4.6. Yoğurt Analizleri.....	85
4.6.1. pH.....	86
4.6.2. Titrasyon Asitliği .....	88
4.6.3. Serum Ayrılması .....	90
4.6.4. Renk Değeri .....	92
4.6.5. <i>İn Vitro</i> Biyoyararlılık.....	96
4.6.5.1. <i>İn Vitro</i> Sindirim Sonucu Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Toplam Flavonoid Madde Miktarı .....	96
4.6.5.2. <i>İn Vitro</i> Sindirim Sonucu Antioksidan Aktivite Değeri .....	101

4.6.5.3. <i>İn Vitro</i> Sindirim Sonrası Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol İçeriği .....	103
4.6.6. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları .....	103
4.6.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayıları.....	103
4.6.6.2. Maya Küf Sayıları.....	105
4.6.6.3. Laktobasil Sayıları .....	106
4.6.6.4. Streptokok Sayıları.....	108
4.6.7. Yoğurtların Duyusal Değerlendirilmesi.....	110
4.6.7.1. Dış Görünüş Puanları.....	110
4.6.7.2. Kıvam Puanları .....	112
4.6.7.3. Koku Puanları .....	113
4.6.7.4. Tat Puanları.....	114
4.6.7.5. Genel Kabul Edilebilirlik .....	115
4.6.8. Organik Asit Sonuçları.....	117
4.6.8.1. Laktik Asit Miktarı .....	117
4.6.8.2. Asetik Asit Miktarı .....	119
4.6.8.3. Sitrik Asit Miktarı.....	121
4.6.8.4. Bütirik Asit Miktarı .....	123
4.6.9. Yoğurtların Reolojik Değerleri .....	124
4.6.10. Uçucu Aroma Profili .....	130
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>144</b>
	<b>165</b>
Ek 1. Gallik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	165
Ek 2. FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O Kalibrasyon Grafiği.....	166
Ek 3. Rutin Kalibrasyon Grafiği .....	167
Ek 4. Laktik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	168
Ek 5. Asetik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	169
Ek 6. Sitrik Asit Kalibrasyon Grafiği.....	170
Ek 7. Bütirik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	171
Ek 8. Gallik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	172
Ek 9. <i>p</i> -hidroksibenzoik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	173
Ek 10. Epikateşin Kalibrasyon Grafiği .....	174
Ek 11. Şirincik Asit Kalibrasyon Grafiği.....	175
Ek 12. Klorojenik Asit Kalibrasyon Grafiği .....	176

Ek 13. Kafeik Asit Kalibrasyon Grafiği.....	177
Ek 14. Rutin Kalibrasyon Grafiği.....	178
Ek 15. Duyusal Panel Kartı.....	179
Ek 16. Öz Geçmiş .....	180

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### SİMGELER

pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonunun (-) logaritması
rpm	Dönme hızı birimi, devir/dakika
µm	Mikrometre
µM	Mikromol
Pa	Pascal
mbar	Milibar
nm	Nanometre
rpm	Devir sayısı, devir/dakika
ml	Mililitre
µl	Mikrolitre
°Bx	Suda çözünür katı madde miktarı
Ag	Gümüş
Se	Selenyum
Cu	Bakır
Fe	Demir
P	Fosfor
Mg	Magnezyum
Mn	Manganez
Na	Sodyum
Zn	Çinko

### KISALTMALAR

GRAS	Genel olarak güvenli kabul edilen
DE	Dekstroz eşdeğeri
DPPH	2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil
TPTZ	2,4,6- tripiridil s-triazin
FRAP	Demir indirgeme antioksidan gücü
HPLC	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi
HPLC-DAD	Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi-Diode-array dedektör
ICP-EOS/MS	Endüktif eşleşmiş plazma-kütle spektrometresi / Kütle Spektrometresi
GC	Gaz kromatografisi
GAE	Gallik asit eşdeğeri
Anova	Varyans analizi
SEM	Taramalı Elektron Mikroskopu
log	Logaritma
kob	Koloni oluşturan birim

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Ateş dikeni.....	3
Şekil 2.2. Ultrason destekli ekstraksiyon sistemi çeşitleri; (a, b) ultrasonik banyolar; (c) ultrasonik prob; ve (d) sürekli ultrasonik prob esaslı ekstraksiyon ünitesi .....	7
Şekil 3.1. Püskürtmeli kurutucu .....	20
Şekil 3.2. Liyoflizatör (Hübtüam, Çorum).....	23
Şekil 3.3. Su aktivitesi cihazı .....	23
Şekil 3.4. Malvern Zetasizer Nano ZSP cihazı .....	27
Şekil 3.5. Taramalı elektron mikroskobu .....	27
Şekil 3.6. Yoğurt üretimi akış şeması.....	28
Şekil 4.1. 280 nm' de (a), 320 nm' de (b) ve 360 nm' de (c) standart fenolik bileşiklerin HPLC-DAD kromatogramları.....	39
Şekil 4.2. 280 nm' de (a), 320 nm' de (b) ve 360 nm' de (c) ateş dikeni ekstraktına ait kromatogramlar .....	40
Şekil 4.3. Mikrokapsül üretim parametrelerinin Ateş dikeni mikrokapsülü toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu- maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı.....	48
Şekil 4.4. Mikrokapsül üretim parametrelerinin Ateş dikeni mikrokapsülü toplam flavonoid madde miktarı üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu- maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı.....	51
Şekil 4.5. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikeni mikrokapsülü toplam FRAP değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu- maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı.....	53

- Şekil 4.6. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülü % DPPH radikal indirgeme değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı..... 55
- Şekil 4.7. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülü % nem miktarı üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı ..... 58
- Şekil 4.8. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülü su aktivitesi değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı ..... 59
- Şekil 4.9. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülünün ıslanabilirlik değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı..... 62
- Şekil 4.10. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülünün çözünabilirlik değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı..... 65
- Şekil 4.11. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülünün serbest yığın yoğunluğu değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı..... 67
- Şekil 4.12. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülünün sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı ..... 69
- Şekil 4.13. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenini mikrokapsülünün verim değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin

oranı,	(b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c)	
maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı .....		73
Şekil 4.14. CIELAB Renk modunun geometrisi .....		76
Şekil 4.15. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül (PM) ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül (DM) .....		77
Şekil 4.16. Püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilmiş mikrokapsüllerin SEM görüntüleri.....		80
Şekil 4.17. Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilmiş mikrokapsüllerin SEM görüntüleri.....		80
Şekil 4.18. PM örneğine ait kromotogramlar .....		84
Şekil 4.19. DM örneğine ait kromotogramlar .....		85
Şekil 4.20. Tipik zamandan bağımsız akışkanlar için eğriler .....		125

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Yanıt yüzey deneme planı.....	21
Çizelge 3.2. Üç faktörlü central composite rotatable dizayn için deneme planı .....	22
Çizelge 4.1. Ateş dikeni meyvesinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	35
Çizelge 4.2. Ateş dikeni ekstraktına ait toplam biyoaktif bileşen miktarı ve toplam antioksidan kapasitesi .....	36
Çizelge 4.3. Deneme planına göre elde edilen deneysel sonuçlar.....	43
Çizelge 4.4. Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu .....	44
Çizelge 4.5 İstenilirlik fonksiyonu ile belirlenen tahmini ve ölçülen optimum noktalar	75
Çizelge 4.6. Farklı üretim yöntemleriyle elde edilmiş mikrokapsüllerin renk değerleri	76
Çizelge 4.7. Farklı üretim yöntemleriyle elde edilmiş mikrokapsüllerin biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite değerleri.....	79
Çizelge 4.8. PM ve DM örneklerinin biyoaktif bileşen miktarları.....	82
Çizelge 4.9. Depolama boyunca örneklerin pH değerleri.....	86
Çizelge 4.10. Depolama boyunca örneklerin % titrasyon asitliği değerleri .....	89
Çizelge 4.11. Depolama süresince yoğurtların % serum ayrılması değerleri .....	91
Çizelge 4.12. Depolama boyunca yoğurt örneklerinin $L^*$ , $a^*$ ve $b^*$ değerleri .....	94
Çizelge 4.13. Depolama boyunca yoğurt örneklerindeki $C^*$ ve $H^\circ$ değerleri .....	95
Çizelge 4.14. <i>In vitro</i> sindirim sonrası depolama süresince örneklerin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları değişimi .....	97
Çizelge 4.15. <i>In vitro</i> sindirim sonrası depolama süresince örneklerin antioksidan aktivite değerleri .....	101
Çizelge 4.16. Depolama süresince örneklerin toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları (log kob/ml yoğurt) .....	104

Çizelge 4.17. Depolama süresince örneklerin maya küf sayıları (log kob/ml yoğurt)	105
Çizelge 4.18. Depolama süresince örneklerin laktobasil sayıları (log kob/ml yoğurt)	107
Çizelge 4.19. Depolama süresince örneklerin streptokok sayıları (log kob/ml yoğurt)	109
Çizelge 4.20. Depolama süresince örneklerin dış görünüş puanları .....	111
Çizelge 4.21. Depolama süresince örneklerin kıvam puanları .....	112
Çizelge 4.22. Depolama süresince örneklerin koku puanları .....	114
Çizelge 4.23. Depolama süresince örneklerin tat puanları .....	115
Çizelge 4.24. Depolama süresince örneklerin genel kabul edilebilirlik puanı.....	116
Çizelge 4.25. Depolama süresince örneklerin laktik asit değişimi ( $\mu\text{g/g}$ yoğurt)....	118
Çizelge 4.26. Depolama süresince örneklerin asetik asit değerleri ( $\mu\text{g/g}$ yoğurt)....	120
Çizelge 4.27. Depolama süresince örneklerin sitrik asit değerleri ( $\mu\text{g/g}$ yoğurt) .....	122
Çizelge 4.28. Depolama süresince örneklerin bütirik asit değerleri ( $\mu\text{g/g}$ yoğurt)....	124
Çizelge 4.29. Depolama süresince yoğurtların bazı reolojik değerleri .....	128
Çizelge 4.30. K örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları .....	132
Çizelge 4.31. E25 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	134
Çizelge 4.32. E50 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	135
Çizelge 4.33. E75 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	136
Çizelge 4.34. P25 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	137

Çizelge 4.35. P50 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	138
Çizelge 4.36. P75 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	139
Çizelge 4.37. L25 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	141
Çizelge 4.38. L50 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	142
Çizelge 4.39. L75 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları.....	143

# 1.GİRİŞ

Diyet ve insan sağlığı arasındaki gcl iliŐkiye dair artan farkındalık, geliŐmiŐ toplumlarda gıda tercihlerini önemli ölçüde deđiŐtirdiđinden istenen sağlık durumunu elde etmek amacıyla tüketicilerin bilinçlenmesini sağlamıştır (Bogue, vd., 2017; Pappalardo ve Lusk, 2016). Bitkiler, karbonhidrat, protein, lipid ve nükleik asitler gibi hem ana kimyasal bileşikleri hem de besleyici olmayan fitokimyasalları içeren çok çeşitli organik bileşikler üretilir. Fitokimyasallar, en basit tanımıyla, bitkiler tarafından üretilen kimyasallar olsalarda, bu terim yalnızca besleyici olmayan (temel besin olarak kabul edilmeyen) bitkilerde bulunan bileŐiklerdir (Alasalvar ve Shahidi, 2008). Fitokimyasalların çoğu, enzimatik ve kimyasal reaksiyonları deđiŐtirme kapasitesine sahiptir ve insan sağlığını olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Thompson, 1993). Çoğu fitokimyasal madde, terpenoid, fenolik bileşikler, alkaloid grubu ve diğer azotlu maddeleri içeren bitki bileşenleri olarak sınıflandırılabilir (Puri ve Hall, 1998).

Fenolikler, bitkiler tarafından hem normal geliŐim sırasında hem de patojen ve parazit enfeksiyonu, yaralanma, hava kirliliği, aşırı sıcaklıklara maruz kalma ve UV radyasyonu gibi stres koşullarına yanıt olarak sentezlenen ikincil metabolitlerdir. Genellikle hem yenilebilir hem de yenilemeyen bitki kısımlarında bulunurlar ve fitoaleksinler, antifeedantlar ile tozlayıcılar için cezbedicidirler. Bitki pigmentasyonuna katkıda bulunurlar, antioksidanlar ve UV ıŐıđına karşı koruyucu ajanlar olarak hareket edebilirler. Ek olarak, fenolikler gıdanın acılığına, burukluğuna, rengine, tadına, kokusuna ve oksidatif kararlılığına katkıda bulunabilirler (Shahidi, vd., 2019). Fenolik bileşikler, antiarterjenik, antiarterjenik, antiinflamatuar, antimikrobiyal, antioksidan, antitrombotik, kardiyoprotektif ve damar geniŐletici etkiler gibi çok çeşitli fizyolojik özellikler sergiler. Bu nedenle, bitki bazlı gıdaların tüketimi, sağlığın teŐviki ve hastalık riskinin azaltılmasında etkilidir. Dahası, tüketiciler diyetle ilgili sağlık sorunlarının giderek daha fazla farkına varmakta, bu nedenle güvenli ve sağlığı geliŐtirici olması beklenen doğal içerikleri talep etmektedir (Shahidi, vd., 2019).

2050 yılına gelindiğinde küresel insan nüfusunun 9.7 milyara ulaŐacak olması, küresel gıda güvenliğini ve aynı zamanda küresel sağlığı sürdürmek için kritik bir durumdur. Süt ürünlerinden elde edilen gıdalar, gıda güvenliği ve insan sağlığına önemli ölçüde katkıda bulunabilen, protein, yağ, ve mikro besin içeren prebiyotik ve

probiyotik kaynağı oluşturan gıdalardandır. Mükemmel bir enerji kaynağı olan süt ve süt ürünleri sağlığa olumlu katkılar sağlar (Garcia, vd., 2019).

Bu çalışmada en çok tüketilen süt ürünlerinden olan yoğurtlarda, gıda sisteminde daha önce araştırması yapılmamış olan ateş dikenini meyvesinin kullanım imkanlarının araştırılması gerçekleştirilmiştir. Bu meyve üzerine sayılı birkaç araştırma olmasına rağmen çok yönlü çalışma yapılmamış olması ayrıca bir gıda sistemine entegre edilmemesi dolayısı ile yaptığımız araştırma özgünlük taşımaktadır. Verimi yüksek, ihtiyaçları düşük olan bu bitkinin gıda olarak değerlendirilmesi sağlanıp sevilen bir süt ürününe katkılayarak insan sağlığına yararlar sunulabilecektir.

Bu çalışmada fenoliklerce zengin bu meyve ekstraktının sahip olduğu buruk tadının maskelenerek kullanımının sağlanması amacıyla püskürtmeli kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleri ile toz forma dönüştürülmesi sağlanmıştır. Ayrıca farklı iki yöntemle üretilmiş olan mikrokapsüllerin birbiri ile kıyaslaması yapılmıştır. yoğurda katarak yeni bir ürün geliştirilmiştir. Bu amaçların dışında;

ξ Ateş dikenini meyvesinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir.

ξ Ateş dikenini meyvesi ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstraktın genel analizleri dışında biyoaktif bileşenlerce ve antioksidan özelliklerce incelenmesi sağlanmıştır.

ξ Elde edilen ateş dikenini ekstraktının püskürtmeli kurutucu proses koşullarının optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

ξ Elde edilen optimum proses koşulları doğrultusunda dondurarak kurutulmuş mikrokapsül üretimi yapılmıştır.

ξ Püskürtmeli kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş mikrokapsüllerin biyoaktif bileşenlerce ve antioksidan özelliklerce incelenmesi yapılmıştır.

ξ Elde edilen ateş dikenini ekstraktı, püskürtmeli kurutulmuş ve dondurarak kurutulmuş mikrokapsüller pilot ölçekte yoğurt üretiminde belirli oranlarda kullanılmıştır.

ξ Yoğurtların 28 gün depolama süresince kimyasal, fizikokimyasal, mikrobiyolojik, duyu analizleri ve reoloji özellikleri incelenmiştir.

## 2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ

### 2.1. Ateş Dikeni (*Pyracantha coccinea*)

Gülgiller familyasındaki cinsler dağ muşmulası, alıç, gül, elma, yenedünya, armut, erik, ayva ve çilek gibi çeşitli meyveleri içermektedir (Aronson, 2015). Gülgiller familyasından olan ateş dikeni diğer adıyla *Pyracantha coccinea* (Şekil 2.1), yaz ve kış mevsimlerinde yaprakları yeşil kalan meyvesi parlak kırmızı renkte, çiçekleri küçük beyaz çalılardandır (Dong, vd., 2017).



Şekil 2.1. Ateş dikeni

Tüm yıl boyu herdem yeşil kalabilen bu çalı mayıs ve haziran aylarında beyaz renkli çiçek açarlar. Kırmızı, turuncu veya sarı renkte olan meyveleri kasım ayından itibaren bir sonraki senenin mart ayına kadar çalı üzerinde bulunabilmektedir (Van Atta, 2002).

İnsanlar tarafından yiyecek olarak pek tüketilmeyen ateş dikeni meyvesi aslında yenilebilir niteliktedir. Kuşlar için çekicidir, bunun dışında peyzaj amacıyla kullanılan meyveden marmelat yapılabilir (Van Atta, 2002). Ateş dikeni meyvesi ekşi olmasına rağmen sos haline getirilerek et ile servis edilebilir (Davidson, 2014). Bu meyveden jöle, reçel, salata sosu, rom sosu ve konserve de yapılmaktadır (Freitus ve Haberman, 2005).

Doğal kaynak olan bitkiler yıllardır kanser tedavisinde kullanılmaktadır. Ancak antikanser ilaçların bitkiler gibi doğal kaynaklardan geliştirilmesi için tarama testlerine

ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla sitotoksik etkilerinin araştırıldığı ateş dikeni meyvesinin metanollü ekstraktının önemli bir sitotoksik etkiye sahip olmadığını göstermiştir (Vahabi, vd., 2015). Ayrıca başka bir çalışmada ateş dikeni meyvesinde siyanojenik glikozid prunasid tespit edilmiştir (Burrows ve Tyrl, 2013). Ancak bu bitkiden siyanür zehirlenmesi mümkün değildir (Knight, 2009).

Geleneksel tıpta ateş dikeni meyveleri diüretik, kalp ve tonik özellikleri için kullanılmaktadır (Fico, vd., 2000).

Ateş dikeni; Güneydoğu Avrupa'da; İtalya'da, Kafkaslarda; Azerbaycan ve Gürcistan'da, Batı Asya'da; İran, Lübnan, Suriye ve Türkiye'de, Doğu Avrupa'da; Ukrayna ve Kırım'da, Orta Avrupa'da; Çek Cumhuriyeti, Slovakya ve İsviçre'de, Güneydoğu Avrupa'da; Arnavutluk, Bulgaristan, Hırvatistan, Yunanistan, Makedonya ve Karadağ'da, Güneybatı Avrupa'da; Fransa ve İspanya'da dağılım göstermektedir (Browicz, 1970). Ülkemizde ise genellikle Kuzey, Orta ve Güney Anadolu'da, özellikle Karadeniz kıyılarına yakın yerlerde doğal dağılım göstermektedirler (Çöteli ve Karataş, 2017).

Bezelye tanesi boyutunda olan kırmızı meyveleri halk arasında "Köpek Elması", "Tavşan Elması" ve "Kuş Elması" gibi isimlerle de bilinmektedir (Sarıkürkçü ve Tepe, 2015).

Bir ateş dikeni türü olan *Pyracantha fortuneana* çoğunlukla Avrupa, Çin ve Vietnam'da dağılım göstermektedir. Meyvesi, geleneksel Çin tıbbında dispepsi ve dizanteri tedavisinde kullanılmaktadır. *P. fortuneana*, tirozinaz inhibe edici aktivite, antioksidan aktivite, antibakteriyel aktivite ve kanseri önleme dahil olmak üzere çeşitli tıbbi ve farmasötik fonksiyonlara sahip flavonoidler, polisakkaritler, pigmentler, polifenoller ve fosfolipitler dahil olmak üzere çeşitli fonksiyonel bileşenler içerirler (Peng, vd., 2016).

## **2.2. Ultrason Destekli Ekstraksiyon**

Ultrason destekli ekstraksiyon, 20 kHz veya daha yüksek frekansların kullanıldığı termal olmayan bir tekniktir. Ultrason bilim ve mühendislik alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıda endüstrisi de dahil olmak üzere farklı endüstriyel uygulamalar için çok sayıda özelliğe sahip bir tekniktir (Golmohamadi, vd., 2013).

20-1000 kHz aralığındaki ultrason uygulaması; düşük genliğe ve yüksek frekansa (100-1000 kHz) sahip düşük güçlü ultrason, yüksek genliğe ve düşük

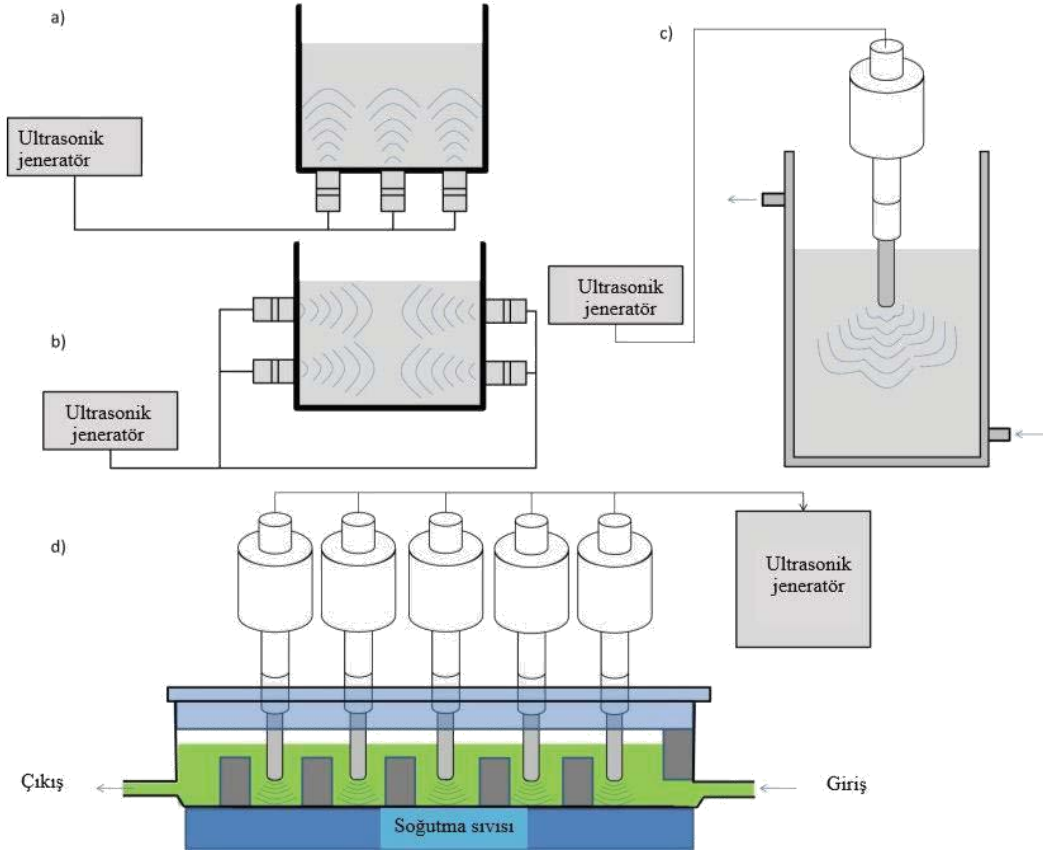
frekansa (20-100 kHz) sahip yüksek güçlü ultrason olmak üzere ikiye ayrılır. Yüksek ultrasonik frekanslarda kavitasyon kabarcıklarının oluşturulması daha zor olduğundan gıda işleme, kaynak ve temizleme gibi işlemlerde yüksek güçlü ultrasonik uygulamalar kullanılmaktadır (Escalpez, vd., 2011; Golmohamadi, vd., 2013).

Gıdalar; vitaminler, karbonhidratlar, proteinler, lipitler, lifler, aromalar, pigmentler, antioksidanlar, diğer organik bileşikler ve mineral maddelerin karmaşık karışımlarıdır. Bu tür bileşenlerin analiz edilmeden önce gıda matrisinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Gıdaların yapısındaki bu komplekslikten dolayı onların doğrudan analiz edilmesi genellikle mümkün değildir ve analiz öncesinde gıda maddesinin sıvı hale getirilmesi gerekmektedir. Bu amaç için örneğin sokalet ekstraksiyonu, maserasyon, elüsyon, buharla damıtma, soğuk presleme ve eşzamanlı damıtma ekstraksiyonu gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Bununla birlikte, birçok gıda bileşeninin ısıya ve kimyasal değişimlere karşı hassas olduğu iyi bilinmektedir. Bu ekstraksiyon yöntemleri kullanıldığında yapıdaki bazı bileşiklerin kaybı, düşük ekstraksiyon verimi, zaman ve enerji tüketen işlemler (çözücüsünde uzun süreli ısıtma ve karıştırma, büyük hacimlerde çözücü kullanımı vb.) gibi durumlar söz konusu olabilir (Chemat, vd., 2008). Bu gibi dezavantajlar doğrultusunda daha az çözücü ve enerji gerektiren; süper kritik sıvı ekstraksiyonu, headspace metodu, mikrodalga ekstraksiyonu, kontrollü basınç düşürme işlemi, hızlandırılmış çözücü ekstraksiyonu ve subkritik su ekstraksiyonu gibi sürdürülebilir ‘yeşil’ tekniklerin ekstraksiyonda kullanımına yol açmıştır. Yeşil ekstraksiyon verim artışı sağlamak, çözücü, enerji, atık ve çevre kirliliğini azaltmak anlamına gelmektedir. Yeşil ekstraksiyon teknolojisi endüstriyel rekabet sonucunda daha ekolojik, ekonomik ve yenilikçi olmalıdır (Wen, vd., 2018).

Özellikle yüksek maliyetli hammaddelerin ekstraksiyonunda geleneksel ekstraksiyon yöntemine kıyasla daha ekonomik olan ultrasonik destekli ekstraksiyon iyi bir alternatiftir (Vilkhu, vd., 2008).

Gıdalar duvarlarla çevrili hücrelerden oluşmaktadır (Chemat, vd., 2008). Ultrases; kavitasyon, titreşim, kırma, karıştırma ve ortamdaki diğer kapsamlı etkileri üretebilir (Wen, vd., 2018). Sonikasyon işlemi, kavitasyon sürecinde hücrelerin şişmesine veya hücre duvarlarının bozulmasına, parçacık boyutunun küçülmesine ve hücre duvarının kütle transferi yoluyla reaksiyon hızının artmasına yol açar (Adjé, vd., 2010; Wen, vd., 2018).

Ultrases işleminde önemli rol oynayan parametreler; güç, frekans ve genliktir. Ultrases ortam içinde yayıldığı enerji seviyesi, ultrason gücü (W), ultrason yoğunluğu ( $W/cm^2$ ) veya akustik enerji yoğunluğu ( $W/cm^3$  veya W/mL) olarak ifade edilebilir. Ultrases destekli ekstraksiyon işleminin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için proses değişkenleri önemli faktördür (Wen, vd., 2018). Ultrases destekli ekstraksiyon işleminde, reaktör seçimi (ultrasonik banyo veya prob/horn tipi), çalışma frekansı, uygulanan ultrases gücü veya yoğunluğu, ekstraksiyon süresi ve ekstraksiyon sıcaklığı, ekstraksiyonda kullanılan çözücü tipi, çözücü oranı ve çözücü özellikleri önemlidir. İşlem verimliliğini ve kavitasyonu iyileştirmek için daha yüksek genlik olması gerekmemektedir. Ekstraksiyon işlemi sırasında sıcaklıktaki değişiklikler ses enerjisi nedeniyle kaçınılmazdır ve çoğu durumda sıcaklık artışı reaksiyon oranlarını artırır. Ekstraksiyon sırasında soğuk suyun sirküle edilmesiyle sıcaklık harici olarak kontrol edilebilir (Tiwari, 2015). Kantitatif tespitler için ekstraksiyon süresi, hayvansal dokular için 5 ila 10 dakika, bitkisel dokular için 10 ila 20 dakika ve ultrasonik banyolar kullanıldığında ise 30 dakika arasında değişmektedir (Júnior, vd., 2006). Laboratuvarlarda ultrasonik prop (horn) yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanılan ultrasonik probun uzun süreli kullanımından dolayı paslanabilmesi ve açık bir sistemde kullanılmaları nedeniyle uçucu bileşiklerin kaybı sistemin dezavantajıdır. Bazı modern uygulamalarda ultrason banyosu yerine ultrasonik prob kullanmak önemlidir. Ultrasonik probun ultrasonik banyoya göre bazı avantajları vardır. Örneğin, ultrason probu geleneksel ultrason banyosunda üretilenlerden daha fazla enerji üretir ve cihaz kimyasal reaksiyonları hızlandırabilir. Prob sistemi, küçük hacimli numunelerin sonikasyonunda yaygın olarak kullanılmaktadır. Prob tipi ultrason, yoğunluğu sadece probun ucunda ilettiğinden ultrason banyosundan daha güçlüdür. Bununla birlikte, prob sonikasyon sırasında numunelerin sıcaklığını keskin bir şekilde arttırmaktadır. Ultrasonik banyoyla karşılaştırıldığında, ultrasonik prob, esas olarak ultrasonik probun doğrudan sonikasyon çözültisine daldırılması ve kütle aktarım direncini azaltmak için malzeme ile temas alanını artırması nedeniyle büyük ultrason gücünün avantajlarına sahiptir (Şekil 2.2.) Prob genellikle ısı ve korozyona karşı dayanıklı titanyum alaşımından yapılır (Wen, vd., 2018).



Şekil 2.2. Ultrason destekli ekstraksiyon sistemi çeşitleri; (a, b) ultrasonik banyolar; (c) ultrasonik prob; ve (d) sürekli ultrasonik prob esaslı ekstraksiyon ünitesi (Tiwari, 2015)

Meyvelerden, sebzelerden, bitkilerden, yağlı tohumlar ve tıbbi bitkilerden izole edilen polisakkaritler, yağ asitleri, fenolik bileşenler ve flavonoidler gibi bazı biyoaktif bileşenlerin ultrasonik destekli ekstraksiyonda daha yüksek verim ve biyoaktif bileşen aktivitesi gösterdiği yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir (Vilkhu, vd., 2008; Wen, vd., 2018).

### 2.3. Mikroenkapsülasyon

Mikrokapsülleme, küçük parçacıkların veya damlacıkların bir kaplayıcı ile çevrelendiği veya homojen/heterojen bir matrise gömüldüğü bir işlem olarak tanımlanır (Bansode, vd., 2010; Jyothi, vd., 2012; Poshadri ve Aparna, 2010). Mikrokapsülün içindeki malzemeye çekirdek, iç faz veya dolgu denir, dıştaki malzemeye ise duvar, kabuk, kaplama veya zar denir. Çoğu mikrokapsülün çapı 1-1000 µm arasındadır (Jyothi, vd., 2012; Nazzaro, vd., 2012). Enkapsülasyon işlemi, gıda bileşenlerinin, enzimlerin, hücrelerin veya diğer malzemelerin küçük kapsüllere dahil edilmesini içermektedir. Kapsüllenmiş materyal nem, ısı veya diğer olumsuz

koşullara karşı dayanıklı hale geldiğinden gıda endüstrisinde kullanımı artmıştır. Kapsülleme işlemi gıdalardaki koku veya tadı maskelemek için de kullanılmaktadır.

Gıda endüstrisinde mikrokapsülasyon işlemi çeşitli nedenlerle kullanılmaktadır. Bunlar; (1) enkapsülasyon çekirdek materyalini çevresel faktörlere karşı (örneğin sıcaklık, nem, oksijen, ışık vb.) korumak, (2) çekirdek materyalinin dış ortama evaporasyonunu ya da geçişini azaltmak veya geciktirmek, (3) orijinal materyalin fiziksel özelliklerini değiştirmek ve kullanımını kolaylaştırmak, (4) ürünü, zaman içinde ya da belirli bir noktada yavaşça serbest bırakılacak şekilde uyarlamak (örneğin doğru uyarana ulaşana kadar çekirdeğin salınımını kontrol etmek), (5) çekirdek materyalinin lezzetini maskelemek, (6) çok az miktar gerektiği durumlarda çekirdek materyalini seyreltmek, (7) bir karışım içerisinde başka şekilde reaksiyona girecek bileşenleri ayırmak için kullanılabilir (Desai ve Jin Park, 2005; Ray, vd., 2016).

Enkapsülasyon teknolojisinde kapsül eldesi için; püskürtmeli kurutma, püskürtmeli soğutma, ekstrüzyon kaplama, akışkan yatak kaplama, lipozom sıkışması, koaservasyon, inklüzyon kompleksi, santrifüj ekstrüzyon ve rotasyonel süspansiyon ayırma gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır (Gibbs, vd., 1999). Gıda ile temas halindeki kaplayıcı materyal genellikle doğal bileşen olmalı ve insan sağlığı için genel olarak güvenli (GRAS) olarak tanımlanmış materyaller kullanılmalıdır (Nazzaro, vd., 2012).

Vitaminler, antioksidanlar, çoklu doymamış yağ asitleri, karotenoidler, fitosteroller ve biyoaktif peptitler dahil olmak üzere çok sayıda farklı nutrasötikler kapsüllenebilmektedir (Joye ve McClements, 2014).

#### **2.4. Kaplayıcı Materyaller**

Farklı tip ve özelliklere sahip katıları, sıvıları veya gazları kaplamak veya kapsüllemek için birçok madde kullanılabilir. Bununla birlikte, gıda katkı maddeleri için hazırlanan düzenlemeler farmasötiklerden daha katıdır. İlaç kapsülasyonu için yaygın olarak kabul edilen farklı bileşiklerin gıda endüstrisinde kullanımı onaylanmamıştır. Çünkü bu maddelerin çoğu gıda uygulamaları için “genel olarak güvenli” (GRAS) materyal olarak onaylanmamıştır (Wandrey, vd., 2010).

İdeal kaplama materyali aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır;

• Yüksek konsantrasyonlarda iyi reolojik özellikte olmalı ve kolay işlenebilir olmalı,

ξAktif maddeyi dağıtma veya emülsiyon yapma ve üretilen emülsiyonu stabilize etme kabiliyeti olmalı,

ξKapsüllenen çekirdek ile kimyasal etkileşime girmemeli,

ξÇekirdek materyalini işleme ve depolama sırasında bariyer özellikleri iyi olmalı,

ξKapsülleme işlemi, kurutma sırasında kullanılan çözücü veya diğer malzemeleri kolay bırakma niteliğinde olmalı,

ξAktif malzemeyi çevre koşullarına (ör. oksijen, sıcaklık, ışık ve nem) karşı maksimum koruma sağlamalı,

ξKullanılan çözücü (örneğin su ve etanol) gıda endüstrisinde kabul edilebilir olmalı,

ξUcuz olmalı, gıda sınıfında olmalıdır (Desai, vd., 2005; Poshadri, vd., 2010).

Mikrokapsül üretim tekniği ve kaplama olarak kullanılan materyal genellikle matris içerisindeki bileşiklerin tutma kapasitelerini etkiler. Bu nedenle, hem kaplama malzemesini hem de enkapsülasyon yöntemini doğru seçmek büyük önem taşımaktadır (Ballesteros, vd., 2017).

## **2.5. Maltodekstrin**

Maltodekstrinler; mısır, patates vb. nişasta kaynaklarının asit hidrolizi ile elde edilmektedir (Gibbs, vd., 1999). Maltodekstrinlerin yapısı  $\alpha$ -1→4 glikozidik bağlarla bağlanmış çoklu glikoz birimlerinden oluşmaktadır. Glikoz birimlerinin sayısı dekstroz eşdeğeri (DE, bir polimerin kendini oluşturan monomer birimlerine hidroliz derecesinin bir ölçüsü), moleküler ağırlık ve dolayısıyla camsı geçiş sıcaklığıyla ilişkilidir. Yüksek DE değeri, düşük glikoz üniteleri ve moleküler ağırlığı, dolayısıyla düşük camsı geçiş sıcaklığı anlamına gelmektedir. Duvar malzemesi olarak maltodekstrin işlevselliğinde DE büyük bir rol oynamaktadır (Anandharamakrishnan, 2015). Yüksek DE değerli maltodekstrinler plastikleştirici etki göstererek kurutma sırasında yüzeyin büzülmesini önlemektedir (Loksuwan, 2007). Püskürtmeli kurutmalı mikrokapsülleme işleminde, plastikleştiricinin varlığı, küresel ve düzgün yüzeyli mikrokapsüllerin oluşumunu teşvik etmektedir (Zhang, vd., 2000).

Maltodekstrinler yüksek su çözünlüğüne, sulu çözeltilerde düşük viskoziteye ve düşük maliyete sahip hidrolize nişastalardır. Maltodekstrinler, kapsüllenmiş malzemenin oksijen temasını en aza indiren kaplama filmini oluşturmaktadır (Medina Torres, vd., 2016). Maltodekstrinler nihai ürüne yapısal bütünlük sağlar ve formülasyonlara basit şekerler yerine eklenmesi, kurutma sırasında yapışkanlığı azaltmaktadır (Bor, vd., 2016). Aroma maddelerinin ve polifenolik bileşiklerin enkapsülasyonunda kaplayıcı materyal olarak yaygın bir şekilde maltodekstrin kullanılmaktadır (Bor, vd., 2016; Desai, vd., 2005). Maltodekstrinler yüksek konsantrasyonlarda kokusuz, renksizdir ve orijinal tadı maskeleymeden serbest akışlı tozların oluşumunu sağlarlar. Ticari olarak farklı moleküler ağırlıklarda bulunurlar ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılırlar (Jiménez, 2016).

## **2.6. Akasya Gamı (Gam Arabik)**

Akasya gamı, gam arabik olarak da bilinmektedir (Sanchez, vd., 2002). Kuzey Orta Afrika'nın çöl bölgesinde yetişen akasya ağacının sakızından elde edilmektedir. Akasya ağacının 1350' den fazla türü olmasına rağmen, gam üretimi için sadece birkaç tür (başlıca Akasya senegal ve Akasya seyal) kullanılmaktadır. Akasya gamı esas olarak D-glukuronik asit, L-ramnoz, D-galaktoz, L-arabinoz ve türe bağlı olarak en az % 2 oranında proteinden oluşmaktadır. Akasya senegal tipi olanlar yapay yaralanma sonucunda ağaç tarafından üretilir ve ağaç üzerinde kuruması sağlanır. Kuruyan gam toplanır. Toplanan gam öğütülerek yabancı unsurlarından arındırılır, suda çözdürülür, filtre veya santrifüj edilir, pastörize edilerek püskürtmeli kurutma ile kurutulur (Gupta, vd., 2016). Geçmiş yıllarda akasya gamının maliyeti ve elde edilmesi konusunda önemli kaygılar olmakla birlikte, düzenli üretimi dolayısıyla bu konular bugün daha az önemlidir. Gam arabik ayrıca çoğu ülkede doğal olarak görülme avantajına da sahiptir (Buffo ve Reineccius, 2000).

Akasya gamı yüksek çözünürlük özelliği dahil olmak üzere, yaygın olarak maddenin, bir stabilizatör, emülgatör, aroma verici, koyulaştırıcı ya da yüzey-kaplayıcı ajan özelliklerinden dolayı doğal gamlar arasında eşsiz bir yeri vardır. Aynı zamanda bulanıklığı aktive eder veya şeker kristalleşmesini geciktirir. Bu özellikleriyle içecek, şekerleme, aroma enkapsülasyonu, unlu mamüller, bira üretimi gibi gıda endüstrisi uygulamalarında kullanılmaktadır (Gupta, vd., 2016; Sanchez, vd., 2018).

Yapılan bir araştırmada maltodekstrin ve gam arabik kombinasyonunun en yüksek kapsülleme verimliliğine sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Idham, vd., 2012).

Enkapsülasyon tekniğinin ve kullanılan kaplayıcı materyallerin antioksidan ve fenolik bileşiklerin kapslasyonunda etkili faktör olduğunu tespit etmişlerdir. Gam arabik, maltodekstrin ile karşılaştırıldığında termal olarak daha kararlı olmasına rağmen, kapsüllenmiş örneğin fenolik bileşiklerinin, flavonoidlerinin tutulmasında ve antioksidan aktivitesi üzerinde olumsuz bir etki gösterdiğini belirtmişlerdir (Ballesteros, vd., 2017)

## **2.7. Püskürtmeli Kurutma Yöntemi**

Püskürtmeli kurutma gıda endüstrisindeki en eski ve yaygın kullanılan kapsülleme tekniğidir (Poshadri, vd., 2010; Ray, vd., 2016). Enkapsüle aroma üretmek için 1937’ de A. Boake Roberts tarafından püskürtmeli kurutma tekniği keşfedilmiştir. Vitaminler, mineraller, renklendiriciler, yağ ve yağ aroması, aroma bileşenleri, oleoresinler ve enzimler püskürtmeli kurutma tekniği kullanılarak kapsüllenmiştir. Ekonomik ve aynı zamanda gıdayı korumak için etkili bir yöntemdir, özel ekipman gerektirmeyen gıdalar için bu yöntem en yaygın şekilde kullanılmaktadır (Poshadri, vd., 2010).

Materyalin kapsülasyonu için kaplayıcı materyal ile genellikle belli bir oranında karıştırılarak homojenleştirilir. Karışım daha sonra bir püskürtmeli kurutucuya beslenir ve bir meme veya eğirme tekerleği ile atomize edilir. Atomize materyal ile temas eden sıcak hava buharlaştırılır. Kapsüller daha sonra kurutucunun tabanına düştükten sonra toplanır (Kailasapathy, 2002; Ray, vd., 2016). Atomize olmuş sıvı, sıcak havaya püskürtülürken kuruma gerçekleşir. Çoğunlukla su olan çözücü buharlaştırılır ve bir toz ürün oluşur. Toz kurutucunun altında toplanır. Püskürterek kurutma işlemi sıvı bir rneği katı bir toza dönüştürmektedir (Jia, vd., 2016).

Tipik olarak parçacıkların şekli küreseldir ve ortalama boyutları 10-100 µm arasındadır (Fang ve Bhandari, 2010). Bu süreç basit, hızlı ve ucuzdur (Jia, vd., 2016). Dondurarak kurutmaya göre 30-50 kat daha ucuz bir yöntemdir (Bor, vd., 2016). Bununla birlikte, tozun püskürtücü kurutucuya yapışması nedeniyle ürünün verimi düşüktür. Duyarlı rnler yüksek kurutma sıcaklıklarında bozulabilmektedir (Jia, vd., 2016).

Püskürterek kurutmada kaplayıcı materyal olarak; polisakkaritler (maltodekstrin, mısır şurubu, gam arabik), proteinler (jelatin, kazein, süt serumu, soya ve buğday), lipitler (stearik asit, mono ve digliserit) kullanılmaktadır (Ray, vd., 2016).

## **2.8. Dondurarak Kurutma Yöntemi**

Dondurarak kurutmanın temeli; ürünün dondurulması ve buz kristallerinin süblimasyon yolu ile üründen uzaklaştırılmasına dayanır. Dondurarak kurutma veya liyofilizasyon, ısıya duyarlı materyallerin ve aromaların dehidrasyonu için uygundur (Joye, vd., 2014). Dondurma, süblime etme, desorpsiyon ve nihai depolama gibi dört ana operasyondan oluşan çok kademeli bir işlemdir (Joye, vd., 2014; Ray, vd., 2016).

Yöntemin etkinliği; kullanılan kaplamaya bağlı olsa da, dondurarak kurutma, düşük işleme sıcaklığına sahip olduğu için, fitokimyasalların kapsüllenmesi için en verimli teknik olduğu yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır (Da Rosa, vd., 2014). Başarılı bir dondurarak kurutma işlemi, şekil, boyut, görünüm, tat, renk, lezzet, doku ve biyolojik aktivite gibi ilk hammadde özelliklerinin çoğunu korur (Ramírez, vd., 2015). Dondurarak kurutma işleminin en büyük dezavantajları, yüksek enerji girişi ve uzun işleme süresidir (Ray, vd., 2016).

Dondurarak kurutma yöntemi, püskürterek kurutma işleminden daha yüksek maliyete sahip olmasına rağmen, işlem oksijensiz ortamda gerçekleştiğinden, ısıya duyarlı malzemelerin kurutulmasında ve oksidatif reaksiyonların minimumda tutulmasında uygun bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Cano Higueta, vd., 2015). Dondurarak kurutma yönteminde en çok kullanılan kaplama malzemeleri; gam arabik, maltodekstrin, emülsifiye nişastalar, peyniraltı suyu proteini vb. dir (Ray, vd., 2016).

## **2.9. Fenolik Bileşikler ve Fenolik Bileşiklerin Enkapsülasyonu**

Son 30 yılda, araştırmacılar ve gıda üreticileri giderek artan oranda polifenollerle ilgilenmeye başladılar. Bu ilginin başlıca nedeni, polifenollerin antioksidan özelliklerinin bilinmesi, günlük beslenmemizde büyük bir yer kaplaması, kanser, kardiyovasküler ve nörodejeneratif hastalıklar gibi oksidatif stresle ilişkili çeşitli hastalıkların önlenmesindeki muhtemel rolüdür. Ayrıca, birçok tıbbi bitkideki aktif maddeleri oluşturan polifenoller, çok çeşitli enzimlerin ve hücre reseptörlerinin aktivitesini ayarlar (Manach, vd., 2004).

Biyoaktif bileşikler, bitki ve gıda ürünlerinde doğal olarak küçük miktarlarda ortaya çıkan gıda bileşenleridir. En yaygın biyoaktif bileşikler arasında antibiyotikler,

mikotoksinler, alkaloidler, gıda sınıfı pigmentler, bitki büyüme faktörleri ve fenolik bileşikler gibi ikincil metabolitler bulunmaktadır. Fenolik bileşikler arasında flavonoidler, fenolik asitler ve tanenler bulunmaktadır. Flavonoidler, doğal olarak oluşan sekiz bin fenolik bileşiğin yarısından fazlasını oluşturan en büyük bitki fenolik grubunu oluşturmaktadır (Saxena, vd., 2012).

Fenolikler, bitkilerin üremesine ve büyümesine yardımcı olmanın yanı sıra patojenlere, parazitlere ve yırtıcılara karşı koruma sağlayan bitkilerde ikincil metabolizma ürünleri olarak tanımlanmaktadır (Liu ve Felice, 2007).

Yaşam süresi arttıkça, sağlık hizmetleri maliyetlerinin artmasıyla birlikte, ilaç ve gıda endüstrileri fonksiyonel gıdaları büyük potansiyele sahip yeni bir pazar olarak görmeye başlamıştır. Japonya, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Avrupa Birliği (AB), fonksiyonel dünya gıda pazarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. (Dias, vd., 2015). Birçok ülkede, yenilebilir bitkilerden elde edilen polifenoller, çok çeşitli hastalıkların ilerlemesini önleme veya geciktirme kabiliyeti nedeniyle gıdaları ve içecekleri güçlendirmek için fonksiyonel bileşenler olarak kullanılmıştır (Pasukamonset, vd., 2016).

Biyoaktif bileşenler, hem depolama hem de gıda işleme sırasında genellikle bozulma eğilimindedirler (Dias, vd., 2015). İnsan vücudundaki fenolik bileşiklerin biyoyararlanımını arttırmak için, enkapsülasyon işlemi ideal bir yöntem olabilmektedir (Jia, vd., 2016). Ayrıca fenolik bileşiklerin çoğunun hoş olmayan tatları nedeniyle doğrudan tüketimi sınırlı olmaktadır. Enkapsülasyon işlemi ile ekstraktların bu gibi sorunları engellenebilmektedir (Luca, vd., 2013). Fenolik bileşikleri kapsüllemek için emülsiyon, püskürtmeli kurutma, ekstrüzyon, elektrospinning ve koaservasyon gibi birçok kapsülleme tekniği vardır (Jia, vd., 2016).

## **2.10. Biyoyararlılık**

İnsan sindirimi, yutulan gıdaların vücut tarafından büyüme, hücre bakımı ve yakıt için kullanılabilir besinlere ayrıldığı sağlık için gerekli karmaşık bir süreçtir. İnsan sindirimi sırasında aynı anda iki ana işlem gerçekleşir: (i) gıda parçacıklarının boyutunu azaltan mekanik parçalanma ve (ii) makromoleküllerin kan dolaşımına emilen daha küçük bileşenlere hidrolize edildiği enzimatik parçalanma. Gıdaların parçalanması esas olarak ağız ve midede gerçekleşirken, gıdanın ve suyun enzimatik

sindirimi ve emilimi esas olarak ince ve kalın bağırsakta gerçekleşir (Guerra, vd., 2012).

Gıdaların biyoyararlanımı, yutulan bir gıda maddesinin emilimi ve metabolik kullanımı ile ilişkilidir. Polifenollerin biyoyararlanımı yapılarına ve konjugasyonlarına bağlı olarak oldukça değişkendir. Yutulan polifenollerin büyük bir kısmı (% 75-% 99) idrarda bulunmaz. Bu, bağırsak bariyerinden emilmediklerini, safra tarafından emildiklerini ve atılmadıklarını, kolonik mikroflora veya kendi dokularımız tarafından metabolize edilmediklerini gösterir (Parada ve Aguilera, 2007).

Gıda maddelerinin biyoyararlanımını belirleme yöntemleri, bir laboratuvarında insan sindirim sistemini simüle etmiş deney (*in vitro*) veya insan içeren (*in vivo*) deney ile tespit edilebilir. *In vivo* yöntemler doğrudan biyoyararlanım verisi sağlar ve çok çeşitli besin maddeleri ve gıdalar için kullanılmaktadır. Hızlı, güvenli oldukları ve *in vivo* yöntemlerin etik kısıtlamalarına sahip olmadıkları için *in vitro* yöntemler şu anda yaygın olarak kullanılmaktadır (Parada ve Aguilera, 2007).

*In vitro* yöntemler, sindirim sırasında insan vücudunda bulunanlara benzer koşulları (sıcaklık, çalkalanma, pH ve enzim ve kimyasal bileşim) içermektedir. *In vivo* yöntemler basit, hızlı, kolay kontrol edilebilir, düşük maliyet, yüksek hassasiyet ve iyi tekrarlanabilirlik gibi avantajlar sunar (Moreda Piñeiro, vd., 2011).

*In vitro* sindirim yöntemleri statik ve dinamik gastrointestinal modeller olarak iki kategoriye ayrılabilir. Statik modeller, gıdaların simüle edilmiş ağız, mide ve ince bağırsak koşullarına sırayla maruz bırakılmasıyla insan sindirim sisteminden geçişini simüle eder. Dinamik gastrointestinal modeller ise, enzimatik ve kimyasal bileşimini taklit etmenin yanı sıra sindirim sırasında oluşan mekanik kuvvetleri simüle etmeyi amaçlamaktadır (Guerra, vd., 2012; Serra, vd., 2010).

Bitkilerde (meyve ve sebzeler) bulunan besin maddelerinin ve biyoaktif bileşiklerin biyoyararlanımı günümüzde gıda ve beslenme araştırmalarının son derece önemli bir alanıdır. Bu çalışmaların amacı, belirli gıdaların (örneğin antioksidanlar) gerçek katkısını belirlemek ve sağlık yararlarını en üst düzeye çıkaran işleme koşulları oluşturmaktır. Her ne kadar birçok fotokimyasalın insan sağlığını iyileştirmede önemli etkileri olduğu bilirse de, sadece mikroyapının biyoyararlanımını etkilediğine dair kanıtları incelenmektedir. Öğütme, fermantasyon ve/veya hafif ısıtma gibi gıda işleme yöntemleri, büyük olasılıkla bitkisel dokularının hücre duvarlarının bozulmasını, gıda

matris komplekslerinin ayrılmasını veya daha aktif moleküler yapılara dönüşümün bir sonucu olarak biyoyararlanımı artırabilir (Parada ve Aguilera, 2007). Pratik bakış açısıyla mikrokapsülleme teknikleri, çekirdeği dış ortamdan koruyarak çekirdek ve onu çevreleyen ortam arasındaki aktarımı azaltarak, moleküllerin biyoyararlanımlarını azaltabilen diğer gıda bileşenleri ile reaksiyona karşı koruyarak ürün raf ömrünü uzatır (Kuang, vd., 2010). Uygulanan teknolojiye ve kapsüllenmiş biyoaktif maddeye bağlı olarak, mikrokapsülasyon işleminin tasarımında dikkate alınması gereken hususlar vardır. Örneğin, çok güçlü antioksidan özellikteki fenolik bileşikler yutulduktan sonra metillenmiş, glukuronlanmış ve sülfatlanmış metabolitlerde dönüştürüldüğünden biyoyararlanımlarında problemler ortaya çıkmaktadır (Dias, vd., 2015). Fenolik bileşiklerin biyoyararlılığını arttırmak için, nanopartikül ve mikro vezikül (micro-vesicle) kolloidal sistemler gibi çeşitli kimyasal ve teknolojik yöntemler geliştirilmiş ve test edilmiştir. Nanoteknoloji, hedef dokulardaki fenoliklerin biyoyararlılıklarının geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Nano sistemlerin kullanılması fenolik bileşiklere, genellikle düşük emilim sağlayan metabolik biyotransformasyonu önleyerek fiziksel yapılarını kaybetmeden hedef dokulara ulaştırmak için aracılık edebilir (Chen, vd., 2019).

Resveratrolün mikrokapsülasyonunun biyoyararlanımını arttırdığını yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir (Dias, vd., 2015). Birçok araştırmada, luteinin mikrokapsülasyonunun stabiliteyi ve suda çözünürlüğü iyileştirebildiğini ve lutein salınımını kontrol edebildiğini bildirmişlerdir (Zhang, vd., 2015). Son araştırmalara göre, bitkilerden elde edilen fenolik bileşiklerin kapsüllenmesi için daha yüksek bir tutma oranı ve korunmuş biyoaktivite ile püskürtmeli kurutma yöntemi daha uygundur (Chen, vd., 2019). Gıdaların kapsülasyonunda yaygın olarak maltodekstrin, gam arabik, modifiye edilmiş nişasta ve kitosan gibi polisakkaritler kullanılmaktadır (Ballesteros, vd., 2017).

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Ateş Dikeni Meyvesi**

Ateş dikeni meyvesi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampüs alanındaki (41° 22' 3.4140" K ve 36° 11' 54.1392" D) bitkilerden ekim ayı içinde toplanarak ağzı kilitli polietilen ambalajlara konulmuş ve -18 °C' de depolanmıştır. Tür teşhisi Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde yapılmıştır.

##### **3.1.2. Standartlar**

*p*-hidroksibenzoik asit, rutin, şiringik asit, gallik asit, (+)-kateşin, klorojenik asit, kafeik asit standartları Sigma-Aldrich firmalarından tedarik edilmiştir.

##### **3.1.3. Kimyasallar**

Meyvelerin ekstraksiyonunda % 96 saflıkta etil alkol kullanılmıştır. Methanol ( $\geq$  % 99.7) ve sodyum hidroksit ( $\geq$  99.0) Isolab, asetonitril ( $\geq$  % 99.9) Honeywell, formik asit (%98-100) Merck, Sülfürik asit % 95-98 Merck, 2, 2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH) Sigma-Aldrich, 2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine (TPTZ) Sigma-Aldrich, Demir sülfat (FeSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O) Isolab, Folin-Ciocalteu çözeltisi Sigma-Aldrich, gallik asit Sigma-Aldrich, glasiyel asetik asit (% 99.85) Sigma-Aldrich, demir (III) klorür heksahidrat Sigma-Aldrich, sodyum asetat trihidrat Sigma-Aldrich, hidroklorik asit (% 37, Sigma-Aldrich), sodyum klorür (NaCl) Isolab, potasyum klorür (KCl) Merck, Pepsin, Pankreatin Bile extract porcine Sigma-Aldrich firmalarından temin edilmiştir. Mikrokapsülasyon işlemlerinde kullanılan maltodekstrin (DE 16.5-19.5) ve akasya gamı Sigma-Aldrich, firmasından tedarik edilmiştir.

##### **3.1.4. Yoğurt Üretimi**

Analizlerde kullanılan yoğurtlar pilot ölçekte Eren Gıda Endüstrisi San. Tic. Ltd. Şti. destekleriyle üretilmiştir.

#### **3.2. Yöntem**

##### **3.2.1. Taze Meyvede Yapılan Analizler**

Ateş dikeni meyvesi ekstrakte edilmeden önce aşağıda ifade edilen bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır.

### 3.2.1.1. Toplam Kuru Madde Tayini

Kuru madde belirli miktarlardaki örneğin  $103 \pm 2$  °C’ de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması ile gravimetrik olarak belirlenmiştir.

### 3.2.1.2. Suda Çözünür Kuru Madde Tayini

Havanda ezilen ateş diken meyvesi brix ölçülmeden hemen önce tülbent bir bezden geçirilmiştir. Elde edilen pulptan dijital el refraktometresinin (Atago PAL3, Tokyo) prizması üzerine 2-3 damla kadar damlatılarak dijital okuması yapılarak % Brix değeri kaydedilmiştir.

### 3.2.1.3. Renk Analizi

Ateş diken meyvesinin renk analizi, Minolta chroma meter (CR-400, Osaka, Japan) kullanılarak  $L^*, a^*, b^*$  renk sistemi cinsinden ölçülmüştür. Elde edilen değerler doğrultusunda metrik kroma için  $C^*$  ve renk açısı için  $H^\circ$  değerleri,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini aşağıdaki denklemlerdeki yerlerine koyularak hesaplanmıştır.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$H^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

### 3.2.1.4. pH

Havanda ezilen ateş diken meyvesinin pH değerleri pH metre (Ohaus Starter 300, USA) ile katı prop direk daldırılarak ölçülmüştür.

### 3.2.1.5. ICP-EOS Analizi

Meyvenin bazı mineraller bakımından incelenmesi Hitit Üniversitesi Bilimsel Teknik Uygulama ve Araştırma Merkezi’ nde hizmet alımı ile gerçekleştirilmiştir. Akın ve ark. (2020)’ nin metodu kullanılarak meyvede Ag, Se, Cu, Fe, P, Mg, Mn, Na, Zn, K mineralleri incelenmiştir. Mikrodalga destekli numune ayrıştırması için 0.3 g meyve teflon tüplere tartılmıştır. Daha sonra, numuneye 2 ml % 35 (m / v)  $H_2O_2$  ile 5 ml % 65 (m/v)  $HNO_3$  ilave edilerek kapatılmış ve mikrodalga fırına yerleştirilmiştir. Mikrodalga çalışma koşulları 145 °C’ de 5 dakika; 200 °C’ de 20 dakika ve 50 °C’ de 10 dakika şeklinde uygulanmıştır. Oda sıcaklığına soğutulmuş teflon tüpte kalan berrak kısım analizden önce 0.45 µm PTFE filtrelerden süzülmuş ve minerallerin tespiti için Thermo Scientific/ICAP 6500 marka/model ICP-EOS cihazında uygun dalga boyunda okuma yapılmıştır.

### **3.2.2. Ateş Dikeni Meyvesinin Ultrasonik Destekli Ekstraksiyonu**

Ateş dikeni meyvesinin ekstraksiyonu için farklı değerlerde etanol (%), amplitude değeri (%) ve ekstraksiyon süreleri (dakika) uygulanmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda en yüksek toplam fenolik ve en yüksek antioksidan madde miktarı veren oranlar seçilerek ekstraksiyon işlemi yapılmıştır. Buna göre; 50 gram meyve tartılmış etanol:su (60:40 ml) ile 250 ml' ye tamamlanmıştır. 5 dakika boyunca ultraturaks ile 5000 rpm hızda homojenize edilmiştir. Ardından 60 amplitude değerine ayarlanmış Sonic vibracell (VCX 750, Sonics and Materials, Inc., USA) 208 A prob ile  $25\pm 2$  °C sabit sıcaklıkta 20 dakika ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ekstraksiyon sonrasında elde edilen ekstraktlar santrifüj tüplerine alınarak 9000 rpm' de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Ekstraktaki etanolün uzaklaştırılması için 52 °C' de, 130 mbar basınçta 1.5 saat boyunca Rotary Evaporatör (Buchi; Rotavapor® R-300, Heating Bath B-300, Vacuum Pump V-100, Interface I-100) kullanılarak evaporasyon işlemi gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.3. Ateş Dikeni Ekstraktına Yapılan Analizler**

#### **3.2.3.1. Toplam Biyoaktif Bileşenlerin Tayini**

##### **Toplam Fenolik Madde İçeriği**

Fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 20 µl ekstrakta 1580 µl saf su ve 100 µl Folin Ciocalteu reaktif maddesi ilave edilip karıştırılmış ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Ardından üzerine 300 µl Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi (% 30 w/v) ilave edilip karıştırmıştır. Karanlık bir ortamda oda ısısında 2 saat bekletildikten sonra örneklerin absorbansı 760 nm' de okunmuştur. Toplam fenolik madde içeriği mg gallik asit eşdeğeri olarak g yaş meyve cinsinden hesaplanmıştır.

##### **Toplam Flavonoid İçeriği**

Toplam flavanoid içeriği Zhishen vd. (1999)' nin yöntemine göre kolorimetrik olarak tespit edilmiştir. 0.5 ml ekstrakt 2.5 ml saf su ile seyreltilmiştir. Ardından karışıma % 5' lik NaOH çözeltisinden 150 µl ilave edilip 6 dakika bekletilmiştir. 300 µl % 10' luk AlCl<sub>3</sub>6H<sub>2</sub>O çözeltisi ilavesinden 5 dakika sonra 1 M NaOH' dan 1 ml ilave edilmiştir. Saf su ile 10 ml' ye tamamlanmıştır. İyice karıştırılan çözeltinin absorbans değeri 510 nm' de ölçülmüştür. Toplam flavonoid içeriği mg Rutin eşdeğeri/g yaş meyve olarak verilmiştir.

### 3.2.3.2. Toplam Antioksidan Aktivite Tayini

#### Serbest Radikal Süpürücü Aktivite (DPPH)

Serbest radikal süpürücü aktivite analizi Brand Williams vd. (1995)' in metoduna göre yapılmıştır. Buna göre; 100 µL ekstrakt üzerine 3900 µL 0.06 mM metanollü DPPH çözeltisi ilave edilip karıştırılmıştır. Ardından hemen 515 nm' de okuma yapılmıştır. Radikal indirgeme aktivitesi % DPPH inhibisyonu olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ DPPH inhibisyonu} = \frac{\text{Kontrolun absorbansı} - \text{numunenin absorbansı}}{\text{Kontrolun absorbansı}} \times 100$$

#### Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP)

Demir indirgeme antioksidan gücü Ballesteros vd. (2014)' nin yöntemi modifiye edilerek tespit edilmiştir. 100 µL ekstrakt üzerine 900 µL saf su ilave edilmiştir ardından, taze hazırlanan 2000 µL FRAP çözeltisi (40 mM HCl içerisine, 10 mM TPTZ (2, 4, 6-tris (2- piridil)-s-triazin), 20 mM FeCl<sub>3</sub>, 0.3 M pH 3.6 ayarlı (NaOH veya HCl ile) olan asetat tamponu 1:1:10 oranlarında karıştırılarak ayarlanmıştır) ilave edilmiştir. Örnek absorbansı 37 °C' de 30 dakika karanlıkta inkübe edildikten sonra 593 nm dalga boyunda absorbans değerleri hesaplanmıştır. Demir sülfata (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) ait kalibrasyon eğrisi oluşturularak, örneğe ait derişim belirlenmiştir. Sonuçlar µmol FeSO<sub>4</sub>/g türünden tespit edilmiştir.

### 3.2.3.3. Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol

#### Bileşiklerin Profili

Örneklerin fenolik bileşen tespiti için Onsekizoglu vd. (2010)' nin metodu kullanılmıştır. Meyve ekstraktı, analizi yapılmadan önce 0.45 µm filtreler kullanılarak viallere yüklenmiştir. Polifenollerin ayrımı için HPLC-DAD kullanılmıştır. Kolon olarak C-18 ODS Intersil (5 µm, 250 x 4.6 mm) seçilmiştir. Kullanılan mobil faz oda sıcaklığında 1 ml/ dakika akış hızında A mobil fazı (formik asit ve su karışımı (5:95, v / v)) ve B mobil fazı (metanol) uygulaması ile analiz gerçekleştirilmiştir. Enjeksiyon hacmi 20 µl olarak ayarlanmıştır. Gradyent koşulları; 0-5 dakika % 15 B mobil fazı izokratik, 5-20 dakika % 15 ila % 30 B mobil fazı lineer, 20-30 dakika % 30 ila % 50 B mobil fazı lineer, 30-40 dakika % 50 B mobil fazı izokratik ve 40-50 dakika % 50' den % 15' e kadar B mobil fazı lineer şeklinde uygulanmıştır. Kromatogram, elüsyon boyunca sürekli olarak spektrumlar alınarak 280 nm ve 320 ve 360 nm' de izlenmiştir.

### 3.2.4. Ateş Dikeni Meyvesi Ekstraktının Enkapsülasyonu

#### 3.2.4.1. Püskürtmeli Kurutma Yöntemi ile Mikrokapsül Üretimi

Püskürtmeli kurutma şartlarını optimize etmek için Design Expert 12.0 (deneme versiyonu) kullanılmıştır. 6 adet merkez, 6 adet eksenel noktalar olmak üzere toplam 20 adet deneme oluşturulmuştur. Bu 20 adet deneme için Buchi Mini Spray Dryer B-290, (İsviçre) marka laboratuvar ölçekli püskürtmeli kurutucuda (Şekil 3.1.) üretim gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Püskürtmeli kurutucu

Çekirdek:kaplayıcı materyal 1:2 sabit tutularak; enkapsülasyon konsantrasyonu % 10-30 ( $X_1$ ), maltodekstrin:gam arabik oranı 20-80 ( $X_2$ ), (1:4, 2:3, 1:1, 3:2, 4:1), hava giriş sıcaklık 130-150 °C ( $X_3$ ) olarak seçilmiştir (Çizelge 3.1).

