

**BOR VE UÇUCU YAĞ İÇEREN ANTİBAKTERİYEL VE ANTİFUNGAL
NANOFİBER KAPLI CERRAHİ MASKELERİN ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Büşra DALKILINÇ

Danışman

Prof. Dr. Atilla EVCİN

BIYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

Bu tez çalışması 20.FEN.BİL.30 numaralı proje ile BAPK tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BOR VE UÇUCU YAĞ İÇEREN ANTİBAKTERİYEL VE
ANTİFUNGAL NANOFİBER KAPLI CERRAHİ MASKELERİN
ÜRETİMİ

Büşra DALKILINÇ

Danışman

Prof. Dr. Atilla EVCİN

BIYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Temmuz 2021

TEZ ONAY SAYFASI

Büşra DALKILINÇ tarafından hazırlanan “Bor ve Uçucu Yağ İçeren Antibakteriyel ve Antifungal Nanofiber Kaplı Cerrahi Maskelerin Üretimi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 14/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Anabilim Dalı Adı Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Atilla EVCİN

Başkan : Prof. Dr. Levent ÖZCAN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Prof. Dr. Atilla EVCİN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Nalan ÇİÇEK BEZİR
Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
..... /..... /..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....
Prof. Dr. İbrahim EROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21 / 06 / 2021


Büşra DALKILINÇ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BOR VE UÇUCU YAĞ İÇEREN ANTİBAKTERİYEL VE ANTİFUNGAL NANOFİBER KAPLI CERRAHİ MASKELERİN ÜRETİMİ

Büşra DALKILINÇ

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Atilla EVCİN

Bu çalışmada, selüloz asetat (CA) polimeri, önce borik asit ile daha sonra limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı, patchouli yağı ile ayrı ayrı katkılandırılıp çözelti elde edilmiştir. Elde edilen çözeltiler elektroegirme parametreleri göz önünde bulundurularak nanolif haline getirilip cerrahi maskenin melt blown tabakasına biriktirilmiştir. Oluşan nanolifler taramalı elektron mikroskobu(SEM) ile analiz edilip görüntü elde edilmiştir. Elde edilen SEM görüntülerinden Fibraquant programı yardımı ile lif yapısı, çapları, dağılımı, homojenliği belirlenmiştir. Çözeltilere uygulanan FTIR analizinde selüloz asetat, borik asit ve esansiyel yağlar için karakteristik pikler elde edilmiştir. Elde edilen çözeltilerin antibakteriyel etkileri, disk difüzyon yöntemi kullanılarak Staphylococcus aureus bakterisi üzerinde denenmiştir ve en yüksek antibakteriyel etkiye borik asit ve limon yağı katkılı selüloz asetat çözeltisinin sahip olduğu belirlenmiştir. Yine disk difüzyon yöntemi kullanılarak yapılan antifungal testinde ise Aspergillus flavus ve Penicillium notatum küflerinin büyümesine karşı borik asit ve palmarosa yağı katkılı selüloz asetat çözeltisinin etkili olduğu saptanmıştır.

2021, x + 84 sayfa

Anahtar Kelimeler: Nanolif, Bor, Esansiyel yağlar, Antibakteriyel, Antifungal, Cerrahi maske

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

PRODUCTION OF ANTIBACTERIAL AND ANTIFUNGAL NANOFIBER COATED SURGICAL MASKS CONTAINING BORON AND ESSENTIAL OIL

Büşra DALKILINÇ

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biomedical Engineering

Supervisor: Prof. Atilla EVCİN

In this study, cellulose acetate (CA) polymer was first mixed with boric acid and then lemon oil, niaouli oil, palmarosa oil, and patchouli oil to form a solution. The solutions obtained were transformed into nanofibers considering the electrospinning parameters and deposited on the melt blown layer of the surgical mask. The resulting nanofibers were analyzed by scanning electron microscopy (SEM) and images were obtained. Fiber structure, diameters, distribution and homogeneity were determined from the obtained SEM images with the help of the Fibraquant program. Characteristic peaks were obtained for cellulose acetate, boric acid and essential oils in the FTIR analysis applied to the solutions. Antibacterial effects of the obtained solutions were tested on *Staphylococcus aureus* bacteria by using disk diffusion method and it was determined that cellulose acetate solution with boric acid and lemon oil added has the highest antibacterial effect. Again, in the antifungal test using the disk diffusion method, it was determined that cellulose acetate solution with boric acid and palmarosa oil was effective against the growth of *Aspergillus flavus* and *Penicillium notatum* molds.

2021, x + 84 pages

Keywords: Nanofiber, Boron, Essential oils, Antibacterial, Antifungal, Surgical mask

TEŞEKKÜR

Bu araştırma süresince, birlikte çalışmaktan onur duyduğum, ilminden faydalandığım, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve tez yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Atilla EVCİN' e teşekkür ederim. Deney aşamasında çalışmalarımda yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA' ya ve esansiyel yağlarımı temin ettiğim Art de Huile markasından Hülya KAYHAN'a teşekkür ederim. Araştırma süresince 20.FEN.BİL.30 proje numarası ile maddi destek sağlayan BAPK'ya teşekkür ederim. Tez sürecinde öneri ve eleştirileri ile yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Ziya Özgür YAZICI'ya teşekkür ederim. Üniversite eğitimim boyunca her konuda desteğini ve emeğini sakınmayan Emine YAŞAR'a teşekkür ederim. Manevi desteklerinden dolayı Safiye Pelin TAŞ'a, Özlem KARAMAN'a ve Halime KARAMAN'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince maddi manevi her konuda desteğini ve emeğini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Büşra DALKILINÇ
Afyonkarahisar 2021

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2.1 Nanoteknoloji.....	3
2.1.1 Nanoteknoloji Uygulama Alanları	6
2.2 Nanolifler	8
2.2.1 Nanoliflerin Uygulama Alanları	9
2.2.2 Üretim Yöntemleri	12
2.3 Elektroğirme.....	17
2.3.1 Elektroğirme Tarihçesi	18
2.3.2 Temel Elektroğirme Kurulumu	19
2.3.3 Elektroğirme Parametreleri	22
2.3.3.1 Polimer Parametreleri.....	22
2.3.3.2 İşlem Parametreleri.....	23
2.3.3.3 Ortam Parametreleri	25
2.4 Antibakteriyel Etki.....	26
2.4.1 Antibakteriyel Ajanlar.....	27
2.4.2 Borik Asidin Antibakteriyel Etkisi.....	28
2.5 Antifungal Etki	28
2.6 Esansiyel Yağlar	29
2.6.1 Esansiyel Yağ Çeşitleri	30
2.6.1.1 Limon Esansiyel Yağı (Citrus Limon)	30
2.6.1.2 Niaouli Esansiyel Yağı (Melaleuca Quinquenervia).....	30
2.6.1.3 Palmarosa Esansiyel Yağı (Cymbopogon Martinii).....	31
2.6.1.4 Patchouli Esansiyel Yağı (Pogostemon Cablin).....	32
3. MATERYAL ve METOT	33

3.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller	33
3.1.1 Selüloz Asetat.....	33
3.1.2 Borik Asit	34
3.1.3 Esansiyel Yağlar.....	35
3.1.4 Aseton (C ₃ H ₆ O)	36
3.1.5 Etanol (C ₂ H ₆ O)	36
3.2 Çalışmada Kullanılan Cihazlar	36
3.2.1 Manyetik Karıştırıcı	36
3.2.2 Hassas Terazi	37
3.2.3 Elektroğirme Cihazı	38
3.2.4 FTIR Cihazı.....	38
3.2.5 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)	39
3.3 Deneysel Çalışmalar	40
3.3.1 Çözelti Hazırlama.....	41
3.3.2 Katkılandırma.....	42
3.3.3 Elektroğirme	44
3.3.4 Karakterizasyon.....	46
3.3.4.1 Antibakteriyel Test.....	46
3.3.4.2 Antifungal Test.....	49
3.3.4.3 FTIR Analizi.....	52
3.3.4.4 SEM Analizi	52
3.3.4.5 Fibraquant Programı.....	53
4. BULGULAR	55
4.1 Antibakteriyel Test Sonuçları	55
4.2 Antifungal Test Sonuçları	57
4.3 FTIR Analiz Sonuçları	61
4.4 SEM Analiz Sonuçları	67
4.5 Fibraquant Analiz Sonuçları	71
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	74
6. KAYNAKLAR.....	77
ÖZGEÇMİŞ.....	84

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

°C	Santigrat Derece
nm	Nanometre
µm	Mikrometre
kV	Kilo-volt
TiO ₂	Titanyum Dioksit
C ₃ H ₆ O	Aseton
C ₂ H ₆ O	Etanol
Rpm	Dakikadaki Devir Sayısı
cm	Santimetre
mm	Milimetre
ml	Mililitre

Kısaltmalar

CA	Selüloz asetat
SEM	Scanning electron microscope
FTIR	Fouirer Transform Infrared Spektrofotometre
ENM	Elektroğirilmiş nanolif membranlar
PVP	Polivinil pirolidon
PEO	Polietilen oksit
PBI	Polibenzimidazol
EO	Esansiyel yağlar
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Nanolif uygulama alanları.....	10
Şekil 2.2 Çekme prosesi.....	13
Şekil 2.3 Nanofibröz yapı elde etmek için faz ayırmanın genel şemaları.....	13
Şekil 2.4 Nanolifler elde etmek için kendiliğinden bir araya gelen bir örnek.....	14
Şekil 2.5 Şablon yöntemiyle nanoliflerin elde edilmesi.....	15
Şekil 2.6 Eriyik üfleme işleminin ayrıntılı şeması.....	15
Şekil 2.7 Elektroğirme yöntemi şematik gösterimi.....	17
Şekil 2.8 Basit elektroğirme kurulumu.....	21
Şekil 2.9 Taylor konisi.....	21
Şekil 2.10 Artan voltajın elektroğirme sürecine ve lif çapına genel etkisi.....	24
Şekil 3.1 Deneysel çalışmalar akış şeması.....	40
Şekil 4.1 Limon yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.....	61
Şekil 4.2 Niaouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.....	62
Şekil 4.3 Palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.....	63
Şekil 4.4 Patchouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Nanoteknolojinin bazı tanımları.....	4
Çizelge 3.1 Selüloz asetat çözeltisi hazırlama aşaması karışım miktarları.....	41
Çizelge 3.2 Borik asit çözeltisi hazırlama aşaması karışım miktarları.....	42
Çizelge 3.3 CA çözeltisini borik asit ile katkılandırma aşaması karışım miktarları.	43
Çizelge 3.4 CA çözeltisinin borik asit ve esansiyel yağ ile katkılandırma miktarları....	43
Çizelge 4.1 Staphylococcus aureus bakteri büyümesi sonuçları.	55
Çizelge 4.2 Aspergillus flavus küf büyümesi sonuçları.	57
Çizelge 4.3 Penicillium notatum küf büyümesi sonuçları.....	59
Çizelge 4.4 Fibraquant programı ile tüm numunlere yapılan analiz sonuçları.	71
Çizelge 4.5 Fibraquant programı ile elde edilen lif çap değerlerine göre çap dağılımı .	72

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 Çözeltide kullanılan FLUKA marka selüloz asetat polimeri.	34
Resim 3.2 Bor kaynağı olarak kullanılan borik asit.	35
Resim 3.3 Art de Huile marka esansiyel yağlar.	36
Resim 3.4 Karıştırmada kullanılan Multi-HS 6 DIGITAL marka altılı karıştırıcı.	37
Resim 3.5 Tartımda kullanılan SHIMADZU marka BL3200H model hassas terazi.	37
Resim 3.6 Nanolif üretiminde kullanılan elektroğirme cihazı.	38
Resim 3.7 Perken Elmer FT-IR Spectrometer Spectrum Two marka FTIR cihazı.	39
Resim 3.8 LEO Scanning Electron Microscope(SEM) LEO1530.	39
Resim 3.9 Hazırlanan selüloz asetat çözeltisi.	41
Resim 3.10 Manyetik karıştırıcıda karıştırılan borik asit çözeltisi.	42
Resim 3.11 Saf CA çözeltisi, borik asit katkılı CA çözeltisi, 4 farklı esansiyel yağ ve borik asitle katkılanmış CA çözeltileri	44
Resim 3.12 Nanolif üretiminde kullanılan elektroğirme düzeneği.	45
Resim 3.13 Maske kumaşı üzerine biriktirilen nanolifler.	45
Resim 3.14 Steril petri kabında çözeltilere yerleştirilen antibiyogram diskler.	46
Resim 3.15 Staphylococcus aureus aşısı süspansiyonu yoğunluğunun ayarlanması.	47
Resim 3.16 Çözelti emdirilen disklerin Staphylococcus aureus ile aşılana ortama yerleştirilmesi.	48
Resim 3.17 İnkübasyon aşaması.	48
Resim 3.18 Hazırlanan çözeltilere yerleştirilen antibiyogram diskler.	49
Resim 3.19 McFarland bulanıklık standardına göre yoğunluk kontrolü aşaması.	50
Resim 3.20 Çözelti emdirilen disklerin Aspergillus flavus ile aşılana ortama yerleştirilmesi.	51
Resim 3.21 Çözelti emdirilen disklerin Penicillium notatum ile aşılana ortama yerleştirilmesi.	51
Resim 3.22 SEM analizi için alüminyum folyo yüzeyine biriktirilen nanolifler.	53
Resim 3.23 Saf CA çözeltisinden elde edilen lif görüntüsünün Fibrquant programı analizi.	54
Resim 3.24 Borik asit ve patchouli katkılı CA çözeltisinden elde edilen lif görüntüsünün Fibrquant programı analizi.	54
Resim 4.1 Antibakteriyel analizde kullanılan Staphylococcus aureus bakterisi.	56
Resim 4.2 Disk difüzyon yöntemiyle yapılan antifungal test sonucu oluşan zon çapının dijital kumpas ile ölçümü.	58

Resim 4.3 Antifungal analizde kullanılan <i>Aspergillus flavus</i> (sol) ve <i>Penicillium notatum</i> (sağ) küfleri.....	60
Resim 4.4 Saf CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.	68
Resim 4.5 Borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.	68
Resim 4.6 Limon yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.	69
Resim 4.7 Niaouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.	69
Resim 4.8 Palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.	70
Resim 4.9 Patchouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.	70

1. GİRİŞ

1900'lerin başından beri, yüz maskeleri bulaşıcı hastalıkları önlemeye yardımcı olmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. En yaygın yüz maskeleri cerrahi maskelerdir. Basit yüz maskeleri bulaşıcı hastalıkları önlemek için kullanılmaz, ancak cerrahi bir maskenin en az %80 bakteri filtrasyon verimliliği olmalıdır. Geleneksel bir yüz maskesi genellikle kağıt veya pamuklu kumaştan yapılmış bir, iki veya üç kat düz veya pilili kumaştan oluşur ancak "cerrahi maske" polipropilen gibi en az üç katlı bir malzeme katmanından yapılır. Bununla birlikte cerrahi maskeler, kullanıcıya solunum koruması sağlamak için yeterli filtreleme veya montaj özelliklerine sahip değildir. Bir kereden fazla kullanılmaları amaçlanmamıştır ve genellikle çalışma ortamının veya steril alanın kullanıcı tarafından üretilen büyük parçacıklardan (örn. tükürük, mukoza) kirlenmesini önlemeye yardımcı olmak üzere tasarlanmıştır. Cerrahi maskeler ayrıca vücut spreylere, vücut sıvıları, sekresyonlar ve atımların kullanıcının ağızına ve burnuna ulaşma riskini azaltmaya yardımcı olmak için kullanılabilir (Oberg vd. 2008).

Nanofiberler ve nanofiber ağlar, filtre ortamının verimliliğini artırmak için gelişen teknolojinin önemli bir parçasıdır. Mikron altı boyutlu kirletici maddelerin filtrasyonu ve ayrılması günümüz nanoteknolojisinin en büyük kaygısıdır. Benzersiz fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle, tasarlanmış nanoparçacıklar çeşitli uygulamalar için sentezlenir. Günümüzde endüstriyel işyerlerinde nanoteknolojinin hızlı büyümesi, bu tasarlanmış nanoparçacıkların üretimini artırmıştır. Nanofiber ortamlar, düşük taban ağırlığına, yüksek geçirgenliğe ve küçük gözenek boyutuna sahiptir bu da özellikle küçük parçacıklar için çok çeşitli filtreleme uygulamaları için uygundur (Wang vd. 2016).

Bor kimyası alanındaki ilerlemeler, boronun malzeme kullanımından ilaca uygulanmasını genişletmiştir. Bor bazlı ilaçlar, hem optik hem de nükleer görüntüleme için görüntüleme ajanlarının yanı sıra antikanser, antiviral, antibakteriyel, antifungal ve diğer hastalığa özgü aktiviteler ile terapötik ajanlar da dahil olmak üzere çeşitli biyomedikal uygulamalara sahip yeni bir molekül sınıfını temsil eder (Sağlam vd. 2013).

Esansiyel yağlar, bitkiler tarafından doğal olarak üretilen uçucu maddelerdir. Bunlar çiçekler, tomurcuklar, sapsar, yapraklar, tohumlar, dallar, kökler, meyveler, ağaç kabuğu ve odunlardır. Uçucu yağlar boşluklarda, salgı hücrelerinde, epidermik hücrelerde, kanallarda veya glandüler trikomlarda depolanır. Bitkiler tarafından ikincil metabolitler olarak üretilirler ve antibakteriyel, antifungal, böcek öldürücü, antiviral özellikleri ile bilinirler. Uçucu yağların kokusu ve biyolojik özellikleri sayesinde, küresel pazarda büyük umut vaat eden bir potansiyele sahiptirler. Uçucu yağların özel biyolojik özellikleri ve kokusu, uçucu yağların ana bileşenleri olan terpenes ve fenilpropanoidlerden kaynaklanmaktadır. Esansiyel yağlarda terpenler, fenolikler ve aldehitler birçok viral, fungal ve bakteriyel patojeni yeterince enfekte ettikleri için biyotipta harika bir uygulamaya sahiptir (Tisserand vd. 2013).

Bu amaçla halihazırda kullanılmakta olan cerrahi maskelerin etkinliğini ve filtre performansını artırmak amacıyla doğada antiviral ve antibakteriyel etkinliği bilinen bor ve bitkisel esansiyel yağ (limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı, patchouli yağı) içeren elektroğirilmiş nanolif membranlar (ENM) bu koruyucu ekipmanların yüzeyine biriktirilmiştir. Numuneler, SEM, antibakteriyellik testi, antifungallık testi ve FTIR analizi gibi karakterizasyon yöntemlerine tabii tutulmuştur.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 Nanoteknoloji

Nanoteknoloji ölçeği "nanometre (nm)" veya metrenin milyarda biri (10^{-9}) ile tanımlanır. Temel olarak nanoteknoloji, potansiyel olarak bilim adamlarının belirli moleküler yapılar ve cihazlar oluşturmaya olanak tanıyan, 100 nm' den 1 nm' ye kadar olan aralıkta moleküllerin ve atomların bileşimini kontrol etme yeteneğini ifade eder. Buradaki boyutlar zar zor anlaşılır. Örneğin, bir insan saçı genişliğinin yaklaşık 80.000 nm olduğu düşünüldüğünde, her biri 50 nm genişliğinde olan 1.600 nanoteknolojik cihaz, bir insan saçına sığacaktır (Bowman 2006).

Nanoteknolojinin tanımları her zaman net değildir veya üzerinde mutabık kalınmaz. Nanoteknolojinin alanı, 1 nanometreden 100 nanometreye kadar uzunluk ölçeği cinsinden ve farklı fiziksel özelliklerin bu uzunluk ölçeklerindeki görünümüyle tanımlanır. Bunlar, daha büyük nesnelere için daha az belirgin olan küçük fiziksel fenomen ölçeklerindeki önemden kaynaklanmaktadır. Nanoteknoloji temel olarak moleküllerin ve atomik bileşimlerin kontrol edilebilirliği olarak adlandırılır ve 100 nm ile 1 nm aralığındaki ürün gelişmelerini kapsadığı ifade edilir (Aydoğdu 2018).

Nanoteknoloji, maddenin manipülasyonu üzerinde çok yüksek düzeyde kontrol sağlayacak, gelişmekte olan bir üretim teknolojisidir. Nanoteknoloji ile montajcılar olarak adlandırılan makineler, programlanabilir kontrol altında atomik spesifikasyona göre malzemeler inşa edebilecektir. Tasarımları ve operasyonları, operasyonlarını koordine etmek için kolları, dişlileri, yatakları, elektrik motorları, kasnakları, kabloları, taşıma kayışları ve bilgisayarları olan robotlar ve minyatür fabrikalar gibi hepsi moleküler boyutlarda parçalarla olabilir (Aydoğdu 2018).

Çizelge 2.1'de, nanoteknolojinin farklı tanımları verilmiştir. Aslında buna göre çeşitli kurum ve kuruluşlar nanoteknolojiyi benzer şekilde tanımlamışlardır.

Çizelge 2.1 Nanoteknolojinin bazı tanımları.

The Royal Society & The Royal Academy of Engineering	2004 yılında "Nanobilim ve Nanoteknolojiler: Fırsatlar ve Belirsizlikler" adlı bir rapor yayınladı. Bu raporda nanobilim, "atomik, moleküler ve makromoleküler ölçeklerde materyallerin fenomeni ve manipülasyonunun incelenmesi", nanoteknolojiler "yapıların, cihazların ve sistemlerin tasarımı, karakterizasyonu, üretimi ve uygulaması" olarak tanımlanmıştır.
National Science Foundation (NSF) USA	2003 yılında bir tanım yapılmıştır. Bu tanıma göre nanoteknoloji, tek tek atomları ve molekülleri manipüle etme yeteneğini ifade eder, bu da insan hücreleri ölçeğinde makineler inşa etmeyi veya aşağıdan yukarıya yeni özelliklere sahip malzemeler ve yapılar oluşturmayı mümkün kılar.
International Organization for Standardization (ISO) Technical Committee 229	Nano ölçekte madde ve süreçlerin anlaşılması ve kontrolü, tipik olarak, ancak münhasıran olmamak üzere, boyuta bağlı fenomenin başlangıcının genellikle yeni uygulamalara olanak sağladığı bir veya daha fazla boyutta 100 nanometrenin altındadır.
U.S Food and Drug Administration (FDA)	2007'de nanoteknoloji görev gücünün raporu: Nanoteknoloji, bilim insanlarının bir metrenin milyonda biri olan nanometre cinsinden ölçülen biyolojik ve maddi dünyaları yaratmak, keşfetmek ve manipüle etmek için moleküller ölçeğinde çalışmasına izin verir. Karşılaştırma yoluyla, bir kağıt parçası yaklaşık 100.000 nm kalınlığındadır, bir insan saçı yaklaşık 80.000 nm genişliğindedir.
Oxford Advanced Learner's Dictionary	100 nm' den kısa yapılarla ilgilenen teknoloji dalı. Bilim adamları bu yapıları genellikle tek tek madde moleküllerini kullanarak inşa ederler.

Bu tanımlarda yapısal özellik, fiziksel özellik ve yeni bir maddenin oluşumu ön plana çıkmaktadır. Manipüle etme, keşfetme, yaratma, kontrol etme gibi kelimeler

nanoteknolojiyi tanımlamak için yaygın olarak kullanılır. Nanoteknolojinin tarihsel geçmişini kısaca özetlersek; Fizikçi Richard Feynman'ın (Fizikte Nobel Ödülü sahibi, 1965) 29 Aralık 1959'da Caltech'te yaptığı toplantıdaki konuşmada dikkatler nanoteknolojiye çevrildi ve burada “altta çok yer var” dedi (Feynman 2002). Feynman'ın fikirleri, atom düzeyinde tek bir eylem yapma fırsatı sağlayacak sistemlere odaklandı.

Drexler (2004), 'moleküler üretim' olarak adlandırılan bu geliştirme aşamasının, karmaşık atomik cihazlar ve makineler oluşturmak için atomları hassas bir şekilde manipüle edebilen bilgisayar destekli nano ölçekli robotların yaratılmasıyla destekleneceğini savunuyor. Drexler'in vizyonu, 'birleştiriciler' veya görünmez 'nanobotlar' olarak bilinen bu tür robotların, kendi kendini çoğaltma veya klonlama yeteneğine sahip olacağı ve daha sonra büyük ölçekte makro ölçekli cihazlar oluşturmaya uygun olarak çalışabilme becerisine sahip olacağı yönündedir (Bowman ve Hodge 2006). Bu vizyon doğal olarak bazı öngörülemeyen tehditleri ve fırsatları içerir.

Feynman'ın konuşmasından yirmi yıl sonra, Zürih'teki IBM'de çalışan bir grup araştırmacı, Taramalı Tünel Açma Mikroskobu (STM) üreterek tek atomu görmek ve işlemek için bir cihaz geliştirdi. Sonraki yıllarda, Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) üretildi. Bu cihazlar, nanoteknoloji alanındaki çok önemli bir boşluğu doldurma girişimi olarak değerlendirilebilir. Atom düzeyinde çalışırken görmek ve manipüle etmek önemli bir konu olarak kabul edilebilir. Bu nedenle mikroskop üretmek, nanoteknolojide çığır açan bir gelişme olarak düşünülebilir. Bir başka dönüm noktası da Fullerenes'in elektronik ve malzeme mühendisliğinde uygulama için büyük potansiyele sahip bir karbon molekülü olarak keşfidir (Aydoğdu 2018).

Nanoteknolojideki gelişmeler hızla devam ediyor. Özellikle 2000'li yıllardan günümüze bu alanda pek çok gelişme ve yenilikler olmuştur. Kronolojik evrimler açısından; nanoteknolojinin uygulanması için gerekli alet, makine ve ekipmanlar 2000 yılına kadar icat edildi; bin yıldan sonra nanoteknolojinin yayılması için firmaların, enstitülerin ve kuruluşların ortaya çıktığı söylenebilir. Üniversitelerde eğitim programları başlatılmış ve nanoteknolojinin ticarileştirilmesine daha fazla önem verilmiştir.

2.1.1 Nanoteknoloji Uygulama Alanları

Nanoteknolojinin, yakınsak teknolojiler arasında stratejik, ekonomik ve teknolojik verimlilik açısından günümüzün ve yakın geleceğin kritik teknolojisi olarak görüldüğü kabul edilmektedir. Uygulamalı araştırmalar sonucunda nanoteknoloji artık birçok ticari üründe kullanılmaktadır. Nanoteknoloji uygulamalarının ve nanoteknolojik ürünlerin birçok alanda bulunabileceğini görmek mümkündür.

Örneğin tıpta; sağlık alanında kan hücreleri arasında dolaşan ve ilacı sadece belirli bir hücreye ileten mini robot; çevre alanında ayak kokusunu gideren ayakkabı tabanı; kirletmeyen duvar boyaları veya çevre kirliliğini yüzde 20 azaltan yakıt boruları vb. Bu tür uygulamalar insanların günlük hayatına girmeye başladı. Elektronikten savunmaya, iletişimden tıba, kozmetikten dekorasyona, otomotivden gıda ve tekstile kadar hemen her alanda nano malzeme içeren ürünler bulmak mümkün. Nanoteknolojinin, iklim değişikliği, çevre, yenilenebilir su kaynakları, azalan enerji rezervlerine erişim, kanser gibi birçok konuda yeni ufuklar açmasının yanı sıra önümüzdeki yıllarda karşılaşılabilecek birçok sorunu aşma potansiyeline sahip olacağı öngörülmektedir (Bozkurt 2015).

Nanoteknoloji kullanılarak üretilen uygulamalar ve ait oldukları sektörlerden bazıları:

Tekstil; su itici kumaşlar, yanmaz ve darbeye dayanıklı yüzeyler, yüzey işlemeli tekstil ürünleri, akıllı giysiler.

Enerji; yakıt hücreleri, güneş pilleri, kapasitörler, verimli enerji dönüşümü veya depolama sağlayan malzemeler.

Kozmetik uygulamalar; güneş koruyucular, dudak kremleri, cilt kremleri, diş macunları, farklı renk ve yüzey etkilerine sahip malzemeler.

Yiyecek ve içecekler; raf ömrünü artıran gıda paketlenme yöntemleri, depolama sensörleri, katkı maddeleri, meyve suyu katkı maddeleri.

