



# TEKSTİL VE MÜHENDİS

## (Journal of Textiles and Engineer)



<http://www.tekstilvemuhendis.org.tr>

### Portakal Yağı İçeren Mikro ve Moleküler Kapsül Aktarılmış Kumaşlardan Salım Davranışlarının İncelenmesi

### Analysing Releasing Attitude of Micro and Molecular Capsules Containning Orange Oil

İrşah GÖNÜLŞEN<sup>1</sup>, Merih SARIŞIK<sup>1</sup>, Gökhan ERKAN<sup>1</sup>, Salih OKUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Katip Çelebi Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Online Erişime Açıldığı Tarih (Available online): 31 Mart 2016 (31 March 2016)

#### Bu makaleye atıf yapmak için (To cite this article):

İrşah GÖNÜLŞEN, Merih SARIŞIK, Gökhan ERKAN, Salih OKUR (2016): Portakal Yağı İçeren Mikro ve Moleküler Kapsül Aktarılmış Kumaşlardan Salım Davranışlarının İncelenmesi, Tekstil ve Mühendis, 23: 101, 22-33.

For online version of the article: <http://dx.doi.org/10.7216/1300759920162310103>



**Araştırma Makalesi / Research Article**

# PORTAKAL YAĞI İÇEREN MİKRO VE MOLEKÜLER KAPSÜL AKTARILMIŞ KUMAŞLARDAN SALIM DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ

İrşah GÖNÜLŞEN<sup>1</sup>  
Merih SARIŞIK<sup>1</sup>  
Gökhan ERKAN<sup>1\*</sup>  
Salih OKUR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Katip Çelebi Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

Gönderilme Tarihi / Received: 05.02.2016

Kabul Tarihi / Accepted: 15.03.2016

**ÖZET:** Bu çalışmada, portakal yağı içeren mikro kapsüllerin ve beta siklodekstrin (inklüzyon kompleksleri) moleküler kapsüllerinin salım davranışlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla portakal yağı ile inklüzyon kompleksleri ve etil selüloz mikrokapsülleri oluşturulmuştur. Mikrokapsüllere ve inklüzyon komplekslerine karakterizasyon çalışmaları kapsamında Kızılötesi Spektroskopisi (FT-IR), Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM) ve Gaz Kromatografisi- Kütle Spektrometresi (GC-MS) analizleri uygulanmıştır. Toz formdaki mikrokapsül ve inklüzyon kompleksleri %100 pamuklu örme kumaşa applike edilmiş ve yıkama dayanımları incelenmiştir. Portakal yağı ile oluşturulan mikrokapsüllerin ve inklüzyon komplekslerinin tekstil materyallerine aktarılması sonrası, 5 yıkama sonrası kumaş üzerinden koku salım davranışları mikrogram düzeyinde tartım yapan hassas terazi kullanılarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** moleküler kapsülasyon, mikrokapsülasyon, portakal yağı, salım

## ANALYSING RELEASING ATTITUDE OF MICRO AND MOLECULAR CAPSULES CONTAINNING ORANGE OIL

**ABSTRACT:** In this study, it was aimed to evaluate the release behaviour of microcapsules and  $\beta$ -cyclodextrin molecular capsules that contains orange oil. For this reason, orange oil carrying inclusion complexes and ethyl cellulose microcapsules were produced. As part of characterization studies of microcapsules and inclusion complexes, Fourier Transform-Infrared Spectroscopy (FT-IR), Scanning Electron Microscopy (SEM) and Gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) analyses were performed. Microcapsules and inclusion complexes that are in powder form were applied to 100% cotton knitted fabric and washing resistance was investigated. After application of microcapsules and inclusion complexes that produced with orange oil to textile materials, odour release behaviours from fabrics were examined after 5 washing cycles with using microgram precision analytical balance.

**Keywords:** molecular encapsulation, microencapsulation, orange oil, release

\* Sorumlu Yazar/Corresponding Author: gokhan.erkhan@deu.edu.tr

DOI: 10.7216/1300759920162310103, www.tekstilmuhendis.org.tr

## 1. GİRİŞ

Mikrokapsülasyon, küçük taneciklerin ve damlacıkların kaplanmasıyla küçük kapsüllerin elde edildiği bir işlemdir. Basit bir şekilde mikrokapsül küçük bir küre ile etrafındaki üniform duvar şeklinde tanımlanabilir. Mikrokapsül içindeki materyal çekirdek, iç faz veya dolgu olarak adlandırılır. Duvar ise kabuk, kaplama veya zar olarak adlandırılır. Mikrokapsüllerin çapı genellikle birkaç mikrometre ile milimetre arasındadır [1].

İnklüzyon kompleksleri ise; süpramoleküller iki veya daha fazla molekülün, iyon ya da bileşiğin moleküler etkileşimleri ile kompleks hale gelmesidir. Ev sahibi-konuk inklüzyon kompleksleri önemli süpramoleküler yapılarıdır. Ev sahibi moleküller kafes yapıdaki kriptantlar, kron eterler, kaliksarenler ve siklodekstrinlerdir. Bunlar içinde en önemlisi siklodekstrinlerdir [2]. Siklodekstrinler transglikozilazın enzimi ile parçalanmasıyla üretilmektedir. Siklodekstrin yapısındaki hidrokسيل grupları dışa doğru yönelmiştir. Bu özellik maddenin suda çözünmesini sağlar. Siklodekstrinlerin içi ise hidrofobik özellik gösterir. Siklodekstrinlerin en belirgin özelliği, katı, sıvı veya gaz haldeki bileşikler ile inklüzyon kompleksi oluşturabilmeleridir [3].

Uçucu yağlar bitkilerin yapraklarından, meyvelerinden, ağaç kabuğundan ve kök kısmından presleme veya damıtma ile elde edilen karışımlardır. Uçucu yağlar oda sıcaklığında sıvı halde bulunan, kolaylıkla kristalleşen, genellikle renksiz veya soluk sarı renkte, uçucu doğal ürünlerdir. Uçucu yağların yapılarında çoğunlukla terpenoidler, monoterenler ve seskuiterpenler bulunmaktadır. Ayrıca diterpen, düşük moleküler ağırlığa sahip alifatik hidrokarbonlar, asitler, alkoller, aldehytler, esterler, laktanlar ve az da olsa azot ve sülfür içeren bileşikler yer alır. Uçucu yağlar, antispazmodik, antiseptik ve antimikrobiyal özelliklere sahip olabilir [4].

Uçucu yağların yukarıda bahsedilen özelliklerinin yanı sıra aromaterapi özellik göstermelerinden dolayı son yıllarda uçucu yağ içeren kapsüller üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Specos ve ark. (2010) yaptıkları

bir çalışmada mikrokapsüllenmiş sitronella yağımı sivrisinek kovucu amaçlı pamuklu mamule aktarmışlardır [5]. Sitronella yağı dışında oköloptol yağı [6], kamfor [7] ve limonen [8] uçucu yağlarının mikrokapsül ve inklüzyon kompleksleri de böcek uzaklaştırma amaçlı tekstil mamüllerine aktarılmıştır. Uçucu yağların antibakteriyel özellikleri de araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu amaçla sitronella yağı [9], karvakrol [10, 11] yağlarının inklüzyon kompleksleri ve timol [12] içeren mikrokapsüller tekstil ürünlerine aktarılmıştır.

Tüm bu özelliklerinin yanı sıra uçucu yağların kullanılmasında en önemli amaç koku özellikleri ve bu sayede aromaterapi uygulamalarında kullanım olasılarıdır. Lavanta yağı [13] ve limon yağı [14, 15] bu amaçla kullanıma örnek verilebilir.