Püskürtmeli kurutucu besleme hızı % 20 (6 ml/dakika), aspiratör debisi % 100 ve hava akış hızı 414 l/saat (% 35) olarak sabit tutulmuştur.

Çizelge 3.1. Yanıt yüzey deneme planı

Bağımsız Değişkenler	Optimizasyon Değerleri				
	-a	-1	0	1	+a
Enkapsülasyon Konsantrasyonu (%)	10	15	20	25	30
Maltodekstrin Oranı (%)	20	40	50	60	80
Hava giriş sıcaklığı (°C)	130	135	140	145	150

Yanıt yüzey yöntemi, ateş dikeni ekstraktının püskürtmeli kurutma sırasında işlem koşullarından besleme çözeltisinin konsantrasyonu, maltodekstrin/gam arabik oranı ve hava giriş sıcaklığının toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite değeri, mikrokapsül verimi değerine etkilerini tahmin etmek amacı ile kullanılmıştır. Bu deneme desenine (Çizelge 3.2) göre elde edilen mikrokapsüllere; toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite, % nem, su aktivitesi, ıslanabilirlik, çözünabilirlik, serbest yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu mikrokapsül verimi analizleri yapılmıştır.

#### **Besleme Çözeltisinin Hazırlanışı**

150 ml kaplama çözeltisi 7000 rpm de 5 dakika ultraturaks kullanılarak karıştırılmıştır. 1 çekirdek (meyve ekstraktı):2 kaplama çözeltisi olacak şekilde (75 ml meyve ekstraktı) yavaşça ilave edilerek 7000 rpm de 5 dakika daha ultraturaks ile karıştırılmıştır. Santrifüj tüplerine konularak 8000 rpm devirde 5 dakika santrifüj edilmiştir. Ardından bir behere alınan besleme çözeltisi püskürtmeli kurutucuya konulmuştur.

Çizelge 3.2. Üç faktörlü central composite rotatable dizayn için deneme planı

Deney no	Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)	Maltodekstrin oranı (%)	Hava giriş sıcaklığı (°C)
1	25	40	135
2	20	50	150
3	20	50	140
4	20	50	140
5	25	40	145
6	20	50	140
7	20	50	140
8	20	50	140
9	12	50	140
10	20	50	140
11	25	60	145
12	15	60	135
13	20	67	140
14	15	60	145
15	20	50	130
16	15	40	135
17	25	60	135
18	28	50	140
19	20	33	140
20	15	40	145

#### 3.2.4.2. Dondurarak Kurutma Yöntemi ile Mikrokapsül Üretimi

Püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllere yapılan optimizasyon sonucu elde edilen oranlar doğrultusunda besleme çözeltisi hazırlanmıştır. Buna göre enkapsülasyon konsantrasyonu % 15, maltodekstrin:gam arabik oranı 3:2 olan kaplama çözeltisi 7000 rpm de 5 dakika ultraturaks kullanılarak karıştırılmıştır. Karışım içine, meyve ekstraktı:kaplama çözeltisi oranı 1:2 olacak şekilde yavaşça meyve ekstraktından ilave edilmiştir. Ardından hazırlanan karışım 7000 rpm de 5 dakika daha ultraturaks ile karıştırılmıştır. Santrifüj tüplerine konularak 8000 rpm devirde 5 dakika santrifüj edilmiştir.

Dondurarak kurutma işleminden bir gün önce karışım 1 cm yükseklikte olacak şekilde plastik örnek kaplarına alınarak -80 °C' de dondurulmuştur. Ertesi gün örnekler

-80 °C’ de 0.120 mbar basıncındaki Epsilon 2-4 LSC marka/model liyoflizatörde (Şekil 3.2.) 48 saat boyunca kurutulmuştur.



Şekil 3.2. Liyoflizatör (Hübtüam, Çorum)

### 3.2.5. Mikrokapsül Analizleri

#### 3.2.5.1. Nem Tayini

Mikrokapsüllerin nem miktarının ölçülmesi için yaklaşık 0.5 gram örnek tartılmış ve  $103 \pm 2$  °C’ de 24 saat tutulmuştur. Sonuçlar % nem olarak verilmiştir.

#### 3.2.5.2. Su Aktivitesi Miktarı

Mikrokapsüllerin su aktivitesi değeri Aqualab dew point water activity meter 4TE marka/model su aktivitesi ölçüm cihazı (Şekil 3.3) kullanılarak tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Su aktivitesi cihazı

### 3.2.5.3. Renk Analizi

Ateş dikeni mikrokapsüllerinin renk analizi, Minolta chroma meter (CR-400, Osaka, Japan) kullanılarak  $L^*, a^*, b^*$  renk sistemi cinsinden ölçülmüştür. Elde edilen değerler doğrultusunda metrik kroma için  $C^*$  ve renk açısı için  $H^\circ$  değerleri,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini aşağıdaki denklemlerdeki yerlerine koyularak hesaplanmıştır.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$H^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

### 3.2.5.4. Islanabilirlik Analizi

100 ml' lik bir behere 100 ml saf su ( $25 \pm 1$  °C) ilave edilmiştir. Beherdeki su yüzeyinin 10 cm üstünden 0.1 g mikrokapsül suya bırakılmış ve aynı anda zaman ölçer çalıştırılmıştır. Partiküller tamamen ıslanmaya kadar geçen zaman (saniye) kaydedilmiştir (Jinapong, vd., 2008).

### 3.2.5.5. Çözünabilirlik Analizi

Goula ve Adamopoulos (2008)' nin yöntemi modifiye edilerek analiz gerçekleştirilmiştir. 1 g mikrokapsül tartılarak  $25 \pm 1$  °C' daki 25 ml saf su içerisine ilave edilerek 1500 rpm hızdaki manyetik karıştırıcıda çözünmesi için gereken süre (saniye) kaydedilmiştir.

### 3.2.5.6. Serbest ve Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu Analizi

Mikrokapsüllerin serbest ve sıkıştırılmış yığın yoğunluğu analizi Chegini ve Ghobadian (2005)' nin yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Yaklaşık 1 g mikrokapsül 10 ml' lik mezürde kapladığı hacim kaydedilmiştir. Tartılan mikrokapsül miktarının kapladığı hacme bölünmesiyle serbest yığın yoğunluğu hesaplanmıştır. Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ise tartılan mikrokapsül miktarının mezurun plastik bir zemine yaklaşık 15 cm yükseklikten 50 defa vurulması sonrası kapladığı hacme bölünmesi ile hesaplanmıştır.

### 3.2.5.7. Mikrokapsül Verimi

Kurutma işleminden sonra elde edilen mikrokapsül ağırlığının, besleme çözeltisindeki katı madde ağırlığına bölünmesi ile mikrokapsül verimi hesaplanmıştır.

$$\% MV = (BK/MK) \times 100$$

MV: Mikrokapsül verimi (%)

BK: besleme katı madde miktarı (g)

MK: mikrokapsül katı madde miktarı (g)

### **3.2.5.8. Spektrofotometrik Analizler**

#### **Spektrofotometrik Analizler İçin Ön Hazırlık**

0.5 gram mikrokapsül tartılmış üzerine 50 ml etanol:asetik asit:su (50:8:42) ilave edilmiştir. 1 dakika vorteks ile karıştırılmıştır. Ardından 8000 rpm' de 5 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. 0.45 µm gözenekli filtreden geçirilmiştir. Süzüntüden alınarak toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid ve antioksidan aktivite (% DPPH indirgeme, FRAP) tayinleri yapılmıştır.

#### **Toplam Fenolik Madde İçeriği**

Fenolik madde içeriği Folin-Ciocalteu kolorimetrik yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 20 µl süzüntü, 1580 µl saf su ve 100 µl Folin Ciocalteu reaktif maddesi ilave edilip karıştırılmış ve 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Ardından üzerine 300 µl Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi (% 30 w/v) ilave edilip karıştırılmıştır. Karanlık bir ortamda oda ısısında 2 saat bekletildikten sonra örneklerin absorbansı 760 nm' de okunmuştur. Toplam fenolik madde içeriği mg gallik asit eşdeğeri olarak 1 g mikrokapsül cinsinden hesaplanmıştır.

#### **Toplam Flavonoid İçeriği**

Toplam flavanoid içeriği Zhishen vd. (1999)' nin yöntemine göre kolorimetrik olarak tespit edilmiştir. 0.5 ml süzüntü 2.5 ml saf su ile seyreltilmiştir. Ardından karışıma % 5' lik NaOH çözeltisinden 150 µl ilave edilip 6 dakika bekletilmiştir. 300 µl %10' luk AlCl<sub>3</sub>6H<sub>2</sub>O çözeltisi ilavesinden 5 dakika sonra 1 M NaOH' dan 1 ml ilave edilmiştir. Saf su ile 10 ml' ye tamamlanmıştır. İyice karıştırılan çözeltinin absorbans değeri 510 nm' de ölçülmüştür. Toplam flavonoid içeriği mg Rutin Eşdeğeri/g mikrokapsül olarak verilmiştir.

#### **Serbest Radikal Süpürücü Aktivite (% DPPH İnhibisyonu)**

100 µL süzüntü üzerine 3900 µL 0.06 mM metanollü DPPH çözeltisi ilave edilip karıştırılmıştır. Ardından hemen 515 nm' de okuma yapılmıştır. Radikal indirgeme aktivitesi % DPPH inhibisyonu olarak hesaplanmıştır (Brand Williams, vd., 1995).

### **Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP)**

Demir indirgeme antioksidan gücü Ballesteros vd. (2017)' nin yöntemi modifiye edilerek tespit edilmiştir. 100 µL süzüntü üzerine 900 µL saf su ilave edilmiştir ardından, taze hazırlanan 2000 µL FRAP çözeltisi (40 mM HCl içerisinde, 10 mM TPTZ (2, 4, 6-tris (2- piridil)-s-triazin), 20 mM FeCl<sub>3</sub>, 0.3 M pH 3.6 ayarlı (NaOH veya HCl ile) olan asetat tamponu 1:1:10 oranlarında karıştırılarak ayarlanmıştır) ilave edilmiştir. Örnek absorbansı 37 °C' de 30 dakika karanlıkta inkübe edildikten sonra 593 nm dalga boyunda absorbans değerleri hesaplanmıştır. Demir sülfata (FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O) ait kalibrasyon eğrisi oluşturularak, örneğe ait derişim belirlenmiştir. Sonuçlar µmol FeSO<sub>4</sub>/g türünden tespit edilmiştir.

### **3.2.5.9. Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol**

#### **Bileşiklerin Profili**

Mikrokapsüllerin HPLC ile polifenol bileşiklerinin tespiti için 0.5 gram mikrokapsül tartılmış üzerine 50 ml etanol:asetik asit:su (50:8:42) ilave edilmiştir. 1 dakika vorteks ile karıştırılmıştır. Ardından 8000 rpm' de 5 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. 0.45 µm gözenekli filtreden geçirilerek vialer alınmıştır. Mikrokapsüllerin polifenol bileşiklerinin tespiti için Yöntem 3.2.3.3 kullanılmıştır.

#### **3.2.5.10. Parçacık Boyut Dağılımı**

Parçacık boyutu dağılımı Malvern Zetasizer Nano ZSP (Şekil 3.1) ile incelenmiştir. 0.3 nm-10 µm aralığında ölçüm yapan bu cihazda, % 99.9' luk etil alkol kullanılarak % 0.1 (w/v)' lik mikrokapsül dilüsyonu hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyon parçacık boyutu ölçüm küvetine alınarak cihaza yerleştirilmiş ve ölçümler yapılmıştır. Parçacık boyutuna ait sonuçlar nm cinsinden verilmiştir.



Şekil 3.4.Malvern Zetasizer Nano ZSP cihazı (Hübtüam, Çorum)

### 3.2.5.11. Parçacık Morfolojisi

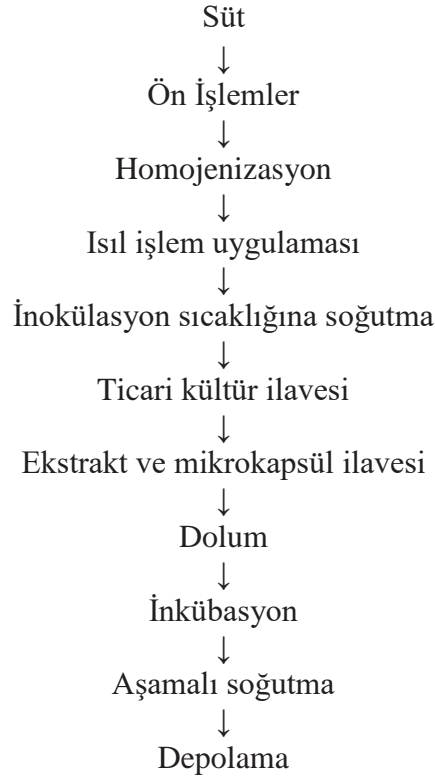
Mikrokapsüllerin parçacık morfolojisi için FEI / Quanta 450 FEG marka / model (Şekil 3.5) taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Cihaza ait örnek tutucu üzerine çift taraflı bant yapıştırılmış ve üzerine mikrokapsül konulmuştur. Ardından örnek tutucular cihaza yerleştirilmiş ve görüntüleme yapılmıştır.



Şekil 3.5. Taramalı elektron mikroskobu (FEI / Quanta 450 FEG, Hübtüam, Çorum)

### 3.2.6. Ateş Dikeni Meyve Ekstraktının ve Mikrokapsüllerin Yoğurt Üretiminde Kullanılması

Set tipi yoğurt üretimi için, kuru madde oranı % 12' ye, yağ oranı ise % 3' e ayarlanan süt, 85-90 °C' de 20 dakika ısıtılma tabi tutulmuştur. Karışım 46 °C' ye soğutulduktan sonra ticari yoğurt kültürü (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*) yoğurt sütüne ilave edilmiştir. Kültür ilavesinden sonra hazırlanan karışım süte, % 0.25, % 0.50 ve % 0.75 oranlarında meyve ekstraktı ve mikrokapsüller ilave edilmiştir. İnkübasyon 43 °C' de pH değeri 4.6-4.7 aralığına gelinceye kadar sürdürülmüştür. Yoğurt örnekleri oda sıcaklığında 15 dakika bekletilmiş ve ardından 4 °C sıcaklıkta 28 gün boyunca depolanmıştır. Depolamanın 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerinde ilgili analizler yapılmıştır.



Şekil 3.6. Yoğurt üretimi akış

### şeması 3.2.7. Yoğurt Analizleri

28 gün boyunca depolanacak olan yoğurt örnekleri 1., 7., 14., 21. ve 28. depolama günlerinde aşağıdaki analizler gerçekleştirilmiştir.

### **3.2.7.1. pH**

Yoğurtların pH değerleri pH metre (Ohaus Starter 300, USA) ile katı prop direk daldırılarak 20 °C' de ölçülmüştür.

### **3.2.7.2. Titrasyon Asitliği**

Erlen içerisine 10 g yoğurt tartılmıştır. Üzerine kaynatılmış ve 40 °C' ye soğutulmuş saf sudan 10 ml ilave edilerek, cam bagetle iyice karıştırılmıştır. Üzerine birkaç damla fenolftalein ayraç çözeltisi (% 1) ilave edilmiştir. 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Sonuçlar g laktik asit/100 g yoğurt cinsinden verilmiştir (Metin ve Öztürk, 2008).

### **3.2.7.3. Toplam Kuru Madde Analizi**

Kuru madde belirli miktarlardaki örneğin 103 ±2 °C' de sabit tartıma gelinceye kadar kurutulması ile gravimetrik olarak belirlenmiştir.

### **3.2.7.4. Serum Ayrılması**

Farnsworth vd., (2006)' nın serum ayrılmasında kullandıkları metod modifiye edilerek yoğurt örneklerine uygulanmıştır. 10 g yoğurt santrifüj tüpüne alınarak 4 °C' de 10 dakika 2500 rpm hızda santrifüj edilmiştir. Üstteki sulu kısım (süzüntü) ayrılarak tartılmıştır. Sonuçlar % serum ayrılması olarak hesaplanmıştır.

### **3.2.7.5. Mikrobiyolojik Analizler**

#### **Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayımı**

Yoğurt örneklerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı için Plate Count Agar (PCA) kullanılmıştır. 30 °C' de 48 saat inkübasyonu sonucu sayımı yapılmıştır (Andrew, 1992).

#### **Maya Küf Sayımı**

Yeast extract glucose chloramphenicol (YGC) besiyerinde 30 °C' de 72 saat inkübasyon sonucu sayım yapılmıştır (Andrew, 1992).

#### **Streptokok Sayımı**

Yoğurt örneklerinde streptokok sayımı için M17 agara ekim yapılarak 37 °C' de 48 saat sonunda gelişen kolonilerin sayımı yapılmıştır (Dave ve Shah, 1996).

### **Laktobasil Sayımı**

MRS agarda anaerobik olarak 37 °C' de 72 saat inkübasyonu sonucu sayımı yapılmıştır (Gardini, vd., 1999).

#### **3.2.7.6. Aroma Analizi**

GC ve SPME kombinasyonu ile gıdalardaki uçucu bileşenler kolay, nispeten hızlı ve ucuz bir yaklaşımla tespit edilebilir (Lehotay ve Hajšlová, 2002).

Uçucu aroma bileşenlerinin analizi Temiz ve Çakmak (2018)' in yöntemi modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla sıvı faz mikroekstraksiyon teknolojisi (SPME) kullanılarak Gaz Kromatografisi Kütle Spektrometresi (GC MS-QP 2010, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) ile uçucu aroma bileşikleri tespit edilmiştir. 2 g ağırlığında yoğurt 15 ml' lik cam viallere tartılmıştır. Örnek tartılmış vialin septumundan SPME fiberi (2 cm–50/30 mm DVD/Carboxen/PDMS Stable Flex Supelco, Bellefonte, PA, USA) batırılmıştır. Ardından vial 60±2 °C' deki su banyosunda 50 dakika boyunca bekletilmiştir. Süre sonunda SPME fiberi uçucu aroma bileşiklerinin desorpsiyonu için kromatografinin enjeksiyon kısmında 5 dakika süre ile bekletilmiştir. Kromatografi kolonu 60 m × 0.25 µm × 0.32 mm film kalığında (Restek Stabilewax, Polyethylene glycol, USA), taşıyıcı gaz olan Helyum sabit akışı 3 ml/ dakika ve basınç 124 kPa olarak belirlenmiştir. Fırın sıcaklığı 6 dakika boyunca 40 °C' de bekletme, dakikada 10 °C sıcaklık artışı ile 180 °C' ye ulaşma ve burada 5 dakika bekletme, dakikada 10 °C artışla 250 °C' ye ulaşma ve burada 3 dakika bekletilerek toplam 35 dakika süresince analiz işlemi gerçekleştirilmiştir. Analiz sonunda uçucu bileşiklerin tanımlanması için WILEY 229, NIST ve FFNSCN (flavour and fragrance natural and synthetic compounds) kütüphaneleri kullanılmıştır.

#### **3.2.7.7. Reolojik Özellikler**

Yoğurt örneklerinin salınım testi, Reometre cihazı (Haake Mars III; Thermo Scientific) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örneklerin ölçümlerinde paralel plaka konfigürasyonu (Cone C35/2° Ti L) kullanılmıştır. Buzdolabından çıkarılan yoğurt örneği analiz öncesinde, oda sıcaklığında 1 dakika süresince 200 rpm hızda manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Tüm testler için iki plaka arasına yaklaşık 0.4 ml örnek yüklenmiş ve termostatik sistem aracılığıyla hassas bir şekilde 4 °C' de analiz edilmiştir. Yatışkın faz kesme reolojik özelliklerinin tespiti için plaka arasına yerleştirilen örnek 0.1-100 s<sup>-1</sup> aralığında kesmeye tabi tutulmuş ve her bir kesme

değerinde 10 s süreyle beklendikten sonra bir veri kaydedilerek 250 s kesme süresince toplam 25 adet veri noktası elde edilmiştir. Böylece örneklerin her bir kesme hızı değerine karşılık gelen görünür viskozite ( $\eta_{50}$ ) ve kesme stresi değerleri kesme hızının bir fonksiyonu olarak tespit edilmiştir. Örneklerin stres taraması 0.1-10 Pa aralığında test edilmiştir ve işlem süresince frekans 1 Hz (6.283 rad/s) olarak sabit tutulmuştur. Örneklerle ait sabit ve zamana bağlı viskoelastik 20 adet veri elde edilmiştir. Yoğurtların viskoelastik özelliklerin belirlenmesinde 0.1 ile 10 Hz arasında 1 Pa basınç altında zamana bağlı tarama testi yapılmıştır. Bu test sonucunda 19 adet veri elde edilmiştir. Bu verilerden  $G'$  (elastikiyet modülü),  $G''$  (viskoz modülü) ve  $\eta^*$  (kopleks viskozite) ve  $\tan \delta$  (tanjant delta) değerleri belirlenmiştir (Ferragut, vd., 2009).

### **3.2.7.8. *In Vitro* Biyoyararlılığının İncelenmesi**

Örneklerin biyoyararlılıklarının belirlenmesi amacıyla Tan vd. (2014)' nin *in vitro* sindirim sistemi yöntemi kullanılmıştır. Yoğurt örneklerinden 1.5 ml alınıp 13.5 ml ağız sıvısı (140 mM NaCl, 5 mM KCl ve 150  $\mu$ M BHT) eklenip ağız sindirimi için 37 °C' de 10 dakika çalkamalı su banyosunda muamele edilmiştir. Mide sindirimi için, 4.5 ml mide sıvısı (1 M HCl ile hazırlanmış 3.2 g/l pepsin) ilave edilmiş ve 1 M NaOH ile pH 2.0' ye ayarlanmıştır. 37 °C' deki çalkalamalı su banyosunda 1 saat inkübasyon sonrası yine 1 M NaOH kullanılarak numunelerin pH' ı 7.5 olarak ayarlanıp sonra 4.5 ml bağırsak sıvısı (4.76 mg/ml pankreatin ve 5.16 mg/ml safra tuzu) eklenmiştir. Ardından pH kontrol edilerek 1M NaOH ile ayarlama yapılmıştır (pH 7.5), 2 saat süren bağırsak sindirimi süresince belirli aralıklarla pH kontrol edilerek 7.5' e getirilmiştir. Bağırsak sindirimi sonucu örnekler falkon tüplerine alınarak 4 °C' de 9000 rpm' de 30 dakika santrifüj edilmiştir. Örneklerin analizleri gerçekleştirilinceye kadar -20 °C' de saklanmıştır. Elde edilen sindirilmiş örneklere polifenol bileşik profili, toplam biyoaktif bileşen tayini, toplam antioksidan aktivite tayini yapılmıştır.

### **Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle Polifenol Bileşiklerin Profili**

Elde edilen sindirilmiş örnekler 0.45  $\mu$ m naylon filtreden geçirilip vialere yüklenmiştir. Örneklerin polifenolik bileşiklerin profili Yöntem 3.2.3.3' e göre tespit edilmiştir.

### **Toplam Biyoaktif Bileşen Tayini**

Elde edilen sindirilmiş örneklerin toplam fenolik madde içeriği ve toplam flavonoid içeriği Yöntem 3.2.3.1' e göre tespit edilmiştir.

### **Toplam Antioksidan Aktivite Tayini**

Elde edilen sindirilmiş örneklerin serbest radikal süpürücü aktivite (DPPH) değeri ve demir indirgeme antioksidan gücü tespitinde Yöntem 3.2.3.2 kullanılmıştır.

#### **3.2.7.9. Renk Analizi**

Yoğurt örneklerinin depolama boyunca  $L^*, a^*, b^*$  renk sistemi cinsinden renk değişimini tespit etmek için Minolta chroma meter (CR-300, Osaka, Japan) kullanılmıştır. Elde edilen değerler doğrultusunda metrik kroma için  $C^*$  ve renk açısı için  $H^\circ$  değerleri,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini aşağıdaki denklemlerdeki yerlerine koyularak hesaplanmıştır.

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

$$H^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

#### **3.2.7.10. Organik Asit Analizi**

Yoğurt örneklerinin organik asit içeriği, yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile Fernandez Garcia ve McGregor (1994)' un yöntemine göre tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerindeki organik asitlerin ekstraksiyonu için santrifüj tüpüne 5 g yoğurt tartılmıştır. Üzerine 25 ml 0.01 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edilerek 1 dakika vortekste karıştırılmıştır. Ardından 4 °C' de 7000xg' de 7 dakika süresince santrifüj edilmiştir. Üzerinde oluşan yağ tabakası uzaklaştırılarak elde edilen süpernatant 0.45µm gözenek çaplı filtreden geçirilerek vialle alınmıştır. Analiz edilinceye kadar -20 °C' de bekletilmiştir. Daha sonra filtrattan 20 µl alınarak sistemde analiz edilmiştir. Organik asit analizinde mobil faz olarak 10 mmol/l perklorik asit kullanılmış ve 0.7 ml/dakika akış hızıyla sisteme verilmiştir. Örneklerdeki laktik asit, asetik asit, sitrik asit ve bütirik asitler 210 nm' de C-18 kolonu kullanılarak tespit edilmiştir. Kullanılan organik asitler ayrı ayrı tanımlanarak, harici standartlar (Sigma Aldrich, Supelco, St. Louis, USA) kullanılarak kantifiye edilmiştir (Ek 4, Ek 5, Ek 6 ve Ek 7).

#### **3.2.7.11. Duyusal Analiz**

Yoğurt örneklerinin duyusal değerlendirmesi, 8 kişilik panelist grup tarafından gerçekleştirilmiştir. Farklı kodlar verilen yoğurt örneklerinin tadım testinden önce ve her bir örnek tadım sonrasında ağızdaki tadı uzaklaştırmak için panelistlere su verilmiştir. Panelistler yoğurtların dış görünüş, kıvam, koku ve tat özelliklerini 1-9

puan aralığında değerlendirmiştir. Ayrıca, katılımcılar örneklerin genel kabulü için de 1-9 arasında bir puan vermişlerdir. Değerlendirme tablosu Ek-15' de verilmiştir.

#### **3.2.7.12. İstatistiksel Analiz**

Püskürtmeli kurutuma yöntemi ile ateş diken mikroenkapsülasyonunun optimizasyonu için enkapsülasyon konsantrasyonu, maltodekstrin:gam arabik oranı ve hava giriş sıcaklığı bağımsız parametreler seçilerek Design Expert 12.0 (deneme versiyonu) programı kullanılmıştır. Optimum koşullar istenirlik fonksiyonu ile tespit edilmiştir.

Tüm analizler en az iki tekerrürlü olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerin istatistiksel değerlendirmelerinde Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları SPSS 21.0 programında elde edilip sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Ateş Dikeni Meyvesinin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Ateş dikeni taze meyvelerine ait fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 4.1.' de verilmiştir. Ateş dikeni meyvesinin detaylı araştırması bulunmayıp, bu meyve üzerine çok az sayıda araştırma yapıldığı tespit edilmiştir. Literatür taramasında ateş dikeni meyvesi ile yapılan çalışmalar; meyvenin A, E, C vitamini,  $\beta$ -karoten, likopen, glutatyon ve malondialdehit miktarları (Çöteli ve Karataş, 2017), antiradikal ve fitokimyasal özellikleri (Keser, 2014; Sarıkürkçü ve Tepe, 2015; Şahin, vd., 2016), antibakteriyal ve antitümör özellikleri (Turker, vd., 2012; Turker ve Yıldırım, 2015), flavonoid dağılımı (Bilia, vd., 1991; Fico, vd., 2000) şeklinde bulunmuştur. Bu sebeple literatüre katkı sağlamak amacıyla ateş dikeni meyvesinin pH, suda çözünür kuru madde (Briks değeri), kuru madde miktarı, kül miktarı, renk değerleri, bazı mineraller açısından incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Yine diğer bölümlerde de ateş dikeni meyvesi ekstraktına ve bunlardan elde edilen mikrokapsüllere ardından yoğurda ilave edilmesiyle elde edilen ürünlere yapılan analiz sonuçlarına değinilecektir.

Ateş dikeni (*Pyracantha coccinea*) meyvesine benzer *Pyracantha koidzumii* (Hayata) Rehder, Çin' in Tayvan eyaletine özgü dikenli, yaprak dökmeyen bir çalıdır. Bu ve birkaç yakından ilişkili tür (Rosaceae familyası), 18. yüzyıldan beri Meksika' da süs ve çit amaçlı yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu bitkinin birçok sağlık yararından dolayı geleneksel tıpta kullanılmasına rağmen, diğer potansiyel uygulamalar hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu sebeple Ramales Valderrama vd. (2016) bu bitki üzerinde bazı araştırmalar gerçekleştirmiştir. Buna göre pH değerleri 6 saatlik inkübasyonda, yaprakta ve yaprak/meyve karışımında sırasıyla ortalama 5.41 ve 5.10 değerinde tespit etmişken, meyvede ortalama pH 4.81 olarak tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda ateş dikeni meyvesinin pH değeri *Pyracantha koidzumii*' den daha düşük tespit edilmiştir. Bir ateş dikeni türü olan *Pyracantha fortuneana* meyvesinin nem içeriği % 74.28 tespit edildiği çalışma ile bizim elde ettiğimiz değer birbinden farklı bulunmuştur, *Pyracantha fortuneana* kül değerini % 0.50 ile yine bizim değerimiz ile farklılık göstermiştir, bizim meyvemizin kül değeri daha yüksek tespit edilmiştir. Yine aynı araştırmada *Pyracantha fortuneana* meyvesinin Ca, Fe, Zn, Se içerikleri sırasıyla 387.50, 72.50, 16.50, 3.50  $\mu\text{g/g}$  olarak tespit edilmiştir (Menglou, vd., 1998). Bu değerler incelendiğinde Fe, Zn ve Se açısından ateş dikeni

meyvesine ait elde ettiğimiz veriler *Pyracantha fortuneana* meyvesinden daha düşük tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1. Ateş dikenini meyvesinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Analizler	Ortalama±standart sapma
pH	4.52±0.03
% Suda çözünür kuru madde (°Bx)	12.17±0.06
Kuru madde (%)	18.86±0.65
Kül (%)	0.85±0.04
<i>L</i> *	37.91±1.84
<i>a</i> *	22.82±2.55
<i>b</i> *	37.38±3.70
<i>C</i> *	43.81±4.37
<i>H</i> *	58.60±1.36
Ag (µg/g)	0.10±0.00
Se (µg/g)	2.28±0.10
Cu (µg/g)	0.23±0.01
Fe (µg/g)	8.40±0.13
P (µg/g)	3572.70±51.20
Mg (µg/g)	48.09±0.22
Mn (µg/g)	0.62±0.02
Na (µg/g)	73.83±2.03
Zn (µg/g)	12.22±0.21
K (µg/g)	20107.50±683.60

Temel esansiyel mineral olan selenyum, insan sağlığı için çok önemlidir (Rayman, 2000). Selenyum eksikliği durumu, artan ölüm riski, zayıf bağışıklık fonksiyonu ve zihinsel gerileme ile ilişkilendirilmiştir. Yüksek selenyum düzeyi veya selenyum takviyesi, antiviral etkilere sahiptir, üreme için gereklidir ve otoimmün tiroid hastalığı riskini azaltıcı etki gösterir. Bazı araştırmalarda selenyum düzeyinin yüksekliğinin genel olarak prostat, akciğer, kolorektal ve mesane kanseri riski üzerinde bir miktar faydasını göstermiştir (Rayman, 2012). FAO verilerine göre; yiyeceklerin selenyum içeriği, hayvanın yetiştirildiği ya da bitkinin yetiştirildiği toprağın selenyum içeriğine bağlı olarak değişmekle birlikte tahıl ve tahıl ürünlerinde 10-550 ng/g, et, et ürünleri ve yumurtada 10-330 ng/g, balık ve deniz ürünlerinde 110-970 ng/g, süt ürünleri 1-170 ng/g, meyve ve sebzelerde 1-20 ng/g olarak değişmektedir. Bu değerler dikkate alındığında ateş dikenini meyvesinin iyi bir selenyum kaynağı olduğu söylenebilir. Günlük selenyum ihtiyacı 1-3 yaş aralığında

20 µg, 4-8 yaş aralığında 30 µg, 9-13 yaş aralığında 40 µg, 14-18 yaş aralığında 55 µg ve 19 yaş ve üzeri için 55 µg olarak belirlenmiştir (Tóth ve Csapó, 2018).

#### 4.2. Toplam Biyoaktif Bileşen Miktarı ve Toplam Antioksidan Kapasitesi

Ateş dikenini meyve ekstraktı; toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid miktarı ve antioksidan kapasitesi açısından incelenmiştir (Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.2. Ateş dikenini ekstraktına ait toplam biyoaktif bileşen miktarı ve toplam antioksidan kapasitesi

Analizler	Ortalama±standart sapma
Toplam fenolik madde miktarı	55.61±4.22 mg GAE/g yaş meyve
Toplam flavonoid madde miktarı	72.15±2.97 mg Rutin Eşdeğeri/g yaş meyve
% DPPH	94.21±0.01
FRAP	9.06±0.46 µmol FeSO <sub>4</sub> /g yaş meyve

Yapılan bir araştırmada farklı çözücülerde ekstrakte edilen ateş dikenini meyvesinin antiradikal aktivitesi ve fitokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre en düşük toplam fenolik madde miktarını (3.80 mg GAE/100 g) dietil eter ekstraksiyonunda tespit etmişken, en yüksek toplam fenolik madde miktarını da (114.26 mg GAE/100 g) metanol ekstraksiyonunda tespit etmiştir. Aynı çalışmada etanol ile ekstraksiyonda ateş dikenini meyvesinin toplam fenolik madde miktarını 68.41 mg GAE/ 100 g olarak tespit etmiştir (Keser, 2014). Başka bir çalışmada etanol ve su ile ekstrakte ettikleri ateş dikenini meyvesinin biyolojik aktivitesini ve fitokimyasal özellikleri incelenmiştir. Buna göre etanol ile ekstrakte edilen ateş dikenini meyvesinin toplam fenolik madde miktarını 1.31 mg GAE/g taze meyve, su ile ekstrakte edilen ateş dikenini meyvesinin toplam fenolik madde miktarını 0.38 mg GAE/g taze meyve olarak rapor etmişlerdir ( Sarıkürkçü ve Tepe, 2015).

Yaptığımız çalışmada 60:40 etanol:su ile ekstraksiyon işlemine rağmen toplam fenolik madde miktarını yapılan çalışmalara göre daha yüksek değer tespit etmemizin nedeni ekstraksiyon işleminde ultrasonikatör kullanmamızdan kaynaklandığını öne sürülebiliriz. Dzah ve ark. (2020)' nin yapmış oldukları literatür taramasına göre ultrason destekli ekstraksiyonun, polifenollerin ekstraksiyon veriminin artmasına katkıda bulunmakla kalmadığını, aynı zamanda geleneksel ekstraksiyon ve soxhlet ekstraksiyonuna kıyasla polifenol ekstraktlarının biyolojik aktivitesini daha iyi koruyup artırdıklarını rapor etmişlerdir.

Yapılan bir araştırmaya göre Nepal ateş dikeni (*Pyracantha crenulata*) meyvesinde toplam fenolik madde miktarı 6.59 mg GAE/g yaş meyve olarak tespit edilmiştir (Saklani, vd., 2011). 56 farklı yabancı meyve üzerinde yapılan bir araştırmada *Pyracantha fortuneana*, *Diospyros kaki* (Cennet hurması) ve *Hibiscus sabdariffa* (Mekke gülü) meyvelerinde toplam fenolik madde miktarlarını sırasıyla 3.34 mg GAE/g yaş meyve, 0.53 mg GAE/g yaş meyve ve 2.05 mg GAE/g yaş meyve olarak tespit etmişlerdir (Fu, vd., 2010).

Sarıkürkçü ve Tepe (2015) etanol ve su ile ekstrakte ettikleri ateş dikeni meyvesinin toplam flavonoid madde miktarını sırası ile 0.22 mg Rutin Eşdeğeri/g taze meyve ve 0.03 mg Rutin Eşdeğeri/g taze meyve olarak tespit etmişlerdir. Aynı araştırmada etanol ile ekstrakte ettikleri ateş dikeni meyvesinin FRAP değerini 3.18 mg Troloks Eşdeğeri/g taze meyve, su ile ekstrakte ettikleri ateş dikeni meyvesinin FRAP değerini 0.73 mg Troloks Eşdeğeri/g taze meyve olduğunu rapor etmişlerdir.

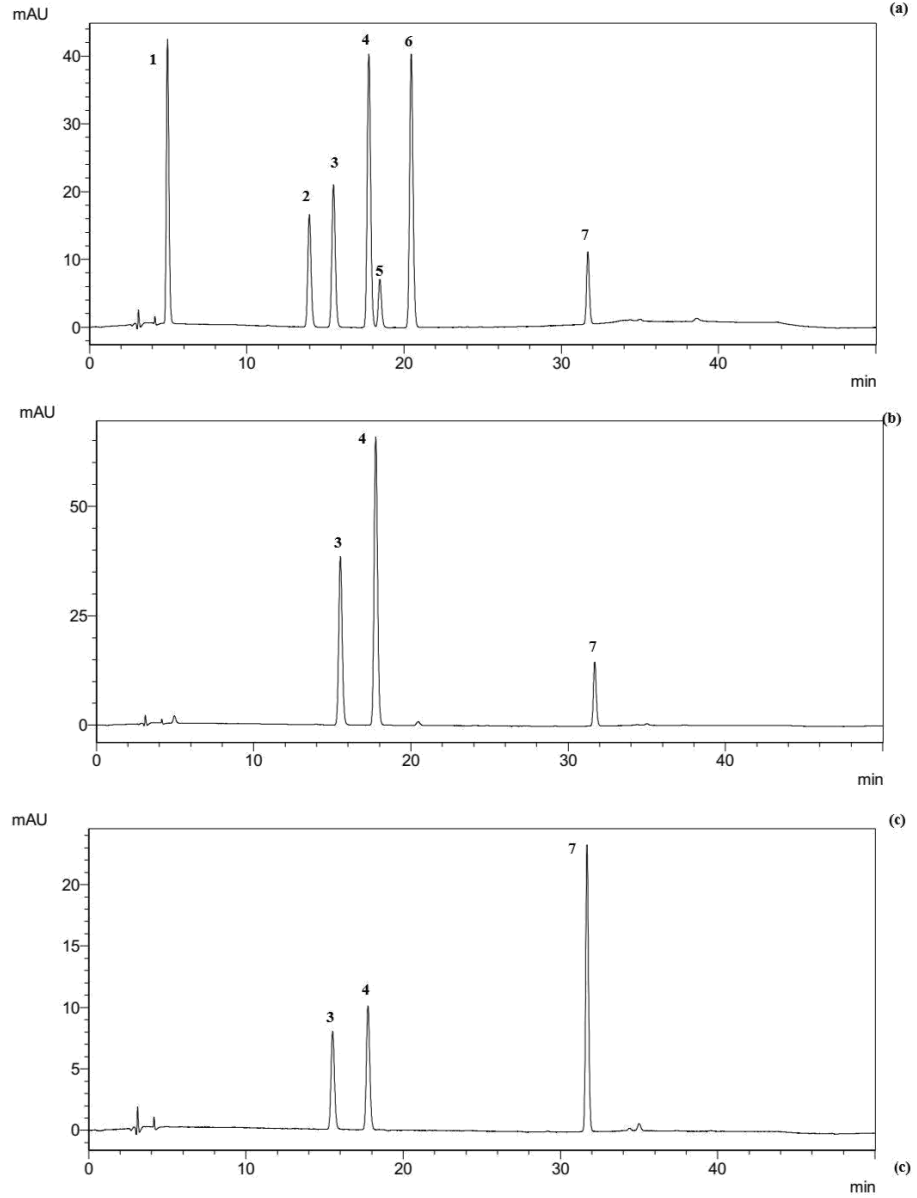
Yapılan bir araştırmada *Pyracantha fortuneana* meyvesinin FRAP değerini 24.2 µmol Fe(II)/g yaş meyve, Troloks eşdeğer antioksidan kapasitesi (TEAC) değerini 25.5 µmol Trolox/g yaş meyve olarak tespit etmişlerdir (Fu, vd., 2010). Saklani ve ark. (2011) Nepal ateş dikeni (*Pyracantha crenulata*) FRAP değerini 4.23 mM askorbik asit eşdeğeri/100g taze meyve olarak tespit etmiştir. Yapılan bir araştırmada ateş dikeni meyvesinin % DPPH indirgeme değerini % 7.8- 93.43 aralığında tespit etmişlerdir (Keser, 2014). Yine ateş dikeni meyvesinin DPPH değerini etanollü ekstraksiyonunda 6.12 Troloks Eşdeğeri/g taze meyve, sulu ekstraksiyonunda 2.05 Troloks Eşdeğeri/g taze meyve olarak tespit etmişlerdir (Sarıkürkçü ve Tepe, 2015).

#### **4.3. Ateş dikeni Ekstraktında Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol Bileşiklerin Profili**

Kromotogramlar; gallik asit, *p*- hidroksibenzoik asit, epikateşin ve şirincik asit için 280 nm dalga boyunda, klorojenik ve kafeik asit için 320 nm dalga boyunda, rutin için 360 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. Şekil 4.1' deki standart kromotogramlarında 1 nolu pik gallik asit, 2 nolu pik *p*- hidroksi benzoik asit, 3 nolu pik klorojenik asit, 4 nolu pik kafeik asit, 5 nolu pik epikateşin, 6 nolu pik şirincik asit ve 7 nolu pik rutine aittir. Ateş dikeni ekstraktına ait kromotogramlar ise Şekil 4.2' de verilmiştir.

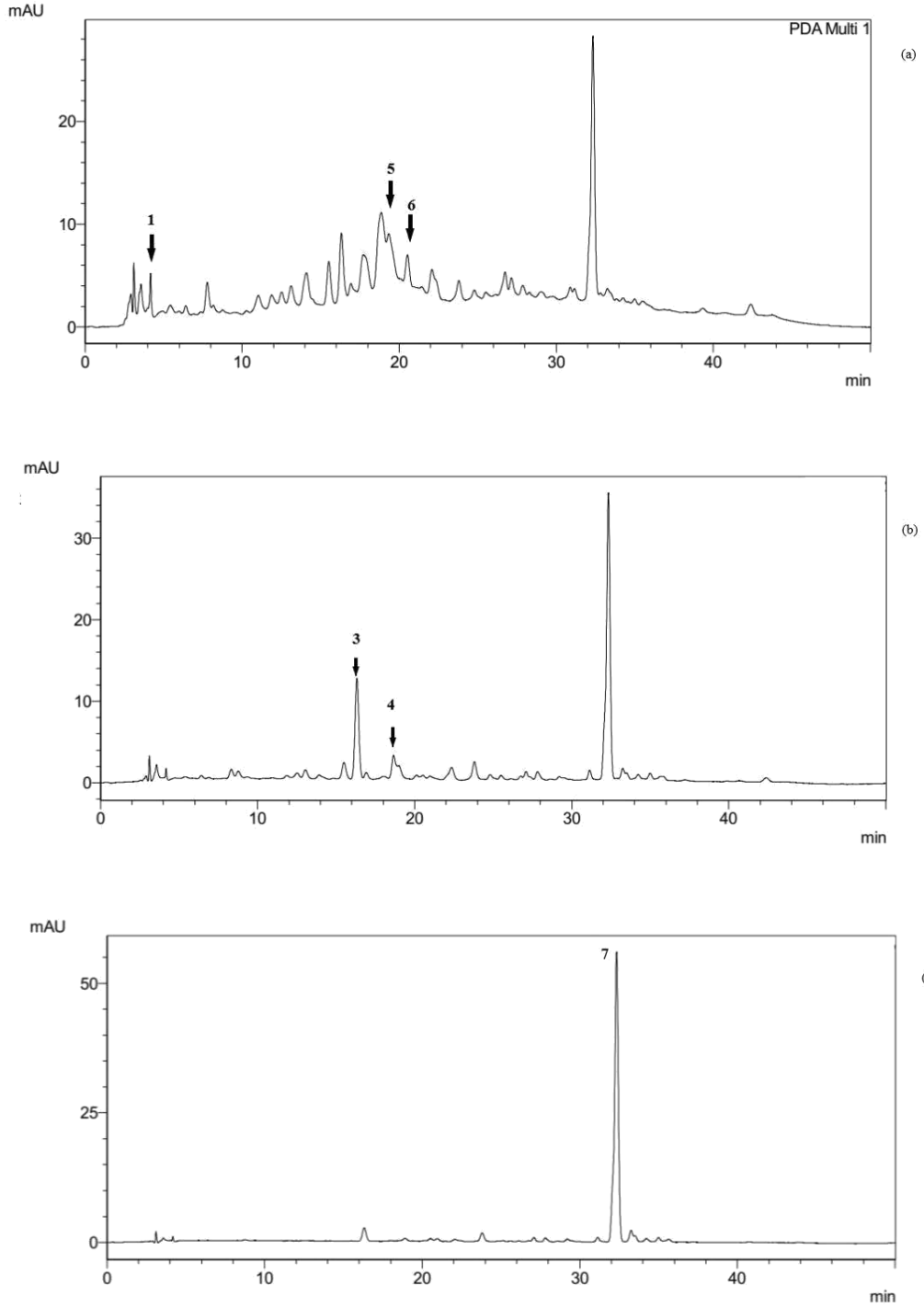
Gallik asit (3, 4, 5 trihidroksibenzoik asit), çoğu bitkide bulunan ikincil bir metabolittir. Bu metabolitin, antioksidan, antimikrobiyal, antienflamatuar ve antikanser dahil bir dizi biyoaktivite sergilediği bilinmektedir (F. H. Fernandes ve Salgado, 2016). Sarıkürkçü ve Tepe (2015)' nin yapmış olduğu araştırmada ateş dikenini meyvesinin etonollü ekstraksiyonunda gallik asit tespit edilmemişken, sulu ekstraktlarda gallik asit değerini 0.60 µg/g taze meyve olarak tespit etmişlerdir. Yaptığımız çalışma sonucunda ateş dikenini meyvesinde gallik asit miktarı  $2.85 \pm 1.51$  µg/g taze meyve olarak tespit edilmiştir. Sarıkürkçü ve Tepe (2015)' nin tespit etmiş olduğu miktardan yaklaşık 5 kat daha fazla tespit edilmiştir.

*p*-hidroksi benzoik asit (4- hidroksibenzoik asit), doğal ve sentetik olarak elde edilebilen organik bir kimyasaldır. *p*-hidroksi benzoik asidin çeşitli farmakolojik aktiviteleri arasında antimikrobiyal, antialgal, antimutajenik, antiöstrojenik, hipoglisemik, antienflamatuar, antiplatelet agregasyonu, nematisidal, antiviral ve antioksidan etki bulunur (Manuja, vd., 2013). Sarıkürkçü ve Tepe (2015) ateş dikenini meyvesinin etonollü ekstraksiyonunda *p*-hidroksi benzoik asit miktarını 5.31 µg/g taze meyve, sulu ekstraksiyonunda *p*-hidroksi benzoik asit miktarını 1.49 µg/g taze meyve olarak tespit etmişlerdir. Araştırmamızda ateş dikenini meyvesinde *p*-hidroksi benzoik asit tespit edilememiştir.



Şekil 4.1. 280 nm' de (a), 320 nm' de (b) ve 360 nm' de (c) standart fenolik bileşiklerin HPLC-DAD kromatogramları

İnsan diyetinde en bol bulunan polifenol bileşiklerinden biri olan klorojenik asit, kahve ve çay gibi gıdalardaki en çok bulunan fenolik asit bileşiklerinden biridir. Yapılan araştırmalarda klorojenik asit antibakteriyel, antioksidan ve antikarsinojenik aktiviteler, özellikle hipoglisemik ve hipolipidemik etkiler dahil olmak üzere birçok biyolojik özellik sergilediğini göstermiştir (Meng, vd., 2013). Yapılan bir araştırmada ateş dikeni meyvesinin klorojenik asit miktarını etanollü ekstrakta ve sulu ekstrakta sırasıyla 7.97 ve 1.79  $\mu\text{g/g}$  taze meyve olarak tespit etmişlerdir (Sarıkürkçü ve Tepe, 2015). Ateş dikeni meyvesinde klorojenik asit miktarı yaptığımız analizler sonucunda  $38.65 \pm 7.58 \mu\text{g/g}$  taze meyve olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. 280 nm' de (a), 320 nm' de (b) ve 360 nm' de (c) ateş dikeni ekstraktına ait kromotogramlar

Kafeik asit (3,4-dihidroksi sinamik) çoğunlukla bitkilerde bulunur. Kafeik asit ayrıca kahve, yaban mersini, elma ve elma şarabı gibi birçok gıda kaynağında bulunur. Kafeik asidin *in vivo* antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu, ateroskleroz ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruduğu bilinmektedir (Magnani,

vd., 2014). Ateş dikenini meyvesinin HPLC ile polifenol bileşen profilinin incelendiği bir araştırmada kafeik asit miktarı etanollü ekstraktında 3.54 µg/g taze meyve ve sulu ekstraktta 2.98 µg/g taze meyve olarak rapor edilmiştir ( Sarıkürkçü ve Tepe., 2015). Yaptığımız araştırmada ateş dikenini meyvesinde kafeik asit miktarı 5.33±0.33 µg/g taze meyve olarak tespit edilmiştir.

Epikateşin, doğada bol miktarda bulunan flavonoidlerden biridir. Epikateşin (flavon-3-ol monomer birimleri) flavonoidlerin alt sınıfı olan flavanol monomerlerine aittir. Yeşil çay, üzüm ve kakaoda bulunurlar. Epikateşinler diyabet ve kanser yönetiminde terapötik başarı sağlamıştır (Abdulkhaleq, vd., 2017). Araştırmamıza konu olan ateş dikenini meyvesinde epikateşin miktarı 138.46±13.61 µg/g taze meyve düzeyinde tespit edilmiştir. Sarıkürkçü ve Tepe (2015) ise ateş dikenini meyvesinin etanollü ekstraktında ve sulu ekstraktında sırasıyla epikateşin miktarını 38.94 µg/g taze meyve ve 1.79 µg/g taze meyve olarak tespit etmişlerdir. Yaptığımız araştırma bu çalışmayla kıyaslandığında epikateşin düzeyi daha yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

Sıklıkla meyve ve sebzelerde bulunan şirincik asit, diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, serebral iskeminin önlenmesinde çok çeşitli terapötik uygulamalar gösterir. Ayrıca antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antiendotoksik, nöro ve hepatoprotektif aktivitelere sahiptir (Srinivasulu, vd., 2018). Ateş dikeninin etanollü ekstraktı ve sulu ekstraktlarındaki şirincik asit miktarını Sarıkürkçü ve Tepe (2015) sırasıyla 1.77 ve 0.60 µg/g taze meyve olarak rapor etmişlerdir. Bizim araştırmamızda ise ateş dikenini meyvesinin şirincik asit miktarı 0.65±0.35 µg/g taze meyve düzeyinde belirlenmiştir. Sarıkürkçü ve Tepe (2015)' nin çalışmasındaki sulu ekstrakt sonucu ile benzerlik göstermiştir.

Rutin (3', 4', 5, 7-tetrahidroksi-flavon-3-rutinosid) bir flavanol glikozittir. Rutin, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antikanser, antidiyabetik gibi farmakolojik özelliklerinden dolayı literatürde büyük ilgi gören yaygın bir diyet flavonoididir. Şu anda ABD' de rutin içeren 860' ın üzerinde ürün pazarlanmaktadır. Rutin ile ilişkili en büyük dezavantaj, başlıca düşük sulu çözünürlüğü, zayıf stabilitesi ve sınırlı membran geçirgenliğinin neden olduğu kısıtlı biyoyararlanımıdır (Gullón, vd., 2017). Doğal rutin talebi artan bir trend içerdiğinden, bu flavonoidin en son ekstraksiyon ve saflaştırma yöntemlerini gözden geçirmek önemlidir. Ayrıca, son zamanlarda gıda ve ilaç alanlarında kullanım için minimum yan etkilere, yüksek biyoyararlanıma ve terapötik faydaya sahip daha spesifik ve verimli flavonoid türevleri üretmek için

önemli araştırma çabaları yapılmıştır (E. R. Lee, vd., 2007). Sarıkürkçü ve Tepe (2015) ateş dikenini meyvesinin rutin miktarını etanollü ekstraktında 87.62 µg/g taze meyve olduğunu rapor etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise ateş dikenini meyvesi ekstraktında rutin miktarı 384.65±57.09 µg/g taze meyve düzeyinde olduğu göz önüne alınırsa Sarıkürkçü ve Tepe (2015)' nin araştırmasına kıyasla oldukça yüksek düzeyde tespit edilmiştir.

#### 4.4. Optimizasyon

Püskürtmeli kurutma yöntemiyle mikrokapsül üretimi için ön denemeler yapılmıştır. Asıl denemelerde püskürtmeli kurutma şartlarını optimize etmek için Design Expert 12.0 (deneme versiyonu) kullanılmıştır. 6 adet merkez, 6 adet eksenel noktalar olmak üzere toplam 20 adet deneme oluşturulmuştur. Bu 20 adet deneme için Buchi Mini Spray Dryer B-290, (İsviçre) marka laboratuvar ölçekli püskürtmeli kurutucuda üretim gerçekleştirilmiştir.

Çekirdek:kaplayıcı materyal 1:2 sabit tutularak; enkapsülasyon konsantrasyonu % 10-30 ( $X_1$ ), maltodekstrin:gam arabik oranı 20-80 ( $X_2$ ), (1:4, 2:3, 1:1, 3:2, 4:1), sıcaklık 130-150 °C ( $X_3$ ) olarak seçilmiştir. Optimizasyon çalışması doğrultusunda ateş dikenini mikrokapsüllerinin toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, antioksidan aktivite değeri, su aktivitesi, % nem, ıslanabilirlik, çözünabilirlik, serbest yığın yoğunluğu, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu ve mikrokapsül verimi üzerine etkileri araştırılmış ve sonuçlar Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Püskürtmeli kurutucu besleme hızı % 20 (6 ml/dakika), aspiratör debisi % 100 ve hava akış hızı 414 l/saat (% 35) olarak sabit tutulmuştur. Modelin uygunluğunu belirlemek ve model terimlerini istatistiksel olarak açıklayabilmek için Varyans analizi (ANOVA) ve regresyon analizi yapılmıştır. Optimizasyonda yer alan bağımsız değişkenler ile bunlara ait her bir yanıt arasındaki ilişkiyi ifade eden matematiksel modeller çoklu lineer regresyon analizi yapılarak oluşturulmuştur. Bu amaçla modellere her bir değişkenin öncelikle lineer etki terimleri, sonra quadratik ve interaksiyon etki terimleri sırası ile toplu halde eklenmiş ve kareler toplamındaki artış ve model uygunsuzluğu testi (lack of fit) değerleri analiz edilmiştir (Çizelge 4.4.). Yanıt yüzey sonuçları için modelin uygunsuzluk (lack of fit) değeri modelde önemsiz ( $p>0.05$ ) bulunması gerekmektedir.  $p> F$  değeri 0.05' ten küçükse model istatistiksel olarak anlamlı bulunmaktadır.

Çizelge 4.3. Deneme planına göre elde edilen deneysel sonuçlar

Sıra no	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	TF1	TF2	FRAP	DPPH	aw	Nem %	I	Ç	SY1	SY2	Verim
1	25	40	135	3.27	0.05	1.33	24.80	0.27	3.74	300.41	59	0.34	2.56	49.75
2	20	50	148	4.23	0.04	2.27	37.99	0.31	3.14	403	150	0.35	2.79	57.44
3	20	50	140	3.84	0.08	1.51	23.25	0.29	3.11	317.15	94	0.35	2.65	58.43
4	20	50	140	4.33	0.06	2.17	23.98	0.29	3.37	291	51	0.33	2.51	61.07
5	25	40	145	3.17	0.08	1.48	28.22	0.23	2.32	509	65	0.36	2.39	52.64
6	20	50	140	3.60	0.04	2.06	37.89	0.29	2.98	304	51	0.36	2.57	58.59
7	20	50	140	3.71	0.04	1.70	39.28	0.30	2.45	298	59	0.32	2.50	59.90
8	20	50	140	3.83	0.07	1.51	39.63	0.34	3.99	290	51	0.34	2.71	59.79
9	12	50	140	7.38	0.10	3.53	60.26	0.43	4.45	193	43	0.25	3.34	61.38
10	20	50	140	3.36	0.06	1.65	30.19	0.28	2.92	300	51	0.34	2.61	59.15
11	25	60	145	3.97	0.14	1.99	32.15	0.26	2.41	245	79	0.37	3.19	57.92
12	15	60	135	5.99	0.18	3.57	40.91	0.27	2.28	436	35	0.30	2.96	57.85
13	20	67	140	5.83	0.28	3.26	23.81	0.32	2.69	383	49	0.25	2.99	59.23
14	15	60	145	6.87	0.14	3.25	47.02	0.25	3.42	269.21	71	0.26	2.93	57.38
15	20	50	132	3.65	0.06	2.09	33.39	0.25	2.42	351	57	0.40	2.99	56.24
16	15	40	135	5.02	0.09	2.41	52.52	0.36	4.02	247	55	0.31	3.18	58.15
17	25	60	135	2.95	0.17	1.34	21.62	0.24	2.63	367	49	0.36	2.41	57.88
18	28	50	140	2.45	0.08	1.07	19.90	0.33	3.58	248.05	37	0.35	2.47	52.54
19	20	33	140	3.80	0.14	1.64	35.62	0.33	3.48	466.93	68	0.31	2.80	55.32
20	15	40	145	5.27	0.13	2.29	51.68	0.43	4.33	399	130	0.28	2.77	62.59

X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%), X<sub>2</sub> Maltodekstrin oranı (%), X<sub>3</sub> Hava giriş sıcaklığı (°C)

TF1 Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/g mikrokapsül), TF2 Toplam flavonoid madde miktarı (mg Rutin eşdeğeri/g mikrokapsül), I İslanabilirlik, Ç Çözünebilirlik, SY1 Serbest yığın yoğunluğu, SY2 Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu

Çizelge 4.4. Her bir yanıt üzerine lineer, quadratik ve interaksiyon terimlerinin bireysel olarak etkisini gösteren ANOVA tablosu

Toplam Fenolik				Toplam Flavonoid				FRAP	% DPPH			
Madde		Madde		Madde		Madde		a <sub>w</sub>	% Nem			
Varyasyon Kaynağı*	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**
Model	32.31	< 0.0001	0.0678	< 0.0001	10.33	< 0.0001	2114.64	0.0022	0.0424	0.0376	7.05	0.0162
X <sub>1</sub>	23.91	< 0.0001	0.0013	0.0143	6.63	< 0.0001	1718.94	< 0.0001	0.0164	0.0068	1.43	0.0188
X <sub>2</sub>	3.07	0.0002	0.0198	< 0.0001	2.1	0.0002	91.61	0.1216	0.0051	0.086	1.83	0.0099
X <sub>3</sub>	0.6617	0.024	0.0001	0.3895	0.0317	0.4855	53.19	0.2264	0.0012	0.3759	0.0763	0.5316
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.5505	0.0357	0.0005	0.081	0.3245	0.0429	36.21	0.3125	0.0085	0.0339	0.3321	0.2063
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0.0051	0.8199	4.28E-07	0.9577	0.1928	0.1043	9.39	0.5999	0.0006	0.5452	1.19	0.0283
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	0.383	0.0707	0.0028	0.0013	0.0117	0.6687	24.68	0.4005	0.0001	0.7748	0.5151	0.1232
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	2.24	0.0006	0.0019	0.0043	0.3695	0.0329	143.4	0.0604	0.0058	0.0705	1.11	0.0334
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1.85	0.0012	0.0414	< 0.0001	0.6627	0.0078	3.74	0.7396	0	0.9314	0.0388	0.6539
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	0.0344	0.5582	0.0002	0.3151	0.1994	0.0992	37.1	0.307	0.0036	0.1432	0.3677	0.1854
Kalıntı	0.9361		0.0014		0.6039		320.11		0.0142		1.82	
Model uygunsuzluğu	0.4179	0.5904	0.0004	0.877	0.2078	0.752	30.86	0.9859	0.0118	0.0508	0.4916	0.85
Saf hata	0.5182		0.0011		0.3961		289.25		0.0024		1.33	
Toplam hata	33.24		0.0692		10.94		2434.76		0.0565		8.86	
R <sup>2</sup>	0.9718		0.9791		0.9448		0.8685		0.7493		0.7949	

\*X<sub>1</sub> Enkapsülasyon konsantrasyonu (%), X<sub>2</sub> Maltodekstrin oranı (%), X<sub>3</sub> Hava giriş sıcaklığı (°C)

\*\**p* değeri < 0.05 ise önemlidir

\*\*\* Model uygunsuzluğu değeri, *p* değeri > 0.05 ise önemli değildir

Çizelge 4.4 Devamı

Varyasyon Kaynağı*	Islanabilirlik		Çözünübilirlik		Serbest Yığın Yoğunluğu		Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu		% Verim	
	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri**	Kareler Toplamı	<i>p</i> -Değeri
Model	125700000	< 0.0001	13892.88	0.0034	0.0295	0.0001	1.29	0.0014	180.62	< 0.0001
X <sub>1</sub>	1940.29	0.0017	176.46	0.4054	0.0149	< 0.0001	0.5575	0.0002	78.04	< 0.0001
X <sub>2</sub>	5714.2	< 0.0001	837.61	0.0877	0.0008	0.0874	0.0591	0.0951	15.36	0.0008
X <sub>3</sub>	1857.06	0.0019	6740.62	0.0003	0.0009	0.083	0.0021	0.7354	5.83	0.0157
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	8231.73	< 0.0001	861.12	0.0839	0.0005	0.1738	0.0646	0.0829	44.75	< 0.0001
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	1284.74	0.0061	703.13	0.1136	0.0016	0.0262	0.1391	0.0179	0.1362	0.6663
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	52711.8	< 0.0001	28.13	0.7359	0	0.7893	0.2213	0.0051	7.52	0.008
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	10832.83	< 0.0001	682.2	0.1184	0.0026	0.0073	0.1065	0.0329	12.12	0.0019
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	29006.07	< 0.0001	1.66	0.9345	0.0053	0.0007	0.0986	0.0386	9.33	0.0043
X <sub>3</sub> <sup>2</sup>	11222.15	< 0.0001	3493.83	0.0031	0.0024	0.0093	0.0917	0.0446	13.24	0.0014
Kalıntı	1072.36		2338.32		0.0023		0.174		6.9	
Model uygunsuzluğu	577.24	0.4352	858.82	0.7175	0.0014	0.3461	0.1401	0.0729	2.07	0.8134
Saf hata	495.12		1479.5		0.0009		0.0339		4.83	
Toplam hata	126800000		16231.2		0.0318		1.47		187.52	
R <sup>2</sup>	0.9915		0.8559		0.9275		0.8812		0.9632	

\*X<sub>1</sub> Enkapsülasyon konsantrasyonu (%), X<sub>2</sub> Maltodekstrin oranı (%), X<sub>3</sub> Hava giriş sıcaklığı (°C)

\*\**p* değeri < 0.05 ise önemlidir

\*\*\* Model uygunsuzluğu değeri, *p* değeri>0.05 ise önemli değildir

#### 4.4.1. Toplam Fenolik Madde Miktarı

Bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak ateş diken mikro kapsüllerinin toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimi ifade eden yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 4.3' de gösterilmektedir. Buna göre oluşturulan örnek model denklem;

Toplam Fenolik Madde =  $3.78 - 1.32 \times X_1 + 0.47 \times X_2 + 0.22 \times X_3 - 0.26 \times X_1 \times X_2 - 0.03 \times X_1 \times X_3 + 0.22 \times X_2 \times X_3 + 0.39 \times X_1^2 + 3.36 \times X_2^2 + 0.05 \times X_3^2$  olarak belirlenmiştir.

X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

X<sub>2</sub>: Maltodekstrin oranı (%)

X<sub>3</sub>: Hava giriş sıcaklığı (°C)

En yüksek ortalama toplam fenolik madde miktarı olarak deneme 9' da (Çizelge 4.3) 7.38 mg GAE/g mikro kapsül olarak tespit edilmiştir. Mikro kapsüllerin toplam fenolik madde miktarı üzerine enkapsülasyon konsantrasyonu, maltodekstrin oranı ve hava giriş sıcaklığı önemli derecede (p<0.05) etkilemiştir. Toplam fenolik madde miktarı enkapsülasyon konsantrasyonunun artışı ile azalmış, maltodekstrin oranının artışı ile artmış ve hava giriş sıcaklığının artışı ile artmıştır (Şekil 4.1).

Şekil 4.3 (a)' de toplam fenolik madde miktarı sabit hava giriş sıcaklığında (140 °C' de) enkapsülasyon konsantrasyonunun artmasıyla azalmakta olduğu ve maltodekstrin oranının artışı ile artış gösterdiği görülmektedir. Mikro kapsüllerin toplam fenolik madde miktarı, enkapsülasyon konsantrasyonu ve maltodekstrin oranından p<0.05 düzeyinde etkilenmiştir.

Maltodekstrin:gam arabik oranı 1:1 olarak sabit tutulduğunda toplam fenolik madde miktarı enkapsülasyon konsantrasyonunun artışı ile azalmakta olduğu ve hava giriş sıcaklığının artışı ile arttığı Şekil 4.3 (b)' de görülmektedir.

