

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARA HAVUÇ EKSTRAKTININ SOĞUK JELLEŞME YÖNTEMİYLE  
PEKTİN VE/VEYA Na-ALJİNAT İLE ENKAPSÜLASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Melda TAVLAŞOĞLU**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Gıda Mühendisliği Programı**

**EYLÜL 2016**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KARA HAVUÇ EKSTRAKTININ SOĞUK JELLEŞME YÖNTEMİYLE  
PEKTİN VE/VEYA Na-ALJİNAT İLE ENKAPSÜLASYONU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Melda TAVLAŞOĞLU  
(506121537)**

**Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Gıda Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN**

**EYLÜL 2016**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506121537 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Melda TAVLAŞOĞLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “Kara Havuç Ekstraktının Soğuk Jelleşme Yöntemiyle Pektin ve/veya Na-Aljinat ile Enkapsülasyonu” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Yrd. Doç. Dr. H. Funda KARBANCIOĞLU GÜLER**  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Yrd. Doç. Dr. Gamze TOYDEMİR**  
Okan Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : **29 Ağustos 2016**  
**Savunma Tarihi** : **05 Eylül 2016**





*Her zaman yanımda olan çok sevgili aileme,*





## ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca, değerli fikirleri ile beni yönlendiren, olumlu yaklaşımlarıyla ilgi ve çok değerli desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bu süreci rahat atlatmam için elinden geleni yapan, her zaman pozitif, birlikte çalışmaktan onur ve zevk duyduğum çok değerli hocam ve danışmanım Doç. Dr. Esra ÇAPANOĞLU GÜVEN'e saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım. Tezimin şekillenmesinde yardımcı olan Gülay ÖZKAN'a teşekkür ederim. Ayrıca desteklerini hep hissettiğim ve bana her zaman inanan, güvenen ve teşvik eden canım annem Ayfer KURNAZ'a, canım babam Halil KURNAZ'a, biricik kardeşim Berna KURNAZ'a, kuzenim Berat KAHYA'ya ve çok sevgili eşim Savaş TAVLAŞOĞLU'na her daim yanımda olduklarından, sabırlarından ve fedakarlıklarından dolayı teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarında yardımcı olan arkadaşım Ekin ONGAN'a teşekkür ederim. Her zaman motive etmeye çalışan, ne zaman yardıma ihtiyacım olsa asla geri çevirmeyen Marmara Üniversitesi Ar. Gör. Dr. Banu AYDIN'a teşekkür ederim.

Eylül 2016

Melda TAVLAŞOĞLU  
(Gıda Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ .....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xxi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
2.1 Kara Havuç .....	3
2.1.1 Kara havuçtaki fenolik bileşenler ve sağlık etkisi.....	4
2.2 Mikroenkapsülasyon .....	7
2.2.1 Enkapsüle edilen bileşenler ve kaplama materyalleri .....	9
2.2.2 Enkapsülasyon yöntemleri.....	15
<b>3. MATERYAL VE METOT .....</b>	<b>19</b>
3.1 Materyal.....	19
3.2 Metot .....	19
3.2.1 Kara havuç ekstraktının soğuk jelleşme yöntemi ile pektin ve/veya aljinat materyalleriyle enkapsülasyonu.....	19
3.2.2 Stabilite çalışması.....	23
3.2.3 Ekstraksiyon.....	24
3.2.4 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini .....	24
3.2.4.1 CUPRAC metodu (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi).....	24
3.2.4.2 ABTS metodu (radikal yakalama yöntemi) .....	24
3.2.5 Toplam antosiyanin tayini .....	25
3.2.6 Renk tayini .....	25
3.2.7 Enkapsülasyon verimliliği .....	25
3.2.8 Mikroenkapsüllerin ışık mikroskobu ile optik olarak incelenmesi .....	25
3.2.9 İstatistiksel analiz .....	25
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>27</b>
4.1 Enkapsüle Edilmiş Kara Havuç Örneklerinin Analizleri .....	27
4.1.1 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini .....	27
4.1.1.1 CUPRAC metodu (bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi) .....	27
4.1.1.2 ABTS metodu (radikal yakalama yöntemi) .....	31
4.1.2 Toplam antosiyanin miktarı tayini .....	34
4.1.3 Renk tayini .....	37
4.1.4 Enkapsülasyon verimliliği .....	47
4.1.5 Mikroenkapsüllerin ışık mikroskobu ile optik olarak incelenmesi.....	49
4.2 Enkapsüle Ürün ile Zenginleştirilmiş Yoğurt Örneklerinin Analizleri.....	52
4.2.1 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini .....	52

4.2.1.1 CUPRAC metodu (bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi).....	52
4.2.1.2 ABTS metodu (radikal yakalama yöntemi).....	55
4.2.2 Toplam antosiyanin miktarı.....	57
4.2.3 Renk tayini.....	60
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>63</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>65</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>73</b>



## KISALTMALAR

<b>ABTS</b>	: 2,2- azinobis 3-etilbenzothiazolin-6-sulfonik asit diammonium Salt
<b>CUPRAC</b>	: Bakır (II) indirgeyici antioksidan kapasitesi
<b>ANOVA</b>	: Varyans analizi
<b>Cy-3-gly</b>	: Siyanidin-3-glukozit
<b>TEAC</b>	: Troloks eşdeğeri antioksidan kapasitesi
<b>Troloks</b>	: 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroma-2-carboxylic acid
<b>a/h</b>	: ağırlık/hacim
<b>Gal</b>	: galaktozit
<b>Cy</b>	: siyanidin
<b>Xyl</b>	: ksilosil
<b>G</b>	: $\alpha$ -L-guluronik asit
<b>M</b>	: $\beta$ -D-mannuronik asit



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 4.1</b> : %2'lik pektin ile enkapsüle edilen örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri.....	<b>28</b>
<b>Çizelge 4.2</b> : %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri.....	<b>29</b>
<b>Çizelge 4.3</b> : %1 pektin-%1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilen örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri .....	<b>30</b>
<b>Çizelge 4.4</b> : %2'lik pektin ile enkapsüle edilen örneklerin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasiteler.....	<b>32</b>
<b>Çizelge 4.5</b> : %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen örneklerin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri.....	<b>33</b>
<b>Çizelge 4.6</b> : %1 pektin-%1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilen örneklerin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri.....	<b>33</b>
<b>Çizelge 4.7</b> : %2'lik pektin ile enkapsüle edilen örneklerin toplam antosiyanin miktarları.....	<b>35</b>
<b>Çizelge 4.8</b> : %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen örneklerin toplam antosiyanin miktarları.....	<b>36</b>
<b>Çizelge 4.9</b> : %1 pektin - %1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilen örneklerin toplam antosiyanin miktarları .....	<b>36</b>
<b>Çizelge 4.10</b> : %2 lik pektin ile kaplanan örneklerin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.....	<b>39</b>
<b>Çizelge 4.11</b> : %2'lik aljinat ile kaplanan örneklerin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.....	<b>40</b>
<b>Çizelge 4.12</b> : %1'lik pektin - %1'lik aljinat ile kaplanan örneklerin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.....	<b>41</b>
<b>Çizelge 4.13</b> : Enkapsülayon verimliliği .....	<b>48</b>
<b>Çizelge 4.14</b> : Yoğurt örneklerine ait CUPRAC metodu ile antioksidan kapasitesi analizi.....	<b>54</b>
<b>Çizelge 4.15</b> : Yoğurt örneklerine ait ABTS metodu ile antioksidan kapasitesi analizi .....	<b>56</b>
<b>Çizelge 4.16</b> : Yoğurt örneklerine ait antosiyanin kapasitesi .....	<b>59</b>
<b>Çizelge 4.17</b> : Yoğurt örneklerinin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.....	<b>61</b>





## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Kara havuçtaki baskın antosiyaninlerin yapısı.....	6
Şekil 2.2 : Çekirdek yapılarına göre kapsül çeşitleri.....	9
Şekil 2.3 : Mikrokapsüllerin farklı yapıları .....	9
Şekil 2.4 : Mikroenkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri .....	10
Şekil 2.5 : Aljitanın G, M ve değişken bloklarının kimyasal yapısı.....	12
Şekil 2.6 : Galaktronat ve Guluronat zincirlerinin şematik gösterimi.....	14
Şekil 2.7 : Kapsül oluşumunda dışsal jelleşme mekanizması.....	18
Şekil 3.1 : Farklı kaplama maddeleriyle farklı konsantrasyonlarda kara havuç ekstraktının enkapsülasyonu .....	21
Şekil 3.2 : Yoğurt örnekleri .....	22
Şekil 4.1 : 0. haftada mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri.....	43
Şekil 4.2 : 1. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri. ...	44
Şekil 4.3 : 2. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri. ...	45
Şekil 4.4 : 3. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri. ...	46
Şekil 4.5 : 4. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri. ...	47
Şekil 4.6 : %2 pektin %1 kara havuç içeren kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü. ....	50
Şekil 4.7 : %2 pektin içeren boş kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.....	50
Şekil 4.8 : %2 aljinat %1 kara havuç içeren kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.....	51
Şekil 4.9 : %2 aljinat içeren boş kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.....	51
Şekil 4.10 : %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç içeren kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.....	51
Şekil 4.11 : %1 pektin-%1 aljinat içeren boş kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü .....	52



## KARA HAVUÇ EKSTRAKTININ SOĞUK JELLEŞME YÖNTEMİYLE PEKTİN VE/VEYA Na-ALJİNAT İLE ENKAPSÜLASYONU

### ÖZET

Fenolikler,  $\alpha$ -tokoferol, poliasetilen, karotenoid gibi çeşitli fitokimyasalları içinde barındıran ve tüketimi giderek artan sağlık açısından olumlu etkileri bulunan, doğal renklendirici olarak kullanılan antioksidanlarca ve antosiyaninlerce zengin kara havucun gıda endüstrisinde kullanım potansiyeli oldukça yüksektir. Bilinçli tüketiciler tarafından sağlıklı yaşama yönelik giderek artan bir eğilim olduğu görülmektedir. Sağlık açısından yararlı olan ve yenilikçi olarak nitelendirilen fonksiyonel bileşenlerin besin değerini artırmak için gıda ürünlerine ilavesine gereksinim duyulmaktadır. Bu bileşikler genellikle çevresel, gastrointestinal ve işleme koşullarına karşı çok hassastırlar ve hızlıca inaktive olabilirler. Literatüre bakıldığında biyoaktif bileşenlerin bir kaplama maddesi içerisine dahil edilmesiyle oluşan mikroenkapsülasyonun bu tür zorlukların üstesinden gelmek için kullanıldığı ve aynı zamanda gıda matrisiyle istenmeyen etkileşimlerin olmasını engellediği ve enkapsüle bileşiğin kontrollü salınımını da sağladığı gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada soğuk jelleşme yöntemi ile mikroenkapsülasyon gerçekleştirilmiştir. %2'lik pektin, %2'lik aljinat, %1 pektin-%1 aljinat solüsyonları kaplama materyali, farklı konsantrasyonlardaki (%1, %0,5, %0,25) kara havuç ekstraktı da aktif madde olarak kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlardaki aktif madde ayrı ayrı %2'lik pektin, %2'lik aljinat, %1 pektin-%1 aljinat solüsyonuna ilave edilerek manyetik karıştırıcıda karıştırılarak homojen bir karışım elde edilmiş ve karışımlara antimikrobiyal özelliğinden dolayı %0,02 sodyum azid ilave edilmiştir. Hazırlanan her bir karışım 5 mL'lik şiringa ile %3'lük  $\text{CaCl}_2$  çözeltisine damlatılarak soğuk jelleşme yöntemi ile mikroenkapsülasyon gerçekleştirilmiştir. Her bir 5 mL'lik damlatma işlemi sonrası oluşan boncuklar, jel yapının korunması amacıyla  $\text{CaCl}_2$  (kalsiyum klorür) çözeltisinde bekletilmiştir. Ardından süzülüp kapaklı cam kavanozlara alınarak 4 hafta boyunca  $+4^\circ\text{C}$ 'de depolanmıştır. Bu çalışmada %2'lik pektin %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik pektin %0,5'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik pektin %0,25'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik pektin içeren boş kapsül, %2'lik aljinat %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik aljinat %0,5'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik aljinat %0,25'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik aljinat içeren boş kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat %0,5'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat %0,25'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat içeren boş kapsül elde edilmiştir. Aktif madde olarak %1 kara havuç ekstraktı içeren ve kaplama materyali olarak da %2 pektin, %2 aljinat, %1 pektin-%1 aljinat kullanılan kapsüllerden ayrı ayrı 15 g alınarak ayrı ayrı 50 g yoğurda, ilave edilerek  $4^\circ\text{C}$ 'de 4 hafta boyunca depolanmıştır. Örneklerin

enkapsülasyon verimliliği ve ışık mikroskobu görüntüleri incelenmiştir. 1 haftalık periyotlarla da tüm örneklerdeki renk değişimi, toplam antosiyanin miktarı, CUPRAC ve ABTS yöntemleri ile toplam antioksidan miktarındaki değişim depolama süresi boyunca analizlenmiştir. Depolama çalışmasının hedefi ürüne ilave edilen mikroenkapsüle edilmiş kara havucun üzerine depolama süresinin etkisinin incelenmesidir.

+4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2'lik pektin ile kaplanan %1 kara havuç içeren enkapsüle ürünün CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitesinde %36,42 azalma tespit edilirken bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %62,40, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %56,75 olarak belirlenmiştir. +4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda kaplama materyali olarak %2'lik aljinatın kullanıldığı %1 kara havuç içeren enkapsüle örneğin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitesinde %67,94 azalma tespit edilirken bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %52,17, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %62,37 olarak belirlenmiştir. %1 pektin- %1 aljinat kaplama materyali ile kaplanan %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin 4° C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitelerindeki azalma ise sırasıyla %48,50, %48,56, %68,65 olarak ifade edilmiştir.

+4° C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2'lik pektin ile kaplanan %1 kara havuç içeren enkapsüle ürünün ABTS metodu ile toplam antioksidan miktarında %17,06 azalma tespit edilirken bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %47,24, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %64,86 olarak belirlenmiştir. +4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda kaplama materyali olarak %2'lik aljinatın kullanıldığı %1 kara havuç içeren enkapsüle örneğin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasitesinde %43,72 azalma tespit edilirken, bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %67,65, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %89,44 olarak belirlenmiştir. %1'lik pektin-%1'lik aljinat kaplama materyali ile kaplanan %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin 4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasitelerindeki azalma ise sırasıyla %15,14, %88,75, %82,79 olarak ifade edilmiştir.

%2'lik pektinle enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin 0. hafta toplam antosiyanin miktarları sırasıyla 67,99±2,16, 42,91±1,07, 23,57±1,16 mg cyn-3-gly/100g dir. +4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2'lik pektin ile kaplanan %1 kara havuç içeren enkapsüle ürünün antosiyanin miktarında %36,14 azalma tespit edilirken bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %36,66, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %48,41 olarak belirlenmiştir. %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin 0.hafta toplam antosiyanin miktarları sırasıyla 46,16±3,61, 24,34±1,42, 17,43±1,46 mg cyn-3-gly/100g dir. Yine 4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda kaplama materyali olarak %2'lik aljinatın kullanıldığı %1 kara havuç içeren enkapsüle örneğin antosiyanin miktarında %60,69 azalma tespit edilirken, bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %67,58, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %58,80 olarak belirlenmiştir. %1'lik pektin - %1'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin 0.hafta toplam antosiyanin miktarları sırasıyla 70,32±1,28, 34,18±1,33, 15,81±1,53 mg cyn-3-gly/100g'dır. %1'lik pektin-%1'lik aljinat kaplama materyali ile

kaplanan %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin 4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda antosiyanin miktarlarındaki azalma ise sırasıyla %8,29, %78,09, %68,05 olarak ifade edilmiştir.

%2'lik pektin ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin; %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin ve %1'lik pektin- %1'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin depolama başlangıcındaki aydınlık değeri olarak ifade edilen ortalama L\* değerleri sırasıyla 2,86±0,04, 4,82±0,12, 7,80±0,11; 0,72±0,04, 1,64±0,06, 11,90±0,10; 6,58±0,10, 4,69±0,08, 4,11±0,02 olarak bulunmuştur ve depolama süresi sonunda L\* değerlerindeki artış sırasıyla %79,65, %82,30, %67,30; %94,67, %92,74, %55,36; %38,74, %78,57, %85,65 şeklindedir. Bütün örnekler için depolama sonunda L\* değerlerinin farkı istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05). Örneklerin genelinde aktif madde konsantrasyonu arttıkça L\* değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Bundan dolayı depolamanın başlangıcında en koyu örneğin 0,72±0,04 değerle %2'lik aljinatla kaplı %1 aktif madde içeren kapsül olduğunu göstermektedir. Depolama sonunda a\* ve b\* parametreleri aktif madde içeren kapsül örnekleri için istatistiksel olarak önemli olduğu gözlemlenmiştir (P<0,05). Aljinat ve pektin-aljinatla kaplı %0,5 ve %0,25 aktif madde içeren örneklerde depolamanın süresince sarılaşma gözlemlenmiştir.

Gerçekleştirilen ışık mikroskobu çalışmasında %2'lik aljinatla oluşturulan kapsüllerin daha düzgün ve küresel bir yapıya sahip olduğu ışık mikroskobuyla görülmüştür. Yapılan analizler sonucu enkapsülasyon verimliliğinin yüksek dolayısıyla en fazla korumanın %2 pektin %0,25 kara havuç içeren kapsül olduğu gözlemlenmiştir.

4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı, %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin CUPRAC metodu ile antioksidan kapasitesi miktarında sırasıyla %51,87, %44,37, %58,75 azalma tespit edilirken bu örneklerin başlangıçtaki CUPRAC değerleri sırasıyla 152,24±20,21, 141,02±15,41, 160,87±24,90 mg TEAC/100 g şeklinde ölçülmüştür.

Depolama süresince kapsül ilaveli yoğurtlarda bozulma gözlemlenmezken 4. haftada sade yoğurtta, 3. haftada böğürtlenli yoğurt, 4. haftada ekstraktla renklendirilmiş yoğurtta bozulma gözlemlenmiştir.

Yoğurt örneklerinin başlangıç ABTS değerleri sırasıyla 13,20±9,32, 7,63±7,74, 13,75± 4,76, 6,69±5,75, 17,28±3,15 mg TEAC/100 g şeklinde ölçülmüştür. 4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinin ABTS metodu ile antioksidan kapasitesi miktarında %74,11 azalma tespit edilirken bu değer üçüncü hafta itibarıyla %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği ve %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği için belirlenmemiştir. Ekstraktla zenginleştirilmiş yoğurt, böğürtlenli yoğurt ve sade yoğurt örnekleri bozulma gösterdiğinden depolama süresi boyunca ABTS metodu ile antioksidan kapasitesi miktarındaki azalma tespit edilememiştir.

Yoğurt örneklerin depolama başlangıcındaki toplam antosiyanin miktarı sırasıyla 313,61±20,30, 262,92±23,23, 234,84±16,58, 174,94±4,18, 318,55±16,71,

149,50±7,61 mg cyn-3-gly/100 g olarak hesaplanmıştır. 4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı, %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı, %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin toplama antosiyanin miktarındaki azalma sırasıyla %50,70, %38,04, %40,46 olarak hesaplanmıştır ve bu örnekler için 0.hafta ile son hafta kıyaslandığında antosiyanin miktarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Ekstraktla zenginleştirilmiş yoğurt, böğürtlenli yoğurt ve sade yoğurt örnekleri bozulma gösterdiğinden depolama süresi boyunca antosiyanin miktarındaki azalma tespit edilememiştir.

Yoğurt örneklerinde renk değerleri incelenerek depolamanın başlangıcı ile sonlanması arasında L\* değerlerinin istatistiksel açıdan farkının önemli olduğu gözlemlenmiştir (P<0,05). Bütün örneklerde başlangıca göre L\* değerleri artmış olup renk koyulaşmıştır. %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren ve %2 aljinat - %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinde depolama süresi boyunca a\* renk değerlerinde istatistiksel olarak herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Ekstraktla renklendirilmiş yoğurtta (a\* değeri azalmış) ve %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt ile sade yoğurt örneklerinin a\* değerlerinde istatistiksel açıdan fark önemlidir (P<0,05). Genel olarak örneklerin b\* değerlerinde artış gözlemlenmiştir ve depolama sürecindeki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Sade yoğurtta ise bozulma sürecine kadar b değeri azalma göstermiş olup istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Pektin, aljinat ve pektin-aljinat kompleksleriyle antioksidanca zengin kara havuç ekstraktının enkapsülasyonu başarıyla gerçekleştirilmiş olup, etkin bir enkapsülasyon verimliliği elde edilmiştir. Depolama süresi boyunca enkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri antosiyaninler için koruyucu etki yapmışlardır. Aktif maddenin kontrollü salınımı gıda endüstrisinde farklı uygulamalar için uygundur. Enkapsüle kara havucun yaygın olarak tüketilen yoğurda ilavesi antioksidan içeriğini artırmak ve yapay renklendiricilerin yerine kullanmak için iyi bir alternatif olabilir. Enkapsüle kara havucun ilavesiyle tüketiciler doğal antioksidanlar içeren daha sağlıklı ürünler tüketebilirler.

## ENCAPSULATION OF BLACK CARROT EXTRACT IN PECTIN AND/OR Na-ALGINAT BEADS BY COLD GELATION

### SUMMARY

The potential of food industry usage is quite high for the black carrot, which contains a variety of phytochemicals such as phenolics,  $\alpha$ -tocopherol, polyacetylene and carotenoid, and its consumption increasingly mounts up, being rich in anthocyanins. There seems to be increasing trends towards healthy-life by concecious consumers. Addition of the functional components to the food products are needed in order to improve the nutritional value described as useful for health and inoovative. These compounds are very sensitive against the environmental, gastrointestinal and processing conditions, and they can be quickly inactivated. When looking at the literature, it is observed that microencapsulation formed with the inclusion of bioactive components into a coating material is used to overcome this type of difficulties, and at the same time, unwanted interactions with the food matrix is blocked, also providing the controlled release of the encapsulated compound.

In this study, microencapsulation was carried out with cold gelation method. 2% pectin, %2 alginate, 1% pectin-1% alginate solutions were used as a coating material, different concentrations of (1%, 0.5%, 0.25%) black carrot extract was used as the active material. Active substances in significiant concentrations were added to each of 2% alginate, 2% pectin, 1% pectin-1% alginate solutions as separately, and were homojenized by stirring on a magnetic stirrer. Finally, 0.02% sodium azide was added to the obtained mixtures due to antimicrobial property. Each mixture that has been prepared was dropped into a 3%  $\text{CaCl}_2$  solution with a 5 mL syringe and kept for a while for the purpose of protect the structure of gel. After that, they were filtered and were stored in top glass jar for a period of 4 weeks at +4 °C jar. In this study was obtained capsules containing 1%, 0.5%, 0.25% black carrot extract coated with 2% pectin; capsules containing 1%, 0.5%, 0.25% black carrot extract coated with %2 alginate; 1%, 0.5%, 0.25% black carrot extract coated with 1% pectin-1% alginate. And also, capsules without active material coated with 2% pectin, 2% alginate and 1% pectin-1% alginate was obtained. 15 g of capsules which are containing 1% black carrot extract as active material and having 2% pectin, 2% alginate and 1% pectin-1% alginate as coating material were stored at 4°C for 4 weeks by being added separately into 50 g yoghurt. Encapsulation efficiency of the samples and the light microscope images were examined. For 1-week periods, change in the color, the antioxidant capacity with CUPRAC and ABTS methods and in the total anthocyanin capacity in all samples were analyzed during storage period. The goal of the storage study was to examine the effect of the storage time on the microencapsulated black carrot extract that was added to the product.

At the end of the 4-week storage period at +4°C, while 36.42% reduction was detected with CUPRAC method in the total antioxidant capacity of the encapsulated

product containing 1% black carrot coated with 2% pectin, this value was determined as 62.40% for the sample that contained 0.5% black carrot extract, and as 56.75% for the sample that contained 0.25% black carrot extract. At the end of the 4-week storage period at +4°C, while 67.94% reduction was detected with CUPRAC method in the total antioxidant capacity of the encapsulated sample containing 1% black carrot in which 2% alginate was used as the coating material, this value was determined as 52.17% for the sample that contained 0.5% black carrot extract, and as 62.37% for the sample that contained 0.25% black carrot extract. Reduction in the total antioxidant capacity of the encapsulated samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 1% pectin-1% alginate coating material at the end of the 4-week storage period at +4°C was stated as 48.50%, 48.56%, 68.65%, respectively with CUPRAC method.