Ev eşyaları; demir üzerine seramik kaplama, koku giderici, cam, seramik, yer ve pencere temizleme malzemeleri üzerine katalizör.

Spor malzemeleri; tekne malzemeleri, camların buğulanmasını önleyen malzemeler, teknelerde kirlilik önleyici maddeler, tenis raketi.

Otomotiv sanayii; hafif yapı malzemeleri, boya kaplama malzemeleri, katalizörler, sensörler.

Seramik sanayii; boyalar için dolgu maddeleri, nanokompozit esaslı kaplamalar, yapıştırıcılar, manyetik sıvılar.

Kimya endüstrisi; makine ve diğer aletler için koruyucu kaplamalar, antiblokaj kaplamalar, plastik parçaların güçlendirilmesi için kaplamalar, yağsız dişli uygulamaları.

Mühendislik uygulamaları; ekranlar, lazer diyotlar, cam fiberler, optik anahtarlar, filtreler, iletken ve antistatik kaplamalar, daha yüksek kapasiteli bellekler ve işlemciler, katlanabilir görüntüleme üniteleri.

Elektronikler; yeni nesil kompozitler, ısı yalıtımı, yangın geciktiriciler, yüzey fonksiyonel yapı malzemeleri, çeşitli kaplama, döşeme malzemeleri, boyalar, hafif ve güçlü beton.

Nanoteknoloji alanında dünya çapında en önemli proje gruplarından biri ise tıp ve sağlık bilimlerinde nanoteknolojik yaklaşımlara dayalı erken tanı ve tedavi grubu çalışmaları olmuştur. Bu çalışmaların en yoğun olanı, erken teşhis ve tedavide kullanılacak olan kanser ve nano taşıyıcı başta olmak üzere birçok hastalığa ana çözüm olabilecek nanodiyagnostiklerin geliştirilmesidir. Bir diğer önemli alan ise bilgi teknolojisi ve enerji alanıdır. Son yıllarda birbirine bağlı bu iki alanda çok önemli gelişmeler oldu ve nanoteknoloji sayesinde bu gelişmeler baş döndürücü bir hızla gerçekleşiyor. Hafıza büyümesi, hızlı düşünme sistemleri, otomasyon teknolojileri ve

akıllı sistemlerin gelişimi, dünyanın küreselleşmesi, erişilebilirlik gibi daha fazla gelişme özellikle bilişim sektöründe çok kısa sürede gerçekleşmektedir (Denkbaş 2015).

2.2 Nanolifler

Nanolifler genellikle tekstil endüstrisi tarafından bir mikrondan daha kısa liflerin çapı olarak kabul edilir. Nanolifler, Ulusal Bilim Vakfı'na (NSF) göre 100 nanometreden (nm) daha küçük lifler olarak tanımlanmaktadır. İsim, bir metrelik bilim ölçüm biriminin milyarda birini veya üç ila dört atom genişliğini temsil eden nanometreden gelmektedir. Nanolifler, bariyer, filtrasyon, tarım, mendil, medikal, kompozit, kişisel bakım, giyim, enerji depolama ve yalıtım gibi dikkate değer teknik özellikleri sayesinde çok ilgi çekmiş ve hayatımızın her bölgesine yerleşmiştir. Nanoliflerin standart lif yapısına kıyasla küçük çapları, kontrol edilebilir gözenekli formları ve yüksek yüzey/hacim oranıyla hafiftirler. Tüketiciden tıbbi ürünlere ve transistörler, havacılık, ilaç dağıtım sistemleri, kondansatörler, güç depolama, bilgi teknolojisi, pil ayırıcılar ve yakıt hücreleri için teknolojik uygulamalara sahip sanayiye kadar geniş bir uygulama yelpazesi için onları avantajlı kılan özel özelliklere sahiptir (Cai vd. 2012).

Nanolif üretim yöntemleri arasında elektrospinning, çekme, eritme, ıslak eğirme (10 μ -400 nm), faz ayırımı, tapınak sentezi, kendiliğinden montaj, iki bileşenli ekstrüzyon ve kuvvet eğirme bulunmaktadır (Kiyak ve Cakmak 2014). Ancak elektroegirme yöntemi, mikrometreden nanometrelere (20 nm-1 μ) kadar geniş bir yelpazede nanolif çapları üretebilen çok yönlü ve basit bir işlem, düşük maliyet ve yüksek mukavemet nedeniyle nanolif üretiminde hala en popüler ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Ceylan 2019).

Klasik bir elektroegirme işleminde, elektrostatik kuvvetler, lifleri polimer çözeltisinden çeker veya bir iğneden eritir. En sık toplanan elektroskopun nanolifler paralel veya rastgele hizalanmış ağlarıdır. Basit bir statik toplama yüzeyi kullanıldığında, paralel hizalanmış matları toplamak için rastgele odaklanmış fiber ağlar ve birden fazla teknik kullanılmıştır. En sık olarak dönen bir mandrel, paralel hizalanmış fiber ağları toplamak için bir toplama cihazı olarak kullanılır (Ceylan 2019).

Nanolifler ayrıca iki paralel iletken plaka arasındaki boşlukta doğrusal bir yönde toplanabilir. İki paralel plaka arasında üretilen elektrik alanı, liflerin plakalara dikey olarak hizalanmasına ve uzamasına izin verir. Bu teknik, tek tek nanolifleri toplayabildiğinden, ileriye dönük elektroğirme uygulamalarını genişletir.

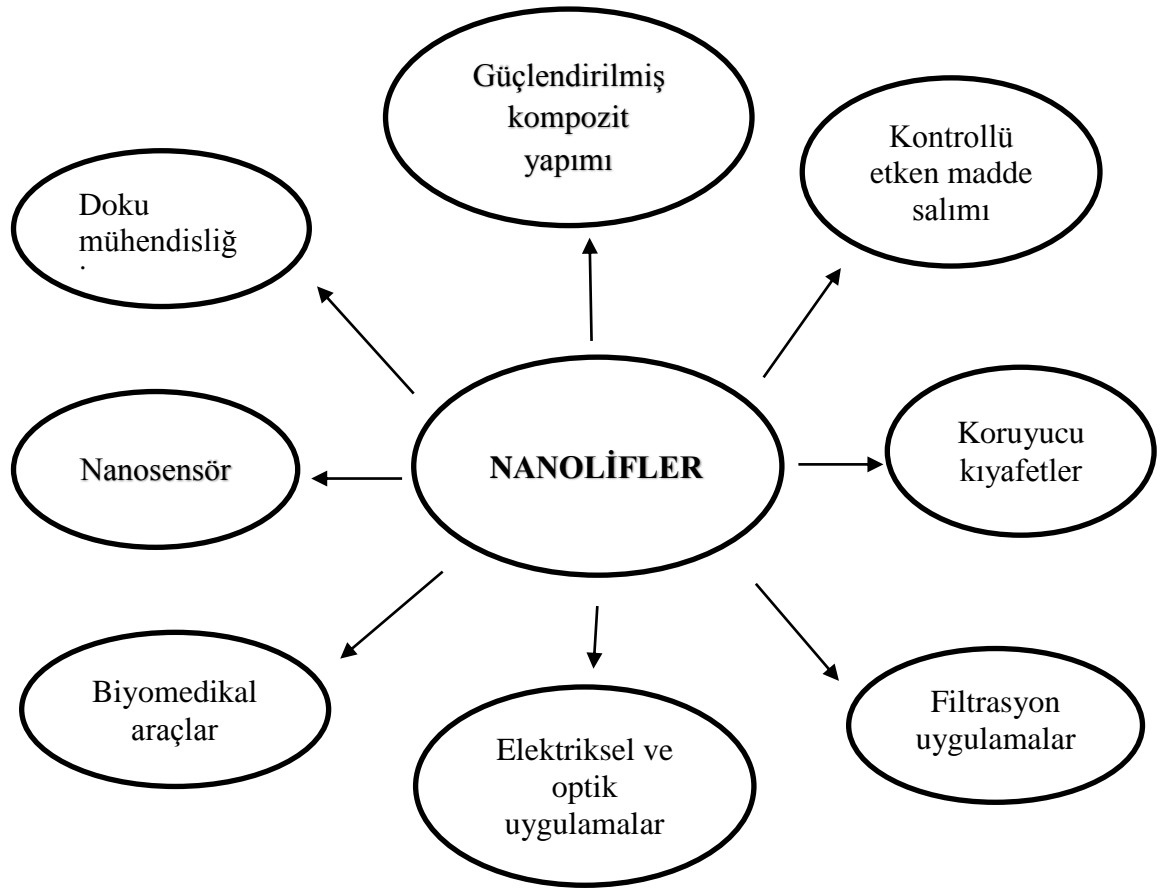
Bu lifler elde edildikten sonra, belirli uygulamalar için uygun yapılar daha fazla işlenebilir. Polimer liflerin uzunluğu hakkında, araştırılabilecek toplayıcı yapı türlerini tespit ederken paralel toplayıcı yöntemiyle elde edilebilecek maksimum fikirlere sahip olmak önemlidir. Bu lifler elde edildikten sonra, belirli uygulamalar için daha fazla işlenmiş uygun yapılar yapılabilir. Polimer liflerin uzunluğu hakkında araştırılabilecek kollektör yapı türlerini tespit ederken paralel toplayıcı yöntemiyle elde edilebilecek maksimum fikirlere sahip olmak önemlidir (Beachley ve Wen 2009).

Silikon şeritlerden yapılmış bir çift kolektör arasında imal edilmiş polivinil pirolidon (PVP) nanoliflerin boyutları birkaç santimetreden daha uzundur (Liv vd. 2003). Ramakrishna ve Teo, iki ince çelik bıçak üzerinde 10 cm'ye kadar uzunluklarda PCL nano fiber üretti (Teo ve Ramakrishna 2005).

Elektroğirme yöntemi sırasında liflerin nihai çapının belirlenmesinde eşit derecede önemli olan, toplayıcı ile iğne arasındaki boşluktur. Elektroğirme yöntemi sırasında uygulanan yük yoğunluğu, liflerin şeklini ve çapını belirlemede önemli bir rol oynar. Elektroğirme sırasında, boncuklu liflerin oluşumu, akış hızı ve çözelti viskozitesi gibi diğer parametrelerle birlikte yük yoğunluğuna dayanır (Ceylan 2019).

2.2.1 Nanoliflerin Uygulama Alanları

Pek çok uygulamada kullanılmasının başlıca nedenleri, nanoliflerin ürettiği yapılarda hacim-ağırlık oranının yükselmesi, yüksek mukavemet, düzgün işlenmesi, mikroorganizmalara ve küçük parçacıklara bariyer oluşturması vb. çok çeşitli ileriye dönük uygulamalar için yararlıdır. Nanolif uygulamaları şekil 2.1' de gösterilmektedir.



Şekil 2.1 Nanolif uygulama alanları (Ceylan 2019).

Filtrasyon uygulamaları: Daha büyük fiber, mikron altı aralıktaki küçük fiberlerle karşılaştırıldığında, aynı basınç düşüşünde atalet etkileşim ve durdurma rejimlerinde daha yüksek filtre verimliliği sağlayacaktır. Nanolifler, filtrasyon endüstrisi tarafından kullanılmaya başlanmıştır ve bazı durumlarda ticari olarak temin edilebilen ürünler üretmiştir. Keçenin gözenek boyutu, farklı elyaf çapları ile nispeten yüksek bir dereceye kadar düzenlenebilir. Nano lifli matlar bu nedenle belirli boyuttaki molekülleri bloke etmek için tasarlanabilir. Nanolifler, filtrasyon etkinliğinde önemli artışlar sağlarken, geçirgenlikteki azalmalar nispeten düşüktür ve bazen ölçülemez. Nanolif filtre ortamı, birçok farklı uygulamada geniş bir ayar ve kirletici yelpazesi ile taze filtrasyon verimlilik oranlarına izin vermiştir (Ceylan 2019).

Kompozit uygulamalar: Kompozit sektörü, özellikle nanolif teknolojisi ile ilgilenmektedir çünkü muhtemelen çok daha düşük ve daha hafif olan, ancak geleneksel

kompozitlere kıyasla aynı veya gelişmiş mekanik normlarda performans gösterebilen ürünlerin oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Kompozitlerin güçlendirilmesinde özellikle mühendislik alanlarında karbon, aramid, cam gibi lifler kullanılmaktadır. Takviye kompozitleri, yükseltilmiş modül ve ağırlık/ağırlık oranı gibi önemli özelliklere sahiptir.

Biyomedikal uygulamalar: Neredeyse tüm insan organ ve dokuları, biyolojik açıdan nanofibröz bir yapıya yerleştirilir. Örnekler dentin, kemik, kıkırdak, deri ve kolajendir. Bu örneklerin tümü, iyi organize edilmiş hiyerarşik lifli nanometre ölçekli yeniden hizalama yapıları ile açıklanmaktadır. Bu nedenle, biyomühendislikte ana uygulamalarından biri, elektrospun polimer nanoliflerde yapılan mevcut çalışmalara yoğunlaşmıştır. Tıbbi protezler, kozmetik cilt maskeleri, akıllı giysiler, yara örtüleri, ilaç taşıyıcılar ve doku iskeleleri nanoliflerin biyomedikal uygulamalarıdır (Ceylan 2019).

Askeri ve savunma uygulamaları: Askeri uygulamalarda giysilerin korunmasının hayatta kalma şansını sürdürmesi, uzun süreli koruma sağlaması, şiddetli hava koşullarına dayanması, nükleer, biyolojik ve kimyasal etkilere dayanması ve etkinliği artırması beklenmektedir. Şu anda kullanılmakta olan giysileri korumak için ağır kumaşlar üretilmiştir. Suyun buharını ve havasını emen hafif ve oldukça gözenekli kumaşlar, kumaşı çürüten kimyasal gazlarla kolayca tepki verebilir. Daha büyük yüzey alanı ve nanoliflerin küçük gözenek boyutu nedeniyle, nanolifler tarafından üretilen kumaşlar giysilerin korunması için uygundur. Bu kumaşlar ayrıca nötralizasyon sağlayabilir. Giysilerin nefes almasını da sağlar. Küçük gözenek boyutlarına sahip yüksek gözenekli nanolifler, kimyasalların kumaşlara difüzyonuna karşı iyi bir direnç sağlar. Nano sensörler, askeri uygulamalarda izi keşfetmek için, çoklu kontroller için nano elektronikler, hafif olması gereken platformlar için nano kompozitler için kullanılır (Ceylan 2019).

Tarımsal uygulamalar: Bitkiler, elektrospundan elde edilen nanolifler tarafından oluşturulan bir ağ ile kaplanır. Zararlı böcek ve kimyasallara karşı koruma, bunun görevlerinden biridir. Sera için kapak kullanılabilir. Ek olarak, daha önce ağa enjekte

edilen gübreler, nanolif ağ kullanılarak verilebilir.

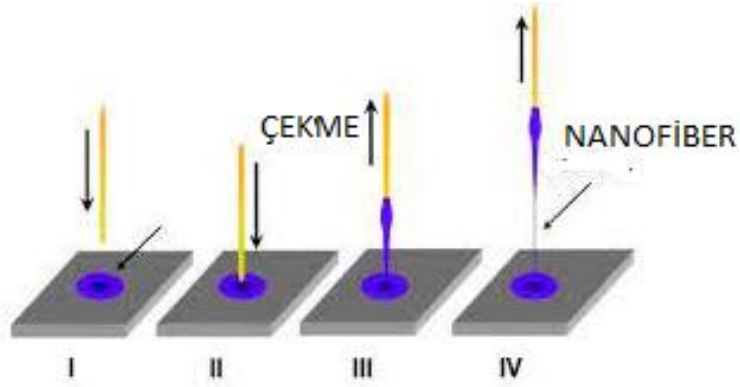
Uzay uygulamaları: Uzay arabalarının ve uzay mekiği gibi ekipmanların birçok uygulamasında, özellikle çelikten yüz kat daha güçlü olmak gibi hafif ve yüksek mukavemete sahip karbon bazlı nanolifler kullanılmaktadır. Nanolifler uzayda güneş ve işık platformlarında da kullanılabilir.

Elektriksel ve optik uygulamalar: Elektriği iletebilen nanoliflerin üretilmesiyle birçok fayda yaratılır. Nanolifler temel olarak kk elektronik aletlerin imalatında ve bazı makinelerin üretiminde kullanılmaktadır. Elektrot yüzey alanı kimyasal reaksiyonun hızıyla orantılı olduğundan, nanolif membranlar, geliştirilmiş yüksek performanslı piller üretmek için uygun şekilde kullanılır.

Diğer uygulamalar: Nanoliflerin enzim taşıyıcıları ve bilgi teknolojisi için diğer potansiyel uygulamaları kablolar, kapasitörler, transistörler ve diyotlardır (Ceylan 2019).

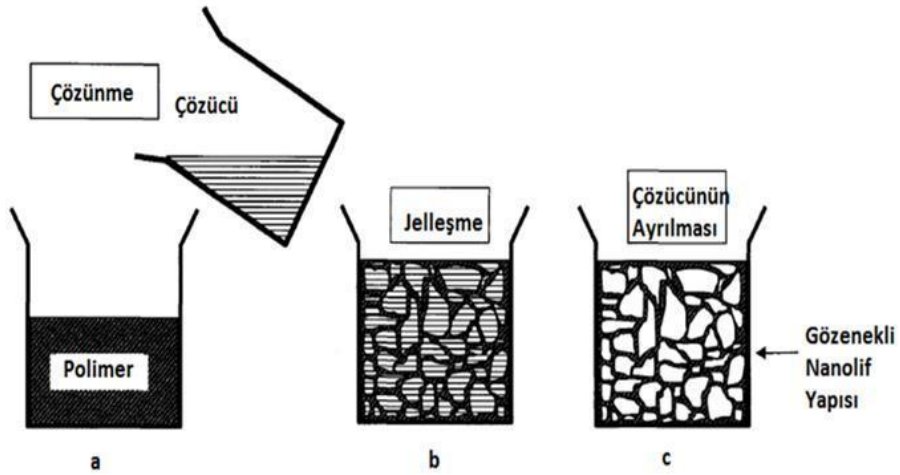
2.2.2 Üretim Yöntemleri

Çekme yöntemi; fotonik telin kolay ve uygun maliyetli üretimini sağlar. Ancak ekme bölgesi sabit bir sıcaklık dağılımı gerektirir ve üretilen tel uzunlukları onlarca milimetre ile sınırlanılmıştır. Çekme yöntemi, çapı 60 nm'den kk ve 500 mm'den daha kalın olan PTT nanolifleri üretebilir (bkz. şekil 2.2). PTT 0,1–1 m/s hızla geri çekilir. Gerilmiş PTT teli hızlı bir şekilde soğutulur ve amorf PTT nanolifleri nihayet üretilir. Bu yöntemle üretilen fiberler, düşük optik performans ve yüksek esneklik sağlar (Kiyak vd. 2014).



Şekil 2.2 Çekme prosesi (Kiyak vd. 2014).

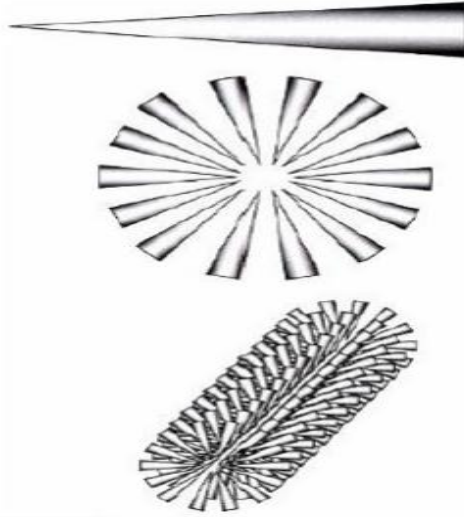
Faz Ayrımı; jelleşmeye girmeden önce, bir polimer ilk olarak faz ayrımında bir çözücü ile karıştırılır. Bu süreçteki birincil mekanizma, fiziksel uyumsuzluk nedeniyle faz ayrılmasıdır. Ana aşama, polimerin bir çözücü ile çözülmesi ve bir jelleşme formu oluşturmasıdır. Final aşamasında solvent çıkarılır ve nanolif form oluşturulur. Bu yöntemi tanımlayan birçok kelime vardır: söndürme, polimer çözündürme, jel çözücü ekstraksiyonu, SIVI-SIVI faz ayrımı ve polimer jelleşme (bkz. Şekil 2.3) (Kiyak vd. 2014).



Şekil 2.3 Nanofibröz yapı elde etmek için faz ayrımının genel şemaları (Kiyak vd. 2014).

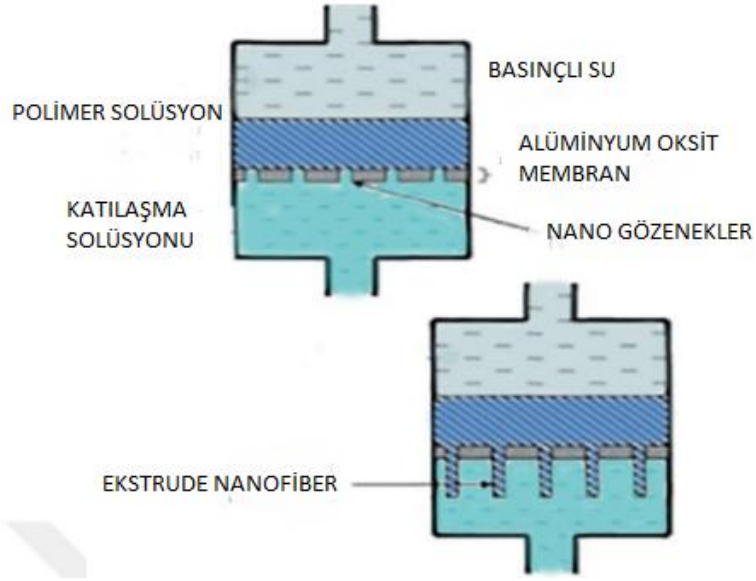
Kendi kendine montaj; küçük birimleri bir araya getiren moleküller arası kuvvetler, genel kendi kendine birleştirme için birincil mekanizmadır. Düşük moleküler birimlerin şekli, makromoleküler nanolif genel şeklini belirler (100 nm'den birkaç nm'ye kadar).

Moleküler kendi kendine montaj, yeni ürünlerin çok seviyeli (nano-mikro-makro) tasarımı ve üretimi için yenilikçi bir yol sunar. Kendi kendine montaj işlemi, desenler veya yapılardaki parçaların insan müdahalesi olmadan bağımsız bir kurulumudur. Moleküler (kristaller) ölçeğinden gezegene (hava sistemleri) ve birçok farklı etkileşim tipine kadar, doğada ve teknolojide kendi kendine birleşme prosedürleri yaygındır. Her sektörde ayrı bir tada ve vurguya sahip birçok alanda, kendi kendine montaj kavramı giderek daha fazla kullanılmaktadır. Yöntem için standart laboratuvar ekipmanı gereklidir (bkz. şekil 2.4). Bununla birlikte, belirli polimerlerin nanoliflere dönüştürme yöntemi, laboratuvar ölçeğiyle sınırlıdır (Akhgarı 2017).



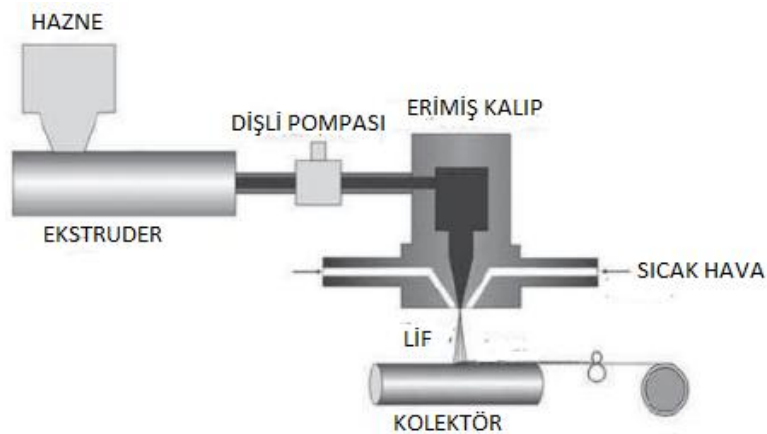
Şekil 2.4 Nanolifler elde etmek için kendiliğinden bir araya gelen bir örnek (Akhgarı 2017).

Şablon yöntemi; çeşitli morfolojilere sahip nano malzemelerin oluşturulmasını kontrol etmenin etkili bir yoludur. DNA replikasyonu ve döküm tekniği, şablonlara dayalı bir sentez olarak kabul edilebilir. Metalik, polimerik, seramik veya yarı iletken nanolifler, elektrokimyasal oksidatif polimerizasyon veya kimyasal kullanılarak 5 nm ile 50 mm arasında bir çapa sahip birçok silindirik gözenek dahil olmak üzere gözeneksiz membrandan imal edilebilir. Model, nanolif üretim durumu için nano ölçekli çaplı deliklere sahip metal oksit şeklinde bir membran içerir. Gözenekli membrandan kısıtlama, katılaştıran bir çözelti ile temas eden polimer ekstrüzyonuna neden olur ve nanolif üretimine neden olur. Şekil 2.5 şablon yöntemiyle nanoliflerin elde edilmesini göstermektedir. Gözenek boyutu, su basıncının eklenmesiyle liflerin çaplarını belirler (Akhgarı 2017).



Şekil 2.5 Şablon yöntemiyle nanoliflerin elde edilmesi (Akhgarı 2017).

Eriyik üfleme; eritilerek üfleme teknolojisi, bir kalıp gövdesi tarafından ekstrüde edilen ve genellikle erimiş polimerinkine benzer bir sıcaklıkta sıcak hava ile çekilen erimiş bir polimer tarafından tek bir aşamada elyaf üretimini içerir. Hava genellikle çekme mukavemetini çeker ve bu daha sonra dokunmamış bir mat olarak toplanır. Nispeten mali bir yöntemde, bu yöntem termoplastik polimerlerin kullanımını sunar şekil 2.6'da bu yöntemin şematik gösterimi verilmiştir (Khan 2007).



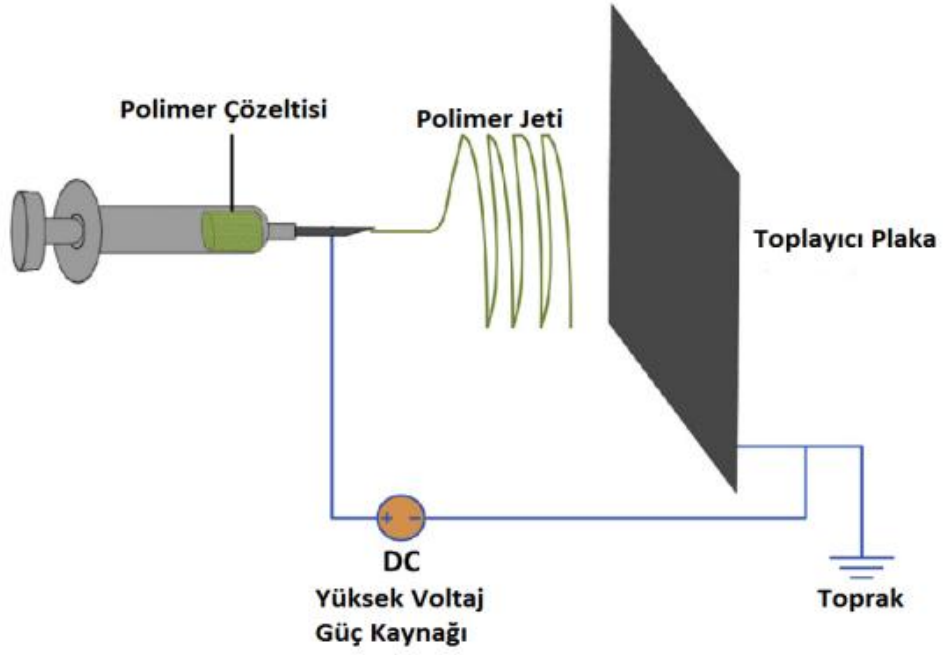
Şekil 2.6 Eriyik üfleme işleminin ayrıntılı şeması(Khan 2007).