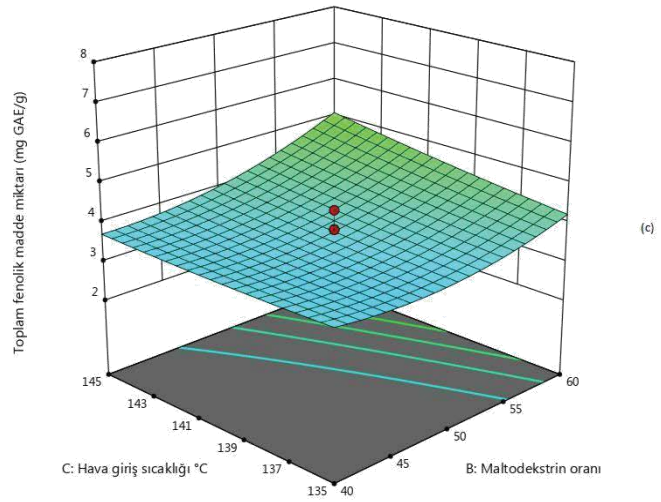
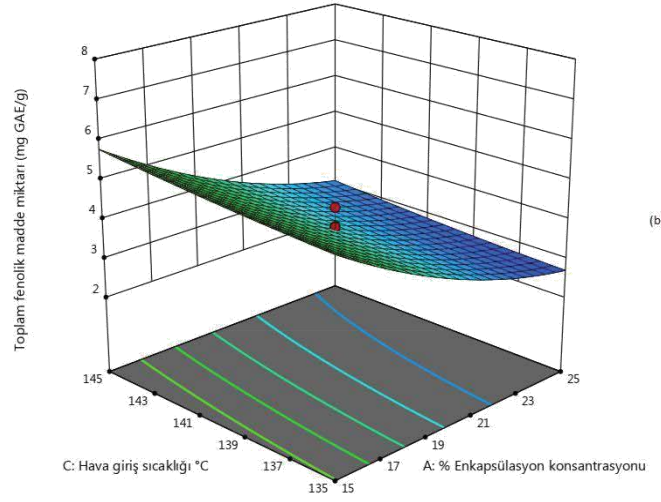
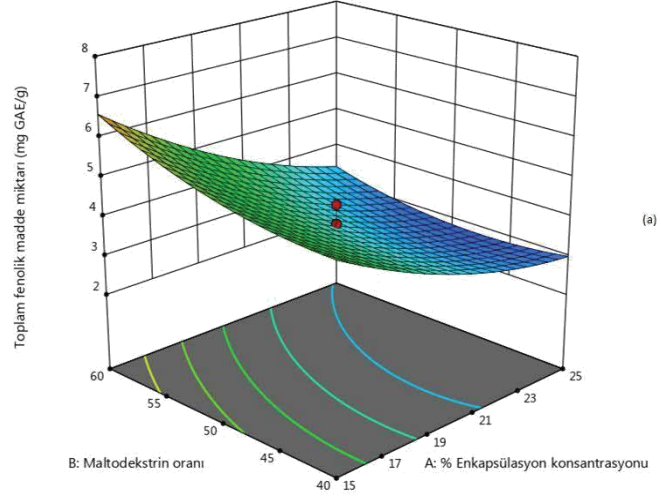
Enkapsülasyon konsantrasyonunun % 20' de sabit tutulduğu Şekil 4.3 (c)' de görüldüğü üzere toplam fenolik madde miktarı üzerine hava giriş sıcaklığı ve maltodekstrin oranındaki değişim istatistiksel olarak önemsiz (p> 0.05) bulunmuştur.

Yüksek miktarda antosiyanin tutulması, püskürtmeli kurutma işleminde seçilen sıcaklık derecesine bağlı olduğu yapılan çalışmalarda göstermiştir.

Anandharamakrishnan (2015)' e göre sıcaklık fenolik madde miktarını etkileyen önemli faktörlerden biri olduğu, belli sıcaklıkların (>160 °C) üzerinde ise fenolikler üzerine olumlu bir artışın gözlenmediği belirtilmiştir (Anandharamakrishnan, 2015). Trabzon hurması kabuk ekstraktı üzerine yapılan bir çalışmaya göre uygulanan ısı işlemler toplam fenolik madde konsantrasyonunu, antioksidatif ve antijenotoksik aktivite değerlerini artmıştır (Kim, vd., 2006). Ceviz unu fenolik bileşenleri üzerine yapılan bir araştırmada ekstraksiyon sıcaklığındaki artışın fenolik madde miktarını artırdığını tespit etmişlerdir (Luo, vd., 2017).

Biyoaktif maddelerin püskürtmeli kurutma yöntemiyle kapsülasyon işleminde yüksek bir hava sıcaklığının kullanılması önemli ölçüde termal bozulma riskini beraberinde getirmektedir (Ramírez, vd., 2015). Bununla birlikte, polifenoller özellikle de flavonoidlerin genellikle termostabil olduğu düşünülmektedir (Im, vd., 2011). Literatürde flavonoidlerin, özellikle flavan-3-ols kateşin, epikateşin, gallokateşin ve epigallokateşinin daha termostabil olduğu ve sulu çözeltideki ekstra stabilitenin, flavonoidlerin moleküller arası H bağlanmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Mohd Zainol, vd., 2009). Gerçekte, gallik asit 258 ile 260 °C arasında bir endotermik erime faz dönüşümüne sahiptir. Bu nedenle, püskürtmeli kurutma işlemlerinde, hava sıcaklığındaki artış, kapsüllerin gallik asit/polifenol içeriğinde belirgin bir azalmaya neden olmamalıdır. Bununla birlikte, belirli bir yüksek hava giriş sıcaklığına ulaşıldığında, ortaya çıkan aşırı buharlaşma, kaplama materyalinde çatlaklara ve deformasyonlara yol açarak, içeriklerinin vaktinden önce salınmasına ve kapsüllemiş bileşenin bozulmasına neden olabilir (Ramírez, vd., 2015).

Gallik asidin yukarıda bahsedilen termal stabilitesi hesaba katıldığında çalışmamızda seçmiş olduğumuz hava giriş sıcaklıkları (130-150 °C) ve mikrokapsüllerin 54-67 °C arasında değişen hava çıkış sıcaklıkları olduğu göz önüne alınırsa toplam fenolik madde miktarında azalış söz konusu olmamıştır. Yaptığımız literatür taramalarında olduğu üzere çalışmamızda da toplam fenolik madde miktarı sıcaklık ile birlikte artış göstermiştir. Maltodekstrin ve gam arabik kaplayıcı materyallerinin fenolik bileşen içermediği göz önünde bulundurulursa, maltodekstrin artışının fenolik madde miktarını arttırmış olmasının aslında, maltodekstrinin fenolikleri koruyan iyi bir kaplayıcı materyal olduğunu doğrulamaktadır.



Şekil 4.3. Mikrokapşül üretim parametrelerinin Ateş dikenli mikrokapşülü toplam fenolik madde içeriği üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsant rasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

#### 4.4.2. Toplam Flavonoid Madde Miktarı

Çizelge 4.4' de enkapsülasyon konsantrasyonu ve maltodekstrin oranının mikrokapsüllerin toplam flavonoid madde miktarına üzerine önemli ( $p<0.01$ ) etkileri olduğu görülmektedir. Toplam flavonoid madde miktarı için oluşturulan örnek model denklem aşağıdaki gibidir;

$$\text{Toplam Flavonoid Madde Miktarı} = TGT\text{и} \circ TGT\text{T} TGT\text{,} TGT\text{T}, TGT\text{T}, TGT\text{T}' TGT\text{T} \circ TGT\text{T}' TGT\text{и} TGT\text{T},$$

X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

X<sub>2</sub>: Maltodekstrin oranı (%)

X<sub>3</sub>: Hava giriş sıcaklığı (°C)

Enkapsülasyon konsantrasyonu işlem koşullarından toplam flavonoid madde miktarı üzerine oldukça önemli ( $p<0.01$ ) etkiye sahiptir. Toplam flavonoid madde miktarı üzerine diğer önemli ( $p<0.01$ ) etkiye sahip olan değişken, maltodekstrin oranı olarak tespit edilmiştir ( $p<0.01$ ) (Şekil 4.2). Mikrokapsüllerin toplam flavonoid miktarı 0.04-0.28 mg Rutin Eşdeğeri/g mikrokapsül aralığında tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Elde edilen ateş dikenli mikrokapsüllerin toplam flavonoid madde miktarı üzerine enkapsülasyon konsantrasyonu ve maltodekstrin oranı ile enkapsülasyon konsantrasyonu ve hava giriş sıcaklığı önemsiz bulunmuşken, maltodekstrin oranı ve hava giriş sıcaklığı  $p<0.01$  düzeyinde önemli olarak bulunmuştur.

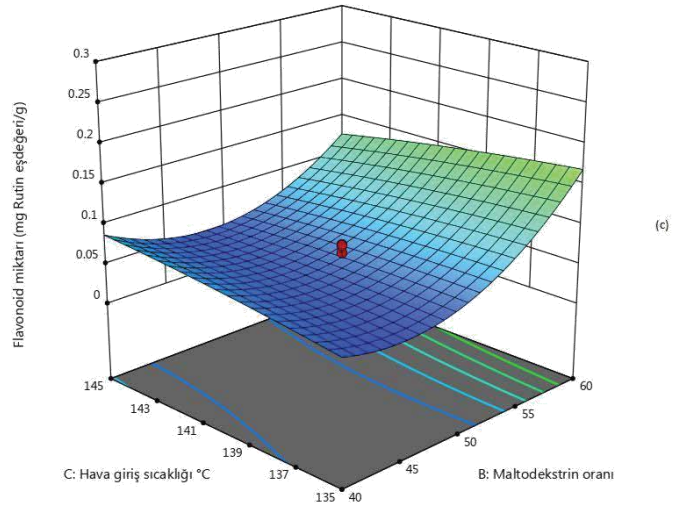
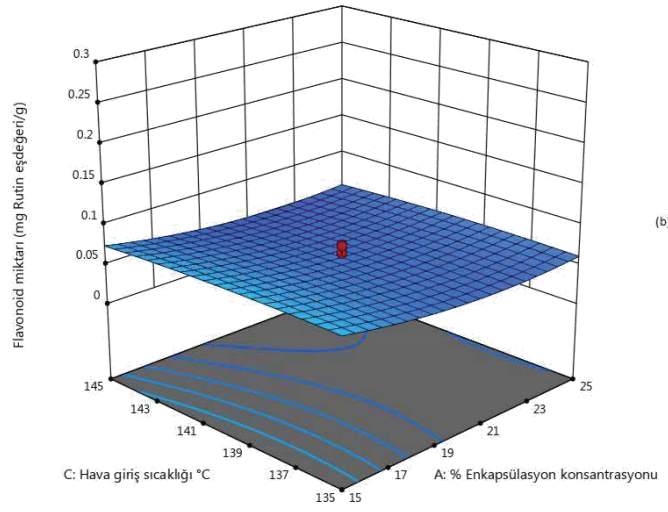
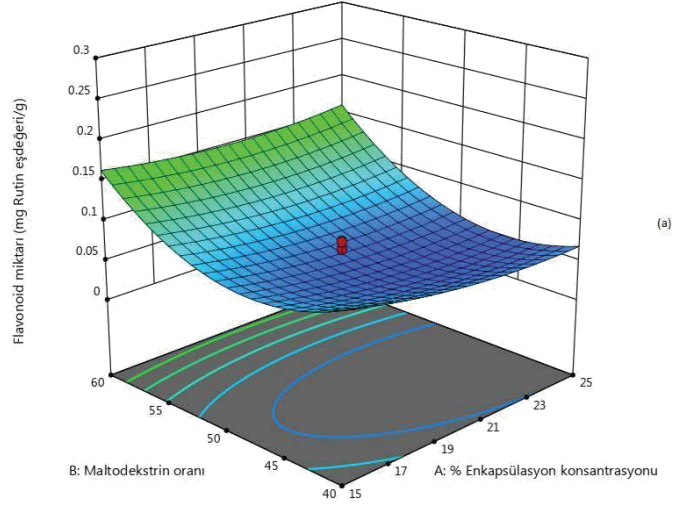
Sıcaklığın 140 °C' de sabit tutulduğu Şekil 4.4 (a)' de görüldüğü üzere maltodekstrin oranının artışı ile toplam flavonoid miktarı artmıştır. Maltodekstrin 1:1 oranında sabit tutulduğu Şekil 4.4 (b) incelendiğinde toplam flavonoid üzerine enkapsülasyon konsantrasyonunun ve hava giriş sıcaklığının etkisiz olduğu görülmektedir. Yine Şekil 4.4 (c)' de sıcaklık artışı toplam flavonoid miktarını çok az miktarda arttırmış ve maltodekstrin oranı artışı ile de toplam flavonoid değeri artış göstermiştir.

Yapılan bir araştırmada flavonoidlerin genellikle termostabil olduğu tespit edilmiştir. Flavonoidler, özellikle flavan-3-ols kateşin, epikateşin, gallokateşin ve epigallokateşin ısıya daha dayanıklıdır. Bunu flavonoidlerin moleküller arası H

bağlarından kaynaklandığını bildirilmişlerdir. Bunun bir sonucu olarak, flavonoidler gıda ürünlerine eklenebilirler ve biyolojik sistemlerdeki serbest radikal zincir reaksiyonlarını sona erdirmek için fonksiyonel bileşen veya nutrasötikler olarak hareket edebilirler. Bu nedenle kronik hastalıkların gelişiminde riski azaltmada önemli rol oynayabilirler (Mohd Zainol, vd., 2009).

Ghafoor ve ark. (2009)' nın üzüm çekirdeğinin ultrasonik ekstraksiyonunu optimize ettiği araştırmada, sabit bir etanol konsantrasyonunda ekstraksiyon sıcaklığındaki artışın, toplam fenolik madde miktarında kademeli bir artışa yol açtığını ve uygulanan en yüksek sıcaklıkta (57 °C) en yüksek fenolik madde miktarına ulaştığını tespit etmişlerdir. Çalışma sıcaklığındaki bir artışın ekstraksiyonu desteklediği, hem çözünen maddenin çözünürlüğünü hem de difüzyon katsayısını arttırdığı bildirilmişler, ayrıca belirli bir sıcaklık derecesinin ötesinde fenolik bileşiklerin denatüre olabileceğini belirtmişlerdir.

20 farklı deneme desenine göre üretilmiş mikroenkapsüle ateş dikenini flavanoid madde miktarı minimum 0.04 mg Rutin eşdeğeri/g mikrokapsül' de, maksimum 0.28 mg Rutin eşdeğeri/g mikrokapsül' de olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Mikrokapsül üretim parametrelerinin Ateş dikenı mikrokapsülü toplam flavonoid madde miktarı üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

#### 4.4.3. Demir İndirgeme Antioksidan Gücü (FRAP)

Değişkenlerin FRAP değeri üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması için Şekil 4.5’ de yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri gösterilmiştir. Faktörler ile tahmin edilen yanıt arasındaki ilişkinin polinom denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\text{FRAP Değeri} = 1.07 X_1 + 3.53 X_2 + 45.027 X_3 - 0.001 X_1^2 - 0.001 X_2^2 - 0.001 X_3^2 + 0.001 X_1 X_2 + 0.001 X_1 X_3 + 0.001 X_2 X_3$$

X<sub>1</sub>:

X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

X<sub>2</sub>: Maltodekstrin oranı (%)

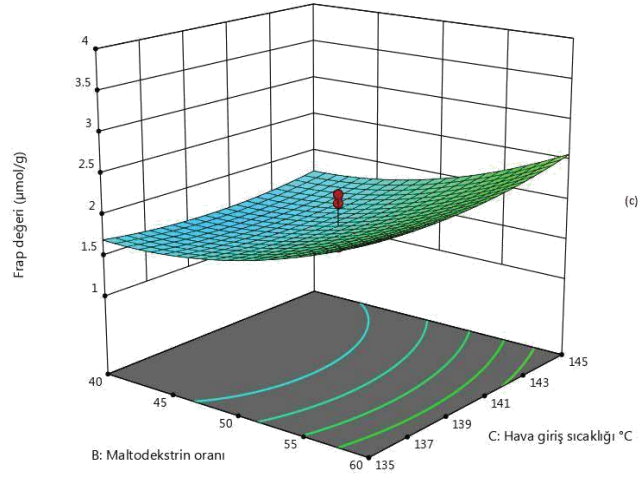
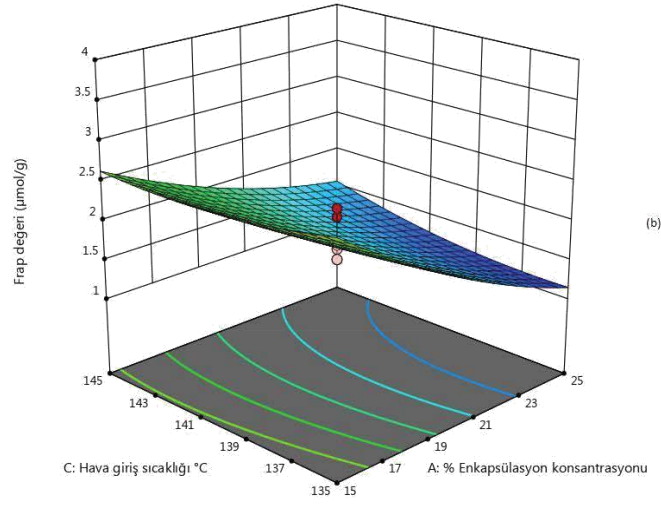
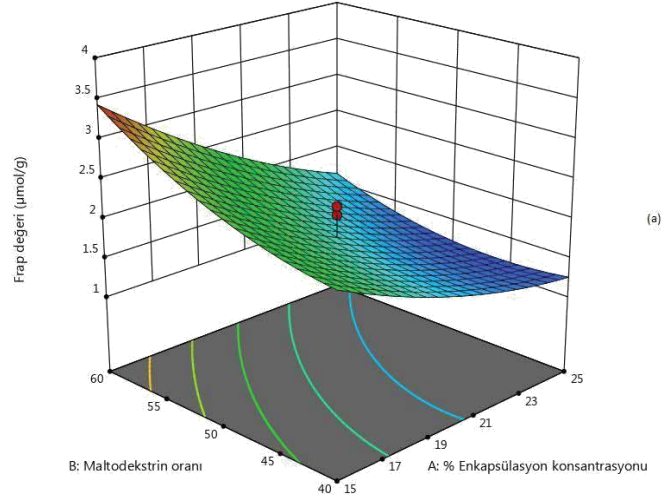
X<sub>3</sub>: Hava giriş sıcaklığı (°C)

Mikrokapsüllerin FRAP değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli parametreler enkapsülasyon konsantrasyonu ve maltodekstrin oranı olarak tespit edilmiştir (p<0.01). Hava giriş sıcaklığı FRAP değeri üzerine istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Sıcaklığın sabit tutulduğu (140 °C) Şekil 4.5 (a)’ de görüldüğü üzere FRAP değeri, en düşük enkapsülasyon konsantrasyonuna ve en yüksek maltodekstrin oranına ulaştığında en yüksek değeri vermiştir. Maltodekstrin oranı sabit (% 20 maltodekstrin: % 80 gam arabik) tutulduğunda FRAP değeri, sıcaklığın artışı ve enkapsülasyon konsantrasyonunun azalışı ile artmıştır (Şekil 4.5.b). Yine Şekil 4.5 (c)’ de hava giriş sıcaklığının toplam FRAP değeri üzerine etkisi olmadığını ve maltodekstrin oranının artışının FRAP değerini arttırdığı tespit edilmiştir.

Mikroenkapsüle ateş dikeni FRAP değeri 20 adet deneme için en düşük 1.07 µmol/g mikrokapsül, en yüksek 3.53 µmol/g mikrokapsül olarak tespit edilmiştir.

Propolis üzerine yapılan bir çalışmada sıcaklığın FRAP değeri üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Yine aynı çalışmada FRAP değeri 45.027-314.64 mg GAE/g aralığında tespit etmişlerdir (Pratami, vd., 2020).

Nepal ateş dikeni (*Pyracantha crenulata*) FRAP değeri 4.23 mmol askorbik asit eşdeğeri/100g taze meyve olarak tespit edilmiştir (Saklani, vd., 2011).



Şekil 4.5. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenli mikrokapsülü toplam FRAP değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

#### 4.4.4. Serbest Radikal Süpürücü Aktivite (DPPH)

Bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak ateş dikeni mikrokapsülü örneklerinin serbest radikal süpürücü aktivite değerinde meydana gelen değişimi ifade eden yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 4.6' da gösterilmiştir.

Oluşturulan örnek model denklem;

$$\% \text{ DPPH} = 67,67 - 0,0001X_1 - 0,0001X_2 - 0,0001X_3 - 0,0001X_1^2 - 0,0001X_2^2 - 0,0001X_3^2 - 0,0001X_1X_2 - 0,0001X_1X_3 - 0,0001X_2X_3$$

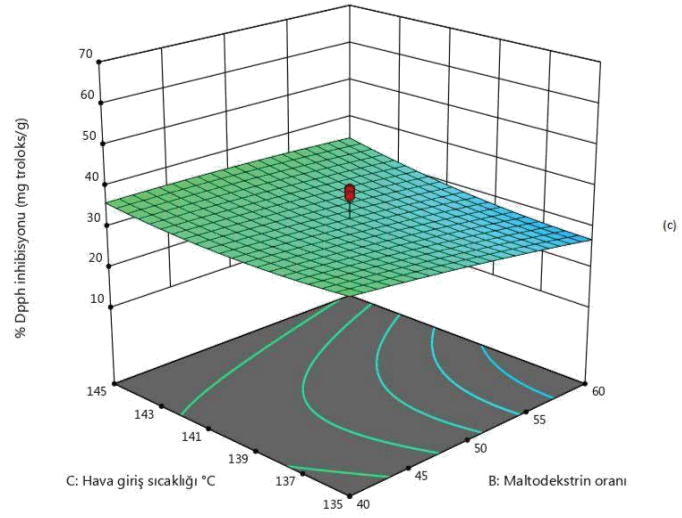
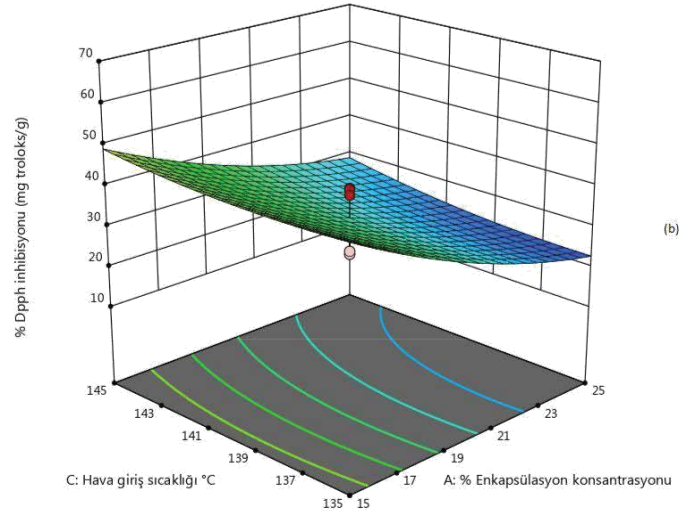
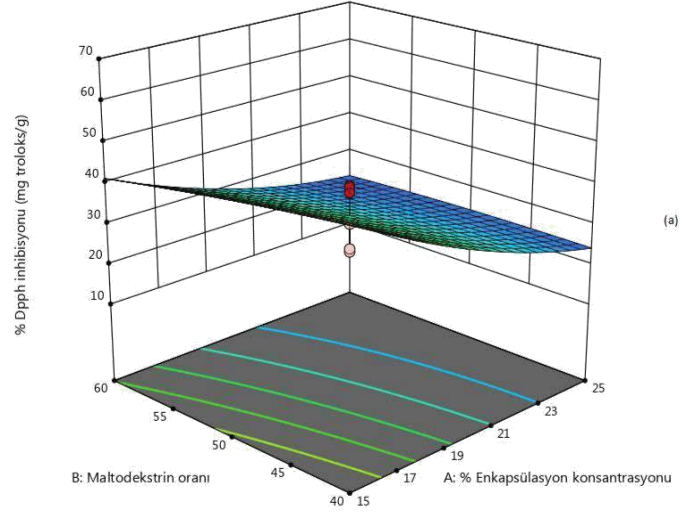
X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

X<sub>2</sub>: Maltodekstrin oranı (%)

X<sub>3</sub>: Hava giriş sıcaklığı (°C)

DPPH serbest radikal süpürücü aktivite için oluşturulan model istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). % DPPH değeri üzerine enkapsülasyon konsantrasyonu p<0.01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir. Buna göre ateş dikeni mikrokapsüllerinin % DPPH değeri % 19.90-60.26 aralığında tespit edilmiştir.

Sıcaklığın 140 °C' de sabit tutulduğu Şekil 4.6 (a)' da görüldüğü üzere maltodekstrin oranı % 40 olduğunda % DPPH indirgeme gücünün maksimumda olduğu görülmektedir. Maltodekstrin oranı ve enkapsülasyon konsantrasyonunun azalmasıyla % DPPH indirgeme gücü artmıştır. Şekil 4.6 (b) incelendiğinde % DPPH miktarı enkapsülasyon konsantrasyonu ve hava giriş sıcaklığının azalışı ile arttığı görülmektedir. Enkapsülasyon konsantrasyonunun % 20' de sabit tutulduğu Şekil 4.6 (c)' de % DPPH indirgeme değeri sıcaklığın ve maltodekstrin artışı oranını ile bir miktar artış göstermiştir.



Şekil 4.6. Mikroapsül üretim parametrelerinin ateş diken mikroapsülü % DPPH radikal indirgeme değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

#### 4.4.5. % Nem ve Su Aktivitesi ( $a_w$ )

Nem miktarı ve su aktivitesi değeri toz ürünlerin raf ömrü için önemli değişkenlerdir. Gıda endüstrisindeki çoğu kurutulmuş toz ürün için maksimum nem miktarı % 3-4 arasındadır (Klinkesorn, vd., 2006).

Bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak ateş diken mikroapsülü örneklerinin % nem miktarı ve su aktivitesi ( $a_w$ ) değerlerinde meydana gelen değişimi ifade eden yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6' da verilmiştir.

Oluşturulan örnek model denklemler;

$$\% \text{ Nem} = 3.14 - 0.32 \times X_1 - 0.37 \times X_2 + 0.08 \times X_3 + 0.20 \times X_1 \times X_2 - 0.39 \times X_1 \times X_3 + 0.25 \times X_2 \times X_3 + 0.28 \times X_1^2 - 0.05 \times X_2^2 - 0.16 \times X_3^2$$

$$a_w = 0.30 - 0.03 \times X_1 - 0.02 \times X_2 + 0.01 \times X_3 + 0.03 \times X_1 \times X_2 - 0.01 \times X_1 \times X_3 - 0.004 \times X_2 \times X_3 + 0.02 \times X_1^2 + 0.001 \times X_2^2 - 0.02 \times X_3^2$$

$X_1$ : Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

$X_2$ : Maltodekstrin oranı (%)

$X_3$ : Hava giriş sıcaklığı (°C)

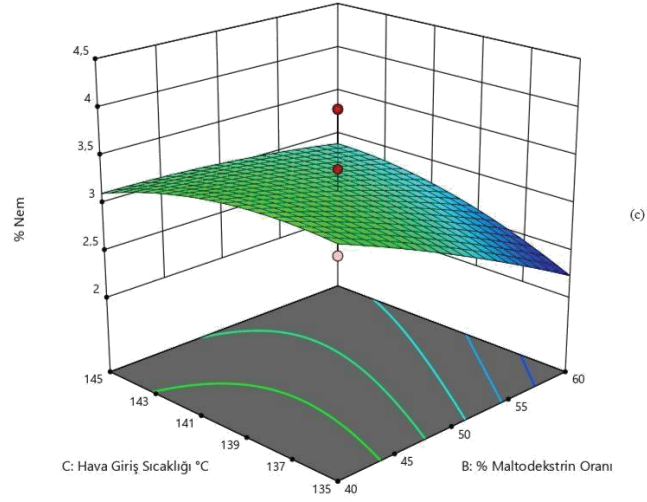
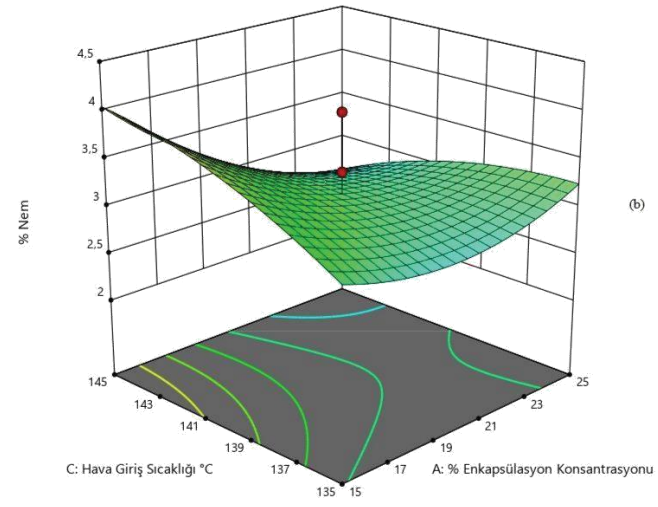
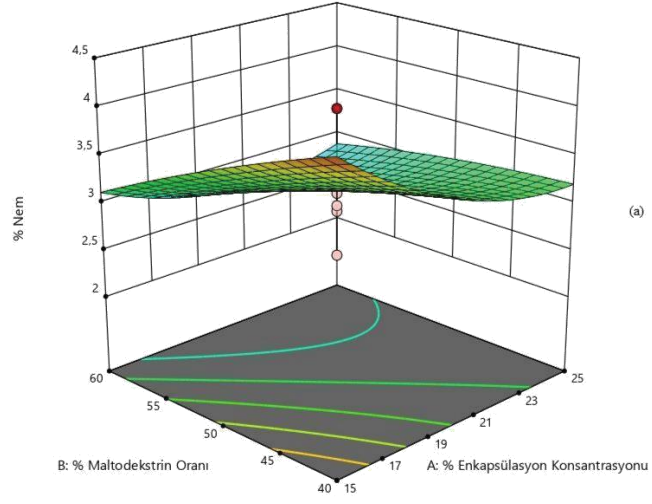
Yaptığımız araştırmada bu iki değişken, püskürtmeli kurutma işleminde benzer tepkiler göstermiştir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Araştırmamızda püskürtmeli kurutma ile elde ettiğimiz mikroapsüllerin % nem miktarı % 2.28-4.45 aralığında, su aktivitesi 0.24-0.43 aralığında tespit edilmiştir. Enkapsülasyon konsantrasyonu ve maltodekstrin:gam arabik oranı nem miktarı üzerine önemli derecede etkili olmuştur (Çizelge 4.4).

Kaplayıcı materyal olarak maltodekstrin ve modifiye mısır nişasta ile İsviçre peyniri biyoaromasının püskürtmeli kurutma yöntemi ile mikroenkapsülasyonu işlemi üzerine yaptıkları araştırmada su aktivitesini 0.072-0.241, % nem miktarını % 1.11-4.39 aralığında tespit etmişlerdir (Costa, vd., 2015a). Püskürtmeli kurutma işlemiyle mikroapsül üretiminde kaplayıcı materyal olarak maltodekstrin, gam arabik, nişasta ve inülin seçilen bir araştırmada mikroapsüllerin nem oranını % 1.40-3.56 aralığında tespit etmişlerdir (Fernandes, vd., 2014a). Yaptığımız literatür taramasına göre maltodekstrin ve gam arabik'in kaplayıcı materyal olarak tercih edildiği püskürtmeli

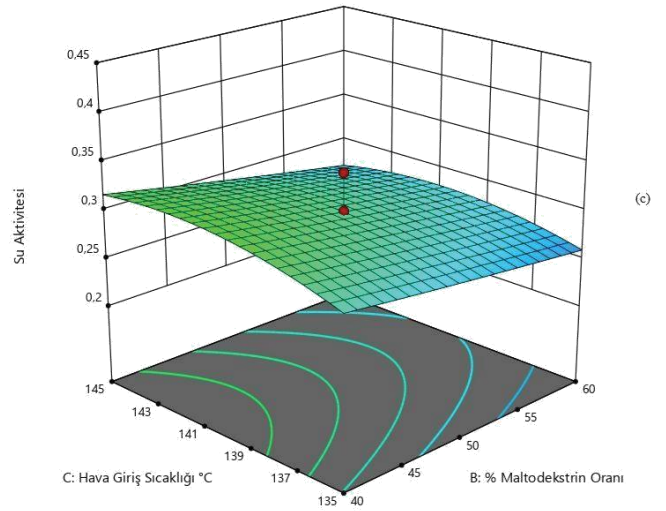
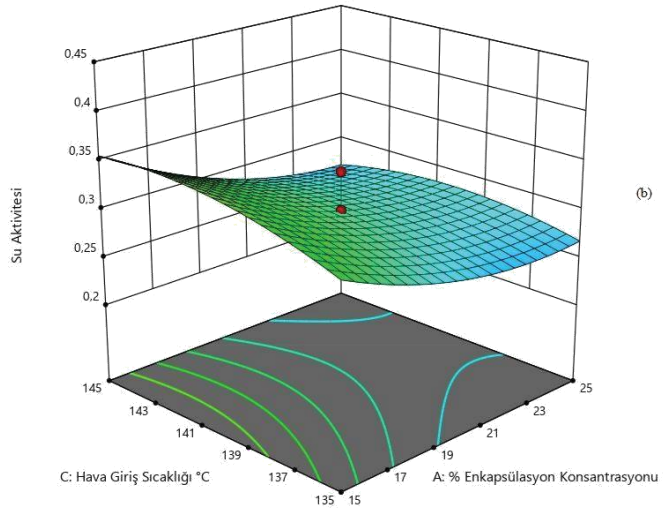
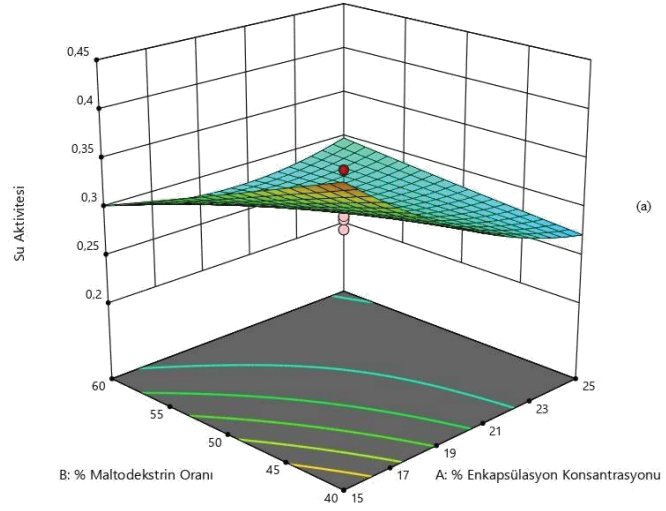
kurutma yöntemiyle elde edilen mikrokapsüllerin % nem miktarı ve su aktivitesi değeri çalışmamızla benzerlik göstermektedir. Literatürde farklı kaplayıcı materyallerin kullanıldığı çalışmalarda nem içeriklerinin değişebildiği görülmektedir.

Yüksek nem, parçacıklarda yapışkanlığa neden olabilir, bu da mikrokapsüllerin birleşmesine ve sonuçta kümeleşmesine ardından kapsüllenmiş malzemenin çökmesine ve oksidasyonuna neden olabilir (Fernandes, vd., 2014b).

Mikrokapsüllerin su aktivite değerleri istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, modelin önemli ( $p<0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. Enkapsülasyon oranının  $p<0.05$  oranında su aktivitesi üzerine önemli derecede etki ettiği, maltodekstrin:gam arabik oranının ve hava giriş sıcaklığının su aktivitesi üzerine etkisinin  $p>0.05$  önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Mikrokapsüllerdeki maltodekstrin miktarı ile mikrokapsüllerin su aktivitesi değerleri arasında negatif bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Yani maltodekstrin oranın azalışı (gam arabik oranının artışı) ile su aktivitesi değeri artmıştır (Şekil 4.6.a). Kaplayıcı materyal olarak gam arabik:maltodekstrin oranının yüksek olduğu durumlarda kaplama işleminin başarılı olduğu yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir (Krishnan, vd., 2005; Pérez Alonso, vd., 2003).



Şekil 4.7. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikeni mikrokapsülü % nem miktarı üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı



Şekil 4.8. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenli mikrokapsülü su aktivitesi değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

#### 4.4.6. Islanabilirlik

Islanabilirlik, sıvının gözenekli bir aglomerat sisteme penetrasyonu olarak tanımlanabilir. Burada islanabilirlik kapılar etkiye veya toprakların sıvının nüfuz etme kabiliyetine bağlı olarak parçacıkların yüzeylerindeki suyu emme kapasitesini açıklamaktadır. Bu özellik büyük ölçüde partikül boyutuna bağlıdır (Barbosa ve Gustavo, 2005). Tanecikler arası boşlukları nedeniyle partikül boyutu 100 µm' den küçük olan tozların, ıslatılması zordur (Bhandari ve Hartel, 2005).

Islatılabilirlik analizleri, partikül yüzeyinin ıslanma eğiliminden ziyade genellikle bir toz kütesinin su yüzeyinin altına batma süresini ölçmektedir (Baldwin ve Pearce, 2005).

Faktörler ile tahmin edilen yanıt arasındaki ilişkinin polinom denklemi aşağıda verilmiştir.

$$\text{Islanabilirlik} = 0,0001X_1^2 + 0,0001X_2^2 + 0,0001X_3^2 + 0,0001X_1X_2 + 0,0001X_1X_3 + 0,0001X_2X_3$$

X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

X<sub>2</sub>: Maltodekstrin oranı (%)

X<sub>3</sub>: Hava giriş sıcaklığı (°C)

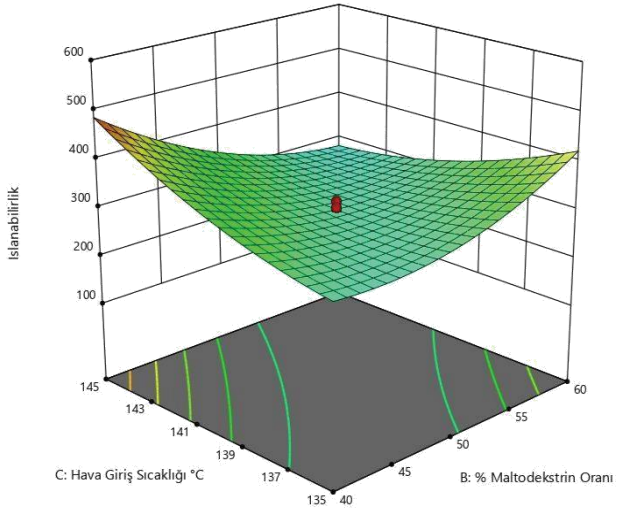
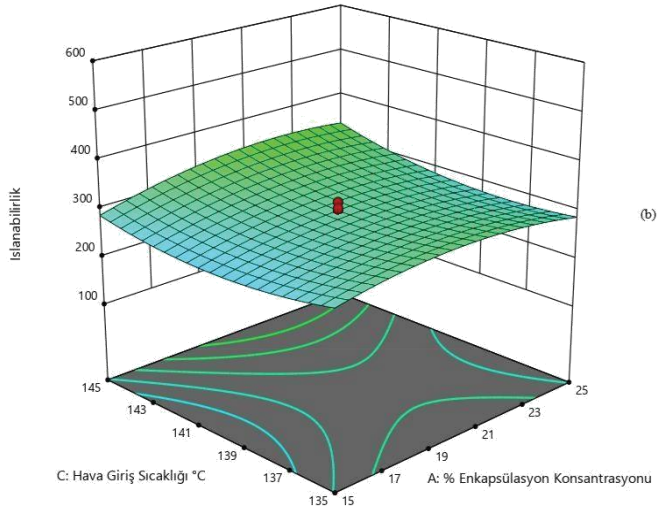
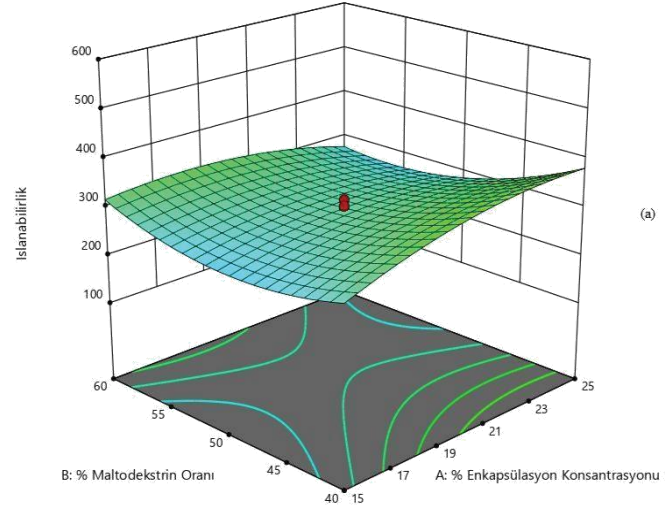
Çalışmada elde edilen mikrokapsüllerin 0.1 gramının 100 ml suda ıslanma sürelerinin 245-509 saniye arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.3). Islanabilirlik üzerine enkapsülasyon konsantrasyonu, maltodekstrin:gam arabik oranı ve hava giriş sıcaklığı önemli derecede (p<0.01) etkili bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Yapılan bir araştırmada maltodekstrin, gam arabik, nişata ve inulin gibi kaplayıcılar kullanarak elde edilen biberiye esansiyel yağı mikrokapsüllerin ıslanabilirlik özellikleri üzerine kullanılan kaplayıcı materyallerinin önemli ölçüde etki ettiğini tespit etmişlerdir (Fernandes, vd., 2014a).

Genellikle daha yüksek nem içeriğine sahip tozlarda meydana gelen aglomerasyon, sıvı gözeneklere daha kolay nüfuz ettiği için ıslatma kabiliyetine katkıda bulunabilir (Buffo, vd., 2002). Yüzey bileşimi, tozun sulandırılması sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Genel olarak, yüzeyde hidrofobik (örneğin yağ gibi) bileşenlerin varlığı zayıf ıslanabilirliğe neden olmaktadır (Kim, vd., 2002). Kaplayıcı

materyal olarak kullandığımız gam arabik hidrofilik karbonhidrat ve hidrofobik proteinden oluşmaktadır (Elbadawi, vd., 2018).

Yaptığımız çalışmayla maltodekstrin ve gam arabik miktarı ıslanabilirlik üzerine önemli derecede etki etmiştir. Maltodekstrin:gam arabik oranı 40:60'dan 50:50 oranına doğru gidildikçe ıslanabilirlik süresi (sn) düşerken 60:40 oranına doğru ıslanabilirlik süresi artmıştır (Şekil 4.9.a). % 20 sabit enkapsülasyon konsantrasyonunda maltodekstrin oranını ve hava giriş sıcaklığı ile ıslanabilirlik süresi arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.9.c). Bazı araştırmalarda ıslanabilirlik ile mikrokapsül nem miktarı arasında anlamlı bir ilişki olduğu belirtilmesine rağmen çalışmamızda böyle bir ilişki tespit edilmemiştir. Benzer şekilde kabak çekirdeği yağı mikrokapsüllerinin ıslanabilirlik özellikleri ile mikrokapsüllerin nem içeriği arasında bir ilişki olmadığını tespit etmişlerdir. Yine aynı çalışmada mikrokapsüllerin ıslanabilirlik değerleri 134.25-269.75 saniye olarak tespit edilmiştir (Aksoylu Özbek, 2018).



Şekil

4.9. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenli mikrokapsülünün ıslanabilirlik değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

#### 4.4.7. Çözünürlük

Gıda endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılan tozların kullanışlı olabilmesi için çözünürlüğünün iyi olması gerekmektedir. Çözünürlük, partikül çözünmesinin son adımı olarak geçmektedir ve bu özellik ürünlerin kalitesinde belirleyici bir faktör olarak kabul edilmektedir (Jayasundera, vd., 2011).

Mikrokapsüllerin çözünürlüğü için oluşturulan örnek model denklem aşağıdaki gibidir;

$$\text{Çözünürlük} = 59.50 - 3.59 \times X_1 - 7.83 \times X_2 + 22.22 \times X_3 + 10.37 \times X_1 \times X_2 - 9.38 \times X_1 \times X_3 - 1.87 \times X_2 \times X_3 - 6.88 \times X_1^2 - 0.34 \times X_2^2 + 15.57 \times X_3^2$$

X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

X<sub>2</sub>: Maltodekstrin oranı (%)

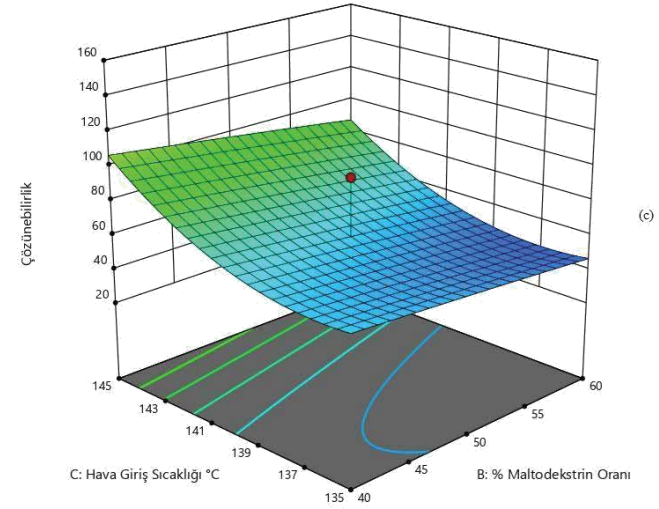
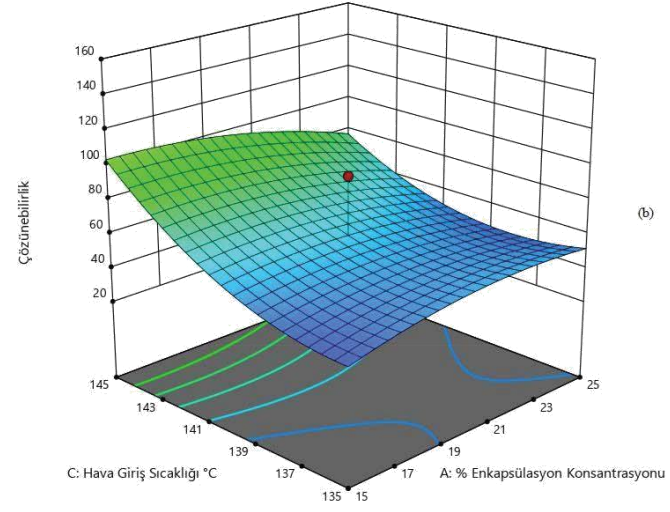
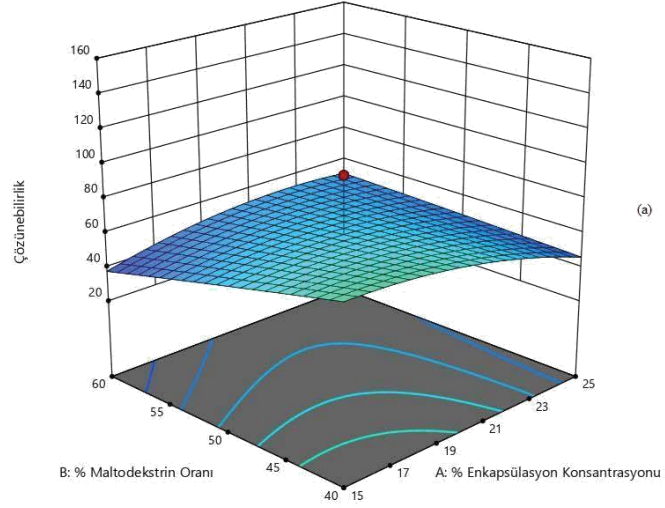
X<sub>3</sub>: Hava giriş sıcaklığı (°C)

Ateş dikenli mikrokapsüllerinin çözünürlük süresi ile hava giriş sıcaklığı ile pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4.10). Yani hava giriş sıcaklığının artışı çözünürlük süresini arttırmıştır. Hava giriş sıcaklığı çözünürlük için p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

25±1 °C’ de 25 ml saf su içindeki 1 gram mikrokapsül 1500 rpm de karıştırılmış ve tamamen çözünmesi için gereken süre kaydedilmiştir. Buna göre ateş dikenli mikrokapsüllerinin çözünürlük süreleri 35-150 saniye arasında değişmiştir. Yapılan bir araştırmada püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde ettikleri domates tozlarının çözünürlüklerini 188-435 saniye arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Püskürtmeli kurutma yönteminde hava giriş sıcaklığındaki artışın çözünürlük süresini arttırdığı bildirilmiştir. Bu durum sıcaklığın etkisiyle daha fazla proteinin denature olması ve dolayısıyla çözünürlüğe etki edeceği ile ilişkilendirilmiştir (Goula, vd., 2004).

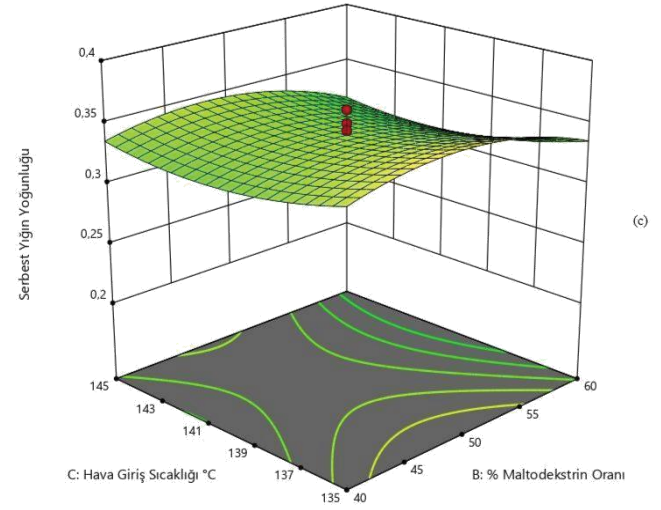
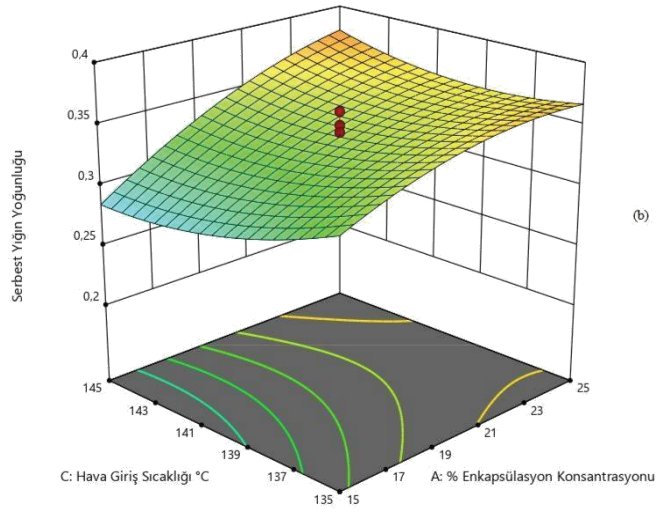
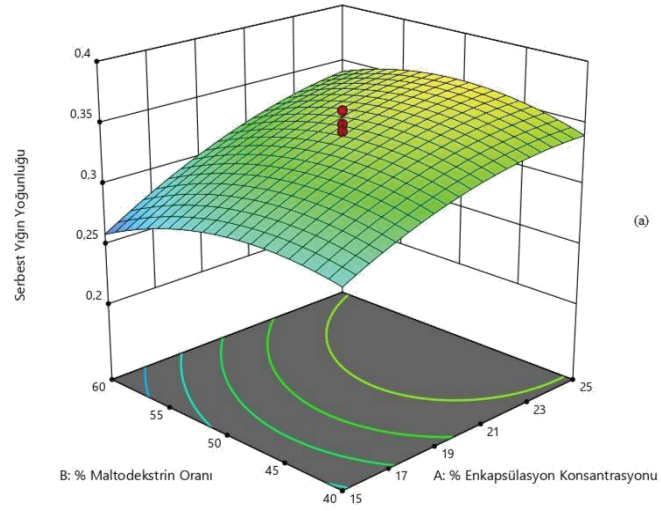
Quek ve ark. (2007)’ nın püskürtmeli kurutma ile elde ettikleri karpuz tozlarının çözünürlük süresi ile hava giriş sıcaklığı arasında pozitif bir ilişki olduğunu açıklamışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre daha düşük hava giriş sıcaklıklarında, tozların suda tamamen çözünmesi için geçen sürenin nispeten daha kısa olduğunu tespit etmişlerdir. Bu olgunun toz ürünün nem içeriği ile ilgili olabileceğini ifade etmişlerdir. Daha düşük hava giriş sıcaklığında, buharlaşma hızı daha yavaş olacağından yüksek nem içeriğine sahip tozlar üretilmiştir. Bu tür tozlar, daha yüksek

bir topaklaşma eğilimine sahiptir. Diğer yandan, daha yüksek giriş sıcaklığında, toz parçacığı üzerinde sert bir yüzey tabakası oluşabilir. Bu, su moleküllerinin parçacık boyunca yayılmasını önleyebilir. Sonuç olarak, partikülün ıslanabilirliği azalmış ve tozun çözünürlüğü azalmıştır (Chegini, vd., 2005; Quek, vd., 2007; Walton ve Mumford, 1999). Yaptığımız araştırma Goula ve ark. (2004), Quek ve ark. (2007)'nin bulgusu ile uyumludur.



Şekil 4.10. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş diken mikrokapsülünün çözünürlük değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı



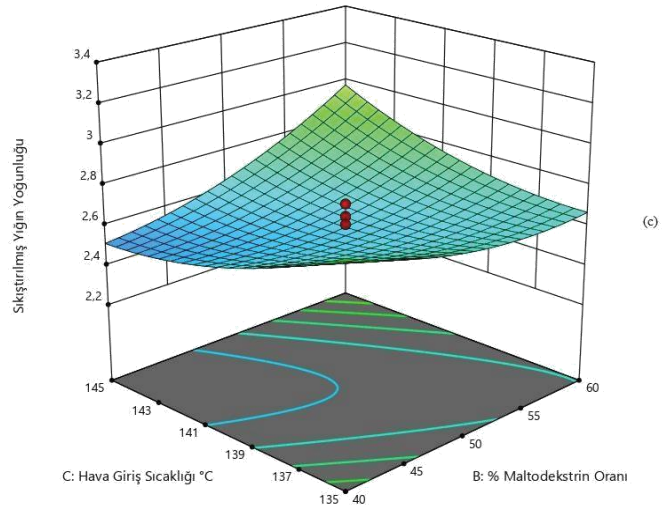
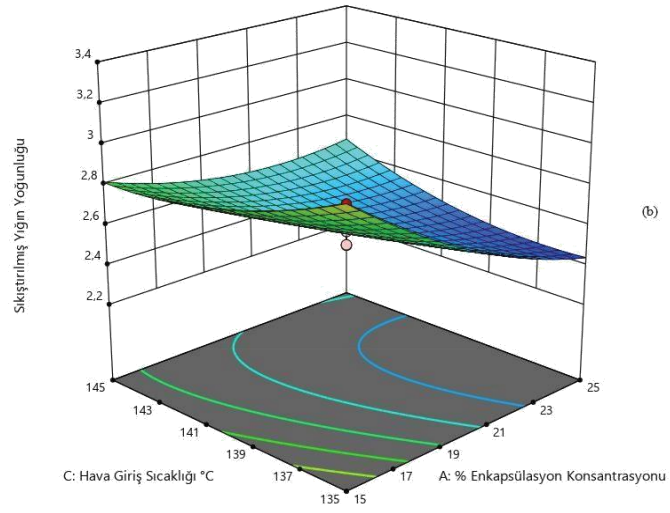
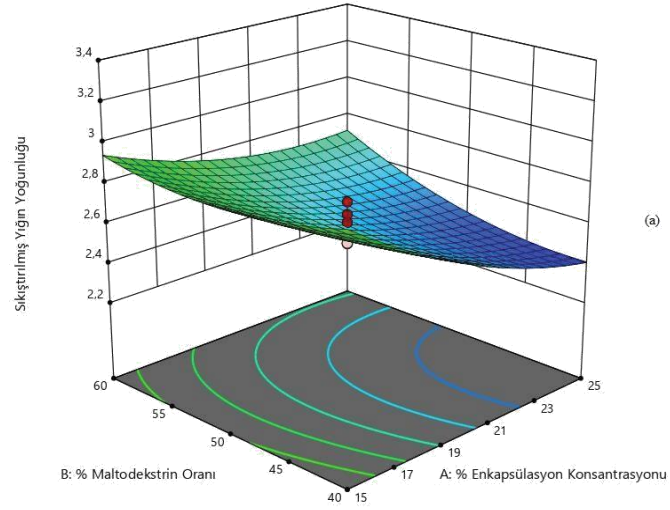


Şekil 4.11. Mikrokapşül üretim parametrelerinin ateş dkeni mikrokapşülünün serbest yığın yoğunluğu değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

Bunun dışında enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı etkileşimi serbest yığın yoğunluğu üzerine etkisi ( $p<0.05$ ) önemli bulunmuştur. Maltodekstrin:gam arabik oranı ve hava giriş sıcaklığı serbest yığın yoğunluğu değeri üzerine etkisiz bulunmuştur. Hava giriş sıcaklığının 140 °C' de sabitlendiği Şekil 4.11 (a)' da ve maltodekstrin oranının % 50' de sabitlendiği Şekil 4.11 (b)' de görüldüğü gibi enkapsülasyon konsantrasyonu artışı ile serbest yığın yoğunluğu artmıştır. Quispe Condori ve ark. (2011) keten tohumu mikrokapsüllerine ait serbest yığın yoğunluğunu püskürtmeli kurutuma yöntemi ile elde ettikleri mikrokapsüller için 174.13-279.37 kg/m<sup>3</sup>, dondurarak kurutma yöntemi ile elde ettikleri mikrokapsüller için 309.18 ve 350.05 kg/m<sup>3</sup> olarak tespit etmişlerdir Serbest yığın yoğunluğu; biberiye yağı mikrokapsülünde 0.25-0.36 g/ml (Fernandes, vd., 2013), acai üzümü mikrokapsülünde 0.37-0.48 g/cm<sup>3</sup> (Tonon, vd., 2010), domates mikrokapsülünde 0.091-0.271 g/ml (Goula, vd., 2008) aralığında tespit etmişlerdir. Literatür taramasında elde ettiğimiz sayısal değerler ile çalışmamızın sonucunda elde ettiğimiz sayısal değerler birbiri ile örtüşmektedir.

Fernandes ve ark. (2013) yığın yoğunluğunun, duvar malzemesi konsantrasyonundan olumlu olarak etkilendiğini, hava giriş sıcaklığından, akış hızı ve hava sıcaklığı etkileşiminden olumsuz olarak etkilendiğini rapor etmişlerdir. Yapılan bir çalışmada yüksek enkapsülasyon konsantrasyonlarında, biberiye mikrokapsüllerinin yığın yoğunluğunda bir artış olduğunu rapor etmişlerdir. Bunu da ağır materyalin, partiküller arasındaki boşluklara daha kolay uyum sağlayarak yığın yoğunluğunu artırdığı şeklinde açıklamışlardır (Tonon, vd., 2010). Bu açıklamalar yaptığımız denemelerden elde ettiğimiz sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri üzerine enkapsülasyon konsantrasyonu  $p<0.01$  düzeyinde oldukça önemli olarak bulunmuştur. Ayrıca enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı ile maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı etkileşimi sıkıştırılmış yığın yoğunluğu üzerine etkisi  $p<0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Enkapsülasyon konsantrasyonundaki artış ile sıkıştırılmış yığın yoğunluğu azalmıştır (Şekil 4.12). Maltodekstrin oranındaki artış ile sıkıştırılmış yığın yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki varken, hava giriş sıcaklığındaki artış ile sıkıştırılmış yığın yoğunluğu arasında negatif bir ilişki vardır (Şekil 4.12 (b, c)).



Şekil 4.12. Mikrokapşül üretim parametrelerinin ateş dikeni mikrokapşülünün sıkıştırılmış yığın yoğunluğu değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

Sıkıştırma eylemi partiküller arasındaki boşlukları en aza indirgeyerek tozu daha küçük hacimlere inmeye zorladığından, sıkıştırılmış yığın yoğunluğu, serbest yığın yoğunluğundan her zaman daha fazla olmaktadır (Goula, vd., 2004). Yaptığımız araştırma da bunu destekler nitelikte sonuçlar vermiştir. Yüksek yığın yoğunluklu bir toz ürün, düşük yığın yoğunluklu bir toz ürünle karşılaştırıldığında daha küçük hacimlidir (Quispe Condori, vd., 2011).

Yapılan literatür taramasına göre sıkıştırılmış yığın yoğunluğu biberiye yağı mikrokapsülünde 0.35 g/ml-0.49 g/ml (Fernandes, vd., 2014a), ananas suyu mikrokapsüllerinde 0.85-1.37 g/ml (Abadio, vd., 2004), avakado mikrokapsüllerinde 0.25-0.28 g/cm<sup>3</sup> (Bae ve Lee, 2008), limonata mikrokapsüllerinde 0.35 g/ml-0.25 g/ml aralığında (Tran ve Nguyen, 2018) tespit edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde ettikleri avakado mikrokapsüllerine ait yığın yoğunluğunun, maltodekstrin oranının artışı ile arttırdığını bildirmişlerdir. Bunu da maltodekstrinin mikrokapsüllerde topaklaşma oluşturarak hacimce azalmasına neden olan çökmelerle ilişkilendirmişlerdir (Bae, vd., 2008). Benzer şekilde, araştırmamızda da elde edilen mikrokapsüllerin yığın yoğunluğu ile maltodekstrin miktarları arasında pozitif bir ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan literatür taramasında göre hava giriş sıcaklığının artışı ile sıkıştırılmış yığın yoğunluğu arasında negatif bir ilişki olduğu ifade edilmektedir (Chegini, vd., 2005; Goula, vd., 2004; Phisut, 2012; Tonon, vd., 2008; Tran, vd., 2018). Hava giriş sıcaklığındaki bir artış, genellikle damlacık yüzeyinde ve parçacık boyutunda kurumuş tabaka oluşumuna neden olur ve daha yüksek sıcaklıklarda damlacıklar üzerinde kabuklaşma ya da sertleşmeye neden olur. Bu, damlacık yüzeyinde buhar geçirimsiz filmlerin oluşmasına, ardından buhar kabarcıklarının oluşmasına ve dolayısıyla damlacık genişlemesine yol açar (Chegini, vd., 2005; Tonon, vd., 2011a). Walton ve ark. (1999). hava sıcaklığının artmasının genellikle yığın yoğunluğunun azalmasına neden olduğunu ve partiküllerin kaviteasyona daha fazla eğilim gösterdiği rapor edilmiştir.

#### 4.4.9. Mikrokapsül Verimi

Genel % verim mikrokapsül ağırlığının, sisteme beslenen kısmın kuru madde miktarına oranı olarak ifade edilmektedir. Toplam mikrokapsül kütlelerinden, toplam emülsiyon kütlelerinin bir fonksiyonu olarak mikrokapsül verimi hesaplanabilmektedir (Jiménez, 2016).

Bağımsız değişkenlerin fonksiyonu olarak ateş diken mikrokapsüllerinin mikrokapsül verim değişimini gösteren yanıt yüzey grafiği ve eşyükselti eğrileri Şekil 4.13’ de gösterilmiştir. Oluşturulan örnek model denklem;

% Mikrokapsül Verimi=  $59.49 - 2.39 \times X_1 + 1.06 \times X_2 + 0.65 \times X_3 + 2.37 \times X_1 \times X_2 - 0.13 \times X_1 \times X_3 - 0.97 \times X_2 \times X_3 - 0.92 \times X_1^2 - 0.80 \times X_2^2 - 0.96 \times X_3^2$  şeklinde belirlenmiştir.

X<sub>1</sub>: Enkapsülasyon konsantrasyonu (%)

X<sub>2</sub>: Maltodekstrin oranı (%)

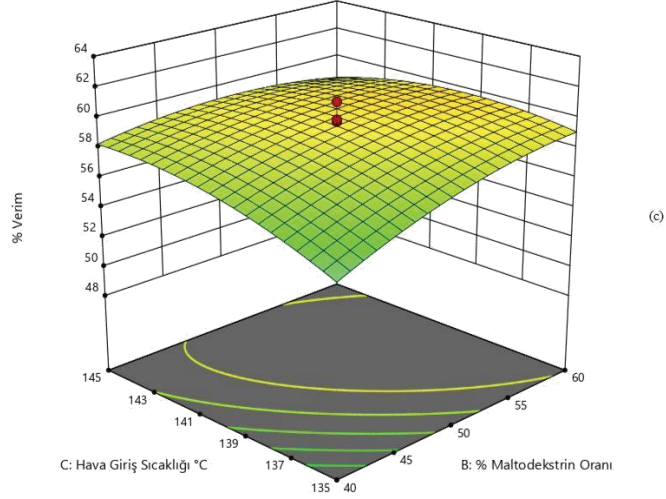
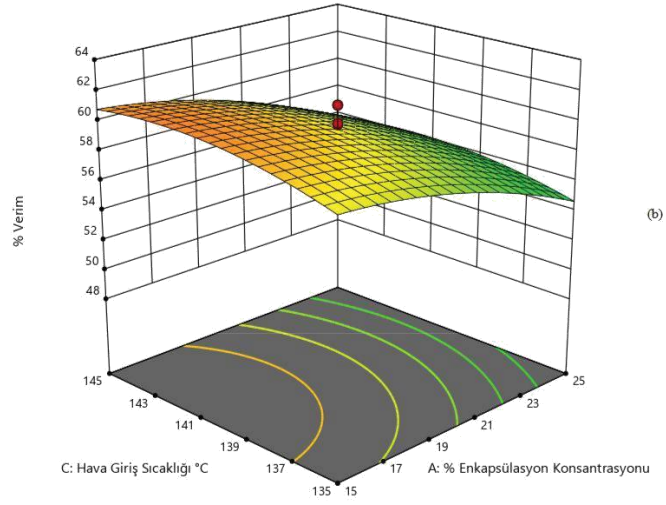
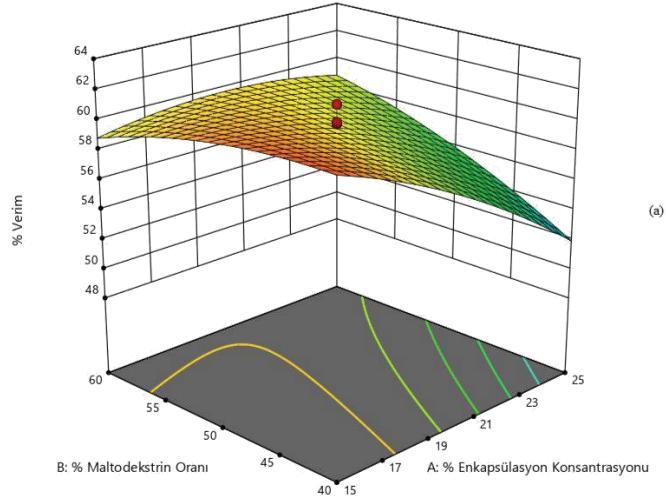
X<sub>3</sub>: Hava giriş sıcaklığı (°C)

Mikrokapsül verimi üzerine enkapsülasyon konsantrasyonu, maltodekstrin oranı ve hava giriş sıcaklığı p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ateş diken mikrokapsüllerinin mikrokapsül verimi en düşük % 49.75 en yüksek % 62.59 olarak tespit edilmiştir. Pilot ölçekli bir püskürtmeli kurutucuda tatmin edici bir başarılıdan söz etmek için verimin en az % 50 düzeyinde olması gerekmektedir. Kurutucunun verimi, toz yapışkanlığından büyük ölçüde etkilenmektedir (Bhandari, vd., 1997). Elde ettiğimiz sonuçlara göre pilot ölçekte yaptığımız püskürtmeli kurutma sonucu başarılı bir verim elde ettiğimiz görülmektedir. % 15 enkapsülasyon konsantrasyonu, % 40 maltodekstrin oranı ve 145 °C hava giriş sıcaklığının olduğu deney no 20’ de en yüksek verim elde edilmiştir. Maltodekstrin oranındaki artış ve hava giriş sıcaklığının artmasıyla mikrokapsül verimi artmıştır. Maltodekstrin oranındaki azalma ve enkapsülasyon konsantrasyonundaki azalma ile mikrokapsül verimi artmıştır. Düşük kurutma sıcaklıklarında, kurutma bölmesinin iç dikey duvarında toz birikintileri oluşmuştur. Elde edilen toz miktarı dolayısıyla mikrokapsül veriminde düşüş olmuştur. Aynı durum Maury ve ark. (2005) yaptığı araştırmada da ifade edilmiştir Püskürtmeli kurutucuya verilen besleme sıvısının katı madde miktarının yüksek olması durumunda kurutma sırasında büyük parçacık üretimi söz konusu olacaktır

(Adler ve Lee, 1999). Kritik noktadan sonra büyük partiküller, küçük partiküllere kıyasla daha yavaş kuruyacaktır. Bu durum kurutma bölmesinde birikimi arttırarak verimi azaltacaktır (Maury, vd., 2005).