At the end of the 4-week storage period at +4°C, while 17.06% reduction was detected with ABTS method in the total antioxidant capacity of the encapsulated product containing 1% black carrot coated with 2% pectin, this value was determined as 47.24% for the sample that contained 0.5% black carrot extract, and as 64.86% for the sample that contained 0.25% black carrot extract. At the end of the 4-week storage period at +4°C, while 43.72% reduction was detected with ABTS method in the total antioxidant capacity of the encapsulated sample containing 1% black carrot in which 2% alginate was used as the coating material, this value was determined as 67.65% for the sample that contained 0.5% black carrot extract, and as 89.44% for the sample that contained 0.25% black carrot extract. Reduction in the total antioxidant capacity of the encapsulated samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 1% pectin-1% alginate coating material at the end of the 4-week storage period in +4°C was stated as 15.14%, 88.75%, 82.79% respectively with ABTS method.

0<sup>th</sup> week total anthocyanin amounts of the samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 2% pectin are 67.99±2.16, 42.91±1.07, and 23.57±1.16 mg cyn-3-gly/100g, respectively. At the end of the 4-week storage period at +4°C, while 36.14 reduction was detected in the total anthocyanin amount of the encapsulated product containing 1% black carrot coated with 2% pectin, this value was determined as 36.66% for the sample that contained 0.5% black carrot extract, and as 48.41% for the sample that contained 0.25% black carrot extract. 0<sup>th</sup> week total anthocyanin contents of the samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 2% alginate are 46.16±3.61, 24.34±1.42, 17.43±1.46 mg cyn-3-gly/100g, respectively. Again, at the end of the 4-week storage period in +4°C, while 60.69% reduction was detected in the anthocyanin amount of the encapsulated sample containing 1% black carrot in which 2% alginate was used as the coating material, this value was determined as 67.58% for the sample that contained 0.5% black carrot extract, and as 58.80% for the sample that contained 0.25% black carrot extract. 0<sup>th</sup> week total anthocyanin amounts of the samples containing %1, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 1% pectin-1% alginate are 70.32±1.28, 34.18±1.33, 15.81±1.53 mg cyn-3-gly/100g, respectively. The reduction in the amount of anthocyanins of the samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 1% pectin-1% alginate at the end of the 4-week storage period in +4°C, was stated as 8.29%, 78.09%, 68.05%, respectively.

The average L\* values expressed as luminous value at the beginning of the storage of the samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 2%



pectin; of the samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 2% alginate and of the samples containing 1%, 0.5% and 0.25% black carrot encapsulated with 1% pectin-1% alginate were found as  $2.86\pm 0.04$ ,  $4.82\pm 0.12$ ,  $7.80\pm 0.11$ ;  $0.72\pm 0.04$ ,  $1.64\pm 0.06$ ,  $11.90\pm 0.10$ ;  $6.58\pm 0.10$ ,  $4.69\pm 0.08$ ,  $4.11\pm 0.02$ , respectively, and at the end of the storage period, the increase in the L\* values are 79.65%, 82.30%, 67.30%; 94.67%, 92.74%, 55.36%; 38.74%, 78.57%, and 85.65%, respectively. The difference of the L\* values at the end of the storage for all values is statistically important ( $P<0.05$ ). Throughout the examples, it was observed as the active ingredient concentration increased, the L\* values decreased. Therefore, it indicates that the densest sample at the beginning of the storage is the capsule that contains 1% active ingredient encapsulated with 2% alginate with a value of  $0.72\pm 0.04$ . At the end of the storage, it was observed that a\* and b\* parameters were statistically important for the capsule samples containing active ingredients ( $P<0.05$ ). In the samples containing 0.5% and 0.25% active ingredient encapsulated with alginate and pectin-alginate, turning yellow was observed throughout the storage.

In the light microscope study that was carried out, it was viewed with the light microscope that the capsules generated with 2% alginate had a more uniform and spherical structure. As a result of the analyses made, it was observed that the highest encapsulation efficiency, accordingly, the maximum protection was the capsule containing 2% pectin and 0.25% black carrot.

At the end of the 4-week storage period in  $+4^{\circ}\text{C}$ , while a reduction of respectively %51.87, 44.37%, and 58.75% was detected with CUPRAC method in the antioxidant capacity of the yoghurt samples enriched with encapsulated product containing 2% pectin and 1% black carrot extract, 1% pectin-1% alginate and 1% black carrot extract, the CUPRAC values of these samples at the beginning were measured as  $152.24\pm 20.21$ ,  $141.02\pm 15.41$ ,  $160.87\pm 24.90$  mg TEAC/100 g, respectively.

While spoiling was not observed in the yoghurts with capsule addition throughout the duration of the storage, spoiling was observed in the plain yoghurt in the 4th week, in the blueberry yogurt in the 3rd week, and in the yogurt colored with extract in the 4th week.

The starting ABTS values of the yoghurt samples were measured as  $13.20\pm 9.32$ ,  $7.63\pm 7.74$ ,  $13.75\pm 4.76$ ,  $6.69\pm 5.75$ , and  $17.28\pm 3.15$  mg TEAC/100g, respectively. At the end of the 4-week storage period at  $+4^{\circ}\text{C}$ , while a reduction of 74.11% was detected with ABTS method in the antioxidant capacity of the yoghurt sample enriched with encapsulated product containing 2% pectin and 1% black carrot extract, this value could not be determined for the yoghurt sample enriched with encapsulated product containing 2% alginate and 1% black carrot extract and for the yoghurt sample enriched with encapsulated product containing 1% alginate – 1% pectine 1% black carrot extract as from the third week. Due to the fact that the yoghurt sample enriched with extract, yoghurt with blueberry and plain yoghurt samples displayed spoiling, a reduction could not be detected with ABTS method in the amount of antioxidant capacity throughout the storage period.

The amounts of total anthocyanins of the yoghurt samples at the start of the storage were calculated as  $313.61\pm 20.30$ ,  $262.92\pm 23.23$ ,  $234.84\pm 16.58$ ,  $174.94\pm 4.18$ ,  $318.55\pm 16.71$ , and  $149.50\pm 7.61$  mg cyn-3-gly/100 g, respectively. At the end of the 4-week storage period at  $+4^{\circ}\text{C}$ , the reduction in the amounts of total anthocyanins of

the yoghurt samples enriched with 2% pectin, 1% black carrot extract, 2% alginate, 1% black carrot extract, 2% alginate, and 1% black carrot extract was calculated as 50.70%, 38.04%, and 40.46%, respectively, and when the 0th and the last week were compared for these samples, the difference in the anthocyanin amount of the sample is statistically important ( $P < 0.05$ ). Due to the fact that the yoghurt enriched with extract, yoghurt with blueberries and plain yoghurt displayed spoiling, a reduction in the anthocyanin amount could not be detected throughout the storage period.

By examining the color values in the yoghurt samples, it was observed that the difference of the  $L^*$  values between the start of the storage and the end of the storage was statistically significant ( $P < 0.05$ ). The  $L^*$  values increased compared to the start in all the samples, and the color became darker. In the yoghurt sample enriched with encapsulated product containing 2% pectin and 1% black carrot extract and 2% alginate - 1% black carrot extract, a statistically significant difference was not observed in the  $a^*$  color values throughout the storage period. In the yoghurt colored with extract ( $a^*$  value decreased), the statistical difference in the  $a^*$  values of the yoghurt enriched with encapsulated product containing 1% alginate-1% pectin-1% black carrot extract and the plain yoghurt is meaningful ( $P < 0.05$ ). In general, increase has been observed in the  $b^*$  values of the samples, and the difference in the process of storage is statistically significant ( $P < 0.05$ ). In plain yoghurt, however,  $b$  value has showed a decrease until the spoiling process, and it is not statistically meaningful.

Encapsulation of the black carrot extract rich in antioxidant with pectin, alginate and pectin-alginate complexes was carried out successfully, and an efficient encapsulation productivity has been attained. Throughout the storage period, the coating materials used in the encapsulation had the protective effect for the anthocyanins. Controlled release of the active substance is suitable for different applications in the food industry. Addition of the encapsulated black carrot to widely consumed yoghurt can be a good alternative in increasing its antioxidant content and to use instead of artificial colorants. With the addition of the encapsulated black carrot, consumers can consume more healthy products that contain natural antioxidants.

## 1. GİRİŞ

Tüketicilerin doğal gıdalara ilgisiyle bitki orjinli renklendiricilere olan talep giderek artmaktadır. Kara havuç, antosiyaninlerinin yüksek ısı, ışık ve pH stabilitelerinden dolayı içeceklerde, jöle, şekerleme, şurup ve konservelede renklendirici olarak kullanılmaktadır.

Kara havuç orjinli ekstraktlardan elde edilen renklendirilmiş gıdaların, sadece pigment stabilizasyonu açısından değil beslenmeye bakış açısından dolayı da avantajlı olabileceği belirtilmiştir.

Yaygın tüketimi olan, antosiyanince zengin, çiğ ya da pişirilerek tüketilebilen antioksidan kaynağı kara havucun sağlığı destekleyici bileşenlerin kaynağı olarak insan beslenmesinde önemli bir yeri vardır.

Mikroenkapsülasyon biyoaktif bileşiklerin/ekstraktların kabuk da denilen bir kaplama materyali içerisine dahil edilmesini sağlayan ve 1-1000 µm arasında değişen çaplarda mikrokapsüller oluşmasını sağlayan bir tekniktir. Birçok farklı alanda kullanımı olan mikrokapsüllerin üretimi 1950 lere kadar uzanmaktadır.

Günümüzde gıdalarda da kullanılan mikroenkapsülasyon teknolojisinde kaplama materyali olarak çeşitli biyopolimerler kullanılabilir.

Bu çalışmada aktif madde olarak antosiyanince zengin kara havuç ekstraktı; kaplama materyali olarak da aljinat ve pektin tercih edilmiştir ve soğuk jelleşme yöntemi ile mikroenkapsülasyonu gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada antosiyaninin depolama stabilesini artırmak amacıyla enkapsülasyon, ve bu enkapsüle ürünün gıdalardaki davranışını incelemek amacıyla da gıda uygulaması gerçekleştirilmiştir.



## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde tez çalışması kapsamında kullanılan hammadde olarak kullanılan kara havuç ile ilgili özellikler, mikroenkapsülasyon işlemi, enkapsülasyon sırasında kullanılan kaplama metaryalleri ve özellikleri ile ilgili araştırmalara yer verilmiştir.

### 2.1 Kara Havuç

Havuç çiğ ya da pişirilerek tüketilebilen yüksek besin değerine sahip kök bitkidir. Yetiştirilen havuçlar (*Daucus carota L.*), batı/karoten havuçlar (*Daucus carota ssp. Sativus var. sativus*) ve doğu/antosiyenin havuçlar (*Daucus carota ssp. Sativus var. Atrorubens Alef.*) şeklinde ikiye ayrılırlar (Esatbeyoğlu ve diğ., 2016). Karotenoid içeriği ve sağlığı destekleyici bileşenlerin kaynağı olarak insan beslenmesinde önemli olan havuç, vitamin (A, C, D, E, K, B1, B6 ve biyotin) ve minerallerce (magnezyum, kalsiyum, potasyum, fosfor, organik sodyum ve birçok iz miktarda bulunan mineraller) de zengindir. Turuncu havuç daha yaygın olmakla birlikte kökeni Orta Asyaya dayanan ve yaklaşık 3000 yıldır bilinen kara ya da mor olarak adlandırılan havucun (Ünal ve Bellur, 2009) tüketimi Batı Avrupa'da giderek artmaktadır. 2006 yılında dünya çapında havuç üretimi 24 milyon ton olduğu belirtilmiştir (Singh ve diğ., 2012).

Kara havuç üretimi birçok ülkede yaygınlaşmasına rağmen bu sebzeler üzerine yapılan çalışmalarda Almanya, Türkiye ve Avustralya'nın başta geldiği rapor edilmiştir (Algarra ve diğ., 2014). C ve E vitamini gibi bilinen antioksidanların varlığının yanısıra fenolik bileşik içeriği açısından bilim dünyasının ilgisini çekmiştir.

Kara havuç ekstraktının asidik gıdalara ilavesi sonucu kırmızının parlak tonları elde edilir (Giusti ve Wrolstad, 2003). Kara havuç, antosiyeninlerinin yüksek, ısı, ışık ve pH stabilitelerinden dolayı içeceklerde, jöle, şekerleme, şurup ve konservelede renklendirici olarak kullanılmaktadır (Montilla ve diğ., 2011; Türkylmaz ve diğ., 2012).

Sebzeler beslenmede önemli bir rol oynar. Meyve ve sebzelerin besinsel değeri antioksidan kapasiteleriyle ilişkilidir. Örneğin antioksidan olarak karotenler A vitaminin öncüsü olarak hareket ederler ve bazı hastalıkların önlenmesinde rol oynarlar. Singh ve arkadaşları (2012), yaptıkları çalışmada antioksidan aktiviteyle toplam fenolik asit konsantrasyonu arasında bir korelasyon ( $r=0,932$ ) olduğunu belirtmiştir.

### **2.1.1 Kara havuçtaki fenolik bileşenler ve sağlık etkisi**

Fenolik bileşikler kimyasal olarak aromatik halkaya bağlı bir hidroksil grubu olarak yapılanmıştır (Özdal ve diğ., 2013). İnsan beslenmesinde önemli bir yeri olan fenolik bileşikler, biyoaktif maddeler olarak ikincil bitki metabolitleri olarak bilinir ve bitkilerde oldukça geniş bir dağılım gösterirler (Naczki ve Shahidi, 2004; Hatamnia ve diğ., 2014). Bitkilerin meyve, sebze, çiçek tohum, yaprak, gövde ve dallarında bulunabilen fenolik bileşikler renk, burukluk, tat (acılık, burukluk), koku gibi özelliklerin oluşumunda etkilidirler. Fenolik bileşikler; fenolik asitler ve flavonoidler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Fenolik asitler arasında benzoik asitler ve sinamik asitler; flavonoidler arasında antosiyanidinler, flavonlar ve flavonoller, flavononlar, kateşinler, lökyoantosiyanidinler, proantosiyanidinler şeklinde bir sınıflandırma yapılabilir. Antosiyaninleri içeren flavonoidler antioksidan özellikleriyle bilinen polifenolik maddelerdir (Nizamlioğlu ve Nas, 2010). Antosiyanin gibi kara havuçtaki birçok fenolik bileşiğin de antioksidan özelliği vardır.

Kammerer ve diğeri (2004b), kara havucun köklerinde 40'dan fazla fenolik bileşik bulunduğunu belirtmişlerdir. Kara havuç gibi antosiyanince zengin sebzeler yüksek antioksidan aktiviteleriyle bağlantılı olarak yüksek fenolik içeriği gösterirler (Kaur ve diğ., 2002). Kara havuçtaki fenolik bileşik konsantrasyonunun antioksidan kapasiteyle arasında bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Algarra ve diğ., 2014).

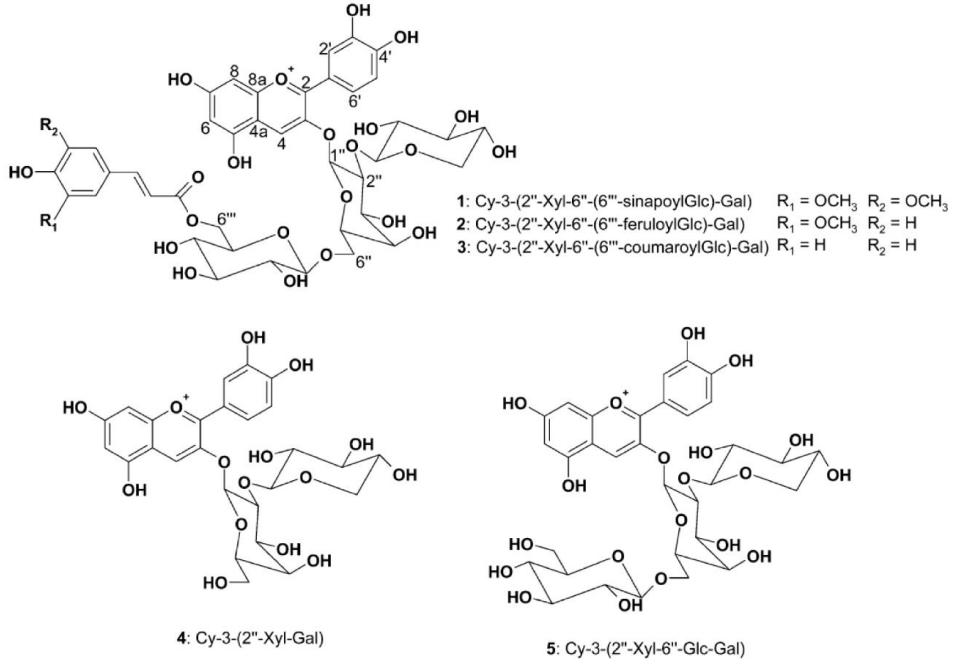
Sentetik pigmentlere ve katkılara olan talep artırılmış yasal sınırlamalar, tüketicilerin doğal gıdalara yönelmesi gibi sebeplerden dolayı bitki orjinli renklendiricilere olan talep giderek artmaktadır (Kammerer ve diğ., 2004a). Kara havuç yüksek antioksidan aktiviteye sahip iyi bir antosiyanin kaynağıdır (Kırca ve diğ., 2006). Antosiyaninler meyve, sebze ve çiçeklerdeki mavi, mor ve kırmızı renklere sorumlu fenolik bileşiklerdir. Yaygın olarak siyanidin, delphinidin, maldivin, pelargonidin, peonidin, petonidin olmak üzere altı antosiyanin temel

alınmıştır ama bitkilerden izole edilen 539 antosiyanin olduğu belirtilmiştir (Anderson ve Jorjheim, 2006). Mavi ve kırmızı renklere delphinidin ve pelargonidin; mor renkten siyanidin sorumludur (Kasnak ve Palamutoğlu, 2015).

Birçok meyve esas olarak asile olmayan mono veya diglikolize antosiyaninler içerirken, kara havuç pigmentleri detaylı olarak incelenmiş ve bunlar hidroksibenzoik asitle ve hidroksisünamik asitle asillenen siyanidin glikozitlerinden oluşan yüksek oranda antosiyanin içermektedir (Giusti ve Wrolstad, 2003; Esatbeyoğlu ve diğ., 2016). Böyle asile antosiyaninler molekül içi kopigmentasyondan dolayı stabiliteyi artırma etkisine sahiptirler. Kara havuçta baskın antosiyanin siyanidin-3-ksilosil-galaktoziddir. Bundan dolayı asile antosiyaninler yüksek stabilite gösterirler ve renk kaynağı olarak kara havuç kullanımı artmıştır. Kara havuçtaki ana fenolik asit klorojenik asittir (Esatbeyoğlu ve diğ., 2016).

Kara havucun antosiyanin içeriğinin 1750 mg/kg olduğu belirtilmiştir (Kırca ve diğ., 2006). Kara havuç yüksek miktarda asitle antosiyanin içerir. Stinzing ve arkadaşları (2002) kara havuçta dört ana antosiyanin tanımlamışlardır ve bunların siyanidin-3-sinapoyl-ksilosil-glikozil-galaktozit (%27,5) ve siyanidin 3-feruloyl-ksilosil-glikozil-galaktozit (%13,5) şeklinde %41'inin asile olduğu bulunmuştur. Literatürde kara havucun antosiyanin kompozisyonlarıyla ilgili birtakım çalışmalar yapılmıştır (Glassgen ve diğ., 1992; Narayan ve Venkataraman, 2000; Kammerer ve diğ., 2003). Yapılan çalışmalarda kara havucun yaygın olarak siyanidin aglikona sahip beş antosiyanin içerdiği belirtilmiştir. Bunların üçünün diğerleriyle asilasyon göstermezken ferulik, sinapik veya p-kumarik ile asilasyonu olduğu belirtilmiştir (Gras ve diğ., 2015). Son zamanlarda eser miktarda peonidin ve pelargonidin tipi aglikona sahip antosiyaninler tanımlanmıştır (Schwarz ve diğ. 2004; Esatbeyoğlu ve diğ., 2016). Şekil 2.1' de beş temel kara havuç antosiyanin yapısından olan asil gruplu siyanidin-3-ksilosil-sinapoyl-glikozil-galaktozit (Şekil 2.1'de 1), siyanidin-3-ksilosil-feruloyl-glikozil-galaktozit (Şekil 2.1'de 2) ve siyanidin-3-ksilosil-kumaril-glikozil-galaktozit (Şekil 2.1'de 3); asile olmayan siyanidin-3-ksilosil-galaktozit (Şekil 2.1'de 4), siyanidin-3-ksilosil-glikozil-galaktozit (Şekil 2.1'de 5) tanımlanmıştır (Schwarz ve diğ. 2004; Montilla ve diğ., 2011; Iliopoulou ve diğ., 2015; Kamiloğlu ve diğ., 2016).

Ayrıca antosiyanin glikozitleriyle esterleşmiş fenolik asitler açısından zengin olduğu da belirtilmiştir. Neoklorogenik asit (3-O-caffeoylquinic asit), kriptoklorogenik asit (4-O-caffeoylquinic asit), klorogenik asit (5-O-caffeoylquinic asit), kafeik asit ve ferulik asit olmak üzere beş ana fenolik asit tanımlanmıştır. (Gras ve diğ., 2015; Kamiloğlu ve diğ., 2016 ).



**Şekil 2.1 :** Kara havuçtaki baskın antosiyaninlerin yapısı Cy= siyanidin, Xyl=ksilosil (Schwarz ve diğ., 2004).

Kara havuç ekstraktları ve bunlardan elde edilen antosiyaninler güçlü antioksidan aktivite gösterdiği farklı *in vitro* testlerle gösterilmiştir. Kara havuç orjinli ekstraktlardan elde edilen renklendirilmiş gıdaların, sadece pigment stabilizasyonu açısından değil beslenmeye bakış açısından dolayı da avantajlı olabileceği belirtilmiştir (Kammerer ve diğ., 2004b). Antosiyaninlerin kötü kolesterol oluşumunu ve üriner enfeksiyonları önleyici etkileri olduğu belirtilmiştir (Kasnak ve Palamutoğlu, 2015).

Ünal ve Bellur (2009) çalışmalarında kara havucun asillenmiş antosiyaninlerce zengin ekstrakt üretiminde kullanıldığını ve gıda endüstrisinde doğal gıda renklendiricisi olarak önemli bir kaynak olarak hizmet verdiğini, ayrıca kara havuçtan elde edilen antosiyanince zengin ekstaktların insanlarda kanser hücrelerinin çoğalmasını engellediği göstermiştir.



Antosiyaninlerin renklendirici özelliklerinin yanısıra koroner kalp hastalığı, ateroskleroz, kanser, hipertansiyon, diyabet hastalıklarının riskini azaltan ve iltihab ve üriner enfeksiyonları önleyici sağlığa olan olumlu etkilerinden dolayı daha da ilgi çekici hale gelmişlerdir. Artan müşteri endişeleri sentetik katkılarına alternatif olarak doğal ve güvenli renklendiricilere olan talebi artırmıştır (Khandere ve diğ., 2011). Kara havuçtaki antosiyanin türevlerinin antioksidan ve antiinflamatuvar etki sergilediği kanıtlanmıştır.

Antosiyaninlerin potansiyel anti-diyabetik özellikleri ile ilişkili olarak kara havuç glukoz metabolizmasını etkilediğinden insan sağlığına olan yararlı etkilerinden bahsedilebilir (Esatbeyoğlu ve diğ., 2016).

## **2.2 Mikroenkapsülasyon**

Şimdilerde bilinçli tüketiciler tarafından sağlıklı yaşama yönelik giderek artan bir eğilim olduğu görülmektedir. Sağlık açısından yararlı olan ve yenilikçi olarak nitelendirilen besin değerini artırmak için fonksiyonel bileşenlerin gıda ürünlerine ilavesine gereksinim duyulmaktadır. Bu bileşikler genellikle çevresel, gastrointestinal ve işleme koşullarına karşı çok hassastırlar ve hızlıca inaktive olabilirler. Mikroenkapsülasyon bu tür zorlukların üstesinden gelmek için kullanılır (Nedovic ve diğ, 2011; Dubey ve diğ., 2009).

Mikroenkapsülasyon katı, sıvı ya da gaz fazdaki aktif madde olarak adlandırılan bileşenlerin etrafının bir membran vasıtasıyla sarılarak izolasyonu sonucu mikrometrik boyutta ve küresel ürün elde edilmesinde kullanılan teknik olarak tarif edilmiştir. (Dubey ve diğ., 2009; Nesterenko ve diğ., 2013; Ray ve diğ., 2016).

