

**T.C.
U AK ÜN VERS TES
FEN B L MLER ENST TÜSÜ**

MALZEME B L M VE NANOTEKNOLOJ MÜHEND SL ANAB L M DALI

**A RI VE SANCI AZALTICI NANOL FL YÜZEYLER N
GEL T R LMES VE KARAKTER ZE ED LMES**

YÜKSEK L SANS TEZ

EDA NEB HE SOLAK

**MART 2019
U AK**

T.C.
U AK ÜN VERS TES
FEN B L MLER ENST TÜSÜ

MALZEME B L M VE NANOTEKNOLOJ MÜHEND SL ANAB L M DALI

**A RI VE SANC I AZALTICI NANOL FL YÜZEYLER N
GEL T R LMES VE KARAKTER ZE ED LMES**

YÜKSEK L SANS TEZ

EDA NEB HE SOLAK

U AK 2019

Eda Nebihe SOLAK tarafından hazırlanan "Ağrı ve Sancı Azaltıcı Nanolifli Yüzeylerin Geliştirilmesi ve Karakterize Edilmesi" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr.Üyesi Gamze TETİK



Tez Danışmanı, Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr.Cengiz SOYKAN



Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Dr.Öğr. Üyesi Gamze TETİK



Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uşak Üniversitesi

Dr.Öğr.Üyesi Buket ARIK




Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi

Tarih: 15/03/2019

Bu tez ile U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Murat Kemal KARACAN



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Eda Nebiye SOLAK



**A RI VE SANCI AZALTICI NANOL FL YÜZEYLER N GEL T R LMES VE
KARAKTER ZE ED LMES
(Yüksek Lisans Tezi)**

EDA NEB HE SOLAK

**U AK ÜN VERS TES
FEN B L MLER ENST TÜSÜ
MART 2019**

ÖZET

Bu çalı mada Poliamid 6 (PA 6) polimeri ile a rı ve sancı azaltma özelli ine sahip; *Mentha piperita* L. ve *Pimpinella anisum* L. özütleri ile *Syzygium aromaticum* L. ve *Papaver somniferum* L. ya ları içeren nanolifli yüzeylerin elektrolif çekim yöntemi ile üretilerek, karakterize edilmesi amaçlanmı tır. Bu amaçla gerçekte tirilen üretim çalı maları, lif çekim çözeltilisi içerisine bitkisel ajanların eklenerek ve saf PA6 nanolifli yüzeyleri üzerine emdirme yolu ile bu bitkisel ajanların aktarılarak farklı örneklerin olu turulmasını içermektedir. Sadece *Papaver somniferum* L.'nin lif çekim çözeltilisine ilavesi ile nanolifli yüzeylerin eldesi mümkün olmamı olup, di er örnekler ba arılı ekilde üretilmi tir. Morfolojik karakterizasyon taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gerçekte tirilmi olup, düzgün morfolojili nanoliflerin üretimi için optimum proses parametreleri belirlenmi tir. Bu parametreler altında hem saf PA6 nanolifli yüzeylerinin hem de özüt ve ya yüklü PA6 nanolifli yüzeylerinin uzun süreli elektrolif çekimi gerçekte tirilmi tir. Uzun süreli elektrolif çekimi yapılan bitkisel ajanların ilaveli nanolifli yüzeylere Fourier Transform nfrared Spektrofotometresi analizi uygulanmı olup, lif çekim çözeltilisi içerisine ilave edilen özütlerin ve ya ın ba arılı ekilde PA6 nanoliflerine katılabildi i kanıtlanmı tır. Daha sonra izotonik çözelti içerisnde kesikli salım testleri gerçekte tirilmi tir. Salım ortamından belirlenen zaman dilimlerinde alınan sıvılara UV-görünür bölge spektrofotometresi ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi analizi

uygulanmı olup, nanolifli yüzeylerin belirlenen süreler dahilindeki salım profilleri belirlenmiştir. Çalı madan elde edilen tüm sonuçlar a rı ve sancı azaltma etkisine sahip doğal bitkisel ajanların PA6 nanoliflerine ba arılı ekilde aktarılarak, doğal aktif bile en salım sistemi uygulamalarında kullanılma potansiyeli olan nanolifli yüzeylerin ba arılı ekilde üretildi ini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler : Elektrolif çekim, nanolifler, *Mentha piperita*, *Pimpinella anisum*, *Syzygium aromaticum*, *Papaver somniferum*, poliamid 6

Sayfa Adedi : 87

Tez Yöneticisi : Dr. Ö r. Üyesi Gamze TET K

**DEVELOPMENT AND CHARACTERIZATION OF ACHE AND PAIN
RELIEVING NANOFIBER WEBS**

(M.Sc. Thesis)

EDA NEB HE SOLAK

U AK UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MARCH 2019

ABSTRACT

In this study, production and characterization of electrospun polyamide 6 (PA 6) nanofiber webs containing *Mentha piperita* L. extract, *Pimpinella anisum* L. extract, *Syzygium aromaticum* L. oil, and *Papaver somniferum* L. oil for the purpose of ache and pain relief were aimed. At the production stage herbal agents were added to the electrospinning solution and also agents were soaked on pure PA6 nanofiber webs. Nanofiber production was only not possible with *P.somniferum* oil. Besides, all other samples were succesfully produced. Morphological characterization was performed by scanning electron microscope (SEM) and optimum electrospinning process parameters were determined according to the SEM images for the production of uniform nanofibers.

Long-term electrospinning was performed at these parameters for both pure PA6 nanofibers and herbal agent loaded PA6 nanofibers. Fourier Transform Infrared Spectrophotometer analysis was applied to these nanofiber webs and it was proved that the herbal agents loaded to fiber spinning solutions were successfully incorporated in nanofiber structures. Then, batch release tests were carried out where the isotonic solution was chosen as release medium. The UV-visible region spectrophotometer and high performance liquid chromatography analyses were applied to the fluids taken from the release media at determined time intervals and the release profiles of the nanofiber webs were determined. Allover the results obtained from the study showed that herbal agents

were successfully incorporated to nanofiber structure and nanofiber webs that have potentials to be used as natural active agent release systems were achieved.

Keywords : Electrospinning, nanofibers, *Mentha piperita*, *Pimpinella anisum*, *Syzygium aromaticum*, *Papaver somniferum*, polyamide 6

Number of Pages : 87

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Gamze TET K



TE EKKÜR

De erli danı manım Dr. Ö r. Üyesi Gamze TET K' e yüksek lisans ö renimim boyunca göstermi oldu u destek için, ayrıca bilgisi ve ilgisiyle bana her zaman yol gösterdi i için sonsuz te ekkürlerimi sunarım.

Bu ara tırmayı 2017/TP021 numaralı proje ile destekleyen U ak Üniversitesi Bilimsel Ara tırma Projesi Koordinasyon Birimi'ne te ekkür ederim.

Tez çalı mam boyunca gerekli olan testlerin yapılmasına olanak sa layan U ak Üniversitesi Bilimsel Analiz ve Teknolojik Uygulama ve Ara tırma Merkezi'ne (UBATAM) te ekkür ederim.

Laboratuvar çalı malarımda bana yardımcı olan Hocalarım Doç. Dr. Onur GÜNE ER ve Dr. Ö r. Üyesi Zeynep C ERO LU'na ve arkadaş larım Merve AH N ve S.Sena KAYNAK'a te ekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans e itimim boyunca her anımda yanımda olan Mert KÜNEK'e, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem, babam ve canım aileme te ekkürü borç bilirim.

Ç İNDEK İLER

| | Sayfa |
|---|--------------|
| ÖZET | v |
| ABSTRACT | vii |
| TE EK KÜR | ix |
| Ç İNDEK İLER | x |
| Ç İZELGELER İN İL İSTES | xiii |
| EK İLLER İN İL İSTES | xiv |
| RES İMLER İN İL İSTES | xvi |
| S İMGELER VE KISALTMALAR | xvii |
| 1. G İR | 1 |
| 2. NANOL İFLER | 3 |
| 2.1 Nanoliflerin Özellikleri: | 3 |
| 2.2 Nanoliflerin Üretim Yöntemleri | 4 |
| 2.2.1 Faz Ayrımı..... | 4 |
| 2.2.2 Meltblowing | 4 |
| 2.2.3 Bikomponent Üretim..... | 4 |
| 2.2.4 Kendili ğ inden Düzenlenme..... | 5 |
| 2.2.5 Çekim Prosesi..... | 5 |
| 2.2.6 ablon Sentezi | 5 |
| 2.2.7 Elektrolif Çekim Yöntemi | 6 |
| 2.3 Elektrolif Çekimini Etkileyen Parametreler | 7 |
| 2.3.1 Proses Parametreleri: | 7 |
| 2.3.2 Çözelti Parametreleri: | 8 |
| 2.3.3 Ortam Parametreleri:..... | 9 |
| 2.4 Elektrolif Çekim Yönteminde Kullanılan Ekipmanlar | 9 |

| | Sayfa |
|---|--------------|
| 2.5 Nanoliflerin Uygulama Alanları | 10 |
| 2.5.1 Biyomedikal Uygulamalar | 12 |
| 2.5.2 Doku skelesi Uygulamaları..... | 13 |
| 2.5.3 İlaç Salım Sistemi Uygulamaları..... | 13 |
| 2.5.4 Yara Örtüsü Uygulamaları | 14 |
| 3. B YOMED KAL ALANDA NANOLIF UYGULAMALARI..... | 15 |
| 4. ARI VE SANCI AZALTMA ÖZELLİKLERİ OLAN NANOLIFLER | 21 |
| 5. MALZEME VE YÖNTEM | 24 |
| 5.1 Malzeme..... | 25 |
| 5.2 Yöntem..... | 26 |
| 5.2.1. PA6 Çözeltilerinin Hazırlanması | 26 |
| 5.2.2 Elektrolit Çekim Yöntemi: Hazırlık ve Üretim Aşamaları | 26 |
| 5.2.3 Nanoliflerin Morfolojik Karakterizasyonu..... | 28 |
| 5.2.4 Nanolifli Yüzeylerin Kalınlık, Gramaj, Gözeneklilik ve Yüzey Alan Analizleri..... | 29 |
| 5.2.5 FTIR (Fourier Transform Infrared Spektrofotometresi) Analizi..... | 30 |
| 5.2.6 Salım Testleri | 30 |
| 5.2.7 UV Görünür Bölge Spektrofotometresi Analizi..... | 31 |
| 5.2.8 HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) Analizi | 31 |
| 6. BULGULAR VE TARTIŞMA..... | 33 |
| 6.1 Nanoliflerin Morfolojik Bulguları | 33 |
| 6.2 Nanoliflerin Kalınlık, Gramaj, Gözeneklilik ve Yüzey Alanı Bulguları | 37 |
| 6.3 FTIR Analizi Bulguları | 38 |
| 6.4 UV-Görünür Bölge Analizi Bulguları | 45 |
| 6.5 HPLC Analizi Bulguları | 49 |
| 7. SONUÇLAR..... | 55 |
| KAYNAKLAR..... | 57 |
| EKLER | 66 |

| | Sayfa |
|--|--------------|
| EK-1. <i>M.piperita</i> Özütü Kalibrasyon E risi..... | 66 |
| EK-2 <i>P.anisum</i> Özütü Kalibrasyon E risi..... | 67 |
| EK-3 <i>S.aromaticum</i> Ya 1 Kalibrasyon E risi..... | 68 |
| EK 4. <i>P.somniferum</i> Ya 1 Kalibrasyon E risi..... | 69 |
| ÖZGEÇM | 70 |



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge | Sayfa |
|---|-------|
| Çizelge 5. 1. <i>Pimpinella anisum</i> L. ve <i>Mentha piperita</i> L.Özütlerinin Özellikleri | 25 |
| Çizelge 5. 2. Üretilen nanolifli yüzeyler ve kodları | 28 |
| Çizelge 6. 1. Nanoliflerin tanımlayıcı istatistikleri..... | 37 |
| Çizelge 6. 2. Saf PA6 nanoliflerinin civa porozimetresi analiz sonuçları | 38 |
| Çizelge 6. 3. BET yüzey alan analizi sonuçları | 38 |
| Çizelge 6. 4. PA6 nanoliflerinin FTIR spektrumu pikleri ve fonksiyonel gruplar | 39 |
| Çizelge 6. 5. M, A, C ve O kodlu örneklerde görülen pikler ve fonksiyonel gruplar | 45 |
| Çizelge 6. 6. MSPA6-40 örneğindeki bileşenlerin tutulma zamanları | 51 |
| Çizelge 6. 7. <i>P.anisum</i> özütünün HPLC analizi | 52 |
| Çizelge 6. 8. <i>S.aromaticum</i> yağı HPLC analizi | 53 |

EKLERİN İÇERİĞİ

| Ekil | Sayfa |
|---|-------|
| ekil 2. 1. Bikomponent liflerin kesit şekilleri..... | 5 |
| ekil 2. 2. Nanoliflerin uygulama alanları..... | 11 |
| ekil 4. 1. Rosmarinik asit kimyasal formülü | 22 |
| ekil 4. 2. Transanetol kimyasal formülü..... | 22 |
| ekil 4. 3. Öjenol kimyasal formülü..... | 23 |
| ekil 4. 4. Morfin kimyasal formülü | 23 |
| ekil 5. 1. Çalı manın deneysel prosedürü..... | 24 |
| ekil 6. 1. Saf PA6 nanoliflerinin çap dağılımları..... | 33 |
| ekil 6. 2. <i>Mentha piperita</i> özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin çap dağılımları | 34 |
| ekil 6. 3. <i>Pimpinella anisum</i> özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin çap dağılımları | 35 |
| ekil 6. 4. <i>Syzygium aromaticum</i> yağı yüklenmiş PA6 nanoliflerinin çap dağılımları | 36 |
| ekil 6. 5. Saf PA6 nanoliflerinin FTIR spektrumu | 39 |
| ekil 6. 6. <i>Mentha piperita</i> özütünün FTIR spektrumu..... | 40 |
| ekil 6. 7. <i>Pimpinella anisum</i> özütünün FTIR spektrumu | 41 |
| ekil 6. 8. <i>Syzygium aromaticum</i> yağının FTIR spektrumu | 41 |
| ekil 6. 9. <i>Papaver somniferum</i> yağının FTIR spektrumu..... | 42 |
| ekil 6. 10. MLPA6, MSPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektralları | 43 |
| ekil 6. 11. ALPA6, ASPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektralları..... | 43 |
| ekil 6. 12. CLPA6, CSPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektralları | 44 |
| ekil 6. 13. OSPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektralları | 44 |
| ekil 6. 14. Lif çekim çözeltisine <i>Mentha piperita</i> özütü yüklenmiş PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafiği..... | 46 |
| ekil 6. 15. <i>Mentha piperita</i> özütü emdirilmiş PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafiği | 46 |

ekil**Sayfa**

| | |
|---|----|
| ekil 6. 16. Lif çekim çözeltisine <i>Pimpinella anisum</i> özütü yüklenmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i..... | 47 |
| ekil 6. 17. <i>Pimpinella anisum</i> özütü emdirilmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i... | 47 |
| ekil 6. 18. Lif çekim çözeltisine <i>Syzygium aromaticum</i> ya 1 yüklenmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i..... | 48 |
| ekil 6. 19. <i>Syzygium aromaticum</i> ya 1 emdirilmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i | 48 |
| ekil 6. 20. <i>Papaver somniferum</i> ya 1 emdirilmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i . | 49 |
| ekil 6. 21. zotonik çözeltinin HPLC grafi i..... | 49 |
| ekil 6. 22. MLPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri..... | 50 |
| ekil 6. 23. MSPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri..... | 50 |
| ekil 6. 24. ALPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri | 51 |
| ekil 6. 25. ASPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri | 51 |
| ekil 6. 26. CLPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri | 52 |
| ekil 6. 27. CSP A6 örneklerine ait HPLC grafikleri..... | 52 |
| ekil 6. 28. OSP A6 örneklerine ait HPLC grafikleri | 53 |

RESİMLERİN LİSTESİ

| Resim | Sayfa |
|---|-------|
| Resim 2. 1. Elektrolif çekim düzeneği | 10 |
| Resim 5. 1. (a) saf PA6 çözeltisinin, (b) <i>Pimpinella anisum</i> L. özütü ilave edilmiş PA6 çözeltisinin (c) <i>Mentha piperita</i> L. özütü ilave edilmiş PA6 çözeltisinin hazırlanması..... | 26 |
| Resim 5. 2. Çözeltilerin uçlarının kesilerek elektrolif çekim işlemi için hazırlanması | 27 |
| Resim 5. 3. Uşak Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda bulunan elektrolif çekim düzeneği | 27 |
| Resim 5. 4. (a) Nanolifli yüzey örneklerinin SEM analizi için numune tutuculara yerleştirilmesi (b) kullanılan altın kaplama ünitesi (c) kullanılan SEM cihazı | 29 |
| Resim 5. 5. Salım testlerine ait görüntü..... | 31 |
| Resim 5. 6. Uşak Üniversitesi Bilimsel Analiz ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (UBATAM) bulunan HPLC cihazı | 32 |
| Resim 6. 1. Saf PA6 nanoliflerinin SEM görüntüsü | 33 |
| Resim 6. 2. Lif çekim çözeltisine <i>Mentha piperita</i> özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin SEM görüntüsü | 34 |
| Resim 6. 3. Lif çekim çözeltisine <i>Pimpinella anisum</i> özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin SEM görüntüsü | 35 |
| Resim 6. 4. Lif çekim çözeltisine <i>Syzygium aromaticum</i> yağı yüklenmiş PA6 nanoliflerinin SEM görüntüleri | 36 |
| Resim 6. 5. Lif çekim çözeltisine <i>Papaver somniferum</i> yağı yüklenmiş PA6 nanoliflerinin SEM görüntüleri | 36 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılan bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler | Açıklama |
|--------------------|---|
| μ | Mikro- |
| Kısaltmalar | Açıklama |
| PA6 | Poliamid 6 |
| FA | Formik Asit |
| HPLC | Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi |
| SEM | Taramalı Elektron Mikroskobu |
| UV | Ultraviyole |
| FTIR | Fourier Transform Infrared Spektrofotometresi |

1. G R

Nano kelimesi önüne geldi i birimin milyarda biri anlamına gelmektedir. Boyutlarından bir tanesi 1 ile 100 nm arasında olan malzemeler nanomalzemeler olarak adlandırılmaktadır. Nanomalzemelerin sahip oldukları üstün özellikleri sayesinde inaat, tekstil, tıp gibi alanlarda kullanımı mümkün olmaktadır. Bu alanlarda ürün elde etmek için genel olarak 1 boyutlu nanomalzemeler olan; nanolifler, nanoçubuklar ve nanoteller kullanılmaktadır. Nanoliflerin sahip oldukları geniş yüzey alanları, küçük gözenekli yapıları ve küçük boyutlu olmaları gibi özellikleri sayesinde birçok alanda kullanımı tercih edilmektedir.

Nanolifler çok çeşitli polimer çözeltilerinden ve polimer eriyik halinden farklı üretim yöntemleri ile elde edilebilirler. Nanolifler; elektrolif çekim yöntemi, meltblowing, bikomponent üretim ve faz ayrımı gibi yöntemler ile üretilebilirler. En çok tercih edilen üretim yöntemi; kolay ve maliyeti düşük olan elektrolif çekim yöntemidir.

Nanoteknoloji biliminin kullanıldığı en önemli alanüphesiz tıp alanıdır. İnsan sağlığını yakından ilgilendiren bulular, insan ömrünü daha uzun ve kaliteli geçirmesini sağlayacak çalışmalar nanoteknoloji bilimini tıp alanında çok değerli kılmaktadır. Günümüzde nanoteknoloji tıp alanında; ilaç sektöründe, gen uygulamalarında, kanser tedavisinde, di bakımında, ortopedi uygulamalarında ve moleküler tanılarda kullanılmaktadır. Nanolifli yüzeylerin de tıp alanında oldukça önemli bir yeri vardır

Bu çalışmada ağrı ve sancı azaltma özelliğine sahip bitkisel ürünlerden faydalanarak nanolifli yüzeylerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Vücuda alınan herhangi bir darbe sonucunda oluşan, hastalıklı ya da incinmiş bir dokunun oluturdu u, tedavi sırasında oluşan ağrı ve sancıların cilt üzerinden yapılacak olan bir uygulama ile giderilmesi mümkündür. Gözenekli bir yapıda olan cildimiz, ağrı ya da sancı azaltacak olan ajanı cilt yüzeyinden alt cilt dokularına ve kaslara iletebilme kabiliyetine sahiptir. Cilt yüzeyinden uygulanan merhem, krem, jel, sprey vb.'nin temel etki mekanizması da buna dayanmaktadır. Bu çalışmada dokuları rahatlatma etkisine sahip bitkisel yağlar ve özütlerden faydalanılarak ağrı ve sancı azaltma etkisine sahip nanolifli yüzeyler elektrolif çekim yöntemi ile elde edilmiştir. Hali hazırda uyuşturucu, lokal anesteziye sahip spreyler mevcut iken, bahsi geçen bu bitkisel aktif ajanların nanolifli yüzeylerle birleştirildi i herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Poliamid 6 polimerinin nanolifli yüzey oluşturmada tercih edilmesinin nedeni maliyetinin düşük olması ve bu polimer ile kolay elektrolif çekilebilir olmasıdır. Yapılan literatür çalışmaları sonucunda nane, anason,

karanfil ve ha ha bitkilerinin etkili a rı ve sancı azaltıcı özelli e sahip oldukları görülmü ve a rı ve sancı azaltıcı bitkisel ajanlar olarak kullanımlarına karar verilmi tir. Kullanılan malzemeler ve seçilen yöntem ile cilde ve dokulara yan etkisi bulunmayan, a rı ve sancıyı azaltarak rahatlama etkisi yaratan nanolifli yüzeyler elde edilebilmi tir.



2. NANOL FLER

ncelikleri nanometre boyutlarında olan lifler nanolif olarak adlandırılmaktadırlar. Daha ince lifler üretmek amacıyla yapılan çalı malar sonucunda mikro ve nano incelikte lifler geli tirilmi tir [Cireli ve ark., 2006]. Ancak nanoliflerin boyutları ile ilgili net bir tanım yapılamamaktadır. Bunun nedeni belirtilen nanolif çaplarının bazı kaynaklar arasında farklılıklar göstermesidir. Örne in; bazı kaynaklarda çapı 0,5 mikron ve altında olan lifler nanolif olarak tanımlanırken, bir ba ka kaynak çapı 0,3 mikron ve altında olan lifleri nanolif olarak tanımlanmaktadır [Cireli ve ark., 2006; Do an, 2012]. Ba ka bir kaynakta ise çapı 1 mikron ve altında olan lifler nanolif olarak tanımlanmaktadır [Süpüren ve ark., 2007].

2.1 Nanoliflerin Özellikleri:

Nanoteknoloji biliminin yaygınla masıyla birlikte ara tırmacılar nano boyutta malzemelerin üstün özelliklerini incelemeye daha fazla ilgi göstermi lerdir. Elektrolif çekim yöntemi ile çok çe itli polimerlerden elde edilen nanolifler farklı alanlarda kullanılmaya elveri li oldu undan elektrolif çekim yöntemi nanolif eldesinde en çok tercih edilen yöntemdir. Günümüze kadar yapılan çalı malarda 200'ün üzerinde polimer çe idinden nanolifler elde edilmi tir [Bhardwaj and Kundu, 2010]. Nanolifler geni yüzey alanı, yüksek gözeneklilik, boyutlarının küçük olması ve hafif olması gibi temel özelliklere sahiptirler.

• **Boyutlarının küçük olması:** Nanoliflerin boyutlarının çok küçük olması sebebiyle sahip oldukları mekanik ve fiziksel özellikleri, çok dar ve küçük alanlarda kullanımına olanak sa lar [Evcin, 2007].

• **Geni yüzey alanı:** Nanoliflerin küçük çaplarından dolayı sahip oldukları geni yüzey alanları nanoliflerin çok çe itli uygulamalarda kullanımına olanak sa lar [Sarac, 2016]. Ayrıca, nanolifli yüzeylerin fonksiyonel gruplara ve çe itli nanopartiküllere ba lanma seviyesini artırır [Süpüren ve ark., 2007].

• **Yüksek gözeneklilik ve küçük gözenek çapları:** Nanolifler yüksek gözeneklili i sayesinde hava geçirgenli ini sa larlar. Gözenek çaplarının küçük olması ise; nanoliflerin biyomedikal alanda kullanımalarında yabancı madde geçi ini önleyerek enfeksiyon olu umunu önlemeye yardımcı olur [Mutlu, 2014].

• **Hafif olması:** Nanoliflerin hafif olması maliyetlerinin dü ük olmasını sa lar. Ayrıca, nanoliflerin uzay, askeri ve savunma alanlarında kullanımlarında avantaj sa lar [Do an, 2012].

2.2 Nanoliflerin Üretim Yöntemleri

Polimerik nanoliflerin üretimi bazı yöntemler ile gerçekleştirilebilir [Ramakrishna et al., 2005]. Bu yöntemler u ekildedir.

2.2.1 Faz Ayrımı

Fiziksel uyumsuzlukları bulunan iki fazın termodinamik yöntemle birbirinden ayrılmasına dayanan üretim yöntemidir. Bu yöntem be adımda gerçekleştirilir. Öncelikle polimer uygun çözücü kullanılarak çözülür. Bu çözelti buzdolabında bekletilerek jel oluşumu sa lanır. Su yardımı ile çözücü jelden uzaklaştırılır. Elde edilen jel, filtre ka ıdı üzerine konularak buzdolabında bir süre bekletilir. Donan jel kurutma cihazı yardımıyla bir süre kurutulur.

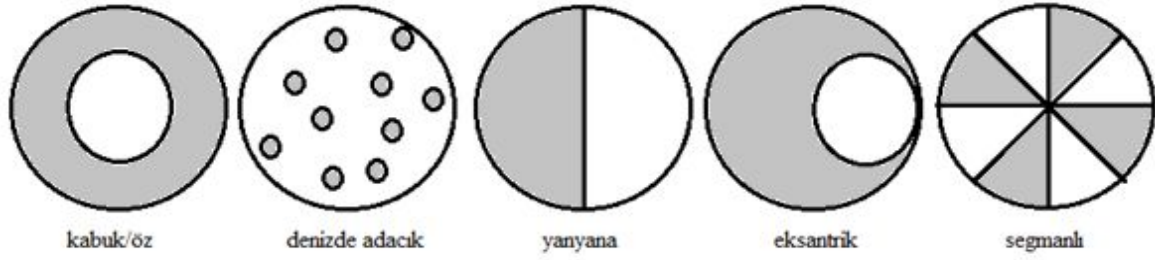
Bu yöntem, karışık olması ve lif çapı kontrolünün sa lanamaması nedeniyle çok tercih edilen bir yöntem de ildir [Esfandarani et al., 2010]. Polimerin cinsi, çözücünün türü, faz ayırma sıcaklığı gibi özellikler bu üretim yönteminde dikkate alınmalıdır [Mutlu, 2014].

2.2.2 Meltblowing

Fazla miktarlarda lif üretiminin gerçekleştirilebildi i bu yöntemde; polimer, eritilip filtrasyon adımıyla geçtikten sonra bir pompa yardımı ile lif çekim ba lı na gelmektedir. Düze ba lı ndan fı kıtılan bu erimi polimer düze a zında yüksek hızdaki sıcak havaya maruz kalmaktadır. Bir sonraki a amada polimere so uk hava uygulanır [Evcin, 2017]. So uk havanın etkisiyle polimer incelik ve toplayıcı bant üzerine dü er. Bu ekilde nanolif elde edilir. Bu yöntemde farklı çe itlerde polimerlerin kullanımı mümkündür. Bu yöntem ile üretilen liflerin çaplarının sınır de eri 1 mikrondur ve mukavemetleri dü üktür [Demir ve Oruç, 2004; Süpüren ve ark., 2007].

2.2.3 Bikomponent Üretim

Aynı lifi oluşturacak olan birbirinden farklı iki polimer aynı düze deli inden geçerek bikomponent lifi oluştururlar. Bu lifler kesit ekillerine göre; yan-yana, kabuk/öz, denizde adacık, dı merkezli, dilim pasta bikomponent lifler olarak adlandırılırlar [Kozano lu, 2006].



ekil 2. 1. Bikomponent liflerin kesit şekilleri [Fitzgerald, 1967'den düzenlenmiştir]

2.2.4 Kendili inden Düzenlenme

Bu yöntemde küçük moleküller kendi aralarında bir başlı olarak dizilirler. Daha sonra bu moleküller büyük oranlarda birleşerek nanolifleri oluştururlar. Moleküller seviyede gerçekleşen bu üretim sonucu elde edilen nanolifler küçük çaplıdır. Bu yöntemin ucuz ve basit olması gibi avantajları olduğu gibi, sürekli lif eldesinin zor olması, uzun süren ve karışık bir yöntem olması gibi dezavantajları da bulunmaktadır [Evcin, 2017].

2.2.5 Çekim Prosesi

Bu yöntemde düz bir yüzey üzerinde bulunan sıvıya mikropipet daldırılmaktadır. Mikropipet ucu ile yüzeydeki damlacık temas ettikten sonra bir mikromanipülatör yardımı ile mikropipet geri çekilmektedir. Bu geri çekilme sonucunda nanolif elde edilmektedir [Ramakrishna et al., 2005].