Kuvvetle Eğirme; santrifüjlü (kuvvetli) eğirme, pamuk şekerin eğirme tekniğiyle

karşılaştırılabilir. Şeker pamuklu bir makinede şekerler ısıtılır ve santrifüj tüpler halinde ekstrüde edilir, bu da sükroz liflerinin düzenin boş alanında rastgele dağılmasına neden olur. Üretilen sükroz lifleri son zamanlarda gözenekli polimerlerin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Elektroeğirme yöntemi tercih edilen eğirme türü olmasına rağmen, yüksek elektrik alan gereksinimleri, düşük üretim oranı, yüksek maliyet ve güvenlik sorunu gibi bazı dezavantajları vardır. Kuvvet eğirme, temel elektroeğirme yönteminden 500 kat daha hızlı fabrikasyon oranı nedeniyle son zamanlarda büyüyen eğirme yöntemidir. Çok hızlı bir düze ile tipik bir eğirme kaplayıcı üzerine bir polimer çözeltisi veya polimer eriyiklerinin konulmasını içerir. Ek olarak, eğirme işlemi, içi boş polimer süzülmelerinin sağlanması ve farklı polimer türlerinin kullanılması gibi teknolojik açıdan önemli sayısız olasılık sağlar. Kuvvet eğirmeyi etkileyen parametreler, memecik açısal hızı, polimer viskoelastisitesi, orifis yarıçapı, çözücü buharlaşma hızı, çözelti yüzey gerilimi, sıcaklık ve uçtan kollektöre mesafesi olarak tanımlanabilir (Khan 2007).

Elektroeğirme tekniği; köklü bir polimer elyaf üretim yöntemidir. Cihaz, kılcal iğneli bir şırıngadan oluşur. Bu yöntemde, elektrostatik kuvvet etkisiyle bir iğnenin ucundan bir polimer jet enjekte edilir. Nanolif, dokunmamış bir ağ formu olarak üretilir. Şekil 2.7, elektroeğirme yönteminin kurulumunu gösterir. Yöntem avantajlı ve iyi anlaşılması olmasına rağmen, üretim çok yavaştır ve düşük lif kalitesi gösterilmektedir. Ticari olarak uygulanabilir hale getirebildikleri için, nanolifler için yeni uygulamalar bu yöneme olan ilgiyi tazeledi (Khan 2007).



Şekil 2.7 Elektroğirme yöntemi şematik gösterimi (Khan 2007).

2.3 Elektroğirme

Elektroğirme eski bir yöntemdir, bu yüzyılın başından beri elektrosponning olarak bilinir. Yönetilebilirlik söz konusu olduğunda, farklı malzeme türlerinden sürekli nanolifler üretebilir. Ek olarak, elektroğirme diğer yöntemlere göre daha ucuz bir tekniktir. Günümüzde nanolifler, 20 nm ila 1 mikron arasında değişen çaplarda, yüksek mukavemetli, düşük maliyetli, yüksek değerli imal edilebilmektedir (Ceylan 2019).

Kontrollü boyutlara sahip tek boyutlu yapılandırılmış, inorganik ve hibrit nano materyaller için her işe uygun üretim tekniği olarak, nanolif teknikleri büyük ilgi görmektedir. Nanolifler, gözenekli veya içi boş fiber, iç kılıf veya çok kanallı mikro tüpler gibi sıralı iç morfolojiler için fırsatlar sunan gelişigüzel veya yönlendirilmiş devam eden nanolifler olarak üretilir. Bu değişken tipteki malzemeleri farklı üretim yöntemleri elde edebilir. Bu yöntemler, kabarcık elektroğirme, eriyik elektroğirme, manyetik elektroğirme, koaksiyel elektroğirme, gaz ceketli elektroğirme, konjuge elektroğirme, gereksiz elektroğirme, santrifüjlü elektroğirme ve temel elektroğirme olarak sıralanabilir.

Polimerler, kompozitler ve seramikler dahil olmak üzere geniş bir ürün yelpazesinden ince elyaflar yapmak için kullanılan en uygun ve kontrol edilebilir teknik şüphesiz elektroğirmedir. Elektrospon fiberlerde bulunan son derece yüksek hacim-hacim yüzey ve küçük çaplar (nm) ve en-boy oranları standart eğirme ile gerçekleştirilemez (Ceylan 2019).

2.3.1 Elektroğirme Tarihçesi

Elektroğirme, polimer, seramik ve kompozit içeren çok sayıda malzemeden devam eden elyaf üretimi (minimum çap 5 nm) için 1930'lardan beri bilinen basit bir teknolojidir. Elektrospon elyaflar, yüksek en-boy oranına, yüksek hacim-hacim oranına, düzenlenmiş gözenek boyutuna ve mükemmel mekanik verime sahip olma gibi standart elyaflarda bulunmayan özelliklere sahiptir. Eğrilmiş liflerin inanılmaz mekanik özellikleri, geniş çaplı bir nanolif ölçeğinin üretilmesine izin verir çünkü bu özellikleri geleneksel eğirme işlemleriyle elde etmek mümkün değildir.

Formhals, 1934 yılında ilk kez elektroğirme yönteminin patentini aldı. Formhals'dan önce bile, suni iplik eğirme yöntemi denenmiş, ancak elyafın kurutulması ve toplanması gibi teknik sorunlar nedeniyle çok fazla ilgi görmemiştir. Formhallerin yöntemi, gergin bir durumda iplikleri toplamak için bir mobil cihazdan oluşuyordu. Yine de elyafı kurutmak hala bir sorundu. 1940 yılında Formhals, bu dezavantajın üstesinden gelmek için işini yeniden patentledi. Besleme nozulu ve elek arasındaki boşluk, elektro-bükülmüş elyaflara daha fazla kuruma süresi vermek için rafine işlemde değiştirildi (Ceylan 2019).

1960'larda Taylor, jet oluşumu yöntemi üzerine araştırmalar yaptı. Taylor, bir elektrik alanı uygulandığında iğne ucunda oluşan polimer damlacığının şeklini ayrıntılı olarak araştırmış ve bunun bir koni olduğunu ve kabarcıkların koni köşelerinden dışarı atıldığını göstermiştir. Bu koni şekli literatürde "Taylor konisi" olarak bilinir. Jetin konik şekli, lif oluşturma sürecindeki genişlemenin başlangıcını tanımlar (Ceylan 2019).

Akrilik mikro fiberin elektro büyütülmesinin 500 ile 1100 nm arasında bir çapa sahip

olduğu Baumgarten tarafından 1971'de ortaya çıkarılmıştır (Ceylan, 2019). Elektrik alan değıştikçe lif çapının nasıl değıştiğine odaklandı. Larrondo ve Mandley, bükülmüş çözücü liflerden daha büyük çapta eriyen polietilen ve polipropilen lifler üretti (Ceylan 2019).

1987'de Hayati ve arkadaşlarının araştırması, elektriksel alanın etkileri, deneysel koşullar ve fiberin özelliklerini etkileyen değışkenler üzerinde yoğunlaştı. Yüksek gerilimli aşırı iletken sıvıların çeşitli yönlerde kırbaçlanan son derece uçucu akışlar ürettiğini gösterdiler (Ceylan 2019).

0,05 ila 5 µm çaplı suda çözünür polietilen oksit (PEO) lifler için Doshi ve Reneker elektreğirme kullandı. Elektrikli eğirme sürecini, işlem koşullarını ve liflerin morfolojisini ve elektrospun liflerin olası kullanımını tanımladılar. Jaeger ve diğerleri tarafından elektrospun polietilen oksit (PEO) içinde bir zincir mikroskobu gözlemlendi. Elektrospun PEO parçacıklarının moleküler düzeyde düzenli bir yüzey katmanına sahip olduğunu buldular. Bu düzenli yüzey tabakası damlacık oluşumunun sonucu veya kalıntısı olabilir (Gibson 1999).

Elektrospun fiber paspasların taşıma özellikleri Gibson ve Rivin tarafından araştırıldı. Elektromanyetik katmanlar, buharlaşmalı soğutma için gereken difüzyon nem buharı aktarımına minimum empedans göstermiştir (Dietzel 2001).

Yaklaşık 300 nm fiber çapına sahip nanolifler, bir heterosiklik nükleer polibenzimidazol (PBI) ile elektroğirilmişdir. Sülfürik asit ve ısıl işlemler sayesinde, bu liflerin mekanik mukavemeti iyileştirildi. Deitzel vd. sistematik olarak eğirme gerilimini ve elektrospun fiberlerin morfolojisini inceledi (Subbiah vd. 2004).

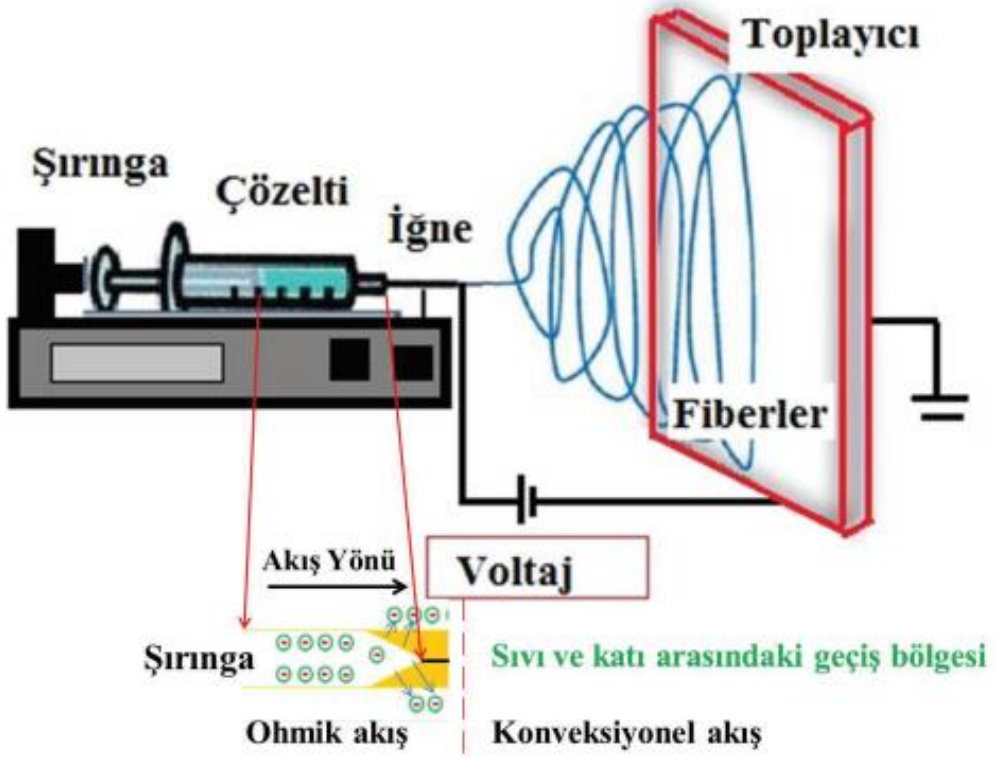
2.3.2 Temel Elektroğirme Kurulumu

Sıradan bir elektroğirme düzeneği 3 temel bileşen içerir; bir şırınga pompası, bir voltaj tedarikçisi ve bir topraklı toplayıcı. Bir polimer eriyiği veya çözeltilisi, küçük bir iğne veya nozül ile sağlanır. Tipik olarak yüksek voltaj, nozül tarafından bir elektrot olarak

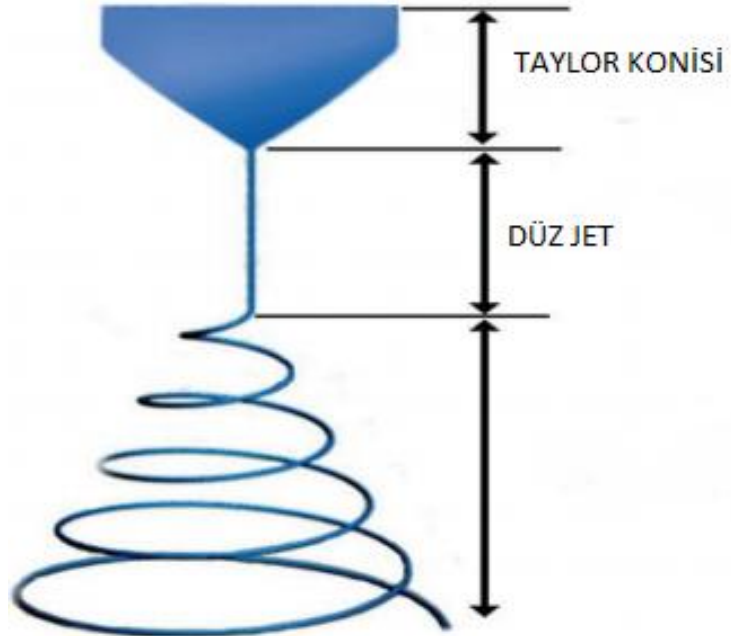
aynı anda uygulanır. Genel olarak tipik kurulumda elektrottan kollektöre olan mesafe TCD olarak bilinir. Akım, elektroegirme işlemleri sırasında nanoamperden mikroampere değişir. Elektrotlara yüksek voltaj eklendiğinde kolektör plakası ile iğne arasında elektrik alanı oluşur. Elektrostatik kuvvet, kritik voltaj değerinden sonra yüzey gerilimini aşar ve yüklü polimer solüsyonu iğnenin ucunu terk etmeye zorlanır. Toplayıcılar ile iğne arasındaki elektrostatik kuvvetin etkisi, polimer çözeltilisinin iğneden kollektörlere gerilmesine neden olur, bu germe etkisi jeti çok ince ve uzun bir form haline getirir. Aynı zamanda, çözücü buharlaşır ve polimerin fiber formu katılaşmaya başlar, kollektörlerin yüzeyinde fiber ağ oluşur (Şekil 2.8) (Ceylan 2019).

Polimer solüsyonu sabit bir debi ile pompalanır ve kolektör ile iğne ucu arasında elektrik alanı oluşturmak için voltaj uygulanır. Sıvı yüzey bir yük ile biriktirilir. Elektrostatik itme yüzey geriliminden daha büyük olduğunda sıvı, konik formlu bir yapıya dönüşmeye başlar. Bu konik şekil Taylor konisi olarak bilinir ve şekil 2.9’da gösterilmiştir.

Taylor koni formu oluşur ve ardından yüklü sıvı jeti kollektöre doğru fırlatılmaya başlar. Sabit düz plakalar, dönen tamburlar, mandreller ve diskler gibi birçok toplayıcı türü vardır. Çözücü, çözeltilinin viskozitesine bağlı olarak buharlaştığında katı lifler oluşacaktır. Çırpma hareketi, Taylor konileri ile toplayıcı arasındaki nanoliflerin uçuş süresinde meydana gelir. Son olarak, kolektör üzerinde veya kollektörler arasında dokunmamış bir nanolif mat toplanır (Ceylan 2019).



Şekil 2.8 Basit elektroğirme kurulumu (Ceylan 2019).



Şekil 2.9 Taylor konisi (Ceylan 2019).

2.3.3 Elektroğirme Parametreleri

Nanoliflerin homojenliği ve morfolojisi, elektroğirme işlemi için u ana başlık altında açıklanan bazı özellikler dikkate alınarak hesaplanır: polimer parametreleri, proses parametreleri (kurulum parametreleri) ve ortam parametreleri.

- (a) polimer çözelti parametreleri çözelti viskozitesi ve konsantrasyonu, moleküler ağırlık, dielektrik sabiti, yüzey gerilimi ve çözelti iletkenliğini içerir,
- (b) işlem parametreleri sıcaklığı, uygulanan voltajı, iğnenin çapını, uçtan kolektöre mesafesini ve akışı içerir.
- (c) ortam parametreleri basınç, bağıl nem, odadaki hava hızı ve atmosfer tipini içerir. Bu parametreler kontrol edilerek ve değiştirilerek farklı yapılara, morfolojilere ve düzenlemeye sahip çeşitli nanolifler retilbilir (Mit-uppatham vd. 2004).

2.3.3.1 Polimer Parametreleri

Çözelti konsantrasyonu ve viskozitesi: Viskozite, lif çapını etkileyen önemli bir çözelti özelliğidir. Yüksek viskozitede lif formda olduğundan, elektrik yüklerinin mukavemeti polimer çözeltilisini germek için yeterli değildir. Çözeltinin viskozitesi, polimer molekülleri arasındaki zincir dolanmaları ile hesaplanır. Polimerin daha yüksek çözelti konsantrasyonu veya daha yüksek moleküler ağırlığı, viskozitenin artmasına ve daha kalın lif çapına neden olacaktır (Alghoraibi vd. 2018).

Polimer sıvının yüzey gerilimi: Sıvı moleküller arasında oluşan kohezif kuvvetler, yüzey gerilimi olarak bilinen bir tür ölçüdür. Polimer özeltilisi üzerindeki yükler çözeltinin yüzey gerilimini aştığında elektroğirme başlangıcı gerçekleşir. Çözelti jeti toplayıcı boyunca hareket ettiğinde, yüzey gerilimi jet yüzeyinde boncuklara neden olur. Yüzey gerilimi, birim kütle başına küçük yüzey alanı elde edilmesine neden olacaktır. Serbest özücü molekülleri arasında büyük bir konsantrasyon ile yüzey gerilimi nedeniyle küresel yapıyı toplama eğilimi vardır. Çözelti, yüksek viskozitede yük ile gerildiğinde çözücü ve polimer molekülleri arasında büyük bir etkileşim meydana gelir. Çözücü moleküller, aktif polimer molekülleri üzerinde difüzyona etki

eder. Çözücü molekülleri yüzey geriliminin etkisiyle toplanma eğilimindedir (Alghoraibi vd. 2018).

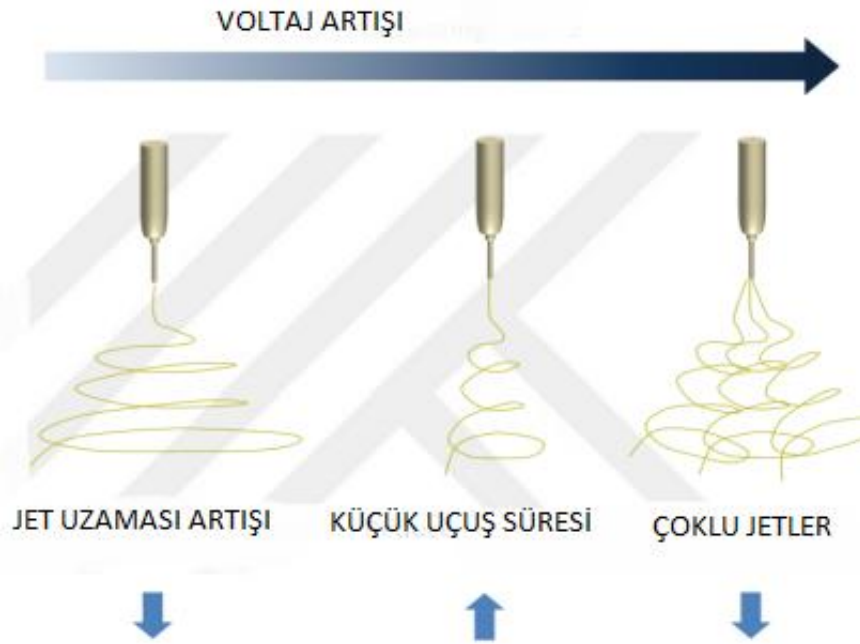
Moleküler ağırlık: Moleküler ağırlığın etkisi, yüzey gerilimi, iletkenlik, dielektrik dayanım ve viskozite gibi elektriksel özellikler üzerinde önemli bir etkidir. Daha düşük moleküler ağırlığa sahip olan çözelti, lifler yerine boncuk formunu oluşturur. Daha yüksek moleküler ağırlık, daha yüksek ortalama lif çapı olan bir sonuç verir. Karışık çözücülerden üretilen elektrospun liflerin çapları, çözelti konsantrasyonunun moleküler ağırlığı arttıkça kalınlaşır. Çözeltinin viskozitesi, moleküler ağırlık ve konsantrasyon aralığında lif çapının iyi bir işaretidir.

İletkenlik: Bir polimeri çözmek için seçilen solventin, iletkenlik özelliğine sahip olması gerekir. Alternatif olarak, çözeltiyi iletken hale getirmek için organik veya inorganik tuz kullanılabilir. Bu yöntemin, elektroğirme işleminin başlatılması gereken kritik voltajı düşürme avantajı vardır. Oldukça iletken bir çözelti üretmek için başka bir yararlı yöntem, bir çözücü ile karıştırmaktır. Çözelti iletkenliğinin artması, elyaf kalitesinin iyileştirilmesine ve nozülde püskürtülen elektroğirme jet numaralarının artmasına neden olur. Çözelti iletkenliği arttığında Taylor konisi oluşumu artar ve nanoliflerin çapı azalır (Almetwally vd. 2017).

2.3.3.2 İşlem Parametreleri

Voltaj: Elektroğirme işlemindeki temel parametre çözüme uygulanan voltajdır. Uygulanan yüksek voltaj, gerekli yükleri harici elektrik alanı ile çözüme aktaracaktır. Elektrostatik alandaki çözeltinin yüzey geriliminin aşılmasından sonra elektroğirme işlemi başlar. Genellikle 6kV'den fazla pozitif veya negatif voltaj, Taylor konisi olarak çözelti damlasının bozulmasına neden olabilir. Taylor konisinin stabilizasyonu çözelti besleme hızına asılır ve yüksek voltaj gerektirir. Jetteki kolombik itme kuvvetleri viskoelastik çözeltiyi gerecek. Uygulanan voltajın artması, daha yüksek şarja neden olacak, çözelti jetini hızlandıracak ve iğne ucundan daha fazla polimer çözeltisi çekecektir. Uygulanan daha yüksek voltaj nedeniyle, Taylor konisinin stabilizasyonu bozulmaya başlayacaktır. Geri çekme solüsyonu iğneden gelen besleme solüsyonundan

daha fazlaysa, Taylor konisi iğne toplayıcıya doğru hareket ettirilebilir (Gibson 1999). Yüklü yoğunluğun elyaf hizalaması ve morfolojisi üzerindeki etkisi hakkında birçok kaynak vardır. Lee ve Buchko, daha yüksek voltajın polimer çözeltisinin daha fazla uzamasına neden olduğunu ve daha fazla uzamanın daha ince lifler üretmek için iyileşeceğini bildirdi (Dietzel 2001). Yüksek voltajlı düşük viskoziteli çözüm, elektroğirme sırasında da çift püskürtme oluşturur ve bu, daha küçük fiber çapı elde etmek için bir sonuç verir. Uygulanan gerilim kritik gerilime düştüğünde, uçuş süresinin arttığını ve çözümün uzama süresinin uzamasına neden olduğunu bildirmişlerdir. Wu vd. 2012, voltajın daha da artmasıyla trend tersine dönmeden önce artan voltajla minimuma indirilen lif çaplarını araştırdı. Tersine, Mazoochi ve ark. göre lif çapının önce uygulanan voltajla artacağını, sonra belirli bir kritik voltaja kadar azalmaya başladığını gözlemleyen çalışmalar da vardır. (Alghoraibi vd. 2018). Artan voltajın elektroğirme sürecine ve lif çapına genel etkisi şekil 2.10'da gösterilmiştir.



Şekil 2.10 Artan voltajın elektroğirme sürecine ve lif çapına genel etkisi (Alghoraibi vd. 2018).

Polimer çözeltisinin akış hızı: elektroğirme işleminde kullanılan çözelti miktarı, besleme hızı ile hesaplanır. Kararlı bir Taylor konisi belirli bir voltaj değerinde devam ederse uygun besleme hızı etkinleştirilir. Besleme hızı arttığında, nozülünden çekilen çözelti miktarı artacaktır. Zhong vd. ilerleme hızının artması, elyaf çapının ve ayrıca

boncukların artmasına neden olacağını gözlemledi. Besleme hızına bağlı olarak elyaf çapındaki artış Andrady'ye göre sınırlıdır. Besleme hızı, elektroğirme jet ile aktarılan çözelti miktarı ile aynı ise, besleme hızı uygun şekilde arttığında yük yoğunluğunun arttığı gözlenir (Ramakrishna 2005).

Elektrotun kolektörden uzaklığı: Toplama plakası ile nozül arasındaki mesafe, biriktirme süresi, çırpma aralığı ve buharlaşma hızı ile lif morfolojisini etkileyen bir diğer önemli değişken faktördür. Bu mesafede lif oluşumu meydana gelir, çözücü uzaklaştırılır ve lif katılır. Bu sırada tüm lifler toplanır. Bu mesafenin arttırılması, elyafın inceliğinin artmasına ve elyafların kuru halde birikmesine neden olacaktır. Elektroğirme işleminden konsantrasyon parametresi ihmal edilerek toplanan ıslak lifler, mesafe düşükse lifler üzerinde boncuklu yapı gösterilir. Buckho'nun çalışmasında aynı zamanda düşük mesafe, yuvarlak kesitten düz kesite geçiş de gözlenmiştir (Ramakrishna 2005).

2.3.3.3 Ortam Parametreleri

Sıcaklık: Çözeltinin sıcaklığı, artan buharlaşma aralığı gibi viskoziteyi düşürücü etkiye sahiptir. Daha yüksek sıcaklıkta elektrospu oluşturan polimerler daha düzgün bir yapıya sahiptir. Bunun nedeni, çözelti viskozitesinin düşük olması ve polimerin daha iyi çözülmesi, çözeltinin daha yüksek gerilim stresine neden olmasıdır. Düşük viskozite daha fazla stres yaratabilir ve böylece daha ince lifler üretilebilir. Sıcaklık artışından dolayı moleküllerin hareketi artar ve solüsyonun daha fazla gerilmesi için kolumbik güce yol açar (Yılmaz 2011).

Bağıl nem: Ortam nemi, elektroğirme işlemi sırasında polimer çözeltisini etkileyebilir. Elektroğirme işlemi normal atmosferik koşullar altında ilerlediğinde, yüksek nem lif üzerinde yoğunlaşabilir. Polimer uçucu bir çözücü içinde çözülürse, lifin morfolojisi etkilenecektir.

Atmosfer tipi: Ortamdaki havanın içeriği, elektroğirme işleminde önemlidir. Farklı gazlar için güçlü elektrostatik kuvvet altında çeşitli davranışlar gözlemlenir. Örneğin,

helyum gazı bozulma, güçlü elektrostatik kuvvet altında meydana gelir ve bu nedenle elektroğirme süreci meydana gelmez. Ancak yüksek ayrışma voltajına sahip bir gaz eklendiğinde, diğer eşit koşullar altında elde edilen lif çapının iki katıdır (Tosun vd. 2018).

2.4 Antibakteriyel Etki

Antibakteriyel etki, zararlı mikroorganizmaları öldürmek veya büyümesini engellemek için kimyasal olarak işlenmiş malzemelerdir. Antibakteriyel yüzeylere olan talep, yeni ürünler ve uygulamalar piyasaya sürüldükçe artmaya devam ediyor. Tüketiciler antibakteriyel ürünleri, temizlik ve mikroorganizmalara karşı koruma ile tanımlıyor. Geniş bir yelpazede antibakteriyel ürünler, genişleyen ürün hatlarına yönelik artan taleple birlikte artık tüketicinin kullanımına sunulmuştur. Antibakteriyel ürünler için en büyük zorluk, antibakteriyel işlevin dayanıklılığıdır. Daha uzun süreli antibakteriyel etki içeren süreçler var ve teknoloji bu kaliteyi yeniden oluşturmak veya kalıcı hale getirmek için araçlar geliştiriyor (Ademoğlu 2011).

Gıda ambalajında, tekstil endüstrisinde, su dezenfeksiyonunda ve ilaçta antibakteriyel maddeler çok önemlidir. Antibakteriyel aktivite, genel olarak çevreleyen dokular için toksik olmaksızın bakterileri lokal olarak öldüren veya büyümelerini yavaşlatan bileşiklerle ilgilidir. Mevcut antibakteriyel ajanların çoğu kimyasal olarak değiştirilmiş doğal bileşiklerdir, örneğin penisilinler, sefalosporinler veya karbapenemler. Ayrıca, aminoglikozitler gibi saf doğal ürünler ve ayrıca saf sentetik antibiyotikler, örneğin sülfonamidler sıklıkla kullanılır (Von 2006). Genel olarak ajanlar, bakterileri öldüren bakterisidal veya bakteriyel büyümeyi yavaşlatan bakteriyostatik olarak sınıflandırılabilir. Antibakteriyel ajanlar bulaşıcı hastalıklarla savaşmak için de çok önemlidir. Bununla birlikte, yaygın kullanımları ve kötüye kullanımları ile antibakteriyel ilaçlara karşı bakteriyel direncin ortaya çıkması, büyük bir sorun olan yaygın bir fenomen haline gelmiştir (Xia 2008).