Mikrokapsüllerin üretimi Green ve Schleicher'in mikroenkapsüle boya ürettiği 1950 lere kadar uzanmaktadır. Jelatin ve guar gum kompleksinin koaservasyonu ile karbonsuz kopya kağıdı üretimi için mikroenkapsülasyon tekniği kullandıkları rapor edilmiştir. 1960larda jelatin ve akasya (arap zambkı) kompleksinin koaservasyonu ile kolestriik sıvı kristalin mikroenkapsülasyonu sonucu ısıya duyarlı görüntüleme malzemesi üretildiği rapor edilmiştir. Böylelikle enkapsülasyon tekneolojisiyle görüntüleme alanlarının genişlemesinin sağlandığı belirtilmiştir (Dubey ve diğ., 2009).

Günümüzde mikroenkapsülasyon teknolojisi farmakoloji, kozmetik, gıda, tarım gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır. Mikroenkapsülasyon tekniği farklı amaçlar için uygulanabilir. Gıdalarda istenmeyen tat ve kokunun maskelenmesi, uçucu bileşiklerin kayıplarının önlenmesi, materyallerin kontrollü ve hedeflenen salınımı, ürünlerin raf ömrünü artırılması, fiziksel kimyasal ve biyolojik bozulmanın ve gıda bileşenlerinin diğer bileşenlerle etkileşime girmesinin önlenmesi gibi birçok sebeple mikroenkapsülasyon kullanılmaktadır. (Dubey ve diğ., 2009; Kuang ve diğ., 2010; Nesterenko ve diğ., 2013).

Mikroenkapsülasyon çekirdekle duvar malzemesi arasında fiziksel bir bariyer yaratarak hassas bileşenlerin (aromalar, antioksidanlar, çoklu doymamış yağlar, vitaminler, ilaçlar gibi) dış ortamdan ve nem, pH, oksidasyonun istenmeyen etkilerinden korunmasını sağlar. Kontrollü mikropartikül salınımı çözündürme, ısıtma pH ve enzim etkisiyle tetiklenebilir (Nesterenko ve diğ., 2013). Literatürde mikroenkapsülasyonunun kimyasal, fiziksel ve biyolojik bozulmaya karşı koruyucu etkisinden dolayı ve polifenollerin istenmeyen tadını maskeleyerek amacıyla üzüm çekirdeği ekstraktıyla çalışmalar yapılmıştır. Enkapsülasyonun ekstraktların raf ömrünü, depolama süresini, kullanımını artırabileceği belirtilmiştir.

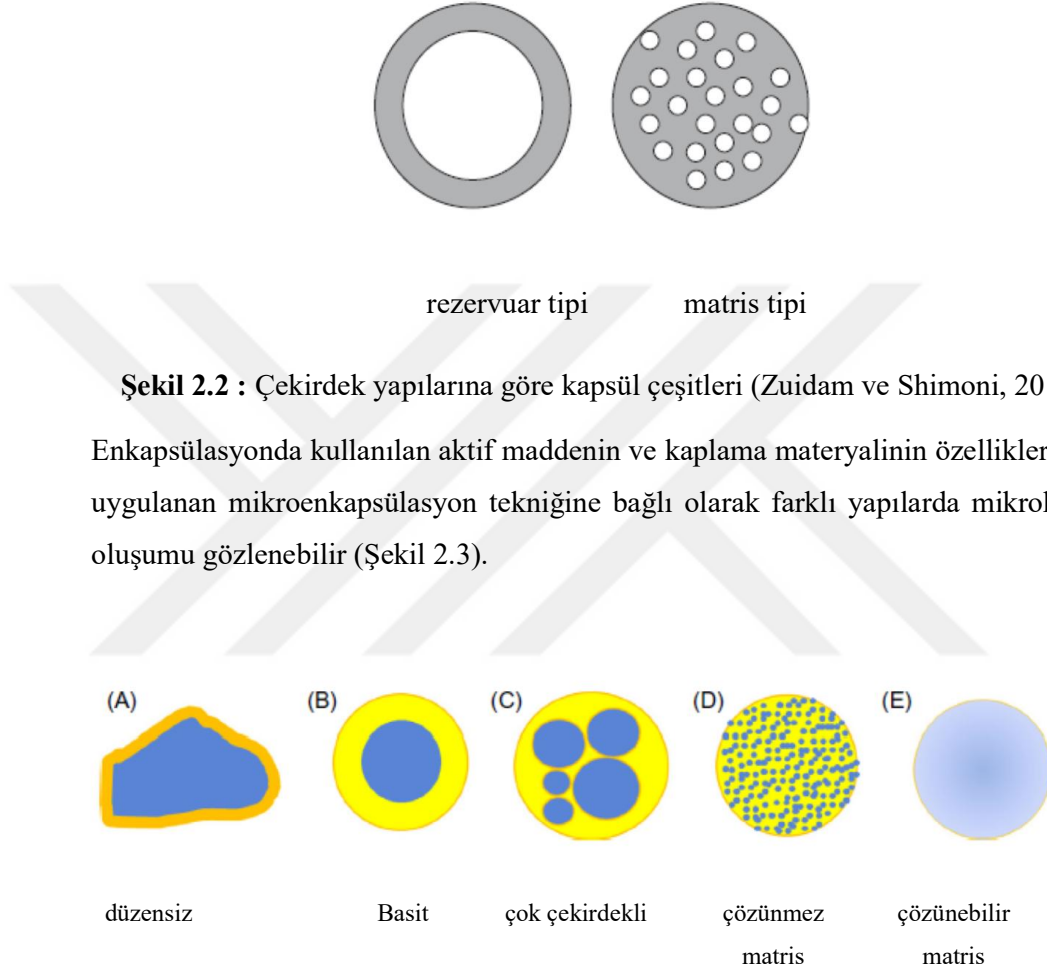
Mikrokapsüllerin en önemli özelliği mikroskobik boyutların çok geniş bir yüzey alanı sağlamasıdır. Toplam yüzey alanının çapla ters orantılı olduğu belirtilmiştir (Dubey ve diğ., 2009).

Enkapsülasyon çeşitleri; nanoenkapsülasyon (200 nm=0.2 µm'den küçük), mikroenkapsülasyon (0.2-5 µm), makroenkapsülasyon (5 µm'den büyük) olarak ifade edilebilir (Gökmen ve diğ., 2012).

Literatürde enkapsülasyonda kaplanan madde, aktif madde, çekirdek, iç faz yada dolgu maddesi olarak; kaplamada kullanılan madde kabuk, kaplama maddesi, duvar materyali, enkapsülant, membran, kapsül, matris, dış faz, taşıyıcı olarak ifade edilmektedir (Ray ve diğ., 2016).

Kapsüllerin rezervuar (depo) tipi ve matris tipi olmak üzere iki ana ayırt edilebilir tipi vardır (Şekil 2.2). Rezervuar tipinde aktif madde etrafında bir kabuk vardır. Başınç uygulandığında rezervuar tipli kapsüllerin kırılması bundan dolayı da içeriğinin açığa çıkmasına neden olabilir. Matris tipinde aktif madde taşıyıcı

materyal üzerinde daha fazla dağılır; dolayısıyla nispeten daha küçük formda damlalar homojen olarak kapsüle dağılır (Zuidam ve Shimoni, 2010).

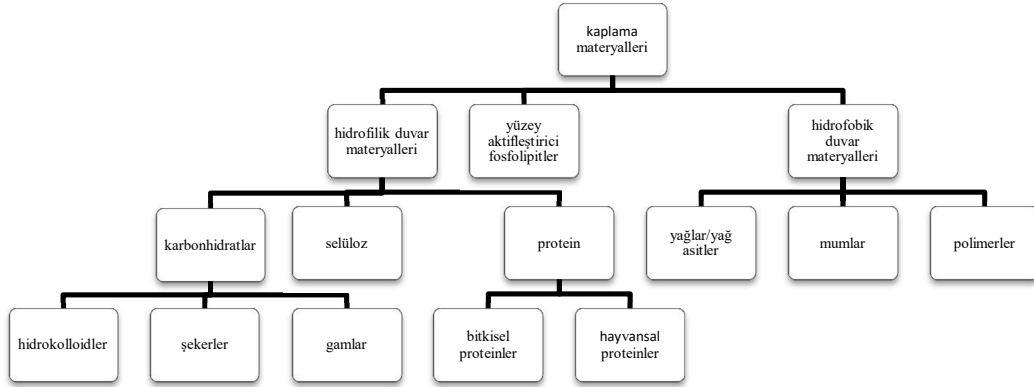


**Şekil 2.3 :** Mikrokapşüllerin farklı yapıları (Vasisht, 2014).

### 2.2.1 Enkapsüle edilen bileşenler ve kaplama materyalleri

Mikroenkapsülasyonla birçok bileşen enkapsüle edilebilir. Enkapsüle edilen bileşenler arasında vitaminler, mineraller, enzimler, proteinler, organik asitler, probiyotik ve prebiyotikler, esansiyel yağlar, tatlandırıcılar, koruyucular, renklendiriciler, aromalar, yağ asitleri, karotenoidler, antioksidanlar sayılabilir.

Enkapsülasyonda uygun kaplama materyalinin seçimi önemlidir. Mikroenkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri Şekil 2.4'te genel olarak verilmiştir.



**Şekil 2.4 :** Mikroenkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri (Vasisht, 2014).

Gıda uygulamalarında kaplama materyali olarak en yaygın olarak kullanılan polisakkaritlerdir. Nişasta ve türevleri (amiloz, amilopektin, dekstrinler, maltodekstrinler, polidekstroz), selüloz, bitki ekstraktları (arap zamkı, galaktomannan, çözünür soya polisakkaritleri, pektin gibi), dekstran, kitosan, jellan, ksantan, deniz yosunundan elde edilen aljinat ve karregnan gibi doğal ve modifiye polisakkaritler kullanılmaktadır. Polisakkaritlerin yanı sıra protein (en yaygın süt ve peyniraltı proteinleri olan kazein, jelatin ve gluten) ile lipidlerin (yağ asiti ve alkolleri, mumlar, gliserid ve fosfolipidler) de enkapsülasyon için uygun olduğu vitaminlerin, minerallerin, renk, aroma vericilerin, antioksidanların, probiyotiklerinde mikroenkapsüle edilebileceği belirtilmiştir. Bunlara ek olarak sellak ve parafin gibi inorganik maddeler de kullanılabilir (Shahidi ve Han, 1993; Nedovic ve diğ., 2011; Ray ve diğ., 2016).

Biyoaktif bileşenler kaplama materyalinin içerisine hassas bileşen hapsedilerek enkapsülasyon tekniğiyle geliştirilebilir. Mikroenkapsülasyonda uygulanacak kaplama materyalinin seçimi önemli bir basamaktır. Kullanılacak materyal kimyasal olarak uyumlu, mukavetmetli, esnek, geçirgenlik ve stabilite gibi istenen kaplama özelliklerini sağlamalıdır. İyi bir kaplama materyali aktif maddeyi dış çevrenin olumsuz (nem, ısı, ışık vb.) etkilerine karşı bariyer oluşturarak korumalı, yüksek konsantrasyonlarda iyi reolojik özellik gösterebilmeli ve kolay işlenebilir olmalı, işleme ve depolama sırasında aktif maddeyi yapısında tutabilme özelliğinde olmalı,

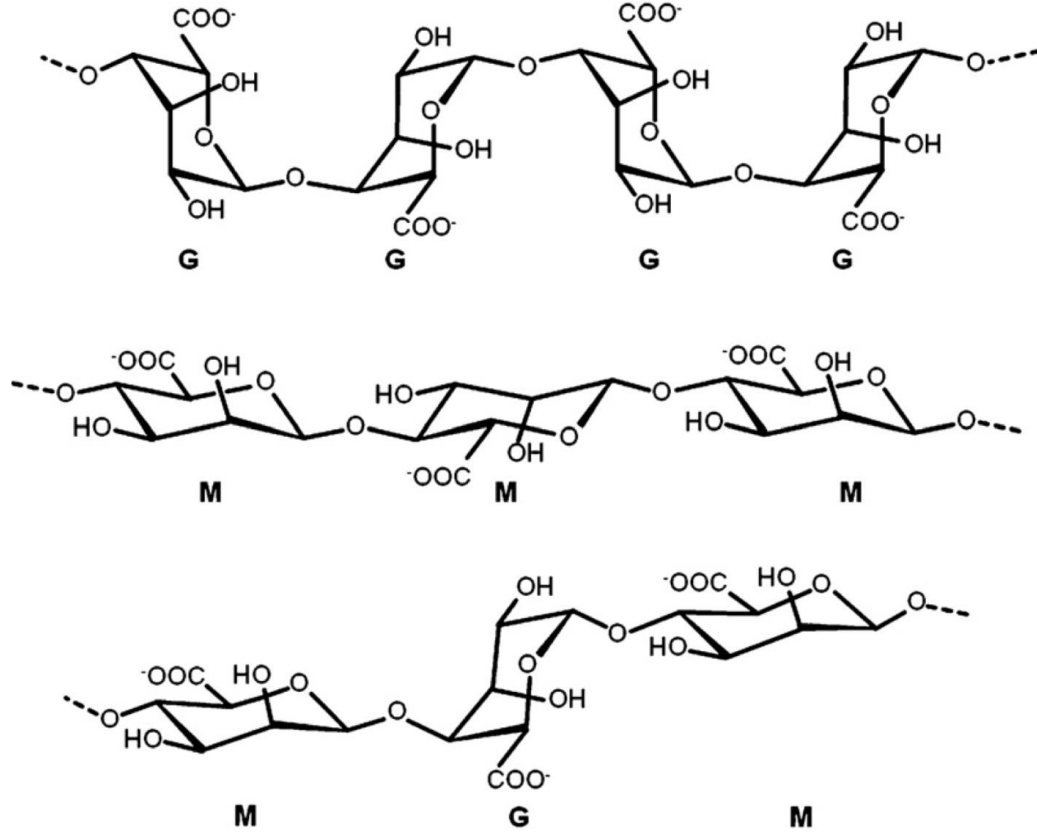
kaplama işlemi sırasında aktif madde ile kimyasal reaksiyona girmemeli, doğal olmalı, gıda endüstrisi için kabul edilebilir düzeyde çözücülerde çözünmeli, biyolojik açıdan parçalanabilmeli, aktif maddenin kontrollü salınımına yardımcı ve ekonomik olmalıdır. Aljinat, pektin, guar gam, kitosan gibi birçok doğal polimerlerin birçok gıda ve farmakolojik uygulamalarda kullanılması önerilmiştir. (Maresca ve diğ., 2016; Ray ve diğ., 2016).

Polisakkaritler monomer yapısına göre homopolisakkarit veya heteropolisakkarit olarak sınıflandırılırlar. Polisakkaritler polimer zinciri içerisinde tekrar eden birimin bağlanması, diziliş, tip yönünden kimyasal olarak birbirlerinden ayrılırlar. Bu kimyasal farklılıklar moleküler ağırlığı, dallanma derecesi, yapı, esneklik, elektriksel yük gibi moleküler özelliklerde farklılıklara yol açar. Dolayısıyla bu farklılıklar çözünürlük, su tutma kapasitesi, jelasyon, yüzey aktivitesi, emülsifikasyon, sindirim gibi fonksiyonel özelliklerde de değişikliklere sebep olmaktadır (Matalanis ve diğ., 2011). Polisakkaritlerin elektriksel yükü çözelti koşullarının yanısıra zincirdeki iyonik grupların yapısına da bağlıdır. Ortamdaki diğer iyonik bileşenlerle etkileşimle polisakkaritlerin elektriksel yükü değiştirilebilir. Bu etkileşimler, genellikle sodyum ve kalsiyum gibi biyopolimer zincirindeki zıt grupları bağlayan, tüm yük karakteristiğini değiştiren monovalent veya multivalent iyonları içerir.

Pektin ve aljinat gıda ve ilaç endüstrisinde birçok uygulamada kullanılan doğal iyonik polisakkaritlerdir (Braccini ve Perez, 2001).

*Aljinat* biyoaktif bileşenlerin mikroenkapsülasyonunda kullanılan en yaygın kaplama materyallerinden biridir. Aljinatın, deniz yosunundan elde edilen doğada bol miktarda bulunan, toksik olmayan, gıdalarda kullanılabilir, ucuz, biyolojik açıdan uyumlu,  $Ca^{+2}$  varlığında güçlü jel oluşturma yeteneğine sahip, doğal aniyonik polisakkarit olduğu belirtilmiştir (Shi ve diğ., 2013; Arriola ve diğ., 2016; Maresca ve diğ., 2016). Şekil 2.5'te gösterildiği gibi 1,4 glikozidik bağlarıyla bağlanan  $\alpha$ -L-guluronik asit (G) ve  $\beta$ -D-mannuronik asit (M) içerirler (Lee ve Mooney, 2012). Aljinatın kimyasal yapısı kullanılan su yosununun parçasına, türüne, yetiştirme şartlarına, sezona göre değişiklik gösterebilir. Genellikle ürünlerin jelleşme, kalınlaşma, stabilizasyonu için kullanılan katkı maddeleri olarak kabul edilmektedir. Mükemmel biyoyumluluk ve biyoçözünürlüklerinden dolayı biyomedikal ve biyoteknolojide yaraların pansumanında, gastrik reflüyü önlemede, ilaç taşıyıcı sistemlerinde, hücre tedavisinde, doku mühendisliğinde geniş bir kullanım alanı

bulunmaktadır (Lee ve Mooney, 2012; Paques, 2015). Polimer zincirlerinin kimyasal/fiziksel çapraz bağlanmasıyla aljinat jelleri kolayca oluşturulabilirler. Kimyasal kompozisyon, dizilim ve aljinat konsantrasyonu, çapraz bağlama tipi, çapraz bağlama yoğunluğu fosfat ya da sitrat gibi bağlayıcı maddelerin varlığı aljinat jellerinin fizikokimyasal özelliklerini etkiler (Paques, 2015).



**Şekil 2.5 :** Aljinanın G, M ve değişken bloklarının kimyasal yapısı (Lee ve Mooney, 2012).

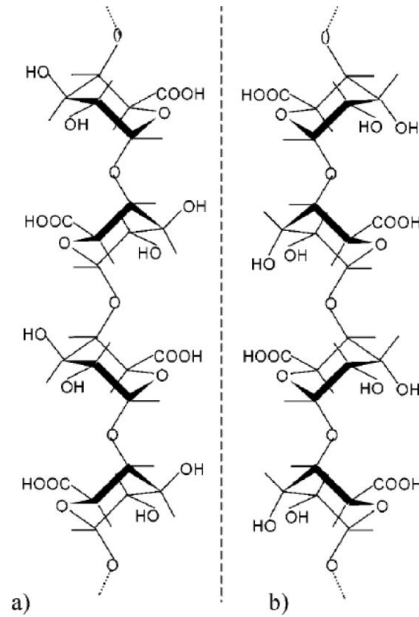
Jel oluşturmada en yaygın yöntem aljinatın sulu çözeltisiyle  $Ca^{2+}$  gibi iyonik çapraz bağlayıcı ajanların kombine edilmesidir. Kalsiyum klorür ( $CaCl_2$ ) iyonik çapraz bağlamada en çok kullanılan bağlayıcı ajanlardandır. Kalsiyum iyonları varlığında aljinat molekülünün  $\alpha$ -Lguluronik asit iyonları arasında bağlanma gerçekleşir ve jelleşme oluşur. Bu etkileşim yumurta kutusu modeli olarak tanımlanabilir (Lee ve Mooney, 2012; de Araujo Etchepare ve diğ., 2015). Aljinat asitli ortamda gözenekli yapısından dolayı aktif maddeye sınırlı koruma sağlar ve mikrokapsüllerin dışına kolayca difzyonuna müsaade eder. Aljinatın diğer polimerlerle harmanlandığında bu dezavantajların üstesinden gelinerek daha etkin bir biçimde yararlanılabileceği

belirtilmiştir (Shi ve diğ., 2013; Belščak-Cvitanovic ve diğ., 2015; Chew ve diğ., 2015).

*Pektin*, gıda endüstrisinde öncelikli olarak reçel üretiminde, meyve suyunda, şekerlemelerde, pasta dolgu maddesinde ve yoğurt stabilizasyonunda jelleştirme maddesi olarak kullanılır (Souza ve diğ., 2009). Pektin, aniyonik, toksik olmayan, gastrik ve intestinal enzimler tarafından sindirilmeyen neredeyse tamamı kolonik bakteriler tarafından parçalanabilen, bitkilerin hücre duvarından ekstrakte edilebilen heteropolisakkarittir. Kimyasal olarak pektin kompleks heterojen oligosakkaritler ve polisakkaritlerdendir. Baskın yapısal özelliği 1-4 bağıyla bağlı poli-D-galakturonik asidin doğrusal zinciridir. Karboksil grupları metil ester formunda bulunur, esterifikasyon derecesi elde edildiği kaynağa bağlı olarak değişiklik gösterir (Souza ve diğ., 2009). Pektinin ana fizikokimyasal özelliği molekül ağırlığı arttıkça jel yapabilme gücünün de artmasıdır (Kermani ve diğ., 2015). Pektin metoksilasyon derecesine (DM) göre iki grupta sınıflandırılır. Eğer  $DM < 45$  ise düşük metoksi (LM) pektin eğer  $DM > 45$  ise yüksek metoksi (HM) pektin olarak adlandırılırlar. Yüksek metoksi pektin, asit ( $pH < 3.6$ ) ve şekerce zengin ( $> 55$ ) ortamlarda hidrofobik etkileşimler ve hidrojen bağları aracılığıyla jel oluşturur. Düşük metoksi pektin, kalsiyum ve bakır iyonları gibi divalent katyonların varlığında ve nötre yakın pH da jel oluşturma yeteneğine sahiptir. Bu jelasyon kalsiyum iyonları ile galakturonat blokları arasındaki güçlü etkileşimden kaynaklanmaktadır (Kermani ve diğ., 2015; Lascol ve diğ., 2016). Genellikle gıda ürünlerinde viskoziteyi artırmak ve güçlü bir jel yapı oluşturmak için kullanılır. Pektin endüstriyel olarak genellikle yüksek metoksilli pektin formunda elma posası ve narenciye kabuklarından elde edilir (Chew ve diğ., 2015). Pektinin jelleşme özellikleri esas olarak; yumurta kutusu formunu oluşturan divalent katyonlu koordinasyon bağlarıyla bağlanabilen karboksil gruplarıyla ilgilidir. Çapraz bağlama şartları kadar kullanılan pektin çeşidi ve konsantrasyonu da mikrokapsüllerin jelleşme performansını etkileyen parametrelerdir. Amittlenmiş düşük metoksi (LM) pektinler pektin zincirleri arasındaki yüksek hidrofobik etkileşimlerden ve amid gruplarıyla hidrojen bağları arasındaki etkileşimden dolayı jel/kapsül oluşumu için iyi bir aday olarak önerilmiştir (Auriemma ve diğ., 2013).

Geniş kullanım alanı olan bu pektin ve aljinat polimerlerinin kalsiyum iyonları gibi divalent katyonların varlığında jel oluşturma yetenekleri vardır. Jelleşmenin

kalsiyum iyonları ile pektindeki galaktronik asit blokları ve aljinattaki guluronik asit blokları arasındaki özel ve güçlü bir etkileşim sonucunda olduğu belirtilmiştir ve Şekil 2.6'da galaktronat ve guluronat zincirleri şematik olarak gösterilmiştir. Poligalakturonat ve poliguluronat kalsiyumu güçlü bir şekilde bağlar. Aljinat durumunda jelleşme gücü poliguluronat seviyesiyle ilişkilidir. Jelleşme prosesinin mekanizması ve yapısal özellikleriyle ilgili bilgi edinmek için çok sayıda fiziksel ve kimyasal çalışmalar gerçekleştirilmiş olup, aljinat ve pektin için de kalsiyum iyonlarının zincir-zincir ilişkisini başlattığı belirtilmiştir. Bu birlikler jel oluşumundan sorumlu birleşim bölgelerini temsil eder. Birleşim bölgesi için popüler olarak yumurta kutusu adıyla bilinen bir model türetilmiştir ve kalsiyum iyonlarıyla paketlenen 21 çift sarmal zincir bu modelde yer almaktadır (Braccini ve Perez, 2001). Aljinat G/M kompozisyonuna göre karakterize edilirken; pektin genellikle esterifikasyon derecesine bazen de amidleşme derecesine göre tanımlanır (Fang ve diğ., 2008). Pektin ve aljinat güçlü film oluştururlar ancak hidrofilik yapılarından dolayısıyla karşı dirençleri zayıftır. Güçlü ve çözünmez jel oluşturmaları  $Ca^{+2}$  gibi divalent katyonlarla bu eksiklikleri giderilebilir. Kalsiyum tuzları arasında  $CaCl_2$ 'nin en etkili jelleştirici kalsiyum tuzu olduğu yapılan çalışmalarca ortaya konmuştur (Pavlath ve diğ., 1999; da Silva ve diğ., 2009).