Bu teknik ile tek ve uzun nanolifler elde edilebilir [Enol ve ark., 2005]. Üretimin çıktısının düşük olması bu yöntemin endüstriyel alanda kullanılmasına engel olmaktadır [Hatiboğlu, 2006].

2.2.6 Ablon Sentezi

Bu yöntemde nano gözenekli, metal oksit bir membran ablona olarak kullanılmaktadır [Ramakrishna et al., 2005]. Membran kalınlığı genel olarak 5-50 µm'dir. Sıvı polimerin üzerinde olan suyun basıncının etkisi ile polimer membranın gözeneklerinden geçmektedir. Gözeneklerden çıkan polimer katılaşıcı bir sıvı ile temas eder ve böylece nanolifler elde edilmektedir. Elde edilen nanoliflerin çapları membranın gözeneklerinin boyutları ile belirlenmektedir [Mutlu, 2014].

2.2.7 Elektrolif Çekim Yöntemi

Polimer esaslı nanoliflerin üretiminde kullanılan en yaygın yöntem elektrolif çekim yöntemidir. Elektrolif çekim yönteminin tarihi 1600' lü yıllara dayanmaktadır. Bu kavram 17. yy' da İngiliz fizikçi ve Kraliçe Elizabeth I' in doktoru olan William Gilbert tarafından ortaya çıkmıştır [Tucker et al., 2012]. Gilbert, elektrik yüklü bir ıngına i nesini bir damla suya yakla tırmıştır ve damlanın elektrik etkisi ile çekilerek koni ekinde olmasını ve küçük damlaların koninin ucundan fırlatıldığını gözlemlemiştir.

Elektriksel yüke sahip damlacıkların elektrolif çekimi sırasında gösterdiği düzensizlikler için gerekli olan yük miktarı 1885 yılında Lord Rayleigh tarafından tanımlanmıştır. 1902 ve 1903 yıllarında Cooley ve Moore elektrik yüklerini kullanarak sıvıların püskürtülmesini sağlayan aparatı açıkladılar. 1934 yılında elektrolif çekim yöntemi ile nanolif üretimi için deney düzenini ortaya koyan ilk patent Anton Formhals tarafından alınmıştır. Bu sistemde selüloz asetat kullanılarak gerçekleştirilen elektrolif çekimi ile polimerik lifler elde edilmiştir [El-Newehy et al., 2011].

1960' lı yıllarda Geoffrey Taylor elektrolif çekiminin teorik temelini oluşturmuştur. Taylor bir elektrik alanının etkisi altında olan sıvı damlacıklarının oluşturduğu koninin ekinin matematiksel olarak modelleyerek elektrolif çekimine katkıda bulunmuştur. Düze ucunda oluşan sıvı damlacıklarının önce yarı küresel bir halde olduğunu, artan elektrik alan ile birlikte damlanın konik bir ekin aldığı ve sonrasında jetlerin bu koninin tepesinden çıktığını gözlemlemiştir [Düzyer, 2014]. Bu karakteristik damlacık ekinin Taylor Konisi olarak bilinmektedir.

Polimer esaslı nanolif üretiminde kullanılan en etkili üretim yöntemi elektrolif çekim yöntemidir. Elektrolif çekim birçok mühendislik disiplinini içinde barındıran disiplinler bir yöntemdir [Kozano lu,2006]. Elektrik alan etkisiyle özel olarak hazırlanmış bir eriyikten polimerin çekilmesiyle gerçekleştirilen yöntemdir. Eriyebilen veya çözünebilen her polimere bu yöntem uygulanabilir [Subbiah et al., 2005]. Böylelikle farklı özelliklere ve ekillere sahip lifler üretilmesi mümkündür. Kolay ve ekonomik olan elektrolif çekim yönteminde dikkat edilmesi gereken pek çok parametre mevcuttur [Düzyer, 2014].

2.3 Elektrolif Çekimini Etkileyen Parametreler

Elektrolif çekim yöntemi kolay ve ucuz bir yöntem olmasına rağmen, bu yöntem uygulanırken dikkat edilmesi gereken birçok parametre vardır [Düzyer, 2014].

2.3.1 Proses Parametreleri:

- **ırınğa ile toplayıcı arasında bulunan mesafe:** ırınğa ile toplayıcı arasında bulunan mesafe elektrolif çekim yönteminde; elektrik alan gücünü, jetin oluşması mesafeyi ve düzgün lif oluşumunu belirlemektedir [Kozano lu, 2006]. Lif oluşumu, lifin katılma mesafesi ve lifin toplayıcı üzerinde toplanması bu mesafede gerçekleşir. Aradaki mesafenin artmasıyla jetin izleyeceği yol uzar, çözücü buharları böylelikle lifler daha ince ve kuru bir şekilde toplayıcı üzerinde toplanır. Mesafenin kısılmasıyla jet hızlanır, mesafe kısaldığından çözücü buharları fazla bu yüzden plaka üzerinde ıslak ve birbirine yapışan nanolif yapıları görülebilir [Beypazar, 2013].

- **Toplayıcının ekli:** Elektrolif çekim yönteminde elde edilen nanolifler metal, yarı iletken ve yalıtkan toplayıcılar üzerine toplanabilirler [Kozano lu, 2006]. Kullanılan toplayıcıların ekilerine göre farklı yapılarda nanolif yüzeyleri elde edilebilir. Elektrolif çekiminde genellikle iletken bir materyal tercih edilir. Metal düz plaka üzerine kaplanan alüminyum folyo sıkça tercih edilen materyallerden biridir [Do an, 2012].

- **İnenin çapı:** Elektrolif çekim yönteminde kullanılan inenin çapı ile elde edilecek liflerin çapları kontrol edilebilir. Küçük çaplı inen kullanılarak daha geniş çaplı lifler üretilmediği belirtildiği gibi [Macossay et al., 2007], aksine ince çaplı inen kullanılarak daha küçük çaplı lifler üretilmediğini de belirten çalışmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda inen çapı ile lif çapı arasında korelasyon bulunmadığı belirtilmiştir [Üstün, 2011].

- **Polimerin akı hızı:** Düzgün yapıda nanolif elde etmek için; uygulanan voltaja uygun olacak şekilde akı hızı ayarlanmalıdır [Moghe, 2008]. Akı hızı arttığında inenin ucundan çekilen çözelti miktarı artar ve bunun sonucunda lif çapı ve boncuklu yapı oluşumunda artış gözlemlenir [Ramakrishna et al., 2005]. Akı hızı; inen ucundan toplayıcıya ulaşana kadar çözücünün buharlaşmasını sağlayacak olan en düşük seviyedir. Çözücü buharları fazla takdirde lifler toplayıcı üzerine ıslak bir şekilde toplanır ve birbirine yapışırlar. Bu sebeple düşük akı hızı, buharlaşma için yeterli süreyi sağlayacağından tercih edilen bir durumdur [Üstün, 2011].

• **Voltaj:** Lif olu umunu sa layan elektromanyetik kuvvetin iddetini elektrolif çekiminde uygulanan voltaj belirler. Uygulanan voltaj ve meydana gelen elektrik alan, jetin hızlanmasına ve gerilmesine etki etti i için olu an lifin yapısını da etkiler. Voltaj yükseltildi inde jet içindeki Coulomb kuvvetleri artar ve daha güçlü elektromanyetik alan elde edilir. Bunun sonucunda çözelti daha fazla gerilir, bu durum çözücünün daha hızlı buharla ıp kuru lifler elde edilmesine ve lif çaplarının dü ük olmasına neden olur [Beypazar, 2013].

2.3.2 Çözelti Parametreleri:

• **Polimerin moleküler a ırlı ı:** Moleküler a ırlık çözeltinin viskozitesini direkt olarak etkiler [Gümü , 2009]. Elektrolif çekim yönteminde çözelti yeterli moleküler a ırlı a ve viskoziteye sahip olmalıdır. Moleküler a ırlık arttıkça viskozite de artar. ne ucundan çıkan polimer çözeltisinin toplayıcı plaka üzerine jetin da ılmadan ulaşmasını sa layan; molekül zincirlerinin birbirine dolanmasıdır. Polimerin zincir uzunlu u polimerin moleküler a ırlı ını gösterir [Üstün, 2011].

• **Konsantrasyon:** Çözeltinin konsantrasyonu elektrolif çekim yönteminde önemli bir rol oynar. Çözelti konsantrasyonu dü ük oldu u zaman sürekli yapıda lifler elde edilemez ve boncuklu yapılar meydana gelir. Çözelti konsantrasyonu çok yüksek oldu unda ise nanolif olu umu gerçekleştirmez [Li and Wang, 2013]. Konsantrasyon arttıkça viskozite de artar. Konsantrasyon ve viskozite optimum de erde oldu unda; polimer zincirleri arasındaki moleküler temas artar. Bu iç kuvvetler, jetlerin parçalanmasını ve boncuklu yapı olu umunu önler ve jeti uzatarak liflerin incelmesini sa larlar. Konsantrasyon arttıkça lif çapı da artar [Gümü , 2009].

• **Viskozite:** Çözelti viskozitesi; lifin yapısını, lif çapını ve uzunlu unu belirlemede oldukça etkilidir. Çok dü ük viskoziteye sahip çözeltilerden sürekli ve pürüzsüz lifler elde edilemez. Çok yüksek viskozite de erinde ise çözeltilerden jet çıkı ı zor olur [Li and Wang, 2013]. Uygun viskozite de eri; i ne ucundan çıkan polimerin toplayıcı üzerine yapısal bütünlü ünü bozmadan ulaşmasını sa lar [Heikkilä, 2008]. Bu nedenle elektrolif çekim yönteminde çözelti viskozite de eri optimum de erde olmalıdır.

• **Çözücülerin uçuculu u:** Çözücülerin uçuculu u düzgün yapıda nanolifler elde edilmesinde önemli bir faktördür. Çözücü, lif yapısının bozulmayaca ı kadar kısa, nanometre boyutlarına ulaşmadan önce katıla mamasını sa layacak kadar uzun sürede buharla malıdır

[Ndreu, 2007]. Buharla manın yeterli derece sa lanmaması durumunda lifler ıslak bir ekilde toplayıcı üzerine ula ır bunun sonucunda lifler birbirine yapı arak erit benzeri lifler olu abilir [Koombohngse et al., 2001]. Çözücünün kaynama noktası, buhar basıncı, buharla ma sıcaklı ı gibi özellikler buharla ma hızına etki eder [Ramakrishna et al., 2005].

2.3.3 Ortam Parametreleri:

- **Sıcaklık:** Ortam sıcaklı ının dü ük olması durumunda çözeltilinin buharla ma oranı da dü er. Bu durum sonucunda toplayıcıda toplanan polimer jeti tamamen katıla amaz ve lif çapında artı meydana gelir. Ortam sıcaklı ının yüksek olması durumunda katıla ma oranı artar ve jetin uzaması için gerekli süre sa lanamadı ından dolayı lif çapında artı meydana gelir. Çözücünün buharla arak daha ince lifler üretebilmesi için ortam sıcaklı ı optimum de erde olmalıdır [Gümü , 2009].

- **Nem:** Ortam nemi elektrolif çekimi sırasında polimer çözeltilisinin özelliklerini de i tirebilir. Yüksek nem oranında lif yüzeyinde sıvı yo unlaşması olu abilir. Bu durum uçucu çözücülerle hazırlanan çözeltilerde lif yapısını etkileyebilir. Yapılan deneylerde %50' nin altındaki nemde pürüzsüz yapıda lifler elde edilirken, nem miktarı arttıkça liflerde gözenekler artar [Gümü , 2009].

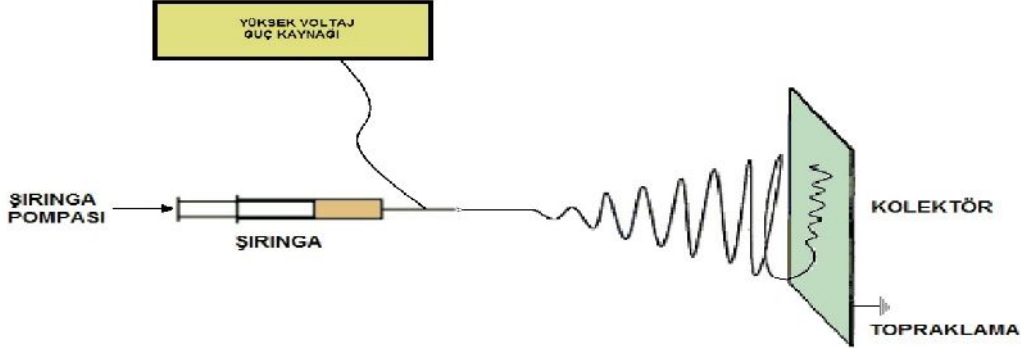
- **Basınç:** Elektrolif çekim yapılan ortamdaki basıncın lif çekimine olumsuz etki gösterdi i gözlemlenmi tir. Elektrolif çekim yöntemi atmosfer basıncından daha küçük bir basınç altında gerçekleştirilirse, ırındaki çözeltilinin dı arı çıkma e ilimi artar [Ramakrishna et al., 2005]

2.4 Elektrolif Çekim Yönteminde Kullanılan Ekipmanlar

- **Besleme Ünitesi (ırınğa, metal i ne):** Besleme ünitesi elektronik ve hızı ayarlanabilir bir ırınğa pompası, pompaya yerle tirilen bir cam ya da plastik ırınğa ve ırınğa ucuna takılan bir i neden olu maktadır.

- **Toplayıcı (iletken plaka, döner silindir):** Elektrolif çekim yönteminde lifler düz plaka, döner silindir, ızgaralar ve çerçeveler üzerinde toplanabilirler. En çok tercih edilen ta ıyıcı ekli; alüminyum folyo ile kaplanan düz plakalardır.

• **Yüksek voltaj güç kaynağı:** İne ucunda bulunan polimer damlası yüksek voltaj güç kaynağından İne ucuna verilen voltajın etkisiyle; önce Taylor Konisi şeklini alır daha sonra jet halini alarak lif oluşumu gerçekleştirir.



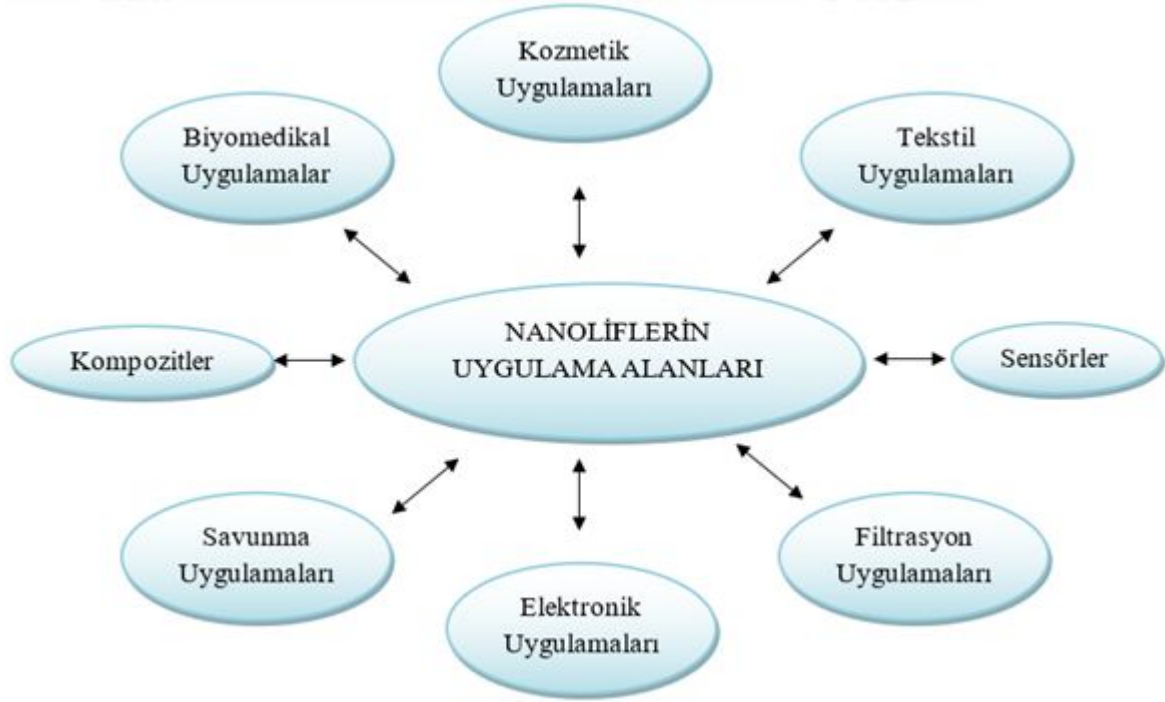
Resim 2. 1. Elektrolif çekim düzeni

Elektrolif çekiminde kullanılacak olan polimer ve çözücüsü oda sıcaklığında karıştırılarak homojen bir çözelti elde edilir. Elde edilen bu çözelti ıringa içine enjekte edilir. ıringa pompası yardımıyla polimer çözeltisi ıringadan metal İne ucuna sabit bir hızla aktarılır.

İnenin ucunda damlacık belirdiğinde yüksek voltaj güç kaynağı açılır ve elektrik akımı balar. İne ucunda oluşan polimer damlacığı elektrik alan etkisi ile Taylor Konisi şeklini alır. Tüm kuvvetlerin birbirini dengelemesi sonucu jet oluşur. Elektriklenmiş olan jet hızlıca uzayarak ince ve uzun iplikli bir yapı oluşur. Bu jetin devamlı olarak uzaması sonucu lif çapı nanometre seviyesine düşer, böylelikle sürekli lifler elde edilir [Evyin, 2017].

2.5 Nanoliflerin Uygulama Alanları

Çeşitli üretim yöntemlerine sahip olan nanolifler, çeşitli polimerler kullanılarak üretiltikleri için uygulama alanları da oldukça geniştir. Nanoliflerin sahip oldukları fiziksel özellikler, birçok alanda yeni ürünler üretilmesine olanak sağlamaktadır [Doğan, 2012]. Nanoliflerin uygulama alanları Şekil 2.2’de gösterilmektedir.



ekil 2. 2. Nanoliflerin uygulama alanları

Sensör uygulamalarında nanoliflerin kullanım avantajlarını açıklayan çalışmalar mevcuttur [Ding et al., 2009; Lala et al., 2009]. Bu çalışmalarda, polielektrolitlerden iletken polimer kompozitlere, yarı iletken metal oksitlerden geleneksel polimerlere kadar çok çeşitli malzemelerden yararlanılarak üretilen nanoliflerin sahip oldukları geniş yüzey alanları sayesinde ultra hassas ve çok hızlı cevap verebilen gaz sensör bileşenlerinin üretimlerinden bahsedilmektedir. Yine polimerlerden elde edilen nanoliflerin kompozit uygulamalarında kullanımlarının getirdiği avantajları gözler önüne seren çok sayıda çalışma bulunmaktadır [Zhang et al., 2018; Akangah et al., 2010; Kim and Reneker, 1999]. Epoksi/karbon fiber kompozit tabakaları arasına yerleştirilen Nylon 66 nanoliflerinin kompozitin darbe dayanımını %60 oranında arttırdığı belirtilmektedir [Akanah et al., 2010]. Bu artışın sebebi; liflerin üzerlerindeki balanma yaparak dayanımı artırabilecek olan fonksiyonel bölgelerin, oldukça ince boyutlara getirilen nanoliflerde yüzeye çıkması ile açıklanabilir. Kozmetik uygulamalarda nanoliflerin kullanımı son yıllarda araştırmacıların oldukça dikkatini çekmektedir. Cilt ya da hasarlı deri dokusu ile mükemmel etkileşim sergileme kapasitesine sahip nanolifli kozmetik ürünlerin, artırılmış aktif ajan yükleme kapasiteleri, yükseltilmiş emme kabiliyetleri gibi özellikleri, nanolifli kozmetik ürünleri iyileştirici, cilt yanık ve yarası tedavi edici, yüz maskesi, bakım ve yenileme ürünleri gibi ürünlerin üretimlerinde vazgeçilmez kılmaktadır [Yılmaz et al., 2016]. Yarı iletkenlerden pek çok nanolif üretim yöntemine göre nanolifler elde edilebildiği için, elektronik uygulamalarda nanoliflerin

kullanımı da son yıllarda ara tırmacıların dikkatini çekmi tir. Oldukça hafif, ta mabilir anten teknolojilerinde nanoliflerin kullanımı henüz yeni bir teknoloji olmasına ra men birkaç mm boydaki nanoliflerden tasarlanan antenlerin gerçekte tirilen simülasyonlarda iyi sonuçlar verdi i gözlemlenmi tir [Adhikari, 2009]. Lif denildi inde akla tekstil biliminin geldi i açıktır. Lif tekstil malzemelerinin hammaddesi olarak dü ünülebilir. Dolayısıyla tüm nanolifli malzemelerin üretim yöntemleri ve üretilen nanolifli yüzeyler ya da nanolifli iplikler, tekstil biliminin konu ve kapsamı içerisinde dir denilebilir. Nanoliflerin çe itli üretim tekniklerine göre iki boyutlu (2D) ekilde yüzey formu üretilirken [Havrlik and Sveshnikov, 2015], üretim yöntemlerinde birtakım modifikasyonların gerçekte tirilmesi ile bir boyutlu (1D) yapıların da üretimi [Tetik ve ark., 2017] mümkün olmaktadır. Termal konfor özellikleri iyile tirilmi [Akduman ve ark., 2018], mukavemetleri ve rijitlikleri arttırılmı [Ráková et al., 2014] tekstil yüzeylerinin eldesi çalı ılan konulardan bazılarıdır. Filtre uygulamalarında filtreyi olu turan yüzeyin sahip oldu u gözenek boyutu ve toplam gözeneklilik de eri çok büyük önem ta ımaktadır. Katı partikül filtrasyonu için kuru hava filtrelemede, sıvı ya da gaz filtrasyonu için akı kan filtrelemede bu parametreler önemle ara tırılmaktadır. Nanoliflerin sahip oldu u oldukça küçük çaplar gözeneklerin boyutlarını küçültürken, yapı içerisinde ki toplam gözeneklili in artı ı ile sonuçlanmaktadır [Bian et al., 2018]. Bunun yanı sıra fonksiyonellik kazandırılmı filtre uygulamaları da dikkat çeken ba ka bir alandır [Ba al ve Do an, 2012]. Nanolifler savunma alanında da büyük önem ta ımaktadırlar. Nanolifler sahip oldukları küçük gözenekli yapılar sayesinde cildin nefes almasını sa larlar. Böylelikle askeri alanda tene yapı arak ikinci bir ten görevi görürler. Bu özellik askerler için iyi bir koruma sa lar [Özdo an ve ark., 2006].

Bu bölümde tez konusu ile ba lantılı olan nanoliflerin biyomedikal uygulamaları hakkında bilgiler verilmi tir.

2.5.1 Biyomedikal Uygulamalar

Biyomedikal uygulamalarda kullanılacak olan nanoliflerin biyobozunur ve biyoyumlu özellik gösteren polimerlerden üretilmesi gereklidir. Nanolifler biyomedikal alanda: doku iskeleleri, ilaç salım sistemi ve yara örtüsü olarak kullanılırlar [Al-Enizi et al., 2018].

Biyoyumluluk: Biyomedikal alanda kullanılan doku iskelesi, ilaç salım sistemi ve yara örtüsü olarak üretilen yapıların vücut içine veya yüzeyine yerle tirildi inde istenmeyen doku

tepkimelerine yol açmaması biyoyumlu özellik taşıdığını göstermektedir. [Gümü derelio lu ve ark., 2007].

Biyobozunurluk: Doku iskelelerinin vücut ortamında makromoleküler düzeyde parçalanması biyobozunur özellik taşıdığını göstermektedir. Parçalanırken zehirli ürünler oluşmaması ve biyoyumluluğunu kaybetmemesi biyobozunur malzemeden beklenen özelliklerdir [Gümü derelio lu ve ark., 2007].

2.5.2 Doku İskelesi Uygulamaları

Doku iskelesi üretiminde kullanılacak olan malzemeler biyobozunur, biyoyumlu ve doku ile uyumlu özelliklere sahip olmalıdır. Doku iskeleleri hastalıklardan ve yaralanmalardan zarar görmüş olan hücre dışı matrisi yeniden oluşturmak için kullanılmaktadır [Can ve Ersoy, 2014]. Doku iskeleleri kimyasal bileşim ve fiziksel yapı bakımından hücre dışı matrisi taklit edecek şekilde tasarlanırlar [Gümü derelio lu ve ark., 2007]. Tedavi edilen alanlara dokuların girmesini önlemekte ve dokuya geçici destek sağlamaktadır. Elektrolif çekim yöntemi; üretim parametreleri değiştirilerek farklı yapılarda nanolif toplulukları üretilmesini sağlar. Bu nedenle, doku iskelesi üretiminde en çok tercih edilen yöntemdir [Doğan ve Bal, 2009].

2.5.3 İlaç Salım Sistemi Uygulamaları

Ağız yoluyla alınan ilaçlar, insan vücudundaki hastalıklı hedef bölgeye ulaşana kadar sindirim organları yoluyla vücudun diğer bölgelerine yayılırlar. Bunun sonucunda hedef bölgeye ulaşan ilaç dozu ilk alınan dozdan daha düşük olur. Bu durum hastaların fazla miktarda ilaç almalarına ve yan etkilere neden olmaktadır [Al-Enizi et al., 2018].

Nanoliflerin içine ilaç veya benzeri maddeler eklenir ve böylelikle nanolifler ilaç taşıyıcı ve ilaç salım sistemi görevi görürler. Nanolifli ilaç salım sistemlerinde temel amaç; ilacı yalnızca hastalıklı hedef bölgeye, ihtiyacı olan minimum miktarda kontrollü olarak salmaktır. Oluşturulan bu sistemin yapısı, polimer/ilâç oranı değiştirilerek ilaç salım hızı üzerinde değişiklikler yapılabilir [Kim et al., 2004]. Nanoliflerin geniş yüzey alanına sahip olmaları ve ilaç veya benzeri maddelerin elektrolif çekim sırasında verilebilmesi ilaç salım sisteminde büyük avantaj sağlamaktadır. Elektrolif çekim işlemi gerçekleştirilmeden önce taşıyıcı polimerler ve ilaçlar karıştırılmaktadır. İlaç ve taşıyıcı polimerlerin arasındaki etkileşime bağlı olarak farklı yapılarda nanolifler elde edilebilmektedir. Farklı özelliklerdeki ilaç ve taşıyıcı polimer

kararımlarından tek bir kompozit nanolif üretilmesi daha fazla tercih edilen bir yöntemdir [Süpüren ve ark., 2007].

2.5.4 Yara Örtüsü Uygulamaları

Yara örtüleri biyomedikal alanda çalılıan önemli uygulamalardan biridir. Yara ve yanıkları iyileştirmek amacıyla elektrolif çekim yöntemi ile elde edilen nanolifler kullanılabilir [Süpüren ve ark., 2007]. Nanoliflerin sahip oldukları geniş yüzey alanları, hafif olmaları ve gözenekli yapıya sahip olmaları gibi özellikleri yara örtüsü olarak kullanımlarında avantaj sağlamaktadır. Nanolifler bu gözenekli yapılar sayesinde yaranın kurumasını ve yaradan akan sıvıyı emerek sıvı birikimini önler. Ayrıca hava iletimi sayesinde mikrop kapmayı önleyici özelliklere de sahiptir [Turanlı ve Acartürk, 2018]. Yara örtüsü olarak kullanılacak nanoliflerin üretimi; biyobozunur, biyouyumlu, antibakteriyel vb. özellikler taşıyan doğal ve sentetik polimerler ile gerçekleştirilmektedir [Moghanian and Grumezescu, 2014].

3. B YOMED KAL ALANDA NANOLIF UYGULAMALARI

Bhattarai ve arkadaşları PPDO/PLLA-b PEG polimerlerinden doku iskelesi olarak kullanılmak üzere nanolifler üretmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda elde ettikleri bu nanolifli yapıların hücre çoğalmasını desteklediğini ve doku onarımında rahatlıkla kullanılabilirliğini belirtmişlerdir [Bhattarai et al., 2004].

Katti ve arkadaşları, elektroliz çekim yöntemi ile ürettikleri PLAGA nanoliflerine geniş spektrumlu antibiyotik olan sefazolin yükleyerek yara iyileştirici nanolifler elde etmişlerdir. PLAGA nanoliflerinin yara iyileşmesinde antibiyotik dağıtım sistemi olarak kullanılabilirliğini belirtmişlerdir [Katti et al., 2004].

Khil ve arkadaşları, elektroliz çekim yöntemi ile ürettikleri PCL nanoliflerini döner silindir üzerine sarmak ve filament haline getirmişlerdir. Elde ettikleri nanolif filamentten en kolay ve en yaygın olan düz örgü kumaş hazırlamışlardır. Doku iskelesi olarak kullanılan bu kumaşın, kültür ortamında yapılan testlerinde hücre çoğalması gösterdiğini gözlemlemişlerdir [Khil et al., 2005].