2.4.1 Antibakteriyel Ajanlar

Metal iyonları: Mikroorganizma içi üremeler iki farklı şekilde engellenmektedir. Birincisi, iyonların hücre zarına hasar vermesi veya enzimin hücre zarından geçişinden sonra -SH grupları ile bir araya gelmesidir. İkincisi ise bakterilerin molekül iç yapılarına zarar veren oksijen radikal gruplarının oluşmasının metal iyonlarını katalize uğratmasıdır.

Gümüş: Gümüş, genellikle bakterilerin yer aldığı yüzeylerde ve üretimde kaplama işlemi yapılarak kullanılabilir. Gümüş materyallerde kimyasal dayanıklılığı artırır. Materyaller gümüşü yüzeyde uzun süre tutabilirler ve bu da antibakteriyel özelliklerinin kaybetmelerini engeller.

Kitin, Kitosan: asit çözücü içerisinde kitin amin bileşenleri mikrop üremesini engeller ve bakterilerin ölümünü sağlar. Kitosanda antifungal ve antibakteriyel özelliklere sahip olduğu birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir.

Triklosan: hücre zarından bakterilen geçip büyümesini ve üremelerini engeller.

TiO₂: ışıklı bir ortamda bekletildiğinde kendiliğinden temizlenen yüzeylerde, yüzeyde buğulanma engellemede, suyun temizlenmesinde ve havanın temizlenme işleminde kullanılmaktadır.

Polibigüadinler: yüksek biyosidal aktivite ve düşük toksisiteye sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı selüloz lifi içerisine katılarak antibakteriyel uygulamalarda kullanılır.

N-Halaminler: Antibakteriyel özelliği N-Cl bağ yapısındaki Cl iyonunun su ile etkileşimiyle elektrofilik değişim transferine dayanmaktadır.

2.4.2 Borik Asidin Antibakteriyel Etkisi

Borik asit konsantrasyonu ve mikroorganizmalarla temas süresi, performansında kritik bir rol oynar. Yeni ve önceden yayınlanmış veriler, borik asidin bakterilere karşı aktif olduğunu doğrulamıştır. Novak ve Taylor tarafından yapılan ilk çalışmalar, borik asidin hem bakterisidal hem de bakteriyostatik özellikler sergilediğini göstermiştir. % 0,5 ila % 2,0 arasında değişen borik asit konsantrasyonları, sıklıkla gözlerde bulunan tipik gram-pozitif bakteriler üzerinde bakteriyostatik etkiler sağlamıştır. % 3,0 ve 4,0'luk daha yüksek konsantrasyonlar, borik aside 3, 6 ve 24 saat maruz kaldıktan sonra bakterisidal etki göstermiştir.

Borik asidin çeşitli bulaşıcı hastalıklarla ilişkili 161 standart ve klinik suş üzerindeki antibakteriyel etkisini açıklayan çok kapsamlı bir çalışma 1991 yılında yayınlandı. Yazarlar, gram-pozitif ve gram-negatif türler ve mantarlar da dahil olmak üzere değerlendirilen tüm bakterilerin büyümesinin, ortama eklenen % 1 (w/v) borik asit ile tamamen engellendiğini bildirdi. Aynı türe ait bakteri izolatları, % 0,125 ile % 1,00 arasında değişen benzer minimum inhibitör konsantrasyonları (MİK) göstermiştir (Borokhov vd. 2007).

2.5 Antifungal Etki

Antifungal ajanlar fungus veya mantarlara karşı direnç gösteren malzemelerdir. Antifungal malzemeler gelişim açısından antibakteriyel malzemelerin gerisinde kalmıştır. Bu organizmaların hücresel yapılarından yola çıkılarak tahmin edilebilecek bir durumdur. Bakteriler genel olarak prokaryotiktir. Bu sebeple metabolik ve yapısal hedefleri insan konakçıya göre çok farklıdır. Mantarlar tersine ökaryot yapıdadırlar. Bunun sonucu olarak mantarlara göre toksik olarak bulunan antifungal ajanlar, konakçıya görede toksiktir. Bakterilere göre oranlarının belirlenmesi zor olan mantarlar yavaş bir biçimde genellikle çok hücreli formlarda üreme gösterirler. Bu zor durum, mantarın üremesini engelleyen antifungal ajanın in-vivo ya da in-vitro özelliklerini tanımlamak için yapılan deneylerde karışıklığa yol açar. Bu karışıklıklara rağmen, yeni antifungal malzemelerin gelişiminde ve mevcut antifungal ajanların

detaylandırılmasında ilerlemeler artış göstermiştir.

Mantarlar, büyüme için hemen hemen her yüzeyi (örn. Banyo fayansı, deri veya yapraklar) kullanabilen harika organizmalardır. Ne yazık ki, bitkileri, insanları ve hayvanları substrat olarak kolonize etme ve kullanma konusunda da uzmandırlar. Son yirmi yılda, özellikle bağışıklığı baskılanmış hastaları içeren insan mantar enfeksiyonlarının insidansı dramatik bir şekilde artmıştır.

2.6 Esansiyel Yağlar

Esansiyel yağlar (EO), bitkilerin damıtma işleminin uçucu fraksiyonundan elde edilen, çok yönlü olan ve aynı zamanda temel yapı elemanlarının başlıca karbon, hidrojen ve oksijen olduğu çeşitli kimyasal bileşenlerden oluşan ikincil bitki metabolitlerinden biridir. Esansiyel yağlarda bulunan ana bileşen grubu şunları içerir; alkol, aldehit, esterler, eterler, ketonlar, fenoller, çok sayıda küçük bileşene bölünebilen terpenler (Rofiq 2013).

İki kimyasal uçucu yağ grubu vardır, terpenoidler ve fenilpropanlar. Terpenoidler, bitki sekonder metabolitlerinin daha çok sayıdaki ve çeşitlendirilmiş grubudur, bu bileşikler, 5 karbonlu (C_5H_8) bir temel yapıdan türetilmesiyle karakterize edilir. Terpenoidler içinde, bitkilerin çoğunun uçucu yağlarının en önemli bileşenleri, monoterpenoid ve seskiterpenoid ailelerine (Carvacrol, Thymol, Terpinen 4-Ol) aittir. Fenilpropanoidler, uçucu yağların en yaygın bileşikleri değildir, "fenilpropanoid" terimi, 6 karbonlu bir aromatik halkaya bağlı 3 karbonlu bir zincire sahip bileşikler ifade eder (Calsamiglia vd. 2007). Esansiyel yağ içeren ana bitki özütünün biyosentezi, Calsamiglia ve diğerleri tarafından metabolik yol şemasında gösterilen glikoz ve pentoz metabolizmasından elde edilmiştir.

2.6.1 Esansiyel Yağ Çeşitleri

2.6.1.1 Limon Esansiyel Yağı (Citrus Limon)

Limon kabuğu çok önemli özellikler sağlayan uçucu yağ kaynaklarındandır. Eski tarihlerden günümüze kadar genellikle koku endüstrisinde önemli bir yer almıştır (Janati vd. 2012). Genellikle atık olarak sayılan limon kabuğu, esansiyel yağlar ve sekonder metabolitler için yaygın olarak kullanılan bir kaynaktır (Kamal vd. 2011). Limon esansiyel yağı, kozmetik ürünlerde genellikle parfümlerde güzel bir koku meydana getirilmesi için eklenmektedir.

Limon esansiyel yağı da dahil olmak üzere turunçgil yağları, kozmetik ve gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kemirgenlerde ve insanlarda davranışsal, hormonal ve nöronal tepkileri etkilediği bilinmektedir (Buckle 2001). Bu fizyolojik tepkiler çeşitli stres faktörlerinden etkilenir ve birkaç çalışma daha önce limon esansiyel yağına maruz kalmanın bu stres tepkilerini hafiflettiğini bildirmiştir (Pardon vd. 2003).

Turunçgil esansiyel yağlarının birincil bileşenlerinin başlıca r-limonen, p-terpinen, pinenler ve bu tür diğer monoterpener olduğu bilinmektedir ve aldehit sitral, limonun ayırt edici bir koku bileşeni olarak bilinir. Özellikle R-limonen, turunçgil esansiyel yağ bileşenlerinin yüzde 60-80'ini oluşturur ve bu türden en önemli bileşendir. Bir dizi rapor, limon esansiyel yağı ve sitralin koku alma uyarımı aracılığıyla sinirler ve stres üzerindeki etkilerinin araştırılmasına odaklanmıştır (Ceccarelli vd. 2004). Bununla birlikte, bu tür limonunu bileşenleri kozmetik veya gıda ürünlerinde alındığında ve vücut tarafından emildiğinde sinir aktivitesi ve stres üzerindeki etkilerle ilgili çok az rapor vardır (Fukumoto vd. 2006).

2.6.1.2 Niaouli Esansiyel Yağı (Melaleuca Quinquenervia)

Melaleucaquinquenervia olarak da bilinen Niaouli, Madagaskar'da büyüyen bir ağaçtan elde edilen uçucu bir yağdır. Aromaterapi, ilaç ve parfüm endüstrisinde

kullanılmaktadır. Ayrıca antifungal, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Niaoulinin ana bileşeni 1,8 sineoldür (% 31) (Siddique vd. 2018). Niaoulinin antimikrobiyal aktivitesi, 1,8-sineolün antimikrobiyal etkiye sahip olduğu araştırıldığı için yüksek 1,8-sineol içeriği ile ilişkilendirilebilir. Farklı uçucu yağların antimikrobiyal etkisini araştıran bir araştırmaya göre, niaouli bazı bakterilere karşı iyi antimikrobiyal aktivite gösterdi. Sonuçlar, niaoulinin *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* için yüksek zon değerleri gösterdiğini göstermiştir (Özdemir vd. 2018).

Niaouli ayrıca Siddique ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmaya göre antioksidan aktivite gösterir. Sonuçlar, niaoulinin DPPH süpürme etkisi üzerinde % 84,3 etki gösterdiğini gösterdi. Yüksek 1,8-sineol içeriği, antioksidan aktiviteyi indükleyebilir. Monoterpenoidler (1,8-sineol) bakımından zengin uçucu yağlar, iyi antioksidan aktivite gösterdi (Siddique vd. 2018).

2.6.1.3 Palmarosa Esansiyel Yağı (*Cymbopogon Martinii*)

Palmarosa yağı genellikle *Cymbopogon martinii* bitki çiçeklerinden hazırlanır (Lodhia vd. 2009). Palmarosa uçucu yağı, % 65 geraniyol ve % 20 geranil asetatın oluşur. Yüksek miktarda geraniol içerdiğinden, palmarosa yağı güçlü bir antifungal ve antimikrobiyal etkiye sahiptir ve bu yağ parfüm endüstrisi için değerlidir (Prashar vd. 2003). Geraniyol ve geranil asetat dışında, palmarosa yağının ana bileşenleri, az miktarda linalool ve b-karyofilen bulunur. Bu bileşenlerin miktarı, yağ ekstraksiyon yöntemine ve yağın elde edildiği bitkinin türüne bağlıdır (Cox vd. 2000).

Palmarosa yağının antimikrobiyal aktivitesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Pattnaik vd. (1996), palmarosa yağı da dahil olmak üzere on uçucu yağın gram pozitif, gram negatif bakteri ve 12 mantar içeren 22 farklı bakteri suşuna karşı antimikrobiyal ve antifungal aktivitesini araştırmıştır. Palmarosa yağı, tüm mantarları ve 21 farklı bakteri suşunu inhibe etti. Prashar vd. (2003), palmarosa yağının, geraniyol içeriği nedeniyle *Saccharomyces cerevisiae* mayası üzerinde yüksek bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu bulmuştur. Lodhia vd. (2009) lavanta, tubrose ve palmarosa

yağının antibakteriyel aktivitesini araştırdı. Palmarosa yağı konsantrasyonu arttıka, inhibisyon bölgesinin çapı giderek artmıştır ve palmarosa yağı, test edilen bakteriler üzerinde en yüksek aktiviteye sahip olmuştur (Kırcı 2020).

2.6.1.4 Patchouli Esansiyel Yağı (Pogostemon Cablin)

Patchouli Filipinler, Malezya, Hindistan ve in'de yaygın olarak kullanılan bir geleneksel in tıbbıdır (TCM). Patchoulinin buhar damıtma üzerindeki kuru yaprakları, patchouli yağı adı verilen uçucu bir yağ verir. Patchouli yağı bu nedenle parfümler gibi pek çok güzel koku ürününün yanı sıra sabun ve kozmetik ürünlerde de önemli bir bileşendir (Singh vd. 2002). Yüksek Performanslı İnce Tabaka Kromatografisi (HPTLC) alışmalarının sonuçları, Pogostemon parviflorus yapraklarının etil asetat özütünün triterpenleri içerdiğini gösterdi, çünkü sırasıyla 254 nm ve 366 nm'de ultraviyole (UV) absorpsiyonunun 10 ve 14 zirvesi gözlendi. Bu nedenle, bu bitkinin antidermatofitik aktivitesinden triterpenler sorumlu olabilir (Sadeghi vd. 2010).

Ayrıca bitkideki patchouli yağı, çeşitli farmakolojik aktiviteler sunduğu için TCM' de yaygın olarak kullanılmaktadır (Donelian vd. 2009). Ayrıca bağışıklık aktivitesini ve bakteriyel etkiye karşı direnci güçlendirdiği bildirilmiştir (Hu vd. 2006). Patchouli yağının bileşimi, pauli alkol ve pogoston vb. gibi ana bileşenlerden oluşan birçok uçucu yağ gibi karmaşıktır. Patchouli yağındaki ana farmakolojik bileşenlerin bir antibakteriyel madde olarak etki mekanizması bildirilmemiştir.

3. MATERYAL ve METOT

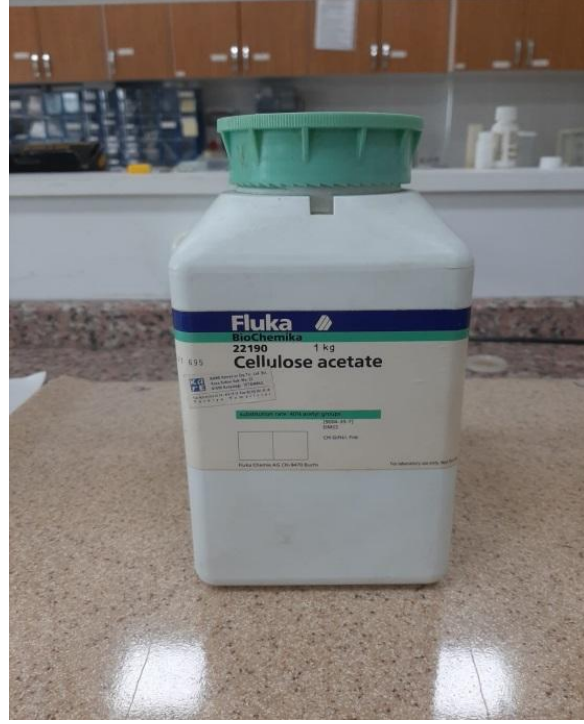
3.1 Çalışmada Kullanılan Materyaller

Bu araştırmada, lif kaynağı olması için selüloz asetat polimeri, katkılandırmak için; bor kaynağı olarak borik asit, esansiyel yağ olarak limon yağı, niaouli yağı, palmarossa yağı ve patchouli yağı kullanılmıştır.

3.1.1 Selüloz Asetat

Selüloz asetat (CA), mükemmel termal kararlılığı, kimyasal kalıcılığı, biyobozunurluğu ve biyoyumluluğu nedeniyle en bol bulunan ve yaygın olarak kullanılan yenilenebilir lif kaynağı polimerdir (Lee vd. 2018).

Bu çalışmada FLUKA markasından temin edilen selüloz asetat uygun özellikleri nedeniyle nanolif üretmek için polimer olarak kullanılmıştır (Resim 3.1).

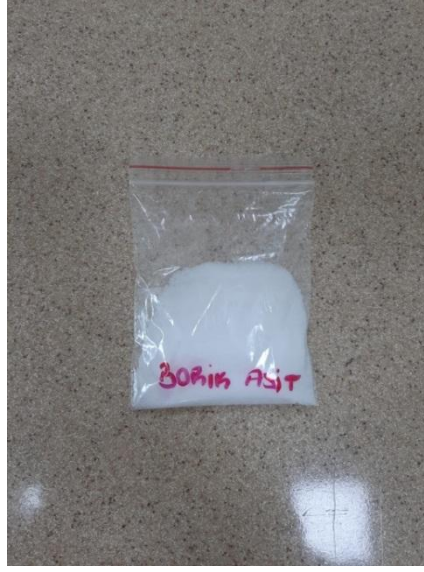


Resim 3.1 Çözeltide kullanılan FLUKA marka selüloz asetat polimeri.

3.1.2 Borik Asit

Bor (B), toprakta, suda, kayalarda ve havada bulunan atom numarası 5 olan bir elementtir. Bor bileşikleri, hücre zarında bulunan cis-hidroksil gruplarına bağlanarak insan ve hayvan sağlığının biyolojik fonksiyonları için faydalı etkiler sağlamaktadır. Bor elementinin çeşitli bakteri ve mantar büyümesine karşıt etkilere sahip olduğu bilinmektedir (Sayin 2016).

Bu çalışmada antibakteriyel ve antifungal etki sağlanması için bor kaynağı olarak Eti Maden A.Ş.'den temin edilen resim 3.2'de gösterilen borik asit kullanılmıştır.



Resim 3.2 Bor kaynağı olarak kullanılan borik asit.

3.1.3 Esansiyel Yağlar

Esansiyel yağlar, kokulu, uçucu geniş bir antibakteriyel ve antifungal aktiviteye sahip olduğunu bilinen organik bileşiklerin karmaşık bir karışımıdır (Tariq vd. 2019). Esansiyel yağ içeriğindeki karvakrol ve timol, bakteri zarını parçalar ve zar içeriğini hücre dışına çıkarır, terpenoidler ve fenilpropanoidlerin lipofilik özellikleri ile bakteri çeperini zedeleyerek hücrenin içine ulaştığı bilinmektedir. Küflerde ise fenolik bileşiklerin, küf gelişimini durdurduğunu ve timolün fungal gelişim ve mikotoksin üretimini önleyici etkiye sahip olduğunu bilinmektedir (Bayaz 2014).

Bu çalışmada, esansiyel yağların antibakteriyel, antifungal aktivitelerinden faydalanmak için Art de Huile markasından temin edilen limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı ve patchouli yağı kullanılmıştır (Resim 3.3).



Resim 3.3 Art de Huile marka esansiyel yağlar.

3.1.4 Aseton (C_3H_6O)

Hazırlanan çözeltide CARLO ERBA marka aseton polimer için çözücü olarak kullanılmıştır.

3.1.5 Etanol (C_2H_6O)

Hazırlanan çözeltide EMSURE marka %98 saflıktaki etanol borik asit için çözücü olarak kullanılmıştır.

3.2 Çalışmada Kullanılan Cihazlar

3.2.1 Manyetik Karıştırıcı

Katkılandırma ve çözelti hazırlama aşamaları için Afyon Kocatepe Üniversitesi Polimer-Kompozit Malzemeler laboratuvarında bulunan Multi-HS 6 DIGITAL marka 6'lı manyetik karıştırıcı kullanılmıştır (Resim 3.4).



Resim 3.4 Karıştırma için kullanılan Multi-HS 6 DIGITAL marka altılı karıştırıcı.

3.2.2 Hassas Terazi

Çözeltilerin hazırlanması ve katkılandırma işleminde resim 3.5’te gösterilen Afyon Kocatepe Üniversitesi Polimer-Kompozit Malzemeler laboratuvarında bulunan SHIMADZU marka BL3200H model hassas terazi kullanılmıştır.



Resim 3.5 Tartımda kullanılan SHIMADZU marka BL3200H model hassas terazi.

3.2.3 Elektroğirme Cihazı

Hazırlanan çözeltilerin nanolife dönüştürülmesi aşamasında Afyon Kocatepe Üniversitesi Polimer-Kompozit Malzemeler laboratuvarında bulunan tarafımızdan dizayn edilen elektroğirme cihazı kullanılmıştır (Resim 3.6).



Resim 3.6 Nanolif üretiminde kullanılan elektroğirme cihazı.

3.2.4 FTIR Cihazı

Hazırlanan çözeltilerin karakteristik piklerinin varlığını göstermek için resim 3.7’de gösterilen Afyon Kocatepe Üniversitesi Polimer-Kompozit Malzemeler laboratuvarında bulunan Perken Elmer FT-IR Spectrometer Spectrum Two marka FTIR cihazı kullanılmıştır.



Resim 3.7 Perken Elmer FT-IR Spectrometer Spectrum Two marka FTIR cihazı.

3.2.5 SEM (Taramalı Elektron Mikroskobu)

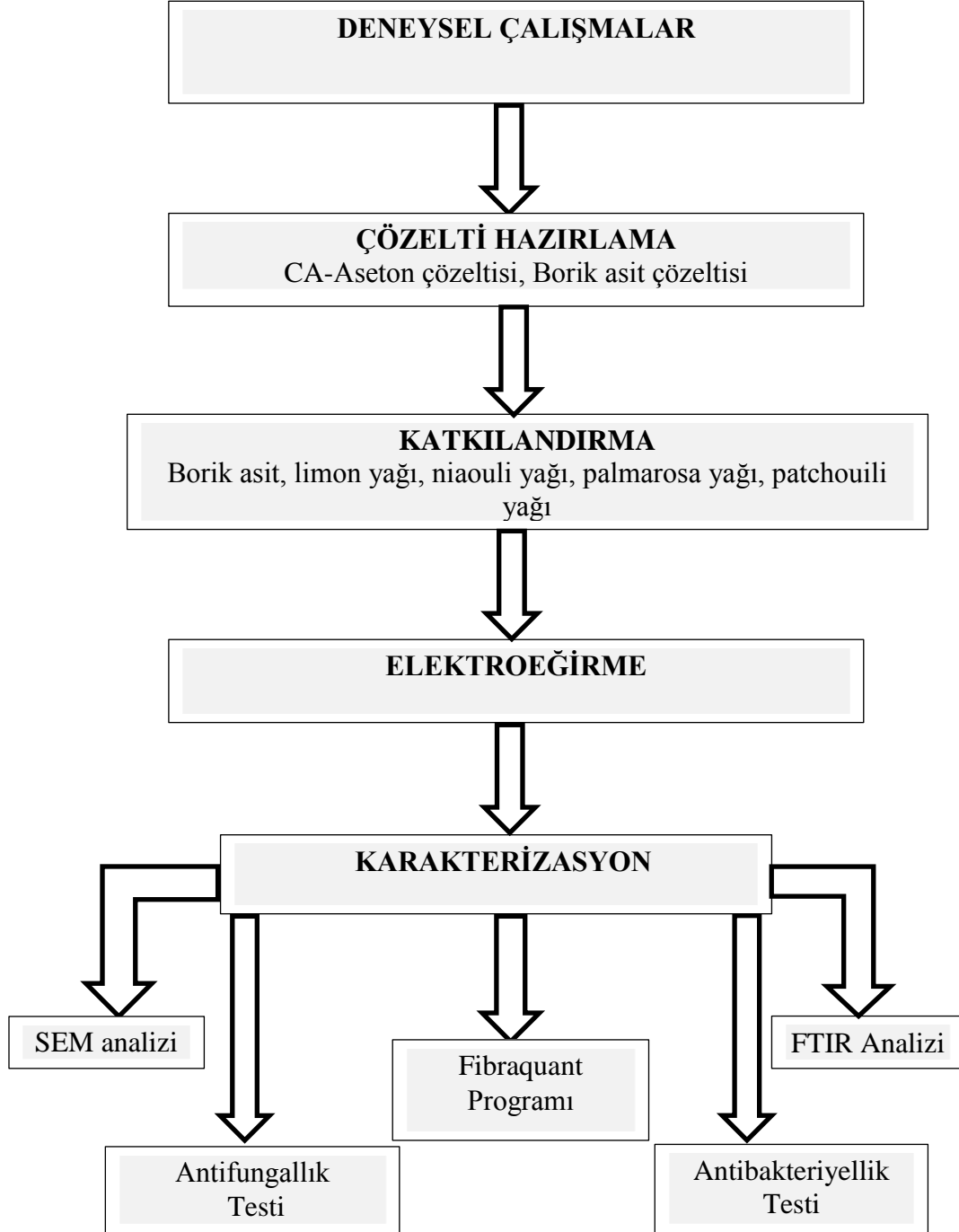
Oluşturulan nanoliflerin morfolojik analizi aşamasında AKÜ TUAM'da bulunan LEO1430 VP model SEM cihazı kullanılmıştır (Resim 3.8).



Resim 3.8 LEO Scanning Electron Microscope(SEM) LEO1530.

3.3 Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalarda uygulanan işlem adımları şekil 3.1’de deneysel çalışmalar akış şemasında gösterilmiştir.



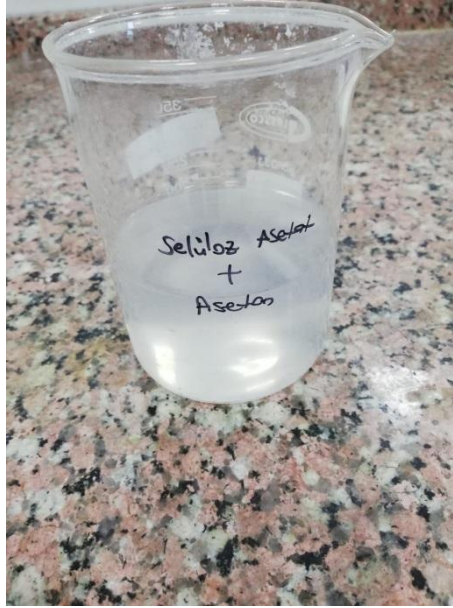
Şekil 3.1 Deneysel çalışmalar akış şeması.

3.3.1 Çözelti Hazırlama

Çözelti hazırlama aşamasında selüloz asetat polimeri aseton çözücüsünde ağırlıkça 1/9 oranında 450 dev./dk. hızda 8 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılarak çözdürülmüştür. Çözelti oluşturma aşaması için karışım içeriği çizelge 3.1’de verilmiştir. Resim 3.9 hazırlanan selüloz asetat çözeltisini göstermektedir.

Çizelge 3.1 Selüloz asetat çözeltisi hazırlama aşaması karışım miktarları.

	Miktar
Selüloz asetat	0,8g
Aseton	7,2g

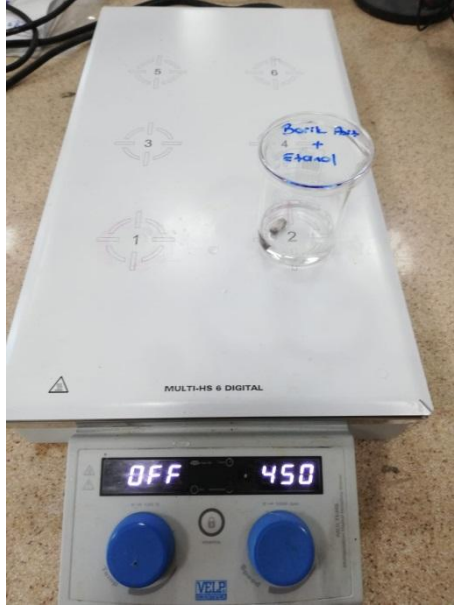


Resim 3.9 Hazırlanan selüloz asetat çözeltisi.

Bor kaynağı olarak kullanılan borik asit etanol çözücüsünde ağırlıkça 1/10 oranında 450 dev./dk. hızda 1 saat çözdürülmüştür (Resim 3.10). Karışım miktarları çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Borik asit çözeltisi hazırlama aşaması karışım miktarları.

	Miktar
Borik asit	0,18g
Etanol	1,82g



Resim 3.10 Manyetik karıştırıcıda karıştırılan borik asit çözeltisi.

3.3.2 Katkılandırma

Hazırlanan selüloz asetat çözeltisi, borik asit çözeltisi ile katkılandırılmış 450 dev./dk hızda 1 saat karıştırılmıştır. Borik asit ile katkılandırılmış çözeltinin karışım miktarları çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3 CA çözeltisini borik asit ile katkılandırma aşaması karışım miktarları.