Bu çalışmanın amacı mikro ve moleküler kapsül aktarılmış kumaşlardan salım davranışlarının bu çalışma için tasarlanan mikro tartım düzeneği kullanılarak araştırılmasıdır. Bu amaçla portakal yağı, mikro ve moleküler kapsülasyon olmak üzere iki farklı yöntemle hapsedilmiştir [16]. Kapsüllerin karakterizasyonları, Taramalı elektron mikroskopu (SEM), Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi – Azaltılmış Toplam Reflektans (FTIR-ATR) ve partikül boyutu büyüklüğü ve dağılımı analizi ile gerçekleştirilmiştir. Mikro ve moleküler kapsüller pamuklu kumaşlara çapraz bağlayıcı aracılığı ile aktarılmış, SEM, FTIR-ATR ve Gaz Kromatografisi /Kütle Spektroskopisi (GC-MS) analizleri kullanılarak kumaş üzerindeki varlığı incelenmiştir.

## 2. MATERYAL ve METOD

Mikrokapsülleri oluşturmak için kabuk malzemesi olarak etil selüloz (Dow Chemicals), çözücü olarak etil asetat (Sigma Aldrich); inklüzyon kompleksleri oluşturmak için beta-siklodekstrin (Wacker); aktif madde olarak da portakal yağı (Sigma Aldrich) kullanılmıştır. Mikrokapsül ve inklüzyon komplekslerinin kumaşa aplikasyonunda bağlayıcı madde olarak bütan tetrakarboksilikasit (BTCA - Merck), katalizör olarak sodyum hipofosfit monohidrat ( $\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  - Merck) kullanılmıştır. Mikrokapsüller, koaservasyon yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Sulu faz için ilk

olarak 300 ml su içinde yüzey aktif madde olarak % 2 Tween 20 (Sigma Aldrich) içeren karışım 10 dakika karıştırıldıktan sonra, 12 ml etil asetat sulu faz içinde çözülmüştür. Organik faz, 40 ml etil asetat içinde 0,34 g etil selüloz ve 2 g portakal yağı karıştırılarak elde edilmiştir. Karıştırma işleminden sonra organik faz sulu faza eklenmiştir. Belirli bir süre karıştırıldıktan sonra 200 ml su eklenerek mikrokapsüller elde edilmiştir.

Moleküler kapsülasyon (inklüzyon kompleksi), yoğurma yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Portakal yağı etil alkol ile karıştırıldıktan sonra sulu siklo-dekstrin çözeltisi ile havanda yoğurulmuştur. Çalışmada ağırlıkça 1:0.1, 1:1, 1:2, ve 2:1 beta-siklo-dekstrin: portakal yağı oranlarında çalışılmıştır.

Mikrokapsül ve inklüzyon kompleksleri 40 g/l konsantrasyonda emdirme yöntemi kullanılarak % 100 pamuklu boyamaya hazır kumaşa aplike edilmiştir (AF %40). Bağlayıcı madde olarak 100 g/l BTCA ve katalizör olarak 60g/l  $\text{NaH}_2\text{PO}_2\text{H}_2\text{O}$  kullanılmıştır. Daha sonra kumaşlar 100 °C de kurutulmuş ve 110 °C de 3 dakika fiksaj yapılmıştır [17].

Yıkamaya karşı dayanımın saptanmasında “Tekstil - Renk haslığı deneyleri - Bölüm c06: Evsel ve ticarî yıkamaya karşı renk haslığı ISO105 C06” standardına ve AIS metodu göre gerçekleştirilmiştir.

Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM): Toz ve uygulanmış kumaşlara ait SEM görüntüleri Quanta 250 SEM cihazında elde edilmiştir.

Fourier Dönüşüm Kızılötesi Spektroskopisi – Azaltılmış Toplam Reflektans (FTIR-ATR): Numunelere ait spektrumlar, Perkin Elmer Spectrum BX marka spektrometre ile kaydedilmiştir. Örnekler 400 ile 4000  $\text{cm}^{-1}$  frekanslarında, 32 tarama sayısında ve 2  $\text{cm}^{-1}$  çözünürlükte oda sıcaklığında taranmıştır.

Gaz Kromatografisi /Kütle Spektroskopisi (GC-MS): Portakal yağı içeriklerinin ekstraksiyonu için numuneler süzgeç kağıdı içerisinde sokslet ekstratöründe n-hekzan kullanılarak 8 saat sifon yapılmıştır. Döner buharlaştırıcı kullanılarak çözgen uzaklaştırılmıştır. Agilent marka GC/MS cihazı kullanılmıştır. GC cihazı fırın sıcaklığı ilk 3dk'da 50 °C'ye çıkarılmıştır. 6 °C/dk hızda artarak 250 °C'de 38 dk çalışılmıştır. 10 µl hacimde enjektör kullanılmıştır. Analizde helyum gazı kullanılmıştır. “Split” modunda çalışılmıştır. Gazın sıcaklığı 280 °C, basıncı 12,569 psi ve akış hızı 109,66 ml/ dk'ya ayarlanmıştır.

Partikül Büyüklüğü ve Dağılımı: Mikrokapsül için partikül büyüklüğü ve dağılımı Malvern Mastersizer 2000 cihazında elde edilmiştir.

Ayrıca işlem görmüş kumaşların salım grafikleri mikrogram hassasiyete sahip terazi kullanılarak elde edilmiştir. Hassas terazi kullanılarak azot gazı ile kumaştan kapsüllenmiş portakal yağının salımı sağlanmıştır. İnsan vücut ısısı göz önüne alındığında, ortam sıcaklığı 37 °C olarak ayarlanmıştır. Azot gazı verildiğinde kumaş kütleindeki değişim belirli sürelerde bu yöntemle göre kullanılan Şekil 1'de verilen düzenekte gerçekleştirilmiştir.



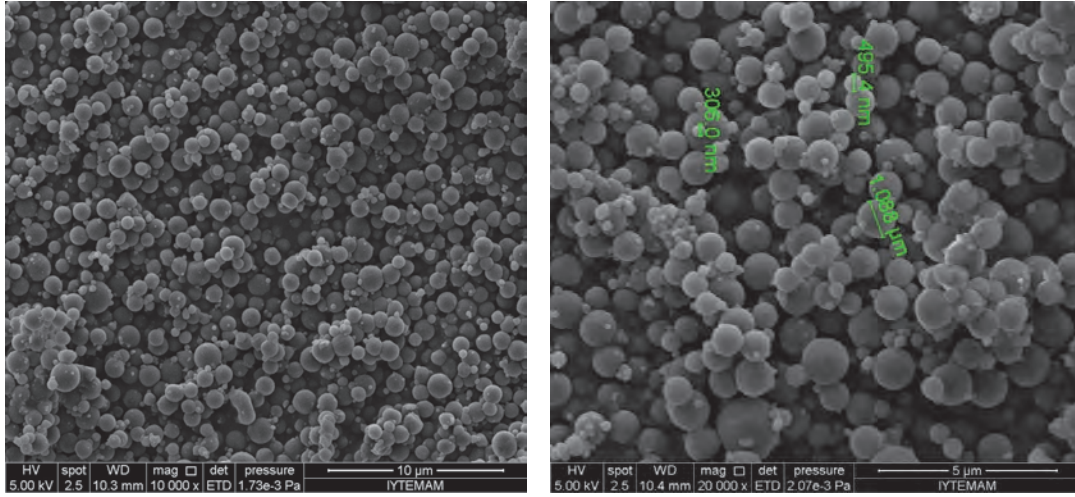
Şekil 1. Mikrogram hassasiyete sahip tartı