Yang ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, PLLA nano/mikro doku iskeleleri üretmişlerdir. Sinir dokularının onarımında kullanılmak üzere üretilen bu doku iskeleleri, rastgele ve düzenli şekilde hizalanmış nanolif topluluklarından meydana gelmiştir. Fare kök hücrelerini kullanarak gerçekleştirdikleri testlerde; hücre gelişiminin doku iskelesinin rastgele hizalanması ve düzenlenmesinden etkilenmediğini, hücre uzamasının ise yönlü nanoliflerde yönelme boyunca gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir. Ayrıca nanoliflerde oluşan hücre gelişim hızının mikroliflere kıyasla daha çok olduğunu belirtmişlerdir [Yang et al., 2005].

Duan ve arkadaşları, PCL antibakteriyel nanoliflerini yara örtüsü olarak kullanmak için PCL çözeltisine az miktarda gümüş yüklü zirkonyum fosfat nanopartikülleri ekleyerek elektroliz çekim yöntemiyle üretmişlerdir. Yapılan antibakteriyel testlerinde nanoAgZ'de bulunan Ag'nin test edilen bakterilere karşı güçlü öldürme yeteneğinin olduğunu gözlemlemişlerdir. Yara örtüsü olarak kullanılan nanoliflerin biyouyumluluğunu test etmek amacıyla birincil insan hücreleri nanolifli yüzeyler üzerinde kültürlenmişlerdir. Elde edilen sonuçlarda hücre çoğalması gerçekleştiği ve birincil insan hücrelerinin iyi yapıda olduğunu gözlemlemişlerdir [Duan et al., 2007].

Patel ve arkadaşları; rastgele düzenlenmiş, dikey ve paralel yönlü nanolif topluluklarından oluşan doku iskelelerinin deri fibroblast kültüründeki sonuçlarını Immufloresans boyama tekniği ile incelemiştir. Bu teknik ile yara bölgesine tabii fibroblast sayısını tespit etmiştir. Rastgele düzenlenenlere kıyasla dikey yönlü nanolif topluluklarının oluşturduğu doku iskelelerinde fibroblast sayısının maksimum değerinde olduğunu belirtmiştir [Patel et al., 2007].

Ignatova ve arkadaşları, antiseptik özelliğe sahip PVP-iyodin kompleksi ile karıştırılarak hazırlanmış oldukları polietilen oksit (PEO) çözeltisinden elektrolif çekim yöntemiyle nanolifler üretmiştir. Üretilen nanolifli yüzeylerin medikal alanda antimikrobiyal yara örtüsü olarak kullanılabilirliğini belirtmiştir [Ignatova et al., 2007].

Panseri ve arkadaşları elektrolif çekim yöntemi ile biyobozunur özelliği olan PLGA ve PCL polimerlerinden nanolifler üretmiştir. Elde edilen nanolifli yapıdan oluşan iskeleyi; sıçan siyatik sinirinde bulunan sinir boşluğunu yeniden oluşturmak için kullanmışlardır. İyemeden 4 ay sonra yeni bir doku oluşturulmuş ve balantının gerçekleştiğini gözlemlemiştir [Panseri et al., 2008].

Chen ve arkadaşları; elektrolif çekim yöntemi ile yara örtüsü olarak kullanılacak kollajen ve kitosan yüklü nanolifli yüzeyler üretmiştir. Gerçekleştirilen çalışmaları sonucunda bu nanolifli yüzeyler; hücre migrasyonunu, hücre çoğalmasını ve yara iyileşmesini olumlu yönde desteklemiştir. Gerçekleştirilen in vivo çalışmalarda hayvanlar üzerinde kullanılan kollajenin, kitosan nanoliflerinin yara iyileşmesinde gazlı bezden daha iyi olduğunu gözlemlemiştir [Chen et al., 2008].

Merrell ve arkadaşları ilaç taşıyıcı özellik gösteren PCL nanoliflerine antioksidan ve antiinflamatuar özelliğe sahip kurkumini ilave ederek elektrolif çekim yöntemi ile kurkumin yüklü PCL nanolifleri üretmiştir. Kurkumin yüklü nanoliflerin yara kapatma oranını belirlemek amacıyla diabetik fareler üzerinde inceleme yapılmıştır. 10. gün sonunda kurkumin yüklü PCL nanolifler ile tedavi edilen farelerin, PCL nanolifleri ile tedavi edilenlere kıyasla yara kapatma oranında büyük bir artış gözlemlemiştir. Kurkumin yüklü PCL nanolifler ile tedavi edilen farelerde % 80'lik yara kapanması görülürken, PCL nanolifleri ile tedavi edilen farelerde bu oran % 60 olmuştur. Yapılan in vivo ve in vitro çalışmaları sonucunda kurkumin yüklü PCL nanoliflerin antioksidan ve antiinflamatuar özellik taşıdığı kanıtlanmıştır [Merrell et al., 2009].

An ve arkadaşları; antibakteriyel özelliğe sahip nanogümü partiküllerini PEO/Kitosan karışımına ekleyerek elektrolif çekim yöntemi ile nanolifler elde etmişlerdir. Gerçekleştirilen antibakteriyel aktivite testi sonucunda gümü nanopartikülleri ilave edilen nanoliflerin *E.coli* bakterisine karşı etkinliğinin nanogümü içermeyen nanoliflere oranla daha fazla olduğunu kanıtlanmıştır [An et al., 2009].

Shalumon ve arkadaşları, elektrolif çekim yöntemi ile Sodyum aljinat/ polivinil alkol ve farklı konsantrasyonlarda (% 0,5, 1,2 ve %5) ZnO içeren nanolifli yapılar üretmişlerdir. Yapılan sitotoksik testlerinde nanolifli yapıda bulunan ZnO miktarının çoğaldıkça toksik özelliğinin de yükseldiğini gözlemlemiştir. SA/PVA/ZnO nanoliflerinin antibakteriyel aktivite testlerinde *S. aureus* ve *E.coli* bakterilerine karşı bakterisidal özellik gösterdiğini belirtmişlerdir [Shalumon et al., 2011].

Jayakumar ve arkadaşları; elektrospun kitin ve kitosan nanoliflerinin iyileştirici özelliği olan yara örtüleri olarak kullanımının önemini açıkladığı derleme makalesi yayınlamışlardır. Elektrospun kitin ve türev nanoliflerinin; sıvı emilimi, yüksek mukavemet, antibakteriyel özellik ve iyi biyouyumluluk gibi yaraların iyileşmesini hızlandıracak özellikler kazandırdığını belirtmişlerdir [Jayakumar et al., 2011].

Chuchote tezinde plai özütü içeren nanolifler elde etmiş ve doku mühendisliği uygulamalarında kullanılabileceğini belirtmiştir [Chuchote, 2011].

Unnithan ve arkadaşları; yara örtüsü olarak kullanmak amacıyla elektrolif çekim yöntemi ile siprofloksasin HCL ilacı yüklü poliüretan-dekstran (PV-dex) nanolifli yapılar üretmişlerdir. Üretilen bu nanolif iskelelerin antibakteriyel özellikleri gram-pozitif ve gram-negatif bakterileri ile belirlenmiş ve yüksek ölçüde antibakteriyel özellik gösterdiğini gözlemlenmiştir [Unnithan et al., 2012 (a)].

Unnithan ve arkadaşları devetolu yağı ve poliüretan (PU) ile elektrolif çekim yöntemi ile nanolifli yapılar elde etmişlerdir. Yapılan testler sonucunda üretilen yapıların antibakteriyel özellik taşıdığı ve fibroblast hücrelerini geliştirdiğini gözlemlemişler ve biyomedikal alanda birçok alanda kullanılabileceğini belirtmişlerdir [Unnithan et al., 2012 (b)].

Doğan, ipek fibroini, hyaluronik asit ve zeytin yaprağı özütünü kullanarak elektrolif çekim yöntemi ile nanolifler elde etmiştir. 1 ay boyunca salın ortamında bırakılan özütülü nanoliflerin, zamanla özütleri saldı ve özütlerin antioksidan özelliğini kaybetmediğini gözlemlemiştir. Yapılan testlerde bu nanoliflerin *E. Coli* ve *S. aureus*'a karşı iyi derecede

antibakteriyel etki gösterdi i, *C. albicans*'a ise orta derecede antifungal özellik gösterdi ini gözlemlemi tir [Do an, 2012].

Hassan ve arkadaşları, bimetallik ZnO/Ag yüklü poliüretandan elektrolif çekim yöntemi ile nanolifler elde etmi lerdir. Üretilen bu nanoliflerin yapılan testlerde fibroblast hücrelerine zarar vermedi ini, güçlü bakterisidal etkiye sahip oldu unu gözlemlemi lerdir. Geni yüzey alanı/ hacim oranına sahip ZnO/Ag poliüretan nanoliflerinin klinik ve biyomedikal alanlarda kullanılabilece ini belirtmi lerdir [Hassan et al., 2013]

Zhao ve arkadaşları, doğal biyomalzeme olan, insan dokularına uyum gösteren ve antibakteriyel özelli i bulunan serisin ve kitosandan elektrolif çekim yöntemi ile yara örtüsü olarak kullanılacak nanolifler üretmi lerdir. Çapları 240-380 nm arasında olan iyi yapıdaki nanoliflerin yapılan analizler sonucunda hücre ço almasını destekledi ini, biyoyumlu özelli e sahip oldu unu, gram negatif ve gram pozitif bakterilere karşı bakterisidal özelli e sahip oldu unu gözlemlemi lerdir [Zhao et al., 2014].

Serinçay, gerçekle tirdi i çalı mada polivinil alkol (PVA) ve poliakrilik asit (PAA) polimerlerinden olu an çözeltiye etkili bir antibiyotik olan siprofloksasin HCL ve aloe vera eklemi tir. Bu çözeltiden elektrolif çekim yöntemi ile antibakteriyel nanoelyaf yara sargı malzemesi üretmi tir. Yapılan mikrobiyal aktivite testlerinde antibiyoti in etkin oldu u, aloe veranın ise az miktarda antibakteriyel etkiye sahip oldu u gözlemlenmi tir. Tutunma testinde ise antibiyotik ve aloe vera içeren nanoelyafa tutunan bakteri kolonilerinin sayısının az miktarda oldu u gözlemlenmi tir [Serinçay, 2014].

Kim ve arkadaşları; porsuk ya ı ve gümü nanopartikülleri içeren yara iyile tirici nanolifli yapılar üretmi lerdir. Yaptıkları testler sonucunda elde edilen nanolifli yapıların gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı bakterisidal özellik gösterdi i ve hücre ço alması gerçekle ti ini gözlemlemi lerdir. Çalı manın sonucunda, ürettikleri nanolifli yapıların yanık tedavisi ve cilt hastalıkları tedavisinde kullanılabilece ini belirtmi lerdir [Kim et al., 2015].

Rath ve arkadaşları; yara iyile tirmek amacıyla elektrolif çekim yöntemi ile kolajen nanoliflere gümü nanopartiküller yüklemi lerdir. Gümü nanopartikülleri antibakteriyel özellik taşıdıkları için tercih etmi lerdir. Gümü nanopartiküllerin ve kompozit nanoliflerinin antibakteriyel özelliklerini ara tırmak için antibakteriyel ve MIC ölçümleri kullanmı lardır. Yapılan in vivo ölçümlerde yapılandırılmı yüzeylerin etkili yara iyile tirme performansı gösterdi ini belirtmi lerdir [Rath et al., 2016].

Adomavi i t ve arkada ları; antibakteriyel ve yara iyile tirme özelli i olan propolis ve gümü nanopartikülleri ile nanolifli yapılar elde etmi lerdir. Nanolifli yapılara uyguladıkları antimikrobiyal aktivite testlerinde test edilen bakterilerin büyümesini engelledi ini gözlemleni lerdir [Adomavi i t et al., 2016].

Arık, poliüretan (PU) ve lavanta ya ı, kantaron ya ı, kürkümün ve zeytinya ı gibi do al biyoaktif ajanlardan biyoyumlu ve biyobozunur özellik gösteren yara örtüsü üretmi tir [Arık, 2017].

Gökçe ve arkada ları; biyoyumluluk özelli i ta ıyan termoplastik poliüretandan nanolifli yüzeyler üretmi lerdir. Üretilen TPU nanoliflere antibakteriyel özellik göstermeleri için duman a acı özütü ile kaplama yapmı lardır. Gerçekle tirdikleri zamana ba lı antibakteriyel test sonuçlarında; numunelerin 6 saat boyunca antibakteriyel özellik gösterdi i, 6 saatten sonra ise bakteri sayısında herhangi bir azalma göstermedi i gözlemlenmi tir [Gökçe ve ark., 2018].

Görüldü ü gibi literatürde çok sayıda doku iskelesi ve yara örtüsü uygulaması, antimikrobiyal aktiviteye sahip nanolifli yüzey uygulaması olmasına ra men; a rı ve sancı azaltma etkisine sahip ürünler ile ilgili sınırlı sayıda çalı ma bulunmaktadır. A rı çevrimine kar ı koyan bir malzemenin ilave edildi i tekstil yüzeylerinden üretilen çorapların orta iddetli ayak a rısına sahip 15 hasta üzerinde denemesini gerçekle tiren grup, muamele grubu ile plasebo grubu arasında a rı azalımında istatistiksel bir fark gözlemlenmi lerdir [Jennings et al., 2008].

Kuma yapısı içerisinde bulunan iletken liflerin elektromanyetik alan yaratabilme özelli inden hareketle, iletken karbon ve gümü lifleri ile yalıtkan temel bir kuma katmanından olu an yüzeyin a rı azaltmada kullanılabilece ine yönelik bir patent alınmı tir [Goldberg, 2018]. Ara tırmacı patentlerinde bu iletken tekstil yüzeylerinden eldiven ve bandaj gibi ürünlerin üretilebilece ine vurgu yapmaktadır [Goldberg, 2003].

Abid ve arkada ları; polietilen oksit, sodyum aljinat ve polivinil alkol polimerleri ile olu turulan nanolifli yüzeylere bir parasetamol olan acetaminophenin yükleyerek karakterize etmi lerdir. Yara civarındaki a rıların giderilmesine yönelik olarak bu sentetik madde ile çalı an grup, yüklenen ilacın tümünün salınması için 100 dakika gibi bir süreye ihtiyaç duyduklarını belirtmi tir [Abid et al., 2019].

A rı yönetiminde oldukça etkili olan lidokain maddesi ile de çalı ma yapılmı tır. Selüloz ve polietilen oksit nanoliflerine bu maddeyi yükleyen grup, iddetli a rı kesme etkisinin ilk 30 dakikada gerçekle en lidokain salımı ile mümkün oldu unu belirtmi tir [Maver et al., 2016].



4. A RI VE SANCI AZALTMA ÖZELL OLAN B TK LER

De i mekte olan dünya düzeni, her geçen gün artan çevre ve hava kirlili i, gıdalarda kullanılan geneti i de i tirilmi maddeler ve sayabilece imiz daha birçok sebep insan sa lı nı tehdit etmekte ve hastalıkları hızla yaymaktadır. Olu an bu olumsuzlukların sonucunda her geçen gün geli en teknoloji, hastalıkları önleyici ve iyile tirici yöntemler sunmaktadır. nsan sa lı nın bu kötü gidi atına kayıtsız kalamayan bilim insanları sa lık alanında birçok önemli bulu a imza atmı tır. nsan sa lı nı iyile tirici ve kolayla tırıcı birçok yenilik nanoteknoloji biliminin öncülü ünde gerçekleştirilmi tir. Nanoteknoloji sa lık alanında; kanser tedavisinde, ortopedi uygulamalarında, di hastalıklarında, tanıs al yöntemlerde kullanılmaktadır.

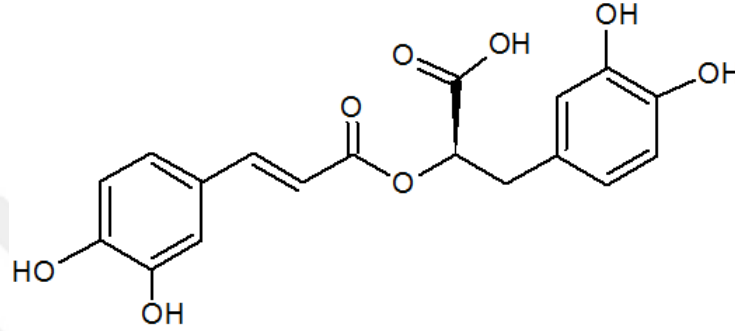
Do ada bulunan bitkilerin de insan sa lı na olan yararları ara tırmalar sonucu ispatlanmı tır. Bu do al ifalı bitkilerin teknoloji ile bulu ması insan hayatını kolayla tıran ve sa lı nı iyile tiren çözümler do urmaktadır. A rı ve sancı azaltma özelli i bulunan bitkiler ile nanoliflerin birle mesi sonucu insanların a rılarını azaltmak için üretilecek nanolifli yüzeyler de insan hayatını kolayla tıracaktır.

- **Kekik:** Kekik bitkisinin içinde bulunan % 80 oranında karvakol ve %64 oranında bulunan timol maddeleri güçlü a rı kesicilerdir. Antifungal ve antioksidan özellik gösteren kekik ya ı genel olarak romatizma a rılarının giderilmesinde, ba a rıları, kas a rıları ve krampların giderilmesinde kullanılır [Ba yi it ve ark., 2017].

- **Kapsaisin:** Kapsaisin, acı biberden elde edilen ve acı bibere acılı nı veren maddedir [yido an, 2015]. Kapsaisin analjezik, antioksidan ve antienflamatuar gibi birçok özelli e sahiptir. A rı kesici özelli i P maddesi birikimini keser, sinir uçlarında P maddesi birikimi olmayınca a rı uyarıları beyne ula maz. P maddesi e er sinir uçlarına ula ırsa a rı hissedilir. Kireçlenme, romatoid artrit gibi hastalıkların tedavisinde a rı kesici olarak kullanılmaktadır [Çiçek ve ark., 2005].

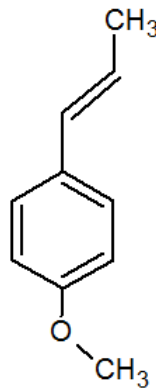
- **Zencefil:** Zencefil birçok ülkede baharat ve tıbbi bitki olarak kullanılmaktadır. 2500 yıl önce Çinde di a rısı ve romatizma a rılarının giderilmesinde, sindirimin düzenlenmesinde kullanılmı tır. Zencefilin aktif maddelerinden biri olan gingerol kullanılarak hayvanlar üzerinde uygulanan deneylerde a rı kesici ve yatı tırıcı özellik gösterdi i gözlemlenmi tir [Kaplan, 2005].

• **Nane (*Mentha piperita* L.):** Nane a rı kesici özellik gösteren, oldukça faydalı bir bitkidir. Nane hem fiziksel hem de ruhsal sa lı ı korumaya yardımcı olur. Nanenin ayrıca ferahlatıcı ve rahatlatıcı özelli i de vardır. Ba a rılarına, migren a rılarına ve romatizma a rılarına iyi gelir [Bayrakçı, 2018]. Bu çalı mada kullanılan nane özütü; rosmarinik asit, eriositrin, luteolin-7-O glukosit, hesperidin ve isohofolin temel bile enlerinden olu maktadır [Dorman et al., 2009]. En temel bile eni olan rosmarinik asitin kimyasal formülü ekil 4. 1’de gösterilmektedir.



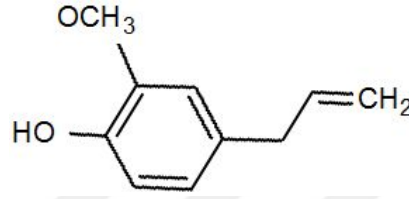
ekil 4. 1. Rosmarinik asit kimyasal formülü

• **Anason (*Pimpinella anisum* L.):** Anason bitkisi iyile tirici özelli i olan en iyi ifalı bitki ve baharatlardan biridir. Anason; tohum, özüt ve ya formunda bulunur. Gıda ve tıbbi alanda kullanımı yaygındır. Anason sahip oldu u antioksidan, antimikrobiyal, ve antifungal özellikler sayesinde tıbbi alanda birçok rahatsızlı a iyi gelmektedir [Ha imi ve ark., 2014]. Bu çalı mada kullanılan anason özütü; %90 transanetol, %2-4 -himachalene, %0,9-1,5 estragol, ~%3 cis-pseudoisöjenil 2-metilbütrat, ~%1.3 trans-pseudoisöjenil 2-metilbütrat temel bile enlerinden olu maktadır [Shojaii and Abdollahi Fard, 2012]. En temel bile en olan transanetolun kimyasal formülü ekil 4.2’de gösterilmektedir.



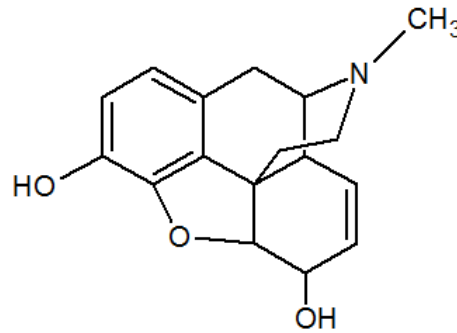
ekil 4. 2. Transanetol kimyasal formülü

• **Karanfil (*Syzygium aromaticum* L.):** Karanfil bitkisine kokusunu ve lezzetini öjenol denen uçucu yağ verir. Öjenol karanfil bitkisinin antioksidan öznesidir. Karanfil antibakteriyel, antifungal ve lokal anestejik özellik gösteren bir bitki türüdür. Karanfilin özellikle diğeri a rılarında etkili ağrı kesici olarak kullanılması bu lokal anestejik etkisinden kaynaklanmaktadır [Akar ve Bulut, 2013]. Bu çalışmada kullanılan karanfil yağı; %71,56 öjenol, %8,99 öjenol asetat, %1,67 karyofilen oksit, %1,05 nootkatin ve diğeri temel bileşenlerden oluşmaktadır [Nassar et al., 2008]. Karanfilin en temel bileşeni olan öjenolün kimyasal formülü ekil 4. 3'te gösterilmektedir.



ekil 4. 3. Öjenol kimyasal formülü

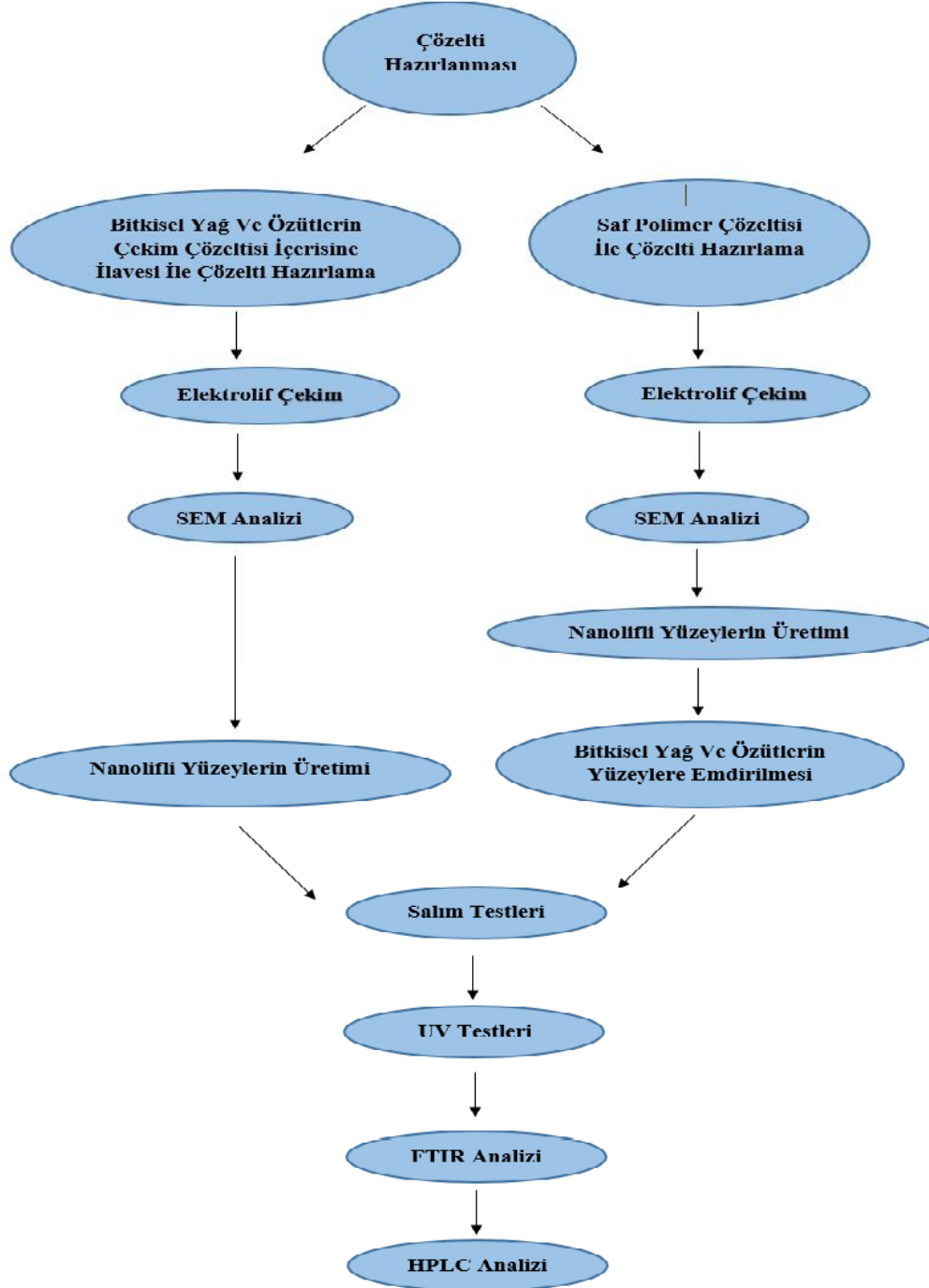
• **Ha ha Tohumu (*Papaver somniferum* L.):** Ha ha bitkisinin tohumları ve yağı gıda alanında, özünü alınmış olan artı hayvan yemi olarak ve kapsüllerinin içinde bulunan alkaloidler tıbbi alanda kullanılmaktadır [Nan ve Kaynak, 2016]. Bu bitkinin üretimindeki en önemli etken alkaloid elde etmektir. Kapsüllerinin içinde bulunan yaklaşık 24 çeşit alkaloid, tıp alanında birçok ilacın üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan ha ha tohumu yağı; morfin, kodein, tebain, neskapin ve papaverin gibi temel bileşenlerden oluşmaktadır [Francis et al., 2008]. Ha ha'nın etken maddelerinden biri olan morfin ağrı durumlarında, kodeinin ise hafif ağrılarda ağrı kesici olarak kullanılmaktadır [Arslan ve ark., 2008]. En temel bileşeni olan morfinin kimyasal formülü ekil 4. 4'te gösterilmektedir.



ekil 4. 4. Morfin kimyasal formülü

5. MALZEME VE YÖNTEM

Tez çalı ması sırasında uygulanan tüm deneysel prosedür ekil 5.1’de gösterilmektedir.



ekil 5. 1. Çalı manın deneysel prosedürü

5.1 Malzeme

Nanolif eldesinde hammadde olarak kullanılan Poliamid 6 (PA6) polimeri ve elektrolif çekim çözeltisini hazırlamak için kullanılan formik asit (%98-100 ekstra saf) Sigma-Aldrich (Steinheim, Almanya) markadır. A rı ve sancı azaltma etkisi elde etmek için kullanılan toz formundaki bitkisel özütler anason (*Pimpinella anisum* L.) ve nane (*Mentha piperita* L.) özütleri Deva Ticaret (Manisa, Türkiye) firmasından temin edilmiştir. Toz formdaki ekstraktlar ile ilgili bilgiler, %100 Doğal Bitkisel İçecek, Gıda Takviyesi ve Bitki Ekstreleri Üretimi sertifikasına sahip firma tarafından aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 5. 1. *Pimpinella anisum* L. ve *Mentha piperita* L. Özütlerinin Özellikleri

| ÖZELLİKLER | <i>Pimpinella anisum</i> L. özütü | <i>Mentha piperita</i> L. özütü |
|----------------------------------|--|--|
| Ekstre yoğunluğu | 0,45- 0,53 g/mL | 0,44- 0,50 g/mL |
| Bitkinin kullanılan kısmı | Tohum | Yaprak |
| Çözünürlük | Suda çözünür | Suda çözünür |
| Ekstraksiyon Ajanı | Etanol/su 60/40 | Etanol/su 60/40 |
| Fiziksel Hali | ince kuru toz | ince kuru toz |
| Yardımcı Madde Durumu | %100 saf | %100 saf |

Yine a rı ve sancı azaltma etkisini sağlamak için kullanılan ya lardan karanfil (*Syzygium aromaticum* L.) ya ı Botalife (Isparta, Türkiye) firmasından satın alınmıştır ve firma tarafından %100 saf olarak su buharı distilasyonu ile elde edildiği bildirilmiştir.