**Şekil 2.6 :** Galaktronat ve Guluronat zincirlerinin şematik gösterimi (Braccini ve Perez, 2001).



Aljinat bazlı kaplama materyallerine pektin eklendiğinde aktif maddenin korunmasını ve mikrokapsüllerin besinsel değerini artırdığı belirtilmiştir (Chew ve diğ., 2015).

### 2.2.2 Enkapsülasyon yöntemleri

Genel olarak mikroenkapsülasyon karışım, süspansiyon, emülsiyon elde etmek için aktif madde ile kaplama materyalinin karıştırılmasıyla başlayıp kimyasal ya da mekanik işlemlerle mikrokapsül oluşumu şeklinde devam eder. Aktif maddenin kaplanmasında uygulanan birçok teknik olup en yaygın kimyasal işlemler arasında koaservasyon, kompleks koaservasyon, jelasyon, inklüzyon kompleksi, ara yüzey polimerizasyonu ve emülsiyon polimerizasyonu; mekanik işlemler arasında püskürterek kurutma, akışkan yatak, ekstrüzyon, liyofilizasyon sayılabilir (Davidov-Pardo ve diğ., 2015; Neodevic ve diğ., 2011; Jyothi ve diğ., 2010 )

*Püskürtmeli kurutma (sprey kurutma)*, enkapsülasyon teknolojisinde 1950'lerin sonundan beri kullanılan en eski yöntem olup gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Ekonomik, esnek, aralıksız çalışmaya uygun bir yöntemdir ve kaliteli partiküller üretilir (Zuidam ve Shimoni, 2010; Nedovic ve diğ., 2011). Kapsülleme amacıyla, modifiye nişasta, maltodekstrin, gamlar ve diğer hidratlanmış maddeler kaplama materyali olarak kullanılabilir. Püskürterek kurutmada aktif maddenin çözülerek, emülsifiye edilerek ya da dispers edilerek taşıyıcı sistem ile homojenize edilmesi ve bunu sıcak hazne içerisine atomizasyon ve püskürtme takip eder. Gıda endüstrisinde püskürterek kurutucular genellikle yüksek basınçlı ağızla ya da döner atomizer olarak da adlandırılan şantrifüj çarkı ile atomize edilir ve atomize edilen materyal ile sıcak hava temasıyla su uzaklaştırılır ve kapsüller kurutulur. Oluşan kapsüllerin boyutu 10-100 mikrometre aralığındadır. (Dubey ve diğ., 2009; Fang ve Bhandari, 2010; Zuidam ve Shimoni, 2010).

Atomize edilen damlacıkların boyutu yüzey gerilimine ve sıvının viskozitesine, püskürtücüdeki basınç düşmesine ve püskürtmenin hızına bağlı olarak değişir. Atomize edilen damlacıkların boyutu kurutma süresini ve parçacık boyutunu belirler (Zuidam ve Shimoni, 2010).

Isıya duyarlı bileşenlerin ve aromaların dehidrasyonunda kullanılan, liyofilizasyon olarak da bilinen *dondurarak kurutma* yönteminde örnekler -90 ile 40 °C'ye dondurulup, düşük sıcaklık ve düşük basınç altında süblimleşme ile kurutulur. Uzun

işleme süresi, yüksek enerji kullanımı, açık porlu yapıda kapsül elde edilmesinden dolayı iyi bariyer özelliği taşınamaması bu yöntemin dezavantajlarından sayılabilir. Püskürterek kurutmaya kıyaslandığında 30-50 kez daha pahalıdır. (Zuidam ve Shimoni, 2010; Gökmen ve diğ., 2012). Dondurarak kurutma, istenen uzun dehidrasyon süreleri dışında ilaçlar, suda çözülebilir esansların ve doğal aromaların enkapsülasyonu için kullanılabilen basit bir tekniktir (Fang ve Bhandari, 2010).

*Akışkan yataklı kurutma*, gıda ürünlerinin fonksiyonelliğini artırmak amaçlı mikrokapsül üretmek için kullanılan güçlü bir araçtır. Belirli bir sıcaklıkta hava akımıyla süspansiyon edilmiş toz parçacıklar kaplama materyaliyle atomize edilerek püskürtülür (Zuidam ve Shimoni, 2010; Nedovic ve diğ., 2011). Akışkan yataklı kurutma teknolojisinde polisakkaritler, proteinler, emülsiyon yapıcılar, yağlar gibi her türlü kaplama materyali kullanılabilir. Bu nedenle kontrollü salınım olanakları diğer teknolojilerden daha esnek (Gouin, 2004). Kaplama materyali pompalamayı sağlamak için kabul edilebilir viskozitede olmalı, termal olarak stabil olmalı ve parçacık yüzeyi üzerinde bir film oluşturabilmelidir (Zuidam ve Shimoni, 2010).

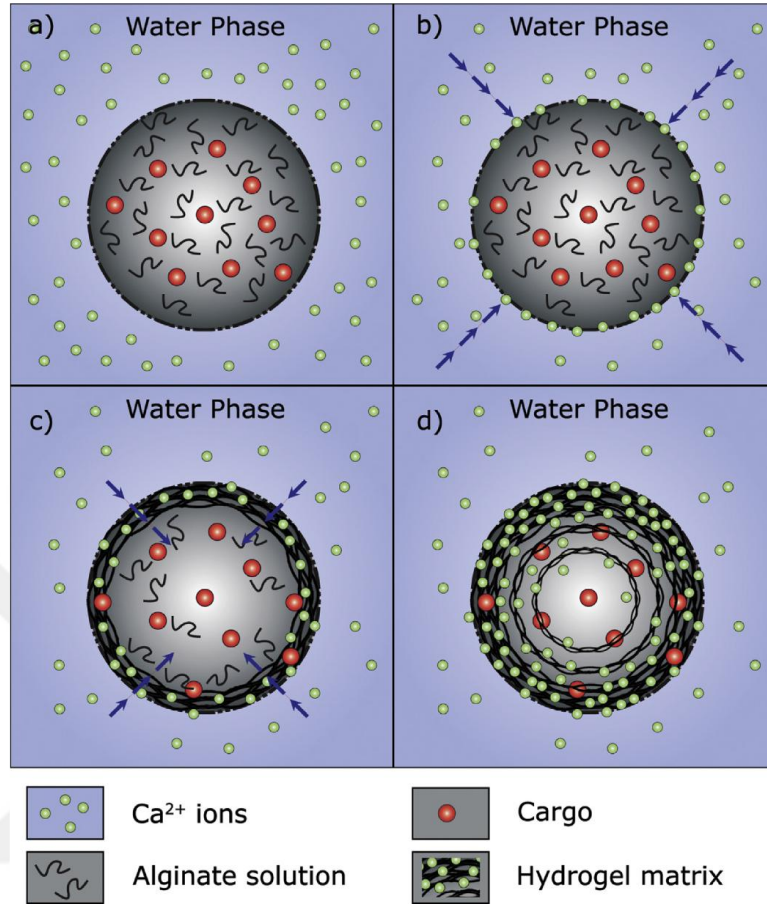
*Koaservasyon*, yüksek taşıma kapasitesinden dolayı ve mekanik strese dayalı kontrollü salınım olanaklarından dolayı eşsiz ve gelecek vaat eden mikroenkapsülasyon teknolojisidir. Genellikle aromatik yağların enkapsülasyonu için kullanılır ancak balık yağı, vitaminler, koruyucular ve enzimlerin de enkapsülasyonu sağlanabilir. Koaservasyon metodu ile mikroenkapsülasyon başlangıçtaki solüsyondan bir veya birden fazla hidrokolloidin faz ayrımı ve yeni oluşan koesevat fazın aktif madde etrafında aynı reaksiyon ortamında emülsifiye ve süspansiyon olarak ifade edilebilir. Gerekirse hidrokolloid kabuk uygun kimyasal ve enzimatik çapraz bağlayıcılarla bağlanabilir. Koaservasyonda kullanılan en yaygın hidrokolloid sistem jelatin/akasya zamkıdır. Basit koaservasyonda tek tip polimer ile çalışılırken kompleks koaservasyonda zıt yüklü birden fazla polimer ile çalışılır. Koaservasyonun avantajlarına rağmen ticari açıdan değerlendirildiğinde yüksek maliyetli olması dezavantajdır (Gouin, 2004).

*Enjeksiyon/ekstrüzyon* metodu, biyopolimer çözeltisinin jelleşmeyi sağlayan diğer çözelti içerisine damlatılmasıdır. Jelleşme metoduna bağlı olarak ikinci solüsyon iyonlar gibi jelleştirici ajanlar ya da enzimler içerebilir. Termal jelasyonda, sıcak jelasyonu ya da soğuk jelasyonu sağlamak için ikinci çözelti ısıtılabilir ya da soğutulabilir. Bu metod genellikle  $Ca^{+2}$  iyonları varlığında aljinat mikrokapsülleri

oluşturmak için kullanılır. Mikrokapsül oluşturmak için başlangıçtaki aljinat çözeltisi jelleşmenin olduğu ve kapsüllerin sertleştiği kalsiyum solüsyon banyosuna damlatılır. Bu metodun hem ekonomik hem kolay uygulanabilir olması sebebiyle oluşan mikrokapsüller kimyasal ilaçlar ve probiyotikler için büyük bir önem göstermiştir. Aljinatın yanısıra pektin gibi diğer polimerlerinde kalsiyum çözeltisi içerisine damlatılması ya da kitosan çözeltisinin trifosfat çözeltisi içerisine damlatılması iyonik jelasyon; peynir altı suyu protein çözeltisinin sıcak sıvıya damlatılması sıcak jelasyon; jelatin çözeltisinin jelleşmeyi sağlayıcı soğuk sıvıya damlatılması soğuk jelasyon olarak örneklendirilebilir (Matalanis ve diğ., 2011). Divalent katyonların varlığında aljinatın jelasyonu kolayca kontrol edilebilir ve agar karragenan gibi diğer biyopolimerlerin varlığında ısıtma gerektirmez.

Bu metod aktif maddeyi içeren biyopolimer sulu çözeltisinin kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ) çözeltisi içeren jelleştirme banyosuna damlatılması prensibine dayanır. Damlatma işlemi pipet, şiringa, titreşimli enjektör, püskürtmeli enjektör gibi araçlarla gerçekleştirilebilir. Damlatma aracına ve aljinat çözeltisinin viskoelastisitesine bağlı olarak partikül çapları 0,2 ve 5 mm arasında değişebilir (Zuidam ve Shimoni, 2010). Bu yöntem küçük ölçekli laboratuvar uygulamaları için uygundur.

İyonik jelasyonda kapsüller içsel veya dışsal olarak elde edilebilir. Her iki durumda da  $\text{Ca}^{+2}$  (kalsiyum) kullanılır. Dışsal jelasyonda  $\text{Ca}^{+2}$  iyonları dışsal bir kaynaktan nötral pH'ta aljinat çözeltisi içerisine yayılır. Bunun tersi olarak içsel jelasyonda çözünmeyen  $\text{Ca}^{+2}$  tuzları jelasyon oluşmadan önce damlacıklar içerisinde mevcuttur ve ortamın asitleştirilmesiyle salınımı gerçekleşir (Lupo ve diğ., 2015). Dışsal iyonik jelasyon ekstrüzyon tekniği kullanılarak gerçekleşir (de Araujo Etchepare ve diğ., 2015). Örneğin aktif madde aljinat çözeltisine ilave edilir ve elde edilen karışım sertleştirme özelliği gösteren kalsiyum klorür çözeltisi içerisine damlatılır. Aljinatın polimer zincirinin karboksil grupları ile  $\text{Ca}^{+2}$  iyonlarının etkileşimi sonucu çözünmeyen jel/kapsül oluşumu gözlenir. Bu çalışma kapsamında kapsül eldesi dışsal iyonik jelasyon mekanizması ile soğuk jelleşme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 : Kapsül oluşumunda dışsal jelleşme mekanizması (Leong ve diğ., 2015).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1 Materyal

Asetik asit ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), metanol ( $\text{CH}_4\text{O}$ ,  $\geq\%99,9$ ), ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ ,  $\geq\%99,8$ ), neocuprain (Nc,  $\geq\%98$ ), amonyum asetat ( $\text{NH}_4\text{Ac}$ ), bakır (II) klorür ( $\text{CuCl}_2$ ) Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Steinheim, Germany)'den, dipotasyum hidrojen fosfat ( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ ), potasyum dihidrojen fosfat ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) Merck KGaA (Darmstadt, Germany)'den; 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylkroman-2-karboksilik asit (Troloks), 2,2'azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)diammonium salt (ABTS) Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Steinheim, Germany)'den, potasyum persülfat ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) Merck KGaA (Darmstadt, Germany)'den temin edilerek ekstrakt hazırlanmasında antosiyanin ve antioksidan kapasitesinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Enkapsülasyonda kullanılan kalsiyum klorür ( $\text{CaCl}_2$ ) Merck KGaA (Darmstadt, Germany)'den ve koruyucu olarak kullanılan Sodyum azid ( $\text{NaN}_3$ ) Sigma-Aldrich Chemie GmbH (Steinheim, Germany)'den temin edilmiştir. Bütün analizlerde distile su cihazından elde edilen distile su kullanılmıştır. (TKA GenPure).

#### 3.2 Metot

##### 3.2.1 Kara havuç ekstraktının soğuk jelleşme yöntemi ile pektin ve/veya aljinat materyalleriyle enkapsülasyonu

Kara havuç ekstraktının pektin ve/veya aljinat kaplama materyalleriyle mikroenkapsülasyonunda soğuk jelleşme yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla 200'er mL ayrı ayrı % 2'lik (ağırlık/hacim) pektin, %2'lik (a/h) aljinat, %1 pektin-%1 aljinat (a/h) polimer çözeltileri bir gece boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan %2'lik pektin, %2'lik aljinat, %1'lik pektin-%1'lik aljinat çözeltilerinin herbirine aktif madde olarak belirli konsantrasyonlarda (%1, %0,5 ve %0,25'lik) kara havuç ekstraktı ilave edilip manyetik karıştırıcıda karıştırılarak homojenize edilmiştir. Ayrıca Şekil 3.1'de gösterilen aktif madde içermeyen kapsüller 200'er mL % 2'lik (a/h) pektin, %2'lik aljinat (a/h), %1 pektin-%1 aljinat

(a/h) çözeltileri kullanılarak oluşturulmuştur. Elde edilen çözeltilere antimikrobiyal özelliğinden dolayı %0,02 'lik sodyum azid ( $\text{NaN}_3$ ) ilave edilerek karıştırılmıştır.













Bu çalışmada kaplama materyali olarak kullanılan LM-101 AS pektin CP Kelco'dan, MANUGEL DMB aljinat FMC'den temin edilmiştir. Aktif madde olarak kullanılan kara havuç ise Döhler firmasından temin edilmiştir.

Hazırlanan çözeltilerin her biri 5 mL'lik uçları kesilen enjektör ile belirli miktarlarda %3'lük  $\text{CaCl}_2$  (a/h) çözeltisi içerisine damlatılmıştır. Her 5 mL'lik damlatma işlemi sonrası oluşan boncuklar, jel yapının korunması amacıyla  $\text{CaCl}_2$  çözeltisinde yaklaşık 1 dakika bekletilmiştir. Daha fazla bekletildiğinde kapsüllerde renk kaybı olduğu gözlemlenmiştir. Ardından süzülüp kapaklı cam kavanozlara alınarak 4 hafta boyunca +4 °C'de depolanmıştır.

Bu çalışmada %2'lik pektin %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik pektin %0,5'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik pektin %0,25'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik pektin içeren boş kapsül, %2'lik aljinat %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik aljinat %0,5'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik aljinat %0,25'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %2'lik aljinat içeren boş kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat %0,5'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat %0,25'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsül, %1'lik pektin-%1'lik aljinat içeren boş kapsül elde edilmiştir. Elde edilen kapsül örneklerinin fotoğrafları Şekil 3.1'de, yoğurt örneklerinin fotoğrafları ise Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

## Kaplama Maddesi

**Aktif Madde Oranı**  
(%) Karahavuç Ekstraktı

	%2 pektin	%2 aljinat	%1 pektin %1 aljinat
1			
0.5			
0.25			
—			

**Şekil 3.1** : Farklı kaplama maddeleriyle farklı konsantrasyonlarda kara havuç ekstraktının enkapsülasyonu.



Şekil 3.2 : Yoğurt örnekleri.



### 3.2.2 Stabilite çalışması

Stabilite çalışması hem yoğurt örneklerinde hemde kapsül örneklerinde yapıldı. Yoğurt sağlığa yararlı etkisiyle fonksiyonel bir süt ürünü olarak tüketiciler tarafından olumlu bir imaj kazanmıştır. Sonuç olarak yoğurt tüketimi tüm dünyada gün geçtikçe artmaktadır. Doğal antioksidan kaynaklarının ilavesiyle elde edilen yoğurt, starter kültürlerin ve ilave edilen antioksidanların yararlı etkilerinden dolayı tüketicinin ilgisini çekmek için oldukça uygun bir gıda formatı olarak düşünülmektedir (Chouchouli ve diğ., 2013). Bu sebeple yoğurt doğal antioksidanlarca zenginleştirilerek birtakım çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada renk stabilitesini, toplam antioksidan miktarını, toplam antosiyanin kapasitesini değerlendirmek için; %2'lik pektin %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsülden 15 g alınıp 50 g yoğurda, %2'lik aljinat %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsülden 15 g alınıp 50 g yoğurda, %1'lik pektin-%1'lik aljinat %1'lik kara havuç ekstraktı içeren kapsülden 15 g alınıp 50 g yoğurda ilave edilmiştir. Referans olarak kullanılan renk maddesi olarak antosiyanin içeren böğürtlenli yoğurt, sade yoğurt, antosiyanin içeren ekstrakt ilave edilen yoğurt ve kapsül ilavesi yapılan yoğurt örneklerinde Süttaş markasına ait yoğurt kullanılmıştır. Böylelikle farklı kaplama maddesi ve aktif madde oranlarında 9 kapsül, aktif madde içermeyen 3 kapsül ve 6 yoğurt örneği olmak üzere toplamda 18 örnek ile çalışılmıştır. Ayrıca enkapsüle edilmemiş %1'lik (a/h), %0,5'lik (a/h) ve %0,25'lik (a/h) kara havuç çözeltisi örnekleri kontrol örnekleri olarak seçilmiştir.

Hassas bileşen olan antosiyaninler gibi bileşiklerin pH, ısı, ışık gibi çevresel faktörlere duyarlı özelliklerinden dolayı gerçekleştirilen analizlerde, enkapsüle edilmemiş %1'lik (a/h), %0,5'lik (a/h) ve %0,25'lik (a/h) kara havuç çözeltisi kontrol örneklerine ilişkin stabil sonuçlar elde edilememiştir, stabiliteyi sağlamak amacıyla enkapsülasyon gerçekleştirilmiştir. Aktif madde içermeyen kapsül örneklerinin CUPRAC ve ABTS metodlarıyla toplam antioksidan kapasitesi analiz sonuçları ve toplam antosiyanin kapasitesi analiz sonuçları anlamlı bulunmamıştır ( $P < 0,05$ ).

Bütün kapsül ve yoğurt örnekleri 2 paralel olarak çalışılmıştır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2). Elde edilen kapsül ve yoğurt örnekleri cam kavanoz içerisinde +4 °C buzdolabı sıcaklığında 4 hafta boyunca depolanmıştır. Depolama süresince 1 haftalık periyotlarla, farklı konsantrasyonlarda ve farklı kaplama maddeleriyle

mikroenkapsüle edilmiş ve ürüne ilave edilen örneklerde renk, toplam antioksidan miktarı, toplam antosiyanin içeriğindeki değişim incelenmiştir. Depolama çalışmasının hedefi ürüne ilave edilen mikroenkapsüle edilmiş kara havucun üzerine depolama süresinin etkisinin incelenmesidir.

### **3.2.3 Ekstraksiyon**

Homojen bir şekilde  $1 \pm 0,001$  g tartılan her bir kapsül, yoğurt ve kapsül ilave edilen yoğurt örneği 25 mL MeOH-HOAc-H<sub>2</sub>O (50:8:42, metanol-asetikasit-su) çözeltisi (Ersus ve Yurdagel, 2007) ilave edilerek homojenizatör (IKA T18 Basic Ultra-Turrax) ile 2. kademedede 30 sn karıştırılmıştır. Ve örnekler +4 °C’de, 4985 rpm 20 dk santrifüjlenmiştir. İşlem sonunda üst faz yeni bir falcona alınmış kalan süzüntüye tekrar 25 mL çözelti ilave edilerek aynı işlemler tekrarlanmıştır. Yaklaşık 50 mL ekstrakt elde edilmiştir. Elde edilen ekstraktlar analizleri gerçekleştirilene kadar -20 °C’de muhafaza edilmiştir.

### **3.2.4 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini**

Başarılı sonuçlar verdiği bilinen 2 farklı metot kullanılarak herbir örneğin 4 haftalık depolama süresince toplam antioksidan kapasitesi ölçülmüştür. Deneyler 4 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar ortalaması alınarak belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar Troloks Eşdeğeri (TE) cinsinden ifade edilmiştir.

#### **3.2.4.1 CUPRAC metodu (Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi)**

Test Tüpüne konulan 0,1 mL örneğe, sırasıyla, 1 mL  $10^{-2}$  M CuCl<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O çözeltisi, 1 mL  $7,5 \times 10^{-3}$  M Neocuproine çözeltisi ve 1 mL 1 M amonyum asetat (pH=7) tampon çözeltisi ve son olarak 1 mL H<sub>2</sub>O ilave edilerek son hacim 4,1 mL’ ye tamamlanıp karıştırılmıştır. Absorbanslar 30 dakika bekletildikten sonra (Apak ve diğ., 2004) 450 nm dalgaboyunda microplate reader ile ölçülmüştür.

#### **3.2.4.2 ABTS metodu (radikal yakalama yöntemi)**

Miller ve Rice-Evans’ın (1997) uyguladığı yönteme göre bir gece önceden hazırlanıp karanlıkta bekletilen ABTS<sup>•+</sup> (2,2- azinobis 3-etilbenzothiazolin-6-sülfonik asit diamonyum tuzu) çözeltisi hazırlanmıştır. Daha sonra 0,005 M KPi tampon çözeltisinin (pH=8) ilavesiyle absorbans 1,2-0,9 arasında olacak şekilde ayarlanmıştır. Test tüpüne konulan örneklerin antioksidan kapasitesini ölçmek için

0,1 mL örnek üzerine standart 1 mL ABTS<sup>•+</sup> çözeltisi eklenmiştir. 10 sn karıştırılıp 30 sn beklenerek 734 nm’de suya karşı plastik küvetlerde spektrofotometrede okuma yapılmıştır (Miller ve Rice-Evans, 1997).

### **3.2.5 Toplam antosiyanin tayini**

500 ile 550 nm arasında maksimum absorbans değerine bakıldı ve 530 nm maksimum absorbans gösterdiği tespit edildiğinden ekstrakte edilen ve seyreltilen örnekler 530 nm’de köre karşı plastik küvetlerde spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Herbir paralelden 3’er okuma yapılarak ortalama alınmıştır ve sonuçlar siyanidin-3-galaktozit cinsinden ifade edilmiştir (Ersus ve Yurdagel, 2007).

### **3.2.6 Renk tayini**

Aktif madde olarak belirli oranlarda (%1, %0,5 %0,25) kara havuç ekstraktı içeren %2’lik pektin, %2’lik aljinat, %1’lik pektin-%1’lik aljinat ile oluşturulan kapsül örnekleri, boş kapsül örnekleri; %1’lik aktif madde (kara havuç) içeren %2’lik pektin, %2’lik aljinat, %1’lik pektin-%1’lik aljinat kompleksi ile oluşturulmuş kapsüllerin yoğurda ilavesiyle elde edilmiş örnekler, böğürtlenli yoğurt, kara havuç ekstraktıyla renklendirilmiş yoğurt ve sade yoğurt örneklerinin CIELAB (L\*, a\*, b\*) renk değerleri depolama süresi boyunca reflektans spektrofotometresi MINOLTA CM-3600d (Osaka, Japonya) kullanılarak üç farklı noktadan ölçülmüştür. Her kullanım öncesinde beyaz seramik plaka ile spektrofotometrenin kalibrasyonu yapılmıştır.

### **3.2.7 Enkapsülasyon verimliliği**

Son ürün içindeki aktif madde miktarının başlangıçtaki aktif madde miktarına oranlanmasıyla enkapsülasyon verimliliği (EV) hesaplanmıştır (Shu ve diğ., 2006).