Zencefil uçucu yağının gam arabik ve gam arabik:maltodekstrin ile enkapsüle edildiği bir çalışmada, mikrokapsül veriminin sırasıyla % 26.69 ve % 17.18 olduğu belirtilmiştir (Fernandes, vd., 2016). Fesleğen uçucu yağı mikrokapsülleri üzerine yapılan bir çalışmada verim % 65.92-76.39 aralığında tespit edilmiştir (Özdemir, 2019). Du ve ark. (2014) farklı oranlarda maltodekstrin, gam arabik, nişasta sodyum oktenil süksinat ve peynir altı suyu protein konsantresi ile trabzon hurması mikrokapsülleri elde etmiştir. Bu çalışmaya göre mikrokapsüllerin verimlerini % 41.66-73.23 aralığında tespit etmişlerdir (Du, vd., 2014). Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) meyve ekstraktı mikrokapsüllerinin verimi % 37-75.64 arasında tespit edilmiştir (Daza, vd., 2016). Defne meyvesi mikrokapsüllerinin verimini % 44.62-74.23 aralığında tespit etmiştir (Fang ve Bhandari, 2012).

Yaptığımız literatür taramasında mikrokapsül verimi üzerine pek çok faktör etki etmektedir Bunlar; kullanılan kaplama materyali, emülsiyon oranı, kaplama materyali:çekirdek oranı, emülsiyon hazırlanışında tercih edilen homojenizasyon yöntemi ve püskürterek kurutma işlemi gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yaptığımız araştırma sonuçlarına göre elde ettiğimiz verim diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4.13. Mikrokapsül üretim parametrelerinin ateş dikenli mikrokapsülünün verim değeri üzerine etkisi (a) enkapsülasyon konsantrasyonu-maltodekstrin oranı, (b) enkapsülasyon konsantrasyonu-hava giriş sıcaklığı, (c) maltodekstrin oranı-hava giriş sıcaklığı

#### **4.4.10. Optimum Noktanın Belirlenmesi**

Bu çalışmada enkapsülasyon işlemi için optimum koşulların belirlenmesi hedeflenmiştir. Ateş dikenini mikrokapsül üretimi için maksimum toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, % DPPH indirgeme, FRAP değerini belirlemek için optimize edilmiştir. Optimum ürün elde etmek amacıyla çoklu yanıtlar kullanılmış ve bu yanıtların sonuçları doğrultusunda istenirlik fonksiyonu kullanılarak ateş dikenini mikrokapsülü için optimum noktalar tespit edilmiştir. Bu koşullar altında ateş dikenini mikrokapsülleri için istenirlik fonksiyonu ile belirlenmiş optimum noktalar Çizelge 4.5' te gösterilmiştir. Ateş dikenini mikrokapsülü için optimum enkapsülasyon konsantrasyonu % 15, maltodekstrin konsantrasyonu % 60 (maltodekstrin:gam arabik 3:2) ve hava giriş sıcaklığı 145 °C olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 İstenilirlik fonksiyonu ile belirlenen tahmini ve ölçülen optimum noktalar

Toz No	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	TF <sub>1</sub>	TF <sub>2</sub>	FD	% DPPH	a <sub>w</sub>	% Nem	I	Ç	SY <sub>Y1</sub>	SY <sub>Y2</sub>	% Verim	Istenirlik
<b>1</b>	<b>15.00</b>	<b>60.00</b>	<b>145.00</b>	<b>7.10</b>	<b>0.14</b>	<b>3.48</b>	<b>45.70</b>	<b>0.30</b>	<b>3.68</b>	<b>262.79</b>	<b>82.95</b>	<b>0.25</b>	<b>3.04</b>	<b>57.71</b>	<b>0.87</b>
2	15.00	59.91	145.00	7.09	0.14	3.47	45.73	0.30	3.68	262.62	83.13	0.25	3.04	57.75	0.87
3	15.00	59.97	144.95	7.09	0.14	3.48	45.66	0.30	3.67	262.99	82.42	0.25	3.04	57.74	0.87
4	15.00	60.00	144.91	7.10	0.14	3.48	45.60	0.30	3.67	263.26	81.90	0.25	3.04	57.75	0.87
5	15.00	59.83	145.00	7.08	0.14	3.47	45.77	0.30	3.68	262.47	83.30	0.25	3.04	57.78	0.87
6	15.00	60.00	144.87	7.09	0.14	3.48	45.55	0.30	3.67	263.51	81.34	0.25	3.04	57.77	0.87
7	15.00	59.75	145.00	7.06	0.14	3.46	45.80	0.30	3.69	262.31	83.47	0.25	3.04	57.81	0.87
8	15.00	59.74	144.91	7.05	0.14	3.45	45.70	0.30	3.68	262.72	82.45	0.25	3.03	57.85	0.87
9	15.09	60.00	145.00	7.06	0.14	3.46	45.45	0.30	3.66	263.61	83.15	0.25	3.04	57.74	0.87
10	15.02	60.00	144.74	7.06	0.14	3.47	45.34	0.30	3.65	264.45	79.90	0.25	3.03	57.83	0.87

X<sub>1</sub> % Enkapsülasyon konsantrasyonu, X<sub>2</sub> % Maltodekstrin Oranı, X<sub>3</sub> Hava giriş sıcaklığı °C

TF<sub>1</sub> Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/g mikrokapsül), TF<sub>2</sub> Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg Rutin Eşdeğeri/g mikrokapsül), FD FRAP Değeri

(µmol/g), a<sub>w</sub> su aktivitesi, I İslanabilirlik, Ç Çözünürlük, SY<sub>Y1</sub> Serbest Yığın Yoğunluğu, SY<sub>Y2</sub> Sıkıştırılmış Yığın Yoğunluğu

## 4.5. Optimum Noktaya Göre Elde Edilmiş Mikrokapsüllerin Analizleri

### 4.5.1. Renk Analizi

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsüllerin (Şekil 4.14) renk analizleri sonuçları Çizelge 4.6’ da verilmiştir. Elde edilen mikrokapsüllerin elde ediliş yöntemleri  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  değerleri üzerine istatistiksel olarak  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuş iken  $H^\circ$  değeri üzerine etkisi önemsiz ( $p > 0.05$ ) bulunmuştur.

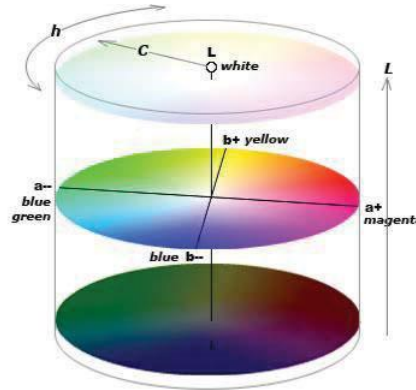
Çizelge 4.6. Farklı üretim yöntemleriyle elde edilmiş mikrokapsüllerin renk değerleri

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$H^\circ$
PM	89.62±0.19	3.02±0.05	6.71±0.14	7.36±0.15	65.74±0.15
DM	77.54±0.83	7.05±0.15	15.73±0.09	17.23±0.14	65.85±0.32

PM: Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül

DM: Dondurarak kurutulma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül

CIALAB renk parametrelerinden  $L^*$  değeri 0 siyah rengini ve 100 beyaz rengi tanımladığı 0-100 aralığında ölçüm yapılan örneklerin, parlaklığı hakkında bilgi vermektedir.  $a^*$  değeri ‘-a’ mavi-yeşil ‘+a’ değeri ise eflatun rengi,  $b^*$  değeri ‘-b’ mavi ‘+b’ sarı renge göre sınırlandırılır.  $L^* a^* b^*$  sisteminin silindirik versiyonu, parlaklık ( $L^*$ ), renk tonu ( $H^\circ$ ) ve kroma ( $C^*$ ) gibi (Şekil 4.14.) algısal niteliklere karşılık gelen Munsell renk düzeni sistemine benzemektedir (Briones ve Aguilera, 2005). Kromatik daire üzerinde,  $H^\circ$  referans değerleri  $90^\circ$  (sarı),  $180^\circ$  (mavimsi yeşil) ve  $270^\circ$  (veya  $-90^\circ$ ) (mavi) olan, sürekli solan bir renk tonu dairesi boyunca  $0^\circ$ ’ den  $360^\circ$ ’ ye (morumsu kırmızı) değişen bir sistemdir (Malien-Aubert, vd., 2001).



Şekil 4.14. CIELAB Renk modunun geometrisi (Mac Evoy, 2005)

Çizelge 4.6 incelendiğinde her iki yöntemle elde ettiğimiz mikrokapsüllerin  $L^*$  değerleri yüksektir. İki yöntemi kıyasladığımızda dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüller, püskürtmeli yöntemle elde edilen mikrokapsüle kıyasla daha koyu renkte olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.15. Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül (PM) ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül (DM)

Kapsülasyonda farklı miktarda beta glukan ve maltodekstrin-gam arabik kaplayıcı materyali kullanılan püskürtmeli kurutulmuş yalancı iğde yağı mikrokapsüllerinin  $L^*$  değerleri 76.99-83.27 aralığında tespit edilmiştir. Aynı çalışmada mikrokapsüllerin meyveye ait sarı-turuncu karakteristik rengi verdiğini ve bu rengin de yüksek miktarda karotenoid ile ilişkilendirdiklerini rapor etmişlerdir (Drozińska, vd., 2019).

Maltodekstrin ve gam arabik duvar malzemelerinin püskürtmeli kurutma yöntemi ile kullanıldığı safran yağı mikrokapsüllerinin 0. gün ve 10. hafta sonunda  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  ve  $H^\circ$  değerleri ölçülmüştür. Buna göre  $L^*$  değeri 40.62-64.54,  $a^*$  değeri 22.11-40.10,  $b^*$  değeri -9.38--5.62,  $C^*$  değeri 22.81-41.38,  $H^\circ$  ise -19.31--10.46 aralığında tespit etmişlerdir (Khazaei, vd., 2014). De Souza ve ark. (2015) bordo üzüm şarap yan ürünlerinden elde ettikleri mikrokapsüllerin püskürtmeli kurutma yönteminde kullandıkları en düşük sıcaklıkta (130 °C)  $L^*$  değerinin en yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada seçilen sıcaklıkta daha açık renk olmasını karamelizasyona daha az duyarlı olması ile ilişkilendirmişlerdir (De Souza, vd., 2015). Kuck ve ark. (2016) ile Saikia ve ark. (2015) püskürtülerek kurutulmuş tozun, dondurularak kurutulmuş tozdan daha açık renkte olduğunu ortaya koymuşlardır.

Bunun nedeni, püskürtmeli kurutma sırasında yüksek ısı uygulanmasıyla numunede bulunan karotenoidler gibi bazı doğal pigmentlerin yok edilmesine bağlamışlardır (Kuck ve Noreña, 2016; Saikia, vd., 2015). Başka bir çalışmaya göre ürünlerin rengi yüzeydeki gözenek boyutuyla ilişkilendirilebileceğini (Aguilera ve Lillford, 2008), donma ve süblimasyonundan sonra gözenek yapısını değiştirerek buz kristallerinin oluşacağı bu nedenle süblimasyon sonrası boş alanların ışık saçma özelliklerinden dolayı bu parçacıkların yüzeyi daha koyu tespit edileceği açıklanmıştır (Aguilera ve Stanley, 1999).

Araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre mikrokapsüller 3.02 ve 7.05 ( $a^*$ ), 6.71 ve 15.73 ( $b^*$ ) aralığında pozitif ancak düşük  $a^*$  ve  $b^*$  değerleriyle açık sarı açık kahverengine sahiptir. Kuck ve ark. (2016) ile Saikia ve ark. (2015)'nin tespit ettiği gibi yaptığımız araştırmada dondurarak kurutulmuş tozların  $a^*$  değeri, püskürtmeli kurutulmuş tozların  $a^*$  değerinden daha yüksektir (Çizelge 4.6). Saikia ve ark. (2015)'nin araştırmasında olduğu gibi yaptığımız araştırmada da  $b^*$  değeri dondurularak kurutulmuş kapsüllerde daha yüksektir. Çizelge 4.6 incelendiğinde  $C^*$  değeri dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsüllerde daha yüksek bulunmuşken,  $H^\circ$ 'si her iki üretim yönteminde birbirine yakın tespit edilmiştir.  $H^\circ$  si 65.74-65.85 aralığında referans değerleri sarı tona doğru eğilim göstermiştir ( $H^\circ 90^\circ =$  sarı). Naomi ve ark. (2017)'nin yapmış oldukları araştırmada kitosan, sodyum aljinat ve sodyum tripolifosfat ile mikrokapsüle ettikleri Japon balkabağının  $L^*$  değerini 70.34-76.21,  $a^*$  değerini 3.64-14.02,  $b^*$  değerini 48.91-74.69,  $C^*$  değerini 49.05-76.00 ve  $H^\circ$  ni 79.37-85.76 aralığında tespit etmişlerdir (Naomi, vd., 2017). Bu çalışmaya göre karotenid konsantrasyonunun artışı ile  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  değerleri pozitif etkilenmişken,  $L^*$  ve  $H^\circ$  değerleri üzerine negatif etki göstermiştir.

#### **4.5.2. Mikrokapsüllerin Toplam Biyoaktif Bileşen ve Antioksidan Aktivite Analizleri**

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsüllerin toplam fenolik madde miktarı, toplam flavonoid madde miktarı, FRAP değeri, % DPPH indirgeme değerleri Çizelge 4.7' de verilmiştir. Mikrokapsül üretim yöntemleri toplam fenolik değeri, % DPPH ve FRAP üzerine etkisi önemsiz bulunmasına rağmen, toplam flavonoid madde miktarı üzerine etkisi  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Farklı üretim yöntemleriyle elde edilmiş mikrokapsüllerin biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite değerleri

	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/g mikrokapsül)	Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg Rutin Eşdeğeri/g mikrokapsül)	FRAP Değeri ( $\mu\text{mol/g}$ mikrokapsül)	% DPPH indirgeme
PM	7.62±0.56	0.22±0.01	0.21±0.07	40.28±9.63
DM	8.34±0.34	0.26±0.01	0.28±0.01	32.93±2.71

PM: Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül

DM: Dondurarak kurutulma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül

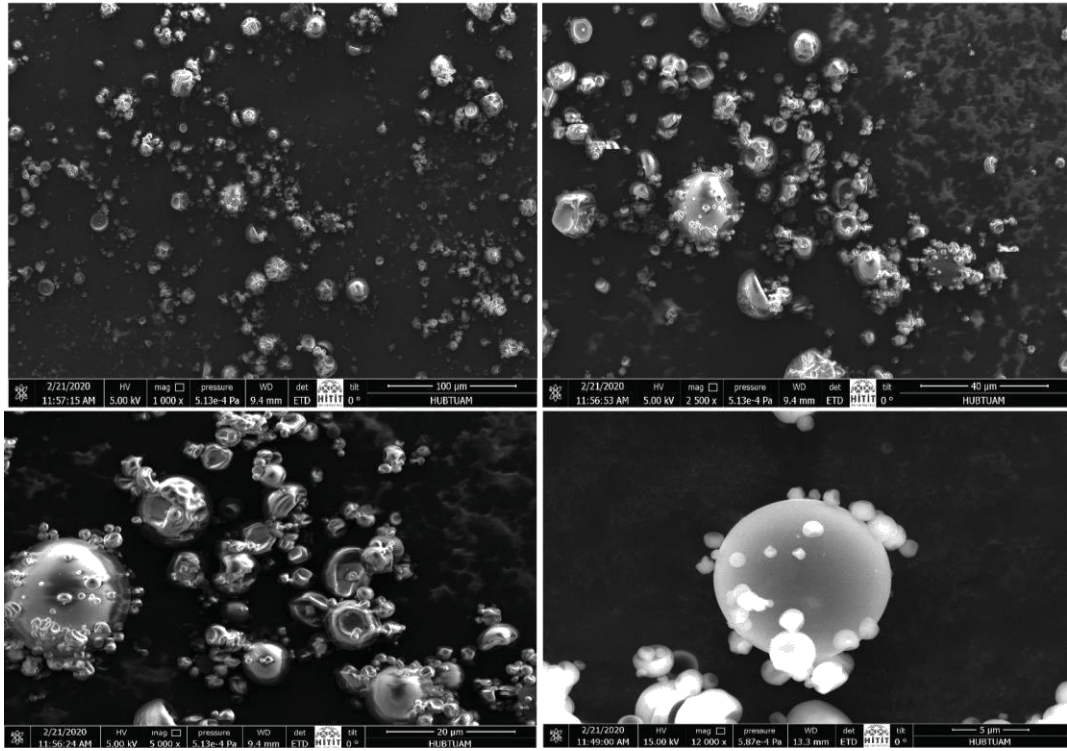
Dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüller toplam biyoaktif bileşen ve antioksidan aktivite yönünden daha yüksek tespit edilmiştir. Bu sonuç biyoaktif bileşiklerin sıcaklıktan etkilenmesine bağlanabilir. Benzer sonuçlar *Moringa stenopetala* yaprağı kapsüllerinde (Dadi, vd., 2020), defne meyvesi kapsüllerinde (Cheng, vd., 2017), siyah pirinç kapsüllerinde (Laokuldilok ve Kanha, 2015), yeşil çay kapsüllerinde de (Pasrija, vd., 2015) rapor edilmiştir.

#### 4.5.3. Mikrokapsül Morfolojisi ve Parçacık Boyutu Dağılımı

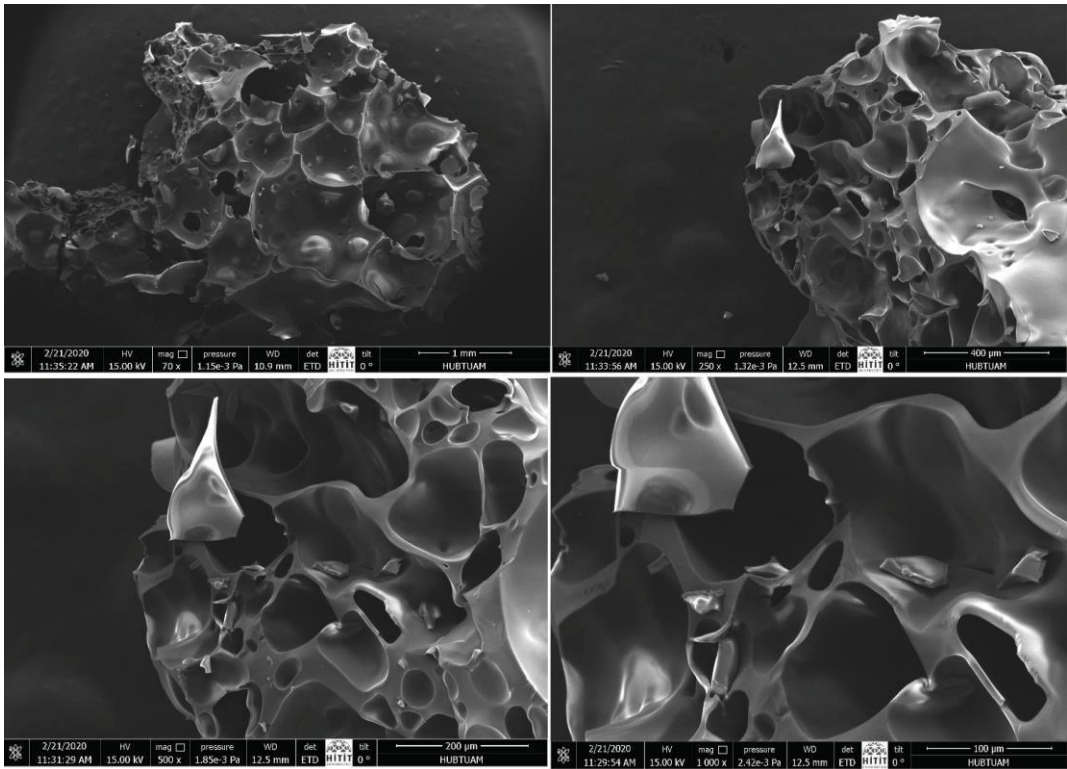
Şekil 4.16' da püskürtmeli kurutma yöntemi ile üretilmiş mikrokapsülün ve Şekil 4.17' de dondurarak kurutma yöntemi ile üretilmiş mikrokapsülün taramalı elektron mikroskobu görüntüleri yer almaktadır.

Püskürtmeyle kurutulmuş mikrokapsüller tipik olarak içi boş kürelerdir. Vakuol oluşumu, dış yüzeyin sertleşmesinden sonra oluşan büzülme sürecinden ve ardından damlacık içinde hapsolmuş hava kabarcıklarının genişlemesinden kaynaklanır (I Ré, 1998). Bu küresel kapsüller ekstraktın emilmesi için kullanılır ve kurutma işleminden sonra bileşenlerin kaplama malzemeleri içinde kalmasına izin verir (Ballesteros, vd., 2017).

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile üretilmiş mikrokapsülün pürüzsüz yüzeyli küresel yapıda olduğu bazıların da yüzeylerinde çökmeler olduğu görülmektedir (Şekil 4.16). Daha önceki raporlarda da püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsüllerin küresel şekilde olduğu belirtilmiştir (Anandharamakrishnan, vd., 2007; Anandharamakrishnan, vd., 2010; Dolly, vd., 2011; Karthik ve Anandharamakrishnan, 2013; Lee ve Rosenberg, 2000).



Şekil 4.16. Püskürtmeli kurutma yöntemiyle elde edilmiş mikrokapsüllerin SEM görüntüleri



Şekil 4.17. Dondurarak kurutma yöntemiyle elde edilmiş mikrokapsüllerin SEM görüntüleri

Dondurularak kurutulmuş mikrokapsüller gözenekli yüzeylere sahiptir. Mikrokapsüllerdeki bu gözenekler, dondurarak kurutma işlemi sırasında süblimleşen buz kristallerinden ötürü meydana gelmektedir (Anandharamakrishnan, vd., 2010). Bahsedilen gözenekli yapı Şekil 4.17' de de görülmektedir. Benzer fiziksel yapılar, daha önce dondurarak kurutma yöntemi ile yapılan enkapsülasyon çalışmalarında da gözlenmiştir.

Zeta potansiyel değeri, emülsiyonların kararlılığının yorumlanmasını sağlayan önemli faktörlerden biridir. Zeta potansiyeli değeri, emülsifiye edici parçacıklar arasındaki yük yerçekimlerini veya itmeleri ölçmektedir (Premi ve Sharma, 2017). Püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsüllerin partikül boyutu, mikrokapsüllerin görünüş, akışkanlık ve dağılılabirlik gibi özellikleri üzerine etkisi önemli bir faktördür (Reineccius, 2004). Küçük ölçekli püskürtmeli kurutuculardan elde edilen mikrokapsüller genellikle 50 µm' den küçük parçacık boyutuna sahiptir (Masters, 1991).

Elde ettiğimiz mikrokapsüllerin parçacık boyutu püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsüller için ortalama 2140.5±540.94 nm, dondurarak kurutulmuş mikrokapsüller için ortalama 1331±247.5 nm olarak tespit edilmiştir. Mikrokapsüllerin parçacık boyutu ile ilgili yapılan çalışmalarda sıcaklık, kurutma koşulları, kaplayıcı materyaller, kaplayıcı materyallerin konsantrasyonu, yağ/katı oranı gibi pek çok faktör mikrokapsül çapları üzerine etki etmektedir (Cai ve Corke, 2000; Jafari ,vd., 2008; Tonon, vd., 2011b). Başka bir araştırmada püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde ettikleri keten tohumu yağı mikrokapsüllerinin parçacık boyutunu 0.1- 477.0 µm gibi geniş bir aralıkta tespit etmişlerdir (Tonon, vd., 2011b). Dondurarak kurutulmuş kaplayıcı olarak maltodekstrin ve gam arabik kullanılan Chia tohum yağı mikrokapsüllerinin parçacık boyutlarını en düşük 408 nm en yüksek 1574 nm olarak tespit edilmiştir (Fırtın, vd., 2020). Elde ettiğimiz mikrokapsüllerin parçacık boyutu değerleri literatür ile benzerlik göstermektedir.

#### **4.5.4. Mikrokapsüllerin Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol Bileşiklerin Profili**

Püskürtmeli kurutma yöntemi ile üretilmiş mikrokapsül ve dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsüllerin yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile polifenol bileşenlerine ait değerler ile bu örneklere ait kromatogramlar Çizelge 4.8 ve

Şekil 4.18' de verilmiştir. Ateş dikeni ekstraktında olduğu gibi mikrokapsüller için de kromotogramlar; gallik asit, *p*-hidroksibenzoik asit, epikateşin ve şirincik asit için 280 nm dalga boyunda, klorojenik ve kafeik asit için 320 nm dalga boyunda, rutin için 360 nm dalga boyunda kaydedilmiştir. Şekil 4.1' deki standart kromotogramlarında 1 nolu pik gallik asit, 2 nolu pik *p*-hidroksi benzoik asit, 3 nolu pik klorojenik asit, 4 nolu pik kafeik asit, 5 nolu pik epikateşin, 6 nolu pik şirincik asit ve 7 nolu pik rutine aittir ve bu değerler üzerinden aşağıdaki kromotogramlar değerlendirilip hesaplama yapılmıştır (numaralar ile ilgili bileşen gösterilmiştir).

Çizelge 4.8' de görüldüğü üzere püskürtmeli kurutma yöntemi ile üretilmiş ateş dikeni mikrokapsüllerinde gallik asit, dondurarak kurutulmuş mikrokapsüllerde ise şirincik asit tespit edilememiştir. Ayrıca PM ve DM örneklerinin her ikisinde de *p*-hidroksibenzoik asit belirlenememiştir. Püskürtmeli kurutma ile elde edilen mikrokapsüldeki biyoaktif bileşenlerden sadece kafeik asit miktarı dondurarak kurutulmuş mikrokapsüllerden 1.5 kat daha fazla tespit edilmiştir. Yapılan bir araştırmada püskürtmeli kurutucudaki sıcaklık artışının mikrokapsüllerdeki rutin miktarını düşürdüğünü, epikateşin ve gallik asit miktarlarının değiştiğini ve sıcaklığın 180 °C' ye çıkarılmasıyla kafeik asit miktarının arttığını rapor etmişlerdir (Tolun, vd., 2016).

Bunun dışında yaptığımız araştırmada ateş dikeni meyvesinde de rapor ettiğimiz üzere mikrokapsüllerde de rutin en baskın bulunan biyoaktif bileşen olmuştur. İki farklı yöntemle üretilmiş olan mikrokapsüller biyoaktif bileşen açısından kıyaslandığında dondurarak kurutulmuş olan ateş dikeni mikrokapsülü daha yüksek biyoaktif bileşen değerleri vermiştir. Bu durum püskürtmeli kurutucuda uygulanan ısı işlemin biyoaktif bileşenlerde azalmaya neden olduğunu düşündürmüştür.

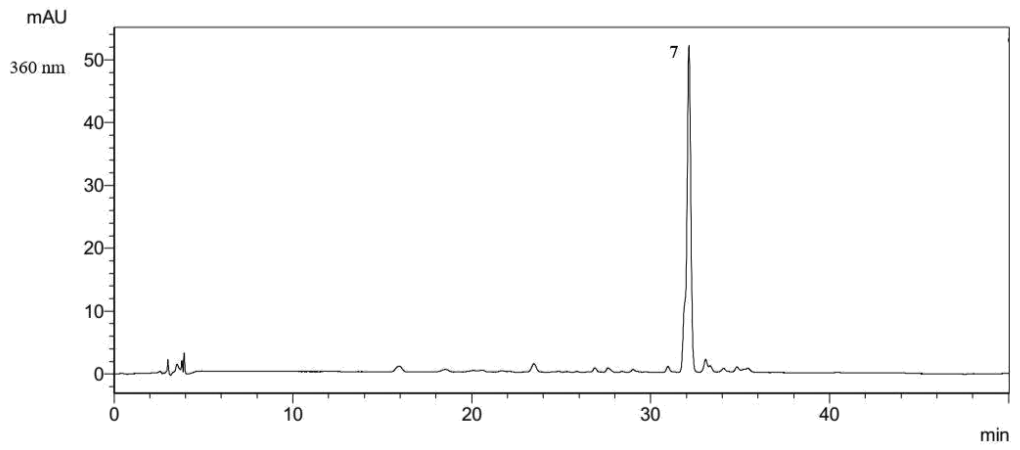
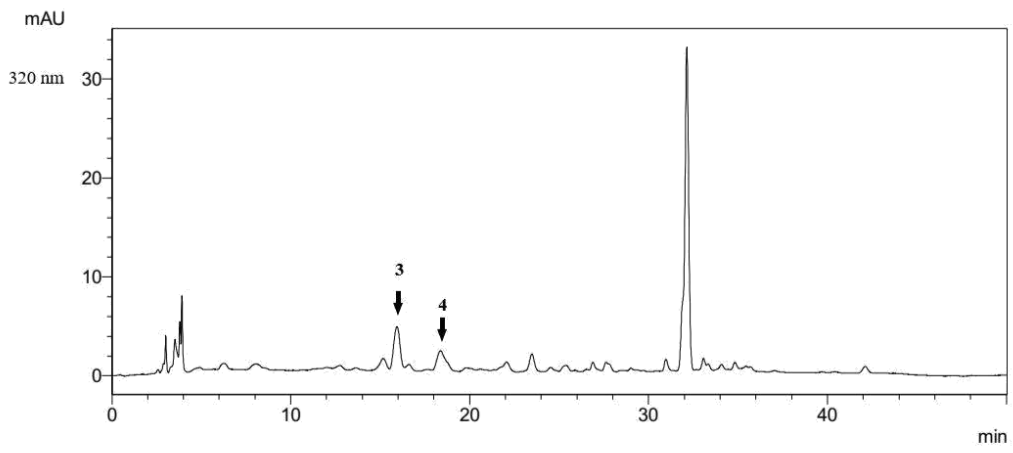
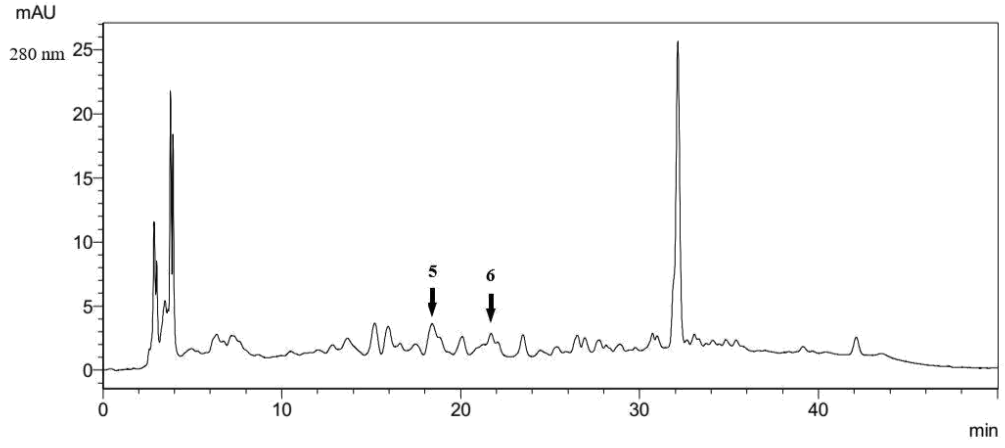
Çizelge 4.8. PM ve DM örneklerinin biyoaktif bileşen miktarları

	PM	DM
Gallik asit (µg/g)	-	0.14±0.01
<i>p</i> -hidroksibenzoik asit (µg/g)	-	-
Klorojenik asit (µg/g)	17.85±1.32	19.04±1.44
Kafeik asit (µg/g)	5.03±0.88	3.49±1.04
Epikateşin (µg/g)	16.19±1.95	24.97±8.48
Şirincik asit (µg/g)	0.53±0.01	-
Rutin (µg/g)	215.19±28.05	224.57±0.74

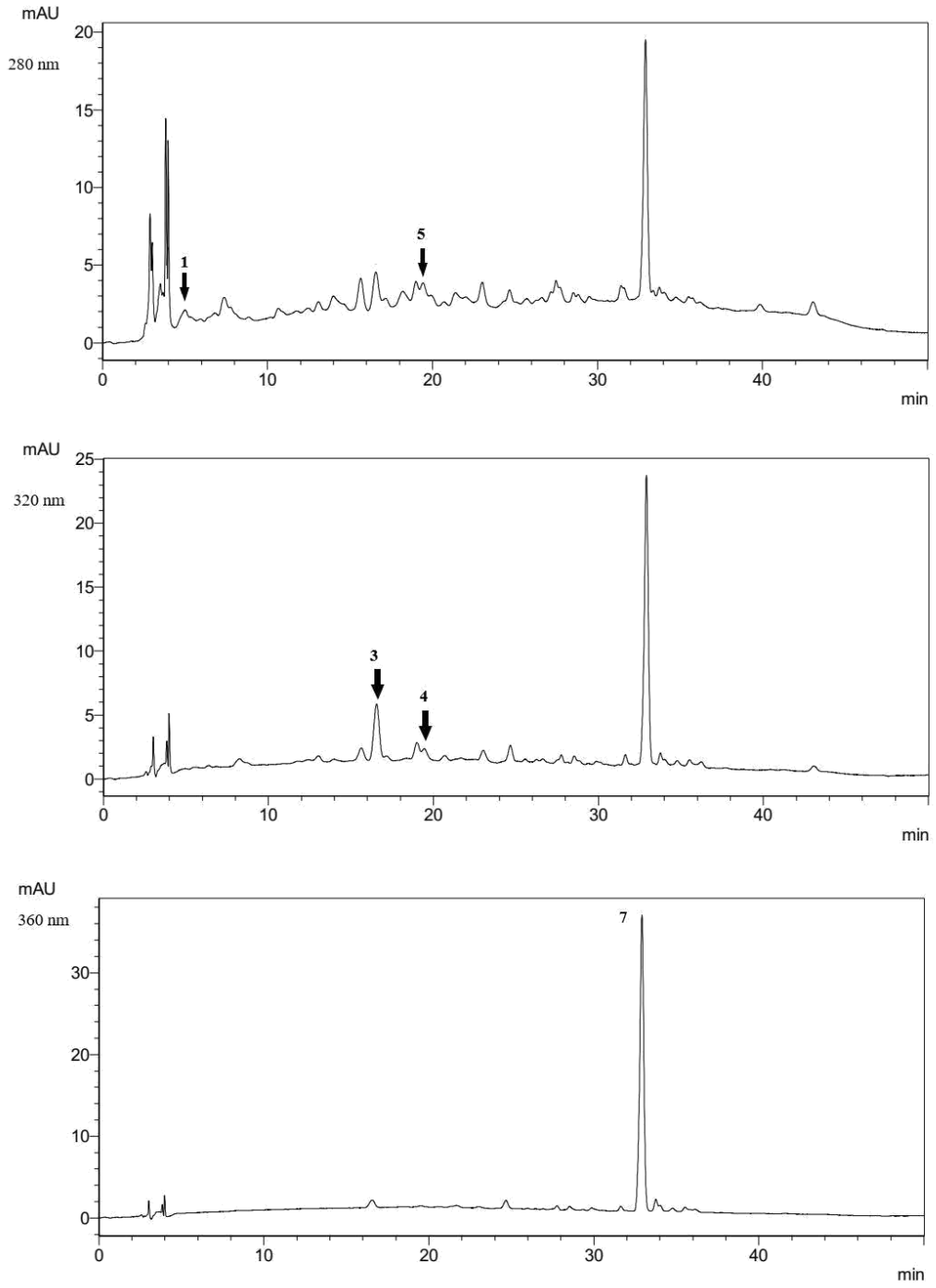
PM: Püskürtmeli kurutma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül

DM: Dondurarak kurutulma yöntemi ile elde edilmiş mikrokapsül

Tolun ve ark. (2016)' nın üzüm posasından elde ettiği mikrokapsüllerde (1:2 çekirdek:kaplayıcı, 6:4 maltodekstrin: gam arabik ve 140 °C' de) gallik asit miktarını 0.0154 mg/100 g mikrokapsül, klorojenik asit miktarını 0.0223 mg/100 g mikrokapsül, kafeik asit miktarını 0.0223 mg/100 g mikrokapsül, epikateşin miktarını 0.1498 mg/100 g mikrokapsül ve rutin miktarını 0.0162 mg/100 g mikrokapsül olarak rapor etmişlerdir (Tolun, vd., 2016). Da Rosa ve ark. (2014)' nın farklı kaplayıcılar kullandığı dondurarak kurutulmuş böğürtlen mikrokapsüllerinde gallik asit miktarını 0.13-0.42 mg/g, epikateşin miktarını 0.14-1.03 mg/g ve *p*-hidroksibenzoik asit miktarını 0.09 mg/g olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 4.18. PM örneğine ait kromotogramlar



Şekil 4.19. DM örneğine ait

#### kromotogramlar 4.6. Yoğurt Analizleri

Yoğurt örneklerinde depolama süresince kuru madde değerleri ortalama % 12.85, yağ oranı % 3.11 ve protein oranı % 4.55 oranında tespit edilmiştir.

#### 4.6.1. pH

Farklı oranlarda ateş dikeni ekstraktı, püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül ve dondurarak kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtların 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerdeki pH değerleri Çizelge 4.9’ da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Depolama boyunca örneklerin pH değerleri

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	4.31±0.00 <sup>dD</sup>	4.23±0.01 <sup>hC</sup>	4.16±0.00 <sup>iB</sup>	4.31±0.02 <sup>cD</sup>	4.11±0.02 <sup>dA</sup>
E25	4.27±0.02 <sup>cD</sup>	4.05±0.00 <sup>eB</sup>	3.94±0.02 <sup>dA</sup>	4.08±0.00 <sup>bC</sup>	3.92±0.01 <sup>bA</sup>
E50	4.25±0.00 <sup>bcD</sup>	3.97±0.01 <sup>aC</sup>	3.88±0.01 <sup>bA</sup>	3.97±0.01 <sup>aC</sup>	3.92±0.00 <sup>bB</sup>
E75	4.17±0.00 <sup>aE</sup>	3.98±0.00 <sup>bD</sup>	3.91±0.00 <sup>cB</sup>	3.95±0.02 <sup>aC</sup>	3.89±0.01 <sup>aA</sup>
P25	4.14±0.00 <sup>aE</sup>	4.08±0.00 <sup>fC</sup>	4.00±0.00 <sup>fB</sup>	3.95±0.01 <sup>aA</sup>	4.11±0.00 <sup>dD</sup>
P50	4.23±0.06 <sup>bC</sup>	4.00±0.00 <sup>eB</sup>	3.86±0.00 <sup>aA</sup>	4.25±0.15 <sup>cC</sup>	4.13±0.00 <sup>dC</sup>
P75	4.24±0.01 <sup>bcB</sup>	4.24±0.00 <sup>iB</sup>	4.08±0.00 <sup>hA</sup>	4.31±0.02 <sup>cD</sup>	4.27±0.00 <sup>fC</sup>
L25	4.23±0.01 <sup>bE</sup>	4.01±0.00 <sup>dB</sup>	4.08±0.00 <sup>ghD</sup>	4.05±0.00 <sup>abC</sup>	3.91±0.01 <sup>bA</sup>
L50	4.24±0.00 <sup>bcD</sup>	3.97±0.00 <sup>abB</sup>	3.97±0.01 <sup>eAB</sup>	4.00±0.01 <sup>abC</sup>	3.96±0.00 <sup>cA</sup>
L75	4.31±0.01 <sup>dD</sup>	4.21±0.00 <sup>gB</sup>	4.07±0.01 <sup>gAB</sup>	4.02±0.08 <sup>abC</sup>	4.21±0.00 <sup>eA</sup>

a-i: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Depolamanın 1. gününde yoğurtların pH değerleri 4.14-4.31 arasında değişim göstermiştir. 1. gün depolama süresince ekstrakt ilaveli yoğurtlara kıyasla, kontrol örneği en yüksek pH değerine sahip olmuş ve depolama süresince ekstraktlı yoğurtlara kıyasla kontrol örneği yüksek pH değerine sahip olmuştur. Depolama süreçlerinin tümünde genel olarak ekstrakt ilavesindeki artış pH’ nın düşmesine neden olmuşken, mikrokapsül miktarındaki artış yoğurtların pH değerleri üzerine böyle bir etki göstermemiştir. Depolamanın 1. gününde ekstrakt miktarının artışı pH’ yı düşürmüştür. Ekstrakt ilaveli yoğurtların pH değerleri depolamanın 7. ve 14. günlerinde azalışa geçmiş iken, 21. günde pH da bir miktar artış görülmüş, 28. günde ise tekrar pH düşüşü olmuştur. Mikrokapsül ilaveli yoğurtlarda depolamanın 1. gününde pH değerleri kontrol örneğinden daha düşük tespit edilmiştir. Ekstrakt ilaveli yoğurtlarda olduğu gibi mikrokapsül ilaveli yoğurtlarda da depolamanın 7. ve 14. günlerinde pH azalışa geçmiştir. 21. günde genel olarak püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül içeren örneklerin (P25 hariç) pH değerleri artışa geçmiş iken, dondurarak

kurutulmuş mikrokapsül içeren yoğurtların (L50 hariç) pH değerleri genel olarak düşüşe geçmiştir.

Yoğurt tipleri arasında ve depolama süresince pH değeri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ). pH değerleri karşılaştırıldığında örnekler arasında gözlemlenen pH değerleri farklılığı, ilave edilen ekstrakt, mikrokapsül, inkübasyon sırasında inkübatör içi yerleşim ve sıcaklık dalgalanması ile açıklanabilmektedir. pH değeri tüm örneklerde 1. günden itibaren düşüşe geçmiş ve P75 örneği hariç diğer tüm örneklerde 28. günde en düşük pH değeri göstermiştir. pH' daki bu düşüş, büyük olasılıkla laktoz hidrolizi yoluyla daha yüksek miktarda laktik asit üreten bakterilerin metabolik aktiviteden kaynaklanmaktadır (Dai, vd., 2016). Comunian ve ark. (2017) serbest ve kapsüllenmiş ekiyum yağı, fitosterol ve sinapik asit içeren fonksiyonel yoğurdun pH değerlerini sırasıyla 0. gün 4.14-4.05 ve 30. gün depolama sonucu 4.10-4.02 arasında tespit etmiştir. Aynı çalışmada pH ve titre edilebilir asitlik değerlerinde önemli bir fark ( $p<0.05$ ) tespit etmekle birlikte, yoğurta mikrokapsüllerin ve kapsüllenmemiş biyoaktif bileşiklerin varlığının ve/veya yokluğunun bir fonksiyonu olarak pH ve titre edilebilir asitlik için bir ilişki kuramamışlardır. Bu sonuçlar, ekiyum yağı, fitosterol ve sinapik asit içeren mikrokapsüllerin eklenmesinin yoğurdun pH ve titre edilebilir asitliğini etkilediğini, ancak nihai ürünün kalitesini etkilemediğini göstermiştir. Bu nedenle 4.0 civarındaki pH' nın mikrokapsüllerin bozulmadan yapısını korunması için ideal olduğunu ve yoğurdun depolanması sırasında kapsüllenmiş malzemelerin salınmasını önlediğini bildirmişlerdir (Comunian, vd., 2017).

Petrotos ve ark. (2012) yoğurt üretiminde zeytin polifenolu ve zeytin polifenol mikrokapsülleri kullanarak depolama boyunca pH değişimini incelemişlerdir. Bu çalışmaya göre inkübasyon süresince kontrol örneğine göre polifenol katkılı yoğurtların pH değeri hızlı bir şekilde düşmüştür. İnkübasyon bitiş pH değeri 4.6-4.65 değerine kontrol yoğurtları 24 saat sonra erişmiş iken, polifenol katkılı yoğurtlarda 4 saatte ulaşılmıştır. Bu durum yoğurt endüstrisi için enerji tasarrufu sağlayacağını belirtmişlerdir (Petrotos, vd., 2012). Sah ve ark. (2016) ananas kabuğu mikrokapsülü ile takviye edilmiş probiyotik yoğurt numunelerinde 4°C' de 28 günlük saklama süresi boyunca pH değerinin önemli ölçüde azaldığını tespit etmişlerdir ( $p<0.05$ ). Aynı araştırmada ananas kabuğu mikrokapsüllü yoğurtların daha yüksek bir pH düşüşü gözlemlendiğini ifade etmişlerdir (Sah, vd., 2016). Fermantasyon süresinin kısaltılması,

üretim maliyetini düşürmek için yoğurt üretiminde faydalı olacaktır. Bununla birlikte, daha kısa yoğurt yapma süresi, set tipi yoğurtların fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini olumsuz etkileyebilir. Daha hızlı asidifikasyon hızına bağılı olarak kazein misellerinden koloidal kalsiyum fosfatların hızlandırılmış salınımı, kazein ağının erken gelişimini kolaylaştıran misellerden bireysel kazeinlerin erken salınımını indükler. Bu, az sayıda protein-protein bağlarının oluşmasına ve partiküllerin/kümelerin kapsamlı şekilde yeniden düzenlenmesine ve sonuç olarak geniş gözeneklere ve daha fazla peynir altı suyu ayrılmasına sahip zayıf bir jel ile sonuçlanan hızlı protein toplanmasına yol açacaktır (Lee ve Lucey, 2003, 2004, 2010). Tamjidi ve ark. (2012) ve Serra ve ark. (2009), depolama sırasında yoğurt numunelerinin pH değerindeki düşüş ve titre edilebilir asitlikteki artışı, yoğurt üretiminde kullanılan süt kültürünün metabolik aktivitesi ile açıklamışlardır (Serra, vd., 2009; Tamjidi, vd., 2012). Laktozun mikroorganizmalar tarafından karbonhidrat kaynağı olarak kullanması sonucunda laktik asit, az miktarda CO<sub>2</sub> ve formik asit oluşması sonucunda depolama sürecinde yoğurtlarda pH düşüşü görülmektedir. Ayrıca post asidifikasyon sürecinde 0-5 °C' de hala aktif halde olan β-galaktosidaz enzimi pH' yı düşürmektedir (Panesar ve Shinde, 2012).

#### 4.6.2. Titrasyon Asitliği

Çizelge 4.10' da ekstrakt ve mikrokapsül ilaveli yoğurtların depolama boyunca titrasyon asitliği değerleri verilmiştir. İlave edilen ekstrakt ve mikrokapsül miktarları ve depolama süresi titrasyon asitliği üzerine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01).

Asitlik değeri 1. günde en yüksek % 0.93 değeri ile E25 iken 28. günde en yüksek % 1.08 değeri ile P25 örneğı olarak tespit edilmiştir. Tüm yoğurt örneklerinin 7. gününde asitlik değeri artışa geçmiştir. Ekstrakt katkılı yoğurtların depolama süreçleri incelendiğinde 7. günde örnekler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. 14. günde ekstrakt katkılı yoğurtların asitlik düzeyinde artış devam etmiş iken 21. günde asitlik hafif bir düşüşe geçmiş ardından depolamanın son günü olan 28. günde asitlik artışı tespit edilmiştir. Mikrokapsül ilaveli yoğurtların depolama süresince asitlik değişimi incelendiğinde her iki yöntemle elde edilmiş mikrokapsüllü yoğurtlarda 7. günde asitliğin arttığını, genel olarak artışın 14. günde devam ettiğini söyleyebiliriz. 21. günde ise P75 ve P50 örneklerinde asitlik düşüşe geçmiş iken yine 28. günde bu örneklerin asitliği artışa geçmiştir. Yaptığımız çalışmada 28 günlük

depolama süresince yoğurt örneklerindeki laktik asit değerleri literatür taramasında olduğu gibi artış göstermiştir.

Çizelge 4.10. Depolama boyunca örneklerin % titrasyon asitliği değerleri

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	0.94±0.07 <sup>aA</sup>	1.09±0.07 <sup>bB</sup>	1.20±0.07 <sup>aC</sup>	1.10±0.03 <sup>bB</sup>	1.09±0.02 <sup>cB</sup>
E25	0.93±0.02 <sup>aA</sup>	1.17±0.02 <sup>cB</sup>	1.18±0.03 <sup>aB</sup>	1.15±0.02 <sup>bB</sup>	1.28±0.02 <sup>eC</sup>
E50	0.98±0.01 <sup>abA</sup>	1.20±0.00 <sup>cB</sup>	1.32±0.03 <sup>bC</sup>	1.34±0.02 <sup>dC</sup>	1.32±0.05 <sup>fC</sup>
E75	1.02±0.00 <sup>bcA</sup>	1.17±0.02 <sup>cB</sup>	1.28±0.04 <sup>bCD</sup>	1.27±0.05 <sup>cC</sup>	1.33±0.02 <sup>fD</sup>
P25	1.08±0.02 <sup>dA</sup>	1.09±0.02 <sup>bA</sup>	1.13±0.00 <sup>aB</sup>	1.33±0.03 <sup>dD</sup>	1.24±0.01 <sup>dC</sup>
P50	1.03±0.00 <sup>cB</sup>	1.24±0.05 <sup>dC</sup>	1.34±0.01 <sup>bD</sup>	1.24±0.02 <sup>cC</sup>	0.95±0.02 <sup>bA</sup>
P75	1.03±0.01 <sup>cC</sup>	1.04±0.01 <sup>aC</sup>	1.15±0.01 <sup>aD</sup>	0.96±0.03 <sup>aB</sup>	0.87±0.02 <sup>aA</sup>
L25	1.04±0.01 <sup>cdA</sup>	1.21±0.01 <sup>cC</sup>	1.13±0.02 <sup>aB</sup>	1.27±0.01 <sup>cd</sup>	1.26±0.00 <sup>deD</sup>
L50	1.06±0.01 <sup>cdA</sup>	1.21±0.02 <sup>cBC</sup>	1.16±0.12 <sup>aAB</sup>	1.37±0.02 <sup>dD</sup>	1.24±0.02 <sup>dC</sup>
L75	0.97±0.01 <sup>bA</sup>	1.04±0.02 <sup>aBC</sup>	1.16±0.01 <sup>aAB</sup>	1.26±0.02 <sup>cd</sup>	1.08±0.01 <sup>cC</sup>

a-e: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: %0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Comunian ve ark. (2017) serbest ve kapsüllenmiş ekiyum yağı, fitosterol ve sinapik asit içeren fonksiyonel yoğurdun 0 ve 30 gün depolanan numuneler için titre edilebilir asitlik sırasıyla % 0.789 ila 0.826 ve % 0.782 ila 0.802 arasında değiştiğini rapor etmiştir. Balık yağı mikrokapsülü ilaveli yoğurtlarda % asitlik değeri 1. gün 0.78 iken 21. gün 0.97' ye yükselmiş, mikrokapsül ilave edilmeyen kontrol numunesinde % asitlik değeri 1. gün 0.77 iken 21. gün 0.96' ye yükselmiştir (Tamjidi, vd., 2012). Titre edilebilir asitlikteki artışını, yoğurt üretiminde kullanılan süt kültürünün metabolik aktivitesi ile açıklamışlardır (Serra, vd., 2009; Tamjidi, vd., 2012). Bir araştırmada *Bifidobacterium bifidum* F-35 mikrokapsülü ilaveli yoğurtların depolama süresince titrasyon asitliği incelenmiştir. Buna göre kontrol grubu yoğurtlarının asitlik değeri 0. gün 1.37, 14. gün 1.45 olarak tespit edilmiş iken, tekli tabaka mikrokapsüllerin 0. ve 14. gün asitlik değeri sırasıyla 1.52 ve 1.65, çift tabaka mikrokapsüllerin 0. ve 14. gün asitlik değerleri sırasıyla 1.43 ve 1.51 olarak tespit edilmiştir (Mousa, vd., 2014). Probiyotik mikrokapsüllü laktozsuz yoğurtların 1. ve 30. gün titrasyon asitliği değerleri sırasıyla 0.84 ve 0.94 olduğu rapor edilmiştir (Pinto,

vd., 2019). Görüldüğü üzere çalışmamızda elde ettiğimiz değerler literatürle benzerlik göstermektedir.

#### 4.6.3. Serum Ayrılması

Sineresiz, sıvı fazın jelden ayrılmasıdır. Kendiliğinden olabileceği gibi kesme, çalkalama veya dondurma yoluyla mekanik olarak yapı bozulduğunda meydana gelebilir. Yoğurtta sineresiz istenmez ve tüketicinin ürün kabul edilebilirliğini olumsuz etkileyebilir (Domagała, 2012). Santrifüjle zorlanan sineresiz, matrisin olağan kırılmasını temsil etmez, ancak tüm jel yapısının suyu tutma kapasitesini yansıtmaktadır (Serra, vd., 2009). Serum ayrılmasının yaygın nedenleri arasında yüksek inkübasyon sıcaklığı, aşırı peynir altı suyu proteini/kazein oranı, düşük kuru madde miktarı, depolama ve dağıtım sırasında ürünün sarsıntıya uğraması gibi faktörler yer alır (Lucey, 2004).

Çizelge 4.11' de yoğurt örneklerinde depolama süresince % serum ayrılması değerleri verilmiştir. Örneklerin birbirleri arasında ve depolama süresince % serum ayrılması değerleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

% Serum ayrılması değeri 1. gün en yüksek % 49.63 değeri ile kontrol örneğine ait iken en düşük % 36.56 değeri ile E75 örneğine aittir. Depolamanın ilk günü incelendiğinde E25, E75, P25, P75 ve L25 birbiri ile benzerlik göstermiştir. 28.gün depolama sonucunda % serum ayrılması değeri % 32.67 ila 42.82 aralığında tespit edilmiştir. Depolamanın 7. gününde genel olarak örneklerin serum ayrılması değeri artışa geçmiştir. Depolamanın 14. gününde püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtların serum ayrılması değeri düşüğe geçmiştir. 14. günde serum ayrılması değeri düşüğe geçen diğer örnekler E25 ve L75 olmuştur. 28 gün depolama sonucunda en düşük serum ayrılması gösteren örnek P50 yani % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurt olmuştur. 28 gün depolama sonucunda ekstrakt ilaveli yoğurtlar arasında en düşük serum ayrılması gösteren yoğurt E25, püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtlar arasında en düşük serum ayrılması gösteren yoğurt P75 ve dondurarak kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtlar arasında en düşük serum ayrılması gösteren yoğurt L25 örneği olmuştur. Bununla birlikte kontrol örneğinde sineresiz önemli ölçüde azalış göstermiştir.

Çizelge 4.11. Depolama süresince yoğurtların % serum ayrılması değerleri

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	49.63±0.33 <sup>dD</sup>	41.17±0.65 <sup>dB</sup>	41.36±0.17 <sup>efB</sup>	42.27±0.05 <sup>dC</sup>	39.97±0.10 <sup>cdA</sup>
E25	37.35±1.19 <sup>bA</sup>	36.89±0.56 <sup>abA</sup>	36.32±0.44 <sup>bA</sup>	38.70±0.59 <sup>cB</sup>	37.43±0.44 <sup>bcAB</sup>
E50	38.74±0.80 <sup>cAB</sup>	40.467±0.09 <sup>dBC</sup>	42.34±1.93 <sup>fC</sup>	37.50±1.09 <sup>cA</sup>	39.56±1.55 <sup>cAB</sup>
E75	36.56±0.67 <sup>bA</sup>	38.62±0.17 <sup>cBC</sup>	39.23±1.51 <sup>dC</sup>	36.87±1.02 <sup>bcAB</sup>	39.95±1.30 <sup>cdC</sup>
P25	36.75±0.76 <sup>bB</sup>	41.51±0.44 <sup>dD</sup>	38.54±1.03 <sup>cdBC</sup>	34.69±0.34 <sup>abA</sup>	39.91±1.91 <sup>cdCD</sup>
P50	37.49±0.32 <sup>bcB</sup>	37.88±0.03 <sup>bcB</sup>	33.90±0.98 <sup>aA</sup>	33.84±0.05 <sup>aA</sup>	42.82±2.03 <sup>dC</sup>
P75	37.49±0.33 <sup>bA</sup>	40.53±0.87 <sup>dB</sup>	36.85±0.58 <sup>bcA</sup>	43.87±1.60 <sup>dC</sup>	36.55±1.21 <sup>bA</sup>
L25	37.49±0.34 <sup>bB</sup>	38.69±1.08 <sup>cC</sup>	39.34±1.96 <sup>deC</sup>	36.40±0.25 <sup>bcB</sup>	32.67±0.44 <sup>aA</sup>
L50	37.49±0.3 <sup>5aA</sup>	36.25±1.32 <sup>aA</sup>	39.3±0.92 <sup>deB</sup>	34.98±0.82 <sup>abA</sup>	35.26±0.02 <sup>abA</sup>
L75	37.49±0.36 <sup>aA</sup>	37.21±0.89 <sup>abA</sup>	36.14±0.28 <sup>bB</sup>	37.83±3.30 <sup>cA</sup>	39.42±3.43 <sup>cA</sup>

a-e: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E50: % 0.50 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E75: % 0.75 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt

Sineresiz gösterme eğilimi, kazein misellerinin yüzeyine bağlanan ısıyla denatüre peynir altı suyu proteinlerini içeren bir kazein misel ağı olan jel yapısını etkileyen pH değişimine de bağlıdır (Delikanlı ve Özcan, 2014). Laktik asit bakterilerinin büyümeye devam etmesi ve ayrıca depolama yoluyla laktik asit üretilmesi pH' nın düşmesinden sorumludur. pH' da küçük bir düşüş bile, yükün azalmasına neden olur ve bu da koloidal stabiliteyi zayıflatır. Jel matriksten serum salınımını artırabilir. Ayrıca yoğurtta peynir altı suyu üretimini artırabilecek faktörlerden birinin de postasitifikasyondur (Lucey, 2002).

Yoğurtların çileklerce zenginleştirildiği araştırmada hem polifenollerin hem de proteinlerin düşüşe geçtiğini bunun da esas olarak β-laktoglobulin ile kompleks oluşumunun bir sonucu olarak oluştuğunu açıklanmışlardır. Yoğurda çilek parçalarının eklenmesinin, serbest polifenoller ve serum protein içeriğini azaltarak yoğurttaki biyolojik erişilebilirliğini kısıtlanabileceğini söylemişlerdir. Ayrıca kazein ve fenolikler arasındaki etkileşim, hem kazein ağlarının daha fazla stabilitesi hem de su tutma kapasitesinin bir sonucu olarak süt ürünlerinde azalmış sinerezinin etkisiyle stabil komplekslerle sonuçlanabileceğini ifade etmişlerdir (Oliveira, vd., 2015).

Li ve ark. (2020) depolama süresince yoğurtların serum ayrılması değerinin arttığını, mikrokapsüllü yoğurtların diğer yoğurt örneklerine göre çok daha yüksek

sineresiz gösterdiğini rapor etmiştir (Li, vd., 2020). Mousa ve ark. (2014) en düşük serum ayrılması değeri gösteren örneği kontrol yoğurtlarında tespit etmişken, en yüksek serum ayrılması değerini direkt *Bifidobacterium bifidum* F-35 ilaveli yoğurtlarda elde etmişlerdir. *Bifidobacterium bifidum* F-35 mikrokapsül ilaveli yoğurtların serum ayrılması değerlerini ise tek katlı mikrokapsüllerde 0. günde % 55.33, 7. günde 58.80 ve 14.günde 54.67 olarak, çift katlı mikrokapsüllerde 0. günde % 54.67, 7. günde 57.47 ve 14.günde 56.13 olarak tespit etmişlerdir (Mousa, vd., 2014). Literatür taraması sonucunda yoğurtlarda farklı miktarlarda % serum ayrılması değerleri tespit edilmiştir. Buna göre elde ettiğimiz % serum ayrılması değerleri bazılarına kıyasla yüksek, bazılarına göre düşük, bazıları ile de benzerlik göstermiştir. Bu farklılıklar çoğunlukla % serum ayrılması tespitinde kullanılan yöntemlerin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Yapılan bir araştırmada yoğurda yeşil kahve tozu ilavesinin serum ayrılmasını azalttığını, yeşil kahve tozunun oransal artışıyla da serum ayrılmasındaki azalışın orantısal olduğunu vurgulamışlardır. Aynı çalışmada yeşil kahve tozu ilavesinin serum ayrılması üzerindeki etkinin tersine, yoğurda yeşil çay tozu ilavesi serum ayrılmasının artışına neden olduğunu rapor etmişlerdir. Aslında toplam fenolik içeriğin artması anlamına gelen artan miktarlarda yeşil çay ve yeşil kahve tozunun ilavesi düşünüldüğünde, yoğurt yapısında daha fazla serum fazının tutulması beklenir. Toplam fenolik madde içeriğinin yeşil kahve tozunda 35 mg GAE/g ve yeşil çay tozunda 61 mg GAE/g olduğunu, fakat yoğurtlarda farklı davranışlar gösterdiğini bunun da protein-polifenol ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Buna göre; farklı protein-polifenol miktarı yoğurtların jel oluşum mekanizmasına etki ettiğini, yani yeşil çay tozundaki polifenol konsantrasyonunun fazla olması kafes sayısını arttırmış aynı zamanda kafes hacminin azalarak jel matrisinde serum kapanma süresini azalttığını bu sebeple de yüksek polifenol varlığında serum ayrılmasının daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir (Dönmez, vd., 2017).

#### **4.6.4. Renk Değeri**

% 0.25, 0.50 ve 0.75 oranında ekstrakt, püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül ve dondurarak kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtların 1., 7., 14., 21., 28. günlerindeki renk değişimleri Çizelge 4.12 ve 4.13' de verilmiştir. 7., 14., 21. ve 28. gün depolama sonucunda örneklerin  $L^*$  değerleri istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuşken 1. gün depolama sonucunda örnekler arasındaki  $L^*$  değerleri istatistiksel olarak

önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). K, E50, E75 örnekleri için depolama boyunca oluşan  $L^*$  değeri değişimi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. 1.gün hariç depolama süresince mikrokapsül ilaveli yoğurtların  $L^*$  değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Ekstrakt ve mikrokapsül miktarının artışı 1.günde  $L^*$  değerinin düşmesine neden olmuştur. Yine depolamanın son gününde  $L^*$  değeri ekstrakt ve mikrokapsül oranındaki artış ile azalış gösterdiği tespit edilmiştir.

Yağ globülleri ve kazein miselleri gibi kolloidal parçacıklar, ışığı yansıtma yeteneklerinden dolayı yoğurtta gözle görülür beyaz görünüme katkıda bulunan maddelerdir. Bu bağlamda, ışık yansıtan parçacıklar pH düşüşüyle birlikte yapısal değişikliklere uğrayacağından, yoğurdun rengi pH' ya bağımlı olma eğilimindedir (García Pérez, vd., 2005).

Yoğurtların tümü, tüm saklama süresi boyunca hafif yeşil bir renk tonu sergilemiştir. Hem ekstrakt eklenmiş hem de mikrokapsül eklenmiş yoğurtlarda kontrol yoğurda göre çok düşük bir farkla sarılık gözlemlenmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12 incelendiğinde yoğurtların  $b^*$  değerleri depolama süresince +5.74-+9.10 aralığında tespit edilmiştir, yani pozitif  $b^*$  değeri (+ $b^*$  değeri sarılık) göstermiştir.

Tan ve ark. (2018) tokotrienol mikrokapsülü ilaveli yoğurtların  $L^*$  değerlerini depolamanın ilk gününde 82.91, 4 hafta sonra ise 83.02 olarak tespit etmiştir. Serbest ve kapsüllenmiş ekiyum yağı, fitosterol ve sinapik asit içeren fonksiyonel yoğurt üzerine yapılan bir araştırmada  $L^*$  değerleri, 0 ve 30 günlük depolanan yoğurtlar için sırasıyla 62.43 ile 62.59 ve 62.64 ile 62.75 arasında değişmiştir (Comunian, vd., 2017). Lifce zengin ananas kabuğu mikrokapsülü ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtlar için 4 ° C' de 1 ve 28 gün depolama ile sırasıyla 84.53-90.43 ve 84.84-91.54 arasında değişen  $L^*$  değerleri tespit etmişlerdir (Sah, vd., 2016). Balık yağı mikrokapsülü ilaveli yoğurtların  $L^*$  değerleri 1. ve 21. gün sonunda 89.75 ve 90.81 olarak tespit edilmiştir (Tamjidi, vd., 2012).