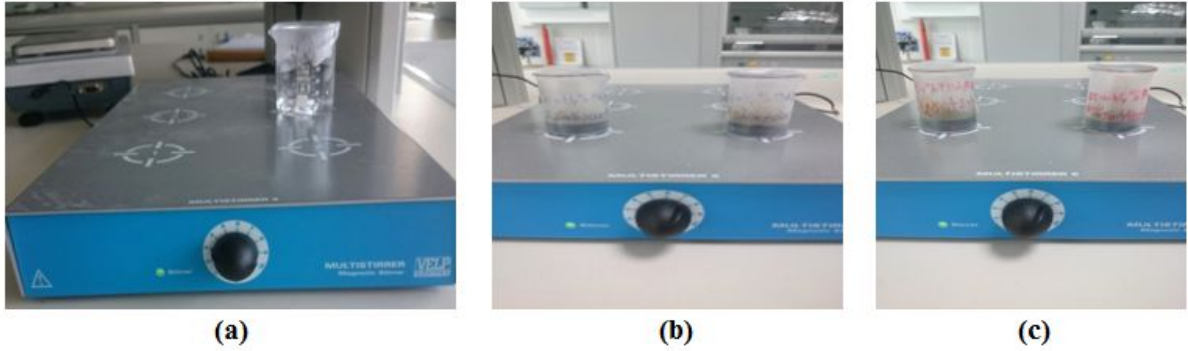
Kullanılan diğer bir yağ olan ha ha tohumu (*Papaver somniferum* L.) ya ı ise Mecitefendi (Zmir, Türkiye) firmasından satın alınmıştır ve firma tarafından yağ ın %100 saf olarak soğuk sıkım metodu ile üretildiği bildirilmiştir.

Salım testlerinde salım ortamı olarak kullanılan çözelti izotonik çözeltidir (%0,9 w/v tuz çözeltisidir). Yüksek performanslı sıvı kromatografisi analizlerinde kullanılan ve mobil fazı oluşturan çözümlerasetilonitril ve fosforik asit (%98) de Sigma-Aldrich markadır.

5.2 Yöntem

5.2.1. PA6 Çözeltilerinin Hazırlanması

Sentetik polimerlerin elektrolif çekimleri kolay gibi görünse de, yöntemi etkileyen pek çok parametre mevcuttur. Çözelti parametrelerinden konsantrasyonun, ön denemeler neticesinde %20 (w/v) olarak sabitlenmesine karar verilmiştir. Belirlenen çözgen hacmi için gereken PA6 polimeri yavaş yavaş çözgene ilave edilerek 24 saat manyetik karıştırıcıda (Velp Scientifica Multistirrer 6, talya) karıştırılmak suretiyle homojen elektrolif çekim çözeltisi hazırlanmıştır (Resim 5. 1). Nanoliflere ağırlık ve sancı azaltıcı ajanların yüklenmesi iki eklede gerçekleştirileceğinden, birinci yöntem olan lif çekim çözeltisi içerisine karıştırma basamında %5'lik (w/v) toz formunda özütler PA6 pelletleri çözgen içerisinde gözle görülemez hale geldikten sonra eklenmiş ve 24 saat boyunca karıştırılmaya devam edilmiştir (Resim 5.1 (b) ve (c)). Aynı eklede %5 (v/v) oranındaki yağlar da çözelti içerisine ilave edilerek karıştırma 24 saat devam ettirilmiştir.



Resim 5. 1. (a) saf PA6 çözeltisinin, (b) *Pimpinella anisum* L. özütü ilave edilmiş PA6 çözeltisinin (c) *Mentha piperita* L. özütü ilave edilmiş PA6 çözeltisinin hazırlanması

5.2.2 Elektrolif Çekim İlemi: Hazırlık ve Üretim Aşamaları

Tüm deneylerde 20 ml plastik bulaşığı kullanılmıştır. Ayrıca kullanılan iğne 21 G (dış çap 0,8 mm) inçelidir. Deneylerde kullanılan iğnelerin ucu elektrikli el motoru (Bul-Max) ile kesilerek düzeltilmiştir (Resim 5. 2). Bulaşığa yerleştirilen bu iğne ile topraklanmış plaka arasındaki mesafe 20 cm olacak şekilde ayarlanmıştır. Nanolif üretiminde kullanılan toplayıcı, üzeri alüminyum folyo ile kaplanmış metal plakadır. Tek iğneli elektrolif çekim yöntemi ile polimer çözeltilerinden nanolif elde edebilmek için, yüksek voltaj güç kaynağı (Gamma, ES50P10W/DAM, Gamma High Voltage, Ormond Beach, FL, ABD) kullanılmıştır. Yüksek voltaj güç kaynağı ile bulaşığı pompasının (NE1000, New Era Syringe Pump Systems

Inc., Farmingdale, NY, ABD) üzerine yerleştirilen iğnenin metal kısmine yüksek voltaj uygulanarak elektrik alan oluşturulmuştur (Resim 5.3). Topraklanmış alüminyum folyo kaplı plaka üzerine lifler toplanmıştır. Düzgün nanolif morfolojilerini elde etmek adına, stabil jet oluşumuna izin vermesi için gözlemlenen voltaj parametreleri (22-26 kV) de iğnelerle tirilerek örnekler alınmıştır. Akış hızı 4 µL/dk. olarak belirlenmiştir.



Resim 5.2. İğnelerin uçlarının kesilerek elektrolif çekimi için hazırlanması



Resim 5.3. Uçak Üniversitesi Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü Laboratuvarı'nda bulunan elektrolif çekim düzeni

Akış hızı ve sancı azaltma etkisinin incelenmesi adına çalışmada belirlenen özüt ve yağların hem elektrolif çekim çözeltisinin içerisine ilave edilmesi hem de sonradan saf PA6 nanoliflerine emdirme yöntemi ile yüklenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla taramalı elektron mikroskobu

karakterizasyonu ile düzgün morfolojili lif üretiminin gerçekleştirilmesi için parametreler sabitlenerek uzun süreli üretime geçilmiştir ve her örnek için nanolifli yüzeylerin elde edilmesi adına, yirmi dört saat boyunca lif çekimi gerçekleştirilmiştir. Sadece lif çekim çözeltisi içerisinde özüt ya da yağ yüklenmesi ile değil, aynı zamanda özüt ve yağların sonradan emdirilmesi için emilim ile elde edilen nanolifli yüzeyler de karakterize edilebileceğinden, saf PA6 nanolifli yüzeyinden 4 adet daha üretilmiş olup, *Mentha piperita* ve *Pimpinella anisum* özütleri (kütütlece %5 oranında olacak şekilde) ile *Syzygium aromaticum* ve *Papaver somniferum* yağları (hacimce %5 oranında olacak şekilde) emdirme yöntemi ile yüzeylere aktarılmıştır.

Üretim sonunda oluşan nanolifli yüzeyler yüklenen maddenin İngilizce isminin baş harfine (Mint, Anise, Clove, Opium) ve lif çekim çözeltisinin içerisinde ilave edilen için “Loaded” kelimesinin, emdirme yapılanlar için “Soaked” kelimesinin baş harfine göre adlandırıldığı Çizelge 5.2’de görüldüğü gibi kodlanmıştır.

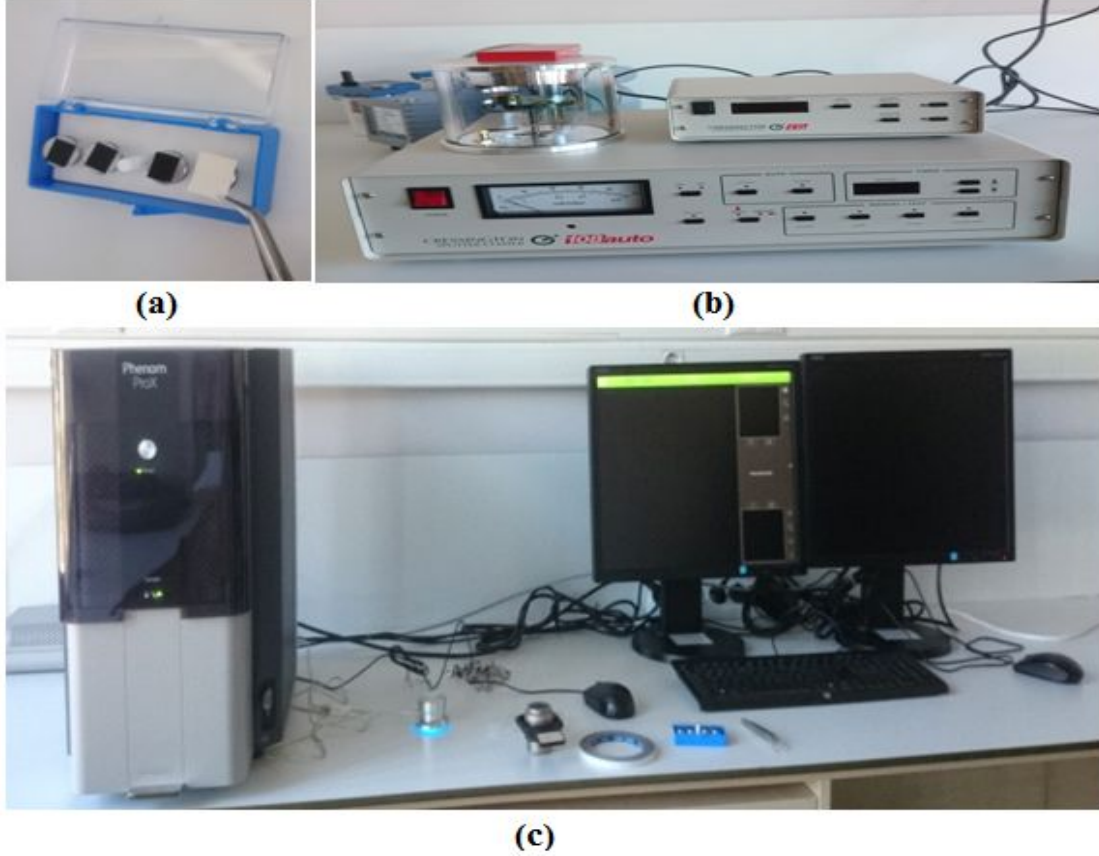
Çizelge 5. 2. Üretilen nanolifli yüzeyler ve kodları

| Üretilen nanolifli yüzey adı | Çalışma maddesi kullanılan kodu |
|---|---|
| Saf PA6 nanolifleri | PA6 |
| <i>Mentha piperita</i> L. özütü emdirilmiş PA6 nanolifleri | MSPA6 |
| <i>Pimpinella anisum</i> L. özütü emdirilmiş PA6 nanolifleri | ASPA6 |
| <i>Syzygium aromaticum</i> L. yağ 1 emdirilmiş PA6 nanolifleri | CSPA6 |
| <i>Papaver somniferum</i> L. yağ 1 emdirilmiş PA6 nanolifleri | OSPA6 |
| Lif çekim çözeltisine <i>Mentha piperita</i> L. özütü yüklenmiş PA6 nanolifleri | MLPA6 |
| Lif çekim çözeltisine <i>Pimpinella anisum</i> L. özütü yüklenmiş PA6 nanolifleri | ALPA6 |
| Lif çekim çözeltisine <i>Syzygium aromaticum</i> L. yağ 1 yüklenmiş PA6 nanolifleri | CLPA6 |
| Lif çekim çözeltisine <i>Papaver somniferum</i> L. yağ 1 yüklenmiş PA6 nanolifleri | OLPA6 (elektrolit çekimi gerçekleştirilmesi için yüzey oluşumuna göre) |

5.2.3 Nanoliflerin Morfolojik Karakterizasyonu

Elektrolit çekim yöntemi ile elde edilen lifler nano boyutlarında olduklarından, karakterizasyonları için ileri görüntüleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışma maddesi nanoliflerin karakterizasyonları için elektron mikroskopu tekniklerinden; elektron demetinin yüzeyi taraması ile nanoliflerin görüntülenebildiği Taramalı Elektron Mikroskopu’ndan (SEM) faydalanılmıştır. Uludağ Üniversitesi Bilimsel Analiz ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde (UBATAM) bulunan Phenom Prox marka SEM (Resim 5.4 (c)) ile 10 kV ivmelendirici voltaj altında ve Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Uygulama ve

Ara tırma Merkezi'nde bulunan LEO marka 1430 VP model SEM ile 20 kV ivmelendirici voltaj altında nanolifli yüzeylerin SEM görüntüleri alınmıştır. Örnekler her iki merkezdeki analizden önce de çift taraflı karbon bantlara yapıştırılarak (Resim 5.4 (a)), altın kaplama ünitesinde (Resim 5.4 (b)) 15 sn süre ile altın ile kaplanmıştır ve iletken hale getirildikten sonra görüntüler alınmıştır.



Resim 5. 4. (a) Nanolifli yüzey örneklerinin SEM analizi için numune tutuculara yerleştirilmesi (b) kullanılan altın kaplama ünitesi (c) kullanılan SEM cihazı

Örneklerin SEM görüntüleri alındıktan sonra, nanoliflerin ortalama çap ve çap dağılımları Image-J Görüntüleme ve Ölçümleme Yazılımı kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen nanolif toplulukları için çap dağılım grafikleri ve minimum, maksimum, aralık, ortalama ve standart sapma değerleri IBM SPSS Statistics paket programı kullanılarak hesaplanmıştır ve verilmiştir.

5.2.4 Nanolifli Yüzeylerin Kalınlık, Gramaj, Gözeneklilik ve Yüzey Alan Analizleri

Üretilen nanolifli yüzeylerin kalınlık ölçümleri Uşak Üniversitesi Mühendislik Fakültesi bünyesindeki 0-25 mm arasındaki kalınlıkları ölçme kabiliyetine sahip olan mikrometre yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Gramaj ölçümü ise üretilen nanolifli yüzeyin 5 farklı bölgesinden alınan 5x5 cm²'lik örneklerin analitik terazide tartılması ile hesaplanmıştır.

20 saat süre boyunca çekilen saf PA6 nanolifli yüzeylerinin gözeneklilik ve gözenek boyut da ılımlarının ölçümü Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Ara tırma ve Uygulama Merkezi'ndeki civa porozimetresi (Micromeritics, Autopore IV 9500) ile gerçekleştirilmiştir. 3 nm ile 360 µm arasındaki gözenekleri ölçme kabiliyetine sahip bu cihaz ile gözeneklerin yapısı, iç ba lantılılık durumu ile ilgili bilgi de alınabilmektedir. Üretilen saf PA6 nanolifli yüzeylerinin BET yüzey alanı ölçümleri Afyon Kocatepe Üniversitesi Teknoloji Ara tırma ve Uygulama Merkezi'nde bulunan bilgisayar donanımlı BET yüzey alan ölçüm cihazı (Micromeritics Gemini 2360) ile gerçekleştirilmiştir. Azot gazı adsorpsiyonu tekni ine dayalı olarak nanolifli yüzeyin BET yüzey alanı ölçümü tür. Cihaz hassasiyeti 0,01 m²/g'dır.

5.2.5 FTIR (Fourier Transform nfrared Spektrofotometresi) Analizi

Organik maddelere yüklenen bile enlerin tespitinde çok faydalı bir cihaz olan FTIR ile nanolifli yüzeylere bitkisel bile enlerin aktarımı gözlemlenmeye çalı ılmıştır. Çalı mada Perkin Elmer marka Spectrum Two model (ABD) ATR-FTIR kullanılmıştır. Çok ince yüzeylerin ve polimerlerin analizinde ATR daha iyi sonuç verdi i için tercih edilmiştir. 4000-400 cm⁻¹ spektral aralı ındaki spektrumlar alınmıştır. Saf PA6 nanoliflerinin FTIR spektrumu alındıktan sonra, nanolifli yüzeylere hem lif çekim çözeltisi içerisine yüklenerek üretilen hem de emdirme yöntemi ile bile en yüklemesi ile elde edilen nanolifli yüzeylerin FTIR spektralları çizdirilmiştir.

5.2.6 Salım Testleri

A rı ve sancı azaltma bölgesi olarak cilt (dı deri katmanı) dü ünüldü ünden uygun salım ortamı olarak %0,9'luk izotonik çözelti seçilmiştir. Salım testleri tartılan 10 mg a ırlı ındaki nanolifli yüzeylerin her biri 3 mL izotonik çözelti içeren 12 kuyucuklu plakaya yerle tirilmesi ile hazırlanmıştır. Testler 3 tekrarlı gerçekleştirilmiştir olup, salım için örnekler cilt sıcaklı ı olan 32 °C'ye ayarlanmıştır inkübatörde (Nüve ES 120, Ankara, Türkiye) bekletilmiştir. Salım ortamından örnek sıvıların alınması için belirlenen süreler 5, 15 ve 40 dk.'dır. Bu sürelerde salım ortamından alınan sıvının yerine taze izotonik çözelti doldurulmuştur (Resim 5.5). Örnekler analiz edilene kadar kapakları kapalı eppendorf tüplerinde +4 °C'de saklanmıştır.



Resim 5. 5. Salım testlerine ait görüntü

5.2.7 UV Görünür Bölge Spektrofotometresi Analizi

Belirlenen zaman dilimlerinde salım ortamından alınan sıvı örneklerin UV-Görünür bölge absorpsiyon spektrofotometresi (Perkin Elmer, Lambda 365, ABD) ile de analizleri gerçekleştirilmiştir. Spektrofotometrik ölçümler 1,0 cm kuvarz küvetlerdeki örneklerin referansa (saf izotonik çözelti) göre okunması ile gerçekleştirilmiştir. Absorbans okumaları kullanılan bitkisel ajanlar için literatürde belirtilen absorbans değerlerinde (*S. aromaticum* için 254, *P. anisum* için 270, *P. somniferum* için 290 ve *M. Piperita* için 330 nm'de) kaydedilmiştir. Öncelikle örneklerde bulunan iki toz özüt ve iki yağı farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri izotonik çözelti içerisinde hazırlanmış ve okunan absorbans değerleri ile kalibrasyon eğrileri çıkarılmıştır. Kalibrasyon eğrileri Ek 1-4'te verilmektedir. Her UV-görünür bölge ölçümü için salım ortamından 3 mL örnek alınmıştır. Öncelikle salım testine kullanılan malzemenin (10 mg nanolifli yüzey) üzerinde bulunan toplam özüt yağı miktarı teorik olarak belirlenmiştir. %5 (w/v ya da v/v) oranında özüt yağı yağı çekim çözeltisinin içerisine eklendiği yağı yüzeye emdirildiği için, toplamda salınması gereken madde miktarı 0,5 mg yağı mL'dir. Belirlenen salım süreleri için salınan bileşenlerin absorbans değerlerinden kalibrasyon eğrisi vasıtasıyla, salınan madde miktarı (kütle yağı hacim olarak) hesaplanmıştır ve salınan madde miktarı kümülatif olarak ekilde grafikler çizdirilmiştir.

5.2.8 HPLC (Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi) Analizi

Çalışmanın bu bölümünde salım ortamına geçen ağırlık ve sancı azaltma özelliği olan bileşenlerin tespiti yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Salım testlerinde belirlenen zaman dilimlerinde ortamdan alınan sıvıların tümüne HPLC analizi uygulanmıştır. Tüm örnekler 0,45 µm'lük Nylon® ırmınga filtresinden geçirildikten

sonra 2 mL vida kapaklı cam viallere (Agilent Technologies, CA, ABD) koyulmu ve autosampler ile sisteme beslenmektedir. Çalışmada Uak Üniversitesi Bilimsel Analiz ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde bulunan Agilent Technologies 1200 Infinity Series HPLC cihazı (Resim 5.6) kullanılmaktadır. Kullanılan kolon Phenomenex Gemini 5 µ C18 kolonu olup (250 mm boy- 3,0 mm iç çap) (Cheshire, İngiltere) analitik kolonunun sıcaklığı 35 °C'ye ayarlanmıştır. Mobil fazın akı hızı 0,7 mL/dk. olup, absorbans değeri iklikleri kullanılan bitkisel maddelere göre çoklu dalga boylu UV detektör ile (254, 270, 290, 330 nm) ölçülmüştür. Mobil faz pH'ı 2,5 olan 50 mM fosforik asit (A) ile asetilnitrit (B)'dir. Akı programı 0-5 dk. arası izokratik akı (%95 A, %5 B), 5-55 dk. arası lineer gradient akı (%50 A/ %50 B), 55-70 dk. arası lineer gradient akı (%95 A/ %5 B) olacak şekilde ayarlanmıştır.

Örneklere ait grafikler sunulurken, karma aya sebep olmamak için daha önce belirtilen kodlarının yanına salım süresi yazılarak kodlanmıştır (MLPA6-5, MLPA6-15, MLPA6-40, MSPA6-5, MSPA6-15, MSPA6-40... gibi).

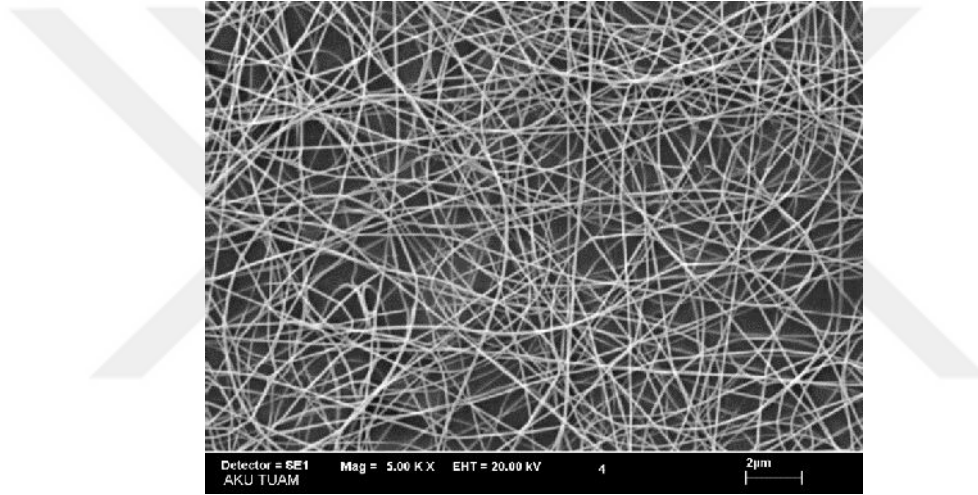


Resim 5. 6. Uak Üniversitesi Bilimsel Analiz ve Teknolojik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (UBATAM) bulunan HPLC cihazı

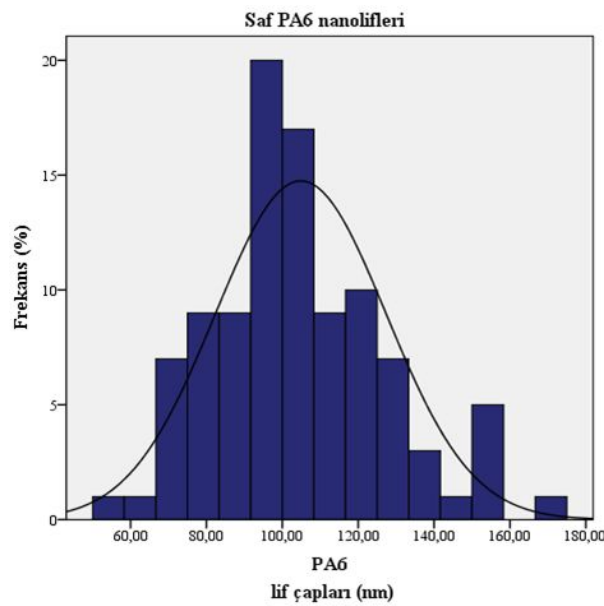
6. BULGULAR VE TARTI MA

6.1 Nanoliflerin Morfolojik Bulguları

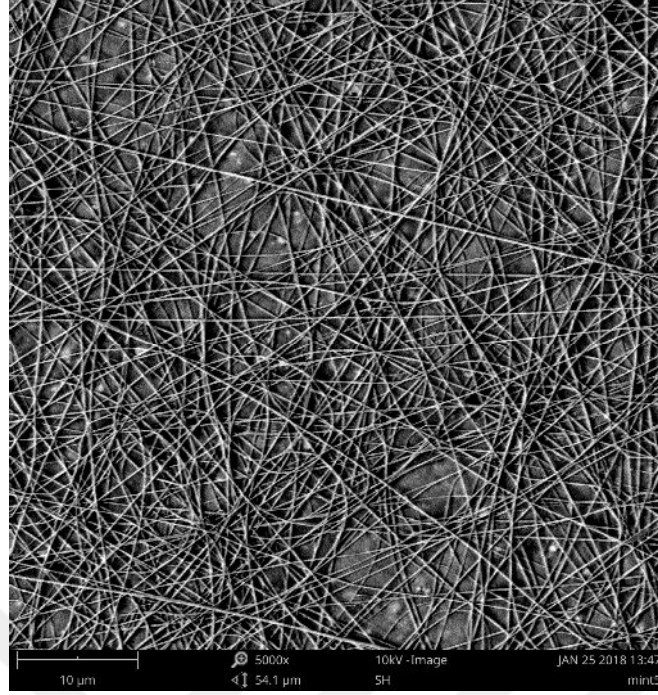
Optimum elektrolif çekim parametreleri belirlendikten ve ön denemeler neticesinde SEM görüntüleri alındıktan sonra, en düzgün morfolojili ve boncuksuz PA6 nanoliflerinin 22 kV uygulanan voltaj, 20 cm mesafe, 4 $\mu\text{L}/\text{dk}$. akı hızı ile %20 konsantrasyona sahip çözelti ile elde edildi i gözlemlenmiştir. Resim 6.1 düzgün yapıdaki boncuksuz saf PA6 nanoliflerinin oluşumunu kanıtlamaktadır.