	Miktar
Selüloz asetat çözeltisi	8g
Borik asit çözeltisi	2g

Borik asit ile katkılandırılan selüloz asetat çözeltisine çözelti ağırlığının %4'ü oranında esansiyel yağ katkısı yapılmış ve 370 dev./dk. hızda 1 saat karıştırılmıştır. Bu işlem 4 ayrı esansiyel yağ için (limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı, patchouli yağı) aynı miktarda selüloz asetat çözeltisi ve borik asit çözeltisi kullanılarak tekrarlanmıştır (Resim 3.11). Karışım miktarları çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.4 CA çözeltisinin borik asit ve esansiyel yağ ile katkılandırma miktarları.

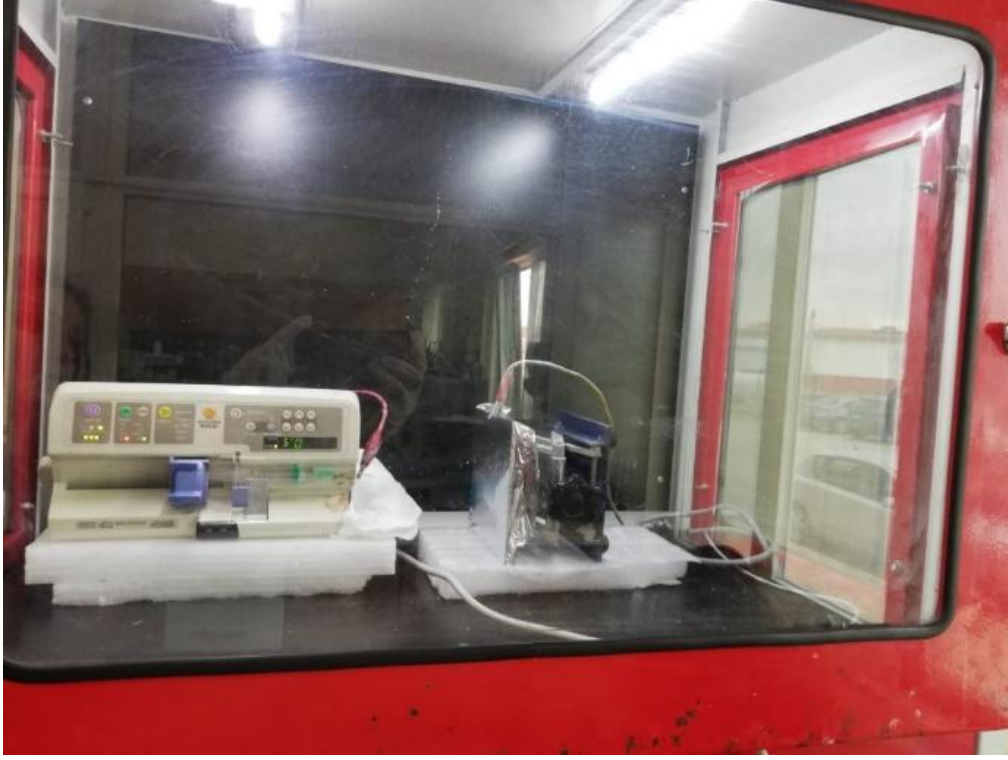
	Miktar
Selüloz asetat çözeltisi	8g
Borik asit çözeltisi	2g
Esansiyel yağ	0,4g (%4)



Resim 3.11 Saf CA çözeltileri, borik asit katkılı CA çözeltileri, 4 farklı esansiyel yağ ve borik asitle katkılanmış CA çözeltileri.

3.3.3 Elektroegirme

Hazırlanan çözeltiler, uygulanan voltaj 15000-25000 volt, iğne ve toplayıcı arasındaki mesafe 9-15 cm ve akış hızı 0,7-1,5 ml/saat aralıklarında ayrı birer parametre olarak denenmiştir. Kullanılan polimer, çözücü ve çevresel parametreler dikkate alınarak lif oluşumunda voltaj 15000 volt, iğne ve toplayıcı arasındaki mesafe 10 cm ve akış hızı 1 ml/saat olarak seçildiğinde en uygun parametrelere ulaşıldığı gözlemlenmiştir. Nanolif üretiminde kullanılan elektroegirme düzeneği resim 3.12’de gösterilmiştir. Parametreler bu şekilde ayarlanıp çözeltiler nanolif (ENM) haline getirilmiştir. Oluşturulan lifler analiz için öncelikle alüminyum folyo yüzeyine analiz sonrasında maskenin melt-blown tabakasına (resim 3.13) biriktirilmiştir.



Resim 3.12 Nanolif üretiminde kullanılan elektroğirme düzeneği.



Resim 3.13 Maske kumaşı üzerine biriktirilen nanolifler.

3.3.4 Karakterizasyon

Numunelere, antibakteriyellik testi, antifungallık testi, SEM analizi ve FTIR analizi yapılmıştır. Fibraquant programı yardımıyla nanolif çapları ve çap dağılımları belirlenmiştir.

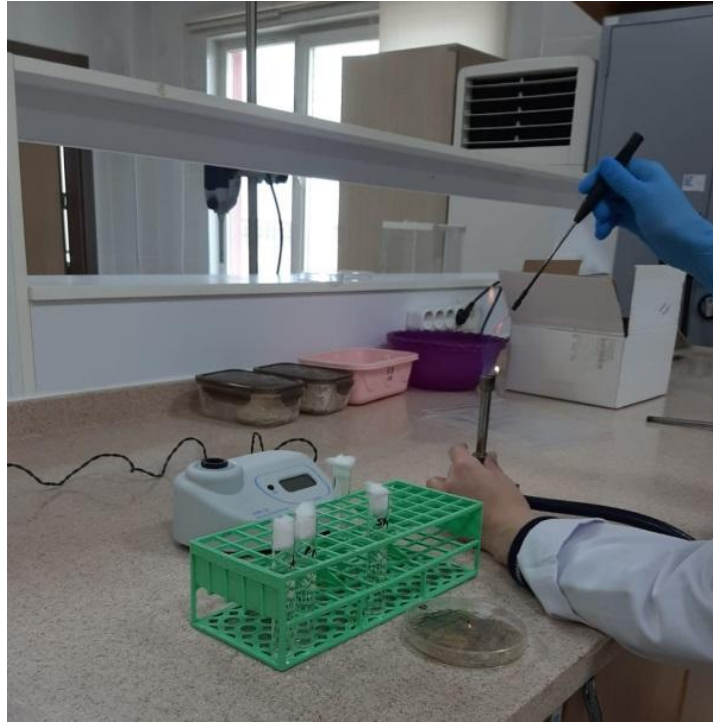
3.3.4.1 Antibakteriyel Test

Hazırlanan çözeltilerin *Staphylococcus aureus* cinsi bakterisine karşı antibakteriyel etkinliği disk difüzyon yöntemiyle incelenmiştir. Bu analizde boş antibiyogram duyarlılık test diskleri kullanılmıştır. Hazırlanan çözeltiler 5'er ml olacak şekilde sterilize edilmiş petri kaplarına dökülmüştür. Üzerlerine boş 6 mm çapında boş antibiyogram diskler yerleştirilmiştir (bkz. resim 3.14). Petri kapları, disklerin çözeltileri emmesi için 1 saat buzdolabında (4°C) beklemeye bırakılmıştır.



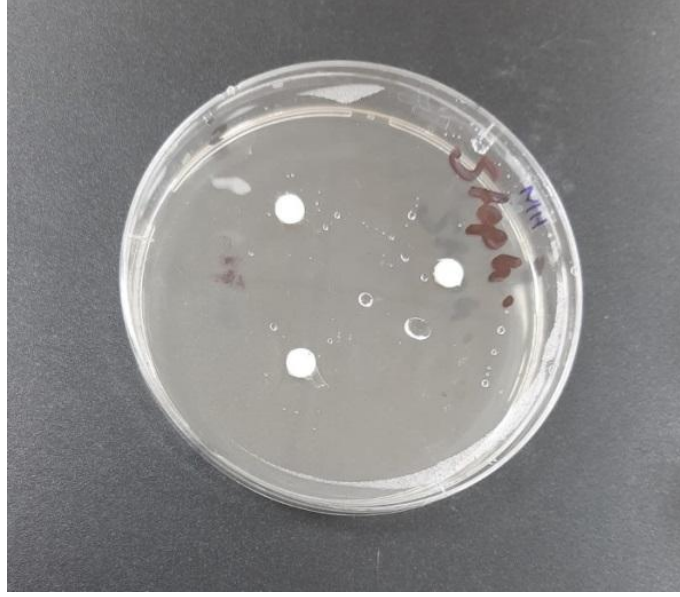
Resim 3.14 Steril petri kabında çözeltilere yerleştirilen antibiyogram diskler.

Seçici olmayan bir ortamda (BP) çoğaltılan *Staphylococcus aureus* kültürü, steril bir öze yardımıyla alınmıştır. Daha sonra homojen bulanıklık oluşturmak için tuz çözeltisi içinde süspansiyon edilmiştir. Elde edilen aşı süspansiyonunun yoğunluğu, 0.5 McFarland standardına eşit olacak şekilde ayarlanmıştır. (Bauer vd. 1959, Bauer 1966). Resim 3.15 *Staphylococcus aureus* aşı süspansiyonu yoğunluğunun ayarlanmasını göstermektedir.



Resim 3.15 *Staphylococcus aureus* aşı süspansiyonu yoğunluğunun ayarlanması.

Elde edilen *Staphylococcus aureus* aşılama süspansiyonu pipet yardımıyla 0,1mL alınarak Muller Hinton agar (Merck 1.05437, Almanya) (MHA) ile oda sıcaklığında herhangi bir katkı maddesi olmadan 15 dakika içinde aşılanmıştır. Steril bir çubuk, hazırlanan bakteri süspansiyonuna daldırılmıştır ve içinde birkaç kez döndürülmüştür. Daha sonra aşılama, MHA yüzeyine eşit şekilde yayılmıştır. Aşılanan ortam, 10 dakika süreyle gelişimi için bekletilmiştir. Daha sonra çözeltilerin emdirildiği diskler, bölgeleri iyi ayrılarak birbirinden belirli bir mesafede aşılanan ortama yerleştirilmiştir (resim 3.16). Petri kapları 37°C'de 20–24 saat süreyle inkübe edilmiştir (resim 3.17). İnkübasyon sonucunda oluşan bölgeler, yeterli ışık altında dijital bir kumpas ile ölçülmüştür (Akarca 2019).



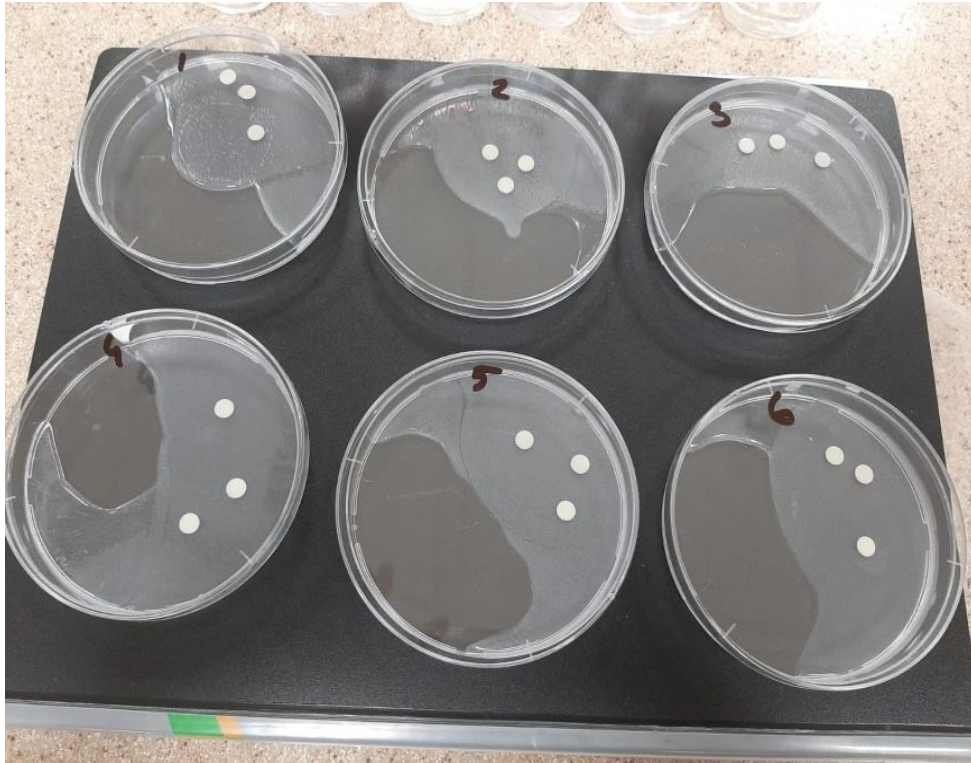
Resim 3.16 Çözelti emdirilen disklerin *Staphylococcus aureus* ile aşılanan ortama yerleştirilmesi.



Resim 3.17 İnkübasyon aşaması.

3.3.4.2 Antifungal Test

Bu araştırmada hazırlanan çözeltilerin, *Penicillium notatum* (ATCC 9478) ve *Aspergillus flavus* (ATCC 204304) küflerine karşı antifungal aktivitelerinin belirlenmesinde disk difüzyon yöntemi kullanılmıştır. Çözeltilerden 5 ml olacak şekilde steril petri kutularına alınmış ve içerisine boş 6 mm çapındaki boş antibiyogram diskleri bırakılarak emdirilmiştir. Resim 3.18 Hazırlanan çözeltilere yerleştirilen antibiyogram diskleri göstermektedir. Disklerin çözeltileri emmesi için petri kutuları kapakları kapalı steril olacak şekilde 1 saat boyunca buzdolabında (4°C’de) bekletilmiştir.



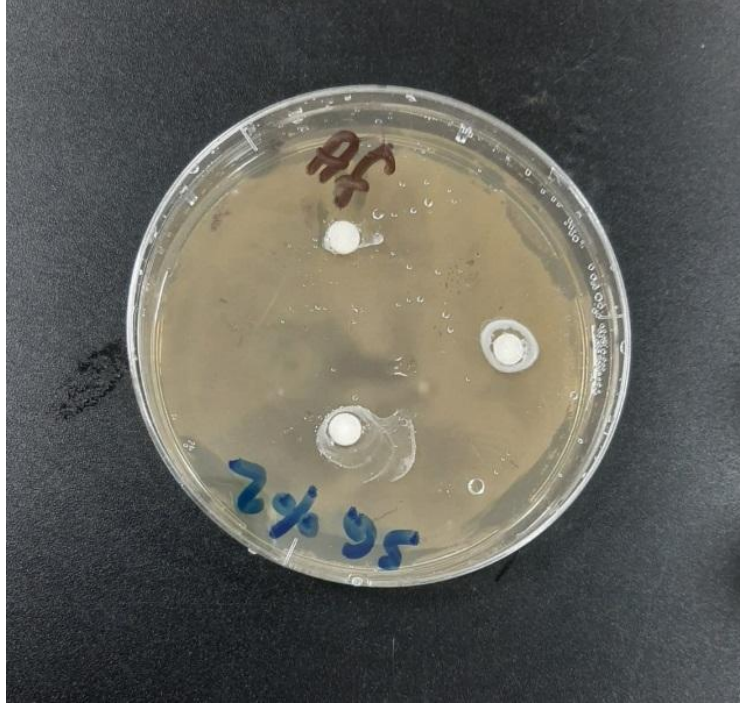
Resim 3.19 Hazırlanan çözeltilere yerleştirilen antibiyogram diskler.

Araştırmada kullanılacak küfler, Potato Dekstroz Agar (PDA) besiyerinde 72-96 saatte üremiş kültürlerden steril bir öze yardımıyla alınmıştır. Alınan küfler fizyolojik tuzlu su içerisinde homojen bir bulanıklık oluşuncaya kadar süspanse edilmiştir. Elde edilen süspanسیونunun yoğunluğu 0,5 McFarland (8,17 Log kob/mL) standardına eşit olacak şekilde ayarlanmıştır (Resim 3.19) (Bauer vd. 1959, Bauer 1966).

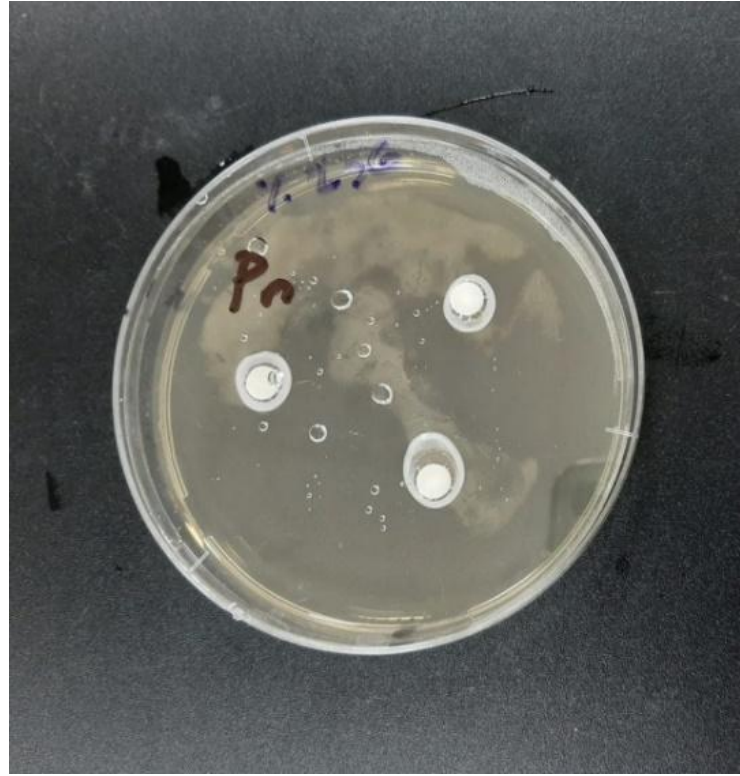


Resim 3.20 McFarland bulanıklık standardına göre yoğunluk kontrolü aşaması.

Muller Hinton Agar (Merck 1,05437) (MHA), %2 glukoz steril bir şekilde hazırlanıp üzerine 0,5 McFarland bulanıklık standardına göre hazırlanan küfler bir pipet yardımıyla 0,1 mL alınarak aşılamaya yapılmış ve daha sonra cam spatül ile homojen olarak yayılmıştır. Aşılanan ortam, 10 dakika süreyle gelişimi için bekletilmiştir. Çözelti emdirilmiş diskler besiyerine, oluşacak zonların birbirine temas etmeyeceği şekilde yerleştirilmiştir (Resim 3.20, Resim 3.21). Ardından besiyerleri etüvde 25°C sıcaklıkta 72-96 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonucunda oluşan zonlar dijital bir kumpas ile mm cinsinden ölçülmüştür (Tomar 2020).



Resim 3.21 Çözelti emdirilen disklerin *Aspergillus flavus* ile aşılana ortama yerleştirilmesi.



Resim 3.22 Çözelti emdirilen disklerin *Penicillium notatum* ile aşılana ortama yerleştirilmesi.

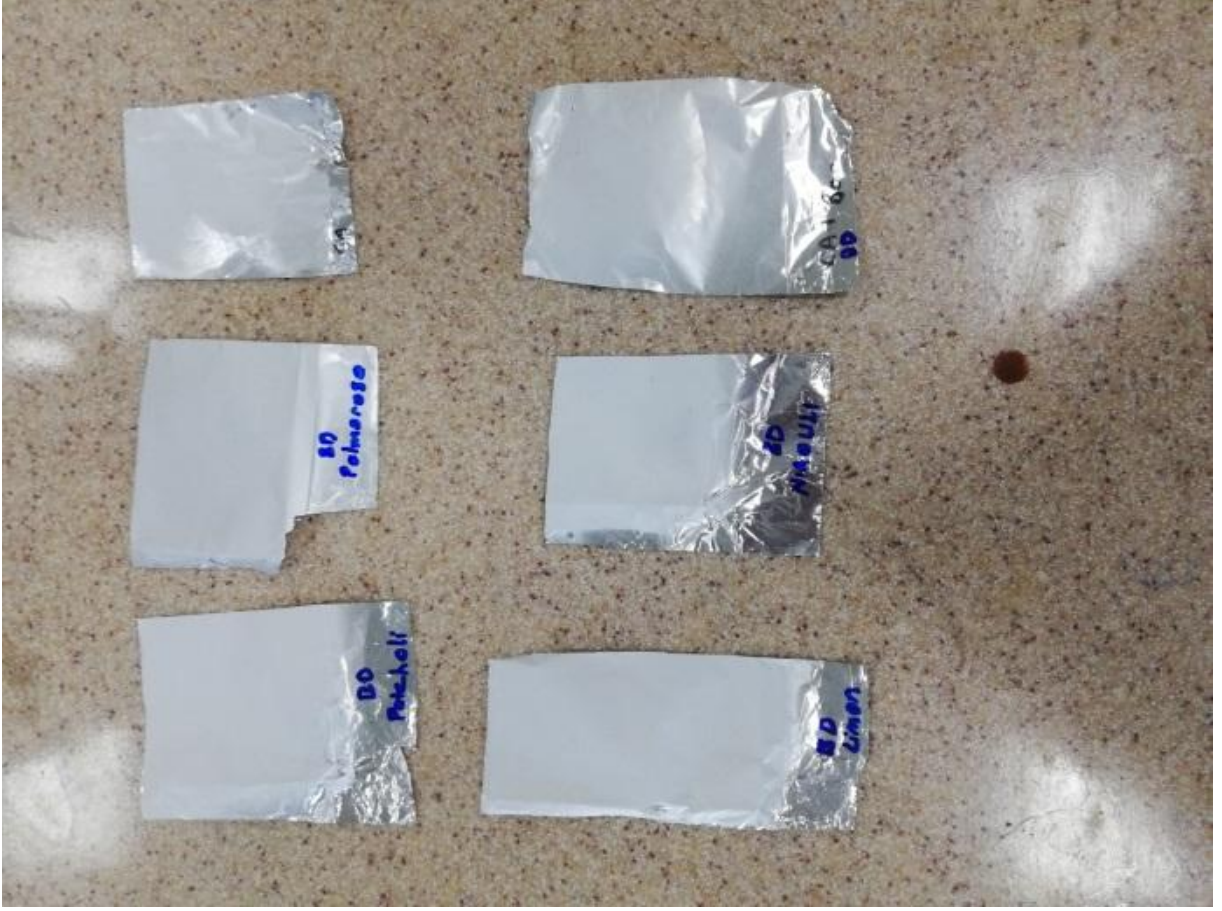
3.3.4.3 FTIR Analizi

Hazırlanan çözeltilere malzeme karakterizasyonu için en sık kullanılan yöntemlerden biri olan FTIR(Fourier Transform Infrared) analizi yapılmıştır. Bu analiz, kızıl ötesi (IR) radyasyonun emilimi ile kimyasal bağların titreşiminin ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Kızıl ötesi bölgesinde kimyasal bağların titreşimlerdeki değişim ve emilim özellikleri spektral piklerin oluşmasını sağlamaktadır. Bu piklerden yola çıkarak malzeme tayini yapılmaktadır. Hazırlanan CA çözeltisinin, borik asit çözeltisinin, esansiyel yağların, borik asit katkılı CA çözeltisinin, yağ ve borik asit katkılı CA çözeltisinin kimyasal yapısı tek elmas kristal dedektöre sahip Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi (Perken Elmer FT-IR Spectrometer Spectrum Two) kullanılarak analiz edilmiştir. Spektrumlar 4000–400 cm^{-1} spektral aralığında ve 4 cm^{-1} çözünürlükte toplanmıştır. Tüm numuneler, FTIR analizinden önce 30 dakika oda sıcaklığında tutulmuştur.

3.3.4.4 SEM Analizi

Hazırlanan çözeltiler elektroegirme parametreleri göz önünde bulundurularak nanolif haline getirilmiştir. Oluşan nanolifler taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile morfolojik analizin yapılması için alüminyum folyo yüzeyine biriktirilmiştir. Resim 3.23 SEM analizi için alüminyum folyo yüzeyine biriktirilen nanolifleri göstermektedir.

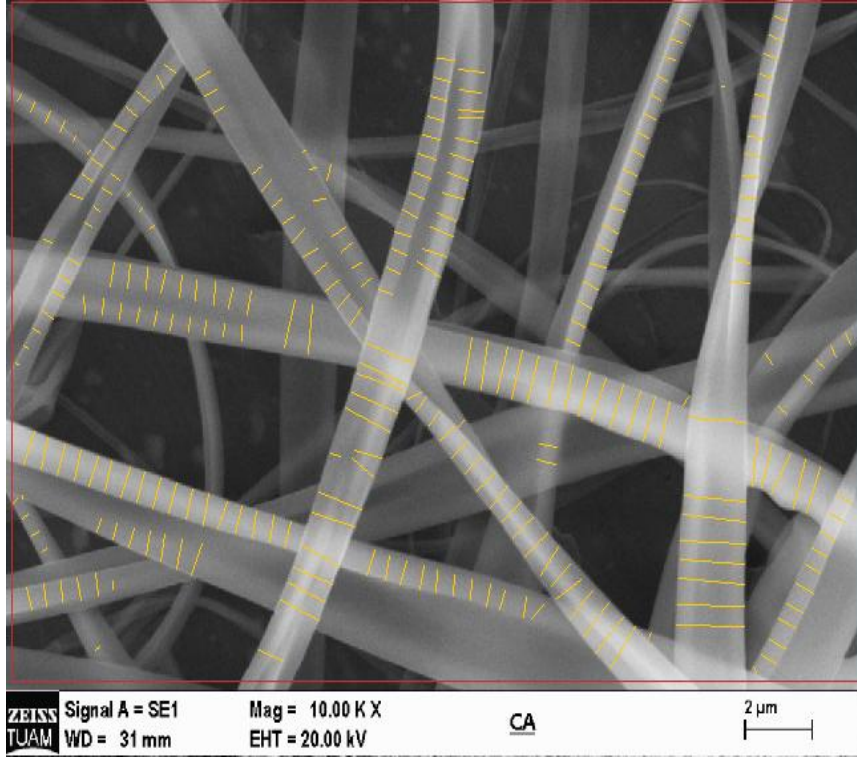
Taramalı elektron mikroskobu (SEM), malzeme karakterizasyonu için çok yönlü bir metoddur. Hem görüntüleme hem de kimyasal karakterizasyon için nano ölçekten mikro ölçeğe kadar görüntü sağlar. Çalışma prensibinde, odaklanmış bir elektron demeti numune yüzeyini tarar ve elektronlar numunedeki atomlarla etkileşerek numune yüzeyindeki topografi ve kompozisyon hakkında bilgiler içeren farklı sinyaller üretir. Dedektör tarafından algılanan sinyallerle görüntü oluşturulur. Elde edilen görüntüler ile numune karakterizasyonu sağlanır.



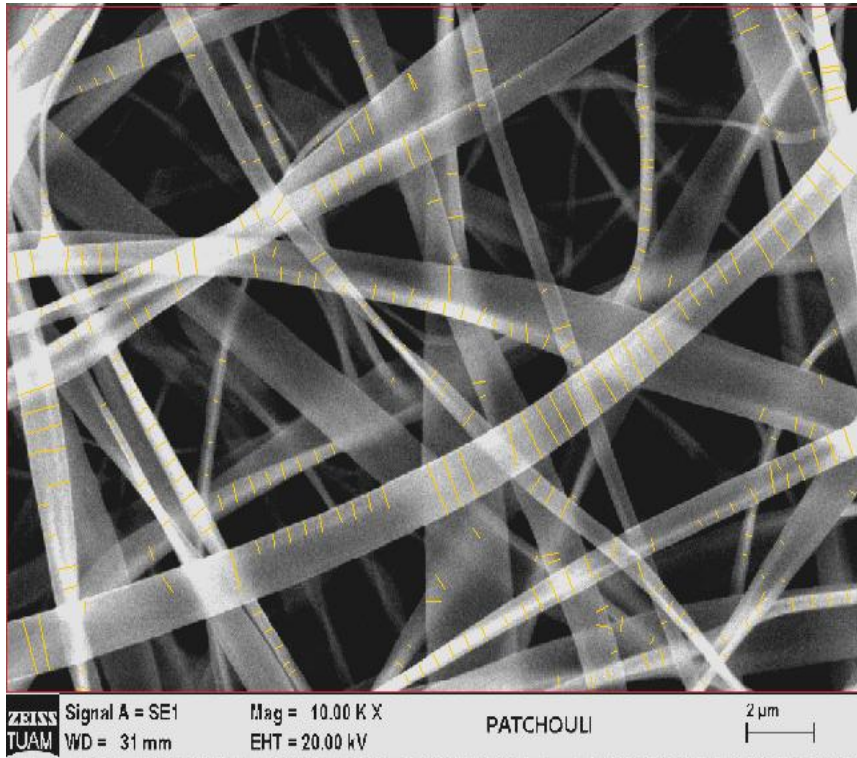
Resim 3.24 SEM analizi için alüminyum folyo yüzeyine biriktirilen nanolifler.