### 3. SONUÇ ve TARTIŞMA

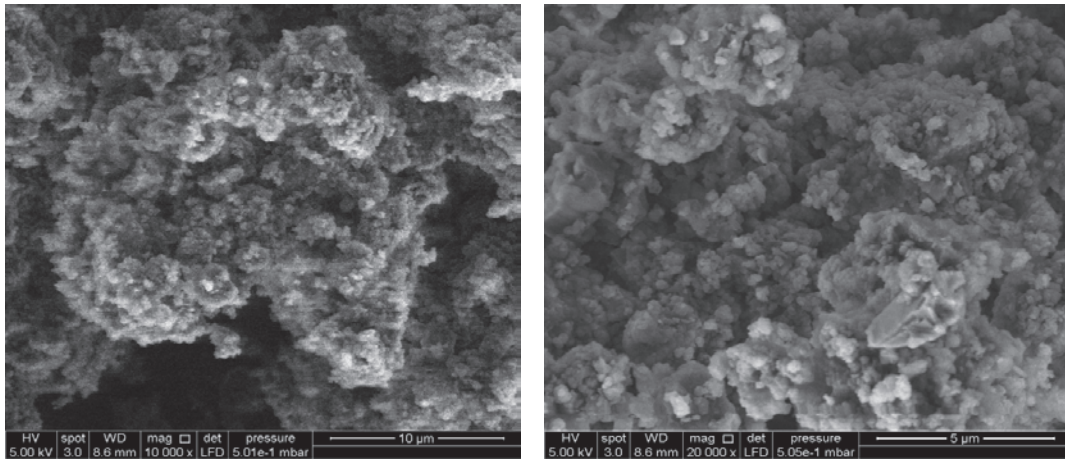
#### 3.1. Mikro kapsül ve Moleküler Kapsüllerin SEM Analizi Sonuçları

Mikrokapsül üretiminde optimum koşulları belirlemek amacıyla karıştırma hızı, karıştırma süresi, etil selüloz-yağ oranları değiştirilerek yaklaşık 30 ön deneme gerçekleştirilmiştir. SEM ve FTIR analiz sonuçlarına göre moleküler kapsülasyon kapsamında 1: 2 beta-siklodekstrin: portakal yağı içeren inklüzyon kompleksi, mikrokapsülasyon kapsamında 2gr etilselüloz/0,34gr yağ oranında çalışmalara devam edilmiştir.

Şekil 2 de portakal yağı içeren mikrokapsüllerin SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde, mikrokapsüllerin yüzeyinin pürüzsüz olduğu, mikron ve nanometre düzeyinde boyutlara sahip oldukları görülmektedir. Şekil 3 de portakal yağı içeren inklüzyon komplekslerinin SEM görüntüleri verilmiştir. Inklüzyon kompleksleri kristal formda bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu durum siklodekstrin içeren literatür ile uyumludur.



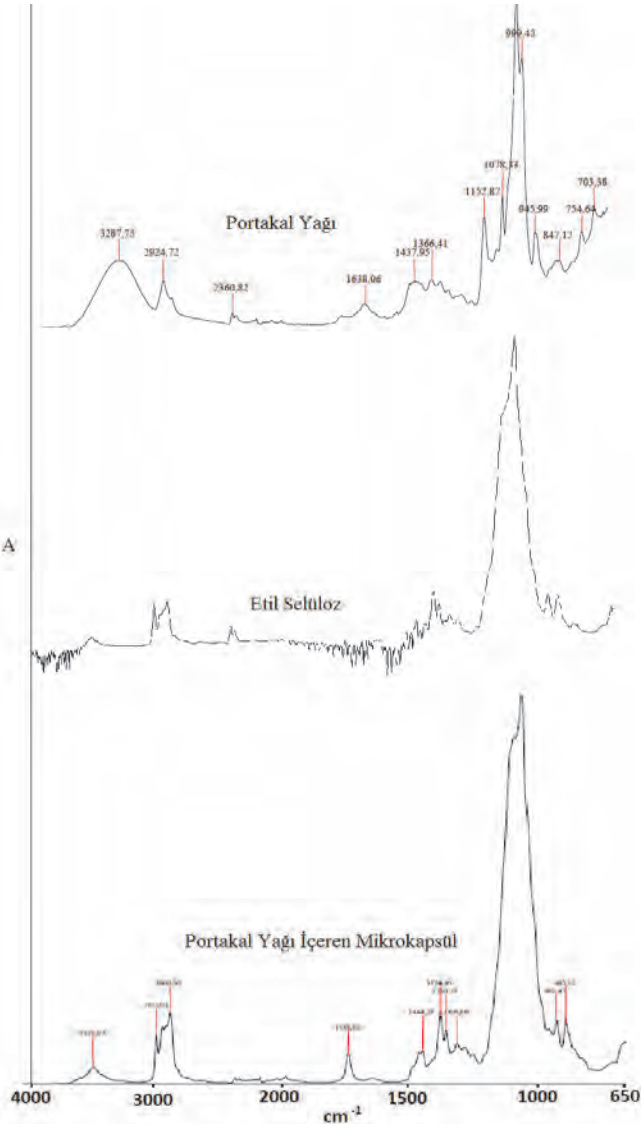
Şekil 2. Mikrokapsüllerin SEM görüntüleri (etilselüloz: 2g, yağ: 0,34 g, hız: 5000 rpm, süre: 1 saat)



Şekil 3. Portakal yağı içeren inklüzyon komplekslerinin SEM görüntüleri (1:2 beta-siklodekstrin:portakal yağı oranı)

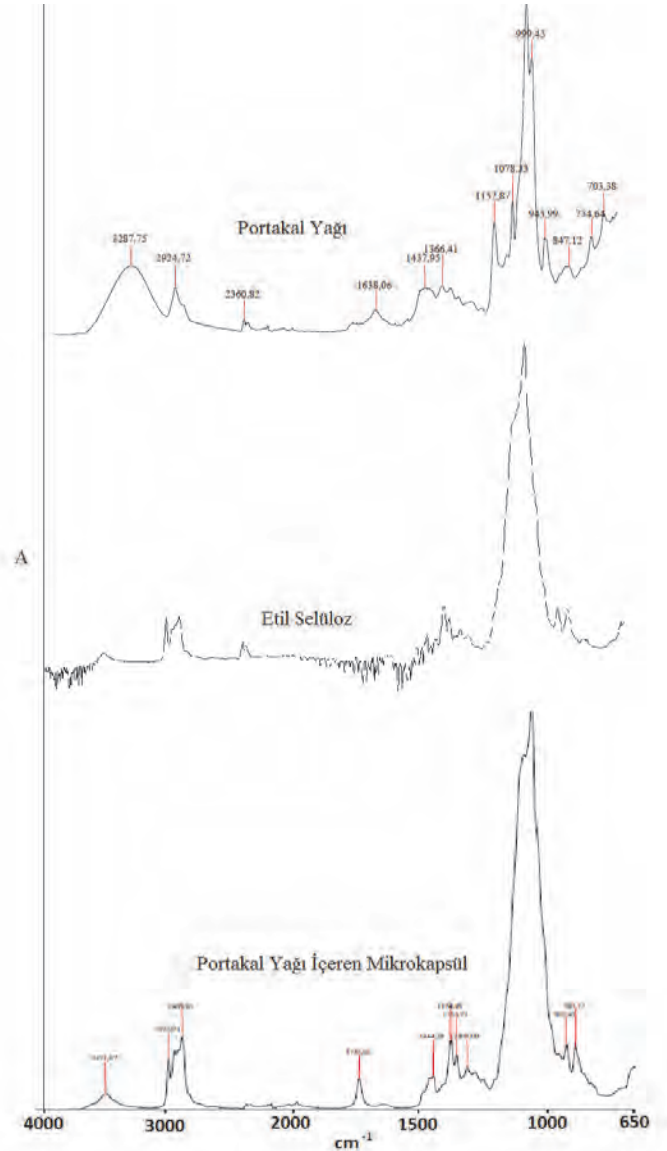
### 3.2. Mikrokapsül ve Moleküler Kapsüllerinin FTIR Analizi Sonuçları