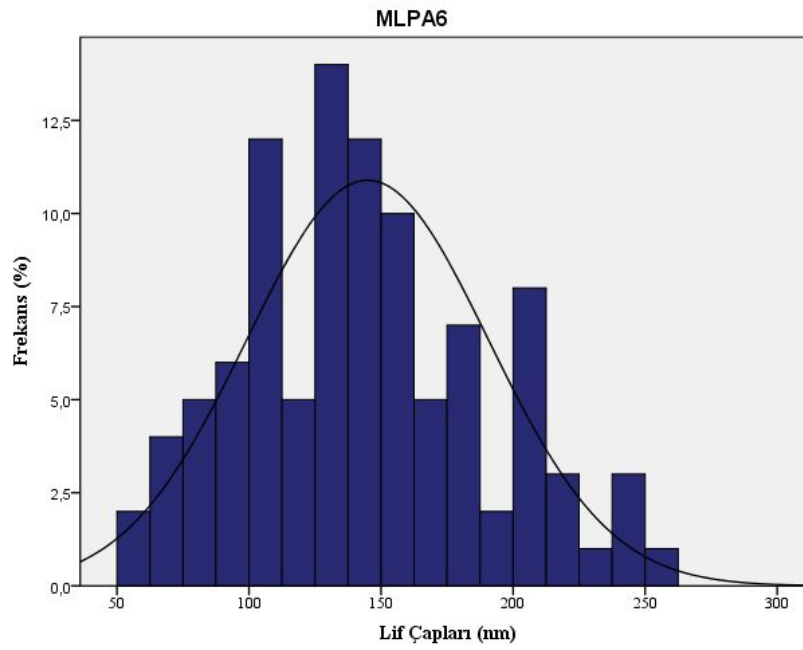
Resim 6. 1. Saf PA6 nanoliflerinin SEM görüntüsü (büyütme 5000X)



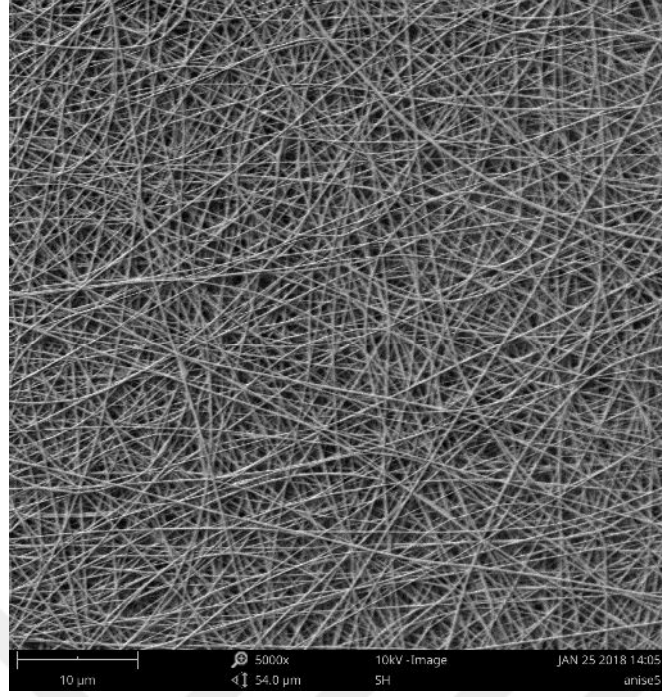
Resim 6. 1. Saf PA6 nanoliflerinin çap dağılımları



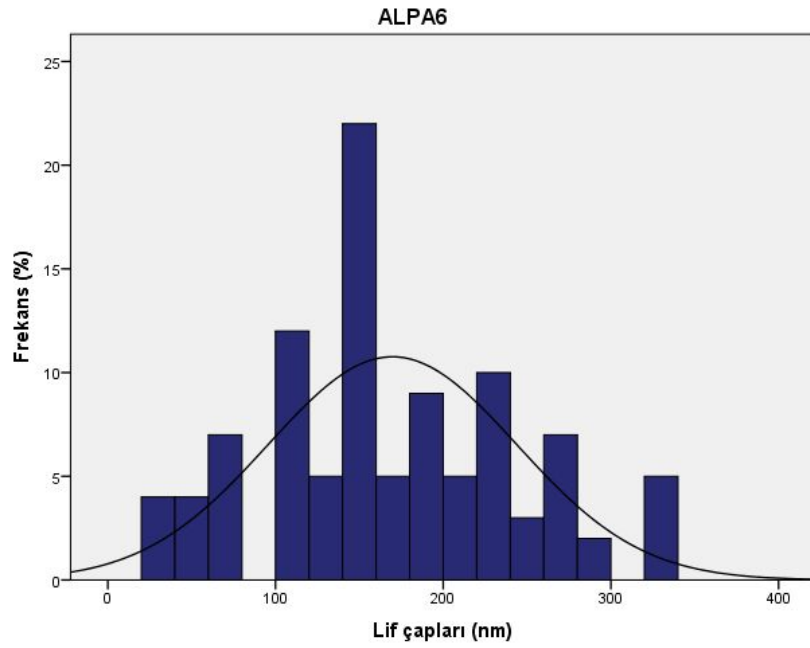
Resim 6. 2. Lif çekim çözeltisine *Mentha piperita* özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin SEM görüntüsü (büyütme 5000X)



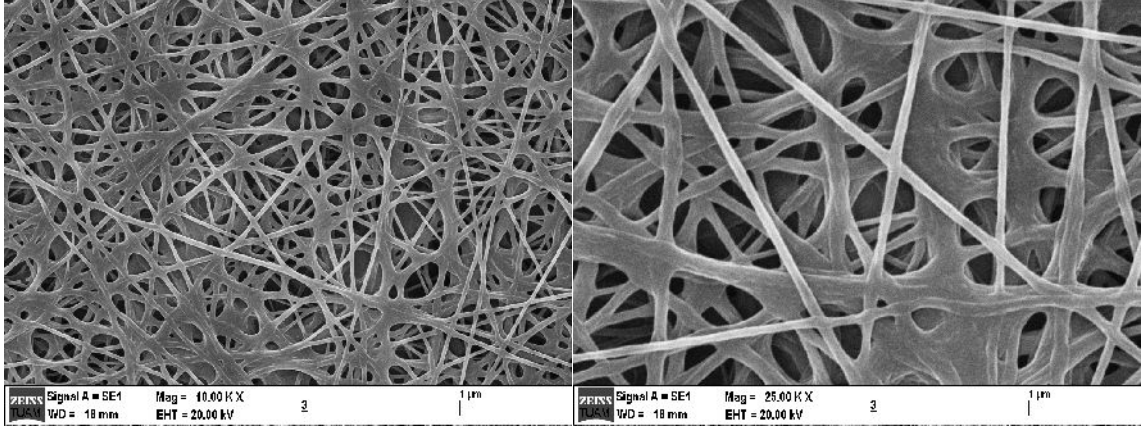
Resim 6. 2. *Mentha piperita* özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin çap dağılımları



Resim 6. 3. Lif çekim çözeltisine *Pimpinella anisum* özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin SEM görüntüsü (büyütme 5000X)



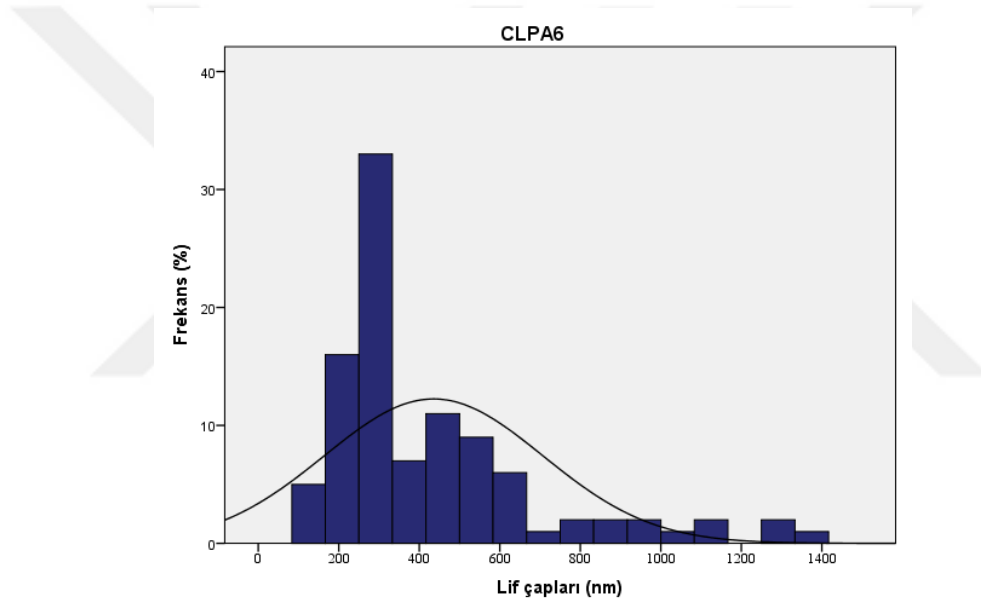
Resim 6. 3. *Pimpinella anisum* özütü yüklenmiş PA6 nanoliflerinin çap dağılımları



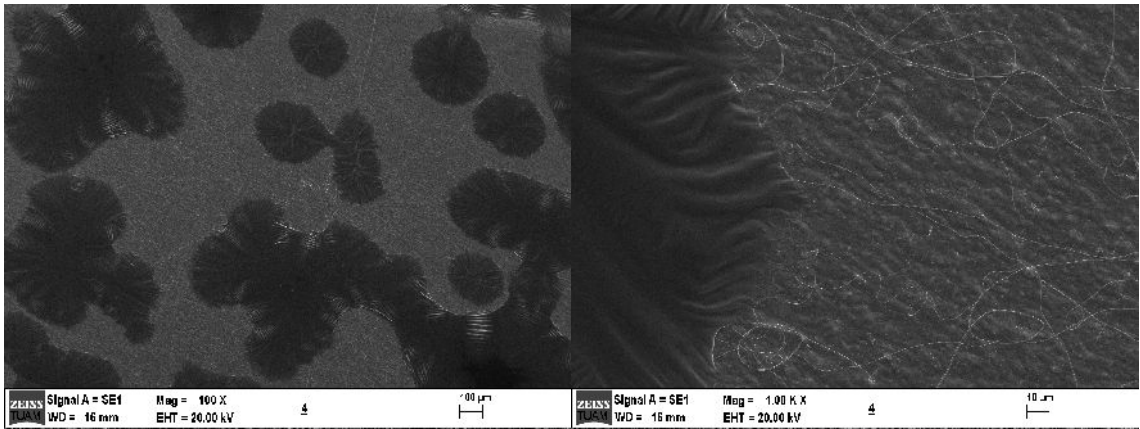
(a)

(b)

Resim 6. 4. Lif çekim çözeltilisine *Syzygium aromaticum* ya 1 yüklenmi PA6 nanoliflerinin SEM görüntüleri, büyütmeler: (a)10000X (b) 25000X



Resim 6. 4. *Syzygium aromaticum* ya 1 yüklenmi PA6 nanoliflerinin çap dağılımları



(a)

(b)

Resim 6. 5. Lif çekim çözeltilisine *Papaver somniferum* ya 1 yüklenmi PA6 nanoliflerinin SEM görüntüleri, büyütmeler: (a) 100X, (b) 1000X

Çizelge 6.1 IBM SPSS ile nanolifli yüzeyler için elde edilen tanımlayıcı istatistik verilerini göstermektedir. Çizelgeden görüldü ü üzere, saf PA6 nanolifleri en ince lifler iken, toz formunda lif çekim çözeltilisine ilave edilen özütler lif çapını arttırmı tır. Bu durumun çözeltili içerisinde ilave edilen (%5'lik) katı madde ile ilgili oldu u dü ünülmektedir. Çözeltiye eklenen katı madde miktarı artı ı konsantrasyon artı ı anlamına geldi inden ve elektrolif çekim i leminde konsantrasyon artı ı, elektrostatik kuvvetlere kar ı koyan viskoz sürüklenme kuvvetlerini yaratabilecek madde miktarının artması nedeniyle daha kalın lifler ile sonuçlandı ndan, bu beklenen bir durumdur.

Syzygium aromaticum ya ı yüklenmi nanoliflerin çaplarının ise çok daha yüksek oldu u gözlemlenmektedir. Ayrıca SEM görüntüsünden de görüldü ü üzere (Resim 6.4) nanolifler arasında tam kurumanın gerçekleşmedi i ba lantı (üst üste binme) noktaları bulunmaktadır. Bu durumun çözeltili içerisinde ilave edilen ya ın çözeltinin yüzey gerilimini yükselterek ve toplayıcıya uçu esnasında tam olarak buharla amadan liflerin toplanması neticesinde oldu u dü ünülmektedir. Ayrıca yüzey gerilimi artı ı aynı elektrostatik kuvvetler altında daha yüksek lif çapları ile sonuçlanmı tır. *Papaver somniferum* ya ı yüklenmi PA6 polimer çözeltisi ile elektrolif çekim i lemi gerçekleşmedi tir. Deney sırasında stabil bir jet de il, kar ı toplayıcıya damlacık atmaları gözlemlenmi tir ve bu damlacıklar görüntüde net ekilde gözlemlenmektedir (Resim 6.5 (a)). Bu durum *Papaver somniferum* ya ının formik asit içerisinde çözünmemesi ile açıklanabilir. %5 gibi dü ük bir oranda ilave edilmi olsa bile, ya ilavesi çözeltinin homojenli ini bozmu ve elektrolif çekimini imkansız kılmı tır.

Çizelge 6. 1. Nanoliflerin tanımlayıcı istatistikleri

| | N | Aralık | Minimum | Maksimum | Ortalama | Std. Sapma |
|----------------|---|---------|---------|----------|----------|------------|
| Saf PA6 | 100 | 115,52 | 57,94 | 173,46 | 104,86 | 22,54 |
| MLPA6 | 100 | 207,75 | 52,81 | 260,55 | 144,88 | 45,78 |
| ALPA6 | 100 | 311,72 | 26,40 | 338,12 | 169,72 | 74,13 |
| CLPA6 | 100 | 1277,16 | 131,15 | 1408,31 | 435,392 | 271,56 |
| OLPA6 | Lif olu umu gerçekleşmedi i için hesaplanamamı tır. | | | | | |

6.2 Nanoliflerin Kalınlık, Gramaj, Gözeneklilik ve Yüzey Alanı Bulguları

Üretilen saf PA6 nanolifli yüzeylerinin ölçülen kalınlık de erleri $100 \pm 12 \mu\text{m}$, gramaj de eri ise $12,26 \pm 3,56 \text{ g/m}^2$ 'dir. Oldukça ince ve hafif yüzeyler üretilebilmi tir. 20 saat süre ile elektrolif çekimi gerçekleşmedi tirilen PA6 nanoliflerinin civa porozimetresi analizi sonuçları ve BET yüzey alanı analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 6.2 ve 6.3'te verilmektedir. Geleneksel

tekstil yüzeyleri ile nanolifli yüzeylerin sahip olduğu yüksek gözeneklilik, düşük gözenek boyutu, yüksek yüzey alan ve daha fazla bağlanma noktası gibi avantajlı durumlar ile karşılaştırmalı imkanı kısıtlıdır. Bu yüzden bu tez çalışmasında ağırlık ve sancı azaltma etkisine sahip aktif bileşenlerin nanolifli yüzeylere etkin bir şekilde aktarımı amaçlanmıştır.

Çizelge 6. 2. Saf PA6 nanoliflerinin civa porozimetresi analiz sonuçları

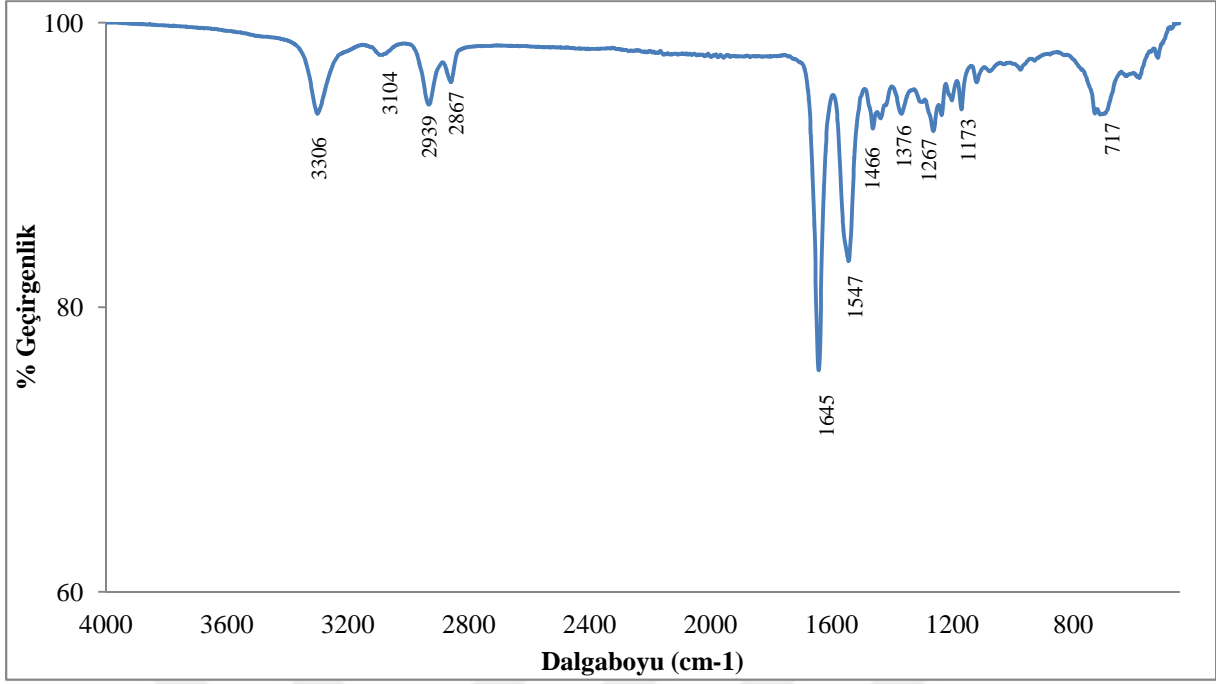
| Özellik | | Değer |
|--|------------|--------|
| Toplam nütrüzyon Hacmi (mL/g) | | 6,217 |
| Toplam Gözenek Alanı (m ² /g) | | 54,631 |
| Ort. Gözenek Çapı | Hacim (nm) | 3372,2 |
| | Alan (nm) | 84,5 |
| | 4V/A (nm) | 455,2 |
| Bulk Yoğunluğu (g/mL) | | 0,128 |
| Gözeneklilik (%) | | 79,84 |

Çizelge 6. 3. BET yüzey alan analizi sonuçları

| Yüzey alan bilgileri | Değer |
|--|----------|
| p/p ⁰ da tek nokta yüzey alanı (m ² /g) | 81,6352 |
| BET yüzey alanı (m ² /g) | 98,3676 |
| Langmuir yüzey alanı (m ² /g) | 171,0014 |
| 1,7-300 nm genişliğindeki gözeneklerin kümülatif yüzey alanı (adsorpsiyon için hesaplanan) (m ² /g) | 137,099 |
| 1,7-300 nm genişliğindeki gözeneklerin kümülatif yüzey alanı (desorpsiyon için hesaplanan) (m ² /g) | 81,0465 |
| Gözenek hacmi bilgileri | Değer |
| 1,7-300 nm genişliğindeki gözeneklerin kümülatif hacmi (adsorpsiyon için hesaplanan) (cm ³ /g) | 0,144225 |
| 1,7-300 nm genişliğindeki gözeneklerin kümülatif hacmi (desorpsiyon için hesaplanan) (cm ³ /g) | 0,121678 |

6.3 FTIR Analizi Bulguları

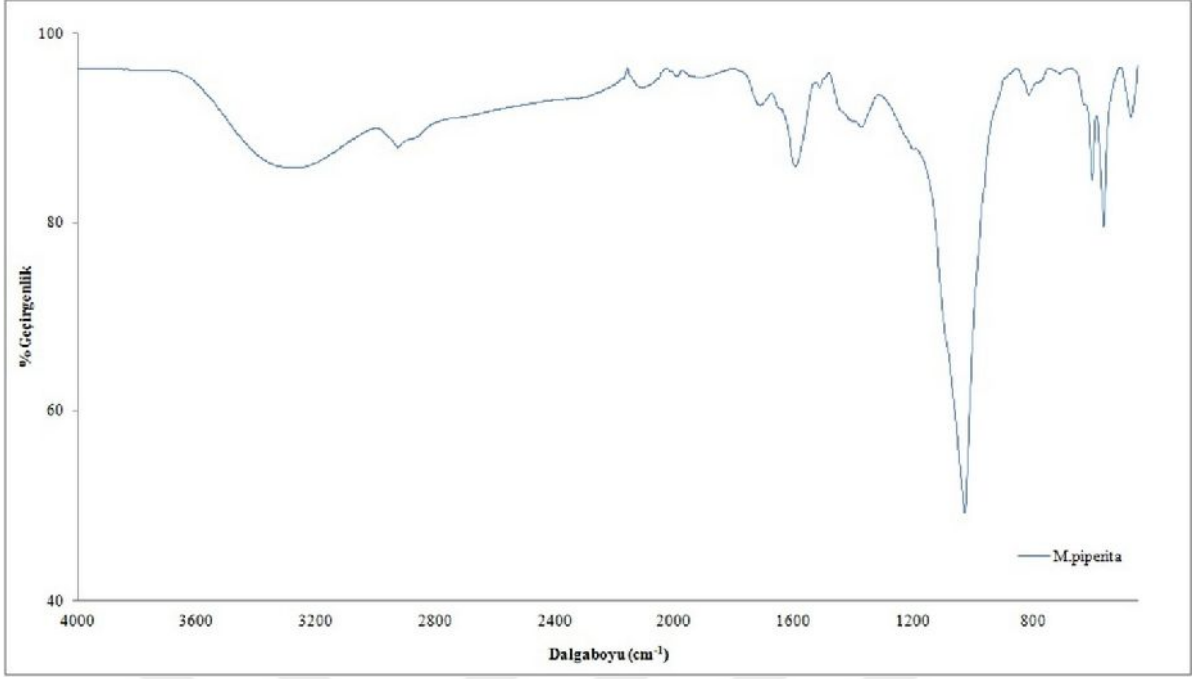
FTIR analizinde öncelikle saf PA6 nanolifli yüzeyinin spektrumu alınmış olup, ekil 6.5'te verilmektedir. Spektrumdan elde edilen pikler ve piklerin karşılık geldiği fonksiyonel gruplar Çizelge 6.4'te verilmektedir. Spektrumdan gözlemlenen pikler daha önceki çalışmalarda da belirtilmiştir [Kherroub et al., 2014].



ekil 6. 5. Saf PA6 nanoliflerinin FTIR spektrumu

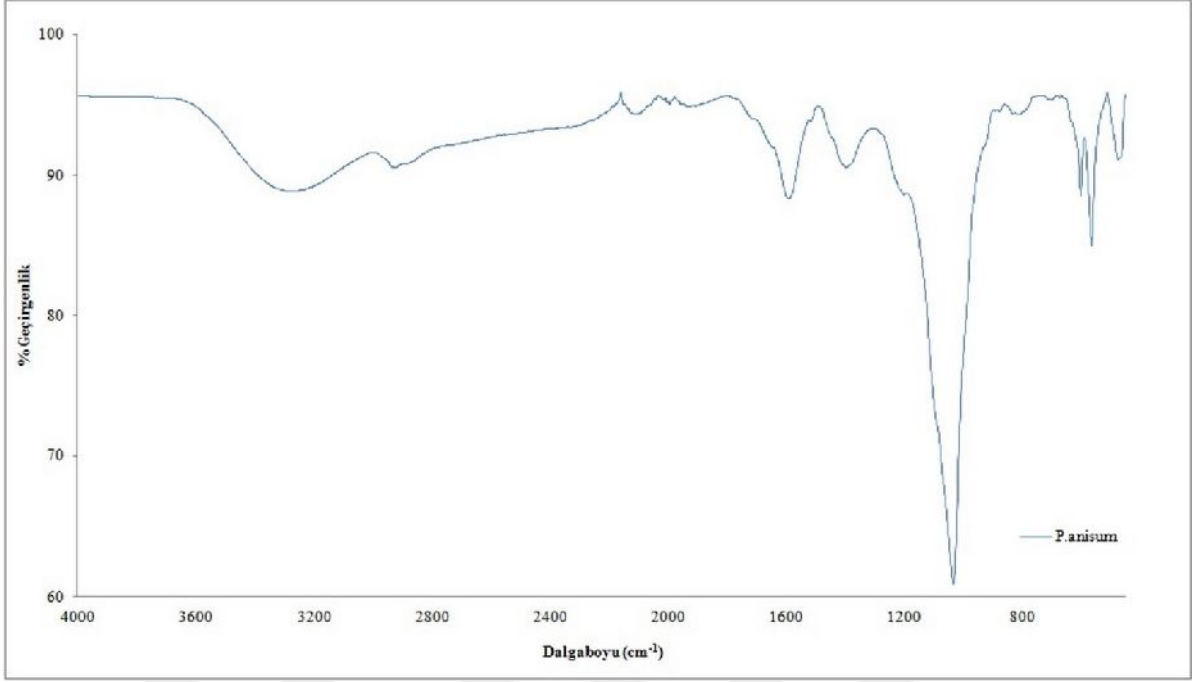
Çizelge 6. 4 PA6 nanoliflerinin FTIR spektrumu pikleri ve fonksiyonel gruplar

| Pik dalgaboyu (cm ⁻¹) | PA6'daki fonksiyonel grup | Yo unluk |
|-----------------------------------|------------------------------|----------|
| 3306 | N-H e ilme titre imi | Orta |
| 3104 | N-H e ilme titre imi | Zayıf |
| 2939 | C-H gerilmesi | Orta |
| 2867 | C-H gerilmesi | Orta |
| 1645 | C=O amid I gerilmesi | Güçlü |
| 1547 | N-H ve C-B amid II gerilmesi | Güçlü |
| 1466 | C-H deformasyonu | Orta |
| 1446 | C-O-H düzlemsel e ilmesi | Zayıf |
| 1376 | C-H salınımı | Zayıf |
| 1267 | Amid III | Zayıf |
| 1173 | C-H salınımı | Zayıf |
| 1090 | C-H salınımı | Zayıf |
| 987 | CO-NH düzlemsel titre imi | Zayıf |
| 717 | C-H salınımı | Orta |



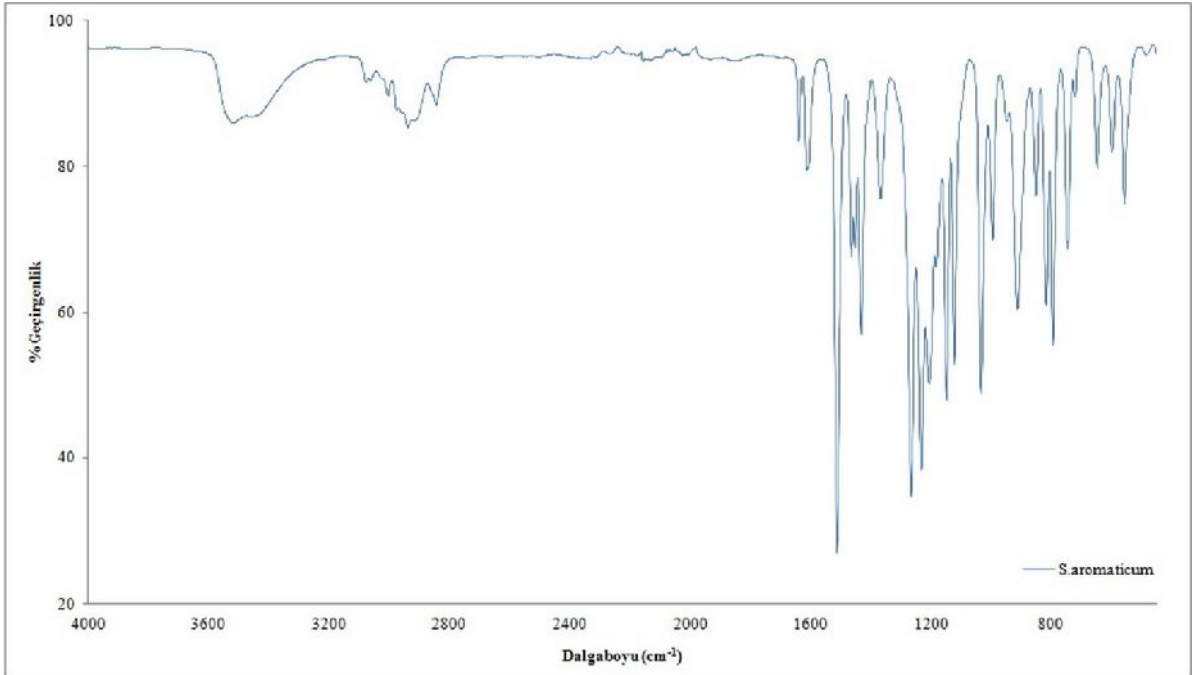
ekil 6. 6. *Mentha piperita* özütünün FTIR spektrumu

ekil 6.6'da *Mentha piperita* özütünün FTIR spektrumu incelendi inde, 3600-3200 cm^{-1} 'de geni bir band ile kar ıla ılmaktadır. Gözlemlenen bu geni bandın alkol ve fenolik bile enlerinin hidroksil fonksiyonel gruplarından kaynaklandı ı belirtilmektedir. 1604 cm^{-1} 'deki pik karbonil içeren grupların varlı na i aret etmektedir. 1029 cm^{-1} 'deki keskin piki, bitki özütündeki proteinlerin yarattı ı C-OH ba ından kaynaklandı ı dü ünülmektedir [Gabriela et al., 2017].



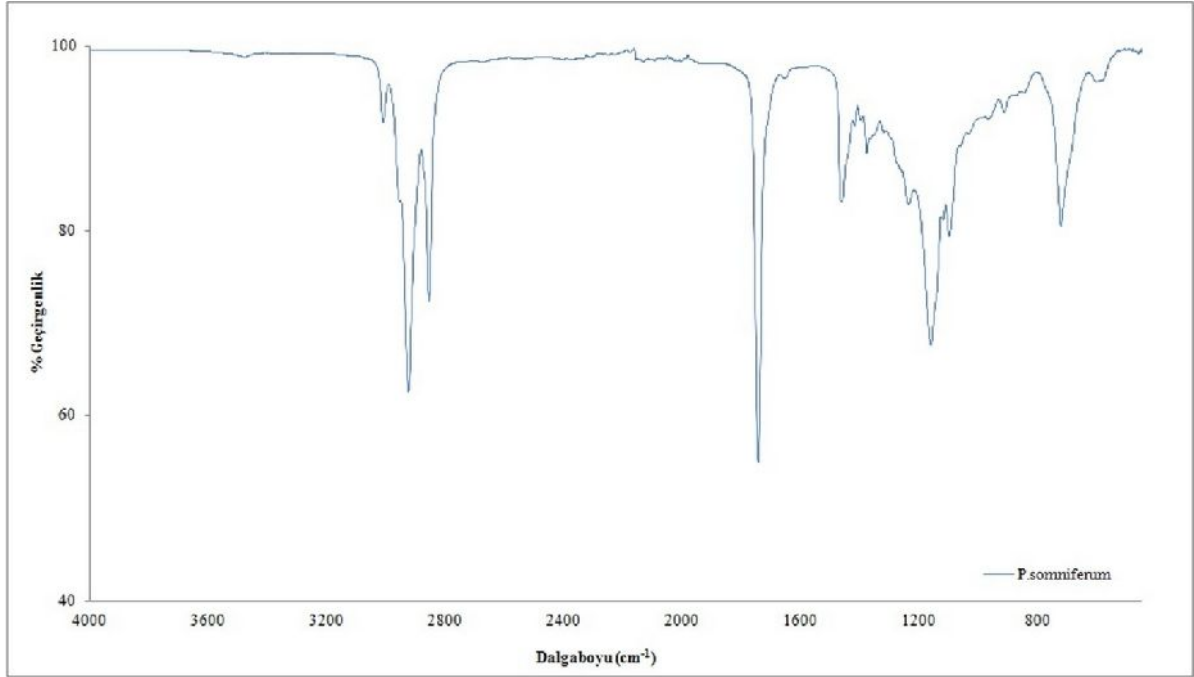
ekil 6. 7. *Pimpinella anisum* özütünün FTIR spektrumu

Pimpinella anisum özütünün ekil 6.7’de verilen FTIR spektrumu incelendi inde, 3600-3200 cm^{-1} aralı nda geni bir bandın hidroksil gruplarına ba lı olarak olu tu u dü ünülmektedir. Literatürde 2930 cm^{-1} ’de yine CH gerilmelerine ba lı bir pikin, 1589 cm^{-1} ’de COO gerilmelerine ba lı bir pikin, 1395 cm^{-1} ’de C=C gruplarına ba lı bir pikin, 1034 cm^{-1} ’de C=O gruplarına ba lı bir pikin gözlemlendi i belirtilmi tir [AlSalhi et al., 2016].



ekil 6. 8. *Syzygium aromaticum* ya ının FTIR spektrumu

Syzygium aromaticum yaının ekil 6.8’de verilen FTIR spektrumu incelendi inde, pek çok pik ile karılaıldı ı gözlemlenmektedir. Bu piklerin, 3544 cm^{-1} ’de fenolik hidroksillerdeki OH gerilmesinden, 3010 cm^{-1} ’de metilendeki C-H asimetrik gerilmesinden, 1513 ve 1433 cm^{-1} ’deki piklerin fenil halka gerilmesinden, 1035 cm^{-1} ’de =C-O-C simetrik gerilmesinden (aromatiklerde), 916 cm^{-1} ’de C-H düzlem dı ı deformasyondan, 796 cm^{-1} ’de C-H asimetrik gerilmesinden kaynaklandı ı literatürde belirtilmektedir [Wu et al., 2008; Yadav and Balasubramanian, 2015].