3.3.4.5 Fibraquant Programı

Fibraquant programı ile nanoliflerin yapısı, çapları, dağılımı, homojenitesi belirlenmektedir. Hazırlanan çözeltilerden oluşturulan nanolifler alüminyum folyo yüzeyine biriktirilmiştir ve SEM analizi sonucu görüntü elde edilmiştir. Elde edilen SEM görüntülerinden Fibraquant programı yardımı ile otomatik ya da manuel pek çok noktadan ölçüm alınarak analiz yapılmıştır. Yapılan analiz ile aritmetik ortalama, standart sapma ve medyan ortalama olacak şekilde nanolif çapları(μm) ve çap dağılımı liflerin ortalama yönelimi ($^\circ$), görüntü içerisinde kapladığı alan, ölçüm çözünürlüğü($\mu\text{m}/\text{pixel}$) göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Tüm çözeltilerden elde edilen SEM görüntüleri üzerinde analiz yapılmıştır. Saf CA çözeltilisinden elde edilen lif görüntüsünün analizi resim 3.23'te borik asit ve patchouli katkılı CA çözeltilisinden elde edilen lif görüntüsünün analizi ise resim 3.24'te gösterilmiştir.



Resim 3.25 Saf CA çözeltisinden elde edilen lif görüntüsünün FibrQuant programı analizi.



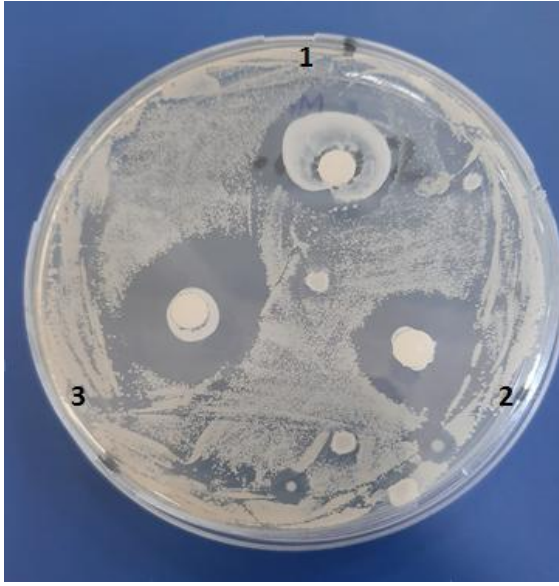
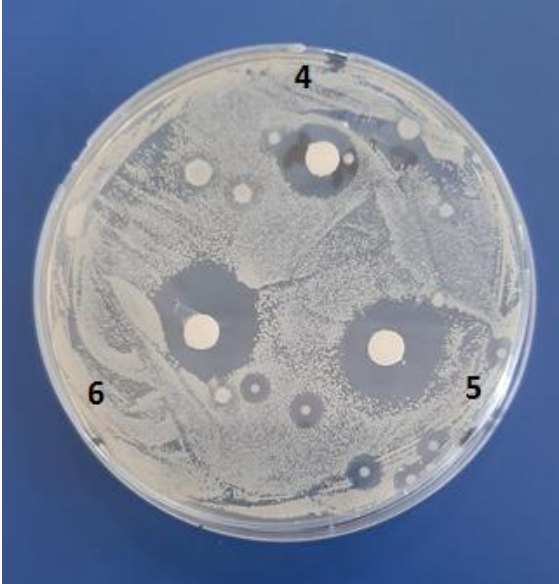
Resim 3.26 Borik asit ve patchouli katkılı CA çözeltisinden elde edilen lif görüntüsünün FibrQuant programı analizi.

4. BULGULAR

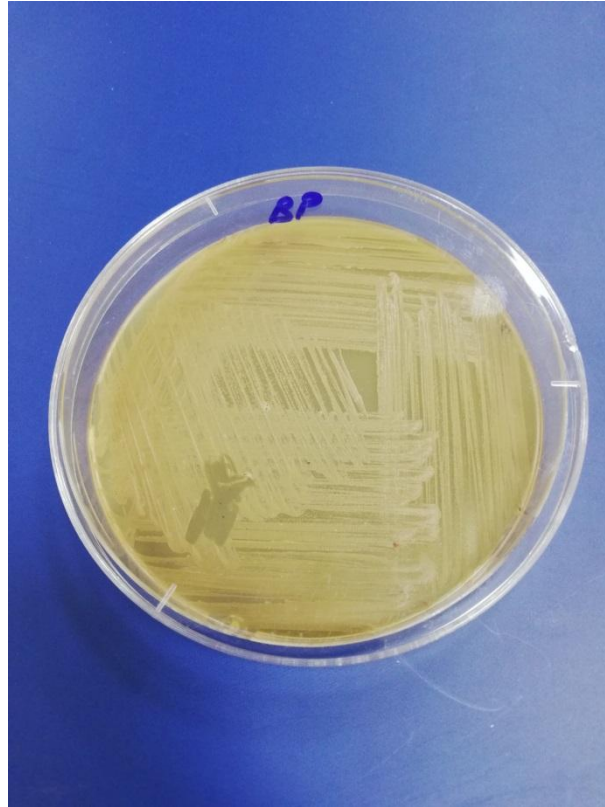
4.1 Antibakteriyel Test Sonuçları

Yapılan antibakteriyel test sonucu elde edilen sonuçlar çizelge 4.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Staphylococcus aureus bakteri büyümesi sonuçları.

Çözelti	Zon Çapı (mm)	Numune Görüntüsü
Saf CA (1)	8,76-8,73	
Borik asit + CA (2)	22,27-19,80	
Limon yağı + borik asit + CA (3)	34,35-25,91	
Niaouli yağı + borik asit + CA (4)	13,93-16,56	
Palmarosa yağı + borik asit + CA (5)	22,11-19,55	
Patchouli yağı + borik asit + CA (6)	21,78-23,58	

Muller Hinton agar (Merck 1.05437, Almanya) (MHA) ile yapılan bakteri testlerinde *Staphylococcus aureus* bakteri (bkz. resim 4.1) sonuçları kontrol edildiğinde 30 °C’de 24 saat inkübasyon sonunda ölçülen zon çaplarının, saf CA çözeltisi: 8,76-8,73 mm, borik asit katkılı CA çözeltisi: 22,27-19,80 mm, limon yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi: 34,35-25,91 mm, niaouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi:13,93-16,56 mm, palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi: 22,11-19,55 mm, patchouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi: 21,78-23,58 mm olduğu gözlemlenmiştir. Katkılandırılmış tüm çözeltiler için antibakteriyel etki söz konusudur. Borik asit katkısının çözeltilere yüksek antibakteriyel etki kazandırdığı gözlemlenmiştir. Limon yağı ve borik asit katkısı birlikte kullanıldığında sinerjik etki yaratarak *Staphylococcus aureus* bakteri büyümesine karşı en etkili CA çözeltisi elde edilmiştir. Niaouli yağı ve borik asit katkısının birlikte kullanıldığı CA çözeltisinin aynı sinerjik etkiye sahip olmadığı ve *Staphylococcus aureus* bakterisi üzerinde en az antibakteriyel etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

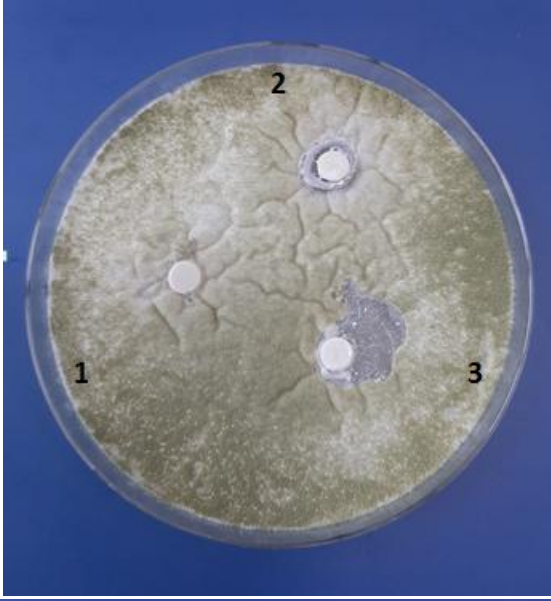



Resim 4.1 Antibakteriyel analizde kullanılan *Staphylococcus aureus* bakterisi.

4.2 Antifungal Test Sonuçları

Aspergillus flavus küf büyümesi sonuçları çizelge 4.2’de, Penicillium notatum küf büyümesi sonuçları çizelge 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Aspergillus flavus küf büyümesi sonuçları.


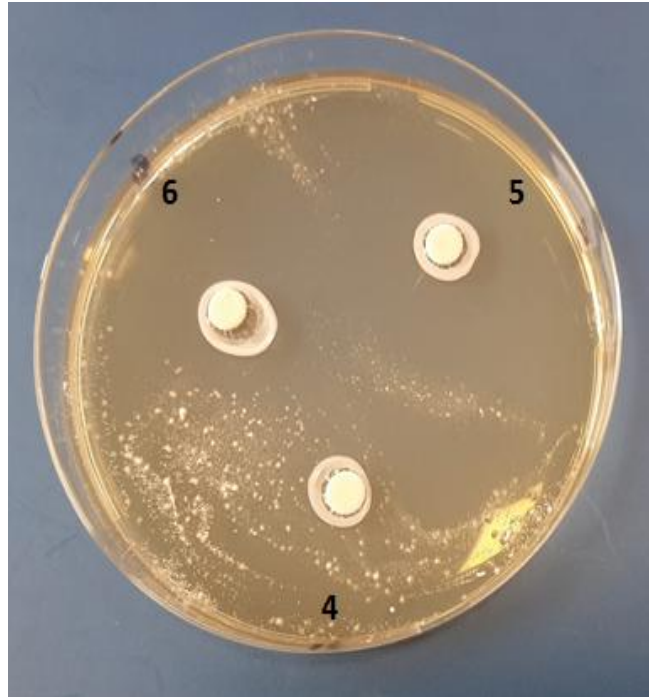
Çözelti	Zon Çapı (mm)	Numune Görüntüsü
Saf CA (1)	6-6	
Borik asit + CA (2)	10,54-10,23	
Limon yağı + borik asit + CA (3)	20,50-18,60	
Niaouli yağı + borik asit + CA (4)	13,22-9,07	
Palmarosa yağı + borik asit + CA (5)	27,20-30,89	
Patchouli yağı + borik asit + CA (6)	18,15-11,16	

Yapılan antifungal testlerinde *Aspergillus flavus* küf sonuçları kontrol edildiğinde 25°C sıcaklıkta 72-96 saat inkübasyon sonucunda oluşan zon çaplarına bakıldığında (bkz resim 4.2) saf CA çözeltisinin *Aspergillus flavus* küfüne karşı herhangi bir antifungal etkiye sahip olmadığı, borik asit katkılı CA çözeltisinin 10,54-10,23 mm zon çapına sahip olduğu gözlemlenmiştir. 27,20-30,89 mm zon çapı ile palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinin *Aspergillus flavus* küf büyümesine karşı en etkili çözelti olduğu saptanmıştır.

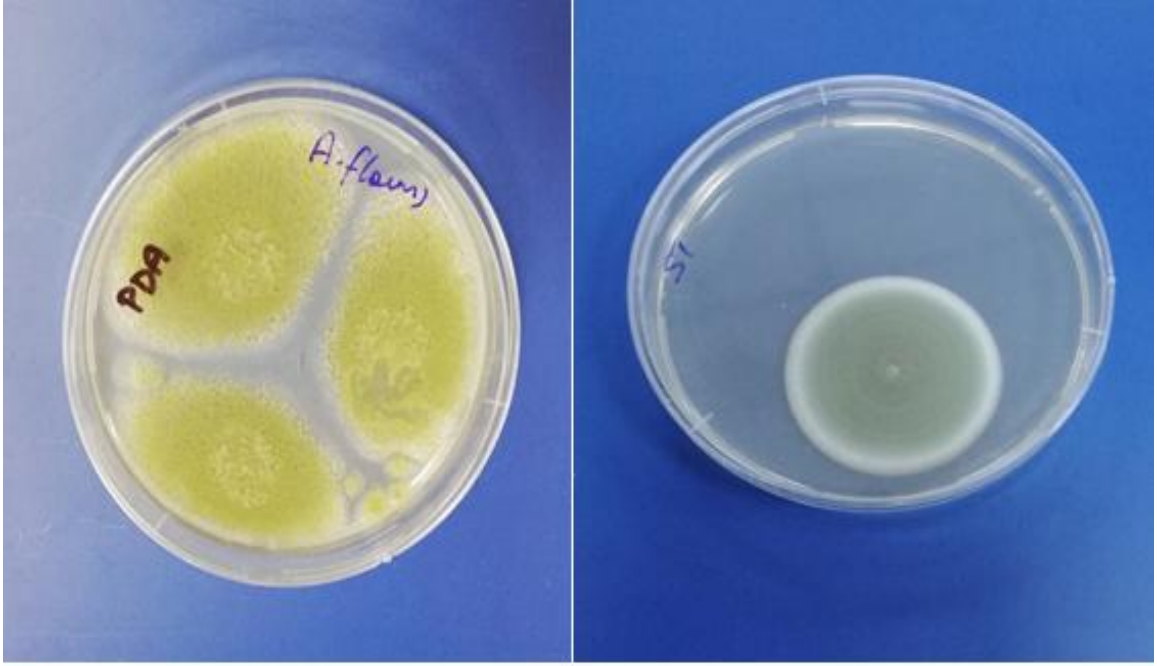


Resim 4.2 Disk difüzyon yöntemiyle yapılan antifungal test sonucu oluşan zon çapının dijital kumpas ile ölçümü.

Çizelge 4.3 *Penicillium notatum* küf büyümesi sonuçları.

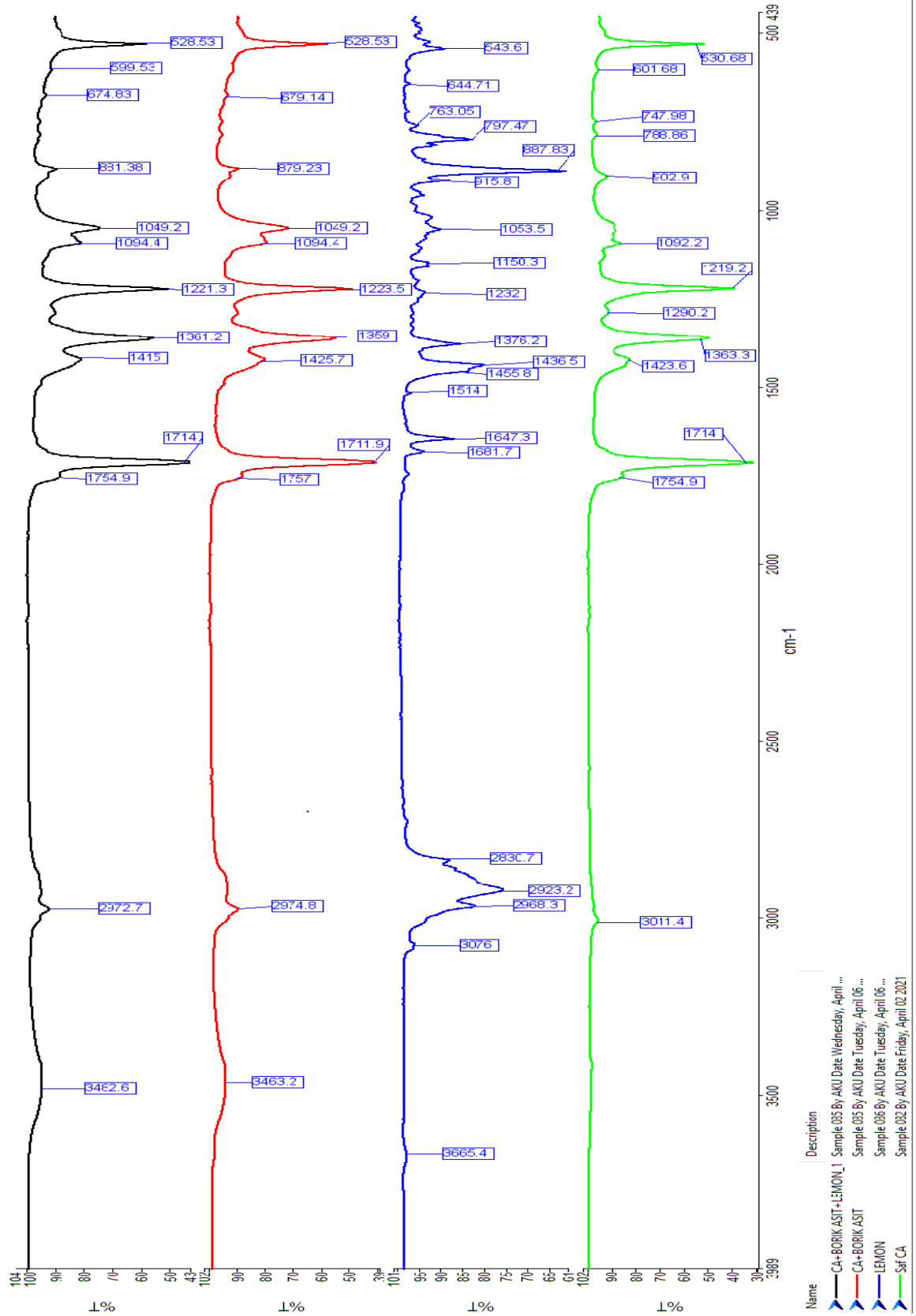
Çözelti	Zon Çapı (mm)	Numune Görüntüsü
Saf CA (1)	14,64-13,75	
Borik asit + CA (2)	34,87-26,53	
Limon yağı + borik asit + CA (3)	43,86-30,45	
Niaouli yağı + borik asit + CA (4)	36,96-20,65	
Palmarosa yağı + borik asit + CA (5)	38,91-43,39	
Patchouli yağı + borik asit + CA (6)	39,61-41,95	

Yapılan antifungal testlerinde 25°C sıcaklıkta 72-96 saat inkübasyon sonucunda *Penicillium notatum* küf sonuçları dijital kumpas ile ölçülen zon çaplarına bakılarak kontrol edildiğinde, katkılanmış tüm çözeltilerin *Penicillium notatum* küfüne karşı yüksek antifungal etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Borik asit katkılı CA çözeltisi 34,87-26,53 mm zon çapı oluşturmuştur. 38,91-43,39 mm zon çapıyla palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinin *Penicillium notatum* küf büyümesine karşı etkili çözelti olduğu saptanmıştır (resim 4.3).

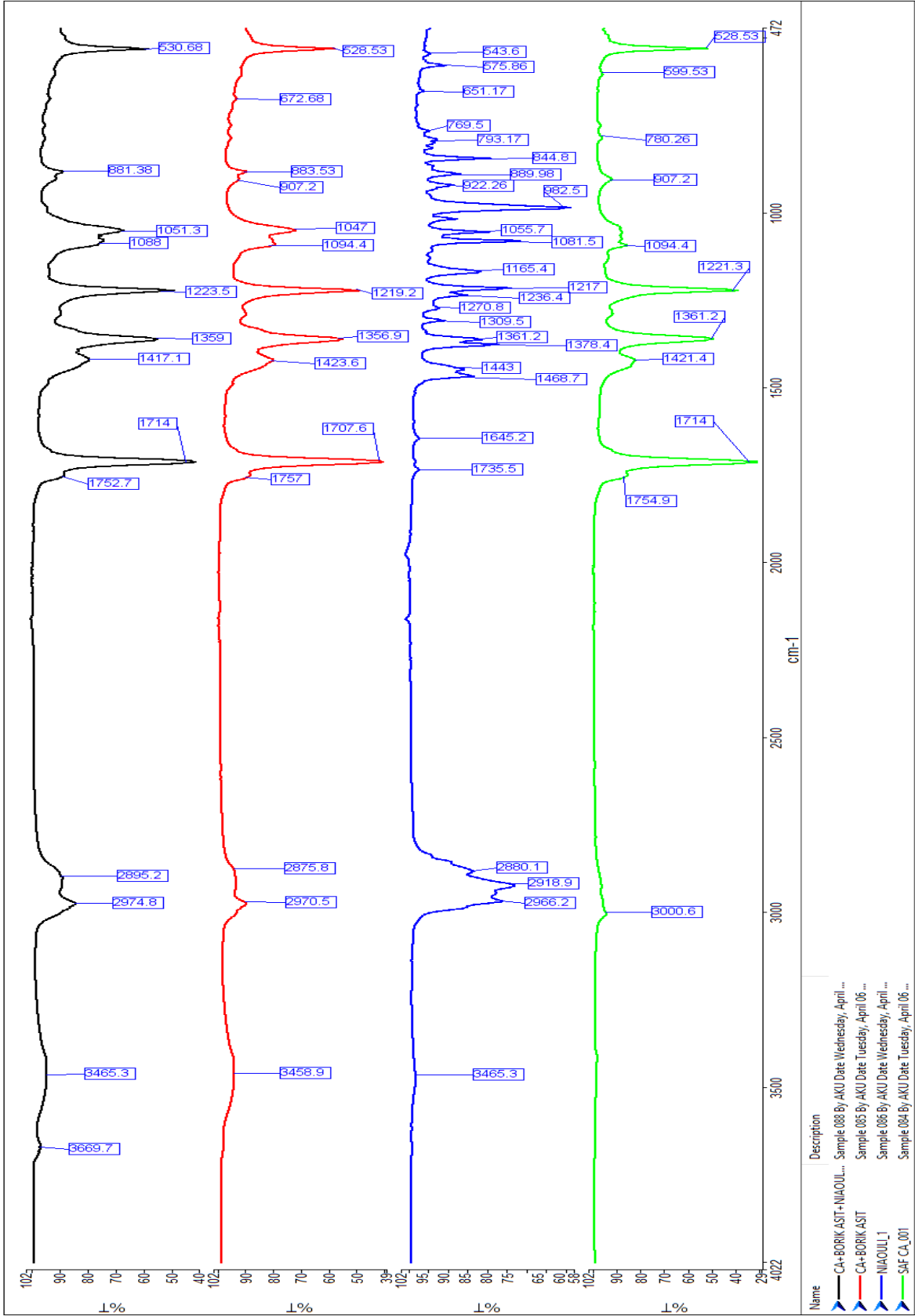


Resim 4.3 Antifungal analizde kullanılan *Aspergillus flavus* (sol) ve *Penicillium notatum* (sağ) küfleri.

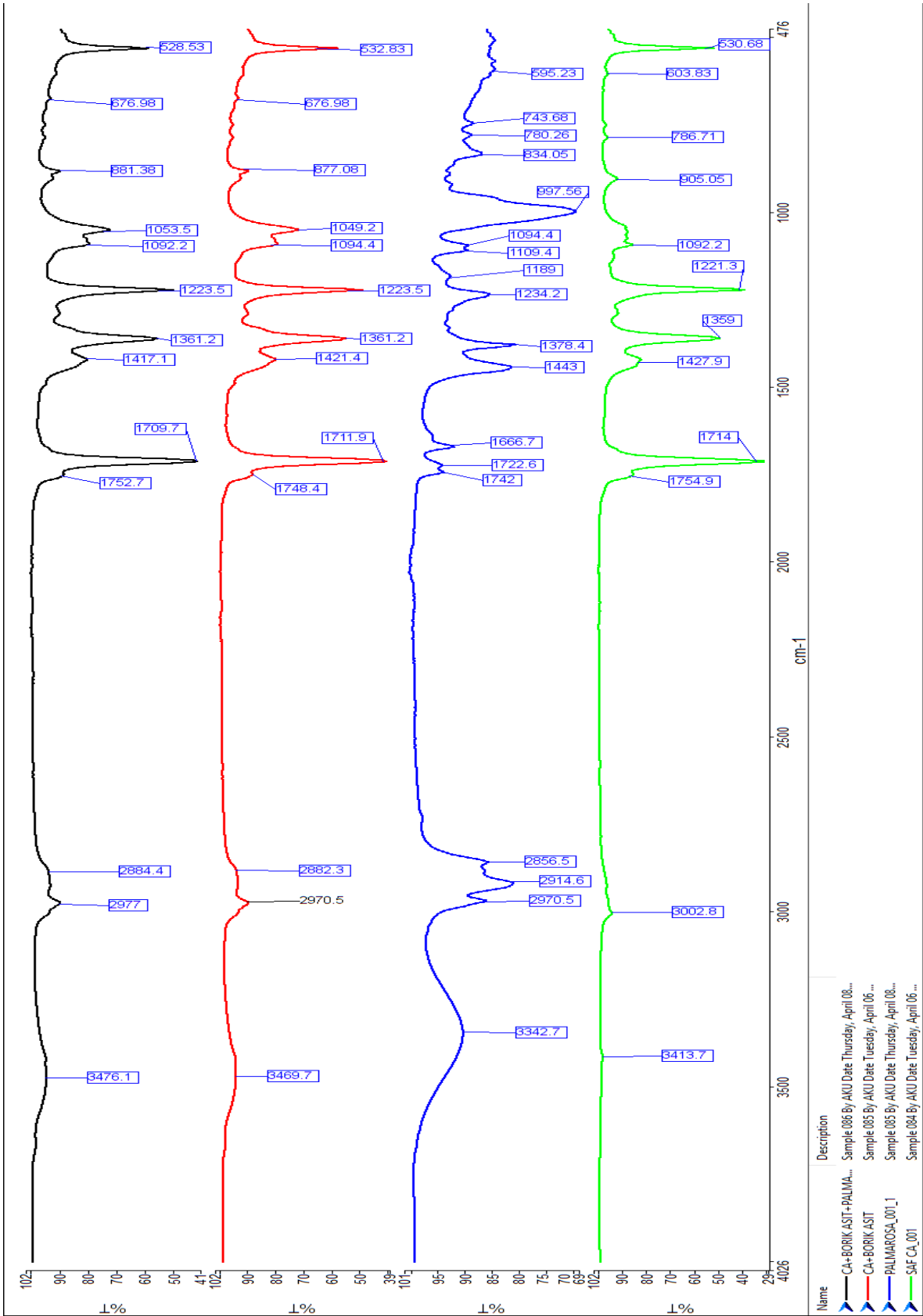
4.3 FTIR Analiz Sonuçları



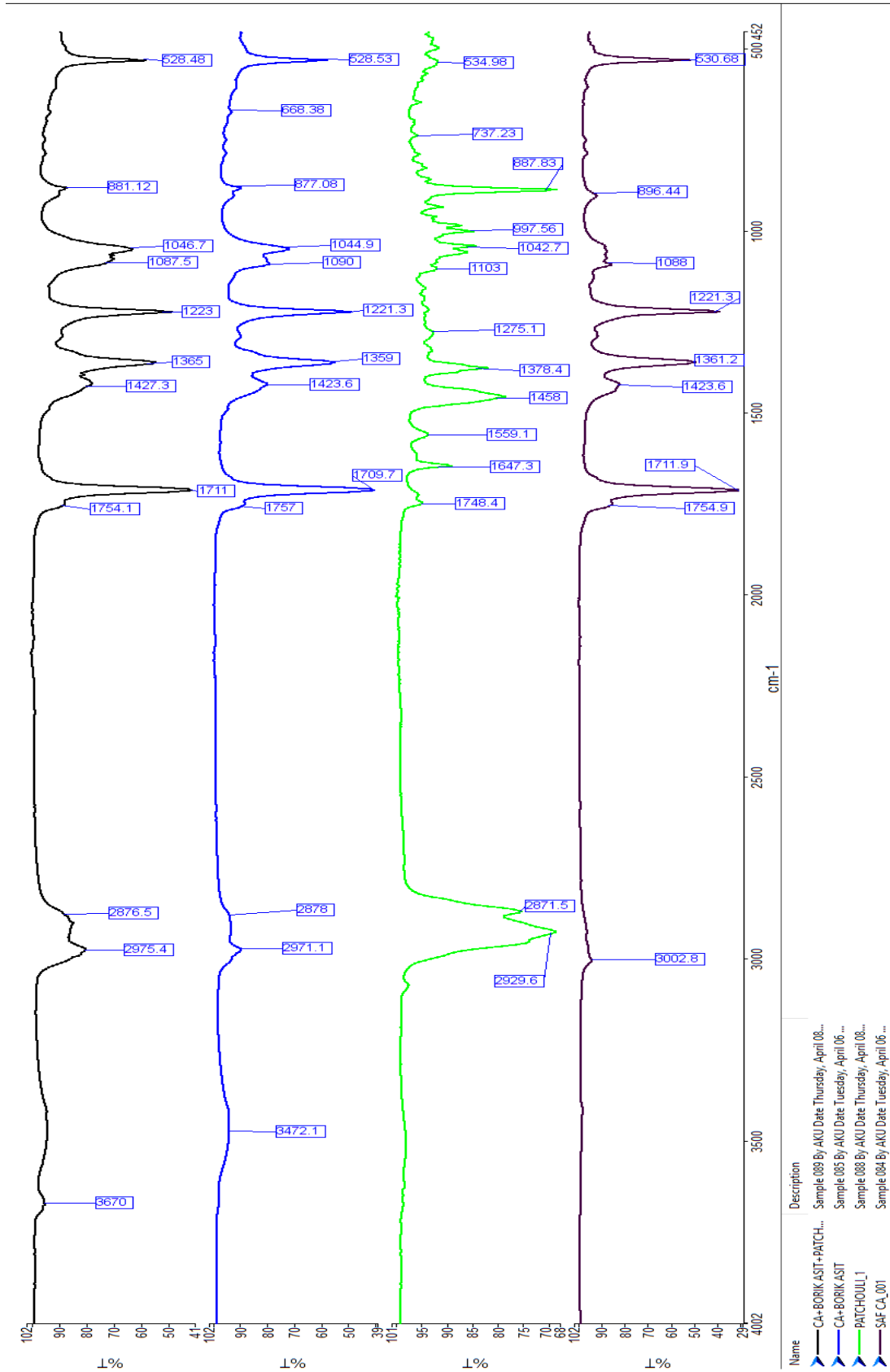
Şekil 4.1 Limon yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.