Portakal yağı, etil selüloz ve mikrokapsüllerin FTIR grafikleri Şekil 4’te görülmektedir. Portakal yağının FTIR spektrumunda,  $3287\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik proteinlerdeki N-H bağları nedeniyle ortaya çıkmıştır. Mikrokapsüllerin FTIR spektrumundaki  $3274\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki piki portakal yağında da görülen hidrojen bağlarından kaynaklandığı düşünülmektedir [18].  $1735\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik yağ asitlerinin C=O çift bağlarını göstermektedir [19]. Mikrokapsül ve etil selüloz moleküllerinin FTIR spektrumundaki  $1374\text{ cm}^{-1}$  ve  $1353\text{ cm}^{-1}$  dalga boyları arasındaki pikler C-N bağları nedeniyle oluşmaktadır [20].



Şekil 4. Portakal yağı, etil selüloz ve kapsüllerin FTIR spektrumları

Farklı mol oranlarında çalışılan beta-siklodekstrin: portakal yağı moleküler kapsüllerinin FTIR analizi sonuçları Şekil 5’te görülmektedir.  $1640\text{ cm}^{-1}$  dalga boyundaki pik yağların yapısındaki C=O çift bağlarını göstermektedir. Yağ konsantrasyonu arttıkça piklerin şiddeti de artmıştır. Ayrıca yağ konsantrasyonunun artmasıyla  $1350\text{-}1200$  ve  $1450\text{-}1400\text{ cm}^{-1}$  arasındaki C-O gerilme piklerinin şiddeti de artış göstermiştir.

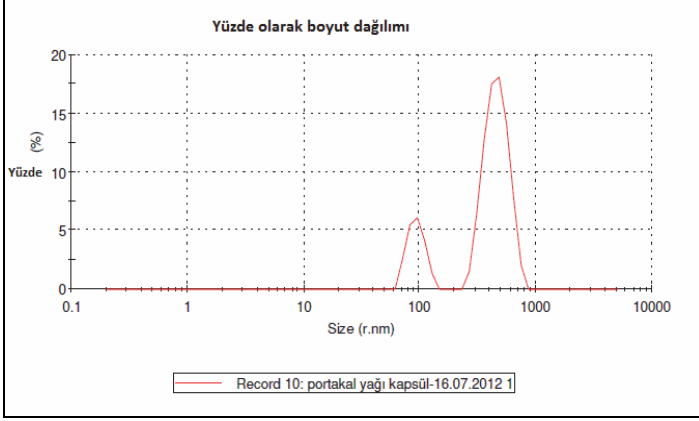


Şekil 5. Portakal yağı ve beta-siklodekstrin: yağ kapsüllerinin FTIR spektrumları

### 3.3. Kapsüllerin Partikül Boyutu Dağılımı Sonuçları

Kapsüllerin partikül büyüklükleri ve dağılımı Malvern marka cihaz yardımıyla ölçülmüştür. Şekil 6’da mikrokapsüllere ait partikül boyutu dağılımları görül-

mektedir. Mikrokapsüllerin %82'sinin ortalama kapsül büyüklüğü 462 nm., %19,8'i de ortalama 93,55 nm. civarında olduğu saptanmıştır.