Tan ve ark. (2018) direkt tokotrienol ilaveli yoğurtların renk değerleri daha yüksek bir sarılığa neden olduğu için yoğurdun orijinal renk görünümünü koruma açısından tokotrienol mikrokapsülü ilavesinin daha iyi olacağını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.12. Depolama boyunca yoğurt örneklerinin  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri

	Depolama (gün)					
	1	7	14	21	28	
$L^*$	K	82.44±7.30 <sup>aA</sup>	81.90±0.16 <sup>abA</sup>	80.98±0.01 <sup>abA</sup>	81.07±0.15 <sup>aA</sup>	81.73±0.20 <sup>cA</sup>
	E25	82.76±0.08 <sup>aCD</sup>	82.95±0.07 <sup>cd</sup>	80.53±0.44 <sup>aA</sup>	82.45±0.13 <sup>gC</sup>	81.78±0.13 <sup>cB</sup>
	E50	82.30±0.08 <sup>aA</sup>	81.32±1.22 <sup>aA</sup>	81.61±0.17 <sup>cdA</sup>	81.76±0.12 <sup>cdA</sup>	81.85±0.19 <sup>cdA</sup>
	E75	82.27±0.08 <sup>aA</sup>	82.17±0.12 <sup>abcA</sup>	82.06±0.37 <sup>dA</sup>	82.26±0.15 <sup>efA</sup>	82.21±0.05 <sup>efA</sup>
	P25	82.63±0.04 <sup>aD</sup>	82.25±0.10 <sup>bcC</sup>	81.74±0.08 <sup>cdA</sup>	81.95±0.06 <sup>deB</sup>	82.30±0.04 <sup>fC</sup>
	P50	82.30±0.15 <sup>aC</sup>	82.14±0.04 <sup>abcC</sup>	81.77±0.1 <sup>cdB</sup>	81.68±0.08 <sup>cB</sup>	80.92±0.16 <sup>bA</sup>
	P75	80.35±0.04 <sup>aAB</sup>	81.73±0.56 <sup>abD</sup>	80.87±0.21 <sup>abAB</sup>	81.33±0.21 <sup>bBC</sup>	79.98±0.24 <sup>aA</sup>
	L25	82.28±0.11 <sup>aC</sup>	81.77±0.12 <sup>abA</sup>	81.91±0.01 <sup>cdAB</sup>	81.84±0.09 <sup>cdA</sup>	82.06±0.12 <sup>deB</sup>
	L50	81.96±0.04 <sup>abB</sup>	82.08±0.06 <sup>abB</sup>	80.97±0.76 <sup>abA</sup>	82.08±0.06 <sup>efB</sup>	81.99±0.13 <sup>cdeB</sup>
	L75	80.93±0.15 <sup>abB</sup>	81.72±0.30 <sup>abB</sup>	81.33±0.18 <sup>bA</sup>	82.17±0.13 <sup>efB</sup>	81.98±0.06 <sup>cdeB</sup>
$a^*$	K	-4.40±0.08 <sup>aA</sup>	-3.50±0.04 <sup>aB</sup>	-3.34±0.03 <sup>aD</sup>	-3.47±0.09 <sup>aBC</sup>	-3.37±0.06 <sup>aCD</sup>
	E25	-3.33±0.05 <sup>bAB</sup>	-3.34±0.03 <sup>bAB</sup>	-3.26±0.12 <sup>abB</sup>	-3.42±0.02 <sup>abA</sup>	-3.36±0.02 <sup>aAB</sup>
	E50	-3.32±0.03 <sup>bAB</sup>	-3.20±0.14 <sup>cdB</sup>	-3.01±0.02 <sup>defC</sup>	-3.34±0.05 <sup>bcA</sup>	-3.30±0.03 <sup>abAB</sup>
	E75	-3.16±0.01 <sup>eB</sup>	-3.32±0.04 <sup>bA</sup>	-3.04±0.06 <sup>deC</sup>	-3.13±0.01 <sup>dB</sup>	-3.34±0.05 <sup>aA</sup>
	P25	-3.23±0.03 <sup>cdAB</sup>	-3.20±0.02 <sup>cdB</sup>	-3.25±0.05 <sup>abAB</sup>	-3.27±0.04 <sup>cA</sup>	-3.25±0.02 <sup>bcAB</sup>
	P50	-3.18±0.01 <sup>deAB</sup>	-3.14±0.05 <sup>cdAB</sup>	-3.10±0.06 <sup>cdB</sup>	-3.17±0.03 <sup>dAB</sup>	-3.22±0.02 <sup>cA</sup>
	P75	-3.00±0.04 <sup>fC</sup>	-3.11±0.02 <sup>dB</sup>	-2.94±0.02 <sup>efD</sup>	-3.17±0.05 <sup>dA</sup>	-3.05±0.02 <sup>dC</sup>
	L25	-3.25±0.03 <sup>cAB</sup>	-3.24±0.02 <sup>bcB</sup>	-3.20±0.08 <sup>bcB</sup>	-3.34±0.07 <sup>bcA</sup>	-3.23±0.02 <sup>cB</sup>
	L50	-3.06±0.02 <sup>fAB</sup>	-3.11±0.06 <sup>dAB</sup>	-3.01±0.09 <sup>defB</sup>	-3.16±0.02 <sup>dA</sup>	-3.06±0.05 <sup>dAB</sup>
	L75	-3.06±0.03 <sup>fAB</sup>	-2.99±0.04 <sup>eAB</sup>	-2.91±0.05 <sup>fB</sup>	-3.01±0.04 <sup>eA</sup>	-3.04±0.03 <sup>dAB</sup>
$b^*$	K	9.10±0.22 <sup>hD</sup>	7.08±0.05 <sup>bcC</sup>	5.87±0.09 <sup>aA</sup>	6.47±0.18 <sup>abB</sup>	6.34±0.06 <sup>abB</sup>
	E25	6.96±0.11 <sup>deB</sup>	7.57±0.07 <sup>dC</sup>	6.18±0.17 <sup>bA</sup>	7.45±0.08 <sup>cC</sup>	7.01±0.01 <sup>cB</sup>
	E50	6.73±0.05 <sup>bcB</sup>	6.80±0.36 <sup>abB</sup>	5.74±0.02 <sup>aA</sup>	6.96±0.07 <sup>bbB</sup>	6.93±0.06 <sup>cB</sup>
	E75	6.69±0.07 <sup>bB</sup>	7.26±0.02 <sup>cd</sup>	6.48±0.2 <sup>cA</sup>	6.99±0.03 <sup>bc</sup>	7.41±0.03 <sup>dD</sup>
	P25	7.16±0.06 <sup>efCD</sup>	7.20±0.03 <sup>cd</sup>	6.75±0.11 <sup>deA</sup>	7.07±0.08 <sup>bc</sup>	6.89±0.03 <sup>cB</sup>
	P50	7.40±0.03 <sup>gC</sup>	7.50±0.05 <sup>dD</sup>	6.78±0.07 <sup>deA</sup>	7.33±0.04 <sup>cC</sup>	6.97±0.05 <sup>cB</sup>
	P75	6.09±0.15 <sup>aA</sup>	7.10±0.09 <sup>bcC</sup>	5.90±0.07 <sup>aA</sup>	7.50±0.05 <sup>cd</sup>	6.64±0.20 <sup>bbB</sup>
	L25	7.29±0.14 <sup>fgB</sup>	6.94±0.07 <sup>abA</sup>	6.85±0.19 <sup>eA</sup>	7.45±0.21 <sup>cB</sup>	7.29±0.01 <sup>dB</sup>
	L50	7.03±0.08 <sup>deAB</sup>	7.17±0.14 <sup>bcB</sup>	6.82±0.2 <sup>eA</sup>	7.51±0.03 <sup>cC</sup>	7.70±0.11 <sup>eC</sup>
	L75	6.89±0.07 <sup>cdAB</sup>	7.71±0.05 <sup>dB</sup>	6.54±0.15 <sup>cdA</sup>	7.98±0.1 <sup>cC</sup>	7.71±0.05 <sup>eC</sup>

a-g: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Serbest ve kapsüllenmiş ekiyum yağı, fitosterol ve sinapik asit içeren fonksiyonel yoğurt üzerine yapılan bir araştırmada 0 ve 30 gün depolanan yoğurtlar için  $a^*$  değerleri 8.63 ile 8.99 ve 8.93 ile 9.11 arasında değişmiştir. Bu değerlerin,

yoğurt yapımında kullanılan pembe/kırmızı çileklerden kaynaklandığına atfedilmiştir (Comunian, vd., 2017). Tamjidi ve ark. (2012) balık yağı mikrokapsülü ilaveli yoğurtta ve kontrol yoğurtta depolama süresince  $a^*$  değerlerini en düşük -2.94 ve en yüksek - 1.69 olarak tespit etmişlerdir. Tamjidi ve ark. (2012)' nin bulgularında olduğu gibi elde ettiğimiz sonuçlarda da kontrol ve katkıli yoğurtların  $a^*$  değerleri birbirine yakın bulunmuştur. Yani ilave edilen ateş dikeni ekstraktı ve mikrokapsüller yoğurdun orijinal yeşilimsi değeri ile örtüşmektedir. Ayrıca yoğurdun orijinal renginin korunması sağlanmıştır.

Çizelge 4.13. Depolama boyunca yoğurt örneklerindeki  $C^*$  ve  $H^\circ$  değerleri

		Depolama (gün)				
		1	7	14	21	28
$C^*$	K	10.11±0.16 <sup>hD</sup>	7.89±0.06 <sup>bcdC</sup>	6.75±0.07 <sup>abA</sup>	7.34±0.20 <sup>ab</sup>	7.18±0.05 <sup>ab</sup>
	E25	7.72±0.11 <sup>deB</sup>	8.27±0.05 <sup>eC</sup>	6.99±0.2 <sup>bcA</sup>	8.20±0.07 <sup>dC</sup>	7.78±0.02 <sup>cb</sup>
	E50	7.51±0.06 <sup>bcA</sup>	7.51±0.38 <sup>aA</sup>	6.48±0.02 <sup>ab</sup>	7.72±0.09 <sup>ba</sup>	7.67±0.06 <sup>bcA</sup>
	E75	7.40±0.07 <sup>bB</sup>	7.99±0.01 <sup>cdCD</sup>	7.15±0.2 <sup>ca</sup>	7.66±0.03 <sup>bBC</sup>	8.13±0.05 <sup>eD</sup>
	P25	7.85±0.05 <sup>efC</sup>	7.88±0.02 <sup>bcdC</sup>	7.50±0.12 <sup>da</sup>	7.79±0.08 <sup>bc</sup>	7.62±0.03 <sup>bB</sup>
	P50	8.05±0.03 <sup>gCD</sup>	8.13±0.05 <sup>deD</sup>	7.46±0.09 <sup>da</sup>	7.99±0.03 <sup>cC</sup>	7.68±0.05 <sup>bcB</sup>
	P75	6.79±0.15 <sup>aA</sup>	7.75±0.09 <sup>abcC</sup>	6.59±0.06 <sup>aA</sup>	8.14±0.05 <sup>cdD</sup>	7.31±0.19 <sup>ab</sup>
	L25	7.98±0.13 <sup>fgB</sup>	7.65±0.08 <sup>abA</sup>	7.56±0.21 <sup>da</sup>	8.17±0.22 <sup>cdB</sup>	7.97±0.02 <sup>dB</sup>
	L50	7.66±0.07 <sup>cdAB</sup>	7.81±0.15 <sup>bcB</sup>	7.46±0.22 <sup>da</sup>	8.15±0.03 <sup>cdC</sup>	8.28±0.12 <sup>fC</sup>
	L75	7.54±0.06 <sup>bcB</sup>	8.27±0.06 <sup>eC</sup>	7.16±0.15 <sup>ca</sup>	8.53±0.11 <sup>eD</sup>	8.29±0.06 <sup>fC</sup>
$H^\circ$	K	-64.18±0.98 <sup>deA</sup>	-63.69±0.18 <sup>gA</sup>	-60.32±0.45 <sup>gC</sup>	-61.77±0.15 <sup>gB</sup>	-62.03±0.58 <sup>gB</sup>
	E25	-64.44±0.30 <sup>deC</sup>	-66.20±0.36 <sup>cdA</sup>	-62.18±0.28 <sup>fd</sup>	-65.35±0.19 <sup>eB</sup>	-64.38±0.08 <sup>fC</sup>
	E50	-63.75±0.14 <sup>eC</sup>	-64.81±0.27 <sup>fA</sup>	-62.34±0.14 <sup>fd</sup>	-64.36±0.09 <sup>fB</sup>	-64.50±0.06 <sup>fB</sup>
	E75	-64.71±0.17 <sup>d<sup>AB</sup></sup>	-65.41±0.28 <sup>eAB</sup>	-64.85±0.35 <sup>cb</sup>	-65.85±0.08 <sup>da</sup>	-65.74±0.26 <sup>bcA</sup>
	P25	-65.71±0.35 <sup>ca</sup>	-66.07±0.23 <sup>da</sup>	-64.27±0.04 <sup>dD</sup>	-65.20±0.16 <sup>eb</sup>	-64.75±0.2 <sup>efC</sup>
	P50	-66.75±0.13 <sup>abB</sup>	-67.26±0.38 <sup>ba</sup>	-65.42±0.24 <sup>bc</sup>	-66.61±0.19 <sup>cb</sup>	-65.20±0.08 <sup>deC</sup>
	P75	-63.76±0.25 <sup>eD</sup>	-66.38±0.30 <sup>cdB</sup>	-63.49±0.18 <sup>eD</sup>	-67.08±0.18 <sup>ba</sup>	-65.36±0.51 <sup>cdC</sup>
	L25	-65.96±0.37 <sup>bcA</sup>	-64.99±0.13 <sup>efB</sup>	-64.98±0.17 <sup>cb</sup>	-65.86±0.14 <sup>da</sup>	-66.10±0.09 <sup>ba</sup>
	L50	-66.45±0.19 <sup>abC</sup>	-66.55±0.08 <sup>cC</sup>	-66.22±0.08 <sup>ad</sup>	-67.16±0.07 <sup>bb</sup>	-68.34±0.1 <sup>aA</sup>
	L75	-66.05±0.31 <sup>abcC</sup>	-68.82±0.15 <sup>ab</sup>	-66.04±0.27 <sup>ac</sup>	-69.34±0.02 <sup>aA</sup>	-68.46±0.19 <sup>ab</sup>

a-g: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkıli yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkıli yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkıli yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt

Yapılan bir araştırmada, balık yağı mikrokapsülleri ile zenginleştirilmiş yoğurt için 21 günlük saklama süresi boyunca  $b^*$  değerlerini 11.12 ila 16.87 arasında olduğunu rapor etmişlerdir (Tamjidi, vd., 2012).

Örnekler arasında ve depolama süreleri bakımından  $C^*$  değeri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). 1. gün depolama periyodunda  $C^*$  değeri en yüksek olan örnek K örneği olmuştur. K örneği depolamanın başlangıcına göre  $C^*$  değeri açasından düşüşe geçmiştir.

Depolama süreleri bakımından  $H^\circ$  değeri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Örnekler arasında E75 örneği üzerine  $H^\circ$  değeri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

4 °C' de 28 gün depolanan inülin ilaveli yoğurt ve ananas kabuğu mikrokapsülü ilaveli yoğurtların  $C^*$  renk yoğunluğu değeri ve renk algısı değeri  $H^\circ$  ananas kabuğu mikrokapsülü ilavesiyle sarıya kaydığını tespit etmişlerdir. İnülün ilavesinin yoğurtlarda  $L^*$ ,  $C^*$  ve  $H^\circ$  değerleri yönünden önemli bir etki yaratmadığını bunu da inülin renginin beyaz olmasına bağlamışlardır. Lifce zengin ananas kabuğu mikrokapsülü ile zenginleştirilmiş probiyotik yoğurtların  $C^*$  değeri 1.gün 19.16, 14.gün 19.10 ve 28.gün 18.57 olarak tespit edilmişken,  $H^\circ$  değeri 1.gün 100.31, 14.gün 100.46 ve 28.gün 100.91 olarak tespit edilmiştir (Sah, vd., 2016).

Farklı ton açası değerleri ( $H^\circ$ ) çeşitli renkleri temsil etmektedir. Buna göre 0° kırmızı mor, 90° sarı, 180° mavimsi yeşil ve 270° mavi rengi temsil etmektedir (Sah, vd., 2016). Örneklerimiz mavi tona karşılık gelen -60.32 ila -69.34 arasında değişen negatif  $H^\circ$  değerlerine sahiptir (Çizelge 4.13).

#### **4.6.5. *In Vitro* Biyoyararlılık**

##### **4.6.5.1. *In Vitro* Sindirim Sonucu Toplam Fenolik Madde Miktarı ve Toplam Flavonoid Madde Miktarı**

4 °C' de 1, 7, 14, 21 ve 28 günlük depolama sonunda yoğurt örneklerinin *in vitro* sindirimi yapılmış ve elde edilen filtratların toplam fenolik madde ve toplam flavonoid madde miktarları incelenmiştir (Çizelge 4.14). Örnekler arasında ve depolama süreleri bakımından toplam fenolik madde miktarı ve toplam flavonoid madde miktarı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ).

Çizelge 4.14. *In vitro* sindirim sonrası depolama süresince örneklerin toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları değişimi

		Depolama (gün)				
		1	7	14	21	28
Toplam Fenolik	K	1.88±0.07 <sup>aA</sup>	2.57±0.25 <sup>aB</sup>	3.29±0.12 <sup>bC</sup>	2.39±0.01 <sup>aB</sup>	1.65±0.04 <sup>aA</sup>
	E25	2.71±0.10 <sup>bB</sup>	2.81±0.04 <sup>aB</sup>	2.91±0.07 <sup>abC</sup>	2.62±0.18 <sup>abB</sup>	1.93±0.04 <sup>aA</sup>
	E50	2.90±0.08 <sup>bA</sup>	5.66±0.27 <sup>bD</sup>	5.92±0.04 <sup>cE</sup>	5.35±0.10 <sup>dC</sup>	4.09±0.03 <sup>bB</sup>
	E75	4.43±0.04 <sup>eA</sup>	9.22±0.1 <sup>dCD</sup>	9.94±0.04 <sup>gD</sup>	8.67±0.21 <sup>hC</sup>	6.65±1.20 <sup>cB</sup>
	P25	3.96±0.27 <sup>aC</sup>	2.88±0.22 <sup>ab</sup>	2.67±0.01 <sup>ab</sup>	2.92±0.06 <sup>ab</sup>	1.90±0.17 <sup>aA</sup>
Madde *	P50	3.35±0.18 <sup>cA</sup>	6.37±0.50 <sup>cC</sup>	6.18±0.80 <sup>cdC</sup>	4.71±0.11 <sup>cB</sup>	3.80±0.06 <sup>bA</sup>
	P75	5.93±0.08 <sup>fA</sup>	8.97±0.39 <sup>dD</sup>	7.97±0.10 <sup>eC</sup>	7.17±0.14 <sup>fB</sup>	6.15±0.36 <sup>cA</sup>
	L25	2.70±0.20 <sup>bB</sup>	3.09±0.03 <sup>aC</sup>	2.96±0.14 <sup>abBC</sup>	2.85±0.25 <sup>bBC</sup>	1.98±0.06 <sup>aA</sup>
	L50	4.44±0.30 <sup>eA</sup>	5.62±0.18 <sup>bB</sup>	6.53±0.07 <sup>dC</sup>	6.27±0.39 <sup>eC</sup>	4.44±0.14 <sup>bA</sup>
	L75	6.16±0.43 <sup>fA</sup>	9.13±0.55 <sup>dB</sup>	8.85±0.21 <sup>fC</sup>	7.64±0.01 <sup>gC</sup>	6.38±0.01 <sup>cA</sup>
Toplam Flavonoid	K	0.91±0.00 <sup>aA</sup>	0.93±0.03 <sup>abA</sup>	0.92±0.01 <sup>aA</sup>	1.19±0.06 <sup>cb</sup>	1.21±0.01 <sup>cb</sup>
	E25	1.04±0.00 <sup>dC</sup>	0.94±0.01 <sup>bcA</sup>	1.04±0.00 <sup>cC</sup>	1.35±0.01 <sup>dD</sup>	0.97±0.01 <sup>aB</sup>
	E50	1.23±0.00 <sup>fC</sup>	0.93±0.00 <sup>abA</sup>	1.03±0.00 <sup>bcB</sup>	1.03±0.01 <sup>abB</sup>	1.23±0.00 <sup>fC</sup>
	E75	1.40±0.01 <sup>hE</sup>	0.95±0.00 <sup>ca</sup>	1.11±0.00 <sup>dB</sup>	1.14±0.01 <sup>bcC</sup>	1.32±0.02 <sup>gD</sup>
	P25	1.27±0.01 <sup>ge</sup>	0.93±0.01 <sup>abA</sup>	1.02±0.01 <sup>db</sup>	1.09±0.00 <sup>pc</sup>	1.16±0.00 <sup>au</sup>
Madde**	P50	1.01±0.00 <sup>bB</sup>	0.92±0.01 <sup>abA</sup>	1.31±0.02 <sup>gE</sup>	1.07±0.01 <sup>bcC</sup>	1.19±0.00 <sup>eD</sup>
	P75	1.03±0.00 <sup>cb</sup>	0.92±0.00 <sup>aA</sup>	1.15±0.00 <sup>eC</sup>	1.04±0.05 <sup>abB</sup>	1.30±0.01 <sup>gC</sup>
	L25	1.47±0.00 <sup>iD</sup>	0.91±0.00 <sup>aA</sup>	1.02±0.01 <sup>bB</sup>	1.14±0.00 <sup>bcC</sup>	1.12±0.03 <sup>cC</sup>
	L50	1.00±0.00 <sup>bA</sup>	0.92±0.01 <sup>aA</sup>	1.26±0.01 <sup>fB</sup>	1.39±0.21 <sup>dB</sup>	1.71±0.00 <sup>hC</sup>
	L75	1.06±0.01 <sup>eA</sup>	0.93±0.01 <sup>abcA</sup>	1.12±0.01 <sup>dB</sup>	0.91±0.00 <sup>ab</sup>	1.09±0.01 <sup>bC</sup>

\*Toplam fenolik madde miktarı (mg GAE/g yoğurt) \*\* Toplam flavonoid madde miktarı (mg Rutin Eşdeğeri/g yoğurt)

a-h: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-E: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Çizelge 4.14 incelendiğinde P25 örneği haricindeki yoğurt örneklerinin 1.

günden 14. güne kadar toplam fenolik madde miktarı maksimum değere ulaşmış ve 28. günde tüm örneklerin toplam fenolik madde miktarları en düşük düzeye inmiştir. 1.günde L75 örneğinin toplam fenolik madde miktarı 6.16 mg GAE/g yoğurt ile en yüksek iken, 1.88 mg GAE/g yoğurt ile en düşük değer göstermiştir. Depolamanın sonunda E75 örneğinin toplam fenolik madde miktarı 6.65 mg GAE/g yoğurt ile en yüksek iken, yine en düşük 1.65 mg GAE/g yoğurt değeri ile K örneğinde tespit edilmiştir. İlave edilen ekstrakt ve mikrokapsül %' si arttıkça bütün depolama günlerinde örneklerin *in vitro* sindirim sonrasındaki toplam fenolik madde miktarları artış göstermiştir. P25 örneği hariç tüm örnekler en yüksek toplam fenolik değerine 14. günde ulaşmış ve bu depolama gününde tespit edilen yüksek toplam fenolik değeri

9.94 mg GAE/g değeriyle E75 örneğine ardından da 8.85 mg GAE/g değeriyle L75 örneği olmuştur.

*In vitro* örneklelerin depolama boyunca toplam flavonoid değerleri ile ilgili değişimini veren Çizelge 4.14 incelendiğinde toplam flavonoid madde değeri üzerine örnekle ve depolama süresi önemli düzeyde etki etmiştir ( $p < 0.01$ ). Tüm örneklelerin flavonoid madde miktarı 1. günden 28. güne kadar artış göstermiştir. Depolamanın ilk gününde toplam flavonoid maddeye ait en düşük değere sahip olan örnek K iken, en yüksek değere sahip olan örnek L25 olmuştur.

Üzüm polifenollerinin *in vitro* biyoyararlılığı ve antioksidan aktivitesinin incelendiği bir araştırmada test edilen tüm fenoliklerin asidik pH olan mide ortamında stabil kaldığını, hafif alkali bağırsak ortamında ise bir miktar bozulmaya uğradığını tespit etmişlerdir. Özellikle saf kafeik asit ve gallik asitin pankreas sindiriminde % 24.9 ve % 43.3 oranında azalması söz konusu iken, hafif alkali ortamda saf resveratrolün % 69.5' i kaybolmuştur. Saf flavonoidlerin ise pankreas koşulları altında önemli ölçüde bozunmadığını rapor etmişlerdir (Tagliazucchi, vd., 2010).

Chia tohum yağı mikrokapsülünün *in vitro* sindirim çalışmaları sırasında mikrokapsüllerin salınım davranışının ve antioksidan özelliklerinin araştırıldığı bir çalışmada, chia tohum yağı mikrokapsülünün toplam fenolik madde miktarını 14 mg GAE/l ve zerdeçalı chia tohum yağı mikrokapsülünün toplam fenolik madde miktarını 22 mg GAE/l olarak tespit edilmiştir (Fırtın, vd., 2020).

Yapılan bir araştırmada aseton, etanol, metanol ile ekstrakte edilmiş yaban mersinleri kaplayıcı materyal olarak gam arabik ve peyniraltı suyu protein izolatu kullanılarak püskürtmeli kurutma ile mikrokapsül üretmişlerdir. Bu araştırmada *in vitro* sindirim sırasında mikrokapsüllü yaban mersini antosiyaninlerinin toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitelerini araştırmışlardır. Geri sulandırılmış mikrokapsüllerin toplam fenolik madde değerlerini 0.57-0.87 mg/g örnek arasında, *in vitro* sindirim sonrası mikrokapsüllerde ise 1.57-4 mg/g örnek olarak tespit etmişlerdir. Gam arabik ile kaplanmış yaban mersini mikrokapsüllerinin toplam fenolik değeri en yüksek metanolik ekstraksiyonda, en düşük asetonik ekstraksiyonda olduğu rapor edilmiştir. Peynir altı suyu protein ile kaplanmış yaban mersini mikrokapsüllerinde de benzer bir eğilim gözlemlenmiştir (Flores, vd., 2014).

Başka bir çalışmada ise elde ettikleri yeşil çay kateşinli mikrokapsülleri sert-az yağlı peynirlere ilave etmişler ve bunların *in vitro* sindirim sonucu kateşinlerin geri kazanımını ve antioksidan özelliklerini 0., 30. ve 90. günlerde incelemişlerdir. 250 ppm kateşin içeren peynirler ile 250 ppm epigallokateşin gallat içeren peynirlerin 0., 30. ve 90. günlerde toplam fenolik değerleri yaklaşık 600-800 mg GAE/100g aralığında olduğunu ve depolama süresince artış gösterdiğini tespit etmişlerdir (Rashidinejad, vd., 2016).

Başka bir çalışmada püskürtmeli kurutma yöntemi ile modifiye nişasta kaplayıcı materyali kullanarak elde ettikleri bira artıkları mikrokapsüllerini balık burgerlere ilave etmişlerdir. Elde edilen bira artıkları mikrokapsülü içeren balık burgerlerin toplam fenolik madde miktarlarını 0.12-0.14 mg GAE/g örnek olarak rapor etmişlerdir. Yapılan bu araştırma sonucunda bira artıkları mikrokapsülleri, kontrol örneği ile kıyaslandığında balık burgerleri içerisinde polifenol ve flavonoidleri açısından daha zengin olduğunu tespit etmişlerdir (Spinelli, vd., 2016).

Beyaz çikolatanın böğürtlen suyu mikrokapsülü ile zenginleştirildiği bir çalışmada toplam fenolik değerleri böğürtlen suyu mikrokapsülünde 2628.93 mg GAE/100g, beyaz çikolatada 40.75mg GAE/100g, 60, 80 ve 100 g/kg oranında böğürtlen suyu mikrokapsülü ile zenginleştirilen beyaz çikolatalarda sırasıyla 75.06, 145.86 ve 153.95 mg GAE/100g olduğunu rapor etmişlerdir. Böğürtlen suyu mikrokapsülünün beyaz çikolataya eklenmesi, zenginleştirilmiş çikolatalarda toplam polifenol içeriğini ilave edilmemiş çikolataya kıyasla 1.8 ve 3.8 kata kadar çıkarmış olduğunu rapor etmişlerdir (Lončarević, vd., 2018).

*In vitro* gastrointestinal sindirimin keçiboynuzu ekstraktlarının kapsüllenmiş ve kapsüllenmemiş fenolik bileşikleri üzerindeki etkisi ve antioksidan kapasiteleri Ydjedd ve ark. (2017) tarafından incelenmiştir. Bu çalışmada toplam fenolik madde miktarı olgun ve ham keçiboynuzunda sırasıyla 3448.5 ve 14355.5 mg GAE/100g kurumadde kuru madde iken, ağız sinirimi sonunda kapsüllenmemiş olgun ve ham keçiboynuzunda sırasıyla 11.3 ve 29.1 mg GAE/100g kuru madde, gastrik sindirim sonunda 16.0 ve 124.7 mg GAE/100g kuru madde, bağırsak sindirimi sonunda 16.3 ve 33.94 mg GAE/100g kuru madde olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kapsüllenmiş keçiboynuzlarının toplam fenolik madde miktarları olgun ve ham keçiboynuzu mikrokapsüllerinde ağız sindirimi sonunda sırasıyla 9.0 ve 16.0 mg GAE/100g kurumadde, mide sindirimi sonunda 34.1 ve 65.8 mg GAE/100g 99

kurumadde, bağırsak sindirimi sonunda 201.7 ve 287.3 mg GAE/100g kurumadde olarak ifade etmişlerdir (Ydjedd, vd., 2017).

Flavonoller, gıdalardaki en yaygın flavonoidlerdir ve ana temsilcileri kuarsetin ve kaempferoldür. Genellikle 15-30 mg/kg taze ağırlık gibi nispeten düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. En zengin kaynaklar soğan (1.2 g/kg taze ağırlık), kıvırcık lahana, pırasa, brokoli ve yaban mersindir. Kırmızı şarap ve çay ayrıca 45 mg flavonol/l içerir (Bartosz ve Irene, 2016).

Yoğurt örneklerinin depolama süresince toplam flavonoid madde miktarları değişimi incelendiğinde 7. günde tüm örneklerin değerlerinin düştüğü ve en düşük toplam flavonoid madde miktarı tüm örnekler için bu depolama gününde tespit edildiği görülmektedir. Toplam flavonoid değerleri üzerine yoğurt örnekleri ve depolama süresi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

Polifenoller, antosiyaninler ve antioksidan gücün *in vitro* sindirimden sonra, sindirilmemiş olan örneklere kıyasla çok güçlü bir şekilde azaldığını ifade etmişlerdir (Granese, vd., 2014; Ydjedd, vd., 2017).

Olgun keçiyoynuzu ekstraktının toplam flavonoid değerini 76.3 mg Kuarsetin/100g, ham keçiyoynuzu ekstraktının bu değerini 126.1 mg Kuarsetin/100g olarak tespit edilmiştir. Toplam flavonoid değeri olgun keçiyoynuzu mikrokapsülünün ağız, mide ve bağırsak sindirimi sonunda sırasıyla 0.5, 0.5 ve 3.0 mg Kuarsetin/100g olarak, ham keçiyoynuzu mikrokapsülünün ağız, mide ve bağırsak sindirimi sonucunda sırasıyla 0.8, 1.5 ve 17.9 mg Kuarsetin/100g olarak rapor etmişlerdir (Ydjedd, vd., 2017).

Kapsüllenmiş ve kapsüllenmemiş arjuna bitkisi ilave ettikleri çikolatalı-vanilyalı sütlü içeceğin polifenol bileşikleri açısından depolama ilerledikçe azaldığını ve bu azalmanın en çok kapsüllenmemiş arjuna bitkisi ilaveli örnekte olduğunu ifade etmişlerdir (Sawale, vd., 2017).

Bira artıkları mikrokapsülü içeren balık burgerlerin toplam flavonoid madde miktarlarını 0.13 ve 0.14 mg Kuarsetin eşdeğeri/g örnek olarak rapor etmişlerdir (Spinelli, vd., 2016).

#### 4.6.5.2. *In Vitro* Sindirim Sonucu Antioksidan Aktivite Değerleri

Antioksidanlar, oksidasyonu azaltan veya önleyen ve serbest radikallerin dokulardaki zararlı etkilerine karşı koyma kabiliyetine sahip olan ve bu nedenle kanser, damar sertliği, kalp hastalığı ve diğer bazı hastalıklara karşı koruma sağladığına inanılan kimyasal maddelerdir (Bandyopadhyay, vd., 2007).

Farklı oranlarda ekstrakt ve mikrokapsül ilaveli yoğurt örneklerinin 1., 7., 14., 21. ve 28. günlerindeki *in vitro* sindirim sonrasındaki antioksidan aktivite değerleri Çizelge 4.15' de verilmiştir.

Çizelge 4.15. *In vitro* sindirim sonrası depolama süresince örneklerin antioksidan aktivite değerleri

		Depolama (gün)					
		1	7	14	21	28	
%	K	98.49±0.10 <sup>bcB</sup>	98.82±0.02 <sup>dB</sup>	94.70±2.47 <sup>aA</sup>	97.99±0.13 <sup>bB</sup>	97.67±0.77 <sup>cB</sup>	
	E25	97.28±0.30 <sup>bA</sup>	99.24±0.13 <sup>eC</sup>	97.76±0.13 <sup>bB</sup>	99.38±0.04 <sup>dC</sup>	97.45±0.23 <sup>cAB</sup>	
	E50	97.52±0.19 <sup>bAB</sup>	99.25±0.00 <sup>eC</sup>	97.41±0.04 <sup>bA</sup>	99.58±0.01 <sup>dD</sup>	97.65±0.07 <sup>cB</sup>	
	E75	98.18±0.14 <sup>bcB</sup>	98.62±0.29 <sup>cdB</sup>	98.05±1.00 <sup>bB</sup>	99.65±0.01 <sup>dC</sup>	97.14±0.37 <sup>bcA</sup>	
	DPPH	P25	97.47±0.12 <sup>bC</sup>	99.30±0.07 <sup>eD</sup>	97.14±0.24 <sup>bBC</sup>	87.29±0.18 <sup>aA</sup>	96.68±0.48 <sup>bB</sup>
		P50	97.62±0.09 <sup>bA</sup>	99.34±0.18 <sup>eD</sup>	98.04±0.19 <sup>bB</sup>	99.37±0.26 <sup>dD</sup>	98.43±0.05 <sup>dC</sup>
		P75	95.10±2.86 <sup>aA</sup>	99.39±0.15 <sup>eB</sup>	98.20±0.14 <sup>bB</sup>	99.23±0.60 <sup>cdB</sup>	97.64±0.05 <sup>cB</sup>
		L25	97.73±0.19 <sup>bB</sup>	98.34±0.02 <sup>bC</sup>	97.18±0.33 <sup>bA</sup>	98.81±0.36 <sup>cdC</sup>	97.11±0.37 <sup>bcA</sup>
		L50	99.60±0.32 <sup>cC</sup>	98.40±0.26 <sup>bcB</sup>	96.93±1.57 <sup>bA</sup>	99.20±0.26 <sup>cdBC</sup>	95.78±0.15 <sup>aA</sup>
		L75	97.30±1.05 <sup>bC</sup>	90.10±0.10 <sup>abB</sup>	96.54±1.52 <sup>abA</sup>	99.56±0.27 <sup>dBC</sup>	99.43±0.53 <sup>eA</sup>
K		9.00±0.10 <sup>aA</sup>	9.67±0.11 <sup>aA</sup>	10.56±0.19 <sup>abB</sup>	14.76±0.93 <sup>dC</sup>	14.16±0.00 <sup>bcC</sup>	
E25	10.70±0.22 <sup>bA</sup>	10.39±0.02 <sup>bA</sup>	11.94±0.54 <sup>bB</sup>	16.14±0.09 <sup>eC</sup>	10.59±0.04 <sup>aA</sup>		
E50	13.38±0.09 <sup>bcB</sup>	11.39±0.77 <sup>cA</sup>	11.44±0.04 <sup>abA</sup>	12.80±0.91 <sup>abB</sup>	14.39±0.41 <sup>bcC</sup>		
FRAP*	E75	17.94±1.65 <sup>eD</sup>	11.14±0.28 <sup>cA</sup>	13.26±0.24 <sup>cB</sup>	13.54±0.08 <sup>bcB</sup>	14.96±0.16 <sup>bcC</sup>	
	P25	18.13±0.02 <sup>eD</sup>	10.83±0.06 <sup>bcA</sup>	12.43±0.88 <sup>bcB</sup>	26.13±0.64 <sup>gE</sup>	14.33±0.33 <sup>bcC</sup>	
	P50	13.35±0.17 <sup>cC</sup>	12.06±0.33 <sup>dB</sup>	15.95±0.22 <sup>fd</sup>	11.64±0.07 <sup>aA</sup>	13.35±0.24 <sup>bC</sup>	
	P75	13.56±0.12 <sup>cB</sup>	12.18±0.32 <sup>dA</sup>	14.48±0.47 <sup>dBC</sup>	14.85±1.11 <sup>dC</sup>	15.45±0.22 <sup>cC</sup>	
	L25	18.55±0.04 <sup>eC</sup>	11.01±0.24 <sup>cA</sup>	12.28±0.20 <sup>bcA</sup>	14.38±1.03 <sup>cdB</sup>	15.24±1.98 <sup>eB</sup>	
	L50	15.27±0.15 <sup>dB</sup>	12.02±0.25 <sup>dA</sup>	15.49±0.19 <sup>efB</sup>	17.78±0.08 <sup>fc</sup>	23.09±2.20 <sup>dD</sup>	
	L75	13.98±0.32 <sup>cB</sup>	16.98±0.22 <sup>eA</sup>	14.81±1.22 <sup>deB</sup>	12.34±0.24 <sup>aC</sup>	13.87±0.02 <sup>bcD</sup>	

\*FRAP değeri  $\mu\text{mol FeSO}_4/\text{g}$

a-g: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

*In vitro* sindirim sonucunda % DPPH ve FRAP değerleri üzerine; farklı miktarlarda ilave edilen ekstrakt, farklı yöntemlerle üretilmiş farklı miktarda ilave edilen mikrokapsüller ve depolama süresi  $p < 0.05$  düzeyinde önemli olduğu tespit edilmiştir.

İn vitro sindirim sonucunda depolamanın 14. gününe kadar örneklerin % DPPH değerleri hızla düşmüş ardından bir miktar artış göstermiş ve başlangıca göre depolamanın 28. gününde genel olarak düşüşler görülmüştür. Ayrıca örneklerin FRAP değeri 1.günden itibaren 7.güne kadar düşüş göstermiş 14.günde yükselişe geçmiş, depolamanın sonunda ise genel olarak başlangıç miktarına göre düşüş göstermiştir.

Yapılan bir araştırmada simüle edilmiş sindirimden sonra, kokulu kara üzüm (*Vitis labrusca*) özütünün antioksidan aktivitesinin korunduğunu tespit etmişlerdir (Granese, vd., 2014). Başka bir araştırmada lipozomla kapsüllenmiş kateşin ve epigallokateşin gallat mikrokapsülü ilaveli peynir örnekleri, özellikle olgunlaşmadan sonra kontrol peynirlerine kıyasla *in vitro* sonrası daha yüksek FRAP değerlerine sahip olduğu belirtilmiştir (Rashidinejad, vd., 2016).

Bira artıkları mikrokapsülü içeren balık burgerlerin % DPPH inhibisyonu pişirilmiş burgerler için % 48.49 ve pişirilmemiş burgerler için % 44.93 olarak tespit edilmiştir. Pişirmenin toplam antioksidan aktivite, toplam fenolikler veya toplam flavonoid içeriği üzerinde zararlı bir etkisi olmadığını ve pişmiş numunede bu değerlerde önemli bir artış kaydedildiğini belirtmişlerdir. Bunun nedenini de birleşik moleküllerin ısıl işlemde sonra hidrolize olmasına bağlamışlardır (Spinelli, vd., 2016).

Yapılan bir araştırmada depolamanın ilk günlerinde *Viola odorata* bitkisi ekstraktının, kapsüllenmiş örneklere kıyasla daha yüksek antioksidan aktivite verdiğini, 11 gün sonrasında ise bu durumun tam tersine döndüğünü ifade etmişlerdir. Kapsüllenmiş ekstraktın düşük antioksidan kapasitesini, ekstrakt içindeki polifenolik bileşiklerin kaplayıcı maddeleriyle etkileşimine ve mikrokapsüllerin yüzeyindeki emilimine bağlanmışlardır. Ayrıca, serbest ekstraktaki antioksidan aktivite, depolama sırasında önemli ölçüde azalırken, kapsüllenmiş ekstraktta azalma eğilimi önemli olmamıştır (Yousefi, vd., 2020).

Literatür taramasına göre önceki araştırmalar biyoaktif bileşiklerin kapsüllemesinin stabilitelerini artırabileceğini ve antioksidan aktiviteyi koruyabileceğini göstermiştir (Arroyo Maya ve McClements, 2015; Hu, vd., 2017).

En yüksek FRAP değerini, sırasıyla olgun ve olgunlaşmamış ekstraktlar için mide ve oral fazlarda kaydetmişlerdir. Kapsüllememiş olanlar için bu aktivite, hem olgun hem de olgunlaşmamış ekstraktlar için en önemli FRAP aktivitesinin bağırsak aşamasında olduğunu tespit etmişlerdir (Ydjedd, vd., 2017). Bir araştırmada demir indirgeme gücünün sindirim basamakları ile arttığını ve bağırsak evresinde kapsüllememiş yaban mersini özleri için daha belirgin olduğunu rapor etmiştir (Flores, vd., 2015). *İn vitro* sindirime tabi tutulan 11 meyve tohumunun nutrasötik potansiyeli ve antioksidan etkileri üzerine yaptığı çalışmada, incelenen meyve tohumlarının FRAP değerlerinin sindirimin duodenal fazından sonra düştüğünü bildirmiştir (Chen, vd., 2016).

#### **4.6.5.3. *İn Vitro* Sindirim Sonrası Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisiyle (HPLC) Polifenol İçeriği**

*İn vitro* sindirim sonrası elde edilen kısım analiz öncesinde 0.45 µm gözenekli naylon filtreden geçirilerek vialerine alınmıştır. Yöntem 3.2.3.3' e göre geerleştirilen analiz sonuçlarına göre sindirim sonrasında çok düşük pikler tespit edildiği fakat ayırma konusunda sıkıntılar yaşandığı söylenebilir. Yoğurtlara zaten çok düşük oranlarda ilave edilen ekstrakt ve mikrokapsüller *in vitro* sindirim sırasında da seyrelmelere (yaklaşık 17 kat) uğradığından tespit edilmesi mümkün olmamıştır. Biyoaktif bileşenlerin hassas olduğu düşünülürse depolama süreleri boyunca kayıplara uğradığı yine yoğurttaki asidik değişimlerden de etkilenerak düşüşe geçtiği aşıkardır. Zaten ekstrakt ve mikrokapsüllerdeki miktarlarının da az olması göz önüne alınırsa *in vitro* sonrası örneklerde tespit edilememesi durumu normal karşılanmaktadır.

#### **4.6.6. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları**

##### **4.6.6.1. Toplam Aerobik Mezofilik Bakteri Sayıları**

Yoğurt örneklerinin depolama süresince toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları izelge 4.16' da verilmiştir.

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayılarında örnekler arasında ve depolama süresinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p < 0.01$ ). Depolamanın başlangıcına kıyasla genel olarak 7. ve 14. günde örneklerin toplam

aerobik mezofilik bakteri sayısında bir miktar artış gözlenmiş ve depolamanın ilerlemesiyle birlikte depolamanın son günü olan 28. günde düşüşler görülmüştür. Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı bakımından, başlangıçta en yüksek olan örnek kontrol grubu iken depolamanın son gününde en yüksek olan örnek L25 olmuştur. Depolama sonunda en düşük toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı P25 örneğinde gözlemlenmiştir.

Yapılan bir araştırmada meyve aromalı yoğurtlarda depolama süresince toplam aerobik bakteri sayısı 5.47-5.70 log kob/g düzeyinde tespit etmişlerdir (Tarakci ve Kucukoner, 2003).

Çizelge 4.16. Depolama süresince örneklerin toplam aerobik mezofilik bakteri sayıları (log kob/ml yoğurt)

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	8.54±0.01 <sup>gE</sup>	7.54±0.02 <sup>aD</sup>	8.50±0.01 <sup>iD</sup>	8.21±0.01 <sup>gB</sup>	7.34±0.01 <sup>eA</sup>
E25	7.61±0.01 <sup>deC</sup>	7.52±0.02 <sup>aB</sup>	7.74±0.01 <sup>cE</sup>	7.65±0.01 <sup>eD</sup>	7.22±0.03 <sup>dA</sup>
E50	7.60±0.02 <sup>dB</sup>	7.66±0.01 <sup>cC</sup>	8.33±0.03 <sup>hE</sup>	8.00±0.00 <sup>fD</sup>	7.12±0.01 <sup>cA</sup>
E75	7.64±0.01 <sup>fC</sup>	7.90±0.02 <sup>gD</sup>	7.92±0.02 <sup>fE</sup>	7.55±0.01 <sup>dB</sup>	7.05±0.01 <sup>bA</sup>
P25	7.62±0.02 <sup>defB</sup>	7.66±0.01 <sup>cC</sup>	7.98±0.01 <sup>gD</sup>	7.65±0.01 <sup>eC</sup>	6.88±0.02 <sup>aA</sup>
P50	7.36±0.01 <sup>bA</sup>	7.76±0.02 <sup>eC</sup>	7.81±0.01 <sup>dD</sup>	7.55±0.03 <sup>dB</sup>	7.36±0.01 <sup>eA</sup>
P75	7.60±0.02 <sup>dC</sup>	7.71±0.01 <sup>dD</sup>	7.56±0.01 <sup>aC</sup>	7.25±0.02 <sup>aB</sup>	7.03±0.06 <sup>bA</sup>
L25	7.56±0.01 <sup>cA</sup>	7.80±0.02 <sup>fC</sup>	7.86±0.02 <sup>eD</sup>	7.66±0.01 <sup>eB</sup>	7.85±0.01 <sup>fD</sup>
L50	7.22±0.02 <sup>aA</sup>	7.99±0.01 <sup>hE</sup>	7.84±0.02 <sup>eD</sup>	7.51±0.01 <sup>cC</sup>	7.34±0.01 <sup>eB</sup>
L75	7.62±0.02 <sup>efA</sup>	7.56±0.01 <sup>bE</sup>	7.65±0.01 <sup>bD</sup>	7.31±0.01 <sup>bC</sup>	7.12±0.01 <sup>cB</sup>

a-i: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-E: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E50: % 0.50 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E75: % 0.75 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt

Toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının incelendiği kapsüllenmiş ve serbest *Lactobacillus acidophilus* içeren yoğurtlarda, depolama süresince bir azalış olduğunu fakat bunun kapsüllenmiş olanlarda önemli olduğunu Leylak ve ark. (2020) rapor etmişlerdir. Yoğurda *Hibiscus sabdariffa* L. marmelatı ilavesinin toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı ve laktik asit bakteri sayısını azalttığını ayrıca bu yoğurtların depolama süresince 7.22–8.91 log kob/g düzeyinde toplam aerobik mezofilik bakteri içerdiğini rapor etmişlerdir (Arslaner, vd., 2020).

#### 4.6.6.2. Maya Küf Sayıları

Depolama periyodu boyunca elde edilen maya küf sayıları Çizelge 4.17' de verilmiştir. Tablo incelendiğinde 1. ve 7. günlerde örnekler arasındaki maya küf sayıları önemsiz bulunmuştur. 14. gün, 21. gün ve 28. gün depolama süreçlerinde örneklerin maya küf sayıları istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ).

Çizelge 4.17. Depolama süresince örneklerin maya küf sayıları (log kob/ml yoğurt)

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	<1	<1	<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>
E25	<1	<1	<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>
E50	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>A</sup>	4.64±0.01 <sup>gB</sup>	5.67±0.02 <sup>hC</sup>	5.86±0.02 <sup>hD</sup>
E75	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>A</sup>	3.85±0.01 <sup>eB</sup>	4.25±0.01 <sup>cC</sup>	5.83±0.01 <sup>gD</sup>
P25	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>aA</sup>	4.46±0.02 <sup>dB</sup>	4.53±0.02 <sup>cC</sup>
P50	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>A</sup>	3.02±0.03 <sup>cB</sup>	5.01±0.01 <sup>fC</sup>	5.04±0.01 <sup>fD</sup>
P75	<1	<1	<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>	<1 <sup>a</sup>
L25	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>A</sup>	3.54±0.01 <sup>dB</sup>	5.65±0.01 <sup>gC</sup>	5.00±0.01 <sup>eD</sup>
L50	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>A</sup>	2.90±0.01 <sup>bB</sup>	3.81±0.01 <sup>bC</sup>	4.41±0.03 <sup>bD</sup>
L75	<1 <sup>A</sup>	<1 <sup>A</sup>	4.36±0.02 <sup>fB</sup>	4.65±0.02 <sup>eC</sup>	4.95±0.01 <sup>dD</sup>

a-h: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Maya ve küf sayıları, raf ömrü ve yoğurdun kalitesinin önemli bir göstergesi olarak kabul edilir. TS 1330 Yoğurt Standardına göre ticari olarak satılan yoğurtta maksimum 100 kob/g küf bulunmasına izin verilmektedir (Anonim, 2006). Bu bağlamda Çizelge 4.17 incelendiğinde depolamanın ilk 7 gününde yoğurt örneklerinin hiçbirinde maya küf tespit edilmemiştir. 14. gününden itibaren E50, E75, P50, L25, L50 ve L75 örneklerinde maya küf tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin maya küf sayıları <1 ile 5.86 log kob/ml arasında değişim göstermiştir. K, E25 ve P75 örneklerinde depolama süresince maya küf gelişimi görülmemiştir. Bu sebeple bu yoğurtların standarda uygun olduğunu söyleyebiliriz. Diğer örnekler incelendiğinde depolamanın 14. gününden itibaren 28. gününe kadar maya küf sayısında artış gözlemlenmiştir. En yüksek maya küf sayısı 28. gün sonunda E50 ve E75 örneğinde, en düşük L50 örneğinde tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinde gözlenen maya küf

oluşumu, doldurma işlemi sırasındaki yetersiz aseptik koşullar, havadan kontaminasyon ve ilave edilen ekstrakt/mikrokapsülden bulaşı kaynaklı olabilir.

Yaptığımız araştırmada soğukta depolama sırasında maya küf gelişen örneklerde 14 günden 21 güne kadar artış gözlenmiştir. Bu durum Bakry ve ark. (2019)' nın çalışmasında da tespit edilmiştir.

Prebiyotik kitooligosakkarit içeren nanokapsül ve mikrokapsül içeren fonksiyonel yoğurtların depolamanın ilk 10 günü boyunca hiçbir küf ve maya tespit etmemişlerdir. Aynı durum yaptığımız çalışmada da görülmektedir. Maya küf sayısı 21 günün sonunda kontrol grubunda 1.10, serbest kitooligosakkarit içerenlerde 1.38, kitooligosakkarit mikrokapsülü içerenlerde 1.39 ve kitooligosakkarit nanokapsül içerenlerde 1.30 kob/g olarak rapor etmişlerdir (Ismail, vd., 2020).

Yapılan bir araştırmada kapsüllenmiş ve serbest *Lactobacillus acidophilus* içeren yoğurtların maya küf sayıları 28 gün depolama süresince artış göstermiştir. En yüksek maya küf sayısını kontrol yoğurtlarında, en düşük maya küf sayısını da kapsüllenmiş *Lactobacillus acidophilus* içeren yoğurtlarda tespit etmişlerdir (Leylak, vd., 2020).

#### **4.6.6.3. Laktobasil Sayıları**

Yoğurt starter kültürünün iki mikroorganizması (*S. thermophilus* ve *L. delbrueckii* subsp. bulgaricus) birbiri ile ilişkili içerisindedir (Zare, vd., 2011). Mikrobiyal gelişme depolama sırasında devam eder ve canlı mikroorganizmaların sayısı, nihai üründe asitleşme açısından kritik bir faktördür. Genellikle, yoğurt veya fermente sütün en az  $10^8$  kob/porsiyon canlı içermesi önerilir, bu tüketim anında gram başına yaklaşık bir milyon canlı hücreyi temsil etmektedir. Bu sayıları korumak için, soğuk depolama sırasında canlılığı takip etmek önemlidir (Oliveira, vd., 2006).

Depolama periyodu boyunca elde edilen laktobasil sayıları Çizelge 4.18' de verilmiştir. Yoğurt örneklerinin laktobasil sayıları 3.45 ile 7.72 log kob/ml yoğurt arasında değişim göstermiştir. Yapılan bir araştırmada mikrokapsüllü yoğurtların laktik asit bakteri sayısını depolamanın ilk günlerinde 8.70 log kob/g yoğurt civarında tespit etmiştir (Andino Estrada, 2011).

Çizelge 4.18. Depolama süresince örneklerin laktobasil sayıları (log kob/ml yoğurt)

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	7.52±0.02 <sup>bE</sup>	5.65±0.01 <sup>cD</sup>	5.21±0.01 <sup>cC</sup>	5.03±0.06 <sup>cB</sup>	4.96±0.01 <sup>tA</sup>
E25	7.60±0.02 <sup>dE</sup>	5.47±0.06 <sup>bD</sup>	5.08±0.02 <sup>bC</sup>	4.97±0.02 <sup>bB</sup>	3.56±0.01 <sup>bA</sup>
E50	7.59±0.01 <sup>dD</sup>	5.47±0.02 <sup>bB</sup>	5.45±0.02 <sup>eB</sup>	5.87±0.02 <sup>fC</sup>	5.24±0.01 <sup>hA</sup>
E75	7.65±0.01 <sup>fE</sup>	5.81±0.01 <sup>dD</sup>	5.36±0.02 <sup>dC</sup>	5.32±0.02 <sup>dB</sup>	5.29±0.02 <sup>gA</sup>
P25	7.63±0.01 <sup>efD</sup>	5.96±0.02 <sup>eC</sup>	5.47±0.02 <sup>eB</sup>	5.46±0.02 <sup>eB</sup>	5.17±0.01 <sup>gA</sup>
P50	7.35±0.02 <sup>aE</sup>	5.81±0.01 <sup>dD</sup>	5.54±0.02 <sup>fC</sup>	5.41±0.02 <sup>eB</sup>	3.75±0.01 <sup>cA</sup>
P75	7.60±0.02 <sup>dD</sup>	5.12±0.03 <sup>aC</sup>	5.09±0.01 <sup>bB</sup>	4.97±0.02 <sup>bB</sup>	3.45±0.01 <sup>aA</sup>
L25	7.56±0.01 <sup>cE</sup>	7.32±0.02 <sup>gD</sup>	5.45±0.01 <sup>eC</sup>	4.89±0.01 <sup>aB</sup>	4.34±0.01 <sup>dA</sup>
L50	7.72±0.02 <sup>gE</sup>	6.37±0.02 <sup>fD</sup>	5.04±0.01 <sup>aC</sup>	4.98±0.03 <sup>bB</sup>	4.76±0.02 <sup>eA</sup>
L75	7.62±0.02 <sup>deE</sup>	6.36±0.01 <sup>fD</sup>	6.09±0.01 <sup>gC</sup>	5.06±0.02 <sup>cB</sup>	4.78±0.01 <sup>eA</sup>

a-h: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-E: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Varyans analizi sonuçlarına göre örnek çeşitleri ve depolama süresi laktobasil sayısı üzerine önemli derecede etkili bulunmuştur (p<0.01). Depolama süresince ortalamalar incelendiğinde en düşük değer 28. günde, en yüksek değer 1. günde elde edilmiştir. Depolamanın ilk gününden 7. güne kadar bir düşüş gözlemlenmiş olmakla birlikte yoğurt örneklerinin laktobasil sayıları depolama süresince genel olarak azalmıştır. Andino Estrada (2011)'nin yapmış olduğu araştırma ile sonuçlarımız benzerlik göstermiştir. 1. günden 7. güne kadar L25 örneği hariç tüm örneklerin laktobasil sayıları hızla düşüşe geçmiş, 14. günde L75 örneğinde bir miktar artış görülmüşken diğer örneklerde düşüş devam etmiş, 21. günde E50 örneğinde bir miktar artış görülürken diğer örnekler düşüşe devam etmiş ve depolamanın son günü olan 28. günde tüm örneklerin laktobasil sayıları en düşük seviyeye ulaşmıştır. Depolama sırasında antioksidan aktivitesindeki azalma, ürünün stabilitesiyle ilgili olabilir. Laktik asit ve çeşitli bitki özlerinin, ürünün zaman içindeki stabilitesini önemli ölçüde etkilediği ve dolayısıyla depolama sırasında antioksidan aktiviteyi etkilediği sıklıkla bildirilmiştir (Dabija, vd., 2018). Genel olarak, depolama boyunca laktik asit bakterilerinin canlı sayısındaki azalma, muhtemelen yoğurdun asitliğindeki artıştan kaynaklanmıştır. Yoğurtlarda asit birikimi laktik asit bakterilerini inhibe edebilir ve toksik etki gösterebilir (Meor Hussin, vd., 2017; Ozer, vd., 2007; Ziarno ve Zaręba,

2020). Dahası hücre canlılığı, patojenlerin kontaminasyonundan ve diğer gıda bozucu organizmaların varlığından da etkilenebilir (Meor Hussin, vd., 2017).

Yapılan bir araştırmada yoğurttaki laktik asit artışının *S. thermophilus*' un canlılığını olumsuz etkilediğini fakat *Lactobacillus bulgaricus*' un canlılığını daha az etkilediğini belirtmişlerdir (Leylak, vd., 2020).

Andino Estrada (2011) yapmış olduğu çalışmada menhaden yağı mikrokapsülü ve somon yağı mikrokapsülü ilavesinin kontrol yoğurtlara kıyasla 4 haftalık depolama sırasında laktik asit bakteri sayıları (log kob/ml yoğurt) üzerinde hiçbir etkisi olmadığını rapor etmişlerdir.

Üzüm posası ile zenginleştirme yapılmış yoğurtlarda depolama süresince starter kültürlerin gelişimi üzerine üzüm posası ilavesinin etki etmediğini belirtmişlerdir (Marchiani, vd., 2016).

Omega-3 yağı ile zenginleştirilmiş naneli yoğurtlarda depolama süresince laktobasil sayısında azalış tespit etmişlerdir. (Bakry, vd., 2019). Çilekli yoğurdun zenginleştirilmesi ile ilgili bir araştırmada başlangıç laktobasil sayıları mikrokapsül ilave edilmemiş çilekli yoğurtlarda, mikrokapsül ilaveli yoğurtlara kıyasla bir miktar yüksek bulunduğunu ve depolamanın ilerlemesi ile birlikte hem çilekli yoğurtta hem de mikrokapsül ilaveli çilekli yoğurtta azalışa geçmiş olduğunu rapor etmişlerdir. Depolamanın ilerlemesi ile laktobasillerdeki azalmanın, starter kültürün düşük stabilitesinden kaynaklanmış olabileceği ile ilişkilendirmişlerdir (Estrada, vd., 2011).

Kim ve ark. (2003) kapsüllenmiş ve kapsüllenmemiş demir ve C vitamini ilaveli yoğurtlarda depolama süresince *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısının azaldığını ve örneklerin birbiri arasında önemli bir farkın bulunmadığını tespit etmişlerdir. Genel olarak örneklerin 20. günün sonunda ortalama *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sayısını  $10^7$  kob/ml olduğunu rapor etmişlerdir.

#### **4.6.6.4. Streptokok Sayıları**

4 °C' deki depolama süresince yoğurt örneklerinin streptokok sayıları Çizelge 4.19' de verilmiştir. Yoğurt örneklerinin ortalama streptokok değerleri 5.53 ile 9.47 log kob/ml yoğurt arasında değişim göstermiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre yoğurt çeşidi ve depolama süresi, streptokok sayısı üzerine önemli derecede etkili bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Depolama boyunca ortalamalar incelendiğinde en düşük değer

1. günde en yüksek değer 14. günde elde edilmiştir.

Depolamanın 1. gününden itibaren 7. güne kadar olan süreçte streptokok sayısı tüm örneklerde hızlı bir şekilde artmıştır. Depolamanın ilerleyen süreçlerinde bu artış düşük bir miktarda seyretmiştir. En düşük streptokok sayısı 1. günde P75 örneğinde, en yüksek streptokok sayısı 14.günde K örneğinde tespit edilmiştir. Genel olarak, ortalama canlı sayımları, yoğurtlardaki minimum starter kültür canlı sayımının  $10^7$  kob/ml olduğunu bildiren Codex Alimentarius (Codex, 2011) spesifikasyonu ile uyumlu olarak  $10^7$  kob/ml' den fazla tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19. Depolama süresince örneklerin streptokok sayıları (log kob/ml yoğurt)

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	7.00±0.01 <sup>deA</sup>	8.22±0.02 <sup>abB</sup>	9.47±0.04 <sup>gE</sup>	8.34±0.02 <sup>bcC</sup>	8.42±0.02 <sup>adD</sup>
E25	5.67±0.06 <sup>aA</sup>	8.47±0.03 <sup>cbB</sup>	8.45±0.01 <sup>aB</sup>	8.46±0.01 <sup>cbB</sup>	8.54±0.04 <sup>dcC</sup>
E50	6.84±0.03 <sup>cdA</sup>	8.54±0.01 <sup>ddD</sup>	8.65±0.01 <sup>deE</sup>	8.26±0.05 <sup>aB</sup>	8.45±0.02 <sup>abcC</sup>
E75	7.54±0.38 <sup>gA</sup>	8.58±0.03 <sup>ebC</sup>	8.72±0.01 <sup>ecC</sup>	8.35±0.05 <sup>bbB</sup>	8.47±0.02 <sup>bcBC</sup>
P25	7.16±0.01 <sup>efA</sup>	8.32±0.02 <sup>bbB</sup>	8.80±0.02 <sup>feE</sup>	8.52±0.04 <sup>cdD</sup>	8.42±0.02 <sup>acC</sup>
P50	6.52±0.02 <sup>baA</sup>	8.70±0.01 <sup>gdD</sup>	8.51±0.01 <sup>bbB</sup>	8.69±0.02 <sup>edD</sup>	8.60±0.02 <sup>ecC</sup>
P75	5.53±0.03 <sup>aA</sup>	8.75±0.03 <sup>hdD</sup>	8.60±0.01 <sup>cbB</sup>	8.89±0.01 <sup>feE</sup>	8.66±0.01 <sup>fcC</sup>
L25	6.72±0.01 <sup>bcA</sup>	8.79±0.03 <sup>idD</sup>	8.50±0.02 <sup>bbB</sup>	8.59±0.06 <sup>dcC</sup>	8.44±0.05 <sup>abB</sup>
L50	7.32±0.02 <sup>faA</sup>	8.66±0.01 <sup>fdD</sup>	8.59±0.01 <sup>ccC</sup>	8.74±0.04 <sup>eeE</sup>	8.50±0.02 <sup>cbB</sup>
L75	7.58±0.03 <sup>gA</sup>	8.69±0.01 <sup>fgD</sup>	8.52±0.02 <sup>bcC</sup>	8.46±0.02 <sup>ceE</sup>	8.66±0.02 <sup>fbB</sup>

a-h: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-E: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E50: % 0.50 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E75: % 0.75 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, P25: %0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt

Fermentasyon ve soğukta depolama sırasında yoğurttaki bakterileri sayılarındaki değişimin incelendiği bir araştırmada, en hızlı büyümeyi *S. thermophilus*' un gösterdiğini, *L. bulgaricus*' un 7. günde düşüşe geçtiğini ifade etmişlerdir. Depolamanın ilerlemesi ile starter kültür sayılarında düşüş olmakla birlikte depolamanın son günlerinde en yüksek düşüşün yine *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*' a ait olduğunu tespit etmişlerdir. Yoğurtta en kararlı olan bakterinin *S. thermophilus* olduğunu, depolama boyunca sayılarının >8.70 log kob/ml düzeyinde seyrettiğini, *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*' un ise depolamanın sonuna doğru canlılığını önemli ölçüde kaybetmiş olduğunu rapor etmişlerdir (Sarvari, vd., 2014). Yaptığımız araştırmada streptokok ve laktobasillerin gelişimleri bu çalışmaya benzer gelişmeler göstermiştir.

Üzüm posası ilaveli yoğurtlarda kontrole kıyasla yoğurt kültürlerinin gelişimi üzerine üzüm posası ilavesinin etkisi olmadığını, kontrol yoğurttaki son *S. thermophilus* konsantrasyonu 9.33 log kob/ml iken, zenginleştirilmiş yoğurtlar için ortalama konsantrasyonun 9.20 log kob/ml olduğunu tespit etmişlerdir (Marchiani, vd., 2016).

Kapsüllenmiş ve kapsüllenmemiş demir ve C vitamini ilaveli yoğurtlarda depolama süresince *Streptococcus thermophilus* sayısını, 0.günde en yüksek  $2.6 \times 10^8$  kob/ml değeriyle demir mikrokapsülü ilaveli yoğurtta, en düşük  $2.2 \times 10^8$  kob/ml değeriyle kontrol ve kapsüllenmemiş demir içeren yoğurtta, 20. günde en yüksek  $2.6 \times 10^8$  kob/ml değeriyle kapsüllenmiş demir ve kapsüllenmemiş C vitamini içeren yoğurt örneğinde, en düşük  $2.2 \times 10^8$  kob/ml değeriyle kapsülsüz demir içeren yoğurt örneğinde ve kapsüllü demir ve kapsüllü C vitamini içeren yoğurt örneklerinde tespit etmişlerdir (Kim, vd., 2003).