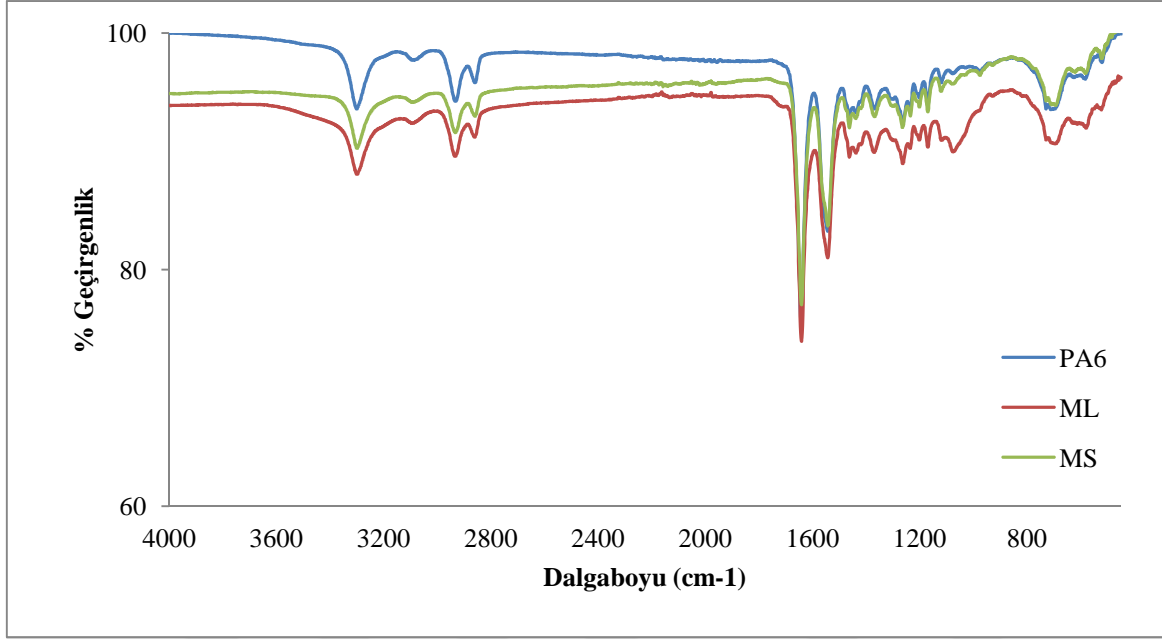


ekil 6. 9. *Papaver somniferum* yaının FTIR spektrumu

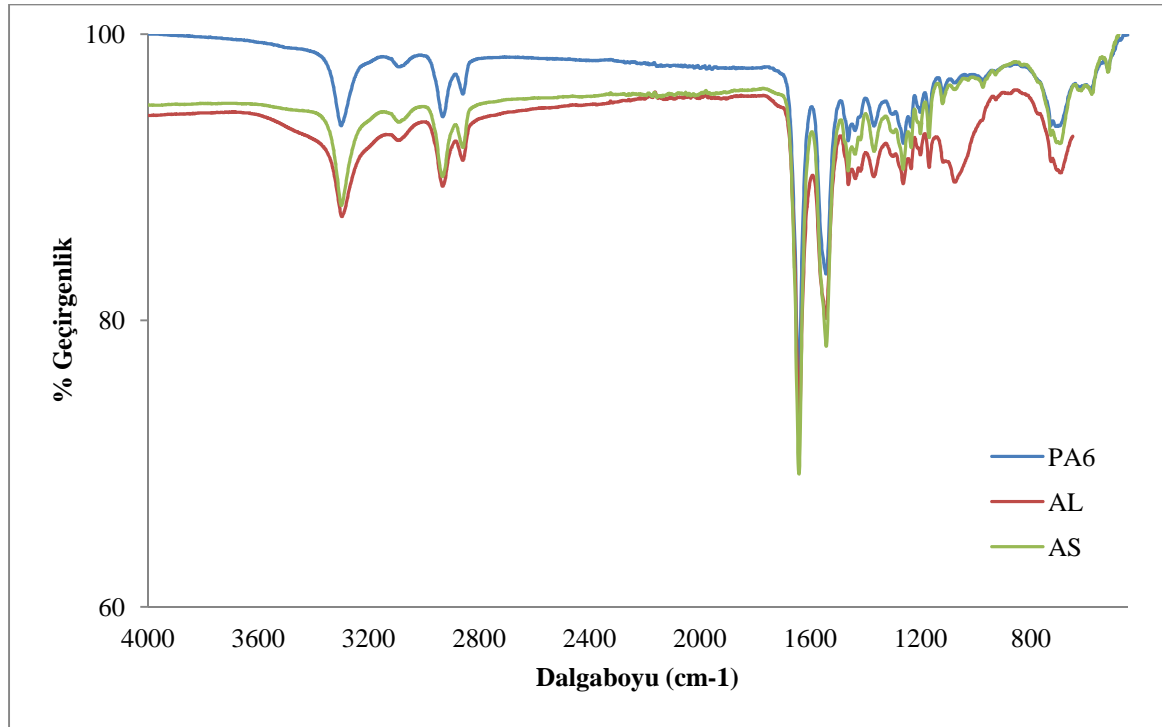
ekil 6.9’da görülen *Papaver somniferum* yaının FTIR spektrumu incelendi inde, 3014 cm^{-1} ’de C-H ve =CH gerilme titre imlerine ba lı pikin, 2922 cm^{-1} ’de CH asimetrik gerilmesine ba lı titre imlerin yarattı ı pikin, 2856 cm^{-1} ’de phythyl zincirleri CH simetrik gerilmesinden kaynaklanan pikin, 1746 cm^{-1} ’de terpen alkaloid esterinde bulunan CO gerilmesine ba lı titre imin yarattı ı pikin, 1467 ve 1380 cm^{-1} ’de CH2 e ilme titre imlerine ba lı piklerin, 1234 cm^{-1} ’de NH (amid III) e ilmesine ba lı pikin, 1162 cm^{-1} ’de C-O-C gerilmesine ba lı yo un pikin, 843 cm^{-1} ’de ise aromatik halkaların C-H gerilmesine ba lı titre imlerin yarattıkları pikler görölmektedir [Carrion-Prieto et al., 2017].

Gerek lif çekim çözeltilisine özüt ve ya ilavesi ile, gerekse bitkisel özüt ve ya ın emdirilmesi ile üretilen 7 farklı PA6 nanolifli yüzeyi için FTIR görüntüleri alınmı ve her biri yüklenen bitkisel maddeye göre ayrı bir grafik halinde verilmi tir. PA6 nanoliflerinin spektrumu da

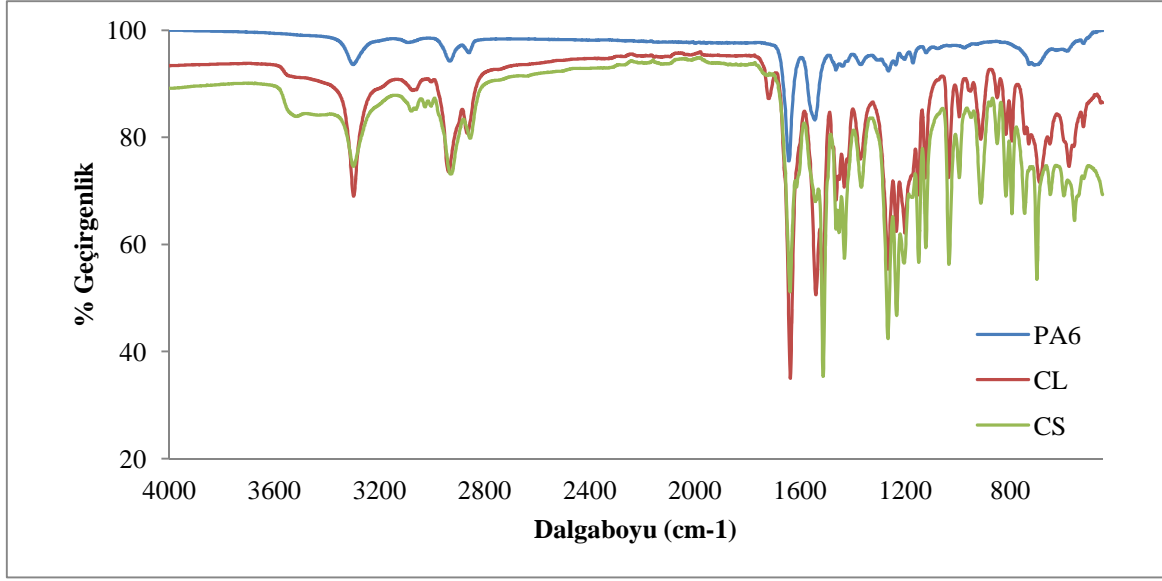
kontrol niteli inde grafiklere eklenmi tir. ekil 6.6- 6.9 arasında sırasıyla MLPA6 ve MSPA6, ALPA6 ve ASPA6, CLPA6 ve CSPA6 ile OSPA6 nanolifli yüzeylerinin FTIR spektraları görülmektedir. Özellikle L kodlu örneklerde nanoliflerin içerisine bitkisel özüt ve ya ların katılımı olma durumlarının incelenmesi açısından sa lıklı bir de erlendirme oldu u dü ünülmektedir.



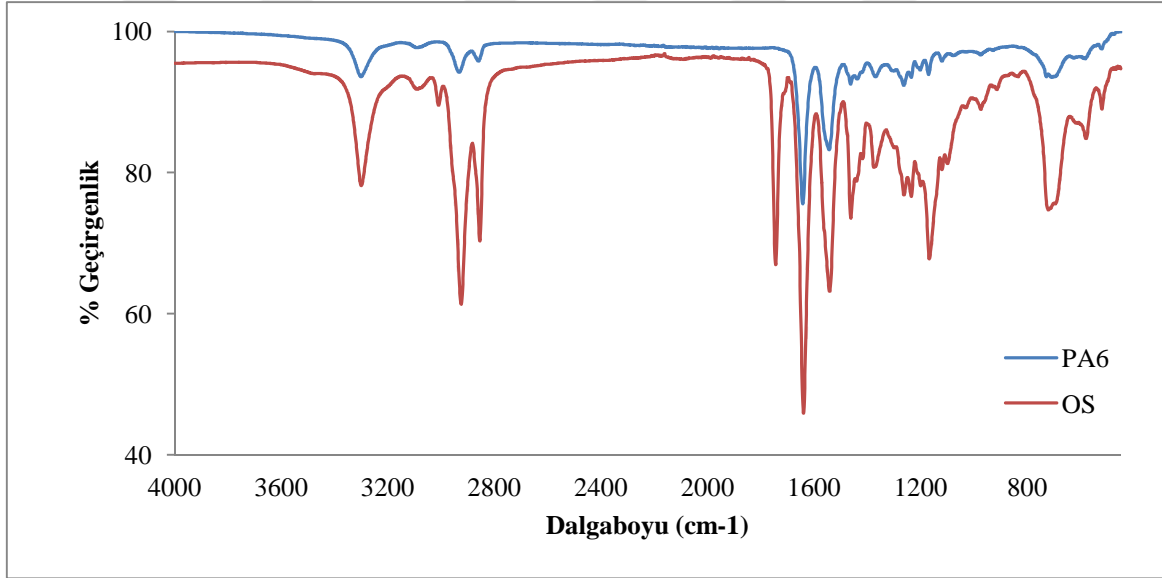
ekil 6. 10. MLPA6, MSPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektraları



ekil 6. 11. ALPA6, ASPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektraları



ekil 6. 12. CLPA6, CSPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektraları



ekil 6. 13. OSPA6 ve PA6'ya ait FTIR spektraları

Öncelikle FTIR spektralarından gözlenen temel noktanın tüm spektraların PA6 nanoliflerinin spektrasına benzediği durumudur. lave edilen bitkisel özüt ve yağ oranı sadece %5 olduğu için bu beklenen bir durumdur. Bunun yanı sıra, aynı bitkisel madde için S kodlu örnekler ile L kodlu örneklerin spektralarının benzer olduğu görülmektedir. Bu durum lif çekim çözeltisi içerisine ilave edilen bitkisel özüt ve yağların bağırlı şekilde nanolifli yüzey yapısına dahil edildiğini kanıtlamaktadır.

lave edilen özüt ve yağlara ait, PA6'dan farklı olarak gözlemlenen fonksiyonel gruplar Çizelge 6.5'te verilmektedir. Tüm örneklerde saf PA6 nanoliflerine göre piklerin

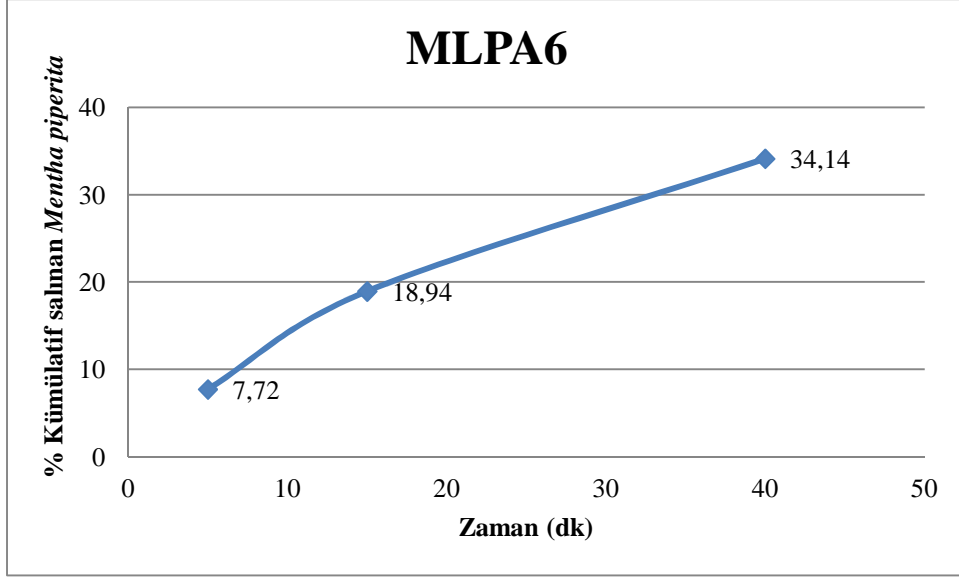
yo unluklarında genel bir artış gözlemlenmiş olup, bu artışın yağ içeren nanoliflerde özüt içeren nanoliflere göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Çizelge 6. 5. M, A, C ve O kodlu örneklerde görülen pikler ve fonksiyonel gruplar

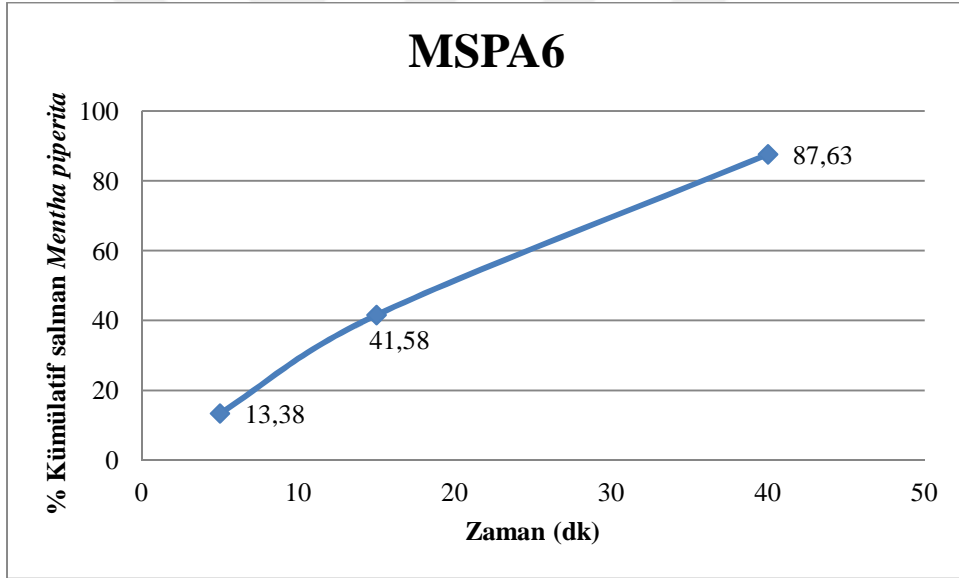
| Pik dalga boyu (cm ⁻¹) | Fonksiyonel grup | Ait olduğu örnekler |
|------------------------------------|---|---------------------|
| 1084 | C-OH gerilmesi | MLPA6, MSPA6 |
| 1085 | C-O gerilmesi | ALPA6, ASPA6 |
| 3544 | O-H gerilmesi (fenolik hidroksillerde) | CLPA6, CSPA6 |
| 3010 | C-H asimmetrik gerilmesi (metilende) | |
| 1513 | Fenil halka gerilmesi | |
| 1433 | Fenil halka gerilmesi | |
| 1035 | =C-O-C simetrik gerilmesi (aromatiklerde) | |
| 916 | C-H düzlemsel deformasyon | |
| 796 | C-H asimmetrik gerilmesi | |
| 3014 | C-H ve =CH gerilmeleri | |
| 1746 | CO gerilmesi (terpen alkoloid esteri) | OSPA6 |
| 1042 | -C=O ve aromatik halka C-H gerilmesi | |
| 843 | aromatik halka C-H gerilmesi | |

6.4 UV-Görünür Bölge Analizi Bulguları

Lif çekim çözeltisi içerisine toz formunda özütler ve yağ yüklenerek yağ da emdirme yöntemi ile toz formunda özütlerin ve yağların aktarıldığı nanolifli yüzeylerin salım testlerinden belirlenen zaman dilimlerinde alınan ortam sıvıları, metotta anlatıldığı üzere UV-görünür bölge analizine tabi tutulmuştur. UV-görünür bölge analizi ile elde edilen bileşenlerin kümülatif olarak salım değerleri ekil 6.10- 6.16'da verilmektedir.



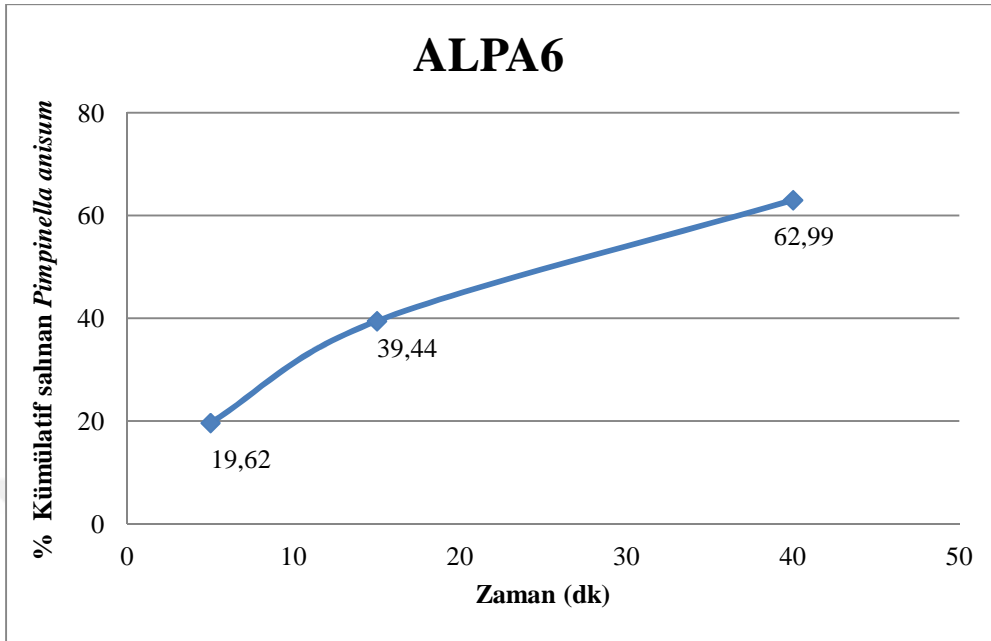
ekil 6. 14. Lif çekim çözeltisine *Mentha piperita* özütü yüklenmiş PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafiği



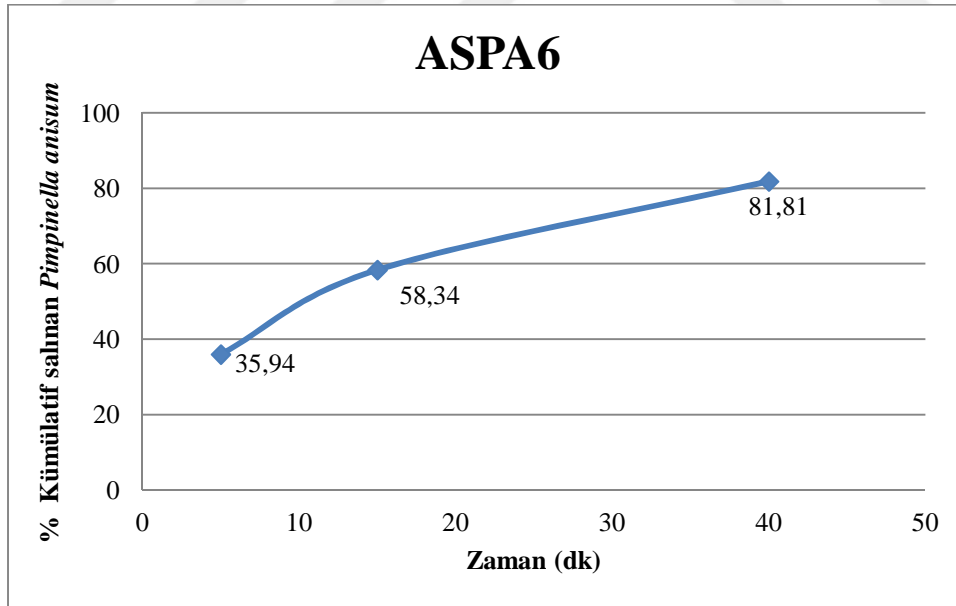
ekil 6. 15. *Mentha piperita* özütü emdirilmiş PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafiği

Mentha piperita özütü içeren nanolifli yüzeylerin salım grafikleri incelendiğinde, aynı zaman diliminde özüt emdirilmiş PA6 nanolifli yüzeylerinden (MSPA6) çekim çözeltisi içerisine eklenen PA6 nanolifli yüzeylerine (MLPA6) göre daha fazla miktarda bile en salımı gerçekleştirildiği gözlemlenmektedir. Toplamda MLPA6 örneklerinden ~%35 civarında özüt salınırken, MSPA6 örneklerinden ~%80-90 oranında özüt salınmıştır. Bu durum lif çekim çözeltisi içerisine eklenen özütün lif yapısına dahil olması, polimerin fonksiyonel grupları ile daha güçlü fiziksel etkileşimler meydana getirmesi ile açıklanabilir. Emdirme sonucunda

sadece yüzeyden nanolifli yapı içerisinde penetre olan özütün zayıf fiziksel etkileşimlerle tutunması muhtemeldir.

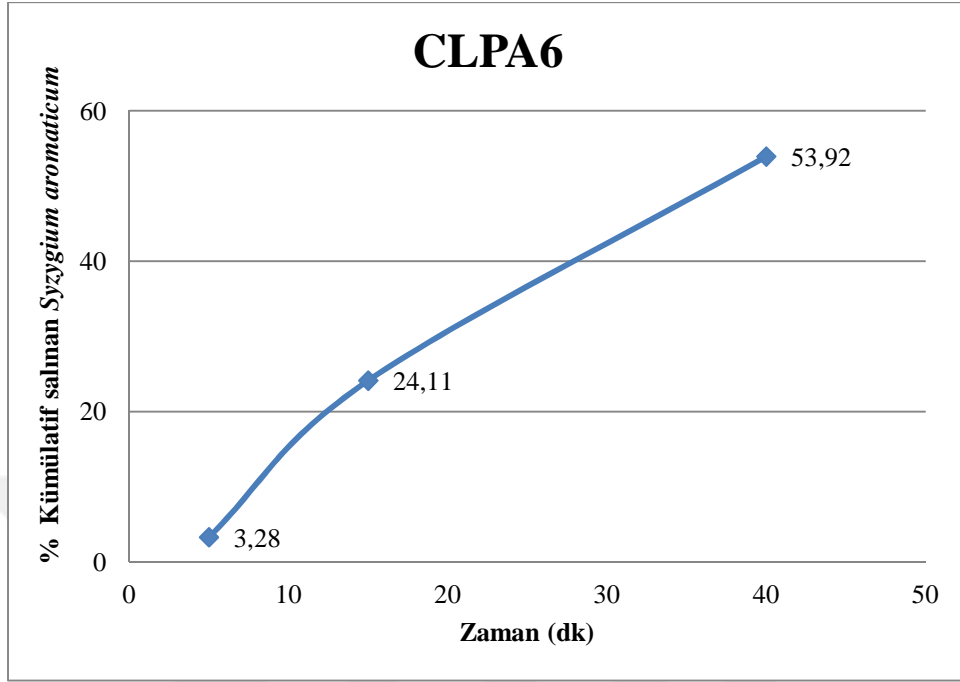


ekil 6. 16. Lif çekim çözeltisine *Pimpinella anisum* özütü yüklenmiş PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafiği

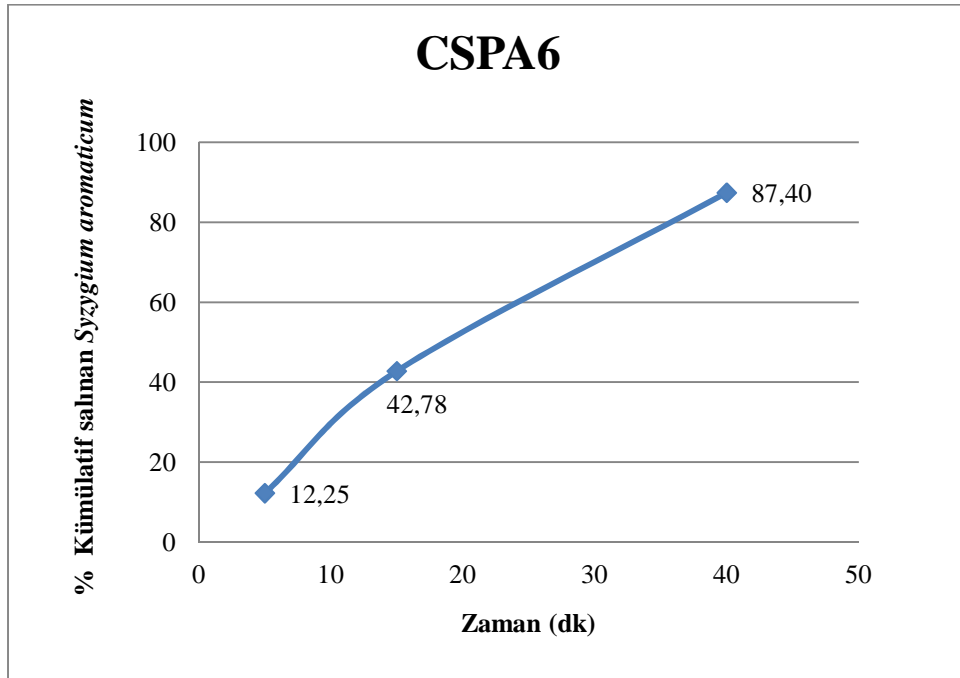


ekil 6. 17. *Pimpinella anisum* özütü emdirilmiş PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafiği
Pimpinella anisum özütü ve *Syzygium aromaticum* yağı yüklü nanolifli yüzeylerde de *Mentha piperita*'ya benzer bir durum gözlemlenmiştir. Lif çekim çözeltisi içerisinde yüklenen bileşenler, emdirme ile yüklenen bileşenlerden daha kolay salınmıştır. Kümülatif salım

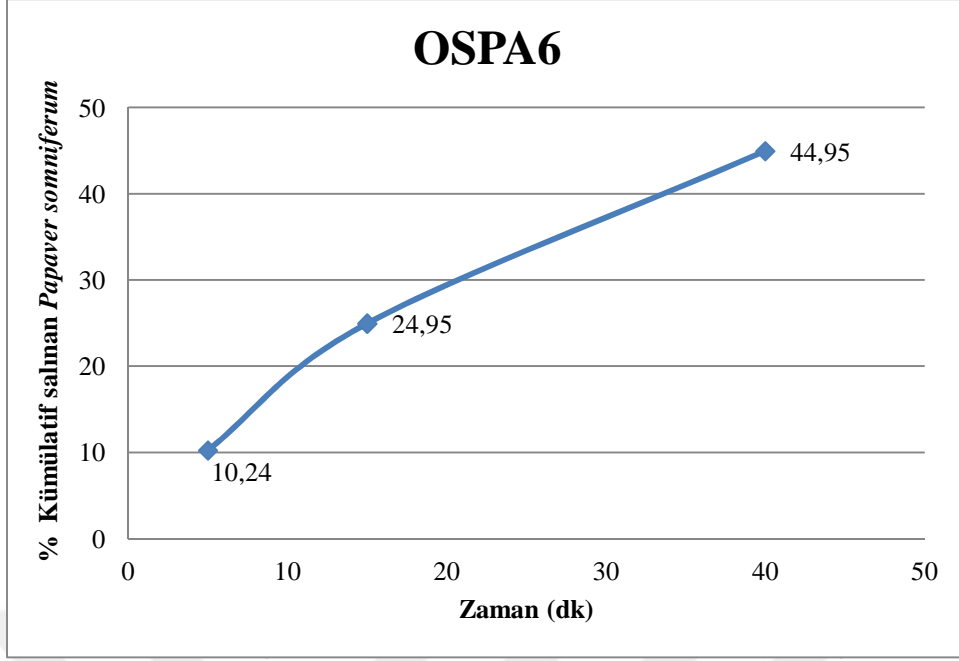
de erleri incelendi inde, ALPA6 için ~%63, ASPA6 için ~%82'lik bile en salımının gerçekte i görülmektedir. CLPA6 için bu de er ~%54 iken, CSPA6 için ~%88'dir.



ekil 6. 18. Lif çekim çözeltilisine *Syzygium aromaticum* ya ı yüklenmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i



ekil 6. 19. *Syzygium aromaticum* ya ı emdirilmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i

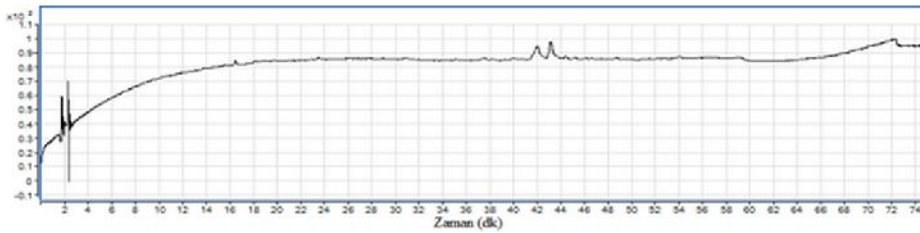


ekil 6. 20. *Papaver somniferum* ya 1 emdirilmi PA6 nanolifli yüzeyinin salım grafi i

Papaver somniferum ya 1 sadece emdirme yöntemi ile nanolifli yüzeye aktarılabilmir. Kümülatif salım de erleri incelendi inde yüzeyden bir aktarım gerçekleşirilmesi olmasına rağmen ~%45'lik bir salım gerçekleştiği gözlemlenmektedir. Gerçekle en bu sınırlı salım de eri *Papaver somniferum* ya 1'ın temel bile en olan morfinin kimyasal yapısı ile ilgili olabilir. Yapısında bulunan OH fonksiyonel gruplarının PA6 nanolifleri ile güçlü fiziksel etkile imlere girmi oldu u dü ünülmektedir.