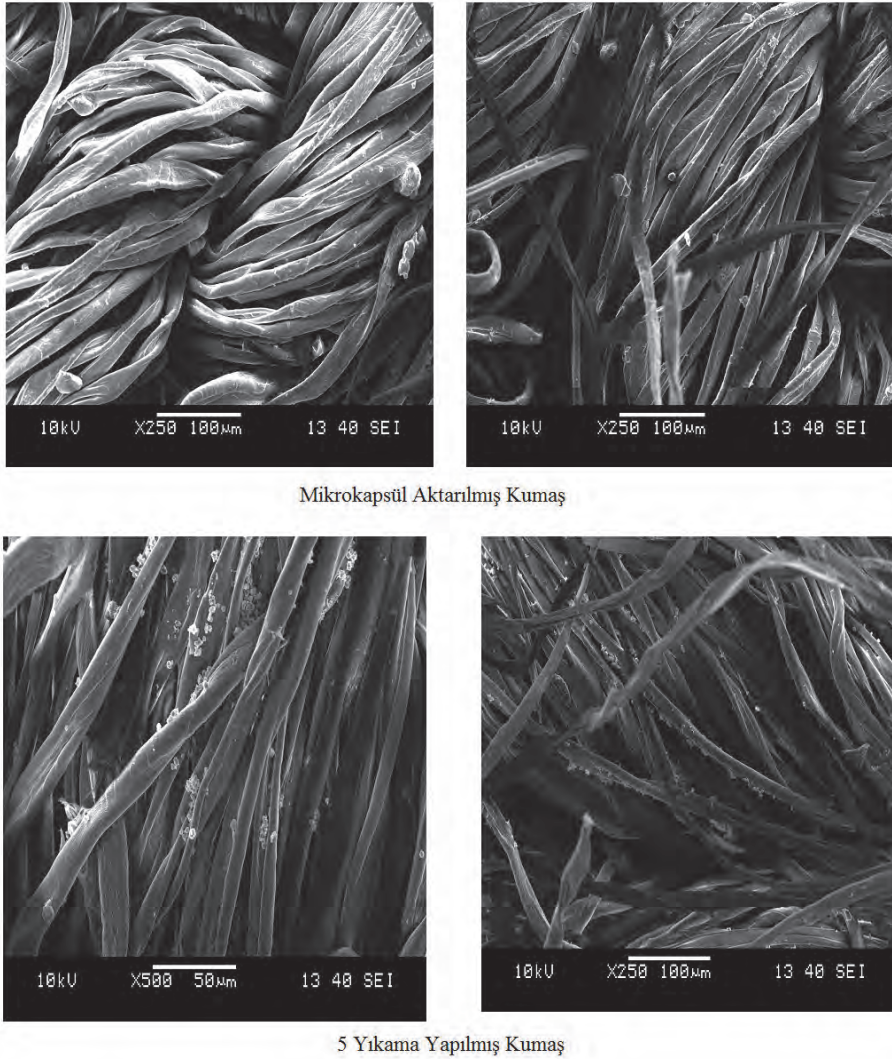


### 3.4. Kapsül Aplike Edilmiş Kumaşların SEM Analizi Sonuçları

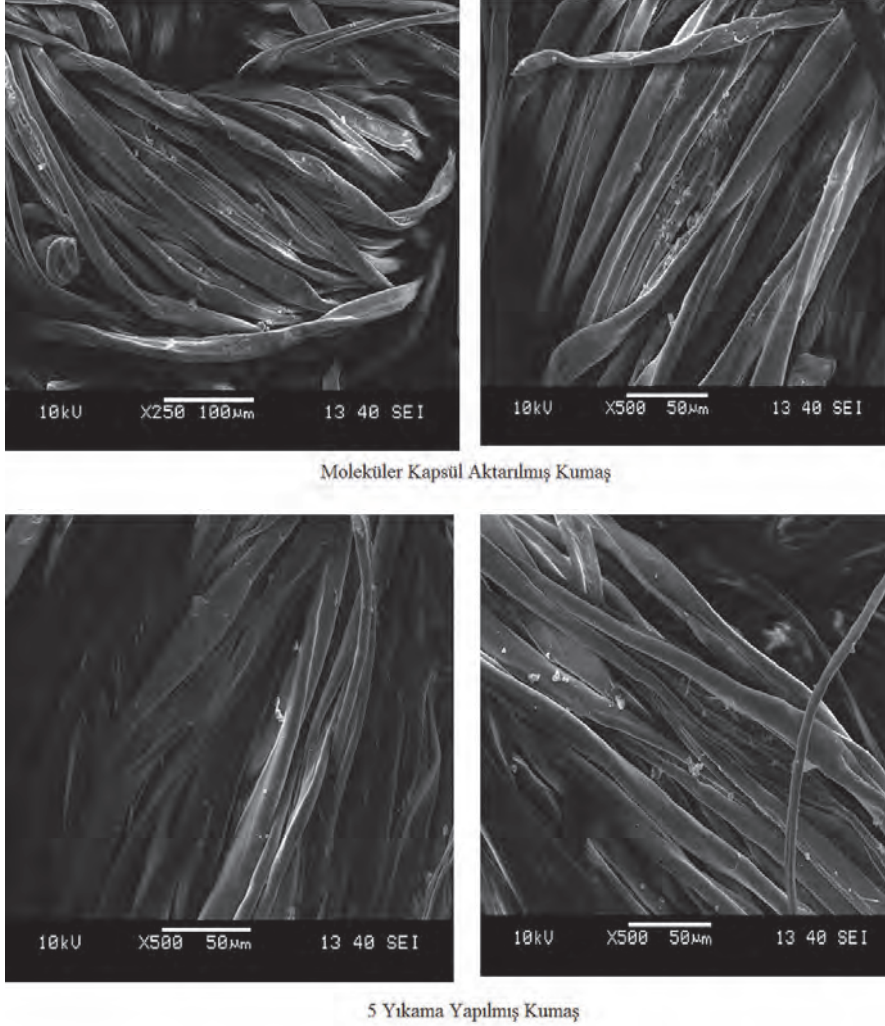
Mikrokapsül aktarılmış ve 5 kez yıkama yapılmış kumaşların SEM görüntüleri Şekil 7 görülmektedir. Görüntüler incelendiğinde yıkama öncesi kapsüller kumaş içerisinde açıkça görülmektedir. 5 yıkama sonrasında da kapsüllerin bulunduğu SEM görüntülerinden anlaşılmaktadır.

Şekil 8'de moleküler kapsül (İnklüzyon kompleksleri) aktarılmış ve 5 yıkama yapılmış kumaşların SEM görüntüleri yer almaktadır. Moleküler kapsüllerin kristal halinde lif yüzeylerinde bulunduğu ve 5 yıkama sonrasında da varlığını sürdürdüğü görülmektedir.

Şekil 6. Portakal yağı içeren mikrokapsüllerin boyut dağılımları



Şekil 7. Mikrokapsül aktarılmış ve 5 yıkama yapılmış kumaşların SEM görüntüsü



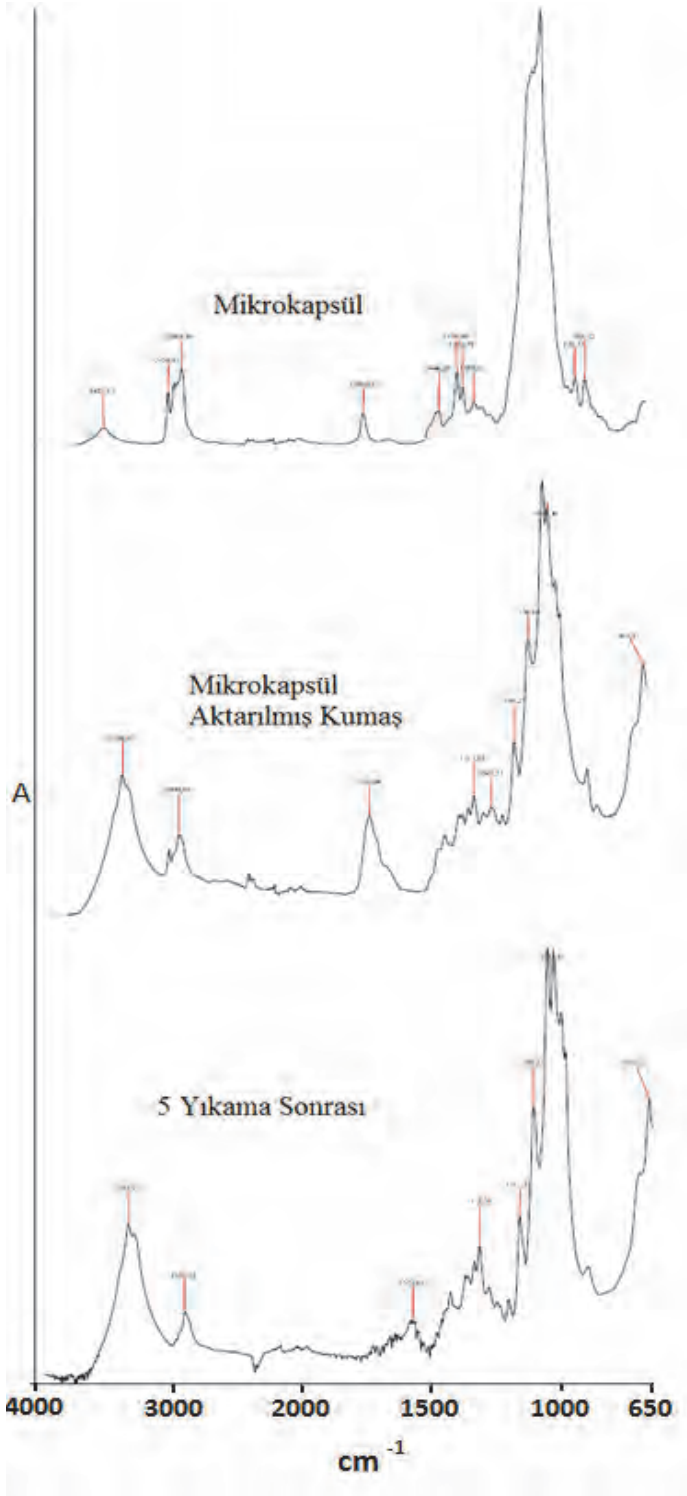
Şekil 8. Moleküler kapsül aktarılmış ve 5 yıkama yapılmış kumaşların SEM görüntüleri

### 3.5. Kapsül Aplike Edilmiş Kumaşların FTIR Analizi Sonuçları

Şekil 9’da mikrokapsül applike edilmiş ve ardından 5 kere yıkama yapılmış kumaşların FTIR spektrumları görülmektedir. Mikrokapsüllerin FTIR spektrumunda  $3471\text{ cm}^{-1}$ ’deki titreşim H bağlarını göstermektedir. Mikrokapsül applike edilmiş kumaşta görülen  $3336\text{ cm}^{-1}$

deki pik H bağlarının etkisiyle ortaya çıkmıştır. Mikrokapsül ve mikrokapsül applike edilmiş kumaşların spektrumunda  $2974\text{ cm}^{-1}$  ve  $2869\text{ cm}^{-1}$ ’deki pikler C-H gerilmesinden kaynaklanmaktadır.  $1735\text{ cm}^{-1}$ ’deki pikler de C=O gerilmelerine aittir. Aplikasyon sonrası 5 kez yıkanmış kumaşlarla yıkanmamış kumaşlar karşılaştırıldığında yıkanan kumaşların spektrumundaki pik şiddetlerinin azaldığı görülmüştür.