### **3.2.8 Mikroenkapsüllerin ışık mikroskobu ile optik olarak incelenmesi**

Mikroenkapsüllerin morfolojik yapısı NIKON DS-Fi2 ışık mikroskobu vasıtasıyla 40 kat büyütme ile görüntülenmiştir (Betz ve Kulozik, 2011).

### **3.2.9 İstatistiksel analiz**

Analiz sonuçlarının tümü SPSS 21.0 programıyla hesaplanmıştır. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile 0,05 önem

düzeyinde değerlendirilmiştir. Her bir örnek için analizler üç kez tekrarlanmış ve sonuçlar ortalama değer  $\pm$  standart sapma şeklinde ifade edilmiştir.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada cam kavanoz içerisinde +4 °C buzdolabı sıcaklığında 4 hafta boyunca depolanan örneklerin enkapsülasyon verimliliği, ışık mikroskobu görüntüleri; 1 haftalık periyotlarla da renk, toplam antioksidan miktarı, toplam antosiyanin içeriğindeki değişim analizlenmiştir.

### 4.1 Enkapsüle Edilmiş Kara Havuç Örneklerinin Analizleri

#### 4.1.1 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini

##### 4.1.1.1 CUPRAC metodu (bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi)

Kaplama materyali olarak %2'lik pektin içeren enkapsüle edilmiş kara havuç örneklerine ait CUPRAC metodu kullanılarak yapılan toplam antioksidan kapasitesi analiz sonuçları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre depolama süresince %2'lik pektin ile enkapsüle edilmiş %1, 0,5 ve 0,25 kara havuç (aktif madde) içeren örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitesi sırasıyla  $90,96 \pm 15,74$  -  $57,83 \pm 10,38$  g/100 g,  $73,70 \pm 23,25$  -  $27,71 \pm 6,15$  g/100g,  $68,09 \pm 17,21$  -  $29,45 \pm 14,82$  g/100g aralığında değişmiştir. %2'lik pektin ile kaplanan %1 kara havuç içeren enkapsüle örnek ile %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örneğin toplam antioksidan kapasitesinde iki haftalık depolama süresince istatistiksel olarak önemli bir farklılık yokken, ikinci haftadan sonra aradaki fark istatistiksel olarak önemlidir. %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örneğin toplam ikinci haftaya kadar önemli bir farklılık varken ikinci haftadan sonra istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamaktadır ( $P < 0,05$ ). +4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2'lik pektin ile kaplanan %1 kara havuç içeren enkapsüle ürünün CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitesinde %36,42 azalma tespit edilirken bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %62,40, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %56,75 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.1 :** %2'lik pektin ile enkapsüle edilen örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri (mg TEAC/100g).

Kaplama materyali	%2 pektin		
	%1	%0,5	%0,25
0. hafta	90,96±15,74 <sup>a</sup>	73,70±23,25 <sup>a</sup>	68,09±17,21 <sup>a</sup>
1. hafta	87,93±28,25 <sup>a</sup>	62,98±25,01 <sup>a</sup>	46,26±1,99 <sup>b</sup>
2. hafta	87,08±9,75 <sup>a</sup>	59,51±17,07 <sup>a</sup>	32,07±9,64 <sup>c</sup>
3. hafta	60,94±15,18 <sup>b</sup>	40,25±18,25 <sup>b</sup>	29,76±7,94 <sup>c</sup>
4. hafta	57,83±10,38 <sup>b</sup>	27,71±6,15 <sup>b</sup>	29,45±14,82 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

Kaplama materyali olarak %2'lik aljinat içeren enkapsüle edilmiş kara havuç örneklerine ait CUPRAC metodu kullanılarak yapılan toplam antioksidan kapasitesi analiz sonuçları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre depolama süresince %2'lik aljinat ile enkapsüle edilmiş olan %1, 0,5 ve 0,25 kara havuç (aktif madde) içeren örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitesi sırasıyla 120,31±41,75 – 38,57±11,80 mg TEAC/100g, 71,36±24,88 – 34,13±14,74 mg TEAC/100g, 61,10±12,11 – 22,99±7,25 mg TEAC/100g aralığında değiştiği tespit edilmiştir. +4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda kaplama materyali olarak %2'lik aljinatın kullanıldığı %1 kara havuç içeren enkapsüle örneğin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitesinde %67,94 azalma tespit edilirken bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %52,17, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %62,37 olarak belirlenmiştir. Depolama süresinin başlangıç günüyle (0. hafta) son günü (4. hafta) kıyaslandığında %2'lik aljinatın kullanıldığı örnekler için azalma istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Sadece %1 ve %0,25 kara havuç içeren örnekte 2. hafta ile 3. hafta arasında, %0,5 kara havuç örneğinde 2. haftadan itibaren toplam antioksidan kapasitelerinde fazla bir azalma olmayıp fark istatistiksel olarak önemli değildir (P<0,05).

**Çizelge 4.2 :** %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri (mg TEAC /100g).

Kaplama materyali	%2 aljinat		
	%1	%0,5	%0,25
Aktif madde miktarı			
0. hafta	120,31±41,75 <sup>a</sup>	71,36±24,88 <sup>a</sup>	61,10±12,11 <sup>a</sup>
1. hafta	71,54±19,26 <sup>b</sup>	55,58±12,73 <sup>b</sup>	48,10±4,59 <sup>b</sup>
2. hafta	52,13±23,80 <sup>b,c</sup>	42,50±9,69 <sup>c</sup>	36,59±15,26 <sup>c</sup>
3. hafta	51,92±1,24 <sup>b,c</sup>	37,41±6,06 <sup>c</sup>	32,88±4,53 <sup>c</sup>
4. hafta	38,57±11,80 <sup>c</sup>	34,13±14,74 <sup>c</sup>	22,99±7,25 <sup>d</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

Kaplama materyali olarak %1 pektin- %1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilmiş kara havuç örneklerine ait CUPRAC metodu kullanılarak yapılan toplam antioksidan kapasitesi analiz sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre depolama süresince %2'lik %1 pektin- %1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilmiş %1, 0,5 ve 0,25 kara havuç (aktif madde) içeren örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitesi sırasıyla 115,56±34,32 – 59,52±31,23 mg TEAC/100g, 74,13±22,60 – 38,13±19,04 mg TEAC/100g, 57,10±13,28 – 17,90±1,60 mg TEAC/100g aralığında değişmiştir. %1 pektin- %1 aljinat kaplama materyali ile kaplanan %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin 4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasitelerindeki azalma ise sırasıyla %48,50, %48,56, %68,65 olarak ifade edilmiştir ve 0. hafta ile son hafta kıyaslandığında %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örnekler için fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren örneklerde 2. haftaya kadar aradaki fark istatistiksel olarak önemli değilken 2.haftadan itibaren fark istatistiksel olarak önemlidir(P<0,05).

**Çizelge 4.3 :** %1 pektin-%1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilen örneklerin CUPRAC metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri (mg TEAC/100g).

Kaplama materyali	%1 pektin - %1 aljinat		
	Aktif madde miktarı	%1	%0,5
0. hafta	115,56±34,32 <sup>a</sup>	74,13±22,60 <sup>a</sup>	57,10±13,28 <sup>a</sup>
1. hafta	97,44±41,86 <sup>a,b</sup>	73,83±17,80 <sup>a</sup>	70,08±21,06 <sup>a</sup>
2. hafta	78,78±25,87 <sup>b,c</sup>	72,80±41,53 <sup>a</sup>	71,69±27,70 <sup>a</sup>
3. hafta	59,82±5,91 <sup>c</sup>	41,95±18,70 <sup>b</sup>	21,16±4,40 <sup>b</sup>
4. hafta	59,52±31,23 <sup>c</sup>	38,13±19,04 <sup>b</sup>	17,90±1,60 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

Flores ve diğ. (2014), mikroenkapsüle yabancı maddelerini antosiyaninlerinin sindirim sırasındaki toplam fenolik içeriği ve antioksidan kapasitesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Yabancı maddelerini antosiyaninlerini içeren mikrokapsüller, kaplama materyali olarak kullanılan gam arabik ve peyniraltı suyu izolatlarının püskürterek kurutma yöntemi için kullanılan üç farklı solvent (asetonik, etanolik, metanolik) ile kombinasyonu ile oluşturulmuştur. Bu çalışmada biri polisakkarit enkapsülant (gam arabik) ve polipeptit enkapsülant (peyniraltı suyu proteini) olarak iki kaplama materyali karşılaştırılmıştır. Püskürterek kurutulan ürünün FRAP değerleri duvar materyali ve solvent tipi ve bu iki parametre arasındaki etkileşime bağlı olduğu ifade edilerek peyniraltı suyu ile oluşturulan mikrokapsüllerin FRAP değerinin gam arabik ile oluşturulan mikrokapsüllerden daha yüksek olduğu bulgulanmıştır.

Bakowska ve Kolodziejczyk (2011), siyah frenk üzümündeki biyoaktif bileşikler püskürterek kurutma yöntemiyle mikroenkapsülasyonun sağlamışlardır. Kaplama materyali olarak farklı dekstroz eşdeğerine (DE) sahip maltodekstrinler (DE11, DE18, DE21) ve inülin kullanıldığı bu çalışmada mikroenkapsülasyon sonrasında siyah frenk üzümündeki biyoaktif bileşikler, ABTS ve DPPH yöntemleriyle antioksidan aktivitesi, toplam antosiyanin miktarı açısından değerlendirmiştir. 8°C'de 12 aylık depolama süresince toplam antosiyanin %16-35 oranında, 25 °C' de ise %24-32 oranında azalma olarak ifade edilmiştir. 12 aylık depolama sonrasında



8°C’de antioksidan aktivite deęişmeden kalmıřtır. 25°C’de ise çok az bir dűřűş gűzlemlenmiřtir ve 12 ay sonunda her iki sıcaklıkta da maltodekstrinle kaplanan tozların antioksidan kapasitesi en yűksek olarak belirtilmiřtir.

Kuck ve dię. (2016), Bordo űzűm kabuęunun pűskűrterek kurutma ve dondurarak kurutma yűntemiyle enkapsűlasyonunda gam arabik (arap zamkı, GA), kısmen hidrolize guar gam (PHGG) ve polidekstrozun (PD) farklı kombinasyonlarını kaplama materyali olarak kullandıkları çalıřmada antioksidan aktivitesini DPPH ve CUPRAC yűntemleriyle analizlemiřlerdir. DPPH yűnteminde bařlangıç ekstarktıyla karřılařtırdıklarında en yűksek antioksidan korunması %59,1 ile dondurarak kurutma yűntemi uygulanan %5 GA ve %5 PD içeren űrnek; CUPRAC yűnteminde ise pűskűrterek kurutma yűntemi uygulanan %10 GA içeren űrnek olduęu belirtilmiřtir.

Őnceki çalıřmalarda farklı yűntemlerle farklı kaplama materyalleri ile çeřitli çalıřmalar yapılmıř ve antioksidan kapasitesi açısından deęerlendirmeleri yapılmıřtır. Bu alıřmada CUPRAC yűntemiyle toplam antioksidan kapasitesi tayini gerçekleřtirilmiř ve 4 °C de dűrt haftalık depolama sonunda antioksidan içerięinde en az azalma %36,42 ile %2 pektin %1 kara havuç içeren enkapsűle űrűnde gűzlemlenmiřtir.

#### **4.1.1.2 ABTS metodu (radikal yakalama yűntemi)**

Kaplama materyali olarak %2 pektin içeren, %2 aljinat içeren ve %1 aljinat-%1 pektin içeren enkapsűle edilmiř kara havuç űrneklerine ait ABTS metodu kullanılarak toplam antioksidan kapasitesini hesaplamak için yapılan analiz sonuçları izelge 4.4, izelge 4.5 ve izelge 4.6’da verilmiřtir. +4 °C’de 4 haftalık depolama sűresi sonunda %2’lik pektin ile kaplanan %1 kara havuç içeren enkapsűle űrűnűn ABTS metodu ile toplam antioksidan miktarında %17,06 azalma tespit edilirken bu deęer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren űrnek için %47,24, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren űrnek için %64,86 olarak belirlenmiřtir. %2 pektin %1 kara havuç içeren űrnekte depolama sűresi boyunca ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasitesi tayininde istatistiksel açıdan űnemli bir fark tespit edilememiřtir. 0. hafta ile son hafta kıyaslandıęında %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren enkapsűle űrnekler için sırasıyla 1. hafta itibariyle ve 2. hafta itibariyle fark istatistiksel olarak űnemlidir ( $P<0,05$ ).

**Çizelge 4.4 :** %2'lik pektin ile enkapsüle edilen örneklerin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri (mg TEAC/100g).

Kaplama materyali	%2 pektin		
	%1	%0,5	%0,25
0. hafta	44,59±5,22 <sup>a</sup>	25,02±4,64 <sup>a</sup>	10,76±3,88 <sup>a</sup>
1. hafta	43,10±4,42 <sup>a</sup>	24,75±4,31 <sup>a</sup>	10,08±2,36 <sup>a</sup>
2. hafta	38,20±4,04 <sup>a</sup>	20,00±3,28 <sup>a,b</sup>	8,99±1,56 <sup>a</sup>
3. hafta	37,39±5,30 <sup>a</sup>	18,64±2,03 <sup>a,b</sup>	6,4±3,78 <sup>a,b</sup>
4. hafta	36,98±7,00 <sup>a</sup>	13,20±6,88 <sup>b</sup>	3,78±0,31 <sup>b</sup>

<sup>a-b</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

+4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda kaplama materyali olarak %2'lik aljinatın kullanıldığı %1 kara havuç içeren enkapsüle örneğin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasitesinde %43,72 azalma tespit edilirken, bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %67,65, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için ise %89,44 olarak belirlenmiştir. Bu örneklerin depolamanın başlangıcındaki ABTS değerleri sırasıyla 34,81±2,45, 17,28±2,28, 15,24±1,12 mg TEAC/100g şeklindedir. 0. hafta ile son hafta kıyaslandığında %2'lik aljinatın kullanıldığı %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örnekler için fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

%1'lik pektin-%1'lik aljinat kaplama materyali ile kaplanan %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin depolamanın başlangıcında ABTS değerleri sırasıyla 44,86±1,43, 27,20±1,43, 16,74±1,29 mg TEAC/100g şeklinde ölçülürken, 4°C'de 4 haftalık depolama süresinin sonunda ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasitelerindeki azalma ise sırasıyla %15,14, %88,75, % 82,79 olarak ifade edilmiştir. 0. hafta ile son hafta kıyaslandığında %1 pektin - %1 aljinat kompleksi ile kaplanan %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örnekler için fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Depolama süresi boyunca ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasitesinde en fazla azalmanın %2'lik aljinat ile kaplanan %0,25 kara havuç içeren örnekte olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.5 :** %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen örneklerin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri (mg TEAC/100g).

Kaplama materyali	%2 aljinat		
Aktif madde miktarı	%1	%0,5	%0,25
0. hafta	34,81±2,45 <sup>a</sup>	17,28±2,28 <sup>a</sup>	15,24±1,12 <sup>a</sup>
1. hafta	28,29±2,99 <sup>a,b</sup>	15,65±1,37 <sup>a</sup>	12,93±4,75 <sup>a</sup>
2. hafta	22,03±3,42 <sup>b,c</sup>	10,62±2,78 <sup>b</sup>	5,32±2,49 <sup>b</sup>
3. hafta	21,22±5,78 <sup>b,c</sup>	8,85±4,96 <sup>b,c</sup>	5,05±1,92 <sup>b</sup>
4. hafta	19,59±2,25 <sup>c</sup>	5,59±0,99 <sup>c</sup>	1,61±0,31 <sup>b</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

**Çizelge 4.6 :** %1 pektin-%1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilen örneklerin ABTS metodu ile toplam antioksidan kapasiteleri (mg TEAC/100g).

Kaplama materyali	%1 pektin - %1 aljinat		
Aktif madde miktarı	%1	%0,5	%0,25
0. hafta	44,86±1,43 <sup>a</sup>	27,20±1,43 <sup>a</sup>	16,74±1,29 <sup>a</sup>
1. hafta	42,28±3,67 <sup>a,b</sup>	20,68±5,24 <sup>b</sup>	7,5±1,15 <sup>b</sup>
2. hafta	40,65±2,53 <sup>a,b</sup>	12,12±1,72 <sup>c</sup>	7,2±2,88 <sup>b</sup>
3. hafta	39,70±5,35 <sup>a,b</sup>	11,93±4,08 <sup>c</sup>	4,87±1,91 <sup>c</sup>
4. hafta	38,07±5,51 <sup>b</sup>	3,06±1,91 <sup>d</sup>	2,88±0,77 <sup>c</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

Belščak-Cvitanovic ve arkadaşları (2011), medisinal bitki ekstraktlarının aljinat-kitosan kompleksi ile enkapsülasyonunu sağlayarak bir ay boyunca buzdolabı sıcaklığında depolanan mikrokapsülleri antioksidan kapasitesi açısından değerlendirmişlerdir. Depolamanın ilk haftasında hidrojel mikrokapsüllerinin antioksidan kapasitesinin hızlıca düştüğü 2 hafta sonra ise 3,6 katı azalmanın olduğu uygulanan ABTS yöntemiyle belirlenmiştir.

Ersus ve Yurdagel (2007) antosiyanin pigmentleri içeren mikrokapsüllerin stabilitesini değerlendirdikleri çalışmada, 4 °C’ de iki ay depolama sonrasında antioksidan stabilitesinin belirgin bir şekilde azaldığını gözlemlemiştir. Bu parçacıklar püskürterek kurutma yöntemiyle oluşturulduğundan, düşük su içeriğinden dolayı bu enkapsüle polifenollerin antioksidan kapasitesi uzun süre korunmayı başarmış olabilir. Ariola ve diğerleri (2016), şeker otunun (*Stevia rebaudiana* Bertoni) sulu yaprak ekstraktını sodyum aljinat kullanarak enkapsüle etmiş ve elde ettikleri yaş kapsülleri ve liyofilize kapsülleri 4±2 °C’de 30 gün depolayarak toplam fenolik içeriği ve antioksidan stabilitesi açısından değerlendirmişlerdir. ABTS ve FRAP yöntemleri kullanılarak yapılan analizlerde liyofilize kapsüller (142,1±1,1 µmol trolox/g; 10,1±1,0 µmol trolox/g) yaş kapsüllerle (71,8±0,9 µmol trolox/g; 8,4±0,8 µmol trolox/g) kıyaslandığında daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiklerini ifade etmişlerdir.

Yapılan bir çalışmada antioksidan, vitamin ve mineralce zengin yerba mate (Paraguay çayı) ekstraktının enkapsülasyonu kaplama materyali olarak aljinat ve yapısal özelliklerini geliştirmek için eklenen nişasta ile sağlanmış olup bu doğal antioksidanın gıda sisteminde uygun bir matris içerisinde olası gıda uygulamalarını geliştireceği vurgulanmıştır. Aljinat ve aljinat-nişasta kompleksiyle kaplanan yerba mate ekstraktının DPPH yöntemiyle antioksidan kapasitesi tayini yapıldığına değerleri %74,15 ve %77,02 şeklinde olduğu belirtilmiştir. Nişasta ilavesine bakılmaksızın antioksidan aktivitesini çok fazla değiştirmedeği belirtilmiştir (Lopez-Cordoba ve diğ., 2014).

#### **4.1.2 Toplam antosiyanin miktarı tayini**

Kaplama materyali olarak %2 pektin içeren, %2 aljinat içeren ve %1 pektin- %1 aljinat içeren enkapsüle edilmiş kara havuç örneklerine ait toplam antosiyanin miktarı sonuçları Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9’da verilmiştir. %2’lik pektinle enkapsüle edilen %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren örneklerin 0. hafta toplam antosiyanin içerikleri sırasıyla 67,99±2,16, 42,91±1,07, 23,57±1,16 mg cyn-3-gly/100g dır. +4 °C’de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2’lik pektin ile kaplanan %1 kara havuç içeren enkapsüle ürünün toplam antosiyanin miktarında %36,14 azalma tespit edilirken, bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %36,66, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %48,41 olarak

belirlenmiştir. 0. hafta ile son hafta kıyaslandığında %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örnekler için fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

**Çizelge 4.7 :** %2'lik pektin ile enkapsüle edilen örneklerin toplam antosiyanin miktarları (mg cyn-3-gly/100g).

Kaplama materyali	%2 pektin		
	%1	%0,5	%0,25
0. hafta	67,99±2,16 <sup>a</sup>	42,91±1,07 <sup>a</sup>	23,57±1,16 <sup>b</sup>
1. hafta	57,43±2,58 <sup>b</sup>	38,65±2,22 <sup>b</sup>	18,35±2,12 <sup>b</sup>
2. hafta	46,26±1,07 <sup>c</sup>	32,46±0,84 <sup>c</sup>	15,61±0,39 <sup>c</sup>
3. hafta	44,74±0,57 <sup>c,d</sup>	29,01±0,61 <sup>d</sup>	13,58±0,77 <sup>d</sup>
4. hafta	43,42±1,64 <sup>d</sup>	27,18±2,76 <sup>d</sup>	12,16±1,02 <sup>d</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı s sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

%2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren örneklerin 0. hafta toplam antosiyanin miktarları sırasıyla 46,16±3,61, 24,34±1,42, 17,43±1,46 mg cyn-3-gly/100g dır. Yine 4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda kaplama materyali olarak %2'lik aljinatın kullanıldığı %1 kara havuç içeren enkapsüle örneğin toplam antosiyanin miktarında %60,69 azalma tespit edilirken, bu değer %0,5 kara havuç ekstraktı içeren örnek için %67,58, %0,25 kara havuç ekstraktı içeren örnek için ise %58,80 olarak belirlenmiştir. 0. hafta ile son hafta kıyaslandığında %2'lik aljinat kaplama maddesiyle kaplanan %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örnekler için fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

%1'lik pektin - %1'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren örneklerin 0. hafta toplam antosiyanin miktarları sırasıyla 70,32±1,28, 34,18±1,33, 15,81±1,53 mg cyn-3-gly/100g dır. %1'lik pektin- %1'lik aljinat kaplama materyali ile kaplanan %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin 4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda toplam antosiyanin miktarlarındaki azalma ise sırasıyla %8,29, %78,09 ve % 68,05 olarak ifade edilmiştir. %1'lik pektin - %1'lik aljinat kaplama materyali ile kaplanan örneklerde en belirgin azalma 1 haftalık depolama sonucu olmuştur. 0. hafta ile son hafta

kıyaslandığında %1 pektin-%1 aljinat kompleksi ile kaplanan %1, %0,5 ve %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örnekler için fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05).

**Çizelge 4.8 :** %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen örneklerin toplam antosiyanin miktarları (mg cyn-3-gly/100g).

Kaplama materyali	%2 aljinat		
Aktif madde miktarı	%1	%0,5	%0,25
0. hafta	46,16±3,61 <sup>a</sup>	24,34±1,42 <sup>a</sup>	17,43±1,46 <sup>a</sup>
1. hafta	33,17±2,62 <sup>b</sup>	11,95±0,90 <sup>b</sup>	9,11±0,90 <sup>b</sup>
2. hafta	29,41±0,69 <sup>c</sup>	10,33±0,39 <sup>d</sup>	8,60±0,57 <sup>b,c</sup>
3. hafta	21,29±1,38 <sup>d</sup>	8,70±0,69 <sup>d</sup>	7,79±1,48 <sup>b,c</sup>
4. hafta	18,15±1,71 <sup>d</sup>	7,89±0,94 <sup>d</sup>	7,18±0,52 <sup>c</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

**Çizelge 4.9 :** %1 pektin - %1 aljinat kompleksi ile enkapsüle edilen örneklerin toplam antosiyanin miktarları (mg cyn-3-gly/100g).

kaplama materyali	%1'lik pektin - %1'lik aljinat		
aktif madde miktarı	%1	%0,5	%0,25
0. hafta	70,32±1,28 <sup>a</sup>	34,18±1,33 <sup>a</sup>	15,81±1,53 <sup>a</sup>
1. hafta	66,36±1,89 <sup>b</sup>	13,27±1,22 <sup>b</sup>	7,59±0,41 <sup>b</sup>
2. hafta	65,65±0,78 <sup>b</sup>	8,70±1,02 <sup>c</sup>	6,88±0,52 <sup>b</sup>
3. hafta	65,14±1,83 <sup>b</sup>	8,20±0,33 <sup>c</sup>	6,78±0,51 <sup>b</sup>
4. hafta	64,49±0,69 <sup>b</sup>	7,49±0,51 <sup>c</sup>	5,05±1,67 <sup>c</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

Ersus ve Yurdagel (2007) çalışmalarında kaplama materyali olarak farklı dekstroz eşdeğerine sahip maltodekstrinler [Stardri 10 (10DE), Glucodry 210 (20-23DE) ve MDX29 (28-31 DE)] kullanarak kara havuç ekstraktının püskürterek kurutma

yöntemiyle mikroenkapsülasyonunu sağlamışlardır. Püskürterek kurutma yönteminde uygulanan farklı miktarlardaki giriş/çıkış (120, 160 ve 180 °C) hava sıcaklıklarının mikroenkapsüle ürünlerdeki etkisi incelenmiş ve yüksek giriş/çıkış hava sıcaklıklarının büyük ölçüde antosiyanin kayıplarına yol açtığı belirtilmiştir. Ayrıca kaplama materyallerinin antosiyanin içeriği üzerine etkisi incelediklerinde Glucodry 210 (20-23DE) ile kaplanan örneğin en yüksek antosiyanin içeriğine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Glucodry 210 antosiyanin içeriği açısından MDX29 ve Stardri 10 ile kıyaslandığında %28,45 daha fazla olduğu bulgulanmıştır.