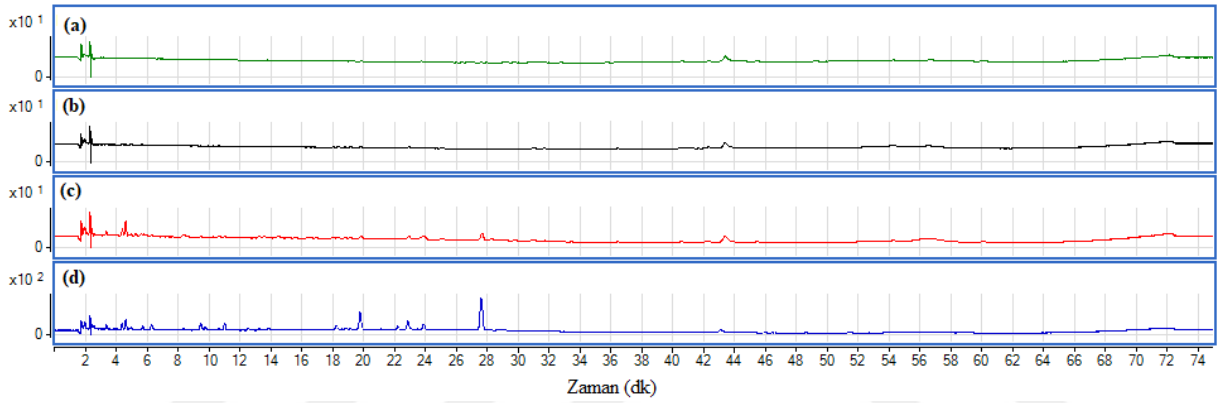
6.5 HPLC Analizi Bulguları

Salım ortamı yöntemde bahsedildi i üzere izotonik çözelti oldu u için öncelikle izotonik çözeltinin HPLC grafi i çıkarılarak, sodyum ve klor elementleri için pikler belirlenmeye çalışılmı tır. Literatürde 0,5-1,0 dk arası sodyum iyonunun, 2,0-2,5 dk arası ise Cl iyonunun tutuldu u belirtilmektedir. ekil 6.17'de görüldü ü üzere, izotonik çözelti içerisindeki sodyum 1,6. dakikada, klor ise 2,3. dakikada tutulmu tur.

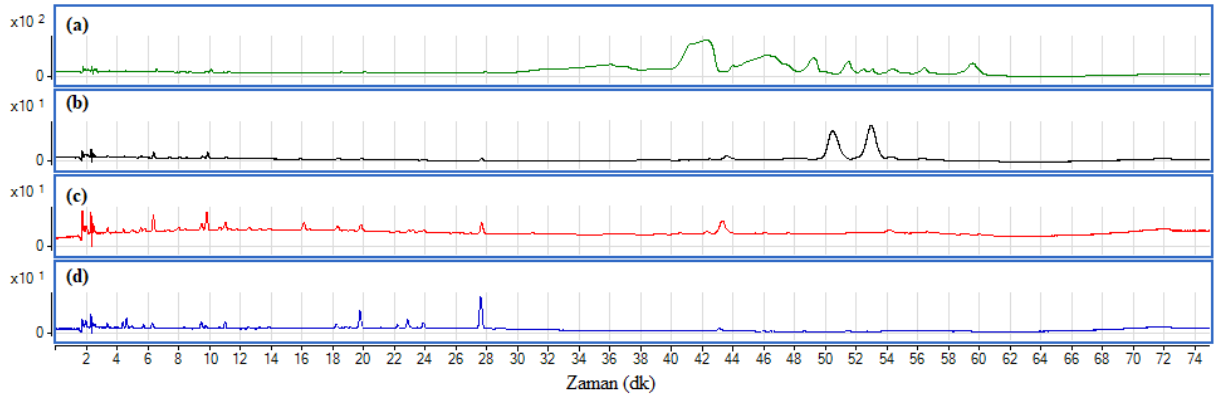


ekil 6. 21. zotonik çözeltinin HPLC grafi i

Lif çekim çözeltisi içerisine yüklenen veya PA6 nanolifli yüzeyine emdirilen *M.piperita* özütünün HPLC grafi i incelendi inde (ekil 18 ya da 19 (d)), 1,9, 2,2, 3,3, 4,3, 4,5, 5,6, 6,2, 9,4, 10,9, 18,2, 19,7, 22,2, 22,8, 23,8 ve 27,6'da fenolik bile enlerin salındı ı gözlemlenmektedir. %26,5 gibi yüksek bir alana sahip olan dakika 27,6'da kar ımıza çıkan pikin rosmarinik asit ya da eriositrin oldu u dü ünülmektedir. Bunun dı ndaki piklerin *M.piperita*'nın içerisinde bulundu u bilinen bile enlerden askorbik asit, luteolin 7-O-rutinosit, klorogenik asit, kafeik asit, rutin, gallik asit, ferulik asit ve kuersetin olabilece i dü ünülmektedir [McKay et al., 2006; Arruda et al., 2017; Farnad et al., 2014]. Yine 5, 15 ve 40 dakikalık salımlar de erlendirildi inde 40. dakikada salım ortamından alınan sıvıdan salınan bile enlerin daha fazla oldu u göze çarpmaktadır.



ekil 6. 22. MLPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri, (a) MLPA6-5, (b) MLPA6-15, (c) MLPA6-40, (d) lif çekim çözeltisi içerisine yüklenen *M.piperita* özütü



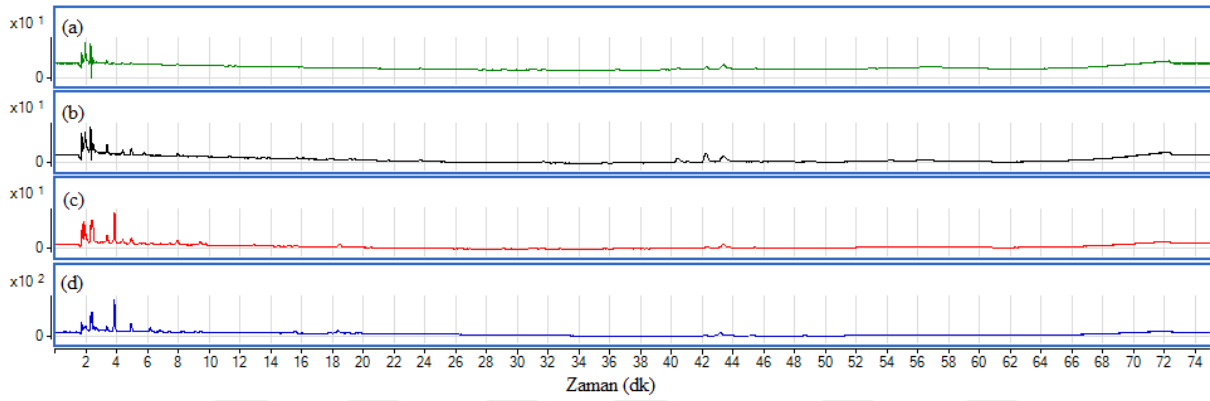
ekil 6. 23. MSPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri, (a) MSPA6-5, (b) MSPA6-15, (c) MSPA6-40, (d) PA6 nanolifli yüzeyine emdirilen *M.piperita* özütü

MLPA6 örneklerinde oldu u gibi, MSPA6-40 örne i en çok fenolik bile en salımının gerçekle ti i örnek olup, Çizelge 6.6'da bu özüte ait en yüksek yo unlu a sahip 5 pikin dakikaları ve % olarak alanları verilmektedir. Standart fenolik bile enler temin edilemedi inden bu bile enler için herhangi bir tanımlama yapılamamı tır. Salım süresine

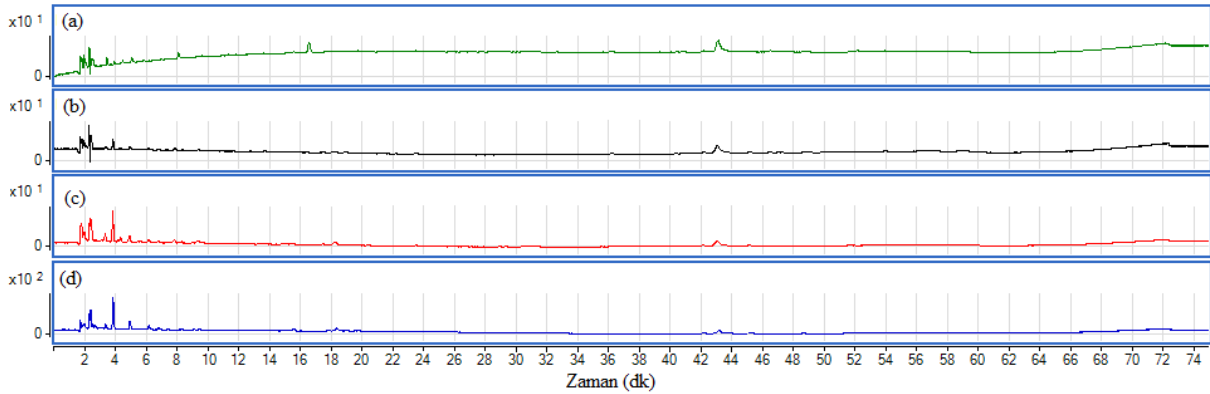
göre bir de erlendirme yapılacak olursa; bile en salımının süre ile artı sergiledi i, 5, 15 ve 40 dakika için grafikte kar ımıza çıkan pik sayılarının ve yo unluklarının artı sergiledi i söylenebilir.

Çizelge 6. 6. MSPA6-40 örne indeki bile enlerin tutulma zamanları

| Tutulma zamanı (dk) | % Alan |
|---------------------|--------|
| 1,9 | 15,4 |
| 2,4 | 14,1 |
| 6,3 | 7,7 |
| 9,8 | 8,8 |
| 27,6 | 6,7 |



ekil 6. 24. ALPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri, (a) ALPA6-5, (b) ALPA6-15,(c) ALPA6-40, (d) lif çekim çözeltisi içerisinde yüklenen miktardaki *P.anisum* özütü



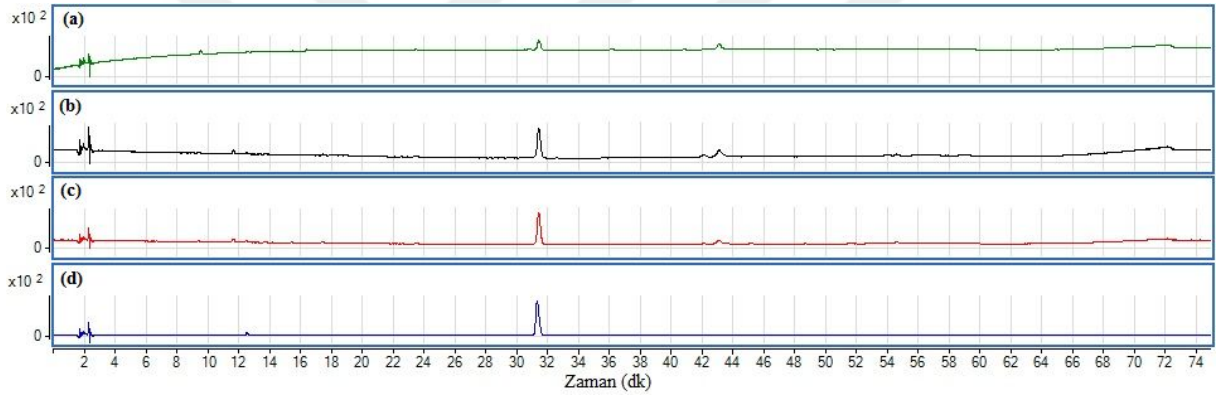
ekil 6. 25. ASPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri, (a) ASPA6-5, (b) ASPA6-15, (c) ASPA6-40, (d) PA6 nanolifli yüzeyine emdirilen miktardaki *P.anisum* özütü

Lif çekim çözeltisi içerisinde yüklenen (ALPA6) ve saf PA6 nanolifli yüzeyine emdirilen (ASPA6) *P.anisum* özütüne ait HPLC grafi i incelendi inde (ekil 20 ya da 21 (d)), Çizelge 6.7'deki pikler ile kar ıla ılmaktadır. Yine en fazla bile en salımın 40. dakikada salım ortamından alınan sıvıda görüldü ü HPLC grafi inden gözlemlenmektedir. Dakika 3,7'de tutulan bile enin özütün temel bile eni olan transanetol oldu u dü ünülmektedir. ASPA6 için

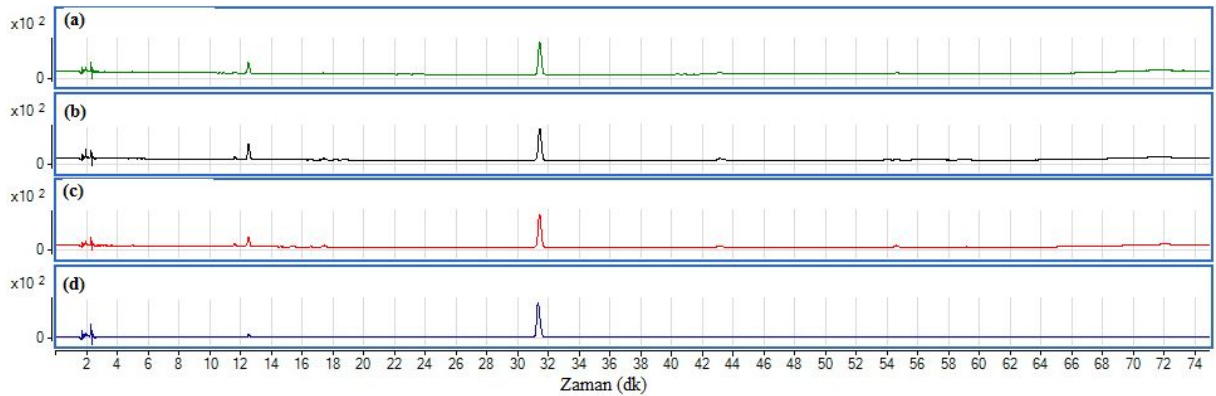
de ALPA6 için de, transanetole ait olduğu düşünülen pik yoğunluğu 5<15<40 dakikasında bir şekilde sergilenmektedir. Tolba et al. tarafından 2012’de gerçekleştirilen çalışmada *P.anisum* özütü bu çalışmada kullanılanla aynı marka HPLC cihazı ve aynı özelliklerdeki kolon ile aynı sıcaklıkta (35°C’de) de gerçekleştirilmiştir ve çizelgede belirtilen tutulma zamanlarında sırasıyla klorojenik asit, hypersoid, p.kumarik asit ve kumarin bileşenlerine ait piklerin ortaya çıktığını ifade etmişlerdir [Tolba et al. 2012].

Çizelge 6. 7. *P.anisum* özütünün HPLC analizi

| Tutulma zamanı (dk) | % Alan |
|---------------------|--------|
| 2,5 | 3,1 |
| 2,6 | 3,1 |
| 4,9 | 6,7 |
| 6,1 | 3,4 |
| 6,7 | 2,2 |



ekil 6. 26. CLPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri, (a) CLPA6-5, (b) CLPA6-15, (c) CLPA6-40, (d) lif çekim çözeltisi içerisinde yüklenen miktardaki *S.aromaticum* yağı



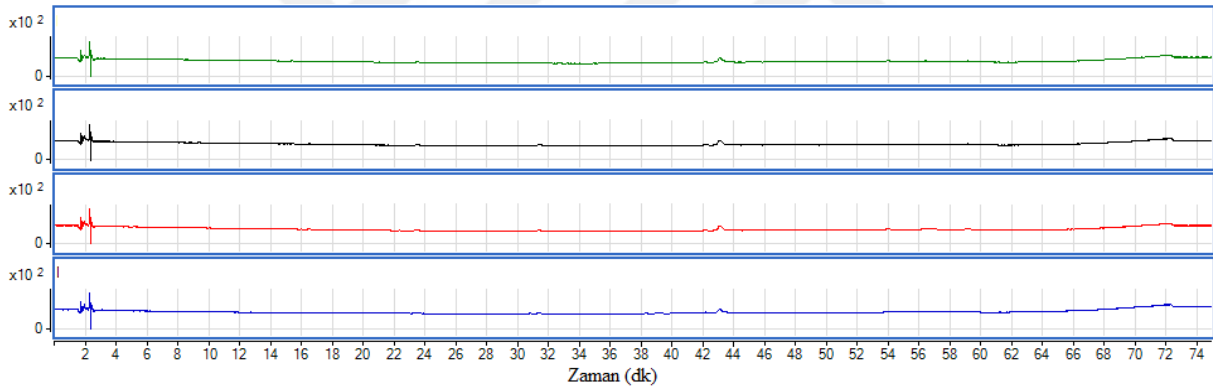
ekil 6. 27. CSPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri, (a) CSPA6-5, (b) CSPA6-15, (c) CSPA6-40, (d) PA6 nanolüflü yüzeyine emdirilen miktardaki *S.aromaticum* yağı

Lif çekim çözeltisi içerisinde yüklenen (CLPA6) ve PA6 nanolüflü yüzeyine emdirilen (CSPA6) *S.aromaticum* yağına ait HPLC grafiği incelendiğinde (ekil 6.22 ya da 23 (d)), Çizelge

6.8'deki pikler ile karılaşılmaktadır. Burada en büyük yoğunluğa sahip 6 pik verilmektedir. *Syzygium aromaticum* yağı içerisinde en temel bileşenin öjenol olduğu bilinmektedir [Musenga et al., 2006], 31,3. dakikadaki pikin öjenola ait olduğu düşünülmektedir. Salım süresi arttıkça, örnekler için temel pik yoğunluğu artmaktadır (CLPA6-5: ~%20, CLPA6-15: ~%40, CLPA6-40: ~%52 ve CSPA6-5: ~%49, CSPA6-15: ~%53, CSPA6-40: ~%57).

Çizelge 6. 8. *S.aromaticum* yağı HPLC analizi

| Tutulma zamanı (dk) | % Alan |
|---------------------|--------|
| 1,9 | 8,9 |
| 2,2 | 12,1 |
| 11,6 | 3,1 |
| 12,5 | 1,2 |
| 17,4 | 1,9 |
| 31,3 | 46,2 |



ekil 6. 28. OSPA6 örneklerine ait HPLC grafikleri, (a) OSPA6-5, (b) OSPA6-15, (c) OSPA6-40, (d) PA6 nanolifli yüzeyine emdirilen miktardaki *P.somniferum* yağı

Formik asit içerisinde çözünmediği için Elektrolit çekimi yapılamayan ve sadece PA6 nanolifli yüzeylerine emdirilerek çalışılan OSPA6 örnekleri için dakika 1,8 (alan: %9,5), 1,9 (alan: %41,1) ve 2,2 (alan: %49,4)'de üç adet pik gözlemlenmiş olup, en yoğun pikin *P.somniferum* yağının temel bileşeni olan morfine ait olduğu düşünülmektedir.

Standart fenolik bileşenlerin temin edilip analiz gerçekleştirilemediğinden, HPLC analizi net olarak salım ortamına geçen fenolik bileşen tespitinde yetersiz kalmıştır. Genel olarak HPLC analizinden; artan salım sürelerinde salım ortamından alınan sıvılarda, tanımlanamasa da daha fazla bileşen ile karşılaşıldığı sonucu çıkmaktadır. Bu da ağırlık ve sancağı azaltma etkili nanolifli

yüzeilerin a rı ve sancılı bölgeye uygulama süresi artı 1 ile daha etkili olacaklarının bir göstergesidir.



7. SONUÇLAR

Bu tezde bitkisel madde içeren doğal kaynaklı a rı ve sancı azaltıcı nanolifli yüzeylerin üretimi amaçlanmıştır. Bu amaçla gerçekleştirilen tüm çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Poliamid 6 polimerinden elektrolif çekim yöntemi ile başarılı şekilde nanolifler elde edilmiştir. Elde edilen nanolifler düzgün morfolojili ve boncuksuz yapıdadır.
- Lif çap ortalamaları 105 ± 22 nm olan poliamid 6 nanolifleri üretilmiştir.
- A rı ve sancı azaltma etkisi literatürce desteklenen bitkisel ajanlardan *M.piperita* ve *P.anisum* özütleri ile *S.aromaticum* ve *P.somniferum* yağları nanolifli yüzeylere hem lif çekim çözeltisinin içerisine ilave edilerek hem de emdirme yöntemi ile yüklenmiştir. Sadece *P.somniferum* yüklemesi ile nanolif oluşumu mümkün olmamış olup, bunun sebebinin *P.somniferum* yağının, çalışmada kullanılan çözücü olan formik asit içerisinde çözünmemesi, homojen bir karışımın oluşturulmaması olduğu düşünülmektedir. Bahsi geçen diğer bitkisel özütler ve yağ ile başarılı şekilde düzgün morfolojili nanolifler elde edilebilmiştir.
- *M.piperita* özütü yüklü nanoliflerin kalınlıkları 145 ± 45 nm bulunurken, *P.anisum* özütü yüklü nanoliflerin kalınlıkları 170 ± 74 nm olarak hesaplanmıştır.
- *S.aromaticum* yağı yüklü nanoliflerin kalınlıkları 435 ± 271 nm olarak hesaplanmıştır. Bu liflerin özüt yüklü nanoliflere göre daha kalın ve yüksek standart sapmaya sahip olmalarının nedeninin yağın lif çekim çözeltisi içerisinde yarattığı yüzey gerilimi olduğu düşünülmektedir.
- Poliamid 6 nanolifli yüzeyinin 20 saatlik üretim sonucunda kalınlığı 100 ± 12 µm ve gramajı 12 ± 3 g/m² olarak bulunmuştur. Aynı yüzeyin civa porozimetresi ile ölçülen gözeneklilik derecesi %80'dir. BET yüzey alanı ise $98,4$ m²/g olarak ölçülmüştür.
- FTIR analizi ile lif çekim çözeltisi içerisine yüklenen tüm bitkisel maddelerin başarılı şekilde lif yapısına dahil edildiği kanıtlanmıştır. Emdirme yapılan örnekler ile gerçekleştirilen karışılma testi de bunu destekler niteliktedir.
- Üretilen tüm örnekler "batch release" (kesikli salım) testine tabi tutulmuştur. Salım ortamı sıvılarına uygulanan UV-görünür bölge analizi sonuçlarına göre, salım süresi artışı ile salım ortamına geçen bileşen miktarında tüm örnekler için bir artış gözlemlenmiş olup, bu artış emdirme yapılan örneklerde yüksek, lif çekim çözeltisi

içine ilave edilerek üretilen örneklerde dü üktür. Bunun sebebinin çekim çözültisi içerisine ilave edilen bitkisel maddenin poliamid 6 polimeri ile yarattı ı daha güçlü fiziksel etkile imler oldu u dü ünülmektedir.

- Salım ortamı sıvılarına gerçekleştirilen HPLC analizi bulguları da UV- görünür bölge sonuçlarını destekler niteliktedir. Salım süresi artı ı ile kromatogramda daha fazla sayı ve yo unlukta pikler ile kar ıla ılmı tır.

Genel olarak çalı mada hedeflendi i gibi a rı ve sancı azaltma etkisi literatürce desteklenen bitkisel özüt ve ya lar kullanılarak ba arılı ekilde nanolifli yüzeyler üretilmi tir. Ancak ileriki çalı maların lif çekim çözültisi içerisine ilave etme ya da emdirme yolu ile nanolifli yüzeylere yüklenen bitkisel madde miktarlarının a rı ve sancı azaltma özelli i bakımından yeterli olup olmadı ını ara tırılmasını içermesi gerekti i açıktır. Bu tez çalı masında denenen miktarlar elektrolif çekim i lemi ile düzgün morfolojili nanolif üretimine izin verilen maksimum miktarlardır. Çalı ma kullanılan a rı ve sancı azaltma etkisine sahip maddelerin (özütler ve ya lar) do al olması ve bunların ilk defa nanolifli bir tekstil yüzeyine aktarılıyor olması bakımından özgün olup, ileride etik kurul izni alındıktan sonra yapılacak olan insan denekleri içerikli ara tırmalara ık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- Abid, S., Hussain, T., Nazir, A. And Khenoussi, N., 2019, "A novel double-layered polymeric nanofiber-based dressing with controlled drug delivery for pain management in burn wounds", *Polymer Bulletin*, 1-25.
- Adhikari S., 2009, "Simulations of nanofiber antenna and its applications", MScThesis, *The Graduate Faculty of The University of Akron*, 70 p.
- Adomavi i t , E., Stanys, S., Žilius, M., Juškait , V., Pavilonis, A. And Briedis, V., 2016, "Formation and biopharmaceutical characterization of electrospun PVP mats with propolis and silver nanoparticles for fast releasing wound dressing", *BioMed Research International*, 2016, 11p.
- Akangah P., Lingaiah S. And Shivakumar K., 2010, "Effect of Nylon-66 nanofiber interleaving on impact damage resistance of epoxy/carbon fiber composit elaminates", *Composite Structures*, 92(6): 1432-1439.
- Akar, E. And Bulut, M. O., 2013, "Bazı tekstil boya bitkilerinin antibakteriyal özellikleri ve aktivitesi için kullanılan test yöntemleri", *Teknik Bilimler Dergisi*, 3(2): 1-6.
- Akduman C., O lalcıo lu N., Akcakoca Kumbasar P. A. And Sarı B., 2018, "Investigation of thermal comfort properties of electrospun nanofiber mats", *J Fashion Technol Textile Eng*, S4: 015.
- Al-Enizi, A. M., Zagho, M. M. And Elzatahry, A. A., 2018, "Polymer-Based electrospun nanofibers for biomedical applications", *Nanomaterials*, 8(4): 259.
- Alsalmi M. S., Devanesan, S., Alfuraydi, A. A., Vishnubalaji, R., Munusamy M. A., Murugan, K., Nicoletti, M. And Benelli, G., 2016, "Green synthesis of silver nanoparticles using *Pimpinella anisum* seeds: antimicrobial activity and cytotoxicity on human neonatal skin stromal cells and colon cancer cells", *International Journal of Nanomedicine*, 11: 4439-4449.
- An, J., Zhang, H., Zhang, J., Zhao, Y. And Yuan, X., 2009, "Preparation and antibacterial activity of electrospun chitosan/poly (ethylene oxide) membranes containing silver nanoparticle", *Colloid and Polymer Science*, 287(12): 1425-1434.
- Arık, N., 2017, "Biyoaktif bile enli yara örtülerinin geli tirilmesi" , Yüksek Lisans Tezi, *zmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, zmir, 77 p.
- Arruda, M. O., Mendes, S. J. F., Teixeira, S. A., de Mesquita, L. S. S., de Sousa Riberio, M. N., Galvão, S. D. S. L. And Monteiro-Neto, V., 2017, "The hydroalcoholic extract obtained from *Mentha piperita* L. leaves attenuates oxidative stress and improves survival in lipopolysaccharide-treated macrophages", *Journal of Immunology Research*, 2017, 9p.