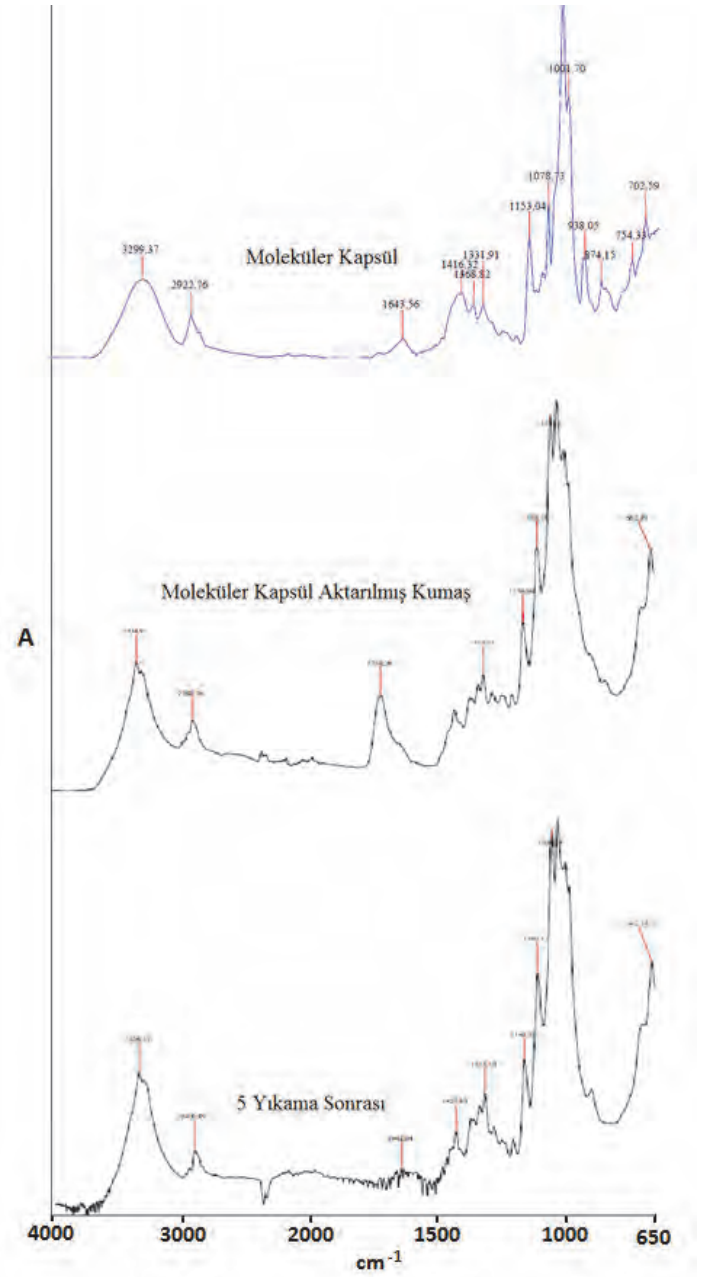




Şekil 9. Mikrokapüllerin, mikrokapstil aplike edilmiş ve ardından 5 kez yıkanmış kumaşların FTIR spektrumları

Şekil 10'da ise beta-siklodekstin inklüzyon komplekslerinin (moleküler kapsüllerin), aplikasyon ve 5 yıkama sonrası kumaşların FTIR spektrumları verilmiştir. Buna göre beta-siklodekstrin komplekslerindeki  $3299 \text{ cm}^{-1}$  deki pik ve beta-siklodekstrin kompleks-

leri aplike edilmiş kumaştaki  $3334 \text{ cm}^{-1}$  deki pik OH gerilmelerini göstermektedir. Beta-siklodekstrin komplekslerindeki  $2922 \text{ cm}^{-1}$  deki pik ve beta-siklodekstrin kompleksi aplike edilmiş kumaştaki  $2900 \text{ cm}^{-1}$  deki pik C-H gerilmelerini göstermektedir. Beta-siklodekstrin komplekslerindeki  $1643 \text{ cm}^{-1}$  deki pik ve beta-siklodekstrin kompleksi aplike edilmiş kumaştaki  $1714 \text{ cm}^{-1}$  deki pik ise C=O gerilmelerini göstermektedir.



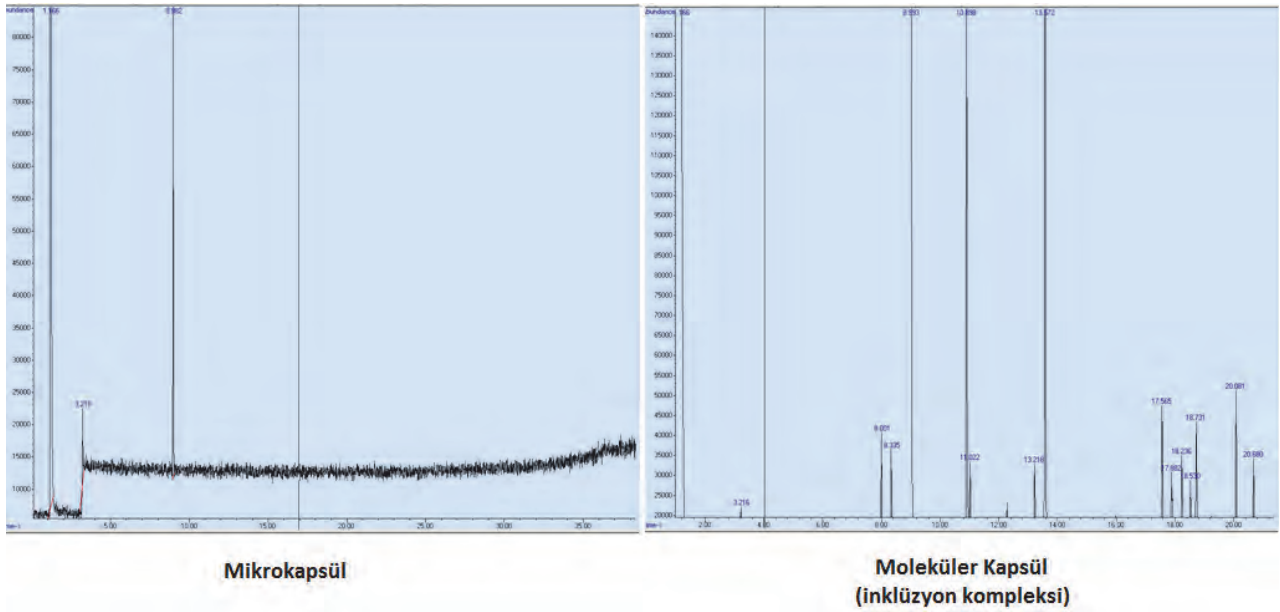
Şekil 10. Beta siklodekstin inklüzyon komplekslerinin, aplikasyon ve sonrasında 5 kez yıkanmış kumaşların FTIR spektrumları

### 3.6. Mikrokapsül ve Moleküler Kapsüllerin GC-MS Analizi Sonuçları

Şekil 11 aktif madde olarak portakal yağı içeren mikrokapsül ve beta-siklodekstrin inklüzyon komplekslerinin GC-MS analizi sonuçlarını göstermektedir. Tablo 1’de ise kromotogramdaki piklere karşılık gelen bileşikler ve kapsüllerin içindeki yüzde oranları verilmektedir.