#### **4.6.7. Yoğurtların Duyusal Değerlendirilmesi**

##### **4.6.7.1. Dış Görünüş Puanları**

Depolama süresince yoğurt örneklerinin dış görünüş puanları Çizelge 4.20' de verilmiştir. Dış görünüş puanları 1-9 aralığında puanlamaya tabi tutulmuştur. Dış görünüş özellikleri için 1 puan hiç beğenmedim, 9 puan ise çok fazla beğendim şeklinde değerlendirilmiştir. Puanlamada 4 puan ve altında kalan değerlendirmeler genel olarak numunenin beğenilmediği şeklinde değerlendirilebilir. Örneklerin depolama süresince dış görünüş puanları 4.67 ile 9 arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre tüm örneklerin depolama boyunca dış görünüş açısından kabul edilebilir puanlar aldığı sonucuna varılabilir. 28. güne kadar olan depolama sürecindeki örneklerin dış görünüş puanları K örneği hariç yüksek puanlar almıştır. 28.günde yoğurt numunelerinde tekstürel özelliklerin de değişmesi ile birlikte dış görünüş puanlarında düşüşler olmuştur.

Örnekler arasındaki farklılık 7. gün hariç diğer örnekler için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Depolama süresince örneklerin dış görünüş puanları en yüksek 7. günde tespit edilmiştir. 7. günde örnekler arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamakla birlikte 14., 21. ve 28. gün dış görünüş puanları düşüşe geçmiştir. Depolamanın ilk gününde en yüksek puanı alan örnekler P75 ve L25 örnekleri olmuştur. Diğer örneklere kıyasla P75 ve L25 örnekleri daha kıvamlı

olduğundan bu durum dış görünüş puanı üzerine etki etmiştir. 14.günden itibaren son depolama gününe kadar en düşük dış görünüş puanı kontrol yoğurdunda tespit edilmiştir. 21 gün depolama sonunda en düşük görünüş puanı kontrol örneğinden sonra L75 örneğinde görülmüştür. 21 gün depolama süresince K örneği hariç diğer örnekler arasındaki puan değişimi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ). 28 gün sonunda örneklerden en yüksek dış görünüş puanı alan örnekler 5.83 puanla E50, E75, L25 örnekleri olmuştur. Yine aynı depolama günü için ekstrakt ilavesi artışı ile görünüş puanının arttığı, dondurarak kurutulmuş mikrokapsül ilavesi artışı ile görünüş puanını azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.20. Depolama süresince örneklerin dış görünüş puanları

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	8.20±0.35 <sup>abD</sup>	9.00±0.00 <sup>D</sup>	7.00±1.00 <sup>aC</sup>	5.83±0.76 <sup>aB</sup>	4.67±0.29 <sup>aA</sup>
E25	8.13±1.03 <sup>abC</sup>	9.00±0.00 <sup>C</sup>	8.17±0.29 <sup>cC</sup>	7.17±0.29 <sup>bB</sup>	5.67±0.29 <sup>bcA</sup>
E50	8.60±0.53 <sup>bD</sup>	9.00±0.00 <sup>D</sup>	8.00±0.00 <sup>bcC</sup>	7.17±0.29 <sup>bB</sup>	5.83±0.29 <sup>ca</sup>
E75	8.20±0.35 <sup>abC</sup>	9.00±0.00 <sup>D</sup>	8.17±0.29 <sup>cC</sup>	7.17±0.29 <sup>bB</sup>	5.83±0.29 <sup>ca</sup>
P25	8.20±0.35 <sup>abC</sup>	9.00±0.00 <sup>D</sup>	8.00±0.00 <sup>bcC</sup>	7.17±0.29 <sup>bB</sup>	5.50±0.50 <sup>bcA</sup>
P50	8.53±0.50 <sup>abCD</sup>	9.00±0.00 <sup>D</sup>	8.00±0.87 <sup>bcBC</sup>	7.17±0.29 <sup>bB</sup>	5.50±0.50 <sup>bcA</sup>
P75	8.93±0.12 <sup>bC</sup>	9.00±0.00 <sup>C</sup>	7.33±0.58 <sup>abcB</sup>	7.00±0.00 <sup>bB</sup>	5.17±0.29 <sup>abcA</sup>
L25	8.93±0.12 <sup>bC</sup>	9.00±0.00 <sup>C</sup>	7.17±0.29 <sup>abB</sup>	7.17±0.29 <sup>bB</sup>	5.83±0.29 <sup>ca</sup>
L50	7.40±0.69 <sup>aB</sup>	9.00±0.00 <sup>C</sup>	7.00±0.00 <sup>aB</sup>	7.17±0.29 <sup>bB</sup>	5.33±0.58 <sup>abcA</sup>
L75	8.07±1.01 <sup>abB</sup>	9.00±0.00 <sup>C</sup>	7.17±0.29 <sup>abB</sup>	6.83±0.29 <sup>bB</sup>	5.00±0.00 <sup>abA</sup>

a-c: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Pirinç kepeği yağı mikrokapsülü ile zenginleştirilmiş yoğurtların 14 günlük depolanması sonucunda renk ve görünüş puanları 1-9 puan aralığında değerlendirilmiştir. Bu araştırmaya göre 0. günde kontrol grubu en yüksek puanı almışken, serbest pirinç kepeği yağı içeren yoğurtlar en düşük puanı almıştır. 14 günün sonunda yoğurtlardaki mikrokapsül miktarının artışı ile görünüş/renk puanları düşüşe geçmiş fakat yine de mikrokapsül içeren yoğurtlar, serbest pirinç kepeği yağı içeren yoğurtlardan daha yüksek puan almıştır (Atta, vd., 2020).

Kırmızıbiber artıklarından elde edilmiş mikrokapsüllerin yoğurda ilave edildiği bir araştırmada kontrolle birlikte yüksek görünüş ve renk puanları elde edilmiştir (Şeregelj, vd., 2019).

Papaya tozu ilaveli yoğurtların görünüş puanları kontrol grubu ile kıyaslandığında daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Manzoor, vd., 2019).

#### 4.6.7.2. Kıvam Puanları

Yoğurt örneklerinin duyu analizi sonucunda tespit ettiğimiz kıvam puanları Çizelge 4.21’ de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Depolama süresince örneklerin kıvam puanları

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	8.13±0.23 <sup>aD</sup>	9.00±0.00 <sup>aE</sup>	7.00±0.00 <sup>aC</sup>	5.17±0.29 <sup>aB</sup>	4.67±0.29 <sup>aA</sup>
E25	7.67±0.58 <sup>aC</sup>	9.00±0.00 <sup>aE</sup>	8.33±0.29 <sup>bD</sup>	7.00±0.00 <sup>bB</sup>	5.33±0.29 <sup>bA</sup>
E50	8.53±0.50 <sup>aCD</sup>	9.00±0.00 <sup>aD</sup>	8.50±0.00 <sup>bC</sup>	7.00±0.00 <sup>bB</sup>	5.33±0.29 <sup>bA</sup>
E75	8.13±0.23 <sup>aC</sup>	9.00±0.00 <sup>aD</sup>	8.33±0.58 <sup>bC</sup>	7.00±0.00 <sup>bB</sup>	5.00±0.00 <sup>abA</sup>
P25	7.73±0.64 <sup>aC</sup>	9.00±0.00 <sup>aD</sup>	8.00±0.00 <sup>bC</sup>	6.80±0.20 <sup>bB</sup>	5.00±0.00 <sup>abA</sup>
P50	7.73±0.64 <sup>aC</sup>	8.67±0.58 <sup>aD</sup>	6.83±0.29 <sup>aB</sup>	6.67±0.29 <sup>bB</sup>	5.00±0.00 <sup>abA</sup>
P75	8.53±0.50 <sup>aC</sup>	9.00±0.00 <sup>aC</sup>	7.33±0.58 <sup>aB</sup>	6.83±0.29 <sup>bB</sup>	5.00±0.00 <sup>abA</sup>
L25	8.13±1.03 <sup>aC</sup>	9.00±0.00 <sup>aC</sup>	7.00±0.00 <sup>aB</sup>	6.83±0.29 <sup>bB</sup>	5.33±0.29 <sup>bA</sup>
L50	7.33±0.58 <sup>aB</sup>	9.00±0.00 <sup>aC</sup>	7.00±0.00 <sup>aB</sup>	6.83±0.29 <sup>bB</sup>	5.17±0.29 <sup>bA</sup>
L75	8.00±1.00 <sup>aB</sup>	9.00±0.00 <sup>aC</sup>	7.00±0.00 <sup>aB</sup>	6.83±0.29 <sup>bB</sup>	5.00±0.00 <sup>abA</sup>

a-b: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E50: % 0.50 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E75: % 0.75 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt

Varyans analizi sonucunda kıvam puanları 1. ve 7. gün depolama sonunda örnekler arasında istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Depolamanın 14., 21. ve 28. günlerinde kıvam puanı örnekler arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.01). Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre depolama sürelerinde örneklere ait ortalama kıvam puanları açısından en yüksek puanlar 7. günde elde edilmiş, bunu 1. ve 14. günler takip etmiştir. 28. güne ait ortalama kıvam puanları diğer günlerden daha düşüktür. Bu depolama gününde panelistler yoğurtların yenilebilir kıvamdan uzaklaştığını ve örneklerin daha sulu yapı kazandığını ifade etmiştir.

Depolamanın ilk gününde kıvam puanı en yüksek olan örnekler E50 ve P75 yoğurtları iken, en düşük L50 örneği olmuştur. 7. gün sonunda tüm örneklerin kıvam puanları yükselmiş ardından 14., 21. ve 28. günlerde örneklerin kıvam puanı düşüşe geçmiştir.

Yapılan bir araştırmada pirinç kepeği yağı mikrokapsülü ile zenginleştirilmiş yoğurtların 0. gündeki kıvam puanını yoğurttaki mikrokapsül miktarının artması ile azaldığını belirtmiş, ayrıca depolamanın 7. ve son günü olan 14. gününde kıvam puanlarının azaldığını rapor etmişlerdir. Kıvam puanları genel olarak en yüksek kontrol grubunda tespit edilmişken, pirinç kepeği yağı mikrokapsülü ilaveli yoğurtlar, serbest haldeki pirinç kepeği katkılı yoğurtlardan daha yüksek kıvam puanı almışlardır (Atta, vd., 2020).

Kırmızıbiber artıklarından elde edilmiş mikrokapsüllerin yoğurda ilave edildiği bir araştırmada kontrolle birlikte yüksek kıvam puanları elde edilmiştir (Şeregelj, vd., 2019).

*Lactobacillus acidophilus* LA-5 mikrokapsülü ilaveli probiyotik yoğurdun tekstür puanı ilk gün ve 30 gün depolama sonrasında kontrol örneğinden bir miktar düşük olduğu tespit edilmiştir (Ribeiro, vd., 2014).

#### **4.6.7.3. Koku Puanları**

% 0.25, 0.50 ve 0.75 oranında ekstrakt ve mikrokapsül ilaveli yoğurtların 5 farklı depolama gününde gerçekleştirilen duyuşal değerlendirmelerden koku parametresine ait puanlar Çizelge 4.22' de verilmiştir.

Yoğurt örneklerinin koku puanı depolamanın sonuna doğru azalış göstermiştir. Depolamanın 1. gününde koku yönünden en çok beğeni alan örnek L25, en az beğeni alan örnek L75 örneği olmuştur. Depolamanın 7. ve 28. günleri hariç diğer günler ve örnekler arasında koku puanı istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). 28. gün örnekleri arasında koku puanı istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ). Depolamanın son gününde en az koku yönünden beğeni alan örnek K örneği, en fazla beğeni alan örnekler E25, E50 ve L25 olmuştur.

Çizelge 4.22. Depolama süresince örneklerin koku puanları

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	7.93±0.12 <sup>abC</sup>	8.67±0.58 <sup>aD</sup>	7.83±0.29 <sup>cdeC</sup>	6.17±0.29 <sup>aB</sup>	4.33±0.29 <sup>aA</sup>
E25	8.07±0.12 <sup>abC</sup>	9.00±0.00 <sup>aD</sup>	8.50±0.50 <sup>eC</sup>	7.00±0.00 <sup>bB</sup>	5.33±0.29 <sup>bA</sup>
E50	7.20±1.06 <sup>abBC</sup>	9.00±0.00 <sup>aD</sup>	8.00±1.00 <sup>deCD</sup>	6.50±0.50 <sup>abAB</sup>	5.33±0.29 <sup>bA</sup>
E75	8.40±0.53 <sup>bC</sup>	8.33±0.58 <sup>aC</sup>	7.00±0.00 <sup>abcB</sup>	6.50±0.50 <sup>abB</sup>	5.17±0.29 <sup>bA</sup>
P25	7.87±0.23 <sup>abC</sup>	8.50±0.50 <sup>aC</sup>	6.83±0.29 <sup>abB</sup>	6.50±0.50 <sup>abB</sup>	5.17±0.29 <sup>bA</sup>
P50	8.00±0.00 <sup>abC</sup>	7.67±1.53 <sup>aBC</sup>	7.33±0.58 <sup>abcdBC</sup>	6.37±0.32 <sup>abAB</sup>	5.17±0.29 <sup>bA</sup>
P75	7.47±0.50 <sup>abB</sup>	7.33±2.08 <sup>aB</sup>	7.33±0.58 <sup>abcdB</sup>	6.37±0.32 <sup>abA</sup>	5.00±0.00 <sup>bA</sup>
L25	8.47±0.50 <sup>bC</sup>	8.33±0.58 <sup>aC</sup>	7.67±0.58 <sup>bcdeC</sup>	6.37±0.32 <sup>abB</sup>	5.33±0.29 <sup>bA</sup>
L50	7.27±1.10 <sup>abB</sup>	7.67±1.53 <sup>aB</sup>	7.00±0.00 <sup>abcAB</sup>	6.37±0.32 <sup>abAB</sup>	5.17±0.29 <sup>bA</sup>
L75	6.80±1.59 <sup>aB</sup>	7.33±1.53 <sup>aB</sup>	6.67±0.29 <sup>aAB</sup>	6.37±0.32 <sup>abAB</sup>	5.00±0.00 <sup>bA</sup>

a-e: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Prebiyotik kitoooligosakkarit ve bunun mikrokapsülü ile zenginleştirilmiş yoğurtlarda yapılan duyuusal değerlendirme sonucunda kontrol, mikrokapsüllü ve serbest formda prebiyotik kitoooligosakkarit içeren yoğurtların koku puanları tam puan almıştır ve örneklerin birbiri arasında bir farklılık olmadığı gözlemlenmemiştir (Ismail, vd., 2020).

Kırmızıbiber artıklarından elde edilmiş mikrokapsüllerin yoğurda ilave edildiği bir araştırmada kontrolle birlikte yüksek koku puanları elde edilmiştir (Şeregelj, vd., 2019).

#### 4.6.7.4. Tat Puanları

1-9 puan aralığında değerlendirilen yoğurt örneklerinin depolama boyunca gerçekleştirilen duyuusal analizlerinden elde edilen tat puanları Çizelge 4.23' de verilmiştir. İlave edilen ekstrakt ve mikrokapsül miktarları ve depolama süresi tat puanı üzerine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Örneklerin tat puanları 14. günden itibaren düşüşe geçmiştir. 1. günde K ve L25 örnekleri 8.07 puanla en yüksek tat puanı alan örnekler olmuşken, P25 örneği 3.73 puanla en düşük tat puanı alan örnek olmuştur. Genel olarak depolama süresince ekstrakt ilaveli yoğurtlar mikrokapsül ilaveli yoğurtlardan daha yüksek tat puanı almıştır. Depolamanın son

gününde en az tat yönünden beğeni alan örnekler K, P50, P75 ve L75 örnekleri, en fazla beğeni alan örnek L25 olmuştur.

14 günlük depolamada pirinç kepeği yağı kapsülü ilaveli yoğurtlar, pirinç kepeği yağı ilaveli yoğurtlara kıyasla daha çok beğeni almıştır. Genel olarak örneklerin tümünün depolama ilerlemesiyle tat puanları düşüşe geçmiştir. Depolama süresince örneklerin tat puanları en yüksek 8.58 puanla kontrol örneğinin 7. gününde, en düşük 7.08 puanla pirinç kepeği yağı ilaveli örneğin 14. gününde tespit edilmiştir (Atta, vd., 2020).

Balık yağı mikrokapsülü ilaveli yoğurtlar en düşük beğeni alan örnek olmuştur. Yoğurda limon suyu ilavesinin mikrokapsül içeren yoğurtların tat puanlarında artışa sebep olduğunu tespit etmişlerdir, ancak yine de panelistler mikrokapsül içermeyen örneğin tat puanını daha yüksek vermişlerdir (Tamjidi, vd., 2012).

Çizelge 4.23. Depolama süresince örneklerin tat puanları

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	8.07±0.12 <sup>abD</sup>	8.00±1.00 <sup>abD</sup>	7.00±0.50 <sup>dC</sup>	3.93±0.12 <sup>abB</sup>	3.00±0.00 <sup>aA</sup>
E25	7.13±0.23 <sup>abBC</sup>	8.83±0.29 <sup>bD</sup>	7.83±0.29 <sup>dC</sup>	6.50±0.50 <sup>eB</sup>	3.83±0.76 <sup>bA</sup>
E50	7.87±0.23 <sup>abC</sup>	8.50±0.50 <sup>bC</sup>	7.67±0.58 <sup>aC</sup>	5.33±0.29 <sup>dB</sup>	3.67±0.58 <sup>abA</sup>
E75	7.13±1.03 <sup>bC</sup>	7.17±0.29 <sup>abC</sup>	5.17±0.76 <sup>bcB</sup>	5.00±0.00 <sup>cdB</sup>	3.33±0.58 <sup>abA</sup>
P25	3.73±1.62 <sup>abA</sup>	7.00±1.00 <sup>abC</sup>	5.83±0.76 <sup>cBC</sup>	4.50±0.50 <sup>bcAB</sup>	3.33±0.58 <sup>abA</sup>
P50	6.67±0.58 <sup>abC</sup>	6.33±2.08 <sup>abC</sup>	6.00±0.50 <sup>cBC</sup>	4.33±0.29 <sup>bAB</sup>	3.00±0.00 <sup>aA</sup>
P75	6.87±1.21 <sup>abC</sup>	5.50±2.29 <sup>aBC</sup>	4.83±0.29 <sup>abABC</sup>	4.17±0.29 <sup>abAB</sup>	3.00±0.00 <sup>aA</sup>
L25	8.07±0.90 <sup>bD</sup>	6.83±0.76 <sup>abC</sup>	5.27±0.68 <sup>bcB</sup>	4.17±0.29 <sup>abAB</sup>	4.00±0.00 <sup>bA</sup>
L50	6.20±1.59 <sup>abB</sup>	6.50±1.32 <sup>abB</sup>	4.17±0.29 <sup>aA</sup>	4.00±0.00 <sup>abA</sup>	3.33±0.29 <sup>abA</sup>
L75	5.60±1.51 <sup>aB</sup>	5.83±1.76 <sup>aB</sup>	4.10±0.36 <sup>aA</sup>	3.67±0.58 <sup>aA</sup>	3.00±0.00 <sup>aA</sup>

a-e: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

#### 4.6.7.5. Genel Kabul Edilebilirlik

Farklı miktarda ateş dikeni ekstraktı ve ateş dikeni mikrokapsülü ilaveli yoğurtların 4°C' de depolama ile 1., 7., 21. ve 28. günlerde yapılan duyu analizi parametrelerinden genel kabul edilebilirlik puanları Çizelge 4.24' de verilmiştir. Genel kabul edilebilirlik puanı örnekler arasında ve depolama süresinde istatistiksel olarak

önemli farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0.01$ ). 1-9 puan aralığında değerlendirilen örneklerin genel kabul edilebilirlik puanı en yüksek 8.83 ve en düşük 3.00 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 1. gününde en yüksek beğeni alan örnek K örneği olmuştur, bunun nedenin panelistlerin yoğurt tüketim alışkanlıklarından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca ateş dikeni meyvesi genel olarak buruk bir tada sahip olduğundan ateş dikeni katkılı yoğurtlarda buruk tat oluştuğu için puanlar ilk gün kontrole kıyasla düşük tespit edilmiştir. 7. günün sonunda yapılan panelde elde edilen puanlar incelendiğinde E75 örneği hariç diğer tüm örneklerin genel kabul edilebilirlik puanları 1. güne kıyasla iyileşme göstermiştir. Yine aynı depolama gününde ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurtlar genel olarak mikrokapsül içeren yoğurtlardan daha fazla beğeni almış, ilave edilen ekstrakt ve mikrokapsül miktarın artışı ile puanlarda bir düşüş görülmüştür. Aynı durum depolamanın 14., 21. ve 28. günlerinde de (ilave edilen ateş dikeni ekstraktı ve mikrokapsüllerinin oransal artışı beğeni düşürmüştür) görülmüştür. Depolama süresince örneklerin beğeni puanları 7. günden itibaren düşüşe geçmiştir. Depolamanın son gününde panelistler en fazla E25 ve L25 örneklerini beğenmişlerdir en az beğeni alan ise L75 örneği olmuştur.

Çizelge 4.24. Depolama süresince örneklerin genel kabul edilebilirlik puanı

	Depolama (gün)				
	1	7	14	21	28
K	7.60±0.69 <sup>cBC</sup>	8.50±0.50 <sup>cdC</sup>	7.33±0.58 <sup>efB</sup>	4.00±0.00 <sup>aA</sup>	3.33±0.58 <sup>abcA</sup>
E25	6.00±0.00 <sup>bA</sup>	8.83±0.29 <sup>dC</sup>	8.50±0.50 <sup>gC</sup>	5.67±0.58 <sup>eB</sup>	4.00±0.00 <sup>cA</sup>
E50	7.33±0.58 <sup>bcC</sup>	8.83±0.29 <sup>dD</sup>	8.33±0.29 <sup>fD</sup>	5.43±0.40 <sup>deB</sup>	3.83±0.29 <sup>bcA</sup>
E75	7.60±0.69 <sup>cB</sup>	7.33±0.58 <sup>abcdB</sup>	7.00±1.00 <sup>deB</sup>	4.50±0.50 <sup>abcA</sup>	3.67±0.29 <sup>abcA</sup>
P25	6.87±1.21 <sup>bcCD</sup>	7.83±0.76 <sup>bcdD</sup>	6.50±0.5 <sup>cdeC</sup>	4.93±0.12 <sup>cdB</sup>	3.67±0.29 <sup>abcA</sup>
P50	4.47±0.50 <sup>aAB</sup>	5.83±1.76 <sup>abB</sup>	6.17±0.58 <sup>cdB</sup>	4.50±0.00 <sup>abcAB</sup>	3.50±0.50 <sup>abcA</sup>
P75	3.13±1.03 <sup>aA</sup>	5.33±2.08 <sup>aBC</sup>	6.77±0.25 <sup>deC</sup>	4.50±0.00 <sup>abcAB</sup>	3.17±0.29 <sup>abA</sup>
L25	6.60±1.22 <sup>bcC</sup>	6.67±0.58 <sup>abcC</sup>	5.50±0.50 <sup>bcBC</sup>	4.83±0.29 <sup>bcAB</sup>	4.00±0.50 <sup>cA</sup>
L50	4.20±0.72 <sup>aA</sup>	6.33±1.16 <sup>abB</sup>	4.90±0.79 <sup>abA</sup>	4.33±0.29 <sup>abA</sup>	3.17±0.29 <sup>abA</sup>
L75	4.13±0.81 <sup>aA</sup>	5.67±1.53 <sup>abB</sup>	4.33±0.58 <sup>aA</sup>	4.00±0.00 <sup>aA</sup>	3.00±0.00 <sup>aA</sup>

a-g: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

A-D: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

14 gün depolama yapılan pirinç kepeği yağı ile zenginleştirilen örneklerin 0. gün, 7 ve 14. gün sonunda gerçekleştirdikleri duyuusal analizi sonunda örneklerin genel

kabul edilebilirliği kontrol örneğinin tüm depolama günleri için yüksek puanlar tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Bizim de kendi araştırmamızda tespit ettiğimiz gibi bu araştırmada da ilave edilen mikrokapsül miktarı artışı ile kabul edilebilirlik değeri düşmüştür. Pirinç kepeği yağı ilaveli yoğurtların kabul edilebilirlikleri, pirinç kepeği yağı mikrokapsüllü ilaveli yoğurtlara kıyasla daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir (Atta, vd., 2020).

Balık yağı mikrokapsüllü ile zenginleştirilmiş yoğurtların genel kabul edilebilirlik puanı 3.90-4.00 arasında yani "orta derecede-az beğenilen" olarak, limon suyu ilaveli balık yağı mikrokapsüllü yoğurtların genel kabul edilebilirliği 5.0-5.5 arasında "ne beğenildi ne de beğenilmedi-az beğenildi" olarak değerlendirmişlerdir. Bu çalışmada da mikrokapsüllü örnekler daha düşük beğeni almıştır, mikrokapsüllü olan örneklerden beğeni alan örnekte farklı bir aroma kullanılmıştır bu da puana yansımıştır (Tamjidi, vd., 2012).

#### **4.6.8. Organik Asit Sonuçları**

##### **4.6.8.1. Laktik Asit Miktarı**

Laktozun yoğurt starter kültürleri tarafından katabolizması sonucu laktik asit oluşur. Aslında laktik asit, tüm yoğurtlarda bulunan ana organik asittir ve taze yapılmış yoğurtlardaki toplam organik asit içeriğinin yaklaşık % 75.7' si bundan oluşur (Vénica, vd., 2014).

Farklı oranlarda ateş dikenini ekstraktı ve ateş dikenini mikrokapsüllü ilave edilmiş yoğurtların 1., 14. ve 28. günlerinde laktik asit miktarları Çizelge 4.25' de verilmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirme sonucunda hem örnekler arası hem de depolama süresince laktik asit miktarı  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçlarına göre laktik asit değeri açısından yoğurt örneklerine ait ortalama değerler kıyaslandığında E25 örneği  $p > 0.05$  düzeyinde önemsiz iken, diğer tüm örnekler depolama sürelerince  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur. Depolamanın ilk gününde en yüksek laktik asit değerleri L50 örneğine ve en düşük laktik asit değerleri K örneğine aittir. Depolamanın 7. gününde K, E25, E50, E75 ve P25 örneklerinin laktik asit miktarı yükselişe geçmiş, P50, P75, L25, L50 ve L75 örneklerinin laktik asit miktarı düşüşe geçmiştir. Laktik asit miktarı yönünden inceleyecek olursak depolamanın 1. gününden 7. gününe doğru yükselişe geçen K, E25, E50 örnekleri 28. günde bir miktar daha yükselmiş, fakat 7. günde yükselişe

geçen E75 ve P25 örnekleri 28. günde düşüğe geçmiştir. Laktik asit miktarı P50, P75, L25, L50 ve L75 örneklerinde depolamanın 14. günden sonra 28. gününde yükselişe geçmiştir. İlave edilen ekstrakt miktarı ve mikrokapsül miktarının artışı ile laktik asit değişimi arasında bir orantı bulunmamıştır. Depolamanın son gününde en yüksek laktik asit L50 örneğinde en düşük laktik asit L25 örneğinde tespit edilmiştir. Depolama süresince laktik asit miktarı tüm örneklerde artış göstermiştir. Akgun ve ark. (2018) yaptıkları araştırmada manda yoğurdunda depolama süresince laktik asit düzeyinde artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.25. Depolama süresince örneklerin laktik asit değişimi ( $\mu\text{g/g}$  yoğurt)

		Depolama		
		1	14	28
Laktik asit	K	8829.47 $\pm$ 11.52 <sup>aA</sup>	11030.70 $\pm$ 13.91 <sup>bB</sup>	12888.82 $\pm$ 10.70 <sup>cC</sup>
	E25	11928.07 $\pm$ 280.46 <sup>gA</sup>	12267.1333 $\pm$ 2.16 <sup>gB</sup>	12279.7867 $\pm$ 1.11 <sup>eB</sup>
	E50	10201.18 $\pm$ 138.49 <sup>CA</sup>	12827.33 $\pm$ 2.94 <sup>hB</sup>	13931.87 $\pm$ 6.70 <sup>iC</sup>
	E75	10898.98 $\pm$ 177.53 <sup>eA</sup>	14104.0433 $\pm$ 6.17 <sup>iC</sup>	13674.67 $\pm$ 5.43 <sup>hB</sup>
	P25	11791.95 $\pm$ 129.14 <sup>gA</sup>	14916.27 $\pm$ 4.82 <sup>jC</sup>	12448.22 $\pm$ 2.41 <sup>fB</sup>
	P50	9318.73 $\pm$ 34.76 <sup>bB</sup>	4837.67 $\pm$ 49.73 <sup>aA</sup>	10888.82 $\pm$ 4.82 <sup>bC</sup>
	P75	11160.64 $\pm$ 42.24 <sup>fB</sup>	6002.45 $\pm$ 5.62 <sup>dA</sup>	11433.34 $\pm$ 7.49 <sup>cC</sup>
	L25	10570.14 $\pm$ 1.07 <sup>dC</sup>	5221.95 $\pm$ 2.14 <sup>CA</sup>	7056.37 $\pm$ 1.11 <sup>aB</sup>
	L50	11350.1 $\pm$ 4.01 <sup>fB</sup>	6102.62 $\pm$ 4.75 <sup>eA</sup>	14074.10 $\pm$ 0.54 <sup>jC</sup>
	L75	10261.07 $\pm$ 4.28 <sup>cB</sup>	5044.60 $\pm$ 4.82 <sup>bA</sup>	11841.86 $\pm$ 15.24 <sup>dC</sup>

a-j: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

A-C: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E50: % 0.50 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, E75: % 0.75 ateş diken ekstrekt katkıli yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkıli yoğurt

Yapılan bir çalışmada araştırmada fermentasyon başlangıcında yoğurtların laktik asit miktarını 0.15 mg/ml, 300 dakika sonrasında 17.56-18.64 mg/ml düzeyinde tespit etmişlerdir (Barros vd., 2019).

Dut tozunun yoğurdun antioksidan aktiviteleri ve kalite özellikleri üzerine etkisini inceledikleri araştırmada yoğurt örneklerini 24 saat süresince laktik asit oranını incelemişler ve farklı saat aralıklarında laktik asit miktarının dalgalanma gösterdiğini rapor etmişlerdir. Depolamanın ilk saatinde (0. saat) kontrol yoğurtların laktik asit miktarı dut tozu ilaveli yoğurtlardan daha düşükken depolamanın ilerlemesiyle tüm saat aralıklarında hep artışa geçmiştir. Diğer örnekler ise depolamanın ilgili saat aralıklarında yapılan laktik asit miktarı tespitinde laktik asit

düzeinin dalgalı olarak artıp azaldığını/azalıp arttığını rapor etmişlerdir. Depolamanın 8., 12., 20. ve 24. saatlerinde elde edilen laktik asit miktarı, ilave edilen dut tozu miktarının artışı ile arttığını tespit etmişlerdir. Genel olarak dut tozu katkılı yoğurtların 24 saat depolama sonunda laktik asit miktarı 0.80 ve 14.39 mg/g yoğurt düzeyinde olduğunu belirtmişlerdir (Sung ve Choi, 2014). Aynı araştırmanın 24 saatlik depolama sonucu ile araştırmamızın 1. gün örnekleri kıyaslandığında benzerlik göstermiştir.

Kapsüllenmiş veya kapsüllenmemiş *Bifidobacterium longum* B6 veya *Bifidobacterium longum* ATCC 15708 bifidobakterileri içeren yoğurtlarda ve sade yoğurtlarda laktik asit içeriğindeki değişiklikler 4.4 °C’ de 30 günlük bir depolama süresi boyunca incelenmiştir. Kapsüllenmemiş bifidobakterileri içeren yoğurt depolama sırasında 189 mg/100g laktik asit artışı gösterirken, kontrol yoğurt ve kapsüllenmiş bifidobakteri içeren yoğurtlar sırasıyla 128 ve 135 mg/100g düzeyinde artış göstermiştir. Kapsüllenmemiş *B. Longum* ATCC 15708 içeren yoğurt daha yüksek laktik asit konsantrasyonu göstermiş olup bunun, bu hücrelerin *Bifidobacterium longum* B6 den daha büyük metabolik aktivitesinin bir sonucu olabileceği ile ilişkilendirmişlerdir. Bu gözlem, *Bifidobacterium longum* B6 popülasyonunda biraz daha küçük bir düşüş gösteren eğilim ile mikrobiyolojik sonuçlara da kısmen yansımış olduğunu rapor etmişlerdir (Adhikari, vd., 2000).

Yapılan literatür taramasında yoğurtlarda örneklerimize kıyasla farklı veya benzer düzeylerde laktik asit oluştuğunu söyleyebiliriz. Bunun nedeni olarak da kullanılan starter kültürlerin asit üretim kapasitelerindeki farklılıklar, sütün bileşimi, fermantasyon süreci ve inkübasyon koşullarından kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

#### **4.6.8.2. Asetik Asit Miktarı**

Laktik asidin yanı sıra, hem lipolitik süreçler hem de bakteriyel fermentasyon ile yoğurt fermentasyonu sırasında başka asitler de üretilmektedir. Asetik asit, laktik starter kültürler tarafından üretilen önemli bir diğer organik bileşendir (Alonso ve Fraga, 2001; Tamime, vd., 2007). Yüksek seviyelerde asetik asit yoğurtta sirke benzeri bir tada neden olduğundan tüketiciler tarafından kabul edilmemektedir (Tamime, vd., 2007).

Farklı miktarda ateş dikenini ekstraktı ve ateş dikenini mikrokapsülü ilaveli yoğurtların 1., 14. ve 28. gün depolamaları sonucunda elde edilen asetik asit miktarlarını Çizelge 4.26’ da verilmiştir. Yoğurt örneklerinin asetik asit miktarı 617.13 ve 4344.65 µg/g yoğurt arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.26. Depolama süresince örneklerin asetik asit değerleri (µg/g yoğurt)

	Depolama (gün)		
	1	14	28
K	2454.41±14.14 <sup>hC</sup>	617.13±2.21 <sup>aA</sup>	1480.81±5.34 <sup>fB</sup>
E25	1908.35±50.88 <sup>eC</sup>	807.67±2.27 <sup>bA</sup>	1642.03±6.60 <sup>gB</sup>
E50	1954.63±30.79 <sup>tC</sup>	980.19±0.73 <sup>dA</sup>	1289.23±2.38 <sup>dB</sup>
E75	2146.42±40.20 <sup>gC</sup>	899.79±0.96 <sup>cA</sup>	1174.49±1.26 <sup>cB</sup>
P25	1739.39±23.24 <sup>dB</sup>	911.31±0.63 <sup>cA</sup>	3463.39±2.18 <sup>jC</sup>
P50	1388.68±6.62 <sup>bB</sup>	3429.05±32.67 <sup>gC</sup>	1325.87±0.63 <sup>eA</sup>
P75	1363.35±10.06 <sup>bB</sup>	4344.65±9.26 <sup>tC</sup>	1137.85±1.31 <sup>bA</sup>
L25	1483.95±1.58 <sup>cA</sup>	2875.46±3.77 <sup>tC</sup>	2096.58±1.66 <sup>hB</sup>
L50	1320.85±1.89 <sup>aB</sup>	2182.01±5.03 <sup>eC</sup>	586.36±2.21 <sup>aA</sup>
L75	2807.63±10.05 <sup>iA</sup>	3646.60±7.54 <sup>hC</sup>	3118.55±3.28 <sup>iB</sup>

a-j: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

A-C: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p<0.05)

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Barros ve ark. (2019)’ nin yaptığı araştırmada depolama süresince (0-300 dakika) yoğurtların asetik asit miktarı en düşük 10.16 g/ml ile 300. dakika sonunda, en yüksek 16.42 g/ml ile 60. dakika sonunda olduğunu rapor etmişlerdir. Sung ve Choi (2014) dut tozunu yoğurda % 0.5, 1 ve 3 oranında katkılamaşlardır. Kontrol grubunda ve farklı oranda dut tozu ilaveli yoğurtlarda depolamanın ilk 8 saati sonunda asetik asit oluşmadığını, depolamanın 12. saatinden sonra asetik asit oluştuğunu ve depolamanın 24 saatinin sonunda asetik asit miktarının maksimuma ulaştığını ifade etmişlerdir. 24 saat sonunda en yüksek asetik asit 1.07 mg/g ile kontrol yoğurtta, en düşük 0.20 mg/g ile % 1 dut tozu içeren yoğurtta olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada 24 saatlik bir depolama yapıldığı için örneklerimizin 1. günü ile kıyaslama yapabilmekteyiz. Bu doğrultuda depolamanın 1. günü elde ettiğimiz asetik asit miktarı 1320.85 µg/g yoğurt ve 2807.63 µg/g yoğurt aralığında değişmiştir. Sung ve Choi (2014)’ nin araştırmasına kıyasla asetik asit düzeyi örneklerimizde bir miktar yüksek bulunmuştur. Adhikari ve

ark. (2000) kontrol yoğurtlarda asetik asit miktarını depolama süresince diğer örneklerle kıyasla düşük bulmuşken, *Bifidobacterium longum* ATCC 15708 bifidobakterisinin kapsüllenmemiş formunu içeren yoğurtlarda depolama süresince diğer örneklerden daha yüksek asetik asit değeri gösterdiğini rapor etmişlerdir (Adhikari, vd., 2000). Akgun ve ark. (2018) manda yoğurtlarının asetik asit miktarını 20 günlük depolama süresince arttığını tespit etmiştir. Benzer durum bizim çalışmamızda da L25 ve L75 yoğurtlarında tespit edilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre yoğurt çeşidi ve depolama süresi, asetik asit miktarı üzerine önemli derecede etkili bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Ortalamalar incelendiğinde en yüksek asetik asit değeri 14. günde tespit edildiği görülmektedir. Depolama süresince örneklerin asetik asit değeri dalgalanma göstermiştir. 1. günde en yüksek asetik asit değeri L75 örneğinde, en düşük L50 örneğinde gözlemlenmiştir. 1. günde ekstrakt miktarının artışı ile asetik asit miktarı artmışken, diğer örneklerde böyle bir ilişki gözlemlenmemiştir. 14. gün depolaması incelendiğinde 1. günden itibaren asetik asit miktarı hızlı bir yükselişe geçen örnekler P25, P50, L25, L50, L75 örnekleri olmuşken, diğer örneklerin asetik asit miktarları düşüşe geçmiştir. 14. günde yükselişe geçen bu örnekler 28. gün sonunda düşüşe geçerken, 14. günde düşüşe geçen örnekler 28. günde yükselişe geçmiştir. P25, L25 ve L75 örneklerinin 28. gün asetik asit değerleri 1. gün asetik asit miktarlarından yüksek iken, diğer örneklerin 28. gün asetik asit değerleri başlangıç miktarına göre düşmüştür. 28. günde P50, P75, L25, L50 ve L75 örneklerinde ilave edilen maddelerin asetik asit düzeylerinde düşüslere sebebiyet verdiğini söyleyebiliriz.

#### **4.6.8.3. Sitrik Asit Miktarı**

Sitrik asit, sütteki baskın organik asittir (Costa, vd., 2015b) ve tazeleyici tadı teşvik eder (Akalin, vd., 2002). Yoğurt örneklerinin sitrik asit değerleri 1052.83  $\mu\text{g/g}$  yoğurt ve 2482.36  $\mu\text{g/g}$  yoğurt arasında değişim göstermiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre yoğurt çeşidi ve depolama süresi, sitrik asit üzerine önemli derecede etkili bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Depolamanın ilk gününde 2482.36  $\mu\text{g/g}$  değeriyle en yüksek sitrik asit değeri L75 örneğinde, 1595.44  $\mu\text{g/g}$  değeriyle en düşük sitrik asit değeri P75 örneğinde bulunmuştur. 14. günde genel olarak örneklerin sitrik asit düzeylerinde azalma görülmüştür. Ortalamalara bakıldığında 28. günde örnekler arasında en yüksek sitrik asit veren püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsüllü yoğurtlar

olmuşken, en düşük sitrik asit değeri dondurarak kurutulmuş mikrokapsüllü yoğurtlarda olmuştur.

Çizelge 4.27. Depolama süresince örneklerin sitrik asit değerleri ( $\mu\text{g/g}$  yoğurt)

		Depolama (gün)		
		1	14	28
Sitrik asit	K	1857.48 $\pm$ 1.93 <sup>dc</sup>	1246.62 $\pm$ 3.86 <sup>da</sup>	1489.38 $\pm$ 2.09 <sup>db</sup>
	E25	2423.98 $\pm$ 74.57 <sup>gu</sup>	1460.77 $\pm$ 2.09 <sup>ea</sup>	1576.69 $\pm$ 0.67 <sup>ib</sup>
	E50	2125.41 $\pm$ 41.62 <sup>eb</sup>	1526.13 $\pm$ 1.47 <sup>aa</sup>	1560.94 $\pm$ 2.58 <sup>ea</sup>
	E75	2390.45 $\pm$ 49.49 <sup>gd</sup>	1273.95 $\pm$ 4.34 <sup>ca</sup>	1298.2633 $\pm$ 3.22 <sup>va</sup>
	P25	2192.26 $\pm$ 33.44 <sup>ic</sup>	1365.54 $\pm$ 2.58 <sup>da</sup>	1800.80 $\pm$ 4.34 <sup>ib</sup>
	P50	1651.04 $\pm$ 17.20 <sup>db</sup>	1932.25 $\pm$ 4.66 <sup>ic</sup>	1588.37 $\pm$ 2.74 <sup>ga</sup>
	P75	1595.44 $\pm$ 12.06 <sup>db</sup>	1223.06 $\pm$ 2.25 <sup>aa</sup>	1728.49 $\pm$ 2.60 <sup>nc</sup>
	L25	1788.7 $\pm$ 0.85 <sup>cb</sup>	1856.62 $\pm$ 5.52 <sup>nc</sup>	1728.92 $\pm$ 1.29 <sup>na</sup>
	L50	1454.78 $\pm$ 3.54 <sup>aa</sup>	1699.46 $\pm$ 2.58 <sup>gd</sup>	1458.74 $\pm$ 1.62 <sup>ca</sup>
	L75	2482.36 $\pm$ 5.79 <sup>hc</sup>	2109.12 $\pm$ 1.16 <sup>jb</sup>	1052.83 $\pm$ 12.37 <sup>aa</sup>

a-i: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

A-C: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % 0.50 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikeni ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

Ayrıca, sitrik asit değerleri depolama süresince dalgalanma göstermiştir, bunun nedenini de bu tür organik asitlerin bakteriyel metabolizma tarafından üretildiğinden ve tüketildiğinden dolayı oluşmuş olabileceği konusunda düşündürmüştür. Aynı durum Costa ve ark. (2016)' nın çalışmasında da görülmüştür (Costa, vd., 2016).

Barros ve ark. (2019)' nın yoğurt üzerine yaptığı araştırmada organik asitlerden sitrik asit değerini depolama süresince (0-300 dakika), en düşük 7.76 mg/ml ile 240. dakika depolama süresinde, en yüksek de 14.45 mg/ml ile 120. dakika depolama süresinde elde etmişlerdir (Barros, vd., 2019). Bu değer bizim tespit ettiğimiz değerlerden oldukça yüksektir. Dut tozu ilaveli yoğurtlarda ise sitrik asit değeri 24 saat sonunda 5.21 ve 8.64 mg/g düzeyinde tespit edilmiştir (Sung, vd., 2014). Sung ve Choi (2014)' nin tespit ettikleri değerler ile elde ettiğimiz sonuçlar örtüşmektedir. Sung ve ark. (2014) 24 saat sonundaki sitrik asit değerlerini dut tozu ilaveli yoğurtlarda kontrole kıyasla daha yüksek tespit etmiştir. Benzer durum bizim çalışmamızda da gözlenmiştir yani aynı gruplar ortalama değerleri açısından incelendiğinde 1. gün sonunda ekstrakt ilaveli yoğurtlar diğer örneklerle kıyasla en yüksek sitrik asit değeri göstermiştir.

#### 4.6.8.4. Bütirik Asit Miktarı

Süt yağının biyoaktif bileşenlerinden biri olan butirik asit, kandaki kolesterol düzeyini ve bağırsak enfeksiyon hastalığını düşürdüğü bilinmektedir. Süt ürünlerindeki laktik asit bakterileri, süt yağlarının lipolizi yoluyla butirik asit ve linoleik asit dahil olmak üzere bu gibi serbest yağ asitlerinin üretiminde rol oynarlar (Vaseji, vd., 2012).

1., 14. ve 28. gün depolama sonunda yoğurt örneklerine ait bütirik asit miktarları Çizelge 4.28' de verilmiştir. Bütirik asit miktarında örnekler arasında ve depolama süresinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Bütirik asit değeri 770.14 ve 9082.99  $\mu\text{g/g}$  yoğurt aralığında tespit edilmiştir. 1. gün depolamada en yüksek bütirik asit değerine sahip örnek kontrol örneği olmuştur, depolama süresince de tüm örnekler içerisinde en yüksek bütirik asit değerine sahip olmuştur. Genel olarak 14. günde ekstrakt ilavesindeki artış yoğurtların bütirik asit değerinin düşmesine sebep olmuşken, mikrokapsül miktarındaki artış yoğurttaki bütirik asit değerinde dalgalanmalara sebep olmuştur. 14. günde tüm örnekler bütirik asit değeri açısından başlangıca kıyasla düşüşe geçmiştir. 28. günde en yüksek bütirik asit değeri kontrol yoğurtlarında gelişirken, ateş diken ekstrektı içeren yoğurtların bütirik asit değerleri mikrokapsül içeren örneklere kıyasla daha düşük miktarda gelişmiştir. Depolamanın son günü olan 28. günde tüm örnekler 1. güne kıyasla düşük olmasına rağmen 14. günden sonra artış gösteren örnek sadece L25 örneği olmuştur, diğer tüm örnekler 14. günden sonra düşüşe geçmiştir.

Adhikari ve ark. (2002) kapsüllenmiş veya kapsüllenmemiş *Bifidobacterium longum* B6 veya *Bifidobacterium longum* ATCC 15708 bifidobakterileri içeren set tipi ve stirred tipi yoğurtlarda bütirik asit içeriğindeki değişiklikleri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre kontrol yoğurtları diğer yoğurtlara kıyasla en yüksek bütirik asit değeri verdiği rapor etmişlerdir. Bununla birlikte, bütirik asit miktarının diğer örneklerde düşük olmasını ilave edilen bifidobakterilerin başlangıç kültürleri tarafından butirik asit üretimine müdahale ettiği ile ilişkilendirilebileceğini söylemişlerdir (Adhikari, vd., 2002). Aynı durum bizim çalışmamızda da görülmüştür yani kontrol örneği depolama süresince yüksek bütirik asit değerine sahip olmuştur. Bu durum ilave edilen ateş diken ekstrektının ve ateş diken mikrokapsüllerinin bütirik asit üretimini engellediği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca

Adhikari ve ark. (2002) kapsüllenmiş bifidobakteri içeren yoğurtlarda,  
kapsüllenmemiş bifidobakteri içeren yoğurtlara 123

kıyasla daha düşük bütirik asit değeri vermiş olduğunu ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamızda da ekstrakt ilaveli yoğurtların ortalama bütirik asit değerleri kontrolden sonra en yüksek bütirik asit değeri veren grup olmuştur. Yani kapsüllenmiş ateş dikenini ilaveli yoğurtlar, ateş dikenini ekstraktı ilaveli yoğurtlardan daha düşük bütirik asit oluşturmuşlardır. Mikrokapsül içeren yoğurtlar içindeki kıyaslamada ise genel olarak püskürtmeli mikrokapsül içeren yoğurtlar, dondurarak kurutulmuş mikrokapsül içeren yoğurtlardan daha düşük bütirik asit değeri vermiştir.

Çizelge 4.28. Depolama süresince örneklerin bütirik asit değerleri ( $\mu\text{g/g}$  yoğurt)

		Depolama (gün)		
		1	14	28
Bütirik asit	K	9082.99 $\pm$ 721.93 <sup>nc</sup>	7530.4 $\pm$ 70.67 <sup>nb</sup>	2007.27 $\pm$ 5.76 <sup>gA</sup>
	E25	5501.96 $\pm$ 73.42 <sup>fc</sup>	4832.17 $\pm$ 48.80 <sup>fb</sup>	856.11 $\pm$ 6.02 <sup>bA</sup>
	E50	5545.20 $\pm$ 130.38 <sup>fc</sup>	3900.25 $\pm$ 49.84 <sup>eb</sup>	770.14 $\pm$ 8.24 <sup>aA</sup>
	E75	1822.83 $\pm$ 191.76 <sup>bc</sup>	1378.60 $\pm$ 158.48 <sup>bb</sup>	970.97 $\pm$ 12.99 <sup>cA</sup>
	P25	3841.29 $\pm$ 36.71 <sup>deb</sup>	2240.10 $\pm$ 22.47 <sup>cA</sup>	1809.26 $\pm$ 48.14 <sup>fA</sup>
	P50	4195.28 $\pm$ 138.33 <sup>ec</sup>	2399.84 $\pm$ 19.09 <sup>db</sup>	963.17 $\pm$ 40.55 <sup>cA</sup>
	P75	2795.14 $\pm$ 7.55 <sup>cc</sup>	2203.19 $\pm$ 14.10 <sup>cb</sup>	1216.74 $\pm$ 17.15 <sup>dA</sup>
	L25	3717.66 $\pm$ 23.42 <sup>dc</sup>	1372.64 $\pm$ 31.33 <sup>bA</sup>	3184.57 $\pm$ 83.56 <sup>hB</sup>
	L50	1324.96 $\pm$ 16.14 <sup>ac</sup>	1202.39 $\pm$ 12.38 <sup>ab</sup>	902.39 $\pm$ 10.10 <sup>bA</sup>
	L75	7089.00 $\pm$ 49.05 <sup>gc</sup>	5243.96 $\pm$ 10.77 <sup>gb</sup>	1731.48 $\pm$ 0.73 <sup>eA</sup>

a-h: Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

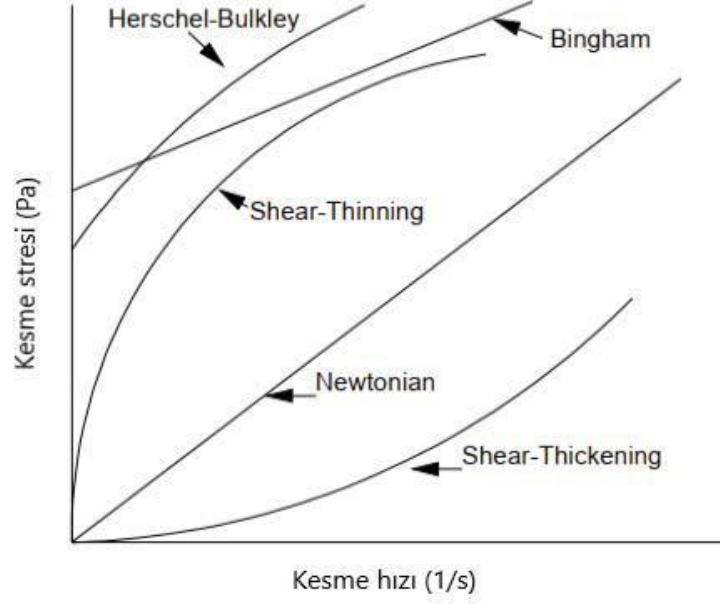
A-C: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )

K: kontrol yoğurt, E25: % 0.25 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, E50: % .50 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, E75: % 0.75 ateş dikenini ekstrakt katkılı yoğurt, P25: % 0.25 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P50: % 0.50 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, P75: % 0.75 püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L25: % 0.25 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L50: % 0.50 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt, L75: % 0.75 dondurarak kurutulmuş mikrokapsül katkılı yoğurt

#### 4.6.9. Yoğurtların Reolojik Değerleri

Reometri, gıdaların tekstürel özelliklerini ölçmek için kullanılan bir tekniktir. Viskoelastik özellik ölçümleri, gıdaların reolojik özelliklerinin anlaşılmasını sağlar ve bir tüketicinin ilk deneyiminin bir tahminini verir. Doku özellikleri genellikle araçlarla değerlendirilebilir, ancak bu ürünü karakterize etmede yetersizdir. Birçok tüketici, bir ürünün tazeliğini ve kalitesini değerlendirmek için gıdaların duyuşsal özelliklerini kullanır (Kealy, 2006). Duyuşsal özellikler; tat, ağız hissi ve renk, eğitimli veya eğitimsiz panelistler tarafından değerlendirilebilir ve tüketici testleri, yoğurdun doku kalitesi ve kabul edilebilirliği hakkında en anlamlı ve güvenilir bilgileri sağlayabilir (Jaworska, vd., 2005). Bu nedenle, bu çalışmada hem enstrümantal analiz hem de duyuşsal panel gerçekleştirilmiştir. Takviye, yoğurdun çeşitli fiziksel özelliklerini

etkilediğinden, yoğurt takviyesi için farklı bileşenler düşünülürken çeşitli ölçümlerin yapılması gerekir. Bu sebeple 4 °C’ de 28 gün saklanan yoğurt örneklerinin viskoelastik özelliklerini belirlemek için küçük genlikli salınım kesme testleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.20. Tipik zamandan bağımsız akışkanlar için eğriler (Steffe, 1996)

Kesme stresi Herschel-Bulkley modeline göre aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır;

$$\tau = \tau_0 + k \dot{\gamma}^n$$

Eşitlikteki kıvam katsayısı (Pa s), kesme stresi (Pa), kesme hızı (1/s) ve n akış davranış indeksi olarak ifade edilir. Akış davranış indeksi olarak bilinen n, boyutsuz bir sayıdır ve Newtonian sıvılar için n= 1, psödoplastik sıvılar için n <1 ve dilatant sıvılar için n >1 olarak tanımlanmaktadır (Sah, vd., 2016).

Yaptığımız araştırmada akış eğrileri incelendiğinde tüm örneklerin kesme hızı artışı ile kayma stresinin artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu durumda Şekil 4.21 ile elde ettiğimiz eğriler eşleştirildiğinde tüm yoğurt örnekleri depolama süresince psödoplastik (shear-thinning) davranış sergilemiştir.

Bu çalışmada, kesme sırasında artan deformasyon oranı ile yoğurtların görünür viskozitesi ( $\eta_{50}$ ) 14. gün depolama haricindeki tüm depolama günleri için istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Genel olarak, görünür viskozite değerlerinde 7.

günde azalış, 14. günde ise bir artış olduğu göze çarpmaktadır. Depolamanın devam eden günlerinde de (21. ve 28. günlerde)  $\eta_{50}$  değeri düşüşe devam etmiştir. Araştırmamızda  $\eta_{50}$  değerleri en düşük 0.20 ve en yüksek 0.65 Pas olarak tespit edilmiştir. Örneklerin kendi arasındaki istatistiksel değerlendirmesi ise  $\eta_{50}$  değeri üzerine önemli düzeyde etki etmiştir ( $p < 0.05$ ). Yoğurt örneklerinin ortalama  $\eta_{50}$  değeri, ilave edilen ekstrakt ve mikrokapsüller ile değişim göstermiştir. Kısaca yoğurtlara ilave edilen maddeler ile  $\eta_{50}$  değeri artış göstermiştir. Yoğurdun görünür viskozitesi, agregarat boyutundan etkilenir ve protein agregaratlarının bozulması, kesme hızı ile artış gösterir (Tamjidi, vd., 2014). Bu akış davranışı, süt proteinleri arasındaki ve/veya süt proteinleri ile eklenen bileşenler arasındaki zayıf bağların parçalanmasının ve Brownian hareketinin bir sonucu olarak bu tür bağlantıların yeniden oluşumunun birleşik etkilerine atfedilebilir (Tang, vd., 1993). Buğday kepeği (Aportela Palacios, vd., 2005), inulin (Paseephol, vd., 2008), balık yağı mikrokapsülü (Tamjidi, vd., 2014) ile takviye edilmiş yoğurtlar için yapılan önceki çalışmalarda da kesme hızındaki artışla bir düşüş kaydedilmiştir. Aynı durum yaptığımız araştırma ile paralellik göstermiştir yani daha yüksek kesme hızında yoğurdun viskozitesi azalarak daha akıcı hale gelmiştir.

Ekstrakt ilaveli yoğurtların görünür viskozite değerleri ekstrakt oranının artışıyla azalmıştır. Genel olarak meyveli yoğurtlarda daha düşük viskozite ve yüksek sineresiz görülmektedir (Tarakci, 2010). Viskozitedeki artış, yoğurdun sertliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve bu da sinersizde bir azalmaya neden olabilir (Ghorbanzade, vd., 2017).

Yeşil çay ve yeşil kahve tozu içeren set tipi yoğurdun sineresiz ve reolojik davranışlarının incelendiği bir çalışmada depolamanın ilk gününde % 1 ve % 2 yeşil çay tozu içeren yoğurtlarının akış davranış indeksi, kontrol yoğurttan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. % 0.01 ve % 0.02 yeşil çay tozu içeren yoğurtların akış davranışları, depolamanın 14 gününe kadar azaldığını, 14. günden sonra tüm numunelerin akış davranış indeksleri, depolamanın sonuna kadar sabit kaldığını tespit etmişlerdir (Dönmez, vd., 2017).

Tamjidi ve ark. (2014)' nın yaptığı çalışmada yoğurtların kayma oranı 0.262 ile 0.786 Pas aralığında olduğunu ve mikrokapsül ile zenginleştirilmiş yoğurtların depolama sırasındaki tüm ölçümleri kontrole kıyasla daha büyük bir düşüş gösterdiğini

rapor etmişlerdir. Bu durumun da zenginleştirilmiş yoğurtta protein kümelerinin daha hızlı bozulduğunu gösterdiğine atfedilmiştir.

Yapılan bir araştırmada fitosterollerce zenginleştirilmiş yoğurdun görünür viskozitesi 14. güne kadar artış göstermiş ve sonra da azalışa geçmiştir. Aynı çalışmada kontrol yoğurdunun görünür viskozitesi 7. güne kadar artış göstermiş ve sonra da azalışa geçmiştir (Izadi, vd., 2015). Depolama süresi boyunca yoğurdun görünür viskozitesinin azaldığı (S. J. Lee, vd., 2007; Supavitpatana, vd., 2010), protein ve protein-protein yapıların yeniden düzenlenmesinden dolayı görünür viskozitenin zamanla artabileceğini bildirmişlerdir (Sahan, vd., 2008).

Malezya ve Japon yeşil çay ekstratı ile zenginleştirilmiş yoğurtların incelendiği bir araştırmada, 1. gününde sade yoğurtlarda görünür viskozite değeri yeşil çay ekstraktı olan yoğurtlardan daha yüksek olduğunu (291.3 Pas) ayrıca yine aynı depolama gününde Malezya yeşil çaylı yoğurtların görünür viskozitesini 86.41 Pas ve Japon yeşil çay ekstraktı yoğurtların görünür viskozitesini 76.98 Pas olduğunu, depolamanın 28. gününde ise tüm örneklerin görünür viskozitelerinin düşmüş olduğunu rapor etmişlerdir (Amirdivani ve Baba, 2013).

Çizelge 4.29. Depolama süresince yoğurtların bazı reolojik değerleri

	Gün	K	E25	E50	E75	P25	P50	P75	L25	L50	L75
$\eta_{50}$ (Pa s)	1	0.40±0.01 <sup>bcC</sup>	0.36±0.01 <sup>abA</sup>	0.39±0.05 <sup>bcBC</sup>	0.30±0.03 <sup>aA</sup>	0.36±0.07 <sup>abAB</sup>	0.43±0.05 <sup>cC</sup>	0.65±0.03 <sup>dB</sup>	0.40±0.03 <sup>bcB</sup>	0.46±0.02 <sup>cB</sup>	0.44±0.02 <sup>cB</sup>
	7	0.23±0.02 <sup>aA</sup>	0.39±0.03 <sup>deA</sup>	0.32±0.02 <sup>cA</sup>	0.28±0.01 <sup>bA</sup>	0.42±0.00 <sup>cC</sup>	0.43±0.01 <sup>cC</sup>	0.26±0.00 <sup>abA</sup>	0.29±0.03 <sup>bcA</sup>	0.37±0.04 <sup>dA</sup>	0.39±0.04 <sup>deB</sup>
	14	0.36±0.03 <sup>abB</sup>	0.51±0.06 <sup>bC</sup>	0.45±0.04 <sup>abC</sup>	0.41±0.03 <sup>abB</sup>	0.40±0.02 <sup>abBC</sup>	0.43±0.07 <sup>abC</sup>	0.51±0.17 <sup>bB</sup>	0.40±0.03 <sup>abB</sup>	0.39±0.04 <sup>abA</sup>	0.46±0.04 <sup>abB</sup>
	21	0.23±0.01 <sup>aA</sup>	0.45±0.01 <sup>deB</sup>	0.35±0.01 <sup>cAB</sup>	0.28±0.01 <sup>bA</sup>	0.41±0.00 <sup>dB</sup>	0.33±0.01 <sup>cB</sup>	0.29±0.01 <sup>bA</sup>	0.48±0.00 <sup>cC</sup>	0.46±0.03 <sup>eB</sup>	0.42±0.06 <sup>dB</sup>
	28	0.22±0.03 <sup>aA</sup>	0.38±0.01 <sup>dA</sup>	0.36±0.03 <sup>cdAB</sup>	0.48±0.03 <sup>cC</sup>	0.33±0.00 <sup>cA</sup>	0.20±0.03 <sup>aA</sup>	0.22±0.00 <sup>aA</sup>	0.44±0.02 <sup>eBC</sup>	0.45±0.01 <sup>eB</sup>	0.26±0.02 <sup>bA</sup>
G' (Pa)	1	80.76±11.73 <sup>aB</sup>	81.07±10.69 <sup>aA</sup>	83.89±9.45 <sup>aB</sup>	58.49±0.22 <sup>aA</sup>	59.36±5.25 <sup>aA</sup>	63.09±5.32 <sup>aA</sup>	204±44.51 <sup>bA</sup>	78.80±11.73 <sup>aC</sup>	77.39±9.38 <sup>aB</sup>	71.09±10.07 <sup>aB</sup>
	7	48.54±0.76 <sup>aA</sup>	62.33±11.56 <sup>aA</sup>	59.39±2.48 <sup>aA</sup>	64.04±4.93 <sup>aA</sup>	93.21±43.39 <sup>aA</sup>	76.55±12.52 <sup>aAB</sup>	175.2±110.50 <sup>bA</sup>	54.82±2.66 <sup>aB</sup>	63.29±2.08 <sup>aA</sup>	83.34±2.62 <sup>aB</sup>
	14	84.79±4.89 <sup>cdB</sup>	92.37±6.83 <sup>deA</sup>	85.17±3.47 <sup>cdB</sup>	93.33±15.36 <sup>deB</sup>	57.11±2.34 <sup>aA</sup>	72.87±6.22 <sup>bcAB</sup>	53.76±1.82 <sup>aA</sup>	54.09±3.37 <sup>aA</sup>	62.32±2.35 <sup>abA</sup>	105.27±17.28 <sup>eC</sup>
	21	34.42±0.87 <sup>aA</sup>	83.82±10.17 <sup>aA</sup>	55.98±0.02 <sup>aA</sup>	36.28±2.02 <sup>aA</sup>	94.05±50.53 <sup>aA</sup>	162.57±90.01 <sup>abB</sup>	457.6±178.75 <sup>bB</sup>	84.13±9.17 <sup>aD</sup>	73.86±7.20 <sup>abB</sup>	76.26±12.69 <sup>abB</sup>
	28	37.18±12.00 <sup>aA</sup>	120.82±28.16 <sup>cdB</sup>	75.48±7.56 <sup>abcB</sup>	111.10±28.79 <sup>bcdB</sup>	51.30±7.15 <sup>aA</sup>	152.73±58.95 <sup>dAB</sup>	56.95±41.31 <sup>aA</sup>	68.74±7.47 <sup>abBC</sup>	59.89±1.92 <sup>aA</sup>	50.56±7.52 <sup>aA</sup>
G'' (Pa)	1	26.54±3.02 <sup>aB</sup>	25.82±2.89 <sup>aA</sup>	27.48±2.61 <sup>abB</sup>	20.10±0.40 <sup>aAB</sup>	19.48±1.31 <sup>aA</sup>	20.46±1.42 <sup>aA</sup>	58.70±12.06 <sup>bB</sup>	25.30±3.63 <sup>aBC</sup>	24.23±2.84 <sup>abB</sup>	23.84±3.96 <sup>aAB</sup>
	7	16.20±0.19 <sup>aA</sup>	20.33±3.16 <sup>aA</sup>	19.72±1.07 <sup>aA</sup>	20.71±1.05 <sup>aAB</sup>	28.39±10.78 <sup>aA</sup>	23.38±3.53 <sup>aA</sup>	52.70±19.73 <sup>bAB</sup>	18.05±0.79 <sup>aA</sup>	19.86±1.21 <sup>aA</sup>	26.79±0.86 <sup>aBC</sup>
	14	25.86±1.12 <sup>cdB</sup>	28.57±1.93 <sup>deA</sup>	25.87±0.99 <sup>cdBC</sup>	27.42±3.96 <sup>dB</sup>	18.55±1.179 <sup>abA</sup>	22.73±1.30 <sup>bcA</sup>	17.31±0.23 <sup>aA</sup>	17.52±1.00 <sup>aA</sup>	19.59±0.77 <sup>abA</sup>	32.27±5.79 <sup>eC</sup>
	21	12.49±0.76 <sup>aA</sup>	25.22±2.46 <sup>abA</sup>	17.47±0.40 <sup>aA</sup>	13.54±1.05 <sup>aA</sup>	27.85±13.75 <sup>abA</sup>	47.95±23.34 <sup>bB</sup>	110.03±38.25 <sup>cC</sup>	25.99±2.53 <sup>abC</sup>	22.75±2.12 <sup>abAB</sup>	23.36±3.48 <sup>abAB</sup>
	28	13.51±3.66 <sup>aA</sup>	37.60±8.74 <sup>cB</sup>	23.53±2.13 <sup>abB</sup>	33.77±8.55 <sup>bcC</sup>	16.89±2.04 <sup>aA</sup>	44.20±14.89 <sup>cAB</sup>	19.79±12.19 <sup>aAB</sup>	21.39±1.55 <sup>abAB</sup>	19.56±0.76 <sup>aA</sup>	17.44±1.66 <sup>aA</sup>
Tan $\delta$	1	0.33±0.01 <sup>cdB</sup>	0.32±0.01 <sup>bcB</sup>	0.33±0.01 <sup>cdB</sup>	0.34±0.01 <sup>cC</sup>	0.33±0.01 <sup>cdB</sup>	0.32±0.01 <sup>bcdB</sup>	0.29±0.00 <sup>aAB</sup>	0.32±0.00 <sup>bcdB</sup>	0.31±0.00 <sup>bA</sup>	0.33±0.01 <sup>deBC</sup>
	7	0.33±0.00 <sup>abB</sup>	0.33±0.01 <sup>aC</sup>	0.33±0.00 <sup>abB</sup>	0.32±0.01 <sup>abB</sup>	0.31±0.02 <sup>aAB</sup>	0.31±0.01 <sup>aAB</sup>	0.33±0.07 <sup>aBC</sup>	0.33±0.00 <sup>aC</sup>	0.31±0.01 <sup>aA</sup>	0.32±0.00 <sup>aAB</sup>
	14	0.31±0.01 <sup>abA</sup>	0.31±0.00 <sup>bAB</sup>	0.30±0.00 <sup>abA</sup>	0.29±0.01 <sup>aA</sup>	0.32±0.01 <sup>dAB</sup>	0.31±0.01 <sup>bcAB</sup>	0.32±0.01 <sup>cdBC</sup>	0.32±0.00 <sup>cdBC</sup>	0.31±0.00 <sup>bcdA</sup>	0.31±0.01 <sup>bA</sup>
	21	0.36±0.01 <sup>cC</sup>	0.30±0.01 <sup>bA</sup>	0.31±0.01 <sup>bA</sup>	0.37±0.02 <sup>cD</sup>	0.30±0.01 <sup>bA</sup>	0.30±0.02 <sup>bA</sup>	0.24±0.01 <sup>aA</sup>	0.31±0.00 <sup>bA</sup>	0.31±0.01 <sup>bA</sup>	0.31±0.01 <sup>bA</sup>
	28	0.37±0.02 <sup>dC</sup>	0.31±0.01 <sup>abAB</sup>	0.31±0.00 <sup>abA</sup>	0.30±0.01 <sup>abA</sup>	0.33±0.01 <sup>bcB</sup>	0.29±0.01 <sup>aA</sup>	0.37±0.04 <sup>dC</sup>	0.31±0.01 <sup>abAB</sup>	0.33±0.00 <sup>bcB</sup>	0.35±0.02 <sup>cdC</sup>
$\eta^*$ (Pa s)	1	13.53±1.92 <sup>aB</sup>	13.54±1.76 <sup>aA</sup>	14.05±1.56 <sup>abB</sup>	9.84±0.04 <sup>aA</sup>	9.94±0.85 <sup>aA</sup>	10.56±0.87 <sup>aA</sup>	33.79±7.34 <sup>bA</sup>	13.17±1.95 <sup>aBC</sup>	12.91±1.56 <sup>abB</sup>	11.93±1.72 <sup>abB</sup>
	7	8.14±0.12 <sup>aA</sup>	10.44±1.91 <sup>aA</sup>	9.96±0.43 <sup>aA</sup>	10.71±0.80 <sup>aA</sup>	15.51±7.11 <sup>aA</sup>	12.74±2.07 <sup>aAB</sup>	29.16±17.76 <sup>bA</sup>	9.19±0.44 <sup>aA</sup>	10.56±0.37 <sup>aA</sup>	13.93±0.44 <sup>abB</sup>
	14	14.11±0.80 <sup>cdB</sup>	15.39±1.13 <sup>deA</sup>	14.17±0.57 <sup>cdB</sup>	15.49±2.53 <sup>deB</sup>	9.56±0.41 <sup>aA</sup>	12.15±1.01 <sup>bcAB</sup>	8.99±0.28 <sup>aA</sup>	9.05±0.56 <sup>aA</sup>	10.40±0.39 <sup>abA</sup>	17.52±2.90 <sup>aC</sup>
	21	5.83±0.17 <sup>aA</sup>	13.93±1.67 <sup>abA</sup>	9.33±0.02 <sup>abA</sup>	6.16±0.35 <sup>abA</sup>	15.61±8.34 <sup>abA</sup>	26.97±14.79 <sup>bB</sup>	74.91±29.09 <sup>cB</sup>	14.01±1.51 <sup>abC</sup>	12.30±1.19 <sup>abB</sup>	12.69±2.09 <sup>abB</sup>
	28	6.30±1.99 <sup>aA</sup>	20.14±4.70 <sup>cdB</sup>	12.58±1.25 <sup>abcB</sup>	18.48±4.78 <sup>bcdB</sup>	8.60±1.18 <sup>aA</sup>	25.30±9.67 <sup>dAB</sup>	9.60±6.84 <sup>aA</sup>	11.46±1.21 <sup>abAB</sup>	10.03±0.33 <sup>aA</sup>	8.51±1.22 <sup>aA</sup>

a-h: Aynı satır farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p&lt;0.05)

A-C: Aynı sütun farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır (p&lt;0.05)

Depolama modülü ( $G'$ , elastik davranış), kayıp modülü ( $G''$ , viskoz davranış) ve faz açısı ( $\tan \delta$ ) gibi dinamik reolojik parametrelerin değerlendirilmesi, yoğurdun içyapısı hakkında yararlı bilgiler sağlar (Dabija, vd., 2017).