Şekil 4.2 Niaouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.



Şekil 4.3 Palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.



Şekil 4. 4 Patchouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi FTIR analiz sonucu.

Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ile CA çözeltisi incelendiğinde; 301,4 cm^{-1} civarındaki geniş bant molekül içi ve moleküller arası hidrojen bağlı OH gerilme titreşim bandıdır ve selüloz molekülünde çokça olan -OH gruplarını göstermektedir. 1754,9 cm^{-1} 'deki karboksilik grupları ester bağlantısı için üronik ester gruplarının varlığına atfedilir ve C=O esnemesi ile ilgilidir. Selüloz asetat spektrumunda 1714 cm^{-1} 'de C-H eğilmesi gözlemlenmiştir (Zhang vd. 2020). 1423,6 cm^{-1} 'de C-C-C eğilme bantlarına atfedilebilir. Ayrıca 1363,3 cm^{-1} 'de C-H eğilme titreşim bandıdır ve C-C esnemesiyle ilişkilendirilebilir. 1290,2 cm^{-1} 'de gözlemlenen pik C-O-C ile ilişkilidir. 1219,2 dalga sayısında görülen pik -CF₂'ün simetrik ve asimetrik gerilme titreşimlerine karşılık gelmektedir, ayrıca C-O esnemesi ile ilişkilendirilebilir (Dudak 2019). 1754,9, 1363 ve 1219,2 cm^{-1} titreşimleri asetat grubuna atfedilen karakteristik adsorpsiyon zirveleridir (Son vd. 2004). 1092,2 cm^{-1} 'deki belirgin bant C-O-H gerilme tepesi olarak atfedilebilir. 802,9 cm^{-1} sıklık C gerilme titreşimine atfedilebilir. 788,86-747,98 cm^{-1} aralıklarında ana tepe noktaları gözlemlenmiştir. 601,68 cm^{-1} 'de -CF₂'ün eğilme titreşimine denk gelmektedir. 530,68 cm^{-1} civarındaki ve daha düşük bantlar ise C-C-C, C-O, C-C-O halka deformasyon titreşimleridir (Bostancı 2019).

Borik asit katkısının FTIR analizi incelendiğinde; 3572,1-3458,9 cm^{-1} aralıklarındaki absorpsiyon bölgesi, hidroksil grubunun (OH) absorpsiyonudur. 2974,34-2875,91 cm^{-1} aralıklarında C-H gerilme bantları gözlemlenmiştir ayrıca bu bantlardaki dalgalanma selüloz asetat çözeltisi içerisindeki borik asitten kaynaklanmaktadır. 1425,7-1421,4 cm^{-1} aralıkları BO₃'den kaynaklanan asimetrik B-O gerilmesine atfedilebilir (Kılıcı 2011). 1094,4 cm^{-1} 'deki geniş absorpsiyon bandı Si-O-Sibağları ile BO₃ ve BO₄ gruplarına ait tri-, tetra-, bentborat ve diborat gruplarına aittir. 1047 cm^{-1} 'deki tepe noktasında B-O-H düzleminde bükülmeler olduğu gözlemlenmiştir. 907,2 cm^{-1} BO₄ gruplarının B-O titreşimlerine atfedilebilir. 883,53-672,68 cm^{-1} aralıklarında B-O-H düzleminde düzlem dışı bükülmeden kaynaklanan ek geniş tepe noktaları ortaya çıkmıştır. Bu titreşimler, diğer bazı B-O germe titreşimleriyle örtüşür ve veri analizini daha zor hale getirebilir (Çetin ve Tiyek 2021).

Limon yağı FTIR spektrumu (şekil 4.1) incelendiğinde; 1376,2-543,6 cm^{-1} , 1514-1455,8 cm^{-1} , 1681,7-1647,3 cm^{-1} ve 2968,3-2830,7 cm^{-1} spektral aralıkları, FTIR

analizinde orijinal limon uçucu yağlarını diğer örneklerden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Ana tepe noktaları 3665,4, 3076, 2968,3, 2923,2, 2830,7, 1681,7, 1647,3, 1514, 1455,8, 1436,5, 1376,2, 1232, 1150,3, 1053,5, 915,8, 887,83, 797,42, 763,05, 644,71 ve 543,6 cm^{-1} de gözlemlenmiştir. $\sim 2900 \text{ cm}^{-1}$, $\sim 1600 \text{ cm}^{-1}$ ve $\sim 1000 \text{ cm}^{-1}$ civarındaki titreşim bantları, sırasıyla terpenoid bileşenlerin CH, C=O ve CO germe titreşimlerinden kaynaklanan spektral özellikleri içerebilir. 3665,4 cm^{-1} deki bantta O-H gerilmesine ait geniş tepe noktaları gözlemlenmiştir. 3076 cm^{-1} piki kontrol edildiğinde, tamamiyle doymamışlık (C=C-H) ve aromatik halkaların varlığı gözlemlenmiştir. 2968,3 cm^{-1} 'deki spektral bant, doymuş hidrokarbon C-H gerilme absorpsiyonlarından kaynaklanmaktadır. 2923 cm^{-1} 'de alifatik C-H gerilmesine karşılık gelen önemli pik bulunur. 2830,7 cm^{-1} 'deki önemli tepe noktaları, alken C-H gerilmesine atfedilir. 1681,7 cm^{-1} deki ana tepe noktaları C=O gerilme titreşimlerini göstermektedir. 1647,3 cm^{-1} piki C=C alkanların gerilme titreşimlerine atfedilir. 1514 cm^{-1} 'deki tepe noktası, C=C gerilme titreşimine atfedilir (Çebi vd. 2021). Alken C-H gerilmesine ve C=C gerilmesine karşılık gelen tepeler, limonun yapısında doymamış C=C bağlarının varlığını destekler. 1455,8-1436,5 cm^{-1} 'deki tepe noktaları, alifatik C-H bükülmesine ve C-O gerilmesine karşılık gelebilir. Karbonil bileşikleri genellikle spektrumdaki en güçlü banttır ve 1681,7 ile 1436,5 cm^{-1} arasında yer alır. 1376,2 cm^{-1} de fenollerin OH gerilme titreşimlerine atfedilebilir. 1232 cm^{-1} de ana tepe noktaları gözlemlenmiştir. 1150,3-1053,5 cm^{-1} deki tepe noktaları sırasıyla aromatik C-H eğilme zirveleri ve CO gerilmelerine atfedilir. 915,8-887,83 cm^{-1} aralıkları aromatiklerin C-H gerilme titreşimlerini göstermektedir. Ayrıca 797,42-763,05 cm^{-1} aralıkları metilen sallanan titreşimlerine atfedilmektedir. 644,71-543,6 cm^{-1} aralıklarında da ana tepe noktaları bulunmaktadır (Yahaya vd. 2019).

Niaouli yağı FTIR (şekil 4.2) spektrumunda; 3465,3 cm^{-1} civarında hidroksil gerilmesinden sorumlu karakteristik bir geniş bant gözlemlenmiştir. Alkil CH gerilme titreşimi 2966,2 ile 2880,1 cm^{-1} arasında bulunmuştur. 1735,5 cm^{-1} 'deki absorpsiyon bölgesinin sadece karboksilat gruplarının varlığını değil, aynı zamanda muhtemelen selülozdan kaynaklanan C=O gruplarının varlığını da gösterdiğini belirtmiştir. 1468,7 ve 1443 cm^{-1} piklerinde CH eğilme titreşimi gözlemlenmiştir. Alifatik CN titreşiminin karakteristik absorpsiyon bantları 1217 ile 1165,4 cm^{-1} arasında ortaya çıkmıştır. 1081,5

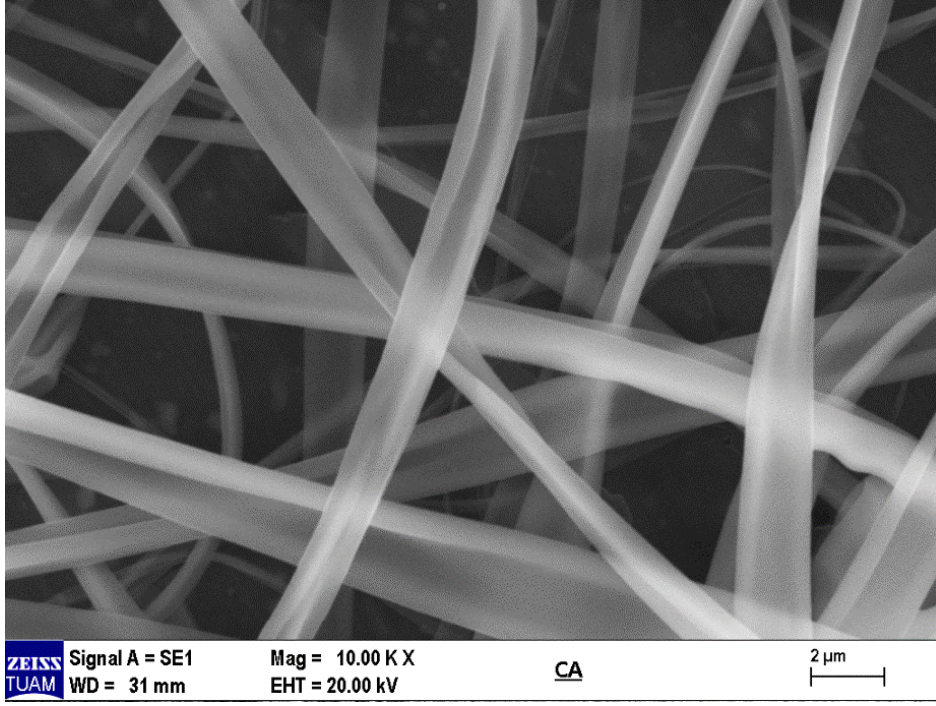
cm⁻¹'deki absorpsiyon, C-O-C bağlanmasından kaynaklanır. 982,5-844,8 cm⁻¹ aralıkları aromatiklerin C-H gerilme titreşimlerini göstermektedir (Christy vd. 2021).

Palmarosa yağı FTIR spektrumu (şekil 4.3) incelendiğinde; 3342,7 cm⁻¹ de gözlenen pik O-H grubu olarak atfedilmiştir. 2970,5-2914,6-2856,5 cm⁻¹ aralıklarında C-H alifatik grubu gözlemlenmiştir. 1742-1722,6 aralığındaki bölge, esterlerin tipik özelliği olan C=O'nun (asit grubu için) karakteristik bantları olarak gözlemlenmiştir. 1666,7 cm⁻¹'de gözlemlenen pik C=C gerilme titreşimlerine atfedilebilir. 1443 cm⁻¹' deki pik C-H asimetrik gerilmesine karşılık gelmektedir (Mohanand vd. 2007). Ayrıca 1378,4 cm⁻¹ 'de gözlemlenen tepe noktası gliserol grubu O-CH olarak atfedilebilir. 1234,2-1094,4 cm⁻¹ aralıklarındaki zirveyi temsil eden tepe noktaları C-H ve C-O gerilmelerine atfedilebilir. 997,56- 834,05 cm⁻¹ aralıkları parmak izi bölgesini göstermektedir ayrıca 780,26-743,68 cm⁻¹'deki tepe noktaları ile birlikte benzen gruplarına atfedilebilir. 595 cm⁻¹ 'de ana tepe noktaları gözlemlenmiştir (Sathiyamoorthi vd. 2019).

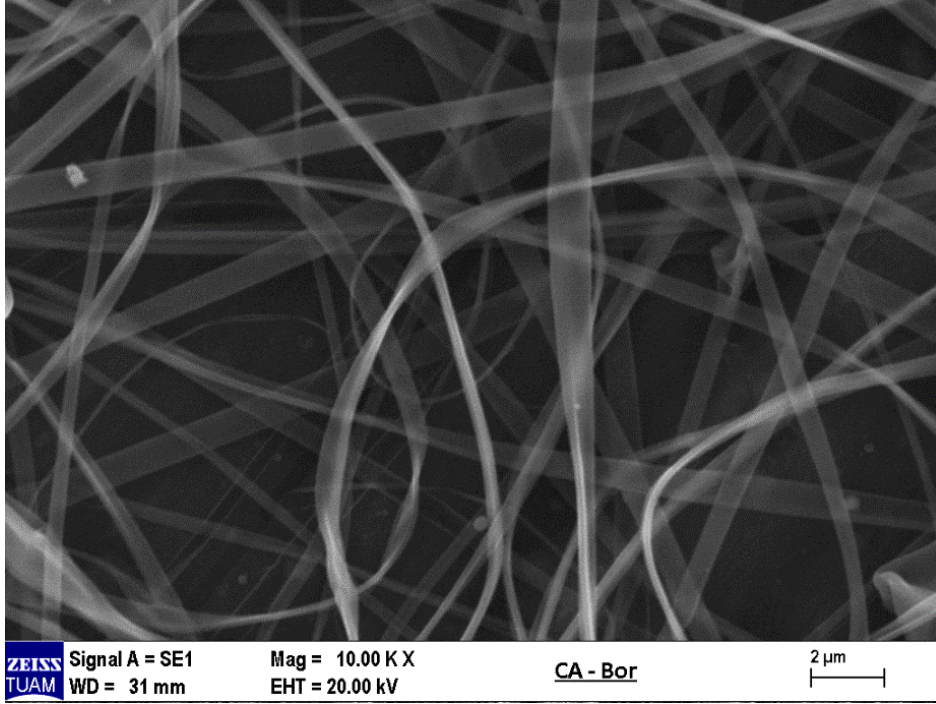
Patchouli yağı FTIR (şekil 4.4) spektrumunda; 2929,6, 2871,5, 1748,4, 1647,3, 1559,1, 1458, 1378,4, 1275,1, 1103, 1042,7, 997,56, 887,83, 737,23 ve 534,98 cm⁻¹ ana tepe noktaları gözlemlenmiştir. Paçuli yağı spektrumunda özellikle 2929,6-2871,5 cm⁻¹ aralığında bir bant genişlemesi bulunmaktadır. 1458 cm⁻¹'deki bir tepe, alkandaki CH bağlarının gerilmesini ve aromatik halkanın bir C = C gerilmesini gösterir. 1378,4 cm⁻¹'lik zirve, karboksilik asitlerin OH bağının özelliğidir. 997,56-534,98 cm⁻¹ aralıkları aromatiklerin C-H gerilme titreşimlerine atfedilebilir (Sufriadi vd. 2021).

4.4 SEM Analiz Sonuçları

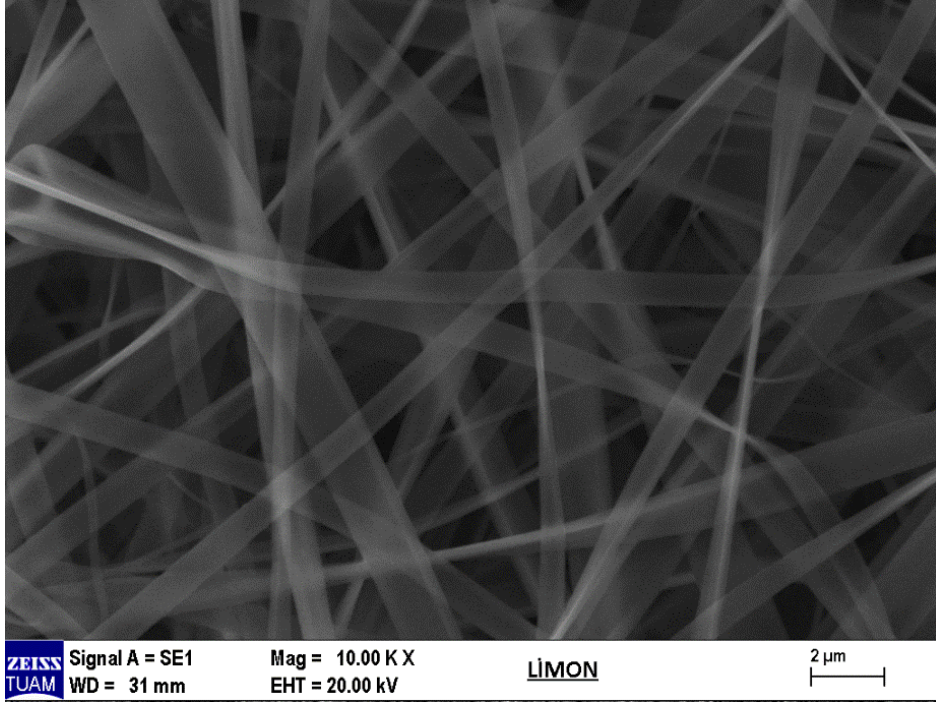
Hazırlanan çözeltilerden elektroçirme prosesleri dikkate alınarak alüminyum folyo yüzeyine biriktirilen nanolifler, malzeme karakterizasyonu için sık sık kullanılan taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile analiz edilmiştir. Yapılan SEM analizi sonucunda elde edilen SEM görüntüleri resim 4.4 – resim 4.9'da gösterilmiştir.



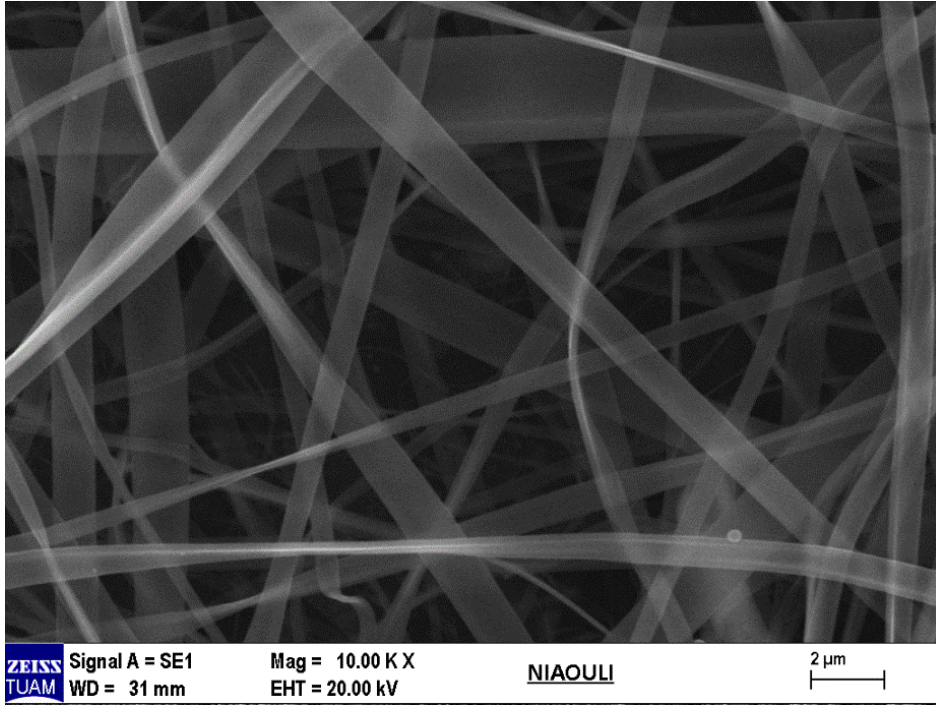
Resim 4.4 Saf CA çözeltilisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.



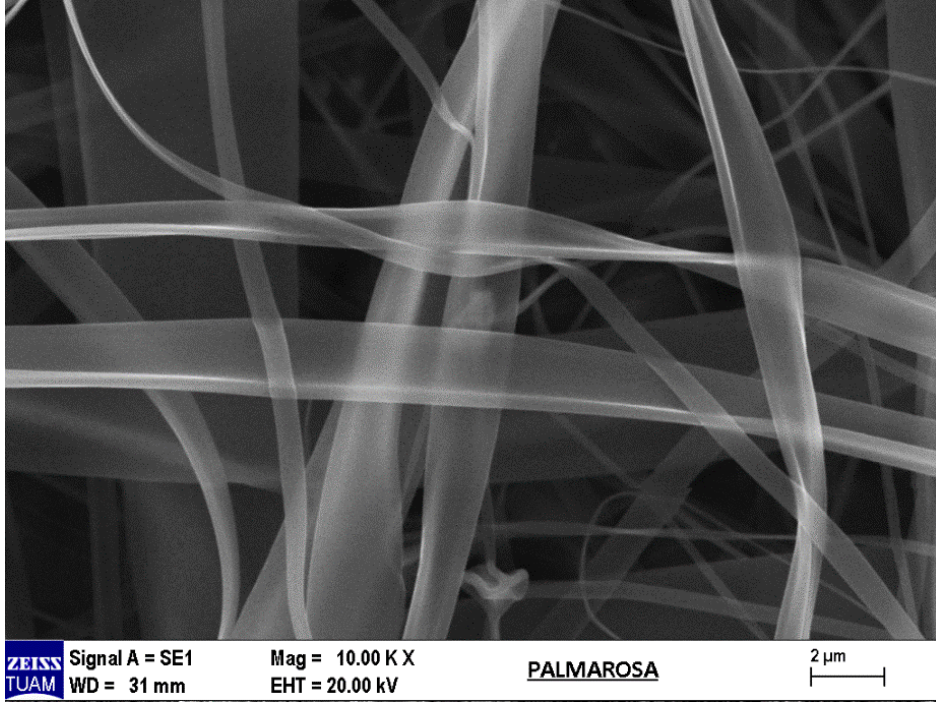
Resim 4.5 Borik asit katkılı CA çözeltilisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.



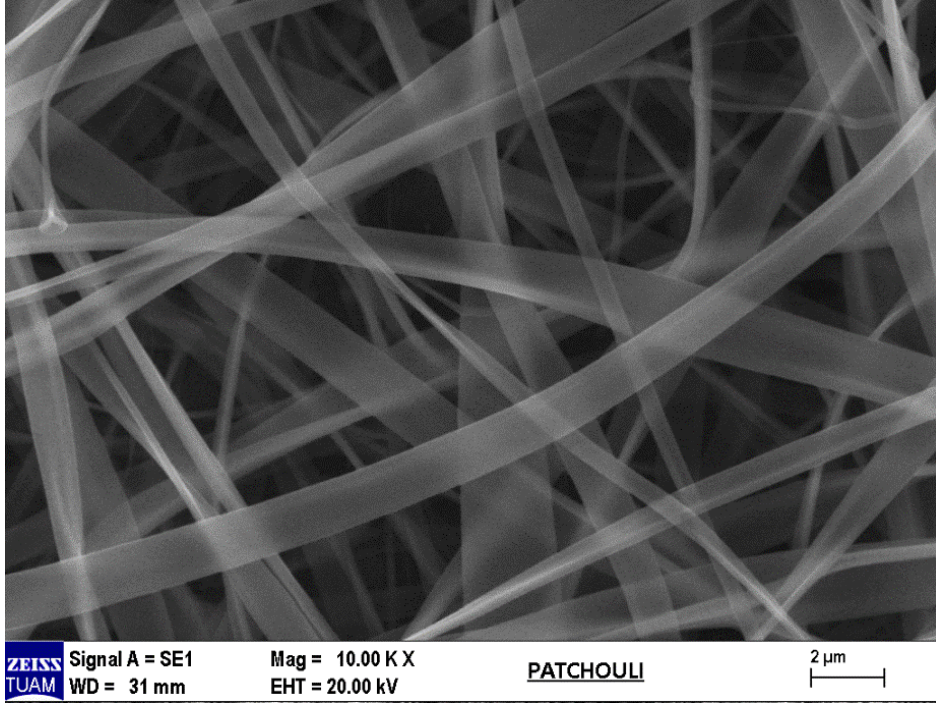
Resim 4.6 Limon yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.



Resim 4.7 Niaouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.



Resim 4.8 Palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.



Resim 4.9 Patchouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisinden elde edilen nanoliflerin SEM görüntüsü.

SEM analiz sonucunda elde edilen görüntülere göre nanolif üretimi için selüloz asetatın uygun bir polimer, asetonun uygun bir çözücü olduğu gözlemlenmiştir. Katkı malzemesi olarak kullanılan borik asit nanolif çap değerini küçültürken, fazla miktarda boncuk oluşumuna sebep olmuştur. Limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı ve patchouli yağının ise nanolif çapını ve boncuk oluşumunu az miktarda etkilediği saptanmıştır.

4.5 Fibraquant Analiz Sonuçları

Elde edilen nanoliflerin SEM görüntülerinden Fibraquant programı ile çok sayıda ölçüm alınarak çapların(μm) aritmetik ortalaması, standart sapması, medyanı belirlenmiştir ve alınan ölçüm sayısı ile birlikte çizelge 4.4’de gösterilmiştir. Elde edilen lif çap değerlerinden hareketle çap dağılımını gösteren sütun grafikleri çizelge 4.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4 Fibraquant programı ile tüm numunlere yapılan analiz sonuçları.

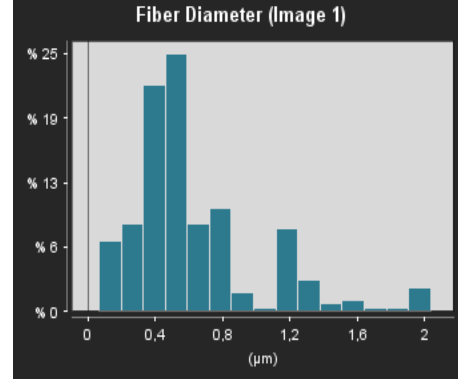
Nanolif Oluşturan Çözelti	Aritmetik Ortalama (μm)	Standart Sapma (μm)	Medyan (μm)	Ölçüm Sayısı
CA	0,632	0,395	0,507	258
CA + Borik asit	0,246	0,147	0,217	281
CA + Borik asit + Limon yağı	0,338	0,267	0,246	326
CA + Borik asit + Niaouli yağı	0,340	0,257	0,264	284
CA + Borik asit + Palmarosa yağı	0,506	0,413	0,383	218
CA + Borik asit + Patchouli yağı	0,201	0,148	0,163	326

Çizelge 4.5 Fibraquant programı ile elde edilen lif çap değerlerine göre çap dağılımı.