Şekil 11 incelendiğinde, d-Limonene ait pikin her iki kapsülasyon yönteminde de belirgin olduğu görülmektedir. Tablo 1 de yüzdesel miktarları incelendiğinde, portakal yağında bulunan ana element d-

Limonenin %90,21 oranında bulunduğu görülmektedir. Bu oran moleküler kapsülasyon yönteminde %54,55 ve mikrokapsül yönteminde ise %1,54 çıkmaktadır. Mikrokapsülasyon esnasında portakal yağı ve içerisinde çözündüğü çözügen ile birlikte etrafına polimer kabuk oluşturulmakta, moleküler kapsülde ise d-limonen molekülleri beta siklodekstrin üç boyutlu yapısı içerisindeki boşluğa yerleşmektedir. Bu sebepten dolayı birim ağırlıkta moleküler kapsüllerde daha fazla limonen bulunmaktadır. Her iki kapsülasyon yönteminde portakal yağının ana etkin maddesine rastlanmıştır.



Şekil 11. GC-MS kromotogramları

Tablo 1. GC-MS e göre mikrokapsül ve moleküler kapsüllerdeki bileşikler

R <sub>T</sub>	Bileşiğin Adı	Yüzde Oran		
		Mikrokapsül	Moleküler Kapsülü	Portakal Yağı
1,168	Ethylene oxide	98,27	39,29	-
3,218	Acetaldehyde	0,18	0,15	3,31
7,999	beta.-Myrcene	-	0,24	2,56
8,335	Octanal	-	0,22	0,31
8,982	d-Limonene	1,54	54,55	90,21
10,897	DELTA.3-Carene	-	1,39	0,45
11,02	Dodecanal	-	0,2	-
13,575	Decanal	-	2,09	0,08
20,082	Valencene	-	0,4	-
12,229	Citronella	-	-	0,01

### 3.7. Mikrogram Hassasiyete Sahip Tartı ile Koku Salımı Ölçümleri

Mikrokapsül ve moleküler kapsül uygulanmış kumaşların koku salım grafikleri Şekil 12’de verilmiştir.

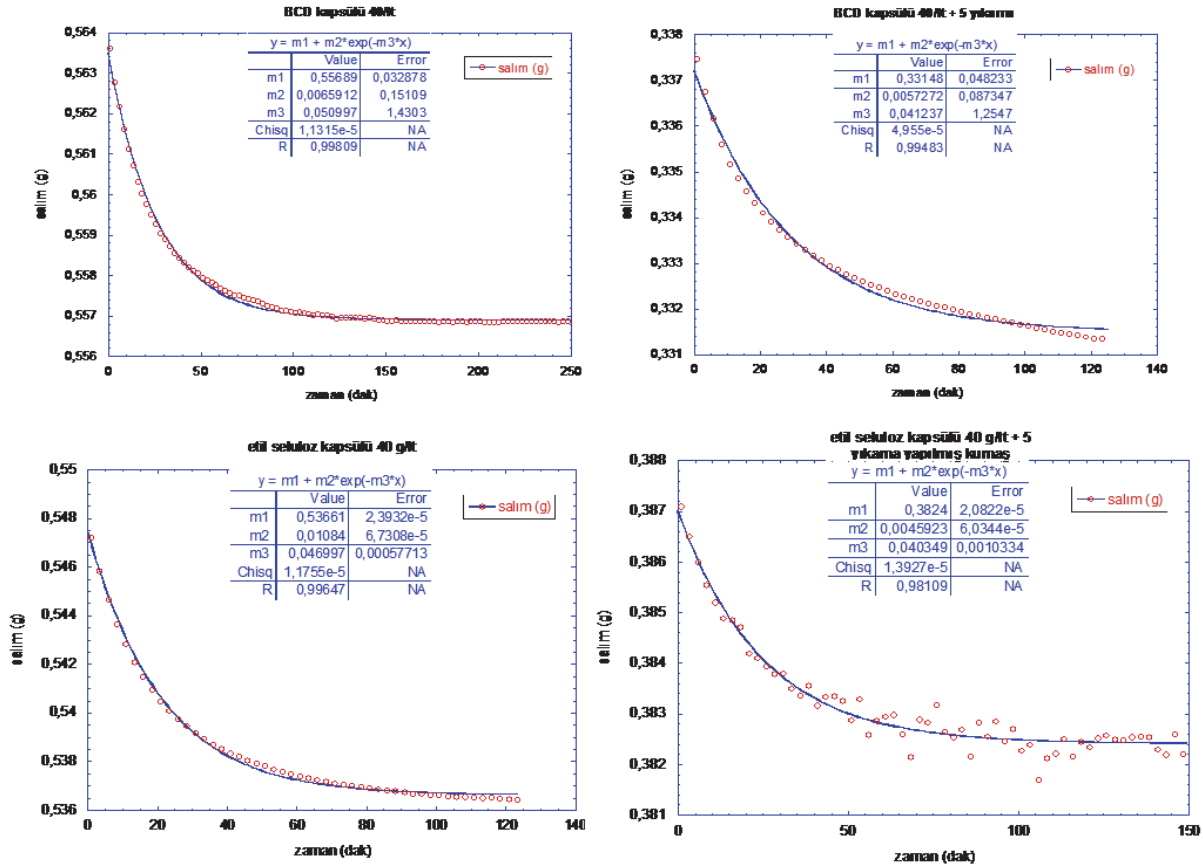
Farklı konsantrasyonlarda kapsül uygulanmış kumaşların koku salım hızları, koku salım grafiklerinden elde edilmiştir. “ $y = m_1 + m_2 \cdot \exp(-m_3 x)$ ” fonksiyonu, adsorpsiyon ve desorpsiyon kinetiğine karşılık gelen “ $\Delta f = \Delta f_{\max} (k_a C + k_d e^{-(k_a C + k_d)t}) / (k_a C + k_d)$ ” fonksiyonundan oluşturulmuştur [21]. Salım grafiklerinde grafiğin fonksiyonu “ $y = m_1 + m_2 \cdot \exp(-m_3 x)$ ” (grafiklerde düz çizgi olarak gösterilen) tartım düzeneğinden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan grafiklerle (daire olarak gösterilmiştir) tamamiyle uyumaktadır. Grafiklerde de gösterildiği üzere R değeri

0,98 ve 0,99 arasında bulunmuştur. Fonksiyondaki  $m_3$  değeri koku salım hızını göstermektedir.

Tablo 2’de kumaşların koku salım hızlarına ait değerler görülmektedir. Mikrokapsül ve moleküler kapsül içeren kumaşların koku salım hızları yıkama işlemine bağlı olarak, azalmaktadır. Moleküler kapsül uygulanmış kumaşların koku salım hızları mikrokapsül uygulanmış kumaşların koku salım hızından daha yüksektir.