Kuck ve diğerlerinin (2016) yaptığı bordo üzüm kabuğunun mikroenkapsülasyonu ile ilgili çalışmada, toplam monomerik antosiyanin analiz sonuçlarına göre %99,58-80,75 arasında antosiyaninin muhafaza edildiği belirtilmiştir ve en yüksek antosiyanin korunmasının kısmi hidrolize guar gum kaplama materyali kullanılarak püskürtmeli kurutma tekniğinin uygulandığı örneklerde olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı kaplama materyalleri (maltodekstrin, gam arabik) ve bunların birbirleriyle kombinasyonlarını kullanarak püskürtmeli kurutma tekniğinin uygulamasıyla elde edilen böğürtlen tozunun fizikokimyasal özellikleri Ferrari ve diğ. (2012) tarafından incelenmiş ve antosiyanin korunmasının en fazla (yaklaşık %85) maltodekstrin ve maltodekstrin-gam arabic kompleksinde olduğu ve en az ise gam arabik (yaklaşık %78) içeren örneklerde olduğu belirtilmiştir. Yine Souza ve diğerleri yaptıkları (2015) çalışmada Bordo üzümünün yan ürünlerini (çekirdek ve kabuk) kullanarak posa elde etmiş ve taşıyıcı madde olarak farklı oranlarda maltodekstrini kullanarak püskürterek kurutma yönteminin uygulanmasıyla elde ettikleri örneklerde toplam antosiyanin içeriğini incelemişlerdir. %10'luk maltodekstrin kullanıldığında %88,3-93,8 oranında antosiyaninin muhafaza edildiğini bulgulamışlardır.

#### **4.1.3 Renk tayini**

Mikroenkapsüle edilmiş örneklerin 4 haftalık depolama süresince renk değerlerindeki değişim Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir. Depolama süresinin, örneklerin renk değerleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Renk değerleri ölçüm parametreleri L\*(açıklık/koyuluk), a\*(kırmızı/yeşil), b\*(sarı/mavi) olarak belirtilmiştir (Kamiloğlu ve diğ., 2015). L\* değeri parlaklığı ifade etmekte olup değer aralığı '0-100 (siyah-beyaz)' arasında değişmektedir. -a\* değeri yeşilliği, + a\* değeri

kırmızılığı ifade ederken; - b\* değeri maviliği, + b\* değeri sarılığı ifade etmektedir (Çelik, 2004).

%2'lik pektin ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin; %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin ve %1'lik pektin-%1'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin depolama başlangıcındaki aydınlık değeri olarak ifade edilen ortalama L\* değerleri sırasıyla 2,86±0,04, 4,82±0,12, 7,80±0,11; 0,72±0,04, 1,64±0,06, 11,90±0,10; 6,58±0,10, 4,69±0,08, 4,11±0,02 olarak bulunmuştur. +4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2'lik pektin ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin; %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin ve %1'lik pektin-%1'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin L\* değerleri sırasıyla 14,06±0,14, 27,37±0,03, 23,92±0,02; 13,51±0,01, 22,60±0,11, 26,66±0,16; 10,74±0,04, 21,89±0,13, 28,65±0,04 olarak bulunmuştur. Depolama süresinin sonunda enkapsüle edilen örneklerin L\* değerlerinde gözlemlenen artış ise sırasıyla %79,65, %82,30, %67,30; %94,67, %92,74, %55,36; %38,74, %78,57, %85,65 şeklindedir. Bütün örnekler için depolama sonunda L\* değerlerinin farkı istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

Kaplama materyali olarak %2'lik pektin, %2'lik aljinat ve %1'lik pektin- %1'lik aljinat kullanılan örneklerin hepsinin başlangıçtaki L\* değerlerine bakıldığında kara havuç konsantrasyonu arttıkça L\* değerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Depolama sonunda bütün örneklerin başlangıca göre L\* değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. %2'lik pektinle kaplı örneklerde depolamanın son haftasında % 0,5 aktif madde içeren örneğin L\* değerinin %1 ve % 0,25'liğe göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Kara havuç konsantrasyonu arttıkça L\* değerindeki azalma depolamanın başlangıcında en koyu örneğin 0,72±0,04 değerle %2'lik aljiantla kaplı %1 aktif madde içeren kapsül olduğunu göstermektedir. Depolama sonunda L\* değerindeki en fazla artış sırasıyla %94,67 ve %92,74 oranıyla %2'lik aljinatla kaplı %1 ve %0,5 aktif madde içeren örneklerde gözlemlenmiştir.



**Çizelge 4.10 : %2 lik pektin ile kaplanan örneklerin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.**

<b>Aktif madde miktarı</b>	<b>0. hafta</b>	<b>1. hafta</b>	<b>2. hafta</b>	<b>3. hafta</b>	<b>4. hafta</b>
<b>(%) kara havuç</b>					
<b>%1</b>	L*=2,86±0,04 <sup>d</sup> a*=5,17±0,01 <sup>b</sup> b*=0,38±0,04 <sup>a</sup>	L*=9,84±0,98 <sup>c</sup> a*=6,95±1,00 <sup>a,b</sup> b*=-2,55±0,17 <sup>b</sup>	L*=12,76±0,04 <sup>b</sup> a*=8,27±0,06 <sup>a,b</sup> b*=-3,37±0,06 <sup>b</sup>	L*=13,19±0,25 <sup>b</sup> a*=8,41±2,97 <sup>a,b</sup> b*=-3,38±1,12 <sup>b</sup>	L*=14,06±0,14 <sup>a</sup> a*=9,54±0,10 <sup>a</sup> b*=-3,03±0,01 <sup>b</sup>
<b>%0,5</b>	L*=4,82±0,12 <sup>c</sup> a*=1,71±0,03 <sup>d</sup> b*=4,84±0,04 <sup>c</sup>	L*=17,66±0,04 <sup>c</sup> a*=18,66±0,73 <sup>c</sup> b*=1,67±0,06 <sup>c</sup>	L*=16,42±0,01 <sup>d</sup> a*=17,95±0,14 <sup>c</sup> b*=2,74±0,03 <sup>d</sup>	L*=19,14±0,04 <sup>b</sup> a*=21,43±0,16 <sup>b</sup> b*=6,83±0,11 <sup>a</sup>	L*=27,37±0,03 <sup>a</sup> a*=26,00±0,03 <sup>a</sup> b*=6,66±0,04 <sup>b</sup>
<b>%0,25</b>	L*=7,80±0,11 <sup>d</sup> a*=10,71±0,04 <sup>a</sup> b*=-3,04±0,06 <sup>a</sup>	L*=19,90±0,03 <sup>b,c</sup> a*=5,56±0,04 <sup>b</sup> b*=-6,72±0,11 <sup>c</sup>	L*=18,05±0,06 <sup>c</sup> a*=4,73±0,10 <sup>c</sup> b*=-5,21±0,06 <sup>b</sup>	L*=22,74±2,73 <sup>a,b</sup> a*=5,47±0,65 <sup>b,c</sup> b*=-5,01±0,74 <sup>b</sup>	L*=23,92±0,02 <sup>a</sup> a*=4,71±0,04 <sup>c</sup> b*=-4,53±0,01 <sup>b</sup>

<sup>a-d</sup> Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0.05) ve zamana göre değişimi göstermektedir.

**Çizelge 4.11 : %2'lik aljinat ile kaplanan örneklerin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.**

<b>Aktif madde miktarı</b>	<b>0. hafta</b>	<b>1. hafta</b>	<b>2. hafta</b>	<b>3. hafta</b>	<b>4. hafta</b>
<b>(%) kara havuç</b>					
	L*=0,72±0,04 <sup>c</sup>	L*=12,58±0,07 <sup>d</sup>	L*=14,00±0,04 <sup>b</sup>	L*=14,19±0,02 <sup>a</sup>	L*=13,51±0,01 <sup>c</sup>
<b>%1</b>	a*=3,12±0,04 <sup>c</sup>	a*=4,43±0,10 <sup>a</sup>	a*=3,30±0,07 <sup>b</sup>	a*=2,85±0,03 <sup>d</sup>	a*=2,11±0,04 <sup>c</sup>
	b*=-4,43±0,06 <sup>c</sup>	b*=-8,05±0,17 <sup>c</sup>	b*=-4,83±0,16 <sup>d</sup>	b*=-2,86±0,07 <sup>b</sup>	b*=-1,29±0,11 <sup>a</sup>
	L*=1,64±0,06 <sup>c</sup>	L*=12,74±0,06 <sup>d</sup>	L*=20,45±0,08 <sup>c</sup>	L*=26,10±0,37 <sup>a</sup>	L*=22,60±0,11 <sup>b</sup>
<b>%0,5</b>	a*=3,32±0,14 <sup>a</sup>	a*=1,12±0,07 <sup>d</sup>	a*=1,43±0,03 <sup>c</sup>	a*=2,78±0,03 <sup>b</sup>	a*=2,57±0,08 <sup>b</sup>
	b*=-5,41±0,03 <sup>c</sup>	b*=-1,01±0,04 <sup>d</sup>	b*=2,87±0,08 <sup>c</sup>	b*=6,91±0,08 <sup>a</sup>	b*=5,62±0,02 <sup>b</sup>
	L*=11,90±0,10 <sup>c</sup>	L*=12,69±0,01 <sup>d</sup>	L*=25,52±0,04 <sup>c</sup>	L*=31,60±0,16 <sup>a</sup>	L*=26,66±0,16 <sup>b</sup>
<b>%0,25</b>	a*=0,46±0,04 <sup>d</sup>	a*=0,36±0,03 <sup>d</sup>	a*=2,68±0,10 <sup>c</sup>	a*=3,49±0,07 <sup>b</sup>	a*=4,55±0,11 <sup>a</sup>
	b*=4,12±0,01 <sup>d</sup>	b*=2,04±0,14 <sup>c</sup>	b*=7,42±0,01 <sup>c</sup>	b*=10,19±0,11 <sup>b</sup>	b*=10,81±0,05 <sup>a</sup>

<sup>a-c</sup> Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05) ve zamana göre değişimi göstermektedir.

**Çizelge 4.12 :** %1'lik pektin - %1'lik aljinat ile kaplanan örneklerin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.

aktif madde miktarı (%) kara havuç	0.hafta	1.hafta	2.hafta	3.hafta	4.hafta
%1	L*=6,58±0,10 <sup>d</sup>	L*=10,81±0,04 <sup>c</sup>	L*=12,19±0,22 <sup>a</sup>	L*=11,70±0,11 <sup>b</sup>	L*=10,74±0,04 <sup>c</sup>
	a*=28,02±0,03 <sup>a</sup>	a*=16,87±0,06 <sup>b</sup>	a*=15,54±0,06 <sup>c</sup>	a*=15,75±0,17 <sup>c</sup>	a*=10,19±0,03 <sup>d</sup>
	b*=7,97±0,09 <sup>a</sup>	b*=-1,21±0,08 <sup>b</sup>	b*=-1,91±0,06 <sup>c</sup>	b*=-1,98±0,04 <sup>c,d</sup>	b*=-2,16±0,13 <sup>d</sup>
%0.5	L*=4,69±0,08 <sup>c</sup>	L*=22,38±0,08 <sup>c</sup>	L*=27,26±0,16 <sup>a</sup>	L*=25,76±0,08 <sup>b</sup>	L*=21,89±0,13 <sup>d</sup>
	a*=4,08±0,04 <sup>a</sup>	a*=1,47±0,10 <sup>d</sup>	a*=2,10±0,04 <sup>c</sup>	a*=2,87±0,09 <sup>b</sup>	a*=2,18±0,08 <sup>c</sup>
	b*=-5,05±0,03 <sup>d</sup>	b*=0,78±0,07 <sup>c</sup>	b*=4,34±0,04 <sup>b</sup>	b*=5,67±0,03 <sup>a</sup>	b*=4,37±0,06 <sup>b</sup>
%0.25	L*=4,11±0,02 <sup>d</sup>	L*=25,66±1,24 <sup>c</sup>	L*=27,22±0,08 <sup>b</sup>	L*=34,20±0,04 <sup>a</sup>	L*=28,65±0,04 <sup>b</sup>
	a*=1,78±0,10 <sup>a</sup>	a*=0,62±0,02 <sup>c</sup>	a*=0,22±0,04 <sup>d</sup>	a*=1,00±0,13 <sup>b</sup>	a*=1,57±0,10 <sup>a</sup>
	b*=-5,97±0,04 <sup>d</sup>	b*=0,10±0,13 <sup>c</sup>	b*=1,97±0,07 <sup>a</sup>	b*=4,08±0,04 <sup>a</sup>	b*=3,92±0,15 <sup>a</sup>








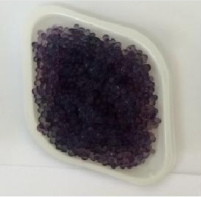




<sup>a-d</sup> Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05) ve zamana göre değişimi göstermektedir.

%2'lik pektin ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin; %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin ve %1'lik pektin-%1'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin depolama başlangıcındaki kırmızılık/yeşillik değeri olarak ifade edilen ortalama a\* değerleri sırasıyla 5,17±0,01, 1,71±0,03, 10,71±0,04; 3,12±0,04, 3,32±0,14, 0,46±0,04; 28,02±0,03, 4,08±0,04, 1,78±0,10 olarak ölçülmüştür. Depolama süresi sonunda örneklerin a\* değeri sırasıyla 9,54±0,10, 26,00±0,03, 4,71±0,04; 2,11±0,04, 2,57±0,08, 4,55±0,11 şeklinde değişmiştir. Depolamanın sonunda %2 pektin %1 ve %0,5 kara havuç içeren enkapsüle örnek ile %2 aljinat %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin a\* değerleri artarken diğer enkapsüle örneklerin a\* değerleri azalma gözlemlenmiştir. Depolama sonunda a\* değerlerinin farkı bütün örnekler için istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

%2'lik pektin ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin; %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin ve %1 pektin-%1 aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin depolama başlangıcındaki sarılık/mavilik değeri olarak ifade edilen ortalama b\* değerleri sırasıyla 0,38±0,04, 4,84±0,04, 3,04±0,06; -4,43±0,06, -5,41±0,03, 4,12±0,01; 7,97±0,09, -5,05±0,03, -5,97±0,04 olarak ölçülmüştür. %2'lik pektin ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin; %2'lik aljinat ile enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin ve %1'lik pektin-%1'lik aljinatla enkapsüle edilen %1, %0,5, %0,25 kara havuç içeren örneklerin depolama sonunda b\* değerleri sırasıyla -3,03±0,01, 6,66±0,04, -4,53±0,01; -1,29±0,11, 5,62±0,02, 10,81±0,05; -2,16±0,13, 4,37±0,06, 3,92±0,15 olarak belirlenmiştir. Depolama sonunda %2 pektin %1 ve %0,25 kara havuç içeren enkapsüle örnek ile %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç içeren enkapsüle örneklerin b\* değerleri azalırken diğer örneklerde b\* değerleri artış göstermiştir. Depolama sonunda b\* değerleri farkı bütün örnekler için istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).





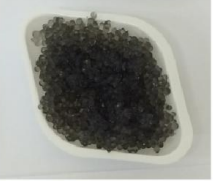
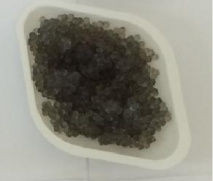

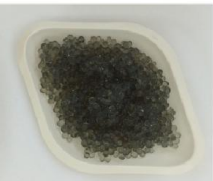




Ersus ve Yurdagel (2007), kaplama materyeli olarak farklı dekstroz eşdeğerine sahip maltodekstrinleri kullanarak püskürterek kurutma yöntemiyle kara havuç ekstraktının mikroenkapsülasyonunda gerçekleştirdikleri renk analizinde DE düştükçe L\* ve a\* değerlerinin arttığı, b\* değerinin ise düştüğünü belirtmişlerdir.

Mikroenkapsüle edilmiş örneklerin 4 haftalık depolama süresince renk değişimleri Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5'deki gibi gözlemlenmiştir. %2 aljinat ve %1 pektin-%1 aljinatla kaplı %0,5 ve %0,25 aktif madde içeren örneklerde depolama süresince sarılaşma gözlemlenmiştir.

		Kaplama Maddesi		
		%2 pektin	%2 aljinat	%1 pektin %1 aljinat
Aktif Madde Oranı (%) Karahavuç Ekstraktı	0. Hafta			
	1			
	0.5			
	0.25			
—				








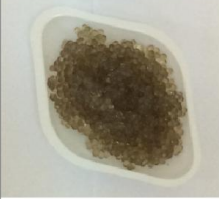




Şekil 4.1 : 0. haftada mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri.

## Kaplama Maddesi

1. Hafta	%2 pektin	%2 aljinat	%1 pektin %1 aljinat
1			
0.5			
0.25			
—			













Şekil 4.2 : 1. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri.

## Kaplama Maddesi

2. Hafta	%2 pektin	%2 aljinat	%1 pektin %1 aljinat
1			
0.5			
0.25			
—			

Şekil 4.3 : 2. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri.

## Kaplama Maddesi





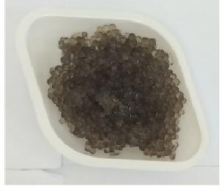


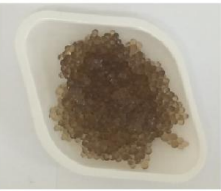




3. Hafta	%2 pektin	%2 aljinat	%1 pektin %1 aljinat
1			
0.5			
0.25			
—			

**Aktif Madde Oranı**  
(%) Karahavuç Ekstraktı

Şekil 4.4 : 3. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri.



## Kaplama Maddesi

4. Hafta	%2 pektin	%2 aljinat	%1 pektin %1 aljinat
1			
0.5			
0.25			
—			

Şekil 4.5 : 4. hafta sonunda mikroenkapsüle edilmiş örneklerin renk görüntüleri.

### 4.1.4 Enkapsülasyon verimliliği

Soğuk jelleşme yöntemiyle ile mikroenkapsülasyon işleminde farklı kaplama maddeleri ve aktif madde konsantrasyonlarının enkapsülasyon verimliliği üzerine etkisi incelenmiştir. Enkapsülasyon verimliliği Çizelge 4.13’de hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre %0,25 oranında aktif madde (kara havuç) konsantrasyonu içeren ve kaplama maddesi olarak pektin kullanılan örneklerde enkapsülasyon verimliliği daha yüksektir. Kaplama materyali olarak %2’lik pektin ve %2’lik aljinat kullanılarak gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işleminde aktif madde

konsantrasyonu arttıkça enkapsülasyon verimliliği düşmüştür. %1 pektin-%1 aljinat kullanılarak gerçekleştirilen mikroenkapsülasyon işleminde ise aktif madde konsantrasyonu arttıkça enkapsülasyon verimliliği artmıştır.

**Çizelge 4.13 : Enkapsülasyon verimliliği**

Aktif madde oranı (%)	Enkapsülasyon verimliliği (%)		
	%2 pektin	%2 aljinat	%1 pektin - %1 aljinat
1	68,71	46,66	71,07
0,5	86,92	48,18	67,64
0,25	87,45	65,29	59,22

Aljinat ile elde edilen mikroenkapsüller gözeneklidirler. Aljinat matrisinin üzerinden suyun ve diğer akışkanların kolaylıkla difüzyonuna izin verirler. Bu yaşayan hücrelerin ve enzimlerin immobilizasyonu için bir avantaj olabilirken, kapsülsüz homologlarına göre bileşeni dış çevreye karşı korumaya, dış çevreden ayırmaya çalışmanın ve daha uzun raf ömrü sağlamanın zor olduğu belirtilmiştir (Gouin, 2004; Chew ve diğ., 2015).

Chan ve arkadaşları (2010) yaptıkları çalışmada, kaplama materyali olarak farklı oranlarda yüksek guluronik asit (yüksek-g) içeren sodyum aljinat ve yüksek mannuronik asit (yüksek-m) içeren sodyum aljinat kullanarak farklı konsantrasyonlarda bitkisel sulu ekstraktın enkapsülasyonunu (encapsulation of herbal aqueous) sağlamışlardır. Enkapsülasyon etkinliği ölçüldüğünde yüksek-m içeren kaplama materyali kullanılarak oluşturulan kapsüllerin diğerlerine göre daha yüksek enkapsülasyon etkinliğine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmalarında aljinat konsantrasyonu, ekstrakt konsantrasyonu ve boncuk boyutunun genel olarak enkapsülasyon üzerinde açık bir etkisi görülmediği rapor edilmiştir.

Kuck ve diğerleri (2016), bordo üzüm kabuğunun püskürterek kurutma ve dondurarak kurutma yöntemiyle enkapsülasyonunda gam arabik (arap zamkı, GA), kısmen hidrolize guar gam (PHGG) ve polidekstrozun (PD) farklı kombinasyonlarını kaplama materyali olarak kullanmışlardır ve mikropartiküllerin

fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri değerlendirilmiştir. En yüksek enkapsülasyon etkinliği guar gum da gözlemlenmiş ve yapısıyla alakalı olduğu belirtilmiştir. Guar gum yüksek dallanma gösteren heteropolimer şeker ve az miktarda protein barındırır ve bu az miktarda protein karbonhidrat zincirine kovalent bağla bağlanır dolayısıyla film oluşumunda moleküllerin etkin enkapsülasyonuna izin veren mükemmel bir madde olarak rol oynadığı belirtilmiştir.

Çilek ve diğerleri (2012) yaptıkları çalışmada, kaplama materyali olarak maltodekstrin (MD), gam arabik (GA) ve bunların farklı oranlarda kombinasyonlarını kullanarak farklı oranda vişne posasını enkapsüle etmiş ve farklı kaplama materyallerinin etkisini değerlendirmişlerdir. Farklı oranlarda MD/GA ile kaplanan ve 1:20 çekirdek/kaplama materyali oranına sahip örneklerin enkapsülasyon etkinliği %78,80-92,26 arasındayken 1:10 çekirdek/kaplama materyali oranına sahip örneklerin enkapsülasyon etkinliği %69,38-%77,83 arasında olduğu belirtilmiştir.

Çam ve diğerleri (2014), aktif madde/kaplama materyali oranı mikrokapsül yüzeyindeki fenolik miktarını etkilediğini ve yüksek oranlarda kaplama materyali (maltodekstrin) içeren mikrokapsüllerin aktif maddenin (fenolik) daha uzun süre depolama stabilitesini garantilediğini belirtmiştir. Bu çalışmada ise aktif madde/kaplama oranı azaldıkça %2'lik pektin ve %2'lik aljinat içeren örnekler için enkapsülasyon verimliliği artmıştır. %1 pektin-%1 aljinat kompleksi içeren aktif madde/kaplama oranı azaldıkça enkapsülasyon verimliliği de azalmıştır.

#### **4.1.5 Mikroenkapsüllerin ışık mikroskobu ile optik olarak incelenmesi**

Mikroenkapsüle edilmiş örneklerin 40 kat büyütülmüş ışık mikroskobu görüntüleri Şekil 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11'de verilmiştir. %2'lik aljinatla oluşturulan kapsüllerin daha düzgün ve küresel bir yapıya sahip olduğu ışık mikroskobuyla görüntülenmiştir (Şekil 4.8 ve 4.9). Benzer bir sonuç Belščak-Cvitanovic' ve arkadaşlarının (2015) aljinat ve aljinatın pektin, kitosan, psilyum ve karregenani gibi diğer biyopolimerlerle kombinasyonu ile kafeini enkapsüle ettikleri çalışmada rapor edilmiştir. Damlatma mesafesi, şırınganın ucu, kaplama materyalinin viskozitesi gibi parametreler kapsüllerin küresel yapı oluşumunu etkilemektedir. Aljinat içeren kapsüller daha sert bir yapıya sahiptir.