KAYNAKLAR (devam)

- Arslan, Y., Katar, D., Kayaçetin, F. And Suba 1, ., 2008, “Afyon (opium) alkoloitleri ve önemi”, *Tarla Bitkileri Merkez Ara tırma Enstitüsü Dergisi*, 17(1-2): 63-72.
- Ba al G. And Do an G., 2012, “Antimikrobiyal özellikli nanofiltre üretimi”, Ege Üniversitesi Bilimsel Ara tırma Projesi, Sonuç Raporu (Yayınlanmamı), 113 p.
- Ba yi it, B., Hayo lu, . And Atasoy, F., 2017, “Kekik esansiyel ya ı ve mikroenkapsülasyon uygulamaları”, *Batman Üniversitesi Ya am Bilimleri Dergisi*, 7 (1/ 2): 63-70.
- Bayrakçı, A., 2018, “Süper Besinlerle İtihad ve A rılara Son”, *Ayata Yayınları*, 116 p.
- Beypazar, Ö., 2013, “Nanolif üretiminde çap kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirda , 86 p.
- Bhardwaj, N. And Kundu, S. C., 2010, “Electrospinning: a fascinating fiber fabrication technique”, *Biotechnology Advances*, 28(3): 325-347.
- Bhattacharai, S. R., Bhattacharai, N., Yi, H. K., Hwang, P. H., Cha, D. I. And Kim, H. Y., 2004, “Novel biodegradable electrospun membrane: Scaffold for tissue engineering”, *Biomaterials*, 25(13): 2595-2602.
- Bian, Y., Wang, R., Ting S. H., Chen, C. And Zhang, L., 2018, “Electrospun SF/PVA nanofiber filters for highly-efficient” PM2.5 Capture, *IEEE Transactions on Nanotechnology*, 17: 934-939.
- Can, N. And Ersoy, M. S., 2014, “Nanolif yapılı polimerik doku iskeleleri”, *Tekstil ve Mühendis*, 21(95): 38-50.
- Carrion-Prieto, P., Martin-Ramos, P., Hernandez-Navarro, S., Silva-Castro, I., Ramos-Silva, M. And Martin-Gill, J., 2017, “Vibrational Analysis and Thermal Behavior of *Salvia hispanica*, *Nigella sativa* and *Papaver somniferum* Seeds”, *Pharmacogn J.*, 9(2): 157-162.
- Chen, J. P., Chang, G. Y. And Chen, J. K., 2008, “Electrospun collagen/chitosan nanofibrous membrane as wound dressing”, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 313: 183-188.
- Cireli, A., Kutlu, B., Onar, N. And Erkan, G., 2006, “Tekstilde ileri teknolojiler”, *Tekstil ve Mühendis*, 13(61): 7-20.
- Çiçek, H., Yılmaz, N., Çelik, A., Özlü Ceylan N. And Meram, ., 2005, “Kapsaisin (kırmızı biber) insan sa lı ı üzerine etkileri”, *Anadolu Tıp Dergisi* , 7 (1): 31-37.
- Tetik G.D., Turgut Yi en A. P. And U ur B., 2017, “Production of espun nanofiber yarns by using water bath as collector”, XIVth *International Izmir Textile and Apparel Symposium*, 26-28 October, Çe me, zmir, Turkey.

KAYNAKLAR (devam)

- Demir, A. And Oruç, F., 2004, “Polimer esaslı nanoliflerin üretimi”, *Tekstil Ara tırma Dergisi*, 2: 28-30.
- Ding, B., Wang, M., Yu, J. And Sun, G. 2009, “Gas sensors based on electrospun nanofibers”, *Sensors*, 9: 1609-1624.
- Do an, G. And Ba al, G., 2009, “Elektrolif çekim yöntemine göre elde edilen biyopolimer nanoliflerin ilaç salınım sistemleri, yara örtüsü ve doku iskelesi olarak kullanımları”, *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(2), 58-70.
- Do an, G., 2012, “Elektrolif çekim yöntemiyle elde edilen biyopolimer nanoliflerin doku mühendisli i ve ilaç salımı uygulamalarında kullanım olanaklarının ara tırılması”, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, zmir, 184 p.
- Dorman H. J., Ko ar M., Ba er K. H. And Hiltunen R., 2009, “Phenolic profile and antioxidant evaluation of *Mentha x piperita* L. (peppermint) extracts”, *Natural Product Communications*, 4(4): 535-542.
- Duan, Y. Y., Jia, J., Wang, S. H., Yan, W., Jin, L., and Wang, Z. Y., 2007, “Preparation of antimicrobial poly (ϵ caprolactone) electrospun nanofibers containing silver loaded zirconium phosphate nanoparticles”, *Journal of Applied Polymer Science*, 106(2): 1208-1214.
- Düzyer, ., 2014, “Elektro çekim (elektrospinning) yöntemiyle üretilen poliester nanoliflerin medikal alanda kullanılabilirliklerinin ara tırılması”, Doktora Tezi, *Uluda Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 194 p.
- El-Newehy, M., 2011, “Electrospinning: Historical overview”, Department of Chemistry, College of Science, *King Saud University*, Riyadh 11451 – Saudi Arabia.
- Esfandarani, M. S. And Johari, M. S., 2010, “Producing porous nanofibers”, In *Proceedings of the 2nd International Conference NANOCON 1-6*.
- Evcin, A., 2017, “Nanolif üretimi ve uygulamaları”, *Malzeme Bilimi ve Mühendisli i Bölümü Afyon Kocatepe Üniversitesi*, Afyon.
- Farnad, N., Heidari, R. And Aslanipour, B., 2014, “Phenolic composition and comparasion of antioxidant activity of alcoholic extracts of Peppermint(*Mentha piperita*)”, *Journal of Food Measurement and Characterization*, 8(2): 113-121.
- Fitzgerald, W. E. And Knudsen, J. P., 1967, “Mixed-streamspinning of bicomponent fibers”, *Textile Research Journal*, 37(6): 447-453.

KAYNAKLAR (devam)

- Francis P. S., Adcock J. L., Costin J. W., Purcell S. D., Pfeffer M. F. And Barnett N. W., 2008, "Chemiluminescence detection of opium poppy (*Papaver somniferum*) alkaloids", *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 48(3): 508-518.
- Gabriela, Á. M., Gabriela, M. D. O. V., Luis, A. M., Reinaldo, P. R., Michael, H. M., Rodolfo, G. P. And Roberto, V. B. J., 2017, "Biosynthesis of silver nanoparticles using mint leaf extract (*Mentha piperita*) and their antibacterial activity", *Advanced Science, Engineering and Medicine*, 9(11): 914-923(10).
- Goldberg, A., 2003, "Fabric with pain-relieving characteristics and structures fabricated therefrom, and method", *US Patent*, Patent no: US 2003/0186608A1.
- Goldberg, A., 2018, "Pain relieving fabric", *US Patent*, Patent no: US 9,878,175 B2.
- Gökçe, E.C., Akgül, Y., Kılıç, A. And Açma, E., 2018, "Antibakteriyel nanolif yapılarının çözültüden üfleme sistemi ile üretimi ve karakterizasyonu", *Tekstil ve Mühendis*, 25(110): 78-85.
- Gümü , T., 2013, "Design and manufacture of polymeric nanofiber membranes via electrospinning method", Doctoral Dissertation, Master Thesis", *Istanbul Technical University*, İstanbul, 131 p.
- Gümü derelio lu, M., Mavi , B., Karakeçili, A., Kahraman, A. S., Çakmak, S., Tı lı, S., Demirta , T. T., Aday, S., 2007, "Doku mühendisli inde nanoteknoloji", *Bilim ve Teknik Dergisi*, 1-5.
- Hassan M. S., Amna T., Sheikh F. A., Al-Deyab S. S., Choi K. E., Hwang I. H. And Khil M. S., 2013, "Bimetallic Zn/Ag doped polyurethane spider net composite nanofibers: a novel multipurpose electrospun mat", *Ceramics International*, 39(3): 2503–2510.
- Ha imi, N., Tolan, V., Kızıllı, S. And Kılınc, E., 2014, "Anason (*Pimpinella anisum* L.) ve kimyon (*Cuminum cyminum* L.) tohumlarının uçucu ya kompozisyonu ile antimikrobiyal ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi", *Tarım Bilgileri Dergisi*, 20: 19-26.
- Hatibo lu, B., 2006, "Mechanical properties of individual polymeric micro and nano fibers using atomic force microscopy (AFM)", MSthesis, *Graduate Faculty of North Carolina State University*, 128 p.
- Havrlík M. And Sveshnikov A., 2015, "Initial study of structure of nanofiber textiles and the creatin of its model", Oct 14th – 16th 2015, Brno, Czech Republic, EU, 5p.
- Heikkilä, P. And Harlin, A., 2008, "Parameter study of electrospinning of polyamide 6", *European Polymer Journal*, 44(10): 3067-3079.

KAYNAKLAR (devam)

- Ignatova, M., Manolova, N., and Rashkov, I., 2007, “electrospinning of poly (vinyl pyrrolidone)–iodine complex and poly (ethylene oxide)/poly (vinyl pyrrolidone)–iodine complex—a prospective route to antimicrobial wound dressing materials”, *European Polymer Journal*, 43(5): 1609-1623.
- nan, . And Kaynak, M.A., 2016, “Bazı tarımsal özellikler ile ya ve morfin miktarının belirlenmesi”, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1): 121-123.
- yido an Y., 2015, “Kapsaisin molekülünün moleküler modellemesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tekirda , 42 p.
- Jayakumar, R., Prabakaran, M., Kumar, P. S., Nair, S. V. And Tamura, H., 2011, “Biomaterials based on chitin and chitosan in wound dressing applications”, *Biotechnology Advances*, 29(3): 322-337.
- Jennings, M. B., Lesczczynski, C. And Goodwin, S., 2008, “The safety and efficacy of Pain Checker socks in the treatment of mild-to-moderate foot pain: a clinical trial”, *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 98(4): 278-282.
- Kaplan, H., 2005, “Zencefilin (zingiber officinale roscoe) bitkisel özellikleri ve yeti tiricili i”, *Derim Dergisi*, 22(2): 1-9.
- Katti, D. S., Robinson, K. W., Ko, F. K. And Laurencin, C. T., 2004, “Bioresorbable nanofiber based systems for wound healing and drug delivery: Optimization of fabrication parameters. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 70(2): 286-296.
- Kherroub, D. E., Belbachir, M., Lamouri, S., Bouhadjar, L. And Chikh, K., 2014, Synthesis of polyamide-6/montmorillonite nanocomposites by direct in-situ polymerization catalysed by exchanged clay, *Oriental Journal of Chemistry*, 29(4): 1429-1436.
- Khil, M. S., Bhattarai, S. R., Kim, H. Y., Kim, S. Z. And Lee, K. H., 2005, “Novel fabricated matrix via electrospinning for tissue engineering. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 72(1): 117-124.
- Kim J. S. And Reneker D. H., 1999, “Mechanical properties of composites using ultrafine electrospun nanofibers”, *Polymer Composites*, 20(1): 124-131.
- Kim, H. W., Knowles, J. C. And Kim, H. E., 2004, “Hydroxyapatite/Poly (-caprolactone) composite coatings on hydroxyapatite porous bone scaffold for drug delivery”, *Biomaterials*, 25(7-8): 1279-1287.
- Kim, J. H., Unnithan, A. R., Kim, H. J., Tiwari, A. P., Park, C. H. And Kim, C. S., 2015, “Electrospun badger (meles meles) oil/ag nanoparticle based aanti-bacterial mats for biomedical applications”, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 30: 254-260.

KAYNAKLAR (devam)

- Koombhongse, S., Liu, W., and Reneker, D. H. 2001, "Flat polymer ribbons and other shapes by electrospinning", *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 39(21): 2598-2606.
- Kozano lu, G. S., 2006, "Elektrospinning yöntemiyle nanolif üretim teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi", *stanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, stanbul, 148 p.
- Lala, N., Thavasi, V. And Ramakrishna, S., 2009, "Preparation of surface adsorbed and impregnated multiwalled carbon nanotube/nylon-6 nanofiber composites and investigation of their gas sensing ability", *Sensors*, 9: 86-101.
- Li, Z. And Wang, C., 2013, "Effects of working parameters on electrospinning", In *One-dimensional Nanostructures*, Springer, Berlin, Heidelberg, 15-28.
- Macossay, J., Marruffo, A., Rincon, R., Eubanks, T. And Kuang, A., 2007, "Effect of needle diameter on nanofiber diameter and thermal properties of electrospun poly (methyl methacrylate)", *Polymers for Advanced Technologies*, 18(3): 180-183.
- Maver, T., Kure i M., Smrke, D. M., Kleinschek, K. S. And Maver, U., 2016, "Electrospun nanofibrous CMC/PEO as a part of an effective pain-relieving wound dressing", *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, 79(3): 475-486.
- Merrell, J. G., McLaughlin, S. W., Tie, L., Laurencin, C. T., Chen, A. F. And Nair, L. S., 2009, "Curcumin-loaded poly (caprolactone) nanofibres: diabetic wound dressing with anti-oxidant and anti-inflammatory properties", *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 36(12): 1149-1156.
- Moghe, A. K., 2008, "Core-sheath differentially biodegradable nanofiber structures for tissue engineering", PhD Thesis, *The Graduate Faculty of North Carolina State University*, 182 p.
- Mogo anu, G. D. And Grumezescu, A. M., 2014, "Natural and synthetic polymers for wounds and burns dressing", *International Journal of Pharmaceutics*, 463: 127-136.
- Mutlu, G., 2014, "Doku rejenerasyonunda kullanılmak üzere etken madde yüklü nanofibriler yapılarının hazırlanması ve karakterizasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 110 p.
- Nassar, M. I., Gaara, A. H., El-Ghorab, A. H., Farrag, A., Shen, H., Huq, E. And Mabry, T. J., 2008, "Chemical constituents of clove (*Syzygium aromaticum*, Fam. Myrtaceae) and their antioxidant activity", *Revista Lationamerica de Quimica*, 35(3): 47.
- Ndreu, A., Ashammakhi, N., Piras, A. M., Nikkola, L., Sindelar, T., Ylikauppila, H. And Chiellini, F., 2007, "Biodegradable nanomats produced by electrospinning: expanding multifunctionality and potential for tissue engineering", *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 7(3): 862-882.

KAYNAKLAR (devam)

- Özdoğan, E., Demir, A. And Seventekin, N. 2006, “Nanoteknoloji ve tekstil uygulamaları”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 16(3): 159-163.
- Panseri, S., Cunha, C., Lowery, J., Del Carro, U., Taraballi, F., Amadio, S. And Gelain, F. 2008, “Electrospun micro and nanofiber tubes for functional nervous regeneration in sciatic nerve transections”, *BMC Biotechnology*, 8(1): 39.
- Patel, S., Kurpinski, K., Quigley, R., Gao, H., Hsiao, B. S., Poo, M. M. And Li, S., 2007, “Bioactive nanofibers: synergistic effects of nanotopography and chemical signaling on cell guidance”, *Nano Letters*, 7(7): 2122-2128.
- Ráčová Z., Ryparová P., Hlavá R., Tesárek P. And Nežerka V., 2014, “Influence of copper ions on mechanical properties of PVA-based nanofiber textiles”, In *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, 486: 201-204.
- Ramakrishna S., Fujihara K., Teo W. E., Lim T. C. And Ma Z., 2005, “An introduction to electrospinning and nanofibers”, *World Scientific Publishing*, 382 p.
- Rath G., Hussain T., Chauhan G., Garg T. And Goyal A. K., 2016, “Collagen nanofiber containing silver nanoparticles for improved wound-healing applications”, *Journal of Drug Targeting*, 24(6): 520–529.
- Sarac, A., 2016, “Nanofibers of conjugated polymers”, *Pan Stanford*, New York, 1-5.
- Serinçay, H., 2014, “Aloe Vera ve siprofloksasin içeren antibakteriyel özellikte nanoelyaf yara sargı malzemelerinin üretimi ve karakterizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 54 p.
- Shalumon, K. T., Anulekha, K. H., Nair, S. V., Chennazhi, K. P., Jayakumar, R., 2011, “Sodium alginate/poly(vinyl alcohol)/nano zno composite nanofibers for antibacterial wound dressings”, *International Journal of Biological Macromolecules*, 49(3): 247-254.
- Shojaii, A., And Abdollahi Fard, M., 2012, “Review of pharmacological properties and chemical constituents of *Pimpinella anisum*”, *ISRN pharmaceuticals*, 2012.
- Subbiah T., Bhat G. S., Tock R.W., Parameswaran S. And Ramkumar S.S., 2005, “Electrospinning of nanofibers”, *Journal of App. Polymer Science*, 96: 557–569.
- Süpüren, G., Kanat, Z. E., Çay, A., Kırcı, T., Gülümser, T. And Tarakçio lu, I., 2007, “Nanolifler (Bölüm 2)”, *Tekstil ve Konfeksiyon*, 2: 83-89.
- enol, F., Tayyar, E., Do an, G. And Yaman, N., 2005, “Nanolifler ve Uygulama Alanları”, *Tekstil Maraton*, 3: 20-25.

KAYNAKLAR (devam)

- Tolba, K. H., Ginat, El-sherif And M. A. El-sherif, 2012, “Effect of addition anise (*Pimpinella anisum* L.) and caraway (*Carum carvi*, L.) on retard the rancidity of el-mewled el-nabawy sweets with sweetener”, *Journal of American Science*, 8(4): 310-318.
- Tucker, N., Stanger, J., Staiger, M. P., Razzaq, H. And Hofman, K., 2012, “The history of the science and technology of electrospinning from 1600 to 1995”, *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, Special Issue: 63-73.
- Turanlı, Y. Ve Acartürk, F., 2018, Nanolifler ve kolona özgü ilaç ta ıyıcı sistem olarak uygulamalar, *Journal of Literature Pharmacy Sciences*, 7(1): 11-23.
- Unnithan, A. R., Barakat, N. A., Pichiah, P. T., Gnanasekaran, G., Nirmala, R., Cha, Y. S. And Kim, H. Y. 2012 (a), “Wound-dressing materials with antibacterial activity from electrospun polyurethane–dextran nanofiber mats containing ciprofloxacin HCl”, *Carbohydrate Polymers*, 90(4): 1786-1793.
- Unnithan, A. R., Pichiah, P. T., Gnanasekaran, G., Seenivasan, K., Barakat, N. A., Cha, Y. S. And Kim, H. Y., 2012 (b), “Emu oil-based electrospun nanofibrous scaffolds for wound skin tissue engineering”, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 415: 454-460.
- Üstün, A., 2011, “Hava filtrasyonu için nanolif üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 69 p.
- Wu, Y. W., Sun, S. Q., Zhou, Q., Tao, J. X. And Noda, I., 2008, “Volatility-dependent 2D IR correlation analysis of traditional Chinese medicine ‘Red Flower Oil’ preparation from different manufacturers”, *Journal of Molecular Structure*, 882 (2008): 107–115.
- Yadav, R. And Balasubramanian, K., 2015, “Polyacrylonitrile/*Syzygium aromaticum* hierarchical hydrophilic nanocomposite as a carrier for antibacterial drug delivery systems”, *RSC Advances*, 5(5): 3291-3298.
- Yang, F., Murugan, R., Wang, S. And Ramakrishna, S., 2005, “Electrospinning of nano/micro scale poly (L-lactic acid) aligned fibers and their potential in neural tissue engineering”, *Biomaterials*, 26(15): 2603-2610.
- Yılmaz F., Celep G. Ve Tetik G., 2016, Chapter: “Nanofibers in Cosmetics, Book: Nanofiber Research - Reaching New Heights”, Eds: Rahman Mohammed Muzibur, Asiri Abdullah M., *InTech Publishing*, Croatia, 127-146.
- Zhang A., Ji X. And Liu J., 2018, “6 - Properties of graphene/polymer Nanocomposite fibers”, Editor(s): Ahmad Fauzi Ismail, Pei Sean Goh, *Carbon-Based Polymer Nanocomposites for Environmental and Energy Applications*, 147-173.

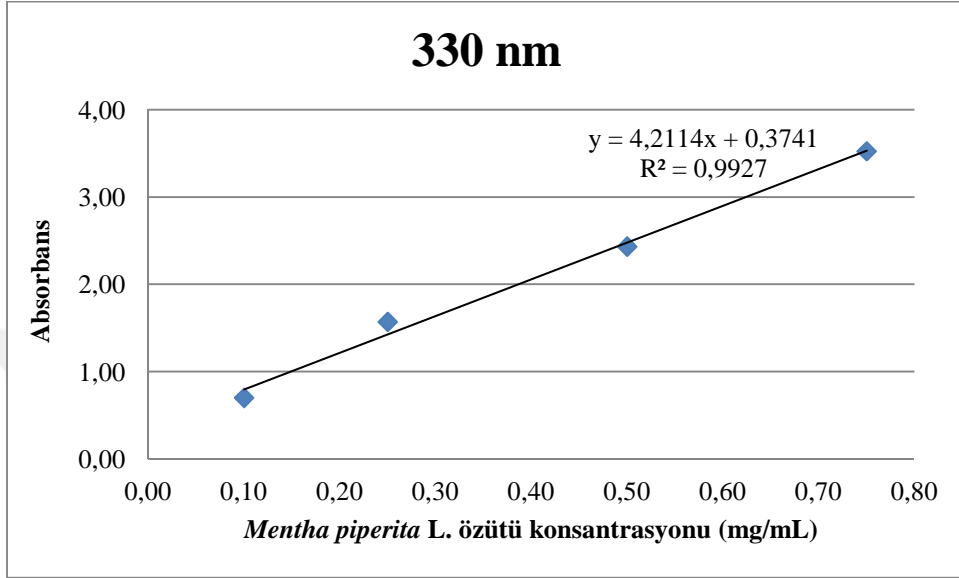
KAYNAKLAR (devam)

Zhao, R., Li, X., Sun, B., Zhang, Y., Zhang, D., Tang, Z., Chen, X. And Wang, C., 2014, "Electrospun chitosan/sericin composite nanofibers with antibacterial property as potential wound dressings", *International Journal of Biological Macromolecules*, 68: 92-97.



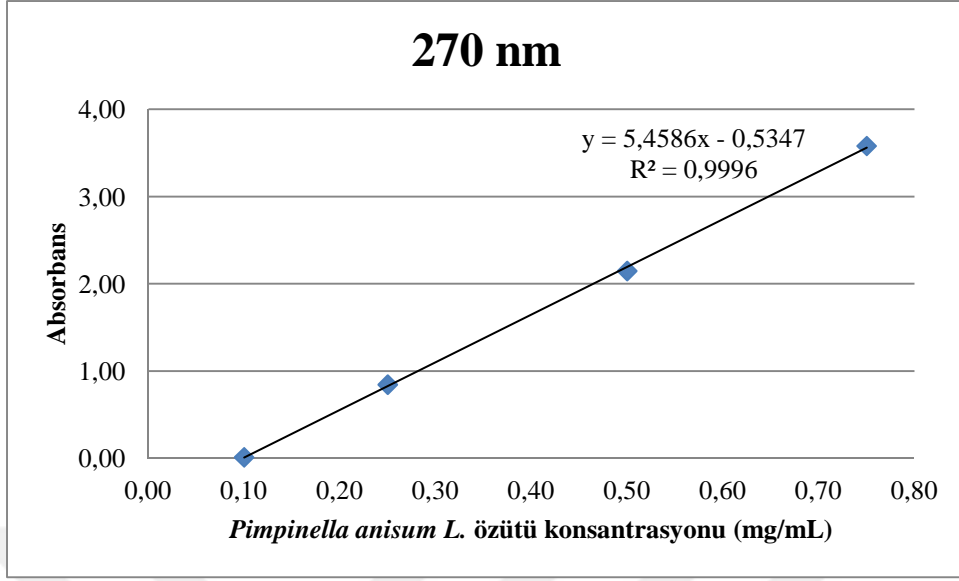
EKLER

EK-1. *M.piperita* Özütü Kalibrasyon E risi



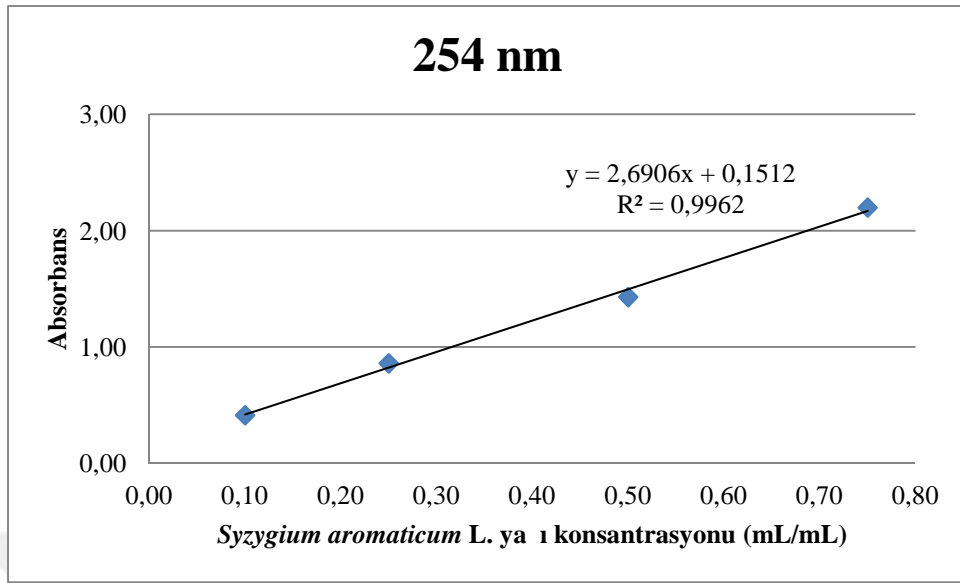
ekil Ek 1. 1. *M.piperita* özütü kalibrasyon e risi

EK-2 *P.anisum* Özütü Kalibrasyon E risi



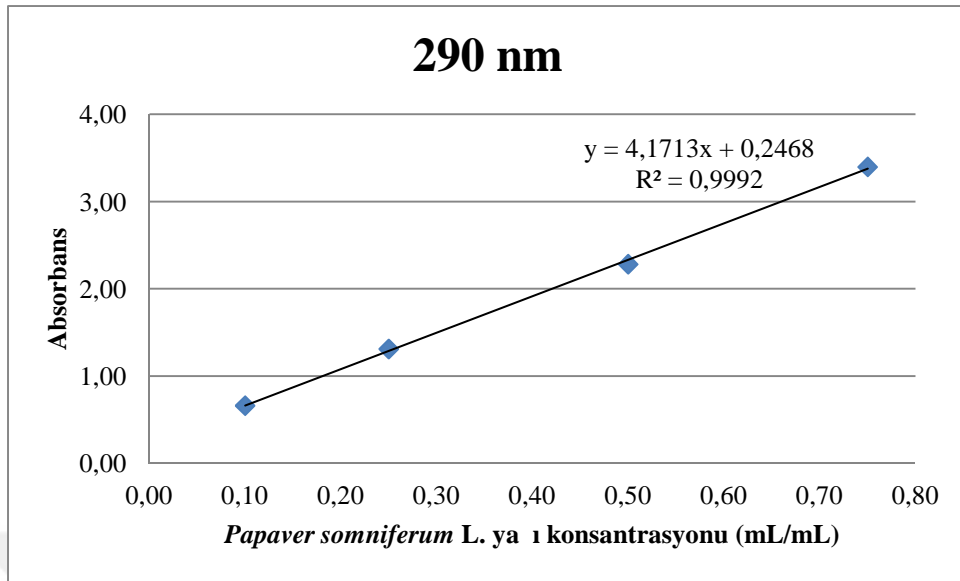
ekil Ek 2. 1. *P.anisum* özütü kalibrasyon e risi

EK-3 *S.aromaticum* Ya ı Kalibrasyon E risi



ekil Ek 3. 1. *S.aromaticum* ya ı kalibrasyon e risi

EK 4. *P.somniferum* Ya ı Kalibrasyon E risi



ekil Ek 4. 1. *P.somniferum* ya ı kalibrasyon e risi

ÖZGEÇM

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : SOLAK, Eda Nebihe
Uyru u :T.C.
Do um tarihi ve yeri :28.03.1992 Antakya/HATAY
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (326) 213 80 69
e-mail : solakeda_92@hotmail.com

E ğitim

| Derece | E ğitim Birimi | Mezuniyet tarihi |
|--------|--|------------------|
| Lisans | U ak Üniversitesi/ Tekstil Mühendisli ği | 2015 |
| Lise | Necmi Asfuro lu Anadolu Lisesi | 2010 |

Deneyimi

-

Yabancı Dil

İngilizce, Arapça, Almanca

Yayımlar

-

İlgili Alanları

Nanolifler, elektrolif çekim, bitkisel bileşenler