**Tablo 2.** Kapsül içeren kumaşların koku salım hızları (g/dk)

Kapsül Tipi	Yıkama Yok	5 Yıkama
Moleküler kapsül	0,050997	0,041237
Mikrokapsül	0,046997	0,040349



Şekil 12. Koku salım grafikleri

#### 4. SONUÇ

Koku aplikasyon uygulamaları son yıllarda tekstil endüstrisinde geniş kullanım alanı bulmuştur. Koku moleküllerinin düşük buharlaşma sıcaklıkları ve liflerle bağ yapma yeteneklerinin olmaması uygulanan aprelerin yıkamalara karşı dayanıksız olmalarına ve kısa sürede ortamdaki uzaklaşmalarına yol açmaktadır. Kapsülasyon teknolojisi, etkin maddeleri çevre koşullarından koruması ve kontrollü salım sağlamalarından dolayı tekstil endüstrisinde koku uygulamalarında rakipsiz konumdadır. Kokunun salım davranışlarının incelenmesi son yıllarda araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Bu çalışmada mikrogram hassasiyete sahip tartı kullanarak salım davranışının incelenmesi için azot atmosferinde deney düzeneği tasarlanmıştır. Bu amaçla moleküler ve mikrokapsüller üretilerek %100 pamuklu kumaşa aktarılmıştır. FTIR, SEM ve GC-MS analizlerine göre mikrokapsül ve beta-siklodekstrin moleküler kapsülleri başarılı bir şekilde elde edildiği gözlenmiştir. Mikrokapsül ve beta-siklodekstrin moleküler kapsülleri applike edilmiş kumaşların koku salım hızları karşılaştırılmış ve moleküler kapsül uygulanmış kumaşların koku salım hızlarının mikrokapsül uygulanmış kumaşlarınkinden daha yüksek çıktığı saptanmıştır. Ayrıca GC-MS sonuçlarına göre beta-siklodekstrin moleküler kapsüllerindeki portakal yağı miktarının mikrokapsüllerdeki oranından daha fazla olduğu görülmüştür.

#### KAYNAKLAR

1. Gökmen S, Palamutoğlu R, Sarıçoban C, (2012), *Gıda Endüstrisinde Enkapsülasyon Uygulamaları*, Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7: 36-50.
2. Avcı A, Dönmez S, (2010), *Siklodekstrinler ve Gıda Endüstrisinde Kullanımları*, Gıda, 35(4): 305-312.
3. Akçakoca EP, (2006), *Siklodekstrinlerin İnküzyon Kompleksleri*, Tekstil ve Konfeksiyon, 2: 94-99.
4. Evren M, Tekgüler B, (2012), *Uçucu yağların antimikrobiyel özellikleri*, Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi TR, 09 (3): 28-40.
5. Specos, M.M., Garcia, J.J., Tornesello, J., Marino, P., Della Vecchia, M., Tesoriero, M. D., Hermida, L.G. (2010), *Microencapsulated Citronella Oil For Mosquito Repellent Finishing Of Cotton Textiles*. Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, 104(10), 653-658.
6. İnceboz, T., Erkan, G. Türkoğlu, G.C., Sarıışık, A.M., Bakırcı, S., Üner, S., Üner, A. (2015), *In-Vivo And In-Vitro Tick Repellent Properties Of Cotton Fabric*, Textile Research Journal, 85(19), 2071-2082.
7. Sarıışık, A.M., Kartal, G.E., Türkoğlu, G.C., Soysal, B., Erdoğan, M., Okur, S., Duru, A. (2015) *Development of Washing Durable Moth Repellent Textile via Inclusion Complex Including Camphor*, 9th Aachen Dresden International Textile Conference, Germany.
8. Türkoğlu, G.C., Sarıışık, A.M., Erkan, G., Deveci, Ö., Yıkılmaz, M.S., Öztuna, S., Kontart, O. (2013), *Microencapsulated Limonene Loaded Textile And Its Insect Repellent Behavior*, 14th National & 1st International Recent Developments, Textile Technology and Chemistry Symposium, Turkey.
9. Sarıışık, A.M., Türkoğlu, G.C., Kartal, G.E., Erden, E. (2015), *Establishing Optimum Method for B-cyclodextrin Complex to Acquire Antibacterial Textiles*, 9th Aachen Dresden International Textile Conference, Germany.
10. Uğur, Ş.S., Sarıışık, A.M., Türkoğlu, G.C., Erkan, G., Erden, E. (2015), *Layer by Layer Assembly of Antibacterial Inclusion Complexes*, 6th International Technical Textiles Congress, Turkey.
11. Türkoğlu, G.C., Sarıışık, A.M., Erkan, G., Erden, E., Pazarlıoğlu, N., Öztuna, S., Kontart, O. (2013), *Karvakrol B-Siklodekstrin Kompleksi Esaslı Antimikrobiyal Bir Tekstil Ürünü Tasarımı*, Uluslararası Temizlik & Kişisel Bakım Ürünleri ve Üretim Teknolojileri Sempozyumu ve Sergisi, Turkey.
12. Türkoğlu, G.C., Sarıışık, A.M., Erkan, G., Erden, E., Pazarlıoğlu, N., Öztuna, S., Kontart, O. (2013), *Formation Inclusion Complexes of B-Cyclodextrin-Thymol and The Antibacterial Properties as Textile Finishing*, Aachen Dresden International Textile Conference, Germany.
13. Aydın, N., OZTURK, G.C., Karaboyacı, M., Alay, S. (2011), *Koku İçeren Mikrokapsül Uygulanmış Akrilik El Örgüsü İpliklerden Örülen Kumaşların Karakterizasyonu*, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(1), 67-74.
14. Specos, M.M.M., Escobar, G., Marino, P., Puggia, C., Tesoriero, M.V.D., Hermida, L. (2010), *Aroma Finishing of Cotton Fabrics By Means Of Microencapsulation Techniques*. Journal Of Industrial Textiles, doi:10.1177/1528083709350184.
15. Rodrigues, S.N., Fernandes, I., Martins, I.M., Mata, V.G., Barreiro, F., Rodrigues, A.E. (2008), *Microencapsulation Of Limonene For Textile Application*, Industrial & Engineering Chemistry Research, 47(12), 4142-4147.
16. Gönülşen, İ., Sarıışık, M., Erkan, G., Okur, S., (2014), *Portakal Yağı İçeren Mikro ve Moleküler Kapsül Aktarılmış Kumaşlardan Salım Davranışlarının İncelenmesi*, Uluslararası Tekstil Zirvesi 2. UTZ Kahramanmaraş Bildiri ve Özetler Kitabı. 39-55, 22-24 Ekim, Kahramanmaraş.
17. Martel B, Weltrowski M, Ruffin D, (2002), *Polycarboxylic acids as crosslinking agents for grafting cyclodextrins onto*

- cotton and wool fabrics: study of the process parameters*, Journal of Applied Polymer Science, 83: 1449- 1456.
18. Andronie L, Pânzaru SC, Cozar O, Domşa I, (2011), *FTIR Spectroscopy for human colon tissue*, Romanian Journal of Biophysics, 21: 85-91.
19. Gokulakumar B, Narayanaswamy R, (2008), *FTIR Analysis of root rot disease in sesame (sesamum indicum)*, Romanian Journal of Biophysics, 18: 217-223.
20. Lee JK, Yang NC, Choi HW, Suh DH, (2003), *The Fluorescent Effects on the N-Substituents of Polyarylenevinylenes Having 1,2 Diphenylmaleimide Moieties*, Macromolecular Research, 11: 92-97.
21. Okur S, Ocakoglu K, (2011), *New approach for consideration of adsorption/ desorption data*, Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation, 16: 4643–4648.