$G'$  değeri jelin elastik karakterini temsil eder ve kesme işlemi sırasında numunede depolanan deformasyon enerjisinin bir ölçüsü olarak kullanılır (Cruz, vd., 2013),  $G''$  değeri jelin viskoz karakterini sembolize eder ve protein içeriğine bağlı olan jel ağı boyunca zayıf protein bağlarının sayısını ve/veya dağılımını yansıtır (Tamime, vd., 2007).  $G' < G''$  olduğunda, malzemenin ağırlıklı olarak elastik bir yapıdan viskoz bir yapıya geçiş yaptığı söylenebilir (Benezech ve Maingonnat, 1994).

Tüm örneklerin  $G'$  değerleri,  $G''$  değerlerinden daha yüksek olduğu Çizelge 4.29' da görülmektedir. Bu da yoğurt örneklerinin ağırlıklı olarak elastik bir yapıya sahip olan tipik bir zayıf viskoelastik sistemi temsil etmektedir. Depolama günleri açısından incelendiğinde  $G'$  ve  $G''$  değerleri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Örnekler arasındaki istatistiksel anlamlılık incelendiğinde  $G'$  ve  $G''$  değerleri bakımından P25 örneği haricindeki diğer örnekler istatistiksel olarak  $p < 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin depolama modülü ( $G'$ ) en düşük 34.42 Pa değeriyle K örneğinde en yüksek 457.6 Pa değeriyle P75 örneğinde tespit edilmiştir. Yoğurtların  $G'$  ve  $G''$  değerleri 7. günde genel olarak düşüşe, 14. günde genel olarak artışa geçmiştir. Genel ortalamalar incelendiğinde yoğurt örnekleri arasında kontrol örneği en düşük  $G'$  ve  $G''$  değerleri verirken, en yüksek  $G'$  ve  $G''$  değerleri püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtlarda tespit edilmiştir. Bu durum serum ayrılması ile elde ettiğimiz veriler ile desteklenmektedir. En fazla serum ayrılması gösteren örnek kontrol grubu iken en düşük serum ayrılması gösterenler; püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül içeren ve ekstrakt ilaveli yoğurtlarda tespit edilmiştir. Yoğurda ilave edilen ekstrakt oranındaki artış  $G'$  ve  $G''$  değerlerini bir miktar düşürmüştür. Fakat ilave edilen mikrokapsül oranındaki artış genel olarak  $G'$  ve  $G''$  değerlerini arttırmıştır. Ahmed ve ark. (2020) argel (*Solenostemma argel* Hayne) yaprak ekstraktı ilavesinin  $G'$  değerini, kontrole kıyasla artırılmış elastik davranışa sahip daha güçlü jel oluşturduğunu bunun da ekstrakt polifenollerinin süt proteinleri ile etkileşimine bağlanabileceğine ve böylece güçlü bir üç boyutlu ağ oluşturabileceğine atfetmişlerdir (Ahmed, vd., 2020).

Serbest ve kapsüllenmiş ekium yağı, fitosterol ve sinapik asit içeren fonksiyonel yoğurdun geliştirilmesi ile ilgili araştırmada mikrokapsüllerin eklenmesi,

diğer örneklere göre zayıf bir jelin oluşumunu teşvik ettiğini, ancak diğer yoğurt numunelerine kıyasla elastik davranışta artış olduğunu rapor etmişlerdir (Comunian, vd., 2017). Li ve ark. (2020) mikrokapsül eklenmesinin, saklama sırasında yoğurdun reolojik özelliklerini iyileştirmediğini ve bunun doku ve sineresiz analizinin sonuçlarıyla tutarlı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmaların aksine yukarıda ifade edildiği üzere ekstrakt ve mikrokapsül ilavesi yaptığımız araştırmada  $G'$  ve  $G''$  değerlerini iyileştirdiğini söyleyebiliriz.

$G''/G'$  olarak tespit edilen  $\tan \delta$  değeri örneğin viskoelastik davranışını yansıtır (Sendra, vd., 2010).  $G' > G''$ ,  $\tan \delta < 1$  olması durumunda örnek zayıf viskoelastik jel davranışı sergilemektedir (Ahmed, vd., 2020). Yaptığımız araştırmada yoğurt örneklerinin  $\tan \delta$  değerleri 0.24 ile 0.37 aralığında değişim göstermiştir.  $\tan \delta$  faz açısı frekansın bir fonksiyonudur ve polimer sistemlerin  $\tan \delta$ ' si için bazı sayısal aralıklar önerilmiştir. Bunlar seyreltik çözeltiler için çok yüksek, amorf polimerler için 0.2-0.3, camsı kristalin polimerler ve jeller için düşük (0.01' e yakın) olarak söylenebilir (Steffe, 1996). Bu bilgiler doğrultusunda elde ettiğimiz sonuçlar göz önünde bulundurulursa yoğurt örnekleri bir jelden ziyade konsantre bir amorf polimere işaret etmektedir.

Yoğurtların birbiri arasındaki etkileşimin,  $\tan \delta$  değeri üzerine etkisi P25 ve L50 örneği haricinde önemli derecede anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Depolamanın  $\tan \delta$  değeri üzerine etkisi incelendiğinde 1., 14., 21. ve 28. günler için  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Yoğurtların  $\eta^*$  kompleks viskozite değeri 5.83 ile 74.91 Pa s aralığında değişim göstermiştir. Depolamanın  $\eta^*$  değeri üzerine etkisi  $p < 0.05$  düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Yoğurt örneklerinden P25 ve P75 örnekleri  $\eta^*$  değeri üzerine etkisi önemsiz bulunmuşken ( $p > 0.05$ ), diğer yoğurt örneklerinin  $\eta^*$  değeri üzerine etkisi oldukça önemli bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Kompleks viskozite değerleri yoğurt örneklerinin 7. gününde genel olarak düşüşe geçmişken, 14. güne gelindiğinde aynı değerde yükseliş görülmüştür. Genel olarak 21. ve 28. günlerde  $\eta^*$  değeri düşüşünü sürdürmüştür.

#### **4.6.10. Uçucu Aroma Profili**

Yoğurt, özellikle endüstriyel üretimde, kontrollü sıcaklıklar ve çevresel koşullar altında *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin

simbiyotik bir kültürü kullanılarak inek sütünün fermente edilmesiyle yapılmaktadır. Laktozun fermantasyonu ile yoğurdun dokusunun (pıhtılaşmış jelin oluşumu yoluyla) ve karakteristik tadını vermek için süt proteinini denatüre eden laktik asit üretilir. Bu işlem sırasında, belirli aroma ve tadı veren küçük miktarlarda yan ürünler de üretilir (Cheng, 2010).

Yoğurt tipik olarak, karakteristik keskin asit tadı ve yeşil elma aroması ile pürüzsüz, viskoz bir jel olarak karakterize edilir (Bodyfelt, vd., 1988). Süt ürünlerinin temel tadı, esas olarak pastörizasyon, fermantasyon, işleme ve depolamadan etkilenen inek sütündeki doğal uçucu bileşenlerden kaynaklanır. Yoğurtta bulunan uçucu organik bileşiklerin büyük bir kısmı başlangıç bakterileri tarafından üretilmez, fakat bunlar süttten kaynaklı oluşurlar (Imhof, vd., 1994). Sütün; lipid, protein, karbonhidrat ve minerallerden oluşan son derece karmaşık bir gıda olduğunu ve süt ürünlerinde 400' den fazla uçucu bileşik olduğu ifade edilmiştir (Cheng, 2010).

Yoğurdun lezzet aktif bileşiklerinin süttekinden farklılık göstermesi büyük olasılıkla asit üreten bakterilerin metabolizmasından kaynaklanmaktadır. Bu kültür kaynaklı aroma bileşikleri, sütte bulunan laktoz, lipid, sitrik asit ve proteinlerin/amino asitlerin mikrobiyal, enzimatik veya kimyasal dönüşümlerinden kaynaklanmaktadır. Yoğurtta bulunan aroma bileşikleri dört ana kategoriye ayrılabilir. Bunlar; uçucu olmayan asitler (örneğin, laktik, pirüvik, oksalik ve süksinik), uçucu asitler (örneğin, asetik, propiyonik ve butirik), karbonil bileşikleri (örneğin, asetaldehit, aseton, asetoin ve diasetil) ve çeşitli bileşikler (örneğin, protein, yağ ve laktozun termal bozunmasıyla oluşan belirli amino asitler ve/veya bileşenler) olarak ifade edilebilir (Cheng, 2010).

Depolamanın 1., 14. ve 28. günlerinde yoğurt örneklerinin aroma bileşen profili incelenmiştir. Elde edilen inceleme sonucunda toplamda 42 adet karbonil bileşik, 20 adet alkol bileşeni, 15 adet organik asit ve 8 adet azotlu aroma bileşeni tespit edilmiştir. Yoğurt örneğine ateş dikeni ekstraktı ve ateş dikeni mikrokapsüllerinin ilave edilmesi yoğurt aroma bileşenlerinde bazı farklılıklar oluşturmuştur.

Çizelge 4.30. K örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

	Aroma bileşeni	Depolama		
		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Acetaldehyde	482757	139904.5	128817
	Acetone	126651	26204.5	57892
	2-Butanone	88554.5		27389
	2-Hexanone, 4-hydroxy-5-methyl-3-propyl-	85071		
	3-Methyl-2-butanone	226833		
	Acetoin, 2-Butanone, 3-hydroxy-2-Propenoic acid, 2-methyl-, methyl ester	168045.5		
	2-Methyl-1-pentene	17918		
	Hexane, 2,3,3-trimethyl-	35092		
	2,3-Butanedione, Diacetyl			64124.5
Alkoller	4-Penten-2-ol	29942.5		
	Ethanol		27220521.5	35275
	1-Propanol		133081.5	
	Isobutyl alcohol		816419	
	1-Butanol, 3-methyl- (impure)		9975701	
	Hexanol <n->		5736608	
	2-Octanol, Capryl alcohol		1820855	
	Benzyl alcohol		16396316	
	Tetranitromethane			467806.5
Asitler	1-Propanol		133081.5	
	Hexanoic acid	299178		
	Acetic acid, 2-methylpropyl ester		199493.5	961886
	Octanoic acid			2245985
Azotlu bileşikler	Propanoic acid, ethyl ester		37198.5	
	Methane, tetranitro-			467806.5

Tipik yoğurt aroması asidik ve ferahlatıcı bir tat veren laktik asit, aseton, diasetil ve asetaldehit gibi çeşitli karbonil bileşikler olarak tanımlanan bileşenlerden oluşur (Chaves, vd., 2002). İnek sütünden üretilmiş yoğurttaki ana uçucu aroma bileşik asetaldehittir (Rysstad ve Abrahamsen, 1987). Yoğurdun esas aroma bileşeni olan asetaldehit tüm yoğurt numunelerinde tespit edilmiş ve depolamanın ilerlemesi ile düşüşe geçmiştir. En yüksek asetaldehit değerleri 1. günde tespit edilmişken, genel olarak en düşük asetaldehit değeri 28. günde elde edilmiştir. Asetaldehidin alkol dehidrojenaz ile etanole indirgenebileceği iyi bilinmektedir. Yapılan literatür

taramasında yoğurt bakterilerinin dehidrojenaz aktivitesi ile asetaldehiti indirgediği yaptığımız çalışmada da asetaldehitin azalmasını desteklemektedir. LAB tarafından asetaldehit üretimi suşa bağlı olduğu yapılan bazı çalışmalarda ifade edilmiştir. *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bazı araştırmacılar tarafından *S. thermophilus*' tan daha büyük bir asetaldehit üreticisi olarak bildirilirken, diğer araştırmacılar bunun tersini bildirmiştir (Chaves, vd., 2002). Bizim araştırmamızda da yaptığımız mikrobiyolojik analizlerde depolamanın ilerlemesi ile *S. thermophilus* sayıca *Lactobacillus bulgaricus*' a üstünlük göstermiştir. Burada asetaldehit oluşumuna her iki bakterinin de katkı sundukları söylenebilir.

Yapılan bir araştırmada genel olarak, yoğurtlardaki asetaldehit içeriğinin 14 günlük depolamaya kadar azaldığını ve ardından maksimum konsantrasyonlarına ulaştığı 21 güne kadar önemli bir artış gösterdiği ve ardından tekrar azaldığını rapor etmişlerdir (Pinto, vd., 2009). Ayrıca yoğurtlardaki asetaldehit konsantrasyonlarının 12 günlük depolama süresince azaldığını (Laye, vd., 1993), saklama işlemi sırasında asetaldehit konsantrasyonunun düştüğünü, en yüksek pikin 14 gün sonra ortaya çıktığını ve değerlendirilen tüm yoğurtlarda daha sonra düştüğünü bildirmişlerdir (Pinto, vd., 2009).

Asetaldehitten sonra yoğurttaki en güçlü ikinci aromatik bileşik olan diasetil (2,3-Butanedione) yine tüm yoğurt örneklerinde tespit edilmiştir. Yoğurtta *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* önemli düzeyde diasetil ürettiği belirtilmektedir (Rysstad, vd., 1987). Asetaldehit ve diasetil genel olarak bakteri kökenli olarak oluşmakta iken aseton lipidlerden kaynaklı olarak oluştuğu ifade edilmiştir (Murti, vd., 1993). Runge ve ark. (2003) *S. thermophilus*' un diasetil üreticisi olarak kabul etmiş ve *L. bulgaricus*' un diasetil üretimi için önemi olmadığına karar vermiştir. Gerçekte, saf *L. bulgaricus* kültürü, deneysel süre boyunca diasetil üretmediğini, saf *S. thermophilus* kültürünün, ayrı ayrı aşılandığında önemli miktarda diasetil ürettiğini belirlemişlerdir (Pinto, vd., 2009).

Çizelge 4.31. E25 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

		Depolama		
Aroma bileşeni		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Butanal, 2-methyl-	29499		
	Butane, 2,2,3,3-tetramethyl-	77123		
	Acetaldehyde	541513	414518	157125
	Pentane, 2,3,4-trimethyl-	63473	61724	
	Octane	25918	54762	
	2,4-Dimethyl-1-heptene	19420	49811,5	
	2-Propanone	97235	112461	
	2-Butanone	49785		
	2,3-Butanedione	182996	208361	122893
	2-Butanone, 3-methyl-		93749	
Alkoller	2-Propanol		79695	
	Ethanol		4680935	1518869
	Benzenemethanol		1014555	
	Ethanol, 2-(1-methylethoxy)-	17170.5		
Asitler	Acetic acid, ethyl ester		1198773	171098
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester			749322
	Hexanoic acid			1240548
Azotlu bileşikler	Heptane		51158	
	Heptane, 2-methyl-		75384	
	Heptane, 2,4-dimethyl-	25909.5	27595	
	Heptane, 3-ethyl-		59273	
Sülfürlü bileşikler	Methanethiol	50896		

Pinto ve ark. (2009) yaptıkları araştırmada diasetil miktarının en yüksek 21. günde oluştuğunu ardından tekrar düşüşe geçtiğini rapor etmişlerdir. Ayrıca yine aynı araştırmacılar yerel marketlerdeki yoğurtların ticari mayalardan üretilen yoğurtlara kıyasla daha yüksek asetaldehit ve diasetil oluşturduğunu ve daha aromatik olduğunu tespit etmişlerdir. Bu farklılıkların, suşların belirli özelliklerine veya endüstri tarafından benimsenen üretim teknolojilerindeki varyasyonlara atfedilebileceği şeklinde açıklamışlardır (Pinto, vd., 2009). Breme ve Guggenbühl (2014) yaptıkları duyu ve aroma tayinleri sonucunda diasetil bileşenin panelistler tarafından tereyağimsı, kremamsı, tatlımsı algılandığını ifade etmişlerdir.

Çizelge 4.32. E50 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

		Depolama			
Aroma bileşeni		1.gün	14.gün	28.gün	
Karbonil bileşikler	Hexane, 2,2-dimethyl-Acetaldehyde	141420	95063	187394	
	Hexane, 2,3-dimethyl-Octane	78631	56731.5	34032.5	
	2-Propanone	98724.5	83108	53648	
	2,4-Dimethyl-1-heptene	51488			
	2-Butanone	53703	66384.5		
	2,3-Butanedione	136101	165881	172608	
	2-Butanone, 3-hydroxy-2-Propenoic acid, 2-methyl-, methyl ester	157123	59212		
	Hexane, 2,5-dimethyl-			51060	
	Alkoller	3-Pentanol	33762		
		2-Propanol	8925		
Ethanol		9641688	9151302	5354790	
Benzenemethanol			112653		
Asitler	Acetic acid, ethyl ester	31729	76305	52218	
	Capric acid	1369753			
	Nonanoic acid		1836566		
	Octanoic acid		2983399		
Azotlu bileşikler	Heptane	57075	61760	55195	
	Heptane, 2,4-dimethyl-	47733	16294.5		
	Nonane	15446			
	Heptane, 2-methyl-		60450.5		
Aromatik bileşikler	Benzene, methyl-		13235		

Araştırmamızda aseton (2-propanone) ve metil etil keton (2-butanone) tüm yoğurt örneklerinde tespit edilen diğer önemli karbonil bileşiklerden olmuştur. Ayrıca tüm yoğurt örneklerinde aseton depolamanın ilerlemesiyle birlikte düşüşe geçmiştir (Çizelge 4.30 ila Çizelge 4.39). Yoğurt numunelerinde asetaldehit, aseton, metil keton ve diasetil dışında yaygın görülen diğer karbonil bileşikler; Acetoin, 2-Butanone, 3-hydroxy-, Pentane, 2,2,4-trimethyl- (CAS) 2,2,4-Trimethylpentane, 2,3-Pentanedione (CAS) 2,3-Pentadione şeklinde sıralanabilir. Bunların dışında kalan karbonil bileşenler ise bazı numunelerde hiç rastlanmamış bazılarında ise tespit edilmişlerdir.

Çizelge 4.33. E75 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

	Aroma bileşeni	Depolama		
		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	133256		
	Acetaldehyde	473723.5	56712.5	191140
	Octane	48373	50611.5	36673
	2-Propanone	65934.5		46046
	2,4-Dimethyl-1-heptene	32742		
	2-Butanone	50514		
	2,3-Butanedione	88299		116860
	n-Propyl acetate		26987	
	Pentane, 3-ethyl-2,2-dimethyl-			41006
	Hexane, 2,5-dimethyl-			68007
Alkoller	2-Propanol, 2-methyl-	34078.5		
	2-Pentanol, 4-methyl-	8569		
	Ethanol	13162781	10096965.5	6703604
	1-Propanol, 2-methyl-		62537	
	Methane, tetranitro-			454844
Asitler	Carbamic acid, monoammonium salt	540575.5		
	Acetic acid, ethyl ester	19864	18501611.5	318635
	Decanoic acid	842347		
	Acetic acid, 2-methylpropyl ester		121455	
	Hexanoic acid			2135139
	Propanoic acid, ethyl ester		6256	
	Octanoic acid			3845319
Azotlu bileşikler	Heptane	54227.5	37167	64249.5
	Heptane, 4-methyl-	70153		
	Heptane, 2,4-dimethyl-	28881		
	Nonane	9421		
	Heptane, 2-methyl-		68776	
	Heptane, 3-ethyl-		36228.5	

Çizelge 4.34. P25 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

		Depolama		
Aroma bileşeni		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Acetaldehyde	731223	527425	207209
	Octane	56907.5	83914.5	25805
	Hexane, 2,3,4-trimethyl-	25335.5		
	2-Propanone	116235	120953	59914.5
	2,4-Dimethyl-1-heptene	27843	64502.5	
	2-Butanone	60747	86073.5	
	2,3-Butanedione	205714	304862	
	2,3-Pentanedione	17936		
	Pentane, 2,2,4-trimethyl-		101179	
	Octane, 3-methyl-		62456	
	Toluene		45281.5	
	2-Butanone, 3-hydroxy-		437653	
	Alkoller	2-Pentanol, 4-methyl-	7424.5	
Ethanol		101785		
1-Pentanol, 2-methyl-			109866	
2-Propanol			19947	
Methane, tetranitro-				467444
Asitler	Pelargonic acid	863798	1031967	
	Capric acid	980769	1017525	
	Acetic acid		91618	40081.5
	Acetic acid		559972	2275193
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester		229498	102259
	Octanoic acid		5748947	3760269
Azotlu bileşikler	Nonane	9378		
	Heptane		69533.5	38220
	Heptane, 2-methyl-		95915.5	
	Heptane, 2,4-dimethyl-		51066.5	

Çizelge 4.35. P50 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

	Aroma bileşeni	Depolama		
		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	228014.5		
	Acetaldehyde	767548	225637.5	308877
	Octane	68761.5	101089.5	
	Acetone	111573.5	64858.5	76478
	2,4-Dimethyl-1-heptene	66307.5		
	2-Butanone	90900		103562
	2,3-Butanedione	253330		316805.5
	2-Butanone, 3-methyl-	293108.5		
	2,3-Pentanedione	20719.5		
	Acetoin	219852.5		
	3-(Methylthio)-propyl acetate		285797	
	2-Propenoic acid, 2-methyl-, methyl ester			40342.5
	Benzaldehyde			317462.5
	Toluene		17606	
Butane, 2,2,3,3-tetramethyl-			144782.5	
Alkoller	Ethanol	138702.5	1057266	87935
	2-Propanol		298804	
	1-Propanol, 2-methyl		14633.5	
	1-Butanol, 3-methyl-, acetate		1306400	
	1-Butanol, 3-methyl- (impure)		1424595	
	Phenethyl alcohol		950350.5	
Asitler	Hexanoic acid	2765069		
	Octanoic acid	5675619		
	Pelargonic acid	637232		
	Capric acid	2497355		
	Acetic acid, methyl ester		36345.5	
	Acetic acid, ethyl ester		5296891	
	Propanoic acid		86521.5	
	Ethyl propanoate			
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester		5130509	
Azotlu bileşikler	Nonane	41343.5		
	Heptane		108433	
	Heptane, 2-methyl-		134168.5	

Octane (CAS) n-Octane ve 2,4-Dimethyl-1-heptene K örneği hariç diğer tüm örneklerde tespit edilen diğer bir karbonil bileşik olmuştur. Ekstrakt ve mikrokapsüllerin aroma bileşenleri (sonuçlar verilmemiştir) incelendiğinde ektstraklarda ve mikrokapsüllerde Octane (CAS) n-Octane tespit edilmiştir. K örneği hariç diğer yoğurtlarda bu bileşenin tespiti yine ekstrakt ve mikrokapsül ilavesinden kaynaklanmış olacağını göstermektedir.

Alkol bileşiklerinden etanol (CAS) etil alkol tüm yoğurt numunelerinde bulunmaktadır. Ekstrakt ilavesi yoğurtlarda etanol artışına neden olmuş, mikrokapsül ilaveli yoğurtlarda ve kontrol yoğurtta ise etanol düzeyi daha düşük bulunmuştur.

Yoğurtta belirli miktarda asetaldehit biriktiğinde alkol dehidrojenaz enzimi, asetaldehidin bir kısmını etanole indirgemeye başlamaktadır. Bu reaksiyon, fermente sütlerde raf ömrünün kısalmasının en önemli belirtilerinden biri olan lezzeti belirgin şekilde etkilenebileceğinden, yüksek kaliteli yoğurt üretimi için arzu edilmezler (Pinto, vd., 2009).

Çizelge 4.36. P75 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

		Depolama		
Aroma bileşeni		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Hexane	58962.5		
	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	205559		
	Acetaldehyde	434823	89580.5	224804
	Octane	38946	53421	
	Acetone	79194	20142.5	49078
	2,4-Dimethyl-1-heptene	42972		
	2-Butanone	98991.5		61989
	2,3-Butanedione	281589		274989
	Hexane, 2,2-dimethyl-			61725.5
Alkoller	Ethanol	285862	1189140	130465
	1-Pentanol, 2,3-dimethyl-		43240.5	
	1-Butanol, 3-methyl-, acetate		1132278	
	1-Butanol, 3-methyl- (impure)		1992236	
	Benzeneethanol		624045	
Asitler	Acetic acid, ethyl ester	46302	6331092	67167.5
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester		4300496	48334.5
	Octanoic acid		1186817	
	Decanoic acid			5637500
	Benzoic acid			6998989
Azotlu bileşikler	Heptane		48343.5	28680
	Heptane, 2-methyl-		78206	

Yoğurt örneklerinde etanolden sonra 1-Butanol, 3-methyl- (impure) (CAS) 3-Methyl-1-butanol, 2-Propanol (CAS) Isopropyl alcohol, Methane, tetranitro- (CAS) Tetranitromethane, Benzeneethanol (CAS) Phenethyl alcohol gibi alkoller yaygın tespit edilmiştir. 4-Penten-2-ol (CAS) Pent-4-en-2-ol, 1-Propanol (CAS) Propanol,

Hexanol <n->, 2-Octanol, Capryl alcohol, 1-Propanol (CAS) Propanol alkolleri ise yoğurt örneklerinden sadece kontrol grubunda tespit edilmiştir.

Yoğurt numunelerinde çeşitli organik asitler tespit edilse de ortak olarak tespit edilen asit yalnızca Octanoic acid (CAS) Caprylic acid olmuştur. Kaprilik asit ya da yaygın adıyla oktanoik asit, sağlığı geliştiren özel faydalara ve hastalıkların kontrol edilmesi üzerine etkiye sahip çeşitli tıbbi gıdalardan biridir. Hurma çekirdeği yağı, hindistancevizi yağı ve bazı süt ürünlerinde doğal olarak bulunan bir yağ asidi olarak geçmektedir (Mungali ve Sharma, 2021). Oktanoik asit ürünlerde karakteristik sabunumsu aromaya katkıda bulunabilmektedir (Güler, 2007).

Oktanoik asit dışında örneklerde en fazla tespit edilen asitler Acetic acid, ethyl ester (CAS) Acetic acid ethyl ester (CAS) Ethyl acetate, Decanoic acid (CAS) Capric acid, Acetic acid, 2-methylpropyl ester Isobutyl acetate, Acetic acid, 2-phenylethyl ester, Hexanoic acid (CAS) n-Hexanoic acid, Nonanoic acid (CAS) Nonoic acid, Pelargonic acid şeklinde tespit edilmiştir. Ayrıca tüm numunelerde tespit edilmese de bazı örneklerde Acetic acid, 2-methylpropyl ester Isobutyl acetate, Propanoic acid, ethyl ester, Carbamic acid, monoammonium salt (CAS) Ammonium carbamate, Acetic acid (CAS) Ethylic acid, Acetic acid, methyl ester (CAS) Methyl acetate, Propanoic acid, ethyl ester (CAS) Ethyl propanoate, Benzoic acid (CAS) Retardex, Heptanoic acid (CAS) Heptoic acid, Butanoic acid (CAS) n-Butyric acid tespit edilmiştir.

Fermantasyon sırasında hem lipolitik aktivite hem de bakteriyel fermantasyonla yoğurtta farklı asitler oluşmaktadır. Asetik asit, laktik asit bakterileri tarafından üretilen önemli bir bileşikler olarak üretilmektedir (Alonso, vd., 2001). Cheng (2010)' in yapmış olduğu derlemede yoğurtlarda en yaygın bulunan organik asitler asetik asit, hekzanoik asit, oktanoik asit şeklinde sıralanmıştır. Bu asitler genel olarak yaptığımız araştırmadaki yoğurtlarda da tespit edilmiştir.

Çizelge 4.37. L25 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

		Depolama		
Aroma bileşeni		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	127851	14274.5	65864.5
	Acetaldehyde	656398		120780
	Octane	66822.5	24959.5	36158
	2-Propanone	118389		62768.5
	2,4-Dimethyl-1-heptene	47613		
	2-Butanone	104089		
	2,3-Butanedione	289975		
	2,3-Pentanedione	18614		
	2-Butanone, 3-hydroxy-	323635		
	Butanal, 3-methyl-			75025
Alkoller	2-Propanol	34582.5		
	Ethanol	39327	358222	333300
	Methane, tetranitro-		717618	634282
	1-Butanol, 3-methyl- (impure)		756129	
	Phenethyl alcohol			706656
Asitler	Ethyl Acetate		4513956	1033702
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester		3863603	2042844
Azotlu bileşikler	Heptane, 2-methyl-	62365.5		59930
	Heptane		20900	58129.5

Çizelge 4.38. L50 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

	Aroma bileşeni	Depolama		
		1.gün	14.gün	28.gün
Karbonil bileşikler	Butanal, 2-methyl-	97028		
	Pentane, 2,2,4-trimethyl-	107747		90063
	Acetaldehyde	608239	59062.5	237487
	Heptane, 4-methyl	89516.5		
	Octane	74492	37837.5	28005
	2-Propanone	89719		60291
	2,4-Dimethyl-1-heptene	55121		
	Hexane, 2,2,3,3-tetramethyl-	20994		
	2-Butanone	122684		58987.5
	2,3-Butanedione	284903		197426
	2,3-Pentanedione	23575		
	Acetoin	436077		
	6-Tridecanone		225825	
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester		7578020	309796
	Hexane, 3-methyl-			56603.5
Alkoller	Ethanol	61414	11052524	51176.5
	1-Propanol, 2-methyl-		77187.5	
	1-Hexadecanol		190078	
	Benzeneethanol		866970.5	
Asitler	Acetic acid, ethyl ester	41531	2329990.5	172237
	Decanoic acid	344388		
	Hexanoic acid		1632442.5	1874232
	Octanoic acid		2015054	
	Nonanoic acid		1821745	
	Benzoic acid		17028502	
	Heptanoic acid			99077.5
	Butanoic acid			813337
Azotlu bileşikler	Heptane		26882.5	

Çizelge 4.39. L75 örneğinin depolama süresince tespit edilen uçucu aroma bileşenlerine ait pik alanları

Aroma bileşeni	Depolama		
	1.gün	14.gün	28.gün
Hexane	69545.5		
Pentane, 2,2,4-trimethyl-	223674		
Acetaldehyde	701440		237084
Pentane, 2,3,4-trimethyl-	106052		
Octane	66581.5	26379	47137.5
Heptane, 2,4-dimethyl-	38126		
2-Propanone	131301		68192
Heptane, 3-ethyl-	59803.5		
2,4-Dimethyl-1-heptene	62072		
2-Butanone	92486		
2,3-Butanedione	269641		297646
Karbonil bileşikler	2-Butanone, 3-methyl-	216636	74382
	2,3-Pentanedione	38196.5	
	Benzene, methyl-	82704	
	2-Butanone, 3-hydroxy-	254311	
	Hexane, 2,2-dimethyl-		16076 58485
	Acetic acid, (1-methylethoxy)-, ethyl ester		1306144 896478
	Acetic acid, 2-phenylethyl ester		8959323 658221
	Hexane, 3,3,4-trimethyl-		44574
	Heptane, 2-methyl-		33757
	2-Propenoic acid, 2-methyl-, methyl ester		54450.5
	Benzaldehyde		1094597
Azotlu bileşikler	Heptane, 2,2,3,3,5,6,6-heptamethyl	18954.5	
	Heptane		24930.5
Alkoller	Ethanol	78081.5	590329 42568
	Methane, tetranitro-		756651
	1-Butanol, 3-methyl- (impure)		1955442
	Benzeneethanol		304207
Asitler	Ethyl Acetate	20697	2357167 88265.5
	Hexanoic acid		1893253 3591590
	Octanoic acid		2317663

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırmada öncelikle ultrasonik destekli ekstraksiyonda en ideal çözücü oranı, en ideal ekstraksiyon süresi ve en ideal amplitude değeri tespiti için ateş dikenini meyvesinin fenolik ve antioksidanlarca değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu doğrultuda ilk aşamada ideal sürenin tespiti için; sabit etanol:su 60:40 (v/v) oranı ve sabit 60 amplitude değerlerinde 5, 10, 15, 20 ve 25 dakika sürelerde ekstraksiyon yapılmıştır. Elde edilen ekstraktların fenolik ve antioksidan değerleri incelenmiştir ve sonuçta en ideal değer veren süre tespit edilmiştir. İdeal süre (20 dakika) tespit edildikten sonra ikinci aşamada ideal çözücü tespiti araştırılmıştır. Buna göre sabit ekstraksiyon süresince (20 dakika) ve sabit 60 amplitude değerinde 0:100 etanol:su, 20:80 etanol:su, 40:60 etanol su, 60:40 etanol:su, 80:20 etanol:su ve 100:0 etanol:su oranlarında ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Bu değerlere göre elde edilen ekstraktlarda analizler gerçekleştirilmiş ve en yüksek fenolik değer ve antioksidan değerleri bize en ideal çözücü oranını vermiştir. Son aşamada ise ideal süre ve çözücü tespit edildiği için bu ideal 20 dakika süresince ve ideal 60:40 etanol:su çözücü oranları sabit tutularak 40, 60, 80 ve 100 amplitude değerlerinde ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktların en yüksek toplam fenolik ve antioksidan değeri seçilerek ideal amplitude değeri elde edilmiştir. Buna göre en ideal amplitude değerinin 60 amplitude olduğu belirlenmiştir. Bundan sonraki basamakta 60:40 etanol:su (v:v) çözücü oranında, 60 amplitude değerinde 20 dakika süresince ateş dikenini ekstrakt üretimi gerçekleştirilmiştir.

Elde edilen ekstrakt kullanılarak püskürtmeli kurutma yöntemi optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon sonucunda % 15 enkapsülasyon konsantrasyonu, maltodekstrin oranı % 60 (maltodekstrin:gam arabik, 3:2) ve hava giriş sıcaklığı 145 °C olarak belirlenmiştir. Püskürtmeli kurutma optimizasyonundaki optimum değerler dikkate alınarak % 60 (maltodekstrin:gam arabik, 3:2) maltodekstrin oranında ve % 15 enkapsülasyon konsantrasyonunda hazırlanarak dondurulan ekstrakt -80 °C' de 0.120 mbar basınçta 48 saat boyunca liyoflizatörde kurutulmuş böylece dondurarak kurutulmuş mikrokapsüllerin üretimi sağlanmıştır. Fenoliklerce ve antioksidanlarca kıyaslama yapıldığında dondurarak kurutulmuş olanlar püskürtmeli kurutulmuş olanlardan daha üstün bulunmuştur. Bunun dışında yaptığımız araştırmada ateş dikenini mikrokapsüllerinde rutin en baskın bulunan biyoaktif bileşen olmuştur. İki farklı yöntemle üretilmiş olan mikrokapsüller biyoaktif bileşen açısından kıyaslandığında dondurarak kurutulmuş olan ateş dikenini mikrokapsülü daha yüksek biyoaktif bileşen

değerleri vermiştir. Bu durum püskürtmeli kurutucuda uygulanan ısı işlemin biyoaktif bileşenlerde azalmaya neden olduğunu düşündürmüştür.

Renk açısından iki yöntemi kıyasladığımızda dondurarak kurutma yöntemi ile elde edilen mikrokapsüller, püskürtmeli yöntemle elde edilen mikrokapsüle kıyasla daha koyu renkte tespit edilmiştir. Morfolojik açıdan kıyaslayacak olursak püskürtmeli kurutma yöntemi ile üretilmiş mikrokapsülün yüzeylerinin pürüzsüz ve küresel olduğunu, dondurularak kurutulmuş mikrokapsüllerin ise gözenekli yüzeyli olduğu söylenebilir.

Yoğurt üretiminde belirli oranlarda ekstrakt ve mikrokapsül ilave edilmiş ve yoğurtların depolama stabilitesi incelenmiştir. pH değeri tüm örneklerde 1. günden itibaren düşüğe geçmiş ve P75 örneği hariç diğer tüm örneklerde 28. günde en düşük pH değeri göstermiş, 28 günlük depolama süresince yoğurt örneklerindeki laktik asit değerleri ise artışa geçmiştir. 28 gün depolama sonucunda ekstrakt ilaveli yoğurtlar arasında en düşük serum ayrılması gösteren yoğurt E25, püskürtmeli kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtlar arasında en düşük serum ayrılması gösteren yoğurt P75 ve dondurarak kurutulmuş mikrokapsül ilaveli yoğurtlar arasında en düşük serum ayrılması gösteren yoğurt L25 örneği olmuştur.

İlave edilen ekstrakt ve mikrokapsül %' si arttıkça bütün depolama günlerinde örneklerin *in vitro* sindirim sonrasındaki toplam fenolik madde miktarları artış göstermiştir. *In vitro* sindirim sonucunda depolamanın 14. gününe kadar örneklerin % DPPH değerleri hızla düşmüş ardından bir miktar artış göstermiş ve başlangıca göre depolamanın 28. gününde genel olarak düşüşler görülmüştür. Genel olarak mikrokapsüllenmiş örneklerin biyoaktif bileşenlerce zengin olduğu söylenebilir. Bu durum biyoaktif bileşiklerin kapsüllenmesinin stabilitelerini artırabileceğini ve antioksidan aktiviteyi koruyabileceğini göstermiştir. *In vitro* sindirim sonrası yüksek performanslı sıvı kromatografisiyle (HPLC) biyoaktif bileşen analizi sonuçlarına göre sindirim sonrasında çok düşük pikler tespit edildiği fakat ayırma konusunda sıkıntılar yaşandığı söylenebilir. Yoğurtlara zaten çok düşük oranlarda ilave edilen ekstrakt ve mikrokapsüller *in vitro* sindirim sırasında da seyrelmelere (yaklaşık 17 kat) uğradığından tespit edilmesi mümkün olmamıştır. Depolama süresince laktik asit bakterilerinde azalma gözlemlenmiştir. Genel olarak, depolama boyunca laktik asit bakterilerinin canlı sayısındaki azalma, muhtemelen yoğurdun asitliğindeki artıştan kaynaklanmıştır. Genel olarak depolamanın ilk 14 gününde maya ve küf gelişimi

görülmemiştir. Ekstrakt ve mikrokapsül ilavesinin maya küf sayısında depolamanın ilerlemesiyle bir miktar artış gösterdiği söylenebilir. Fakat burada yoğurda ilave edilen ekstrakt ve mikrokapsül ilavesindeki artış maya küf sayılarında düşüşe neden olmuştur. Yani ateş diken meyvesi antimikrobiyal etki göstermiştir.

Yoğurtlara yapılan duyusal analizde ekstrakt ve mikrokapsül ilavesinin kıvam puanlarında artışa neden olduğu görülmüştür. Aynı şekilde bu durum panelistlerin görünüş puanlarında da fark edilmiştir. Yani ilave edilen ateş diken kıvam ve görünüşe olumlu katkı sağlamıştır. Örneklerin tat puanları 14. günden itibaren düşüşe geçmiştir. Genel olarak depolama süresince ekstrakt ilaveli yoğurtlar mikrokapsül ilaveli yoğurtlardan daha yüksek tat puanı almıştır. Ayrıca ateş diken meyvesi genel olarak buruk bir tada sahip olduğundan ateş diken katkıli yoğurtlarda buruk tat oluştuğu için puanlar ilk gün kontrole kıyasla düşük tespit edilmiştir.

Yoğurtlara yapılan organik asit analizi sonucunda ilave edilen ekstrakt miktarı ve mikrokapsül miktarının artışı ile laktik asit değişimi arasında bir orantı bulunmamıştır. Fakat depolamanın ilerlemesi ile laktik asit miktarı tüm örneklerde artış göstermiştir. Depolama süresince örneklerin asetik asit ve sitrik asit değeri dalgalanma göstermiştir. Bunun nedenini de bu tür organik asitlerin bakteriyel metabolizma tarafından üretildiğinden ve tüketildiğinden dolayı oluşmuş olabileceği konusunda düşündürmüştür. Kontrol örneği depolama süresince diğer ekstrakt ve mikrokapsül ilaveli yoğurtlara kıyasla yüksek bütirik asit değerine sahip olmuştur. Bu durum ilave edilen ateş diken ekstraktının ve ateş diken mikrokapsüllerinin bütirik asit üretimini engellediği şeklinde yorumlanabilir.

Yoğurtların reolojik özellikleri incelendiğinde yoğurda ilave edilen ekstrakt oranındaki artış  $G'$  ve  $G''$  değerlerini bir miktar düşürdüğünü fakat ilave edilen mikrokapsül oranındaki artış genel olarak  $G'$  ve  $G''$  değerlerini arttırmıştır. Kompleks viskozite değerleri yoğurt örneklerinin 7. gününde genel olarak düşüşe geçmişken, 14. güne gelindiğinde aynı değerde yükseliş görülmüştür. Genel olarak 21.ve 28. günlerde  $\eta^*$  değeri düşüşünü sürdürmüştür.

Depolamanın 1., 14. ve 28. günlerinde yoğurt örneklerinin aroma bileşen profili incelenmiştir. Elde edilen inceleme sonucunda toplamda 42 adet karbonil bileşik, 20 adet alkol bileşeni, 15 adet organik asit ve 8 adet azotlu bileşik olarak tanımlanan aroma bileşeni tespit edilmiştir. Yoğurdun esas aroma bileşeni olan asetaldehit tüm

yoğurt numunelerinde tespit edilmiş ve depolamanın ilerlemesi ile düşüşe geçmiştir. Asetaldehitten sonra yoğurttaki en güçlü ikinci aromatik bileşik olan diasetil (2,3-Butanedione) yine tüm yoğurt örneklerinde tespit edilmiştir. Araştırmamızda aseton (2-propanone) ve metil etil keton (2-butanone) tüm yoğurt örneklerinde tespit edilen diğer önemli karbonil bileşiklerden olmuştur. Alkol bileşiklerinden etanol (CAS) etil alkol tüm yoğurt numunelerinde bulunmaktadır. Ekstrakt ilavesi yoğurtlarda etanol artışına neden olmuş, mikrokapsül ilaveli yoğurtlarda ve kontrol yoğurtta ise etanol düzeyi daha düşük bulunmuştur. Yoğurt numunelerinde çeşitli organik asitler tespit edilse de ortak olarak tespit edilen asit yalnızca Octanoic acid (CAS) Caprylic acid olmuştur.

Öneriler şu şekilde maddelenebilir;

a) Ateş dikeni meyvesi yaygın olarak tüketimi olmayan yani tanınmayan bir meyve olduğu için tanıtımları yapılabilir.

b) Verimli bir bitki olması dolayısı ile kontrollü gözetimle yetiştiriciliği yapılabilir.

c) Fenoliklerce zengin olan bu meyvenin üründeki tadını iyileştirerek yeni ürünler geliştirilmesini sağlanabilir.

d) Selenyumca zengin olan ateş dikeni meyvesinden selenyumca zenginleştirilmiş ürünler geliştirilebilir.

e) Selenyum içeriği ile ilgili detaylı araştırmalar gerçekleştirilebilir.

f) Farklı kaplayıcı materyaller ve ilave edilecek oranlar arttırılarak denemeler kurulabilir.

g) Disiplinler arası çalışmalarla antikanser, antimikrobiyal vb. etkileri hayvanlar üzerine denenebilecek araştırmalar gerçekleştirilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abadio, F., Domingues, A., Borges, S., and Oliveira, V. (2004). Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice effect of malt dextrin concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, 64(3), 285-287.
- Abdulkhaleq, L. A., Assi, M. A., Noor, M. H. M., Abdullah, R., Saad, M. Z., and Taufiq-Yap, Y. H. (2017). Therapeutic uses of epicatechin in diabetes and cancer. *Veterinary World*, 10(8), 869-872.
- Adhikari, K., Grün, I., Mustapha, A. and Fernando, L. (2002). Changes in the profile of organic acids in plain set and stirred yogurts during manufacture and refrigerated storage. *Journal of Food Quality*, 25(5), 435-451.
- Adhikari, K., Mustapha, A., Grun, I. U. and Fernando, L. (2000). Viability of microencapsulated bifidobacteria in set yogurt during refrigerated storage. *Journal of Dairy Science*, 83(9), 1946-1951.
- Adjé, F., Lozano, Y. F., Lozano, P., Adima, A., Chemat, F. and Gaydou, E. M. (2010). Optimization of anthocyanin, flavonol and phenolic acid extractions from *Delonix regia* tree flowers using ultrasound-assisted water extraction. *Industrial Crops and Products*, 32(3), 439-444.
- Adler, M. and Lee, G. (1999). Stability and surface activity of lactate dehydrogenase in spray-dried trehalose. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 88(2), 199-208.
- Aguilera, J. M. and Lillford, P. J. (2008). Structure–property relationships in foods *Food Materials Science*. Springer 229-253.
- Aguilera, J. M. and Stanley, D. W. (1999). *Microstructural principles of food processing and engineering*. Springer Science and Business Media.
- Ahmed, I. A. M., Alqah, H. A. S., Saleh, A., Al-Juhaimi, F. Y., Babiker, E. E., Ghafoor, K., Hassan, A. B. and Fickak, A. (2020). Physicochemical quality attributes and antioxidant properties of set-type yogurt fortified with argel (*Solenostemma argel* Hayne) leaf extract. *LWT- Food Science and Technology*, 110389.
- Akalin, A. S., Gonc, S. and Akbas, Y. (2002). Variation in organic acids content during ripening of pickled white cheese. *Journal of Dairy Science*, 85(7), 1670-1676.
- Akgun, A., Yazici, F. and Gulec, H. A. (2018). The combined effect of probiotic cultures and incubation final pH on the quality of buffalo milk yogurt during cold storage. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 6(2), 492-502.
- Akın, P. A., Sezer, B., Bean, S. R., Peiris, K., Tilley, M., Apaydın, H. and Boyacı, İ. H. (2020). Analysis of corn and sorghum flour mixtures using laser-induced breakdown spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 101, 1076–1084.
- Aksoylu Özbek, Z. (2018). *Kabak Çekirdeği Yağının Mikroenkapsülasyonunun Optimizasyonu*. (Doktora Tezi), Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Alasalvar, C. and Shahidi, F. (2008). *Tree nuts: composition, phytochemicals, and health effects*. Taylor and Francis.
- Alonso, L. and Fraga, M. (2001). Simple and rapid analysis for quantitation of the most important volatile flavor compounds in yogurt by headspace gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatographic Science*, 39(7), 297-300.
- Amirdivani, S. and Baba, A. (2013). Rheological properties and sensory characteristics of green tea yogurt during storage. *Life Science Journal*, 378-390.

- Anandharamakrishnan, C. (2015). *Spray drying techniques for food ingredient encapsulation*: John Wiley and Sons.
- Anandharamakrishnan, C., Rielly, C. D. and Stapley, A. G. F. (2007). Effects of process variables on the denaturation of whey proteins during spray drying. *Drying Technology*, 25(5), 799-807.
- Anandharamakrishnan, C., Rielly, C. D. and Stapley, A. G. F. (2010). Spray-freeze-drying of whey proteins at sub-atmospheric pressures. *Dairy Science and Technology*, 90(2-3), 321-334.
- Andino Estrada, J. D. (2011). *Production and processing of a functional yogurt fortified with microencapsulated omega-3 and vitamin E.*, Master of Science, Louisiana State University.
- Andrew, W. (1992). Manual of Food Quality Control 4. Rev. 1. Microbiological analysis. FAO of the United Nations. Rome. 1992. *FAO Food and Nutrition Paper*, 14(4).
- Anonim, (2006). *Yoğurt Standardı, TS-1330. Türk Standartları Enstitüsü*, 11 s., Ankara, 2006.
- Aportela Palacios, A., Sosa Morales, M. and Vélez Ruiz, J. (2005). Rheological and physicochemical behavior of fortified yogurt, with fiber and calcium. *Journal of Texture Studies*, 36(3), 333-349.
- Arroyo Maya, I. J. and McClements, D. J. (2015). Biopolymer nanoparticles as potential delivery systems for anthocyanins: Fabrication and properties. *Food Research International*, 69, 1-8.
- Arslaner, A., Salik, M. A. and Bakirci, I. (2020). The effects of adding Hibiscus sabdariffa L. flowers marmalade on some quality properties, mineral content and antioxidant activities of yogurt. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.
- Atta, N., Abo Khashaba, A., Shaltout, O., El-lateaf, A., Hisham, A. and El -Difrawy, E. (2020). Microencapsulation of Rice Bran Oil by Spray Drying and its Application in Producing High Quality Yoghurt. *Alexandria Science Exchange Journal*, 41(January-March), 129-140.
- Bae, E. and Lee, S. (2008). Microencapsulation of avocado oil by spray drying using whey protein and maltodextrin. *Journal of Microencapsulation*, 25(8), 549-560.
- Bakry, A. M., Chen, Y. Q. and Liang, L. (2019). Developing a mint yogurt enriched with omega-3 oil: Physiochemical, microbiological, rheological, and sensorial characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), e14287.
- Baldwin, A. and Pearce, D. (2005) . Milk powder *Encapsulated and Powdered Foods* (pp. 399-446): Taylor and Francis.
- Ballesteros, L. F., Ramirez, M. J., Orrego, C. E., Teixeira, J. A. and Mussatto, S. I. (2017). Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. *Food Chemistry*, 237, 623-631.
- Bandyopadhyay, M., Chakraborty, R. and Raychaudhuri, U. (2007). A process for preparing a natural antioxidant enriched dairy product (Sandesh). *LWT-Food Science and Technology*, 40(5), 842-851.
- Bansode, S., Banarjee, S., Gaikwad, D., Jadhav, S. and Thorat, R. (2010). Microencapsulation: a review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 1(2), 38-43.
- Barbosa C. and Gustavo V. (2005). Physical and chemical properties of food powders. *Encapsulated and Powdered Foods*, 39-71.

- Barros, R. F., Cutrim, C. S., Costa, M. P. d., Conte Junior, C. A. and Cortez, M. A. S. (2019). Lactose hydrolysis and organic acids production in yogurt prepared with different onset temperatures of enzymatic action and fermentation. *Ciência Animal Brasileira*, 20.
- Bartosz, T. and Irene, T. (2016). Polyphenols encapsulation—application of innovation technologies to improve stability of natural products. *Physical Sciences Reviews*, 1(2).
- Benezech, T. and Maingonnat, J. F. (1994). Characterization of the rheological properties of yoghurt—a review. *Journal of Food Engineering*, 21(4), 447-472.
- Bhandari, B. R., Datta, N., Crooks, R., Howes, T. and Rigby, S. (1997). A semi-empirical approach to optimise the quantity of drying aids required to spray dry sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(10), 2509-2525.
- Bhandari, B. R. and Hartel, R. W. (2005). *Encapsulated and Powdered Foods* (C. Onwulata Ed.), Taylor and Francis.
- Bilia, A., Catalano, S., De Simone, F., Morelli, I. and Pizza, C. (1991). An acetylated flavanone glucoside from leaves of *Pyracantha coccinea*. *Phytochemistry*, 30(11), 3830-3831.
- Bodyfelt, F. W., Tobias, J. and Trout, G. M. (1988). *The Sensory Evaluation of Dairy Products*: Van Nostrand Reinhold.
- Bogue, J., Collins, O. and Troy, A. J. (2017). Market analysis and concept development of functional foods *Developing New Functional Food and Nutraceutical Products*. Elsevier, 29-45.
- Bor, T., Aljaloud, S. O., Gyawali, R. and Ibrahim, S. A. (2016). Antimicrobials from herbs, spices, and plants *Fruits, Vegetables, and Herbs* (pp. 551-578): Elsevier.
- Brand Williams, W., Cuvelier, M. E. and Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food Science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Breme, K. and Guggenbühl, B. (2014). Aroma profile of a red-berries yoghurt drink by HS-SPME-GC-MS-O and influence of matrix texture on volatile aroma compound release of flavored dairy products *Flavour Science*. Elsevier, 101-106.
- Briones, V. and Aguilera, J. M. (2005). Image analysis of changes in surface color of chocolate. *Food Research International*, 38(1), 87-94.
- Browicz, K. (1970). Distribution of woody Rosaceae in W. Asia. V. *Laurocerasus officinalis* Roem.(*Prunus laurocerasus*). VI. *Pyracantha coccinea* Roem. *Arboretum Kornickie, Poznan*, 15(5-15), 17-27.
- Buffo, R., Probst, K., Zehentbauer, G., Luo, Z. and Reineccius, G. (2002). Effects of agglomeration on the properties of spray-dried encapsulated flavours. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(4), 292-299.
- Buffo, R. and Reineccius, G. (2000). Optimization of gum acacia/modified starch/maltodextrin blends for the spray drying of flavors. *Perfumer and Flavorist*, 25(4), 45-54.
- Burrows, G. E. and Tyrl, R. J. (2013). *Toxic Plants of North America*: John Wiley and Sons.
- Cai, Y. Z. and Corke, H. (2000). Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. *Journal of Food Science*, 65(7), 1248-1252.
- Cano Higueta, D., Malacrida, C. and Telis, V. (2015). Stability of curcumin microencapsulated by spray and freeze drying in binary and ternary matrices of maltodextrin, gum arabic and modified starch. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2049-2060.

- Chaves, A. C., Fernandez, M., Lerayer, A. L., Mierau, I., Kleerebezem, M. and Hugenholtz, J. (2002). Metabolic engineering of acetaldehyde production by *Streptococcus thermophilus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(11), 5656-5662.
- Chegini, G. and Ghobadian, B. (2005). Effect of spray-drying conditions on physical properties of orange juice powder. *Drying Technology*, 23(3), 657-668.
- Chemat, F., Tomao, V., Virost, M. and Ötleş, S. (eds) (2008). *Ultrasound-Assisted Extraction In Food Analysis*. 560.
- Chen, G. L., Chen, S. G., Chen, F., Xie, Y. Q., Han, M. D., Luo, C. X., Zhan, Y. Y. and Gao, Y. Q. (2016). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of selected fruit seeds subjected to an *in vitro* digestion. *Journal of Functional Foods*, 20, 317-331.
- Chen, L., Gnanaraj, C., Arulselvan, P., El-Seedi, H. and Teng, H. (2019). A review on advanced microencapsulation technology to enhance bioavailability of phenolic compounds: based on its activity in the treatment of Type 2 Diabetes. *Trends in Food Science and Technology*, 85, 149-162.
- Cheng, A. W., Xie, H. X., Qi, Y., Liu, C., Guo, X., Sun, J. Y. and Liu, L. N. (2017). Effects of storage time and temperature on polyphenolic content and qualitative characteristics of freeze-dried and spray-dried bayberry powder. *LWT- Food Science and Technology*, 78, 235-240.
- Cheng, H. (2010). Volatile flavor compounds in yogurt: a review. *Critical Reviews In Food Science and Nutrition*, 50(10), 938-950.
- Codex, A. (2011). Milk and milk products (2nd ed., pp. 7e8). Rome: WHO, FAO. <http://www.fao.org/docrep/015/i2085e/i2085e00.pdf>
- Comunian, T. A., Chaves, I. E., Thomazini, M., Moraes, I. C. F., Ferro-Furtado, R., de Castro, I. A. and Favaro-Trindade, C. S. (2017). Development of functional yogurt containing free and encapsulated echium oil, phytosterol and sinapic acid. *Food Chemistry*, 237, 948-956.
- Costa, J. M. G., Silva, E. K., Hijo, A. A. C. T., Azevedo, V. M., Malta, M. R., Alves, J. G. L. F. and Borges, S. V. (2015). Microencapsulation of Swiss cheese bioaroma by spray-drying: Process optimization and characterization of particles. *Powder Technology*, 274, 296-304.
- Costa, M. P., Frasco, B. S., Silva, A. C., Freitas, M. Q., Franco, R. M. and Conte-Junior, C. A. (2015). Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) pulp, probiotic, and prebiotic: Influence on color, apparent viscosity, and texture of goat milk yogurts. *Journal of Dairy Science*, 98(9), 5995-6003.
- Costa, M. P., Frasco Bda, S., Lima, B. R., Rodrigues, B. L. and Conte Junior, C. A. (2016). Simultaneous analysis of carbohydrates and organic acids by HPLC-DAD-RI for monitoring goat's milk yogurts fermentation. *Talanta*, 152, 162-170.
- Cruz, A., Cavalcanti, R., Guerreiro, L., Sant'Ana, A., Nogueira, L., Oliveira, C., Deliza, R., Cunha, R. L., Faria, J. A. F and Bolini, H. (2013) . Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. *Journal of Food Engineering*, 114(3), 323-330.
- Çöteli, E. ve Karataş, F. (2017). Ateş dikeninin (*Pyracantha coccinea* Roemer var. *lalandi*) kırmızı meyvelerindeki A, E, C vitamini,  $\beta$ -karoten, likopen, glutatyon ve malondialdehit miktarlarının araştırılması. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 29(1), 41-46.
- Da Rosa, C. G., Borges, C. D., Zambiasi, R. C., Rutz, J. K., da Luz, S. R., Krumreich, F. D., Benvenuti, E. V. and Nunes, M. R. (2014). Encapsulation of the phenolic compounds

- of the blackberry (*Rubus fruticosus*). *LWT-Food Science and Technology*, 58(2), 527-533.
- Dabija, A., Codină, G. G., Ropciuc, S., Gâțlan, A. M. and Rusu, L. (2018). Assessment of the antioxidant activity and quality attributes of yogurt enhanced with wild herbs extracts. *Journal of Food Quality*, 2018.
- Dabija, A., Codină, G. G. and Sidor, A.-M. (2017). *Effect of Different Fibre Types addition on the Yogurts Quality*. Paper presented at the International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM.
- Dadi, D. W., Emire, S. A., Hagos, A. D. and Eun, J. B. (2020). Physical and Functional Properties, Digestibility, and Storage Stability of Spray and Freeze Dried Microencapsulated Bioactive Products from *Moringa stenopetala* Leaves Extract. *Industrial Crops and Products*, 156, 112891.
- Dai, S., Corke, H. and Shah, N. P. (2016). Utilization of konjac glucomannan as a fat replacer in low-fat and skimmed yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7063-7074.
- Dave, R. I. and Shah, N. P. (1996). Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, and bifidobacteria. *Journal of Dairy Science*, 79(9), 1529-1536.
- Davidson, A. (2014). *The Oxford companion to food*: OUP Oxford.
- Daza, L. D., Fujita, A., Fávoro-Trindade, C. S., Rodrigues-Ract, J. N., Granato, D. and Genovese, M. I. (2016). Effect of spray drying conditions on the physical properties of Cagaita (*Eugenia dysenterica* DC.) fruit extracts. *Food and Bioproducts Processing*, 97, 20-29.
- De Souza, V. B., Thomazini, M., De Carvalho Balieiro, J. C. and Fávoro Trindade, C. S. (2015). Effect of spray drying on the physicochemical properties and color stability of the powdered pigment obtained from vinification byproducts of the Bordo grape (*Vitis labrusca*). *Food and Bioproducts Processing*, 93, 39-50.
- Delikanlı, B. and Özcan, T. (2014). Effects of various whey proteins on the physicochemical and textural properties of set type nonfat yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 67(4), 495-503.
- Desai, K. G. H. and Jin Park, H. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23(7), 1361-1394.
- Dias, M. I., Ferreira, I. C. and Barreiro, M. F. (2015). Microencapsulation of bioactives for food applications. *Food and Function*, 6(4), 1035-1052.
- Dolly, P., Anishaparvin, A., Joseph, G. S. and Anandharamakrishnan, C. (2011). Microencapsulation of *Lactobacillus plantarum* (mtcc 5422) by spray-freeze-drying method and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions. *Journal of Microencapsulation*, 28(6), 568-574.
- Domagała, J. (2012). Instrumental texture, syneresis, and microstructure of yoghurts prepared from ultrafiltrated goat milk: Effect of degree of concentration. *International Journal of Food Properties*, 15(3), 558-568.
- Dong, C., Li, X., Xi, Y. and Cheng, Z. M. (2017). Micropropagation of *Pyracantha coccinea*. *HortScience*, 52(2), 271-273.
- Dönmez, Ö., Mogol, B. A. and Gökmen, V. (2017). Syneresis and rheological behaviors of set yogurt containing green tea and green coffee powders. *Journal of Dairy Science*, 100(2), 901-907.