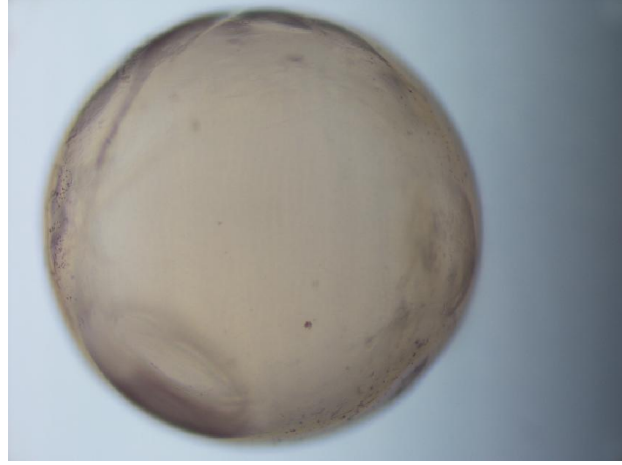


**Şekil 4.6 :** %2 pektin %1 kara havuç içeren kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.



**Şekil 4.7 :** %2 pektin içeren boş kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.

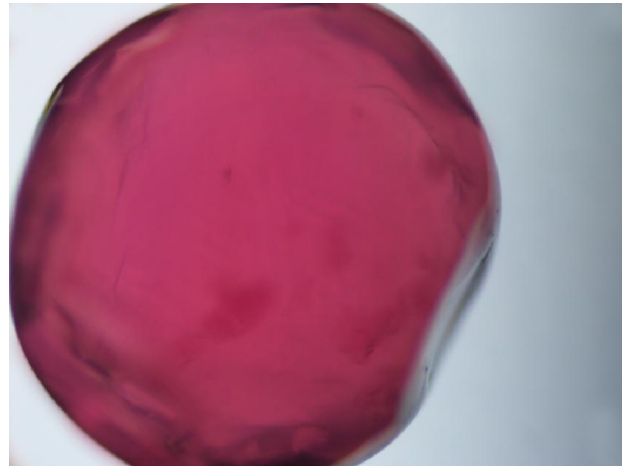
Ersus ve Yurdagel (2007), kaplama materyeli olarak farklı dekstroz eşdeğerine sahip maltodekstrinleri kullanarak püskürterek kurutma yöntemiyle kara havuç ekstraktının mikroenkapsülasyonu ile ilgili çalışmada, bütün örneklerin yüzeyinin benzer düzgünlükte olduğunu ifade etmişlerdir. Yerba mate ile yapılan bir çalışmada ise kaplama materyeli olarak kullanılan aljinata nişasta ilavesinin antioksidan aktivitesini değiştirmese bile iyonik jelleşme tekniği ile başarılı bir şekilde enkapsülasyon gerçekleştirilebildiği raporlanmıştır. Aljinat ile oluşturulan kapsüllerle karşılaştırıldığında nişasta granülerinin kapsül morfolojisini destekleyici bir görev yaptığı belirtilmiştir (Lopez-Cordoba ve diğ., 2014).



**Şekil 4.8 :** %2 aljinat %1 kara havuç içeren kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.



**Şekil 4.9 :** %2 aljinat içeren boş kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.



**Şekil 4.10 :** %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç içeren kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.



**Şekil 4.11 :** %1 pektin-%1 aljinat içeren boş kapsüle ait ışık mikroskobu görüntüsü.

## **4.2 Enkapsüle Ürün ile Zenginleştirilmiş Yoğurt Örneklerinin Analizleri**

### **4.2.1 Toplam antioksidan kapasitesinin tayini**

#### **4.2.1.1 CUPRAC metodu (bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi)**

%2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, ekstraktla renklendirilmiş yoğurt, böğürtlenli yoğurt, sade yoğurt örneklerine ait CUPRAC metodu ile antioksidan kapasitesi sonuçları Çizelge 4.14’te verilmiştir.

4°C’de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinin CUPRAC metodu ile antioksidan kapasitesi miktarında %51,87 azalma tespit edilirken, bu değer %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği için %44,37 %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği için %58,75 olarak belirlenmiştir. Örneklerin başlangıçtaki CUPRAC değerleri sırasıyla  $152,24 \pm 20,21$ ,  $141,02 \pm 15,41$ ,  $160,87 \pm 24,90$  mg TEAC/100g şeklinde ölçülmüştür. Kapsül ilaveli yoğurt örneklerinde ilk haftalarda CUPRAC değerleri azalmış, üçüncü haftanın sonunda bu değerler başlangıca göre artmış ancak istatistiksel olarak fark önemli değildir. Bu durum kapsüllerdeki antosiyaninin yoğurda geçmesiyle açıklanabilir. Ekstraktla

zenginleştirilmiş yoğurt üçüncü, böğürtlenli yoğurt ikinci ve sade yoğurt örnekleri üçüncü haftadan sonra bozulma gösterdiğinden depolama süresi boyunca CUPRAC metodu ile antioksidan kapasitesi miktarındaki azalma tespit edilememiştir. Ekstraktla renklendirilmiş yoğurdun bozulma gösterdiği üçüncü hafta sonuna kadar CUPRAC değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmemiştir. İkinci haftadan sonra bozulan böğürtlenli yoğurt ile üçüncü haftadan sonra bozulan sade yoğurdun CUPRAC değerlerindeki fark depolamanın başlangıcıyla ilk haftanın sonunda istatistiksel olarak önemli ( $P<0,05$ ) olup, sonrasında bozulma süresine kadar ki azalmalar istatistiki açıdan önemli değildir. Enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin tümünün CUPRAC değerlerinde üçüncü hafta sonuna kadar istatistiksel olarak önemli bir fark görülmezken, son hafta tüm örnekler için fark istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ ).

Chouchouli ve diğerlerinin (2013) yağlı ve yağsız yoğurdu iki farklı çeşit üzüm çekirdeği ekstraktı ile zenginleştirerek dört hafta boyunca depoladıkları çalışmada DPPH ve FRAP yöntemiyle antioksidan kapasitesi tayininde örneklerin 4 haftalık soğuk depolama süresi boyunca değerleri azalmış olup kontrol grubuna göre daha yüksek antioksidan kapasitesi gösterdikleri bulgulanmıştır.

Martins ve diğerleri (2014), çalışmalarında antioksidanca zengin yabani böğürtlen (*Rubus ulmifolius*) ekstraktını kullanmışlardır. Liyofilize *R. ulmifolius* hidroalkolik ekstraktı içeren mikrokapsüller, kaplama materyali olarak sodyum aljinat koagülasyon ajanı olarak da  $CaCl_2$  kullanılarak atomizasyon/koagülasyon tekniği ile hazırlanmış ve yoğurda ilave edilerek indirgeyici antioksidan aktivitesi ve DDPH yöntemi ile antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir. *R. ulmifolius* ekstraktı içeren yoğurt ile mikroenkapsüle *R. ulmifolius* ekstraktı içeren yoğurt 3 günlük değerlendirme süreci içerisinde kontrol yoğurda göre daha iyi bir aktivite gösterdiği ve mikroenkapsüle ekstrakt içeren yoğurdun serbest formda ekstrakt içeren örneğe göre antioksidan aktivitesi açısından daha uzun ve iyi bir koruma sağladığı ifade edilmiştir.

**Çizelge 4.14 :** Yoğurt örneklerine ait CUPRAC metodu ile antioksidan kapasitesi analizi (mg TEAC/100g).

Yoğurt örnekleri	%2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş	%2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş	%1 pektin %1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş	Ekstraktla renklendirilmiş	Böğürtlenli	Sade
0. hafta	152,24±20,21 <sup>a</sup>	141,02±15,41 <sup>a</sup>	160,87±24,90 <sup>a</sup>	147,93± 20,19 <sup>a</sup>	201,01±17,06 <sup>a</sup>	161,30±13,68 <sup>a</sup>
1. hafta	150,95±17,40 <sup>a</sup>	146,63±5,20 <sup>a</sup>	160,87±53,13 <sup>a</sup>	138,86±26,90 <sup>a</sup>	170,37±16,41 <sup>b</sup>	121,17±21,20 <sup>b</sup>
2. hafta	133,69±47,08 <sup>a</sup>	150,52±26,81 <sup>a</sup>	125,49±21,68 <sup>a</sup>	136,28±27,28 <sup>a</sup>	167,78±35,73 <sup>b</sup>	114,27±39,29 <sup>b</sup>
3. hafta	164,33±80,05 <sup>a</sup>	165,62±63,78 <sup>a</sup>	151,81±48,91 <sup>a</sup>	148,21±18,19 <sup>a</sup>	X	113,84±22,81 <sup>b</sup>
4. hafta	73,27±21,08 <sup>b</sup>	78,45±22,47 <sup>b</sup>	66,37±9,84 <sup>b</sup>	X	X	X

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

X : bozulma gösteren örnekleri temsil etmekte olup değerlendirmeye alınmamışlar.



#### 4.2.1.2 ABTS metodu (radikal yakalama yöntemi)

Depolama süresi boyunca %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, ekstraktla renklendirilmiş yoğurt, böğürtlenli yoğurt, sade yoğurt örneklerine ait ABTS metodu kullanılarak toplam antioksidan kapasitesini hesaplamak için yapılan analiz sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

4°C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinin ABTS metodu ile antioksidan kapasitesi miktarında %74,11 azalma tespit edilirken, bu değer üçüncü hafta itibariyle %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği ve %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği için belirlenememiştir. Ekstraktla zenginleştirilmiş yoğurt, böğürtlenli yoğurt ve sade yoğurt örnekleri bozulma gösterdiğinden depolama süresi boyunca ABTS metodu ile antioksidan kapasitesi miktarındaki azalma tespit edilememiştir. Yoğurt örneklerinin başlangıç ABTS değerleri sırasıyla 13,20±9,32, 7,63±7,74, 13,75± 4,76, 6,69±5,75, 17,28±3,15 mg TEAC/100g şeklinde ölçülmüştür. %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinin 2.haftadan sonra ABTS yöntemiyle değeri tespit edilememiş olup, 2.haftaya kadar aradaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ ), diğer yoğurt örneklerinde istatistiksel olarak önemli bir fark yoktur.

Çam ve diğerleri (2014), nar kabuğu fenoliklerini püskürterek kurutma yöntemiyle mikroenkapsüle ederek depolama koşullarının etkisini araştırmışlardır. Ayrıca, dondurmaya %0,5 ve %1 (a/h) oranında mikroenkapsüle nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirerek örneklerin antioksidan aktivitesini  $EC_{50}$  değeri şeklinde DPPH radikali kullanarak spektrofotometrik olarak tanımlamışlardır. Kontrol olarak seçilen dondurma hiçbir antioksidan aktivite göstermezken %0,5 ve %1 (a/h) oranında mikroenkapsüle nar kabuğu fenolikleri ile zenginleştirilen dondurma örneklerinin  $EC_{50}$  değeri 242,5 µg/mL ve 133,3 µg/mL şeklinde bulgulanmıştır.

**Çizelge 4.15 :** Yoğurt örneklerine ait ABTS metodu ile antioksidan kapasitesi analizi (mg TEAC/100g).

Yoğurt örnekleri	%2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş	%2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş	%1 pektin %1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş	Ekstraktla renklendirilmiş	Böğürtlenli	Sade
0. hafta	13,20±9.32 <sup>a</sup>	7,63±7,74 <sup>a</sup>	13,75± 4,76 <sup>a</sup>	6,69±5,75	17,28±3,15 <sup>a</sup>	-
1. hafta	12,39±14.59 <sup>a</sup>	6,86 ±1,66 <sup>a</sup>	7,5± 5,76 <sup>b</sup>	-	14,36 7,94 <sup>a</sup>	-
2. hafta	9,94±2.31 <sup>a</sup>	1,79±0,44 <sup>a</sup>	1,79±0,10 <sup>c</sup>	-	7,22±8,01 <sup>a</sup>	-
3. hafta	10,08±5.60 <sup>a</sup>	-	-	-	X	-
4. hafta	3,36±2.31 <sup>a</sup>	-	-	X	X	X

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0.05).

X : bozulma gösteren örnekleri temsil etmekte olup değerlendirmeye alınmamışlar.

-: ABTS metodu ile değeri tespit edilemeyen örnekleri temsil etmektedir.

#### 4.2.2 Toplam antosiyanin miktarı

%2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt, ekstraktla renklendirilmiş yoğurt, böğürtlenli yoğurt, sade yoğurt örneklerinin antosiyanin kapasitesi sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Örneklerin depolama başlangıcındaki toplam antosiyanin miktarı sırasıyla 313,61±20,30, 262,92±23,23, 234,84±16,58, 174,94±4,18, 318,55±16,71, 149,50±7,61 mg cyn-3-gly/100g olarak hesaplanmıştır.

4 °C'de 4 haftalık depolama süresi sonunda %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneğinin antosiyanin miktarında %50,70 azalma tespit edilirken, bu değer %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği için %38,04, %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneği için % 40,46 olarak belirlenmiştir ve bu örnekler için 0. hafta ile son hafta kıyaslandığında antosiyanin miktarındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ ). Ekstraktla zenginleştirilmiş yoğurt, böğürtlenli yoğurt ve sade yoğurt örnekleri bozulma gösterdiğinden depolama süresi boyunca antosiyanin miktarındaki azalma tespit edilememiştir. Ekstraktla renklendirilmiş, böğürtlenli, ve sade yoğurdun antosiyanin kapasitelerindeki azalma değerlendirilirken 0.hafta ile 1.hafta arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlemlenmiş ( $P<0,05$ ), 1.haftadan bozulma süreleri olan haftalara kadar (sırasıyla 4., 3. ve 4. hafta) istatistiki olarak önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

Özen ve diğerleri (2011), kara havuç suyu konsantratındaki monomerik antosiyanin içeriğini 242,4 mg/100mL; Kammerer ve diğerleri de (2004a), toplam antosiyanin içeriğini 45,4 mg/kg -17,4 g/kg kuru madde olarak tanımlanmışlardır. Özen ve diğerleri (2011), kara havuç suyu konsantratı ile renklendirilmiş türk lokumunu farklı sıcaklıklarda (12, 20 ve 30°C) 5 aylık periyod boyunca depolamışlardır ve başlangıçta 12,62 mg/kg olan antosiyanin içeriğinin depolama sırasında çalışılan bütün sıcaklıklar için azalma gösterdiği ifade edilmiştir.

Gültekin-Özgüven ve diğerleri (2016) , yaptıkları çalışmada karadut ekstraktı (lesitin solüsyonu içinde çözülmüştür) içeren/içermeyen kitosan kaplı lipozamal

dispersiyonlar %20 maltodekstrin, %0,5 lesitin ve %0,2 kitosan içeren karışım elde etmek için püskürterek kurutmadan önce maltodekstrinle karıştırmışlar ve elde ettikleri püskürtek kurutma yöntemiyle oluşturulmuş karadut ekstraktı içeren/içermeyen kitosan kaplı lipozomal tozu çikolata formülasyonu içerisine eklemiştirler. Toplam antosiyanin miktarının konçlama sıcaklığı ve pH'a bağlı olarak değiştiği, bu değerler arttıkça antosiyanin miktarının azaldığı ifade edilmiştir.



**Çizelge 4.16 :** Yoğurt örneklerine ait antosiyanin kapasitesi (mg cyn-3-gly/100g).

Yoğurt örnekleri	%2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapşüle ürün ile zenginleştirilmiş	%2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapşüle ürün ile zenginleştirilmiş	%1 pektin %1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapşüle ürün ile zenginleştirilmiş	ekstraktla renklendirilmiş	böğürtlenli	sade
0. hafta	313,61±20,30 <sup>a</sup>	262,92±23,23 <sup>a</sup>	234,84±16,58 <sup>a</sup>	174,94±4,18 <sup>a</sup>	318,55±16,71 <sup>a</sup>	149,50±7,61 <sup>a</sup>
1. hafta	231,79±2,32 <sup>b</sup>	241,47±19,99 <sup>b</sup>	185,23±28,50 <sup>b</sup>	136,17±2,17 <sup>b</sup>	195,65±2,03 <sup>b</sup>	117,76±8,37 <sup>b</sup>
2. hafta	223,87±88,15 <sup>b</sup>	217,38±4,55 <sup>c</sup>	201,95±3,70 <sup>b</sup>	137,93±4,80 <sup>b</sup>	193,08±4,58 <sup>b</sup>	112,55±0,89 <sup>b</sup>
3. hafta	157,62±7,77 <sup>c</sup>	170,88±21,90 <sup>d</sup>	162,43±1,16 <sup>c</sup>	133,05±7,53 <sup>b</sup>	X	111,53±2,97 <sup>b</sup>
4. hafta	154,58±2,36 <sup>c</sup>	162,90±4,47 <sup>d</sup>	139,82±1,16 <sup>c</sup>	X	X	X

<sup>a-d</sup> Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05).

X : bozulma gösteren örnekleri temsil etmekte olup değerlendirmeye alınmamışlar.

### 4.2.3 Renk tayini

Ticari yoğurtların etiketlerindeki bileşenlere göre renk katkıları genellikle duyuşal özellikleri geliştirmek amacıyla kullanılır. Yüksek asitlik doğal renklere karasızlık/dengesizliğe yol açtığından yoğurdun asitliği ve pH değeri önemli parametrelerdir. (Gomes et al., 2014). Dolayısıyla, doğal renklendiricilerin stabilite eksikliğinden kaynaklanan kapsüllerin asidik koşullar altında renk dağılım yeteneği teşvik edicidir (Zhang ve Zhong, 2013). Bu yüzden kapsüller yoğurda ilave edilip stabilite çalışması gerçekleştirilmiştir. Ve enkapsüle yoğurtlar, ticari böğürtlenli yoğurt ve kara havuç ekstraktı ile renklendirilmiş yoğurt ile karışlaştırılmıştır.

Depolama süresince %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt, %2 aljinat - %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt, %1 pektin - %1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt, ekstraktla renklendirilmiş, böğürtlenli ve sade yoğurt örneklerinin renk değerlerindeki değışimler Çizelge 4.17'de belirtilmiştir. Örneklerde depolamanın başlangıcı ile sonlanması arasında L\* değerlerinin istatistiksel açıdan farkı önemlidir (P<0,05). Bütün örneklerde başlangıca göre L\* değerleri artmış olup renk koyulaşmıştır.

Depolama sonunda %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı ve %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinde depolama süresi boyunca a\* renk değerlerinde istatistiksel olarak herhangi bir fark gözlemlenmemiştir. Ekstraktla renklendirilmiş yoğurtta a\* değeri azalmış olup istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05). %1 pektin - %1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt ile sade yoğurt örneklerinin a\* değerlerinde istatistiksel açıdan fark önemlidir (P<0,05).

Genel olarak örneklerin b\* değerlerinde artış gözlemlenmiştir ve depolama sürecindeki fark istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Sade yoğurtta ise bozulma sürecine kadar b\* değeri azalma göstermiş olup istatistiksel olarak önemli değildir.

**Çizelge 4.17 :** Yoğurt örneklerinin depolama süresince renk değerlerindeki değişimler.

Yoğurt örnekleri renk değerleri	0. hafta	1. hafta	2. hafta	3. hafta	4. hafta
%2 pektin %1 kara havuçlu kapsül içeren	L*=54,31±0,45 <sup>c</sup> a*=13,12±1,10 <sup>a</sup> b*=-1,06±0,08 <sup>b</sup>	L*=72,00±2,29 <sup>b</sup> a*=15,36±0,56 <sup>a</sup> b*=-0,52±0,22 <sup>b</sup>	L*=75,74±0,68 <sup>a</sup> a*=15,25±1,13 <sup>a</sup> b*=0,46±0,35 <sup>a</sup>	L*=73,60±1,28 <sup>a,b</sup> a*=14,93±0,90 <sup>a</sup> b*=0,55±0,54 <sup>a</sup>	L*=75,51±0,39 <sup>a</sup> a*=15,36±0,04 <sup>a</sup> b*=1,41±0,43 <sup>a</sup>
%2 aljinat %1 kara havuçlu kapsül içeren	L*=59,12±0,95 <sup>c</sup> a*=11,68±0,30 <sup>b</sup> b*=-0,51±0,02 <sup>c</sup>	L*=72,80±1,39 <sup>b</sup> a*=13,31±0,04 <sup>a,b</sup> b*=-0,05±0,01 <sup>b,c</sup>	L*=75,71±0,33 <sup>a</sup> a*=14,63±0,84 <sup>a</sup> b*=0,57±0,18 <sup>b</sup>	L*=76,23±0,56 <sup>a</sup> a*=12,08±0,84 <sup>b</sup> b*=1,52±0,37 <sup>a</sup>	L*=78,12±1,65 <sup>a</sup> a*=11,55±0,91 <sup>b</sup> b*=1,55±0,62 <sup>a</sup>
%1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuçlu kapsül içeren	L*=54,94±1,63 <sup>c</sup> a*=12,71±0,28 <sup>b</sup> b*=-0,91±0,03 <sup>c</sup>	L*=71,16±3,52 <sup>b</sup> a*=15,30±0,01 <sup>a</sup> b*=-0,57±0,29 <sup>c</sup>	L*=74,30±1,81 <sup>a,b</sup> a*=12,49±0,65 <sup>b</sup> b*=0,49±0,33 <sup>b</sup>	L*=75,93±0,44 <sup>a,b</sup> a*=13,92±0,54 <sup>a,b</sup> b*=0,74±0,32 <sup>a,b</sup>	L*=76,68±1,22 <sup>a</sup> a*=14,53±1,58 <sup>a,b</sup> b*=1,42±0,29 <sup>a</sup>
Ekstraktla renklendirilmiş	L*=68,07±2,11 <sup>b</sup> a*=7,26±0,20 <sup>a</sup> b*=1,79±0,02 <sup>c</sup>	L*=82,88±2,67 <sup>a</sup> a*=5,83±0,29 <sup>b</sup> b*=3,43±0,50 <sup>b</sup>	L*=84,52±1,70 <sup>a</sup> a*=4,85±0,20 <sup>c</sup> b*=4,11±0,11 <sup>a,b</sup>	L*=86,48±0,27 <sup>a</sup> a*=3,59±0,36 <sup>d</sup> b*=4,59±0,04 <sup>a</sup>	X
Böğürtlenli	L*=62,20±0,31 <sup>c</sup> a*=6,66±0,31 <sup>a</sup> b*=2,68±0,05 <sup>b</sup>	L*=78,44±0,32 <sup>a</sup> a*=7,10±0,13 <sup>b</sup> b*=3,20±0,16 <sup>b</sup>	L*=77,17±0,05 <sup>b</sup> a*=6,96±0,28 <sup>a</sup> b*=3,45±0,76 <sup>a</sup>	X	X
Sade	L*=75,11±5,59 <sup>b</sup> a*=-3,48±0,25 <sup>a,b</sup> b*=7,74±0,33 <sup>a</sup>	L*=89,85±1,69 <sup>a</sup> a*=-3,89±0,33 <sup>b</sup> b*=7,20±0,78 <sup>a</sup>	L*=90,83±0,45 <sup>a</sup> a*=-3,09±0,56 <sup>a,b</sup> b*=6,37±0,45 <sup>a</sup>	L*=92,53±0,53 <sup>a</sup> a*=-3,09±0,11 <sup>a</sup> b*=6,37±0,91 <sup>a</sup>	X

<sup>a-c</sup> Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemlidir (P<0,05) ve zamana göre değişimi göstermektedir.

X : bozulma gösteren örnekleri temsil etmekte olup değerlendirilmeye alınmamışlardır.

Özen ve diğeri (2011), kara havuç suyu konsantratu ile renklendirilmiş türk lokumunu renk değerleri açısından değerlendirmiş ve depolama süresi boyunca çalışılan bütün sıcaklıklarda kırmızılık ( $a^*$ ) azalırken, parlaklık ( $L^*$ ) artmıştır.

Yapılan bir çalışmada antosiyanince zengin diken üzümü ekstraktı üç farklı kaplama materyali (gam arabik+maltodekstrin, maltodekstrin+jelatin, maltodekstrin) ile püskürterek kurutma yöntemiyle enkapsüle edilerek yapay renklendiricilere alternatif olması amacıyla %3, %5 ve %7 oranında enkapsüle renk jöleye eklenmiştir. %7 enkapsüle renk içeren jöle yapay renklendirici içeren jöleden daha başarılı olduğu belirtilmiştir (Mahdavi ve diğ., 2016). Üzüm çekirdeği ekstraktının yağlı/yağsız yoğurda ilave edildiği bir çalışmada ise renk değerlerinin kontrollere göre daha koyu ve daha kırmızı oldukları ifade edilmiştir (Chouchouli ve diğ., 2013).