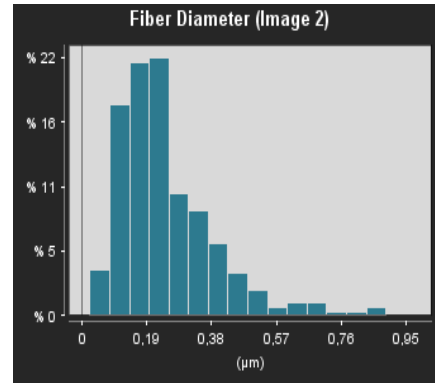
Nanolif Oluşturan Çözelti

Çap Dağılımı Grafiği

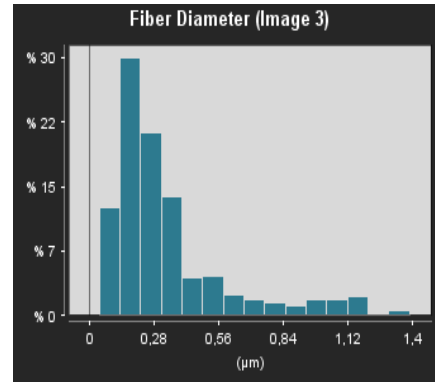
CA



CA + Borik Asit

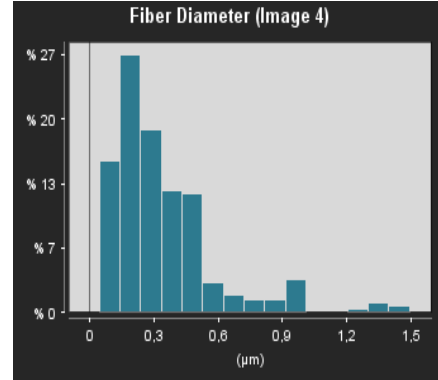


CA + Borik Asit + Limon Yağı

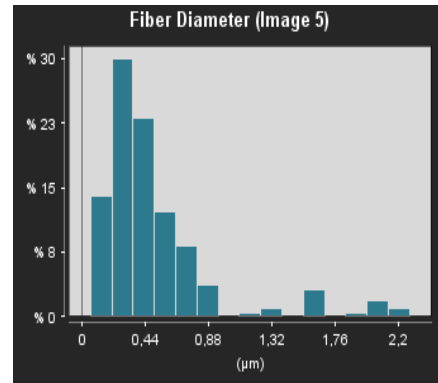


Çizelge 4.5 (Devam) Fibraquant programı ile elde edilen lif çap değerlerine göre çap dağılımı.

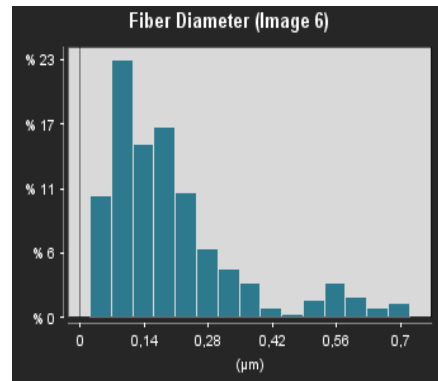
CA + Borik asit + Niaouli Yağı



CA + Borik asit + Palmarosa Yağı



CA + Borik asit + Patchouli Yağı



Fibraquant programı ile yapılan analiz sonucunda tüm çözeltilerden elde edilen lif çap ortalamalarının mikrometreden küçük olduğu gözlemlenmiştir. Çap ölçüm sonuçlarına göre aritmetik ortalama 0,632-0,201 µm aralığında iken standart sapma 0,413-0,147 µm aralığında ve medyan değerleri 0,507-0,163 µm aralığındadır. Kullanılan borik asit katkısı lif çap değerini düşürerek lif çap dağılımı üzerinde etkili olmuştur. Esansiyel yağ katkısı da lif çapını değiştirerek lif çap dağılımını etkilemiştir.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Günümüz koşullarında cerrahi maskeler sterilizasyon için yaygın olarak kullanılmaktadır. Gelişen teknolojinin önemli bir parçası olan nanolifler kullanılarak kullanılan cerrahi maskelerin, filtre performansını ve etkinliğini artırmak amaçlanmıştır. Bu amaçla selüloz asetat (CA) polimeri, önce borik asit ile daha sonra limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı, patchouli yağı ile ayrı ayrı katkılandırılarak çözelti hazırlanmış ve çözeltilerden nanolif elde edilmiştir. Elde edilen nanolifler cerrahi maskenin ara katmanı olan melt blown tabakasına biriktirilmiştir. Hazırlanan çözeltiler antibakteriyel test, antifungal test ve FTIR analizi ile karakterize edilmiştir. Yapılan SEM analizi ile nanolif oluşumu desteklenmiştir. Fibraquant programı ile SEM görüntüleri üzerinden lif çapı ve çap dağılımı belirlenmiştir.

Muller Hinton agar (Merck 1.05437, Almanya) (MHA) ile yapılan bakteri testlerinde *Staphylococcus aureus* bakteri sonuçları kontrol edildiğinde 30 °C'de 24 saat inkübasyon sonunda ölçülen zon çaplarına göre katkılandırma yapılan tüm çözeltiler için antibakteriyel etki söz konusudur. Borik asit katkısının çözeltilere yüksek antibakteriyel etki kazandırdığı gözlemlenmiştir. Limon yağı ve borik asit katkısı birlikte kullanıldığında sinerjik etki yaratarak *Staphylococcus aureus* bakteri büyümesine karşı en etkili CA çözeltisi elde edilmiştir. Niaouli yağı ve borik asit katkısının birlikte kullanıldığı CA çözeltisinin aynı sinerjik etkiye sahip olmadığı ve *Staphylococcus aureus* bakterisi üzerinde en az antibakteriyel etkiye sahip olduğu saptanmıştır.

Yapılan antifungal testlerinde *Aspergillus flavus* küf sonuçları 25°C sıcaklıkta 72-96 saat inkübasyon sonucunda zon çapı ile kontrol edilmiştir. Oluşan zon çaplarına bakıldığında saf CA çözeltisinin *Aspergillus flavus* küfüne karşı herhangi bir antifungal etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Borik asit katkısının *Aspergillus flavus* küf büyümesi üzerinde düşük antifungal etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Palmarosa yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi *Aspergillus flavus* küf büyümesine karşı 27,20-30,89 mm zon çapı ile en etkili çözelti iken, niaouli yağı ve borik asit katkılı CA çözeltisi 13,22-9,07 mm zon çapı ile en az etkili çözeltidir.

Penicillium notatum küfü antifungal test sonuçları 25°C sıcaklıkta 72-96 saat inkübasyon sonucunda dijital kumpas ile ölçülen zon çaplarına bakılarak kontrol edildiğinde ise katkılılandırılmış tüm çözeltilerin Penicillium notatum küfüne karşı yüksek antifungal etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Borik asit katkısının Penicillium notatum küfü üzerinde yüksek antifungal etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Borik asit katkısına esansiyel yağ katkısı eklendiğinde sinerjik etki yaratarak Penicillium notatum küf büyümesine karşı daha etkili olduğu saptanmıştır. Borik asit ve palmarosa yağı sinerjik etkisinin 38,91-43,39 mm zon çapıyla en yüksek antifungal etkiye sahip çözelti olduğu saptanmıştır.

Hazırlanan çözeltilerin kimyasal yapısı tek elmas kristal dedektöre sahip Fourier dönüşümlü kızılötesi (FTIR) spektroskopisi kullanılarak analiz edilmiştir. Spektrumlar 4000–400 cm^{-1} spektral aralığında ve 4 cm^{-1} çözünürlükte toplanmıştır. CA çözeltisi incelendiğinde; 1754,9, 1714, 1363,3, 1219,2, 601,68 ve 530,68 cm^{-1} titreşimleri asetat grubuna atfedilen karakteristik adsorpsiyon zirveleridir. Borik asitin FTIR analizi incelendiğinde; 2974,34-2895,91 cm^{-1} aralıklarında C-H gerilme bantları gözlemlenmiştir bu bantlardaki dalgalanma selüloz asetat çözeltisi içerisindeki borik asitten kaynaklanmaktadır. 1425,7-1421,4 cm^{-1} aralıkları BO_3 'den kaynaklanan asimetrik B-O gerilmesine atfedilebilir. 1094,4 cm^{-1} 'deki geniş absorpsiyon bandı Si-O-Si bağları ile BO_3 ve BO_4 gruplarına ait tri-, tetra-, bentborat ve diborat gruplarına aittir. 907,2 cm^{-1} BO_4 gruplarının B-O titreşimlerine atfedilebilir. 883,53-672,68 cm^{-1} aralıklarında B-O-H düzleminde düzlem dışı bükülmeden kaynaklanan ek geniş tepe noktaları ortaya çıkmıştır. Bu tepe noktaları borik asit çözeltisi için karakteristik pik değerleridir. Limon yağı FTIR spektrumu incelendiğinde; 1376,2-543,6 cm^{-1} , 1514-1455,8 cm^{-1} , 1681,7-1647,3 cm^{-1} ve 2968,3-2830,7 cm^{-1} spektral aralıkları, FTIR analizinde orijinal limon uçucu yağlarını diğer örneklerden ayırt etmek için kullanılan karakteristik piklerdir. Niaouli yağı FTIR spektrumunda; Alifatik CN titreşiminin karakteristik absorpsiyon bantları 1217 ile 1165,4 cm^{-1} arasında ortaya çıkmıştır ve 982,5-844,8 cm^{-1} aralıkları aromatiklerin C-H gerilme titreşimlerini göstermektedir. Palmarosa yağı FTIR spektrumunda; 1378,4 cm^{-1} 'de gözlemlenen tepe noktası gliserol grubu O-CH olarak atfedilebilir ve 997,56- 834,05 cm^{-1} aralıkları parmak izi bölgesini göstermektedir. Patchouli yağı FTIR spektrumu incelendiğinde ise; 2929,6-2871,5 cm^{-1}

aralığında bir bant genişlemesi bulunmaktadır. 997,56-534,98 cm^{-1} aralıkları aromatiklerin C-H gerilme titreşimlerine atfedilebilir ve karakteristik pik değerlerini verir.

SEM analizi sonucunda, kullanılan çözeltilerden nanolif elde edildiği gözlemlenmiştir. Buna göre nanolif üretimi için selüloz asetat uygun bir polimer, aseton uygun bir çözücüdür. Borik asit ve borik asitin çözücüsü olan etanolün katkı malzemesi olarak kullanıldığında nanolif oluşumunu engellemediği gözlemlenmiştir. Saf CA çözeltilisinden elde edilen SEM görüntülerde boncuk oluşumuna rastlanmamıştır. Katkı malzemesi olarak kullanılan borik asitin nanolif çap değerini 1 μm altına düşürdüğü gözlemlenmiştir. Limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı ve patchouli yağı katkıları ise nanolif çap değerini çok etkilememiştir. Boncuk oluşumunda ise; borik asit katkısı boncuk oluşumuna sebep olmuştur limon yağı, niaouli yağı, palmarosa yağı ve patchouli yağı katkılarının boncuk oluşumu üzerinde etkisinin az olduğu saptanmıştır.

Fibraquant programı ile yapılan analiz sonucunda tüm çözeltilerden elde edilen lif çap ortalamalarının mikrometreden küçük olduğu gözlemlenmiştir. Kullanılan SEM görüntüsü kalitesi alınan ölçüm sayısını ve doğruluğunu direkt etkilemektedir. Buna göre saf CA çözeltilisinden elde edilen nanolif çap değerlerinin aritmetik ortalama, standart sapma ve medyan değerinden hareketle büyük olduğu ve heterojen çap dağılımında olduğu gözlemlenmiştir. Yine aynı değerlerden hareketle borik asit katkısının lif çap değerini küçülttüğü ve çap dağılımını homojenleştirdiği saptanmıştır. Esansiyel yağ katkısı için kesin bir genelleme yapılamamakla birlikte patchouli yağı ve borik asit katkılı çözeltiliden elde edilen liflerin en küçük çapta ve çap dağılımının en yüksek homojeniteye sahip olduğu saptanmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Ademoğlu B, 2011, Özet Kumaşların Antibakteriyel Nanoliflerle Kaplanması, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 99s, Gaziantep.
- Akarca G, Tomar O, Güney İ, Erdur S, Gök V, 2019, Determination of Sensitivity of Some Food Pathogens to Spice Extracts, Journal of Food Science and Technology, 56, 5253-5261.
- Akhgari A, Shakib Z, Sanati S, 2017, A Review on Electrospun Nanofibers for Oral Drug Delivery, Nanomedicine Journal, 4, 197-207.
- Almetwally A A, El-Sakhawy M, Elshakankery M H, Kasem M H, 2017, Technology of Nanofibers: Production Techniques and Properties Critical Review, 78, 5-14.
- Alghoraibi I, Alomari S, 2018, Different Methods for Nanofiber Design and Fabrication, Handbook of Nanofibers, 1-46.
- Aydogdu A, Burmaoglu S, Saritas O, Cakir S, 2017, A Nanotechnology Roadmapping Study for the Turkish Defense Industry, Foresight, 19-4
- Aydoğdu A, 2018, Türk Savunma Sanayi için Nanoteknoloji Yol Haritası, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 242 s, Ankara.
- Bauer A T, 1966, Standartlaştırılmış Tek Disk Yöntemiyle Antibiyotik Duyarlılık Testi, Am J Clin Pathol , 45 , 149-158
- Drexler K E, 2004, Nanotechnology: from Feynman to Funding, Bulletin of Science, Technology & Society, 24, 21-27.
- Bauer A W, Perry D M, Kirby W M, 1959, Single-Disk Antibiotic-Sensitivity Testing of Staphylococci: An analysis of Technique and Results, AMA Archives of Internal Medicine, 104, 208-216.
- Bayaz M, 2014, Esansiyel Yağlar: Antimikrobiyal, Antioksidan ve Antimutajenik Aktiviteleri, Akademik Gıda, 12, 45-53.
- Beachley V, Wen X, 2009, Effect of Electrospinning Parameters on the Nanofiber Diameter and Length, Materials Science and Engineering, 29, 663- 668.

- Borokhov O, Schubert D, 2007, Antimicrobial Properties of Boron Derivatives, *New Biocides Development*, 412–435.
- Bostancı A, 2019, Nafyon/Selüloz Asetat Hibrit Nanoliflerin Üretimi ve Elektrokimyasal Biyosensörlerde Kullanımının Araştırılması, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 113s, Bursa.
- Bowman D M, Hodge G A, 2006, Nanotechnology: Mapping the Wild Regulatory Frontier, *Futures*, 38, 1060-1073.
- Bozkurt A, 2015, Nanotechnology in Turkey, *The Informatics Association of Turkey Informatics Magazine*, 172, 40–54.
- Buckle J, 2001, The Role of Aromatherapy in Nursing Care, *Nursing Clinics of North America*, 36, 57–72.
- Cai Y, Wei Q, Huang F, 2012, Processing of Composite Functional Nanofibers. *Functional Nanofibers and Their Applications*, Woodhead Publishing, 38-54.
- Calsamiglia S, Busquet M, Cardozo P W, Castillejos L, Ferret A, 2007, Invited Review: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation, *Journal of dairy Science*, 90, 2580-2595.
- Ceccarelli I, Masi F, Fiorenzani P, Aloisi A M, 2002, Sex Differences in the Citrus Lemon Essential Oil-induced Increase of Hippocampal Acetylcholine Release in Rats Exposed to a Persistent Painful Stimulation, *Neuroscience letters*, 330, 25-28.
- Ceylan Ş, 2019, Elektrospinning Yönteminde Paralel Elektrot Kollektörleri Kullanılarak Hizalanmış Nano Elyaf Üretimi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 128s, Gaziantep.
- Christy E O, Sumarlan S H, Soehardjono A, 2021, Binderless Bark Particleboard Made from Gelam (*Melaleuca viridiflora* Sol. ex Gaertn.) Bark Waste: The Effect of the Pressing Temperature on Its Mechanical and Physical Properties, *BioResources*, 16.
- Cox S D, Mann C M, Markham J L, Bell H C, Gustafson J E, Wamington J R, Wyllie S G, 2000, The mode of Antimicrobial Action of the Essential oil of *Melaleuca Alternifolia* (tea tree oil), *Journal of Applied Microbiology*, 88, 170-175.

- Çebi N, Taylan O, Abusurrah M, Sağdıç O, 2021, Limon Esansiyel Yağında Portakal Esansiyel Yağı, İzopropil Miristat ve Benzil Alkolün Kemometriyle Birleştirilmiş FTIR Spektroskopisi ile Tespiti, Gıdalar , 10, 27.
- Çetin E A, Tiyek İ, 2021, Borik Asit Katkılı Poliakrilonitril-ko-Vinil Asetat Polimerinden Elektroçekim Yöntemiyle Nanolifli Tekstil Yüzeylerinin Üretimi ve Termal Karakterizasyonu., Journal of the Institute of Science and Technology, 11, 771-785.
- Deitzel J M, Kleinmeyer J, Harris D E A, Tan N B, 2001, The Effect of Processing Variables on the Morphology of Electrospun Nanofibers and Textiles, Polymer, 42, 261-272.
- Donelian A, Carlson L H C, Lopes T J, Machado R A F, 2009, Comparison of Extraction of Patchouli (*Pogostemon cablin*) Essential Oil with Supercritical CO₂ and by Steam Distillation, The Journal of Supercritical Fluids, 48, 15-20.
- Dudak F C, 2019, Resveratrol Yüklü Selüloz Asetat Liflerinin Karakterizasyonu, GIDA, The Journal of FOOD, 44.
- Feynman R P, 1960, There is Plenty of Room at the Bottom, California Institute of Technology, Journal of Engineering Science, 4, 23-36.
- Fukumoto S, Sawasaki E, Miyake Y, Yokogoshi H, 2006, Flavor Components of Monoterpenes in Citrus Essential Oils Enhance the Release of Monoamines from Rat Brain Slices, Nutritional Neuroscience, 9, 73–80.
- Gibson P W, Schreuder-Gibson H L, Rivin D, 1999, Electrospun Fiber Mats: Transport Properties, AIChE journal, 45, 190-195.
- Hu L F, Li S P, Cao H, Liu J J, Gao J L, Yang F Q, Wang Y T, GC-MS Fingerprint of *Pogostemon cablin* in China, J Pharm Biomed Anal, (2006) 42: 200-206
- Janati S S F, Beheshti H R, Feizy J, Fahim N K, 2012, Chemical Composition of Lemon (*Citrus limon*) and Peels Its Considerations as Animal Food, GIDA, 37, 267-271.
- Kamal G M, Anwar F, Hussain A, Sarri N, Ashraf M Y, 2011, Yield and Chemical Composition of Citrus Essential Oils as Affected by Drying Pretreatment of Peels, International Food Research Journal, 18, 1275-1282.

- Khan S N, 2007, Electrospinning Polymer Nanofibers-electrical and Optical Characterization, Doctoral dissertation, Ohio University, Fizik, 107.
- Kılıcı S, 2011, Borik Asidin Dehidratasyonu, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87s, Sakarya.
- Kırcı N B, 2020, Kaşar Peyniri İçin Aktif Gıda Ambalajı Olarak Palmarosa Yağı İlaveli Yenilebilir Filmlerin Değerlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 49s, İstanbul.
- Kiyak Y E, Cakmak E, 2014, Nanofiber Production Methods, Electronic Journal of Vehicle Technologies/Tasit Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8.
- Lee H, Nishino M, Sohn D, Lee J S, Kim I S, 2018, Control of the Morphology of Cellulose Acetate Nanofibers Via Electrospinning, Cellulose, 25, 2829-2837.
- Li D, Wang Y, Xia Y, 2003, Electrospinning of Polymeric and Ceramic Nanofibers as Uniaxially Aligned Arrays, Nano letters, 3, 1167-1171.
- Lodhia M H, Bhatt K R, Thaker V S, 2009, Antibacterial Activity of Essential Oils from Palmarosa, Evening Primrose, Lavender and Tuberos, Indian Journal of Pharmateucial Sciences, 71, 131-134.
- Mit-uppatham C, Nithitanakul M, Supaphol P, 2004, Ultrafine Electrospun Polyamide-6 Fibers: Effect of Solution Conditions on Morphology and Average Fiber Diameter, Macromolecular Chemistry and Physics, 205, 2327-2338.
- Mohan S, Maruthamuthu S, Muthukumar N, Rajasekar A, Palaniswamy N, 2007, Biodegradation of Palmarosa Oil (green oil) by *Serratia Marcescens*, International Journal of Environmental Science & Technology, 4, 279-283.
- Noguchi T, Yoshida Y, Chiba S, 2001, Effects of Psychological Stress on Monoamine System in Subregions of the Frontal Cortex and Nucleus Accumbens of the Rat. Brain Research, 916, 91-100.
- Oberg T, Brosseau L M, 2008, Surgical Mask Filter and Fit Performance, American Journal of Infection Control, 36, 276-282.

- Özdemir E, Aslan I, Cakici B, Turker B, Celik C, 2018, Microbiological Property Evaluation of Natural Essential Oils Used in Green Cosmetic Industry, Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants (CUPMAP), 1, 111-116.
- Pardon M C, Ma S, Morilak A, 2003, Chronic Cold Stress Sensitizes Brain Noradrenergic Reactivity and Noradrenergic Facilitation of the HPA Stress Response in Wistar Kyoto Rats, Brain Research, 971, 55–63.
- Prashar A, Hili P, Veness R G, Evans C S, 2003, Antimicrobial Action of Palmarsa Oil (Cymbopogon martinii) on Saccharomyces Cerevisiae, Phytochemistry, 63, 569-575.
- Rakow N A, Suslick K S, 2000, A Colorimetric Sensor Array for Odour Visualization, Nature, 406(6797), 710-713.
- Ramakrishna S, 2005, An Introduction to Electrospinning and Nanofibers, World Scientific, 90-105.
- Rıfık N M, 2013, Keçilerde Bazı Esansiyel Yağların Süt Verimi, Süt Bileşimi ve Metan Üretimi Üzerine Etkileri, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 133s, Adana.
- Sadeghi-Nejad B, Deokule S S, 2010, Antidermatophytic Activity of Pogostemon Parviflorus Benth, Iranian journal of Pharmaceutical research, IJPR, 9, 279.
- Sağlam M, Köseoğlu S, Enhoş Ş, 2013, Periodontolojide Bor, Sağlık Bilimleri Dergisi, 22, 70-75.
- Sathiyamoorthi R, Sankaranarayanan G, Chiranjeevi T, Kumar D D, 2019, Experimental Investigation on Performance, Combustion and Emission Characteristics of a Single Cylinder Diesel Engine Fuelled by Biodiesel Derived from Cymbopogon Martinii, Renewable Energy, 132, 394-415
- Sayin Z, Ucan U S, Sakmanoglu A, 2016, Antibacterial and Antibiofilm Effects of Boron on Different Bacteria, Biological Trace Element Research, 173, 241-246.
- Singh M, Sharma S, Ramesh S, 2002, Herbage, Oil Yield and Oil Quality of Patchouli Pogostemon Cablin (Blanco) Benth Influenced by Irrigation, Organic Mulch and

- Nitrogen Application in Semi-arid Tropical Climate, *Industrial Crops and Products*, 16, 101-107.
- Son W K, Youk J H, Lee T S, Park W H, 2004, Electrospinning of Ultrafine Cellulose Acetate Fibers: Studies of a New Solvent System and Deacetylation of Ultrafine Cellulose Acetate Fibers, *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 42, 5-11.
- Subbiah T, Rumkumar S S, 2004, Polymeric Nanofibers by Electrospinning, *High Performance Textile and Apparels*, HPTA, 81-90.
- Sufriadi E, Meilina H, Munawar A A, Idroes R, 2021, Aceh'deki Farklı Coğrafi Bölgelere Dayalı Paçuli Esansiyel Yağlarının Fourier Dönüştürülmüş Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi Analizi, In *GİB Konferans Serisi: Malzeme Bilimi ve Mühendisliği*, 1087-1.
- Tariq S, Wani S, Rasool W, Shafi K, Bhat M A, Prabhakar A, Rather M A, 2019, A Comprehensive Review of the Antibacterial, Antifungal and Antiviral Potential of Essential Oils and Their Chemical Constituents Against Drug-resistant Microbial Pathogens, *Microbial pathogenesis*, 134, 103580.
- Teo W E, Ramakrishna S, 2005, Electrospun Fiber Bundle Made of Aligned Nanofibres Over Two Fixed Points, *Nanotechnology*, 16, 1878.
- Tisserand R, Young R, 2013, *Essential Oil Safety-e-book: A Guide for Health Care Professionals*, Elsevier Health Sciences.
- Tomar O, Akarca G, Başpınar E, 2020, Determination of Antifungal Effects of Some Berry Fruits Ethanol Extracts by Disc Diffusion Method, *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8, 442-448.
- Tosun Y İ, Sakhi Z, 2018, Elektro Çekimde Kullanılan Paralel Elektrot Yönteminin İncelenmesi, *Ejoms 5. International Congress on Mathematics, Engineering, Natural and Medical Sciences*, 22-25 Kasım 2018, Gaziantep.
- Von Nussbaum F, Brands M, Hinzen B, Weigand S, Häbich D, 2006, Antibacterial Natural Products in Medicinal Chemistry—exodus or Revival, *Angewandte Chemie International Edition*, 45, 5072-5129.

- Wang X, Hsiao B S, 2016, Electrospun Nanofiber Membranes, *Current Opinion in Chemical Engineering*, 12, 62-81.
- Xia Y, 2008, Nanomaterials at Work in Biomedical Research, *Nature materials*, 7, 758-760.
- Yahaya M F, Yelwa J M, Abdullahi S, Umar J B, Abubakar A M, Babakura M, 2019, Chemical Compositions, FTIR and Larvicidal Activity of Essential Oils Extracted from Aromatic Plants, *European Scientific Journal*, 15-24.
- Yilmaz Z, 2011, Elektrosinning Yöntemiyle Elde Edilen Poliüretan Nanolifler Üzerinde Sistem Parametrelerinin Analizi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 136s, Kahramanmaraş.
- Zhang H, Chen Y, Wang S, Ma L, Yu Y, Dai H, Zhang Y, 2020, Extraction and Comparison of Cellulose Nanocrystals from Lemon (*Citrus limon*) Seeds Using Sulfuric Acid Hydrolysis and Oxidation Methods, *Carbohydrate polymers*, 238, 116180.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Büşra Dalkılıç
Doğum Yeri ve Tarihi : Saraykent/YOZGAT 14.02.1997
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon / e-posta) : 0544 273 0406 / busradalkilincbs@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Mevlüde Ahmet Doğanay Anadolu Öğretmen Lisesi,
(2011–2015)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği
Bölümü, (2015–2019)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı, (2019–2021)

Yayınları :

Evcin A, Dalkılıç B, 2020, A Novel Method to Prepare of Silan Based Superhydrophobic Thin Film, TFD 36. Uluslararası Fizik Kongresi, 01-05 Eylül 2020, Bodrum, Muğla.

Dalkılıç B, Yaşar E, Evcin A, 2021, Coating of Hydroxyapatite (HA) Powders Produced by Sol-gel Method on Titanium Alloy with HVOF Method Added with Diatomide, 4. International Conference on Physical Chemistry & Functional Materials, 08-09 April 2021, Elazığ.

Yaşar E, Dalkılıç B, Evcin A, 2021, Soft Tissue Production with 3D Printer, 4. International Conference on Physical Chemistry & Functional Materials, 08-09 April 2021, Elazığ.

Dalkılıç B, Yaşar E, Evcin A, Kayhan H, 2021, Production of Antibacterial and Antifungal Nanofiber Coated Surgical Masks Containing Boron and Lemon Oil, 4. International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive

Engineerings and Technology (IMSMATEC'21), 28-29-30 Mayıs 2021, Kapadokya, Nevşehir.

Yaşar E, Dalkılıç B, Evcin A, Kayhan H, 2021, Production of Antifungal, Antibacterial Nanofiber Coated Surgical Masks Containing Silver and Eucalyptus Oil, 4. International Conference on Materials Science, Mechanical and Automotive Engineerings and Technology (IMSMATEC'21), 28-29-30 Mayıs 2021, Kapadokya, Nevşehir.