- Drozińska, E., Kanclerz, A. and Kurek, M. A. (2019). Microencapsulation of sea buckthorn oil with  $\beta$ -glucan from barley as coating material. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 1014-1020.
- Du, J., Ge, Z. Z., Xu, Z., Zou, B., Zhang, Y. and Li, C. M. (2014). Comparison of the efficiency of five different drying carriers on the spray drying of persimmon pulp powders. *Drying Technology*, 32(10), 1157-1166.
- Dzah, C. S., Duan, Y., Zhang, H., Wen, C., Zhang, J., Chen, G. and Ma, H. (2020). The effects of ultrasound assisted extraction on yield, antioxidant, anticancer and antimicrobial activity of polyphenol extracts: A review. *Food Bioscience*, 100547.
- Elbadawi, A. A., Alsabab, Y. A. and Abuelhassan, H. H. (2018). Physical and Electrical Properties of Gum Arabic *Gum Arabic* (pp. 75-91): Elsevier.
- Esclapez, M., García Pérez, J., Mulet, A. and Cárcel, J. (2011) . Ultrasound-assisted extraction of natural products. *Food Engineering Reviews*, 3(2), 108.
- Estrada, J. D., Boeneke, C., Bechtel, P. and Sathivel, S. (2011). Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 5760-5769.
- Fang, Z. and Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols—a review. *Trends in Food Science and Technology*, 21(10), 510-523.
- Fang, Z. and Bhandari, B. (2012). Comparing the efficiency of protein and maltodextrin on spray drying of bayberry juice. *Food Research International*, 48(2), 478-483.
- Farnsworth, J., Li, J., Hendricks, G. and Guo, M. (2006). Effects of transglutaminase treatment on functional properties and probiotic culture survivability of goat milk yogurt. *Small Ruminant Research*, 65(1-2), 113-121.
- Fernandes, F. H. and Salgado, H. R. (2016). Gallic Acid: Review of the Methods of Determination and Quantification. *Critical Reviews In Analytical Chemistry*, 46(3), 257-265.
- Fernandes, R. V. B., Borges, S. V. and Botrel, D. A. (2013). Influence of spray drying operating conditions on microencapsulated rosemary essential oil properties. *Food Science and Technology*, 33, 171-178.
- Fernandes, R. V., Borges, S. V. and Botrel, D. A. (2014a). Gum arabic/starch/maltodextrin/inulin as wall materials on the microencapsulation of rosemary essential oil. *Carbohydrate Polymers*, 101, 524-532.
- Fernandes, R. V., Marques, G. R., Borges, S. V. and Botrel, D. A. (2014b). Effect of solids content and oil load on the microencapsulation process of rosemary essential oil. *Industrial Crops and Products*, 58, 173-181.
- Fernandez Garcia, E., and McGregor, J. U. (1994). Determination of organic acids during the fermentation and cold storage of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 77(10), 2934-2939.
- Ferragut, V., Cruz, N., Trujillo, A., Guamis, B. and Capellas, M. (2009). Physical characteristics during storage of soy yogurt made from ultra-high pressure homogenized soymilk. *Journal of Food Engineering*, 92(1), 63-69.
- Fico, G., Bilia, A. R., Morelli, I. and Tomè, F. (2000). Flavonoid distribution in *Pyracantha coccinea* plants at different growth phases. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28(7), 673-678.
- Fırtın, B., Yenipazar, H., Saygün, A. and Şahin Yeşilçubuk, N. (2020). Encapsulation of chia seed oil with curcumin and investigation of release behaviour and antioxidant properties of microcapsules during *in vitro* digestion studies. *LWT- Food Science and Technology*, 134, 109947.

- Flores, F. P., Singh, R. K., Kerr, W. L., Pegg, R. B. and Kong, F. (2014). Total phenolics content and antioxidant capacities of microencapsulated blueberry anthocyanins during *in vitro* digestion. *Food Chemistry*, 153, 272-278.
- Flores, F. P., Singh, R. K., Kerr, W. L., Phillips, D. R. and Kong, F. (2015). *In vitro* release properties of encapsulated blueberry (*Vaccinium ashei*) extracts. *Food Chemistry*, 168, 225-232.
- Freitus, J. and Haberman, S. (2005). *Wild Jams and Jellies: Delicious Recipes Using 75 Wild Edibles*: Stackpole Books.
- Fu, L., Xu, B. T., Xu, X. R., Qin, X. S., Gan, R. Y. and Li, H. B. (2010). Antioxidant capacities and total phenolic contents of 56 wild fruits from South China. *Molecules*, 15(12), 8602-8617.
- García Pérez, F., Lario, Y., Fernández-López, J., Sayas, E., Pérez-Alvarez, J. and Sendra, E. (2005). Effect of orange fiber addition on yogurt color during fermentation and cold storage. *Color Research and Application*, 30(6), 457-463.
- Garcia, S. N., Osburn, B. I. and Cullor, J. S. (2019). A one health perspective on dairy production and dairy food safety. *One Health*, 7, 100086.
- Gardini, F., Lanciotti, R., Guerzoni, M. E., and Torriani, S. (1999). Evaluation of aroma production and survival of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Lactobacillus acidophilus* in fermented milks. *International Dairy Journal*, 9(2), 125-134.
- Ghafoor, K., Choi, Y. H., Jeon, J. Y. and Jo, I. H. (2009). Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds, antioxidants, and anthocyanins from grape (*Vitis vinifera*) seeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(11), 4988-4994.
- Ghorbanzade, T., Jafari, S. M., Akhavan, S. and Hadavi, R. (2017). Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt. *Food Chemistry*, 216, 146-152.
- Gibbs, B. F., Kermasha, S., Alli, I. and Mulligan, C. N. (1999). Encapsulation in the food industry: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50(3), 213-224.
- Golmohamadi, A., Moller, G., Powers, J. and Nindo, C. (2013). Effect of ultrasound frequency on antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin content of red raspberry puree. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(5), 1316-1323.
- Goula, A. M. and Adamopoulos, K. G. (2008). Effect of maltodextrin addition during spray drying of tomato pulp in dehumidified air: II. Powder properties. *Drying Technology*, 26(6), 726-737.
- Goula, A. M., Adamopoulos, K. G. and Kazakis, N. A. (2004). Influence of spray drying conditions on tomato powder properties. *Drying Technology*, 22(5), 1129-1151.
- Granese, T., Cardinale, F., Cozzolino, A., Pepe, S., Ombra, M. N., Nazzaro, F., Coppola, R. and Fratianni, F. (2014). Variation of polyphenols, anthocyanins and antioxidant power in the strawberry grape (*Vitis labrusca*) after simulated gastro-intestinal transit and evaluation of *in vitro* antimicrobial activity. *Food and Nutrition Sciences*, 2014.
- Guerra, A., Etienne-Mesmin, L., Livrelli, V., Denis, S., Blanquet-Diot, S. and Alric, M. (2012). Relevance and challenges in modeling human gastric and small intestinal digestion. *Trends in Biotechnology*, 30(11), 591-600.
- Gullón, B., Lú-Chau, T. A., Moreira, M. T., Lema, J. M. and Eibes, G. (2017). Rutin: A review on extraction, identification and purification methods, biological activities and approaches to enhance its bioavailability. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 220-235.

- Gupta, S., Khan, S., Muzafar, M., Kushwaha, M., Yadav, A. K. and Gupta, A. P. (2016). Encapsulation: entrapping essential oil/flavors/aromas in food *Encapsulations*, 229-268.
- Güler, Z. (2007). Changes in salted yoghurt during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 42(2), 235-245.
- Hu, Y., Zhang, W., Ke, Z., Li, Y. and Zhou, Z. (2017). *In vitro* release and antioxidant activity of Satsuma mandarin (*Citrus reticulata* Blanco cv. unshiu) peel flavonoids encapsulated by pectin nanoparticles. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(11), 2362-2373.
- I Ré, M. (1998). Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, 16(6), 1195-1236.
- Idham, Z., Muhamad, I. I. and Sarmidi, M. R. (2012). Degradation kinetics and color stability of spray-dried encapsulated anthocyanins from hibiscus sabdariffa l. *Journal of Food Process Engineering*, 35(4), 522-542.
- Im, M. H., Park, Y. S., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Namiesnik, J., Ham, K. S., Kang, S. G., Najman, K. and Gorinstein, S. (2011). The thermostability, bioactive compounds and antioxidant activity of some vegetables subjected to different durations of boiling: Investigation *in vitro*. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1), 92-99.
- Imhof, R., Glättli, H. and Bosset, J. O. (1994). Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. *LWT-Food Science and Technology*, 27(5), 442-449.
- Ismail, S. A., El-Sayed, H. S. and Fayed, B. (2020). Production of prebiotic chitoooligosaccharide and its nano/microencapsulation for the production of functional yoghurt. *Carbohydrate Polymers*, 234, 115941.
- Izadi, Z., Nasirpour, A., Garoosi, G. A. and Tamjidi, F. (2015). Rheological and physical properties of yogurt enriched with phytosterol during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 5341-5346.
- Jafari, S. M., Assadpour, E., He, Y. and Bhandari, B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. *Drying Technology*, 26(7), 816-835.
- Jaworska, D., Waszkiewicz Robak, B., Kolanowski, W. and Swiderski, F. (2005). Relative importance of texture properties in the sensory quality and acceptance of natural yoghurts. *International Journal of Dairy Technology*, 58(1), 39-46.
- Jayasundera, M., Adhikari, B., Howes, T. and Aldred, P. (2011). Surface protein coverage and its implications on spray-drying of model sugar-rich foods: solubility, powder production and characterisation. *Food Chemistry*, 128(4), 1003-1016.
- Jia, Z., Dumont, M. J. and Orsat, V. (2016). Encapsulation of phenolic compounds present in plants using protein matrices. *Food Bioscience*, 15, 87-104.
- Jiménez, L. V. V. (2016). Microencapsulated bioactive components as a source of health *Encapsulations*, Elsevier, 455-501
- Jinapong, N., Suphantharika, M. and Jamnong, P. (2008). Production of instant soymilk powders by ultrafiltration, spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering*, 84(2), 194-205.
- Joye, I. J. and McClements, D. J. (2014). Biopolymer-based nanoparticles and microparticles: Fabrication, characterization, and application. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 19(5), 417-427.
- Júnior, D. S., Krug, F. J., Pereira, M. G. and Korn, M. (2006) . Currents on ultrasound-assisted extraction for sample preparation and spectroscopic analytes determination. *Applied Spectroscopy Reviews*, 41(3), 305-321.

- Jyothi, S. S., Seethadevi, A., Prabha, K. S., Muthuprasanna, P., and Pavitra, P. (2012). Microencapsulation: a review. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 3, 509-531.
- Kailasapathy, K. (2002). Microencapsulation of probiotic bacteria: technology and potential applications. *Current Issues in Intestinal Microbiology*, 3(2), 39-48.
- Karthik, P. and Anandharamakrishnan, C. (2013). Microencapsulation of docosahexaenoic acid by spray-freeze-drying method and comparison of its stability with spray-drying and freeze-drying methods. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2780-2790.
- Kealy, T. (2006). Application of liquid and solid rheological technologies to the textural characterisation of semi-solid foods. *Food Research International*, 39(3), 265-276.
- Keser, S. (2014). Antiradical activities and phytochemical compounds of firethorn (*Pyracantha coccinea*) fruit extracts. *Natural Product Research*, 28(20), 1789-1794.
- Khazaei, K. M., Jafari, S., Ghorbani, M. and Kakhki, A. H. (2014). Application of maltodextrin and gum Arabic in microencapsulation of saffron petal's anthocyanins and evaluating their storage stability and color. *Carbohydrate Polymers*, 105, 57-62.
- Kim, E. H. J., Chen, X. D. and Pearce, D. (2002). Surface characterization of four industrial spray-dried dairy powders in relation to chemical composition, structure and wetting property. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 26(3), 197-212.
- Kim, S., Ahn, J., Seok, J. and Kwak, H. (2003). Microencapsulated iron for drink yogurt fortification. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 16(4), 581-587.
- Kim, S. Y., Jeong, S. M., Kim, S. J., Jeon, K. I., Park, E., Park, H. R. and Lee, S. C. (2006). Effect of heat treatment on the antioxidative and antigenotoxic activity of extracts from persimmon (*Diospyros kaki* L.) peel. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 70(4), 999-1002.
- Klinkesorn, U., Sophanodora, P., Chinachoti, P., Decker, E. A. and McClements, D. J. (2006). Characterization of spray-dried tuna oil emulsified in two-layered interfacial membranes prepared using electrostatic layer-by-layer deposition. *Food Research International*, 39(4), 449-457.
- Knight, A. (2009). *A Guide to Poisonous House and Garden Plants*. Teton NewMedia, Jackson, WY: Internet Publisher: International Veterinary Information Service, Ithaca.
- Krishnan, S., Bhosale, R. and Singhal, R. S. (2005). Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabic, maltodextrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 61(1), 95-102.
- Kuang, S. S., Oliveira, J. C. and Crean, A. M. (2010). Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredients into food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(10), 951-968.
- Kuck, L. S. and Noreña, C. P. Z. (2016). Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. *Food Chemistry*, 194, 569-576.
- Laokuldilok, T. and Kanha, N. (2015). Effects of processing conditions on powder properties of black glutinous rice (*Oryza sativa* L.) bran anthocyanins produced by spray drying and freeze drying. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 405-411.
- Laye, I., Karleskind, D. and Morr, C. (1993). Chemical, microbiological and sensory properties of plain nonfat yogurt. *Journal of Food Science*, 58(5), 991-995.
- Lee, E. R., Kang, G. H. and Cho, S. G. (2007). Effect of flavonoids on human health: old subjects but new challenges. *Recent patents on biotechnology*, 1(2), 139-150.

- Lee S. J., Hwang, J. H., Lee, S., Ahn, J. and Kwak, H. S. (2007). Property changes and cholesterol-lowering effects in evening primrose oil-enriched and cholesterol-reduced yogurt. *International Journal of Dairy Technology*, 60(1), 22-30.
- Lee, S. J. and Rosenberg, M. (2000). Microencapsulation of theophylline in whey proteins: effects of core-to-wall ratio. *International Journal of Pharmaceutics*, 205(1-2), 147-158.
- Lee, W. J. and Lucey, J. A. (2003). Rheological properties, whey separation, and microstructure in set-style yogurt: Effects of heating temperature and incubation temperature. *Journal of Texture Studies*, 34(5-6), 515-536.
- Lee, W. J. and Lucey, J. A. (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 23(9), 1127-1136.
- Lee, W. J. and Lucey, J. A. (2004). Structure and physical properties of yogurt gels: effect of inoculation rate and incubation temperature. *Journal of Dairy Science*, 87(10), 3153-3164.
- Lehotay, S. J. and Hajšlová, J. (2002). Application of gas chromatography in food analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 21(9-10), 686-697.
- Leylak, C., Özdemir, K. S., Gurakan, G. C. and Ogel, Z. B. (2020). Optimisation of spray drying parameters for *Lactobacillus acidophilus* encapsulation in whey and gum Arabic: Its application in yoghurt. *International Dairy Journal*, 112, 104865.
- Li, H., Zhang, T., Li, C., Zheng, S., Li, H. and Yu, J. (2020). Development of a microencapsulated synbiotic product and its application in yoghurt. *LWT - Food Science and Technology*, 122, 109033.
- Liu, R. H. and Felice, D. L. (2007). Antioxidants and whole food phytochemicals for cancer prevention: ACS Publications.
- Loksuwan, J. (2007). Characteristics of microencapsulated  $\beta$ -carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. *Food Hydrocolloids*, 21(5-6), 928-935.
- Lončarević, I., Pajin, B., Fišteš, A., Šaponjac, V. T., Petrović, J., Jovanović, P., Vulić, J. and Zarić, D. (2018). Enrichment of white chocolate with blackberry juice encapsulate: Impact on physical properties, sensory characteristics and polyphenol content. *LWT - Food Science and Technology*, 92, 458-464.
- Luca, A., Cilek, B., Hasirci, V., Sahin, S. and Sumnu, G. (2013). Effect of degripping of phenolic extract from sour cherry pomace on encapsulation efficiency production of nano-suspension. *Food and Bioprocess Technology*, 6(9), 2494-2502.
- Lucey, J. A. (2002). ADSA Foundation Scholar Award. Formation and physical properties of milk protein gels. *Journal of Dairy Science*, 85(2), 281-294.
- Lucey, J. A. (2004). Cultured dairy products: an overview of their gelation and texture properties. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 77-84.
- Luo, Y., Wu, W., Chen, D., Lin, Y., Ma, Y., Chen, C. and Zhao, S. (2017). Optimization of simultaneous microwave/ultrasonic-assisted extraction of phenolic compounds from walnut flour using response surface methodology. *Pharmaceutical Biology*, 55(1), 1999-2004.
- Mac Evoy, B. (2005, 08.01.2005). Modern color models. Retrieved 27.12.2020, from <http://www.handprint.com/HP/WCL/color7.html>
- Magnani, C., Isaac, V. L. B., Correa, M. A. and Salgado, H. R. N. (2014). Caffeic acid: a review of its potential use in medications and cosmetics. *Analytical Methods*, 6(10), 3203-3210.

- Malien-Aubert, C., Dangles, O. and Amiot, M. J. (2001). Color stability of commercial anthocyanin-based extracts in relation to the phenolic composition. Protective effects by intra- and intermolecular copigmentation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 170-176.
- Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C. and Jimenez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(5), 727-747.
- Manuja, R., Sachdeva, S., Jain, A. and Chaudhary, J. (2013) . A comprehensive review on biological activities of p-hydroxy benzoic acid and its derivatives. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 22(2), 109-115.
- Manzoor, S., Yusof, Y. A., Chin, N. L., Tawakkal, A., Mohamed, I. S., Fikry, M. and Chang, L. S. (2019) . Quality Characteristics and Sensory Profile of Stirred Yogurt Enriched with Papaya Peel Powder. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 42(2).
- Marchiani, R., Bertolino, M., Belviso, S., Giordano, M., Ghirardello, D., Torri, L., Piochi, M. and Zeppa, G. (2016). Yogurt enrichment with grape pomace: effect of grape cultivar on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 39(2), 77-89.
- Masters, K. (1991). *Spray Drying Handbook* (5th Edition): Burnt Mill, Harlow, Essex, England : Longman Scientific and Technical
- Maury, M., Murphy, K., Kumar, S., Shi, L. and Lee, G. (2005). Effects of process variables on the powder yield of spray-dried trehalose on a laboratory spray-dryer. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 59(3), 565-573.
- Medina Torres, L., Santiago Adame, R., Calderas, F., Gallegos Infante, J., González Laredo, R., Rocha Guzmán, N., Núñez Ramírez, D.M., Bernad Bernad, M. J. and Manero, O. (2016). Microencapsulation by spray drying of laurel infusions (*Litsea glaucescens*) with maltodextrin. *Industrial Crops and Products*, 90, 1-8.
- Meng, S., Cao, J., Feng, Q., Peng, J. and Hu, Y. (2013) . Roles of chlorogenic Acid on regulating glucose and lipids metabolism: a review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 801457.
- Menglou, L., Xinrong, G. and Qian, W. (1998). Analysis of Ingredients of *Pyracantha fortuneana* Fruit. *Shanxi Forest Science and Technology*, 1.
- Meor Hussin, A., Mohamad Said, N., Che Wan Sapawi, C. and Anzian, A. (2017). The properties of yogurt coconut shake and coconut shake. *Food and Applied Bioscience Journal*, 5(1), 50-68.
- Metin, M. and Öztürk, G. F. (2008). *Süt ve mamülleri analiz yöntemleri*: Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.
- Mohd Zainol, M., Abdul-Hamid, A., Abu Bakar, F., and Pak Dek, S. (2009) . Effect of different drying methods on the degradation of selected flavonoids in *Centella asiatica*. *International Food Research Journal*, 16(4), 531-537.
- Moreda Piñeiro, J., Moreda Piñeiro, A., Romarís- ortas, V., Moscoso Pérez, C., López Mahía, P., Muniategui Lorenzo, S., Bermejo Barrera, P. and Prada Rodríguez, D. (2011). In-vivo and in-vitro testing to assess the bioaccessibility and the bioavailability of arsenic, selenium and mercury species in food samples. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 30(2), 324-345.
- Moreyra, R. and Peleg, M. (1980) . Physical properties of food powders. *Revista de Agroquímica Y Tecnología de Alimentos*, 21, 322-329.
- Mousa, A., Liu, X., Chen, Y., Zhang, H. and Chen, W. (2014). Evaluation of physiochemical, textural, microbiological and sensory characteristics in set yogurt reinforced by

- microencapsulated Bifidobacterium bifidum F-35. *International Journal of Food Science and Technology*, 49(7), 1673-1679.
- Mungali, M. and Sharma, N. (2021). Caprylic/capric triglyceride *Naturally Occurring Chemicals Against Alzheimer's Disease*. Elsevier, 139-146.
- Murti, T. W., Bouillanne, C., Landon, M. and Desmazeaud, M. J. (1993). Bacterial growth and volatile compounds in yoghurt-type products from soymilk containing Bifidobacterium ssp. *Journal of Food Science*, 58(1), 153-157.
- Naomi, M. M., Tri, D. W., Novita, W., Renny, I., Heriyanto, H. and Leenawaty, L. (2017). Microencapsulation of Kabocha Pumpkin Carotenoids. *International Journal of Chemical*, 8(6), 381-386.
- Nazzaro, F., Orlando, P., Fratianni, F. and Coppola, R. (2012). Microencapsulation in food science and biotechnology. *Current Opinion in Biotechnology*, 23(2), 182-186.
- Oliveira, A., Alexandre, E. M., Coelho, M., Lopes, C., Almeida, D. P. and Pintado, M. (2015). Incorporation of strawberries preparation in yoghurt: impact on phytochemicals and milk proteins. *Food Chemical*, 171, 370-378.
- Oliveira, M., Damin, M., Minowa, E. and Alcantara, M. (2006). Chemical and viability changes during fermentation and cold storage of fermented milk manufactured using yogurt and probiotic bacteria. Paper presented at the *13th World Congress of Food Science and Technology 2006*.
- Onsekizoglu, P., Bahceci, K. S. and Acar, M. J. (2010). Clarification and the concentration of apple juice using membrane processes: A comparative quality assessment. *Journal of Membrane Science*, 352(1-2), 160-165.
- Organization, W. H. (2012). S. 3.6. Bulk density and tapped density of powders. *The International Pharmacopoeia*, 6.
- Ozer, B., Kirmaci, H. A., Oztekin, S., Hayaloglu, A. and Atamer, M. (2007). Incorporation of microbial transglutaminase into non-fat yogurt production. *International Dairy Journal*, 17(3), 199-207.
- Özdemir, N. (2019). *Fesleğen (Ocimum basilicum L.) uçucu yağının püskürterek kurutma tekniği ile mikroenkapsülasyonu ve model üründe uygulanması*. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Panesar, P., and Shinde, C. (2012). Effect of storage on syneresis, pH, Lactobacillus acidophilus count, Bifidobacterium bifidum count of Aloe vera fortified probiotic yoghurt. *Current Research in Dairy Science*, 4(1), 17-23.
- Pappalardo, G. and Lusk, J. L. (2016). The role of beliefs in purchasing process of functional foods. *Food Quality and Preference*, 53, 151-158.
- Parada, J. and Aguilera, J. (2007). Food microstructure affects the bioavailability of several nutrients. *Journal of Food Science*, 72(2), R21-R32.
- Paseephol, T., Small, D. M. and Sherkat, F. (2008). Rheology and texture of set yogurt as affected by inulin addition. *Journal of Texture Studies*, 39(6), 617-634.
- Pasrija, D., Ezhilarasi, P., Indrani, D. and Anandharamakrishnan, C. (2015). Microencapsulation of green tea polyphenols and its effect on incorporated bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 289-296.
- Pasukamonset, P., Kwon, O. and Adisakwattana, S. (2016). Alginate-based encapsulation of polyphenols from Clitoria ternatea petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. *Food Hydrocolloids*, 61, 772-779.

- Peng, F., Guo, X., Li, Z., Li, C., Wang, C., Lv, W., Wang, J., Xiao, F., Kamal, M. A. and Yuan, C. (2016). Antimutagenic effects of selenium-enriched polysaccharides from *pyracantha fortuneana* through suppression of cytochrome P450 1A subfamily in the mouse liver. *Molecules*, 21(12), 1731.
- Pérez Alonso, C., Báez González, J., Beristain, C., Vernon Carter, E. and Vizcarra Mendoza, M. (2003). Estimation of the activation energy of carbohydrate polymers blends as selection criteria for their use as wall material for spray-dried microcapsules. *Carbohydrate Polymers*, 53(2), 197-203.
- Petrotos, K. B., Karkanta, F. K., Gkoutosidis, P. E., Giavasis, I., Papatheodorou, K. N. and Ntontos, A. C. (2012). Production of novel bioactive yogurt enriched with olive fruit polyphenols. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 64, 867-872.
- Phisut, N. (2012). Spray drying technique of fruit juice powder: some factors influencing the properties of product. *International Food Research Journal*, 19(4).
- Pinto, S. M., Clemente, M. D. G. and De Abreu, L. R. (2009). Behaviour of volatile compounds during the shelf life of yoghurt. *International Journal of Dairy Technology*, 62(2), 215-223.
- Pinto, S. S., Fritzen Freire, C. B., Dias, C. O. and Amboni, R. D. (2019). A potential technological application of probiotic microcapsules in lactose-free Greek-style yoghurt. *International Dairy Journal*, 97, 131-138.
- Poshadri, A. and Aparna, K. (2010). Microencapsulation technology: a review. *Journal of Research Angra*, 38(1), 86-102.
- Pratami, D. K., Mun'im, A., Hermansyah, H., Gozan, M. and Sahlan, M. (2020). Microencapsulation optimization of propolis ethanolic extract from *Tetragonula* spp using response surface methodology. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 12(1).
- Premi, M. and Sharma, H. K. (2017). Effect of different combinations of maltodextrin, gum arabic and whey protein concentrate on the encapsulation behavior and oxidative stability of spray dried drumstick (*Moringa oleifera*) oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 105(Pt 1), 1232-1240.
- Puri, B. and Hall, A. (1998). *Phytochemical dictionary: a handbook of bioactive compounds from plants*, 2nd Edition, Taylor and Francis.
- Quek, S. Y., Chok, N. K. and Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 46(5), 386-392.
- Quispe Condori, S., Saldaña, M. D. and Temelli, F. (2011). Microencapsulation of flax oil with zein using spray and freeze drying. *LWT-Food Science and Technology*, 44(9), 1880-1887.
- Ramales Valderrama, R. A., Vázquez Durán, A. and Méndez Albores, A. (2016). Biosorption of B-aflatoxins using biomasses obtained from formosa firethorn (*Pyracantha koidzumii* (Hayata) Rehder). *Toxins*, 8(7), 218.
- Ramírez, M. J., Giraldo, G. I. and Orrego, C. E. (2015). Modeling and stability of polyphenol in spray-dried and freeze-dried fruit encapsulates. *Powder Technology*, 277, 89-96.
- Rashidinejad, A., Birch, E. J., Sun Waterhouse, D. and Everett, D. W. (2016). Effect of liposomal encapsulation on the recovery and antioxidant properties of green tea catechins incorporated into a hard low-fat cheese following *in vitro* simulated gastrointestinal digestion. *Food and Bioproducts Processing*, 100, 238-245.

- Ray, S., Raychaudhuri, U., and Chakraborty, R. (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience*, *13*, 76-83.
- Rayman, M. P. (2000). The importance of selenium to human health. *Lancet*, *356*(9225), 233-241.
- Rayman, M. P. (2012). Selenium and human health. *Lancet*, *379*(9822), 1256-1268.
- Reineccius, G. A. (2004). The spray drying of food flavors. *Drying Technology*, *22*(6), 1289-1324.
- Ribeiro, M. C. E., Chaves, K. S., Gebara, C., Infante, F. N., Grosso, C. R. and Gigante, M. L. (2014). Effect of microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yoghurt. *Food Research International*, *66*, 424-431.
- Rysstad, G. and Abrahamsen, R. K. (1987). Formation of volatile aroma compounds and carbon dioxide in yogurt starter grown in cows' and goats' milk. *Journal of Dairy Research*, *54*(2), 257-266.
- Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S. and Donkor, O. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, *65*, 978-986.
- Sahan, N., Yasar, K. and Hayaloglu, A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a  $\beta$ -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food Hydrocolloids*, *22*(7), 1291-1297.
- Saikia, S., Mahnot, N. K. and Mahanta, C. L. (2015). Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chemistry*, *171*, 144-152.
- Saklani, S., Chandra, S. and Mishra, A. (2011). Evaluation of antioxidant activity, quantitative estimation of phenols, anthocynins and flavonoids of wild edible fruits of Garhwal Himalaya. *Journal of Pharmacy Research*, *4*(11), 4083-4086.
- Sanchez, C., Nigen, M., Tamayo, V. M., Doco, T., Williams, P., Amine, C. and Renard, D. (2018). Acacia gum: History of the future. *Food Hydrocolloids*, *78*, 140-160.
- Sanchez, C., Renard, D., Robert, P., Schmitt, C. and Lefebvre, J. (2002). Structure and rheological properties of acacia gum dispersions. *Food Hydrocolloids*, *16*(3), 257-267.
- Sarıkürkçü, C. and Tepe, B. (2015). Biological activity and phytochemistry of firethorn (*Pyracantha coccinea* MJ Roemer). *Journal of Functional Foods*, *19*, 669-675.
- Sarvari, F., Mortazavian, A. M. and Fazeli, M. (2014). Biochemical characteristics and viability of probiotic and yogurt bacteria in yogurt during the fermentation and refrigerated storage. *Applied Food Biotechnology*, *1*(1), 55-61.
- Sawale, P. D., Patil, G. R., Hussain, S. A., Singh, A. K. and Singh, R. R. B. (2017). Effect of incorporation of encapsulated and free Arjuna herb on storage stability of chocolate vanilla dairy drink. *Food Bioscience*, *19*, 142-148.
- Saxena, M., Saxena, J. and Pradhan, A. (2012). Flavonoids and phenolic acids as antioxidants in plants and human health. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, *16*(2), 130-134.
- Sendra, E., Kuri, V., Fernández López, J., Sayas Barbera, E., Navarro, C. and Pérez Alvarez, J. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT-Food Science and Technology*, *43*(4), 708-714.

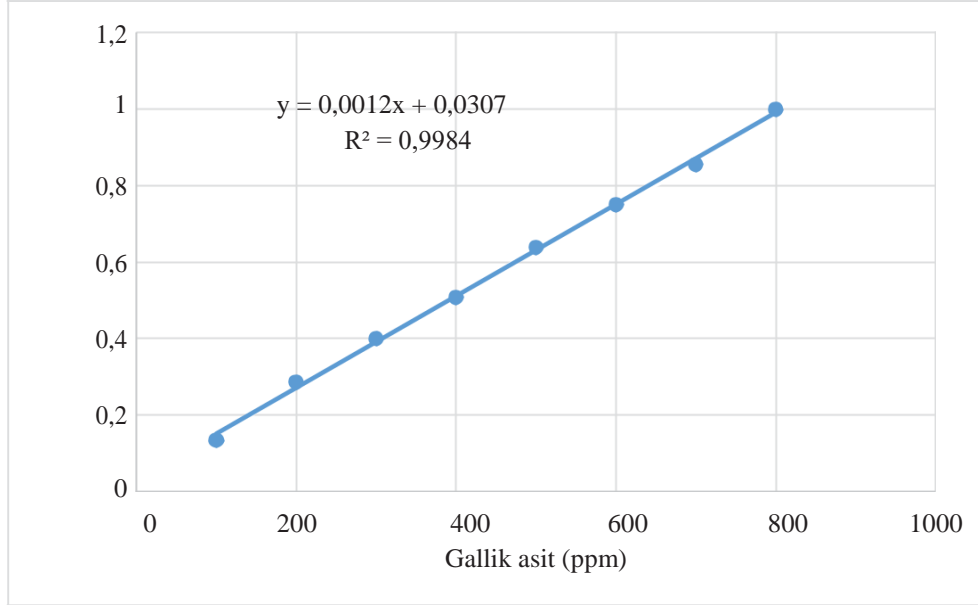
- Šeregelj, V., Tumbas Šaponjac, V., Lević, S., Kalužević, A., Četković, G., Čanadanović Brunet, J., Nedović, V., Stajčić, S., Vulić, J. and Vidaković, A. (2019). Application of encapsulated natural bioactive compounds from red pepper waste in yogurt. *Journal of Microencapsulation*, 36(8), 704-714.
- Serra, A., Macia, A., Romero, M. P., Valls, J., Blade, C., Arola, L. and Motilva, M. J. (2010). Bioavailability of procyanidin dimers and trimers and matrix food effects in *in vitro* and *in vivo* models. *The British Journal of Nutrition*, 103(7), 944-952.
- Serra, M., Trujillo, A. J., Guamis, B. and Ferragut, V. (2009). Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food Hydrocolloids*, 23(1), 82-91.
- Shahidi, F., Varatharajan, V., Oh, W. Y. and Peng, H. (2019). Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects. *J. Journal of Food Bioactives*, 5(1), 57-119.
- Spinelli, S., Conte, A. and Del Nobile, M. A. (2016). Microencapsulation of extracted bioactive compounds from brewer's spent grain to enrich fish-burgers. *Food and Bioproducts Processing*, 100, 450-456.
- Srinivasulu, C., Ramgopal, M., Ramanjaneyulu, G., Anuradha, C. M. and Suresh Kumar, C. (2018). Syringic acid (SA) A Review of Its Occurrence, Biosynthesis, Pharmacological and Industrial Importance. *Biomed Pharmacother*, 108, 547-557.
- Steffe, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. Freeman Press, USA.
- Sung, J. M. and Choi, H. Y. (2014). Effect of mulberry powder on antioxidant activities and quality characteristics of yogurt. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*, 43(5), 690-697.
- Supavititpatana, P., Wirjantoro, T. I. and Raviyan, P. (2010). Characteristics and shelf-life of corn milk yogurt. *Journal of Natural Science*, 9(1), 133-147.
- Şahin, S., Aybastier, Ö. and Demir, C. (2016). Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Quercetin and Cyanidin from *P. yracantha* Coccinea and Their Scavenging Effect on Free Radicals. *Journal of Food Biochemistry*, 40(4), 472-479.
- Tagliazucchi, D., Verzelloni, E., Bertolini, D. and Conte, A. (2010). *In vitro* bio-accessibility and antioxidant activity of grape polyphenols. *Food Chemistry*, 120(2), 599-606.
- Tamime, A. Y. and Robinson, R. K. (2007). *Tamime and Robinson's Yoghurt*. 3rd Edition, Woodhead Publishing, England.
- Tamjidi, F., Nasirpour, A. and Shahedi, M. (2012). Physicochemical and sensory properties of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Food Science and Technology International*, 18(4), 381-390.
- Tamjidi, F., Nasirpour, A. and Shahedi, M. (2014). Rheological characteristics of yogurt enriched with microencapsulated fish oil. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 16(5), 1073-1082.
- Tan, P. Y., Tan, T. B., Chang, H. W., Tey, B. T., Chan, E. S., Lai, O. M., Baharin, B. S., Nehdi, I. A. and Tan, C. P. (2018). Effects of storage and yogurt matrix on the stability of tocotrienols encapsulated in chitosan-alginate microcapsules. *Food Chemistry*, 241, 79-85.
- Tang, Q., Munro, P. A. and McCarthy, O. J. (1993). Rheology of whey protein concentrate solutions as a function of concentration, temperature, pH and salt concentration. *Journal of Dairy Research*, 60(3), 349-361.

- Tarakci, Z. (2010). Influence of kiwi marmalade on the rheology characteristics, color values and sensorial acceptability of fruit yogurt. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 16(2), 173-178.
- Temiz, H. and Çakmak, E. (2018). The effect of microbial transglutaminase on probiotic fermented milk produced using a mixture of bovine milk and soy drink. *International Journal of Dairy Technology*, 71(4), 906-920.
- Thompson, L. U. (1993). Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. *Food Research International*, 26(2), 131-149.
- Tiwari, B. K. (2015). Ultrasound: A clean, green extraction technology. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 71, 100-109.
- Tolun, A., Altintas, Z. and Artik, N. (2016). Microencapsulation of grape polyphenols using maltodextrin and gum arabic as two alternative coating materials: Development and characterization. *Journal of Biotechnology*, 239, 23-33.
- Tonon, R. V., Brabet, C. and Hubinger, M. D. (2008) . Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, 88(3), 411-418.
- Tonon, R. V., Brabet, C. and Hubinger, M. D. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, 43(3), 907-914.
- Tonon, R. V., Freitas, S. S. and Hubinger, M. D. (2011a). Spray drying of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice: effect of inlet air temperature and type of carrier agent. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(5), 691-700.
- Tonon, R. V., Grosso, C. R. and Hubinger, M. D. (2011b). Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying. *Food Research International*, 44(1), 282-289.
- Tóth, R. J. and Csapó, J. (2018). The role of selenium in nutrition—A review. *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 11(1), 128-144.
- Tran, T. T. A. and Nguyen, H. V. H. (2018). Effects of spray-drying temperatures and carriers on physical and antioxidant properties of lemongrass leaf extract powder. *Beverages*, 4(4), 84.
- Turker, A. U., Yildirim, A. B. and Karakas, F. P. (2012). Antibacterial and antitumor activities of some wild fruits grown in Turkey. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 26(1), 2765-2772.
- Turker, H. and Yıldırım, A. B. (2015). Screening for antibacterial activity of some Turkish plants against fish pathogens: a possible alternative in the treatment of bacterial infections. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 29(2), 281-288.
- Vahabi, L., Monajemi, R. and Hosseini, S. A. (2015). The Cytotoxic Effect of Methanolic Extract of *Pyracantha coccinea* M. Roemer Fruit on Hela cell line, Antioxidant Capacities and Total Phenol Contents of Methanolic and Aquatic Extract of this fruit. *Biomedical and Pharmacology Journal*, 8 (March Spl Edition), 99-103.
- Van Atta, M. (2002). *Exotic Foods: A Kitchen and Garden Guide* (1st edition ed.), Pineapple Press.
- Vaseji, N., Mojjani, N., Amirinia, C., and Iranmanesh, M. (2012). Comparison of Butyric acid concentrations in ordinary and probiotic yogurt samples in Iran. *Iranian Journal of Microbiology*, 4(2), 87-93.

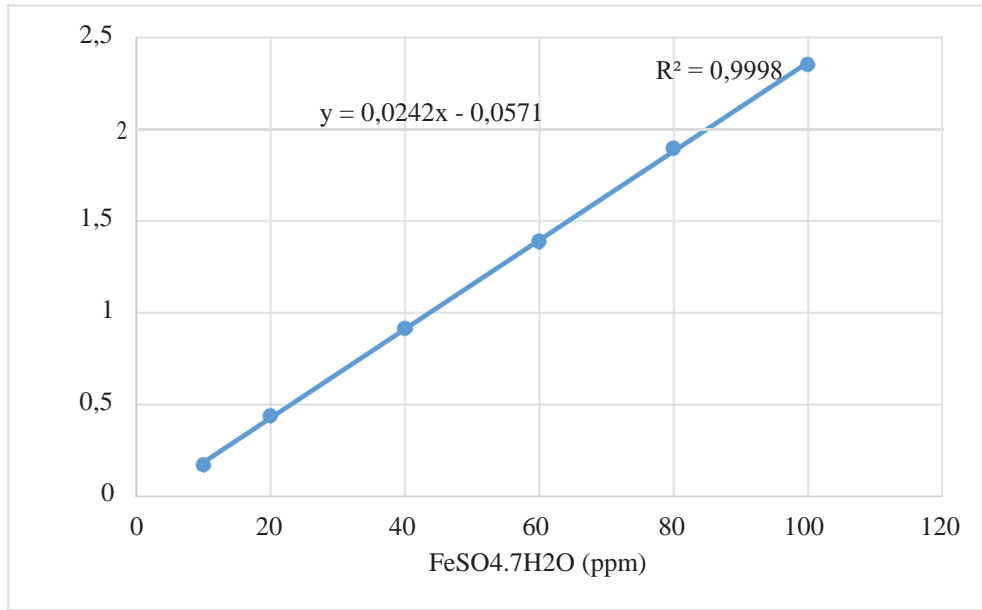
- Vénica, C. I., Perotti, M. C. and Bergamini, C. V. (2014). Organic acids profiles in lactose-hydrolyzed yogurt with different matrix composition. *Dairy Science and Technology*, 94(6), 561-580.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L. and Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry—A review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 9(2), 161-169.
- Walton, D. and Mumford, C. (1999). The morphology of spray-dried particles: the effect of process variables upon the morphology of spray-dried particles. *Chemical Engineering Research and Design*, 77(5), 442-460.
- Wandrey, C., Bartkowiak, A. and Harding, S. E. (2010). Materials for Encapsulation. In Z. N.J. and N. V. (Eds.), *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. Springer, 31-100
- Wen, C., Zhang, J., Zhang, H., Dzah, C. S., Zandile, M., Duan, Y., Ma, H. and Luo, X. (2018). Advances in ultrasound assisted extraction of bioactive compounds from cash crops— A review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 48, 538-549.
- Ydjedd, S., Bouriche, S., López Nicolás, R. n., Sánchez Moya, T., Frontela Saseta, C., Ros Berruezo, G., Rezgui, F., Louaileche, H. and Kati, D. E. (2017). Effect of *in vitro* gastrointestinal digestion on encapsulated and nonencapsulated phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.) pulp extracts and their antioxidant capacity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(4), 827-835.
- Yousefi, M., Khanniri, E., Shadnoush, M., Khorshidian, N. and Mortazavian, A. M. (2020). Development, characterization and *in vitro* antioxidant activity of chitosan-coated alginate microcapsules entrapping *Viola odorata* Linn. extract. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 44-54.
- Zare, F., Boye, J., Orsat, V., Champagne, C. and Simpson, B. (2011). Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Research International*, 44(8), 2482-2488.
- Zhang, L. H., Xu, X. D., Shao, B., Shen, Q., Zhou, H., Hong, Y. M. and Yu, L. M. (2015). Physicochemical properties and bioavailability of lutein microencapsulation (LM). *Food Science and Technology Research*, 21(4), 503-507.
- Zhang, Z. Y., Ping, Q. N. and Xiao, B. (2000). Microencapsulation and characterization of tramadol–resin complexes. *Journal of Controlled Release*, 66(2-3), 107-113.
- Zhishen, J., Mengcheng, T. and Jianming, W. (1999). The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.
- Ziarno, M. and Zaręba, D. (2020). The effect of the addition of microbial transglutaminase before the fermentation process on the quality characteristics of three types of yogurt. *Food Science and Biotechnology*, 29(1), 109-119.

## EKLER

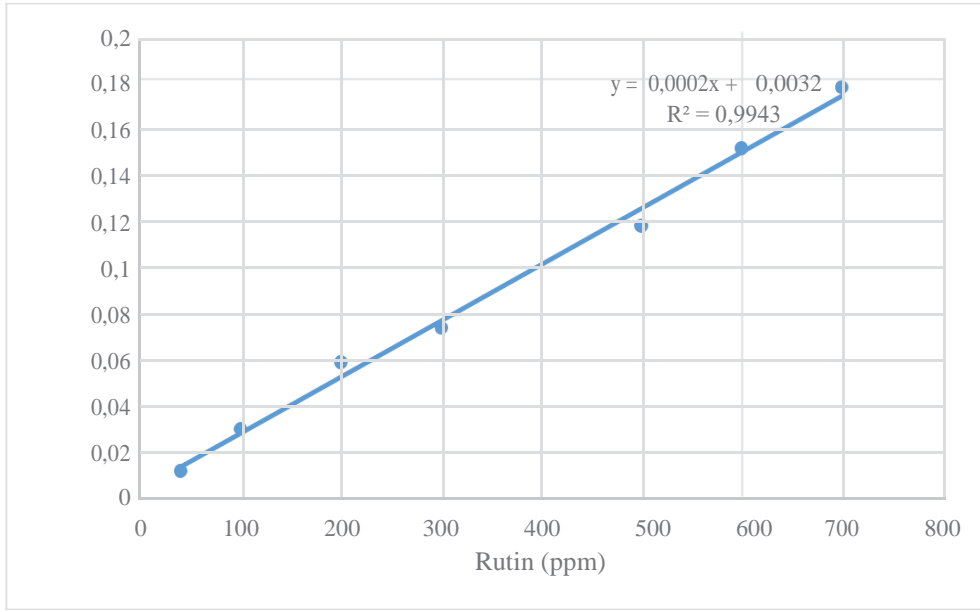
### Ek 1. Gallik Asit Kalibrasyon Grafiği



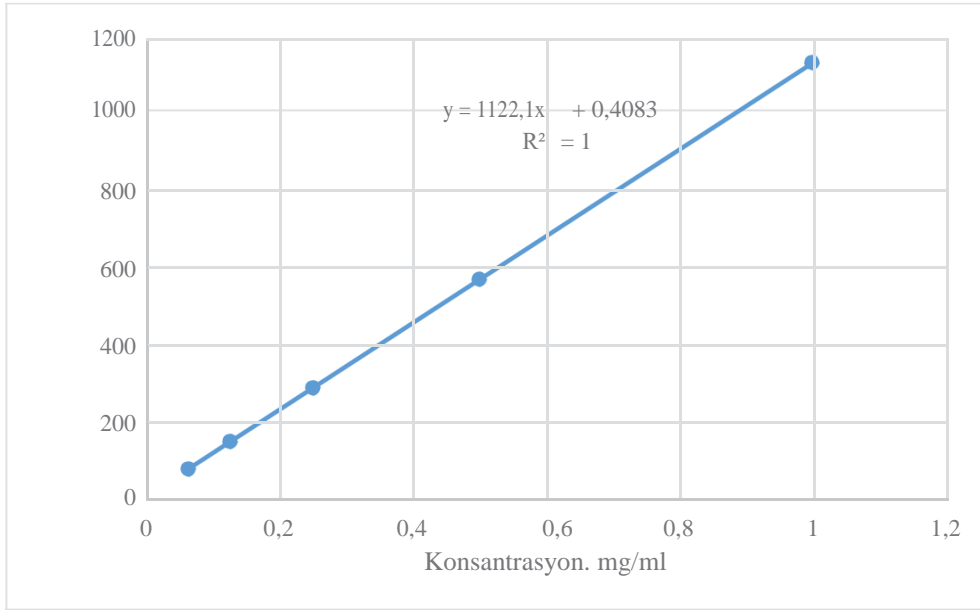
## Ek 2. FeSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O Kalibrasyon Grafiği



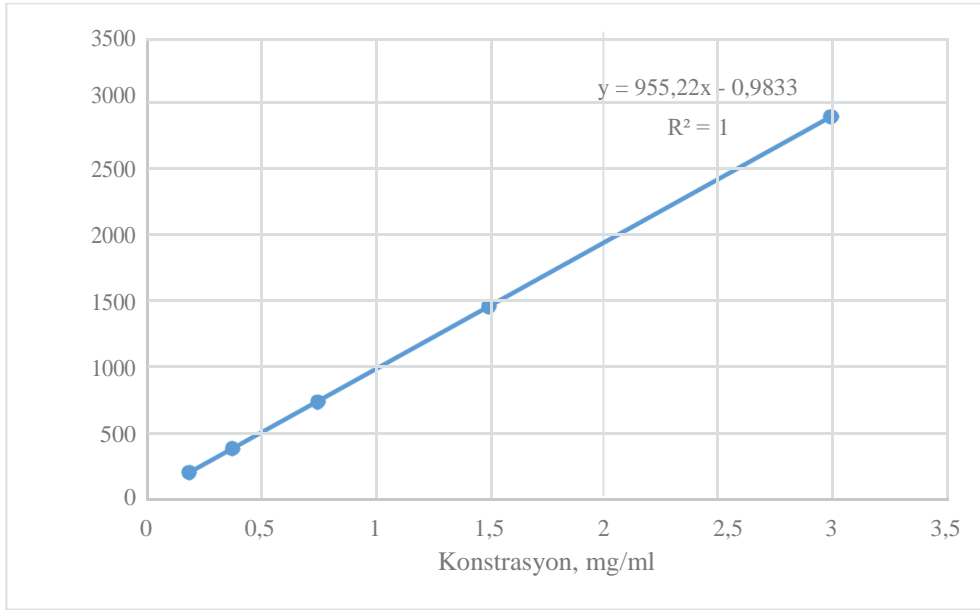
### Ek 3. Rutin Kalibrasyon Grafiği



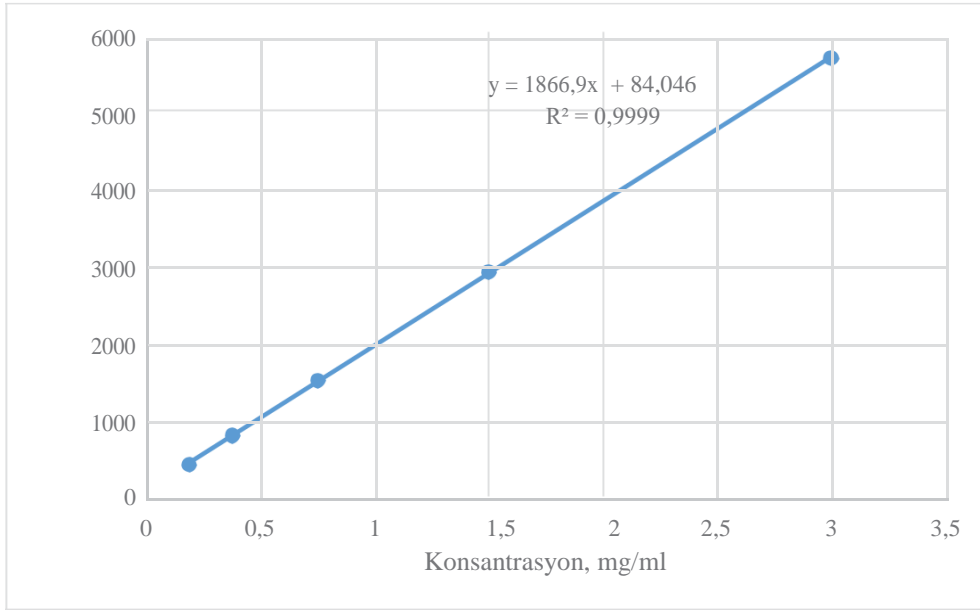
#### Ek 4. Laktik Asit Kalibrasyon Grafiği



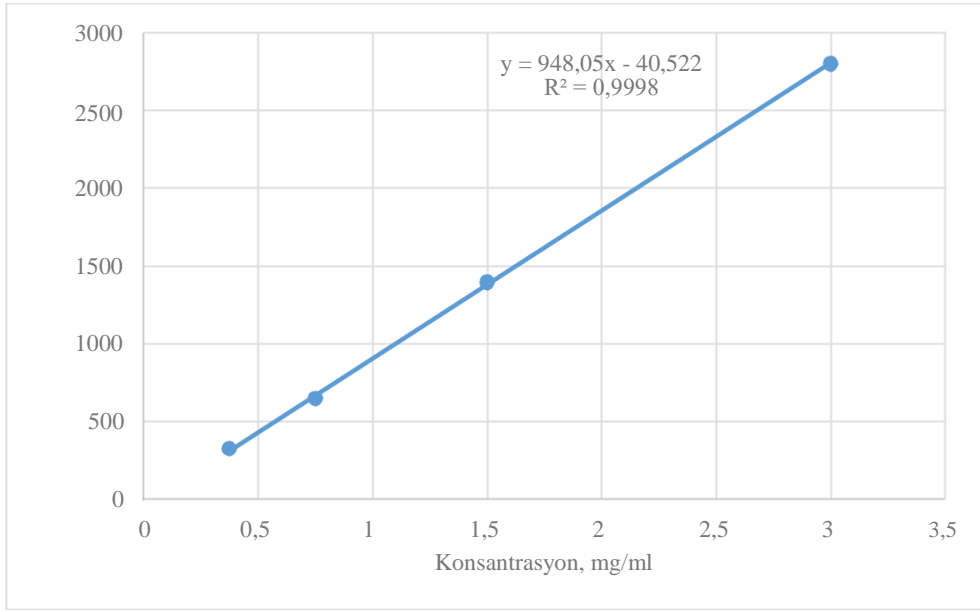
## Ek 5. Asetik Asit Kalibrasyon Grafiği



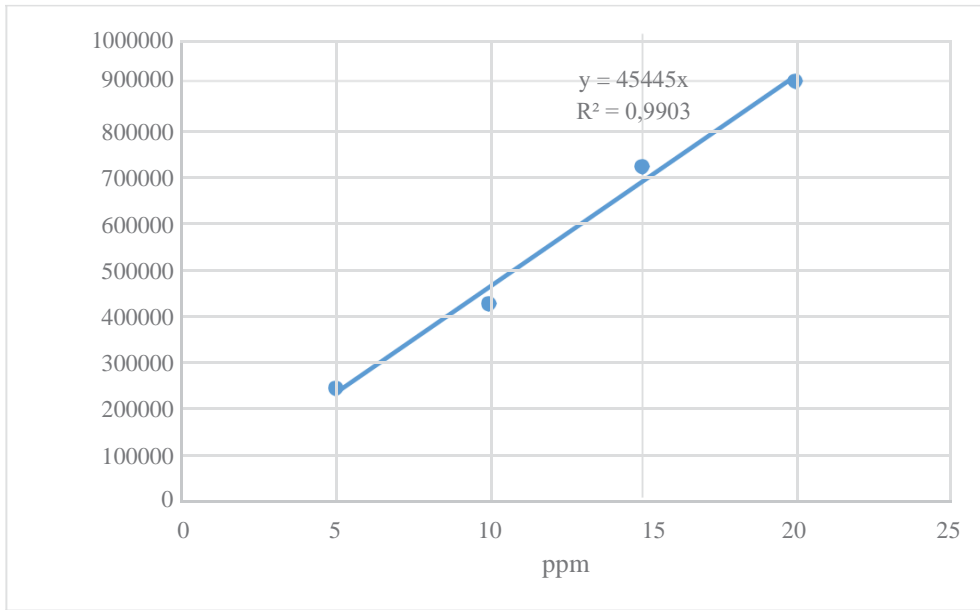
## Ek 6. Sitrik Asit Kalibrasyon Grafiği



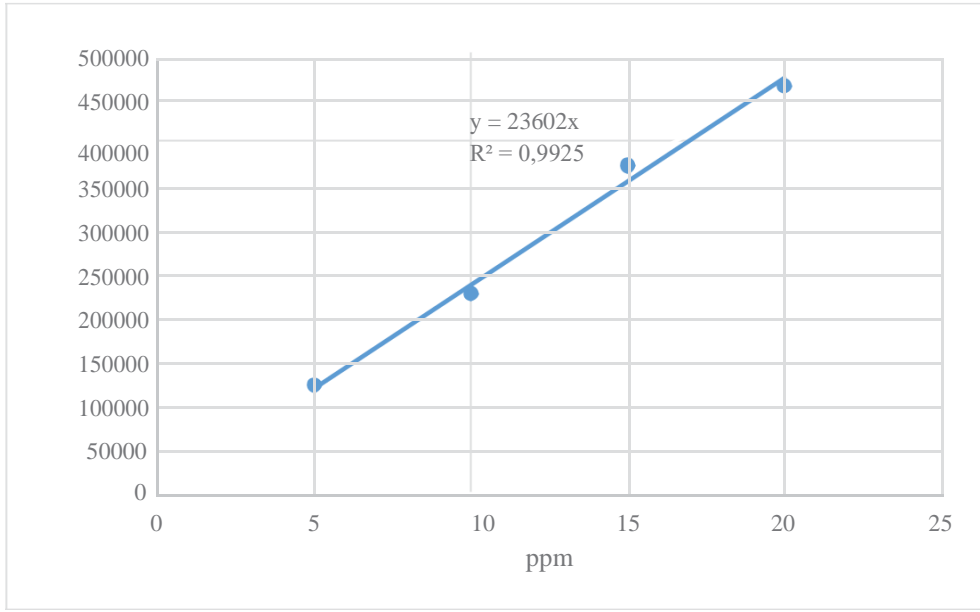
## Ek 7. Bütirik Asit Kalibrasyon Grafiği



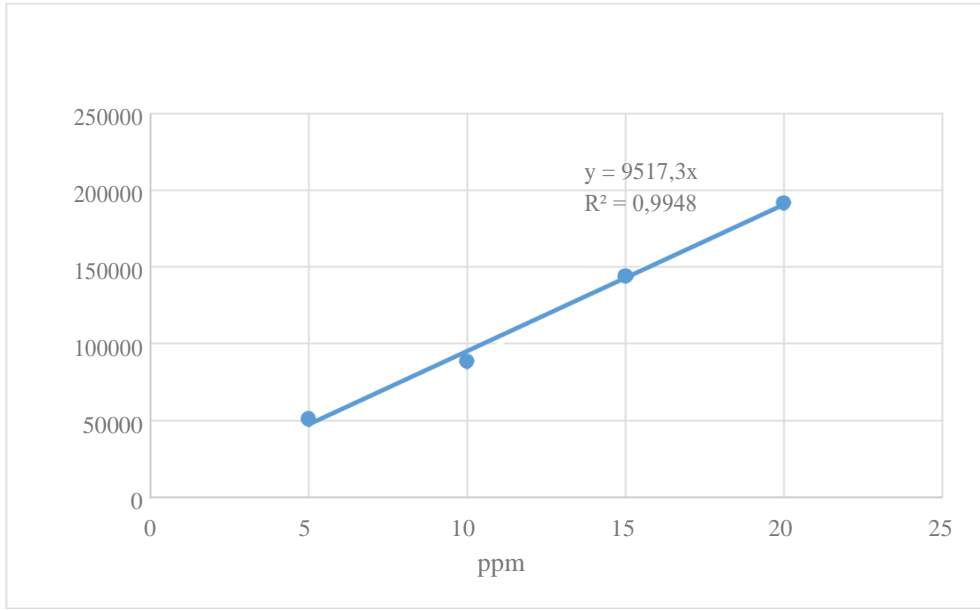
### Ek 8. Gallik Asit Kalibrasyon Grafiği



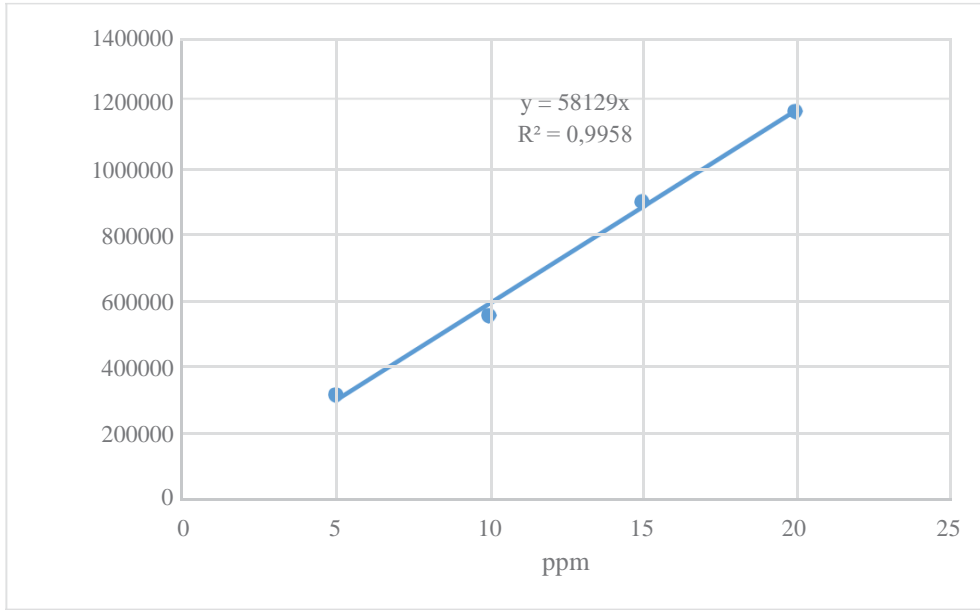
### Ek 9. *p*-hidroksibenzoik Asit Kalibrasyon Grafiği



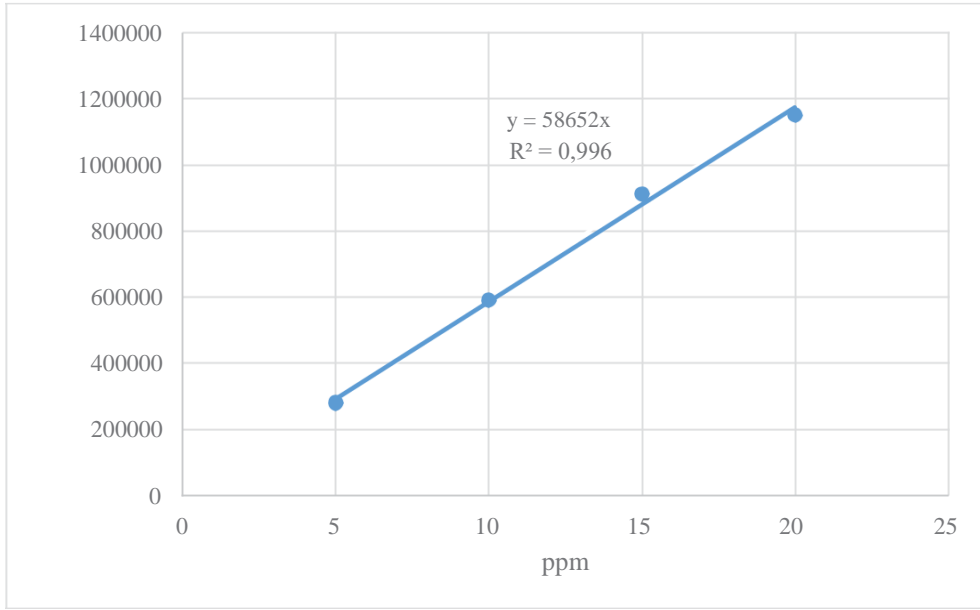
## Ek 10. Epikateşin Kalibrasyon Grafiği



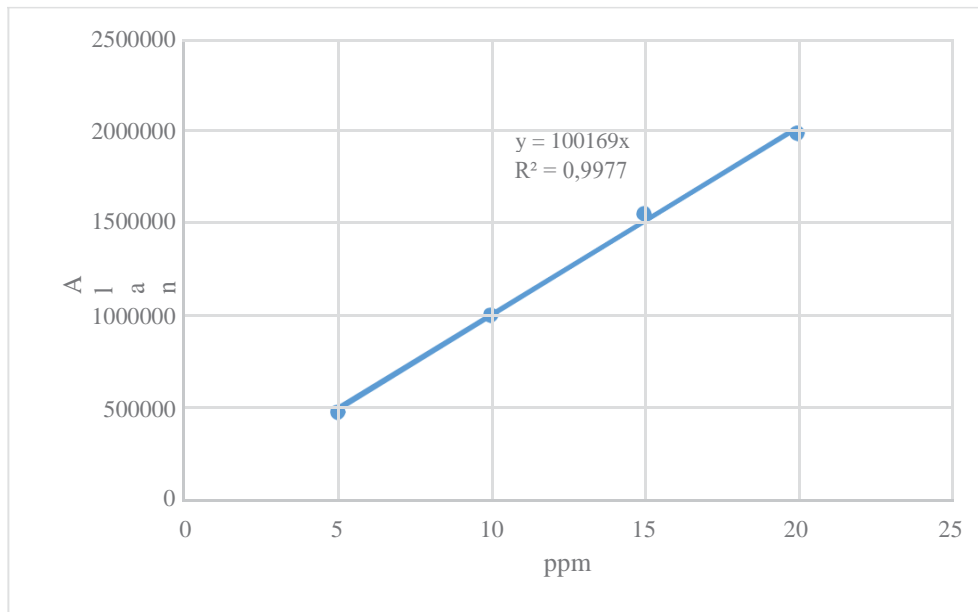
### Ek 11. Şirincik Asit Kalibrasyon Grafiği



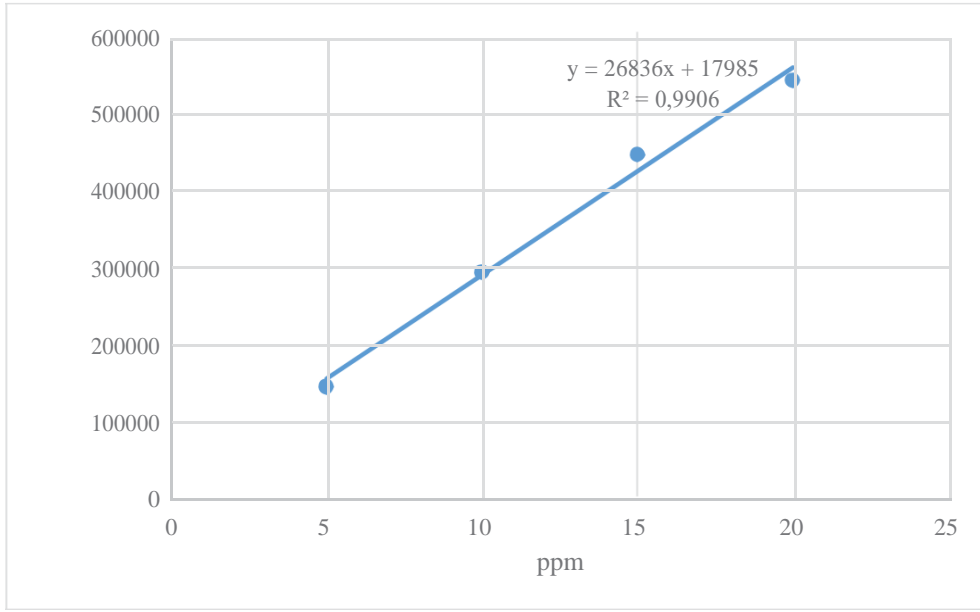
## Ek 12. Klorojenik Asit Kalibrasyon Grafiği



### Ek 13. Kafeik Asit Kalibrasyon Grafiği



#### Ek 14. Rutin Kalibrasyon Grafiği



## Ek 15. Duyusal Panel Kartı

Değerlendirmeyi Yapanın Adı Soyadı:									Tarih:		
Özellik		Örnek no									
		K101	E101	E201	E301	P102	P202	P302	D103	D203	D303
Dış Görünüş (1-9P)	Düzgün renk dağılımı, Pürüzsüz yapı										
Kıvam (1-9P)	Yüzeysel ve görsel kıvam, Sağlam dayanıklı										
Koku (1-9P)	Kendine has hoş kokuda										
Tat (1-9P)	Kendine has hafif ekşimsi tat										
Genel Kabul Edilebilirlik (Kabul edilebilir=9P)											
9 Çok fazla beğendim											
8 Çok Beğendim											
7 Orta derecede beğendim											
6 Az beğendim											
5 Ne beğendim ne de beğenmedim											
4 Biraz beğenmedim											
3 Orta derecede beğenmedim											
2 Çok beğenmedim											
1 Hiç beğenmedim											

## Ek 16. Öz Geçmiş

### ÖZGEÇMİŞ

Eda İLHAN DİNÇER, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden 2008 yılında mezun oldu. 2012 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Gıda Mühendisliği ABD Yüksek Lisans programını bitirdi. 2012 yılından bu yana Hitit Üniversitesi Alaca Avni Çelik MYO'nda Öğretim Görevlisi olarak görev yapan Eda İLHAN DİNÇER, iyi derecede İngilizce bilmektedir (17.12.2020).

Orcid: 0000-0002-3454-9793