Coronel-Aguilera ve diğeri (2015) ise yaptıkları çalışmada  $\beta$ -karoten emülsiyonunu püskürterek kurutmuş ve elde edilen tozlar akışkan yataklı kaplayıcıda hidroksipropil selüloz ile kaplanmıştır. Kaplanan tozlar renk stabilitesini gözlemlemek amacıyla yoğurda ilave edilmiştir. ilk 1-2 haftada örneklerdeki toplam renk farkında hızlı bir artış olduğunu ancak sonra 3 civarında kaldığını gözlemlemiştir. Toplam renk farkı değeri 3 civarında olduğunda müşterilerin gıda ürünlerindeki renk değişimini algılayabildiği bundan dolayı da 4 haftalık depolama sonunda ancak görülebilir bir farklılık ortaya koyduğu ve kaplama materyalleri ile proses koşullarının buzdolabı sıcaklığında 4 haftalık depolamaya kadar asidik ortamda renk stabilitesini sağladığı araştırmacılarca ifade edilmiştir.



## 5. SONUÇ

Antioksidanca zengin kara havuç ekstraktının pektin, aljinat ve pektin-aljinat kompleksleriyle enkapsülasyonu başarıyla gerçekleştirilmiş olup etkin bir enkapsülasyon verimliliği elde edilmiştir. Depolama süresi boyunca enkapsülasyonda kullanılan kaplama materyalleri antosiyaninler için koruyucu etki yapmışlardır. Isı, ışık, pH gibi çevresel faktörlere karşı hassas olan antosiyaninlerin enkapsülasyonu stabiliteyi sağlamak amacıyla kullanılabilir.

%2'lik pektin ve %2'lik aljinat kullanılarak elde edilen kapsüllerde ise aktif madde miktarı azaldıkça enkapsülasyon verimliliğini artmıştır. %1 pektin-%1 aljinat kullanılan kapsüllerdeki enkapsülasyon verimliliği kara havuç ekstraktı konsantrasyonu arttıkça artmıştır. Bu durumda enkapsüle üründeki aktif madde miktarının geniş yüzey alanından difüzyonunun daha hızlı olduğu söylenilebilir. Ayrıca önceki çalışmalarda dezavantaj olarak belirtilen aljinatlı kapsüllerin gözenekli yapısı aljinatın pektin ile birlikte kullanılması ile birlikte bu olumsuz özelliğini ortadan kaldırılmasına yardımcı olabilir. Aljinatın pektin ile kombine edilerek uygulanması kapsül oluşumunu pozitif etkileyerek enkapsülasyon verimliliğini artırmıştır.

En fazla renk kaybı %0,5 ve %0,25 aktif madde içeren %2'lik aljinatla ve %1 pektin-%1 aljinat kompleksiyle kaplanan kapsüllerde görülmüştür.

Depolama süresi sonunda enkapsüle edilmiş kara havuç örneklerinde antioksidan kapasitesi açısından en fazla korunma CUPRAC metoduyla yapılan değerlendirmede %36,42 azalmayla %2 pektin %1 kara havuç içeren örnek, ABTS metoduyla yapılan değerlendirmede %15,15 azalmayla %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç içeren örnekte; antosiyanin içeriği açısından en fazla koruma ise %8,29 azalma ile %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç içeren örnekte gözlemlendi. Böylelikle pektin içeren örneklerde aktif madde difüzyonunun daha yavaş olduğu söylenebilir.

Referans yoğurtlar 2. hafta sonunda bozulma gösterirken, enkapsüle ürünle zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin 4. haftanın sonuna kadar bozulmadığı

gözlemlenmiştir. %2 pektin %1 kara havuç ekstraktı, %2 aljinat %1 kara havuç ekstraktı, %1 pektin-%1 aljinat %1 kara havuç ekstraktı içeren enkapsüle ürün ile zenginleştirilmiş yoğurt örneklerinin depolama başlangıcındaki toplam antosiyanin kapasitesi miktarı sırasıyla 313,61±20,30, 262,92±23,23, 234,84±16,58 mg cyn-3-gly/100g olarak hesaplanmıştır. Depolama sonunda bu değerler sırasıyla %50,70, %38,04 ve %40,46 oranında azalmıştır. Örnekler yoğurda ilave edilip depolandığında en fazla % azalma pektin ile zenginleştirilmiş yoğurda görülmüştür. Antosiyaninler pH, ısı, ışık gibi çevresel faktörlere duyarlıdır. Yoğurdun pH'ına bağlı olarak aktif maddenin salınımı fazla ve hızlı gerçekleşmiş olabilir. Bu durum aljinatın asidik ortamda daha iyi aktivite göstermesi olarak yorumlanabilir.

Aktif maddenin kontrollü salınımı gıda endüstrisinde farklı uygulamalar için uygundur. Enkapsüle kara havucun yaygın olarak tüketilen yoğurda ilavesi antioksidan içeriğini artırmak ve yapay renklendiricilerin yerine kullanmak için iyi bir alternatif olabilir. Enkapsüle kara havucun ilavesiyle tüketiciler doğal antioksidanlar içeren daha sağlıklı ürünler tüketebilirler.

## KAYNAKLAR

- Algarra, M., Fernandes, A., Mateus, N., Freitas, V., Esteves da Silva, J.C.G., Casado, J.** (2014). Anthocyanin profile and antioxidant capacity of black carrots (*Daucus carota L. ssp. Sativus var. Atrorubens Alef.*) from Cuevas Bajas, Spain. *Journal of Food Composition and Analysis*, 33, 71-76.
- Andersen, O. M., Jordheim, M.** (2006). The anthocyanins. In: *Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications*. CRC Press, London, pp. 471-552.
- Apak, R., Guclu, K. Ozyurek, M. and Karademir, S.E.** (2004). Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 7970-7981.
- Arriola, N. D. A., de Medeiros, P.M., Prudencio, E. S., Müller, C. M. O., Amboni, R.D.M.C.** (2016). Encapsulation of aqueous leaf extract of *Stevia rebaudiana* Bertoni with sodium alginate and its impact on phenolic content. *Food Bioscience* 32-40.
- Auriemma, G. Mencherini, T., Russo, P., Stigliani, M., Aquino, R. P., Del Gaudio, P.** (2013). Prilling for the development of multi-particulate colon drug delivery systems: Pectin vs. pectin-ajginate beads. *Carbohydrate Polymers* 92, 367-373.
- Bakowska-Basrczak A. M., Kolodziejczyk P. P.** (2011). Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation. *Industrial Crops and Products* 34, 1301-1309.
- Belščak-Cvitanovic, A., Komes, D., Karlovic, S., Djakovic, S., Spoljaric, I., Mrcic G., Jazek, D.** (2015). Improving the controlled delivery formulations of caffeine in alginate hydrogel beads combined with pectin, carrageenan, chitosan and psyllium. *Food Chemistry* 167, 378-386.
- Belščak-Cvitanovic, A., Stojanovic R., Manojlovic, V., Komes D., Juranovic Cindric, I., Nedovic, V., Bugarski, B.** (2011). Encapsulation of polyphenolic antioxidants from medicinal plant extracts in alginate-chitosan system enhanced with ascorbic acid by electrostatic extrusion. *Food Research International* 44, 1094-1101.
- Betz, M., Kulozik, U.** (2011). Microencapsulation of bioactive bilberry anthocyanins by means of whey protein gels. *Procedia Food Science* 1, 2046-2056.

- Braccini, I., Perez, S.** (2001). Molecular Basis of Ca<sup>2+</sup>-Induced Gelation in Alginates and Pectins: The Egg-Box Model Revisited. *Biomacromolecules* 2, 1089-1096.
- Chan, E., Yim, Z., Phan, S., Mansa, R.F., Ravindra, P.** (2010). Encapsulation of herbal aqueous extract through absorption with ca-alginate hydrogel beads. *Food and Bioproducts Processing* 88, 195-201.
- Chew, S., Tan C., Long, K., Nyam, K.** (2015). In-vitro evaluation of kenaf seed oil in chitosan-high methoxyl pectin-alginate microcapsules. *Industrial Crops and Products* 76, 230–236.
- Chouchouli, V., Kalogeropoulos, N., Konteles S. J., Karvela, E., Markis, D. P., Karathanos, C.T.** (2013). Fortification of yoghurts with grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *Food Science and Technology*, 53, 522-529.
- Coronel-Aguilera, C. P., San Martin-Gonzalez, M. F.** (2015). Encapsulation of spray dried  $\beta$ -carotene emulsion by fluidized bed coating technology. *Food Science and Technology* 62, 187-193.
- Çam, M., İçyer, N. C., Erdoğan, F.** (2014). Pomegranate peel phenolics: Microencapsulation, storage stability and potential ingredient for functional food development. *Food Science and Technology* 55 117-123.
- Çelik, H.** (2004). Çukurova Bölgesinde Denemeye Alınan Bazı Patates Çeşitlerinin Cips Üretimine Uygunluğu. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana*, 49 s.
- Çilek, B., Luca A., Hasırcı, V.** (2012). Microencapsulation of phenolic compounds extracted from sour cherry pomace: effect of formulation, ultrasonication time and core to coating ratio. *Eur Food Res Technol* 235:587-596.
- Da Silva, M. A., Bierhalz, A. C. K., Kieckbush, T. G.** (2009). Alginate and pectincomposite films crosslinked with Ca<sup>+2</sup> ions: Effect of the plasticizer concentration. *Carbohydrate Polymers* 77, 736-742.
- Davidov-Pardo, G., Arozarena, I., Navarro, M., Marin-Arroyo, M. R.** (2015) Microencapsulation of Grape Seed Extracts Microencapsulation and Microspheres for Food Applications, Chapter 18, Pages 351-368.
- Dordevic, V., Balanc, B., Belscak-Cvitanovic, Levic, S., Trifkovic, K., Kalusevic, A., Kostic, I., Komes, D., Bugarski, B., Nedovic, V.** (2015). Trends in Encapsulation Technologies for Delivery of Food Bioactive Compounds. *Food Eng Rev.* 7:452-490.
- De Araujo Etchepare, M., Barin, J. S., Cichoski, A. J., Jacob-Lopes, E., Wagner, R., Fries, L. L. M., de Menezes, C. R.** (2015). Microencapsulation of probiotics using sodium alginate. *Ciência Rural*, v.45, n.7.
- Dubey, R. Shami T. C., Bhasker Rao K. U.** (2009). Microencapsulation Technology and Applications. *Defence Science Journal, Vol. 59, No. 1, January 2009, pp. 82-95*

- Ersus, S., and Yurdagel, U.** (2007). Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. *Journal of Food Engineering*, 80 (2007) 805-812.
- Esatbeyoğlu, T., Rodriguez-Werner, M., Schösser, A., Liehr M., Ipharreguerre, I., Winterhalter P. and Rimbach, G.** (2016). Fraction of Plant Bioactives from Black Carrots (*Daucus carota subspecies sativus varietas atrorubens Alef.*) by Adsorptive Membrane Chromatography and Analysis of Their Potential Anti-Diabetic Activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 5901-5908.
- Fang, Y., Al-Assaf, S., Phillips, G. O., Nishinari, K., Funami, T., Williams, P. A.** (2008). Binding behavior of calcium to polyuronates: Comparison of pectin with alginate. *Carbohydrate Polymers* 72, 334-341.
- Fang, Z., and Bhandari, B.** (2010). Encapsulation of polyphenols-a review. *Trends in Food Science & Technology* 21, 520-523.
- Ferrari, C. C., Germer, S.P: M., Alvim, I.D., Visotto, F. Z. & Aguirre, H. M.** (2012). Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. *International of Journal Food Science and Technology*, 47, 1237-1245.
- Flores F. P., Singh, R. K., Kerr, W. L., Pegg, R. B., Kong, F.** (2014). Total phenolics content and antioxidant capacities of microencapsulated blueberry anthocyanins during in vitro digestion. *Food Chemistry* 272-278.
- Glassgen, W. E., Wray, V., Strack, D., Metzger, J. W., & Seitz, H. U.** (1992). Anthocyanins from cell suspension cultures of *Daucus carota*. *Phytochemistry*, 31(5), 1593–1601.
- Gouin, S.** (2004). Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science & Technology* 15, 330-347.
- Gökmen, S., Palamutoğlu, R., Sariçoban, C.** (2012). Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları. *Electronic Journal of Food Technologies Vol:7, No:1*, 36-50.
- Gras, C.C., Carle, R., Schweiggert R.M.** (2015). Determination of anthocyanins from black carrots by UHPLC-PDA after ultrasound-assisted extraction. *Journal of Food Composition and Analysis* 44 (2015) 170–177.
- Green, .K., Schleicher, L.** (1957) Oil containing microscopic capsules and method of making them. *The National Cash Register company, Dayton, Ohio. Us Patent 2,800,457. 23 July 1957, 11.*
- Gültekin-Özgüven, M., Karadağ A., Duman Ş., Özkal, B., Özçelik, B.** (2016). Fortification of dark chocolate with spray dried black mulberry (*Morus nigra*) waste extract encapsulated in chitosan- coated liposomes and bioaccessability. *Food Chemistry* 201 206-212.
- Hatamnia A. A., Abbaspour, N., Darvishzadeh, R.** (2014). Antioxidant activity and phenolic profile of different parts of Bene (*Pistacia atlantica subsp. kurdica*) fruits. *Food Chemistry* 145, 306-311.

- Jyothi, N.V.N., Prasanna, P.M., Sakarkar, S.N., Prabha, K.S., Ramaiah, P.S. and Srawan, G.Y.** (2010). Microencapsulation techniques, factors influencing encapsulation efficiency. *Journal of Microencapsulation*, 27(3): 187-197.
- Iliopoulou, I., Tharon, D., Baker, A., Jones, A., Robertson, N.** (2015). Analysis of the Thermal Degradation of the Individual Anthocyanin Compounds of Black Carrot (*Daucus carota L.*): A New Approach Using High-Resolution Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 7066-7073.
- Kamiloğlu, S., Pasli A.A., Özçelik B., Camp J.V., Çapanoğlu E.** (2015). Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and in vitro gastrointestinal digestion. *Journal of Functional Foods, Volume 13*, 1-10.
- Kamiloğlu, S., Çapanoğlu, E., Bilen, F. D., Gonzales, G. B., Grootaert, C., Van de Wiele, T., Van Camp, J.** (2016). Bioaccessibility of Polyphenols from Plant-Processing Byproducts of Black Carrot (*Daucus carota L.*) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64, 2450-2458.
- Kammerer, D., Carle, R., & Schieber, A.** (2003). Detection of peonidin and pelargonidin glycosides in black carrots (*Daucus carota ssp. sativus var. atropurpureus* Alef.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 17(21), 2407–2412.
- Kammerer, D., Carle, R., & Schieber, A.** (2004a). Quantification of anthocyanins in black carrot extracts (*Daucus carota ssp. sativus var. atropurpureus* Alef.) and evaluation of their color properties. *Eur Food Res Technol* (2004) 219:479–486.
- Kammerer, D., Carle, R., & Schieber, A.** (2004b). Characterization of phenolic acids in black carrots (*Daucus carota ssp. sativus var. atropurpureus* Alef.) by high-performance liquid chromatography/electrospray ionization mass spectrometry. *Rapid Commun. Mass Spectrom* 18, 1331-1340.
- Kaur C., Kapoor H. C.** (2002). Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables. *International Journal of Food Science Technology*. Vol. 37, 153-161.
- Kasnak, C., Palamutoğlu R.** (2015). Doğal Antioksidanların Sınıflandırılması ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5): 226-234.
- Kermani, Z. J., Shpigelman, A., Pham, H. T. T., Van Loey, A. M., Hendrickx, M. E.** (2015). Functional properties of citric acid extracted mango peel pectin as related to its chemical structure. *Food Hydrocolloids* 44, 424-434.
- Kırca, A., Özkan, M., Cemeroglu, B.** (2006). Stability of black carrot anthocyanins in various fruit juices and nectars. *Food Chemistry* 97, 598-605.

- Khandere, V., Walia, S., Singh, M., Kaur C.** (2011). Black Carrot (*Daucus carote* ssp. *sativus*) juice: Processing effects an antioxidant composition and color. *Food and bioproducts processing* 89, 482-486.
- Kuang, S.S., Oliveira, J.C., Crean, A.M.** (2010). Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredients into food. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 50, 951-968.
- Kuck L. S., Norena 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.
- Lascol, M. Bourgeois, S., Guilliere, F., Hangouet, M., Raffin, G., Marote, P., Lanteri, P., Bordes, C.** (2016). Pectin gelation with chlorhexidine: Physico-chemical studies in dilute solutions. *Carbohydrate Polymers* 150, 159-165.
- Lee, Y. K., Mooney, D.J.** (2012). Alginate: Properties and biomedical applications. *Progress in Polymer Science* 37,106-126.
- Leong J., Lam, W., Ho, K., Voo, W., Lee, M.F., Lim, H., Lim S., Tey, B. Poncelet, D., Chan, E.** (2015) Advances in fabricating spherical alginate hydrogels with controlled particle designs by ionotropic gelation as encapsulation system. *Particuology*, 855, 17p
- Lopez-Cordoba, A., Deladino, L., Martino, M.** (2014). Release of yerba mate antioxidants from corn starch-alginate capsules as affected by structure. *Carbohydrate Polymers* 99 150-157.
- Lupo, B., Maestro A., Gutierrez, J.M., Gonzalez, C.** (2016). Characterization of alginate beads with encapsulated cocoa extract to prepare functional food: Comparison of two gelation mechanisms. *Food Hydrocolloids* 49 (2015)25-34.
- Mahdabi, S.A., Jafari, S.M., Assadpor, E., Ghorbani, M.** (2016). Storage stability of encapsulated barberry's anthocyanin and its application in jelly formulation. *Journal of Food Engineering* 181 59-66
- Maresca, D., De Prisco A., La Stora A., Cirillo, T. Esposito, F., Mauriello G.** (2016). Microencapsulation of nisin in alginat beads by vibrating technology: Preliminary investigation. *LWT - Food Science and Technology* 66 (2016) 436e443
- Martins, A., Barros, L., Carvalho, A. M., Santos-Buelga, Fernandes, I. P., Barreiro, F., Ferreira, I. C. F. R.** (2014). Phenolic extracts of *Rubus ulmifolius* Schott flowers: characterization, microencapsulation and incorporation into yogurts as nutraceutical sources. *Food Funct.*, 5, 1091-1100.
- Matalanis, A., Jones, O.G., McClements, D.J.** (2011). Structured biopolymer-based delivery systems for encapsulation, protection, and release of lipophilic compounds. *Food Hydrocolloids* 25, 1865-1880.

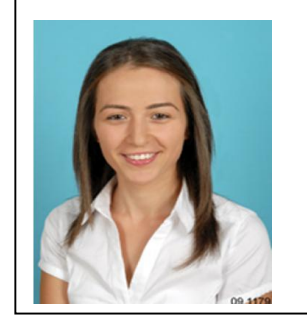
- Miller, N.J. and Rice-Evans, C.A.** (1997). Factors influencing the antioxidant activity determined by the ABTS radical cation assay. *Free Radical Research*, 26, 195-199.
- Montilla, E. C., Arzaba, M. R., Hillebrand, S., Winterhalter, P.** (2011). Anthocyanin composition of black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus* var. *Atrorubens* Alef.) cultivars antonina, beta sweet, deep purple, and purple haze. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (59) 3385-3390.
- Naczk, M., Shaidi, F.** (2004). Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054 95-111.
- Narayan, M. S., & Venkataraman, L. V.** (2000). Characterisation of anthocyanins derived from carrot (*Daucus carota*) cell cultures. *Food Chemistry*, 70(3), 361–363.
- Nesterenko A., Alric I., Silvestre F., Durrieu V.** (2013). Vegetable proteins in microencapsulations. A review of recent interventions and their effectiveness. *Industrial Crops and Products* 42 (2013) 469– 479
- Nedovic, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V. Levic., Steva, Bugarski, B.** (2011). An overview of encapsulation *Technologies for food applicaions. Procedia Food Science 1* (2011) 1806 – 1815. ICEF11.
- Nizamloğlu, N. M., Nas, S.** (2010). Meyve ve Sebzeerde Bulunan Fenolik Bileşikler; Yapıları ve Önemleri. *Electronic Journal of Food Technologies, Vol:5, No.1, 20-35.*
- Özdal, T., Çapanoğlu E., Altay F.,** (2013). A review on protein-phenolic interactions and associated changes. *Food Research International* 51, 954-970.
- Özen, G., Akbulut, M., Artık, N.** (2011). Stability of black carrot anthocyanins in the turkish delight (lokum) during storage. *Journal of Food Process Engineering* 34 1282-1297.
- Paques, J.P.** (2015). Alginate Nanospheres Prepared by Internal or External Gelstion with Nanoparticles. *Microencapsulation and Microspheres for Food Applications*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800350-3.00004-2>
- Pavlath A. E., Gosset C., Camirand W. and Robertson G. H.** (1999). Ionomeric films of alginic acid. *Journal of Food Science* 64, 61-63
- Ray, S., Raychaudhuri, U., Chakraborty, R.** (2016). An overview of encapsulation of active compounds used in food products by drying technology. *Food Bioscience* 13, 76–83.
- Schwarz, M., Wray, V., Winterhalter, P.** (2004). Isolation of Novel Pyranoanthocyanins from Black Carrot (*Daucus carota* L.) Juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 5095-5101.
- Shahidi, F., Han, X. Q.** (1993). Encapsulation of food ingredients. *Critical Reviews of Food Science and Nutrition*, 33(6), 501–547.



- Shi, L.E., Li, Z.H., Li, D.T., Xu, M., Chen, H.Y., Zhang, Z.L., Tang, Z.X.** (2013). Encapsulation of probiotic *Lactobacillus bulgaricus* in alginate-milk microspheres and evaluation of the survival in simulated gastrointestinal conditions. *J. Food Eng.* 117, 99–104.
- Shu, B., Yu, W., Zhao, Y., Liu, X.** (2006). Study on microencapsulation of lycopene by spray-drying. *Journal of Food Engineering*, 76, 664–669.
- Singh, P.D., Beloy, J., Mclerney, J.K., Day, L.** (2012). Impact of boron, calcium and genetic factors on vitamin C, carotenoids, phenolic acids, anthocyanins and antioxidant capacity of carrots (*Daucus carota*). *Food Chemistry* 132 (2012) 1161–1170.
- Souza, J.R.R., Carvalho, J.I.X., Trevisan M.T.S., Paula, R.C.M., Ricardo N.M.P.S., Feitosa, J.P.A.** (2009). Chitosan-coated pectin beads: Characterization and in vitro release of mangiferin. *Food Hydrocolloids* 23, 2278–2286.
- Souza, V. B., Thomazini, M., Carvalho Balieiro, J.C., Favoro-Trindade, C.S.** (2015). Effect of spray dryin on the physicochemical properties and color stability of powdered pigment obtained from vinification by products of the Bordo grape (*Vitus labrusca*). *Food and Bioproducts Processing*, 93, 39-50
- Stintzing F.C. Stinzing, A.S., Carle, R., Frei, B., Wrolstad, R.E.** (2002). Color antioxidant properties of cyaniding-based anthocyanin pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(21), 6172-6181.
- Türkyılmaz, M., Yemiş, O., Özkan M.** (2012). Clarification and pasteurisation effects on monomeric anthocyanins and percent polymeric colour of black carrot (*Daucus carota* L.) juice. *Food Chemistry* 134 (2012) 1052–1058
- Vasisht, N.** (2014). Factors and Mechanisms in Microencapsulation. *Microencapsulation in the Food Industry*. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-404568-2.00002-9>
- Zuidam, N.J., Shiomini, E.** (2010). Overview of Microencapsulates for Use in Food Products or Processes and Methods to Make Them. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. doi: 10.1007/978-1-4419-1008-0\_2.
- Zuidam, N.J., Nedovic, V.A.** (2010). Overview of Microencapsulates for Use in Food Products or Processes and Methods to Make Them. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*. doi: 10.1007/978-1-4419-1008-0\_2.



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Melda TAVLAŞOĞLU  
**Doğum Tarihi ve Yeri** : 04.04.1986  
**E-posta** : melda.kurnaz@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2009, Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği

### STAJLAR:

- 2008, Agrogreen Tarımsal Üretim ve Gıda Üretim A.Ş.
- 2008, Nestle Türkiye Gıda San. A.Ş.

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- İlmor Kimya –Satış Temsilcisi
- Yiğit Gıda–Gıda Mühendisi

### SERTİFİKALAR:

- 2012, ISO 22000:2005 Gıda Güvenliği Bilgilendirme ve Başdenetçi/Denetçi Eğitimi-(IRCA Onaylı)
- 2013, C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı

