



ANKARA

HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**EL YAZMALARINDA GÖRÜLEN BİYODETERASYON
SORUNLARI VE ÇÖZÜME YÖNELİK
NANOTEKNOLOJİK UYGULAMALAR**

Aybuke Sultan KOCA YILMAZ

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ali Akın AKYOL

Prof. Dr. Hikmet KATIRCIOĞLU

DOKTORA TEZİ

KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA ANABİLİM DALI

HAZİRAN 2024



**EL YAZMALARINDA GÖRÜLEN BİYODETERASYON SORUNLARI
VE ÇÖZÜME YÖNELİK NANOTEKNOLOJİK UYGULAMALAR**

Aybuke Sultan KOCA

DOKTORA TEZİ

KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA ANABİLİM DALI

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HAZİRAN 2024

ETİK BEYAN

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Aybuke Sultan KOCA YILMAZ

07.06.2024

TEZ ONAY SAYFASI

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **KÜLTÜR VARLIKLARINI KORUMA** Anabilim Dalı Doktora öğrencisi tarafından hazırlanan **El Yazmalarında Görülen Biyodeterasyon Sorunları ve Çözümüne Yönelik Nanoteknolojik Uygulamalar** başlıklı tez çalışması **07/06/2024** tarih ve **16.00** saatinde yapılan tez savunma sınavında aşağıdaki jüri tarafından **OY BİRLİĞİ** ile **DOKTORA TEZİ** olarak **KABUL** edilmiştir.

	Kabul	Ret
Başkan (Unvan/Ad-Soyad/Kurum): Prof. Dr. Ali Akın AKYOL Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	☒	☐
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum): Prof. Dr. Yaşar Selçuk ŞENER Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi	☒	☐
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum): Doç. Dr. Mahmut AYDIN Batman Üniversitesi	☒	☐
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum): Dr. Öğretim Üyesi Kübra ERKAN TÜRKMEN Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi	☒	☐
Üye (Unvan/Ad-Soyad/Kurum): Dr. Öğretim Üyesi Hatice ERCAN Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi	☒	☐

EL YAZMALARINDA GÖRÜLEN BİYODETERASYON SORUNLARI VE ÇÖZÜME YÖNELİK NANOTEKNOLOJİK UYGULAMALAR

(Doktora Tezi)

Aybuke Sultan KOCA

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Haziran 2024

ÖZET

Arşiv ve kütüphaneler, insanlığın sosyal, kültürel ve tarihi birikimini, koruyan; yazılı ve görsel belgeler aracılığıyla bu bilgileri saklayarak gelecek nesillere aktaran kurumlardır. Fakat bu kurumlar, içerdikleri organik malzemeler nedeniyle biyodeterasyona oldukça açıktırlar. Kağıdın dayanıklılığı ve kalıcılığı düşük sıcaklık, düşük bağıl nem, karanlık ve toksik olmayan bir ortamda saklanarak artırılabilirse de bazen pasif konservasyonun yetersiz kaldığı durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu duruma neden olarak mikroorganizmaların adaptasyon yeteneği gösterilebilmektedir. Farklı mikroorganizma türleri, aynı çevresel koşullara ve besin kaynaklarına maruz kalsalar da farklı tepkiler verebilmektedir. Bu nedenle, arşiv ve kütüphanelerde düzenli sıcaklık, nem kontrolü yapılmasının yanı sıra havadaki mikroorganizmaların sayısının da düzenli olarak izlenmesi gerekmektedir. Son zamanlarda, mikroorganizmaların gelişimini durduran veya sınırlayan nanomalzemelerin kullanımıyla ilgili araştırmalar yoğunlaşmıştır. Özellikle, orijinal malzemeyi koruyarak derinlemesine nüfuz edebilen nanomalzemeler üzerinde çalışılmaktadır. Bu malzemelerin mikroorganizmalar ve orijinal malzeme üzerindeki etkileri incelenerek konservasyon için uygunlukları değerlendirilmektedir. Araştırma kapsamında Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait bodrum katta iki adet, zemin katta bir, ikinci katta bir adet olmak üzere toplamda dört adet yazma eser deposundan PCE-AS1 marka Microbial Air Sampler ile mikroorganizma örnekleri toplanmıştır. Elde edilen veriler ile mikroorganizmaların metreküpteki sayısı belirlenerek kirlilik durumu tespit edilmiştir. Kirliliğe neden olan mikroorganizmaların biyokimyasal testlerle tanımlanmıştır. Ayrıca koleksiyonların muhafazasına yönelik olarak Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında Thyme Esansiyel Yağı Nanoemülsiyonu (Thyme EO-NE), titanyum dioksit nanopartikülü (TiO₂ NPs) ile zenginleştirilerek yeniden formüle elde edilmiştir. Bu yeni formülün hem mikroorganizmalar hem de kağıt üzerinde etkileri göz önüne alınarak konservasyon biliminde kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Bilim Kodu : 119302
Anahtar Kelimeler : Kağıt Konservasyonu, Biyodeterasyon, Nanoemülsiyon, Nanopartikül
Sayfa Adedi : 130
1. Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ali Akın AKYOL
2. Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hikmet KATIRCIOĞLU

BIODETERIORATION PROBLEMS IN MANUSCRIPTS AND SUGGESTIONS FOR NANOTECHNOLOGICAL APPLICATIONS

(Ph.D. Thesis)

Aybuke Sultan KOCA

ANKARA HACI BAYRAM VELİ UNIVERSITY
THE INSTITUTE OF GRADUATE STUDIES

June 2024

ABSTRACT

Archives and libraries serve as custodians of humanity's social, cultural, and historical heritage, preserving invaluable written and visual records for future generations. However, these repositories are susceptible to biodeterioration due to the organic nature of their materials. While measures such as controlling temperature, humidity, light exposure, and implementing passive conservation techniques can enhance the durability of paper-based artifacts, situations may arise where additional interventions become necessary. The adaptability of microorganisms poses a significant challenge in this regard, as different species may respond differently to environmental conditions and available nutrients. To mitigate the risk of biodeterioration, it is imperative to not only maintain optimal environmental conditions within archives and libraries but also to regularly monitor the microbial content in the air. Recent research has increasingly focused on exploring the efficacy of nanomaterials in inhibiting or restricting microbial growth, particularly those capable of penetrating deeply while preserving the integrity of the original materials. The suitability of such nanomaterials for conservation purposes is evaluated based on their impact on both microorganisms and the substrate. In a recent study conducted within the Konya Regional Directorate of Manuscripts, microbial air samples were collected from four manuscript repositories situated across four different floors using the PCE-AS1 Microbial Air Sampler. The collected data repositories the determination of microbial pollution levels in terms of microorganisms per cubic meter, with identification of pollutant microorganisms achieved through biochemical analyses. Furthermore, for the preservation of archival collections, a novel formulation of Thyme essential oil nano-emulsion enriched with titanium dioxide nanoparticles (TiO₂ NPs) was developed in the laboratory of Gazi University Life Sciences Application and Research Center. The effectiveness of this formulation in conservation science was assessed by examining its impact on both microorganisms and paper substrates, thereby contributing to the advancement of preservation techniques in cultural heritage management.

Science Code : 119302

Key Words : Conservation of paper, Biodeterioration, Nanoemulsion, Nanoparticle

Page Number : 130

1st Supervisor : Prof. Dr. Ali Akın AKYOL

2nd Supervisor : Prof. Dr. Hikmet KATIRCIOĞLU

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TABLoların LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
RESİMLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. ARŞİV VE KÜTÜPHANELERDE GÖRÜLEN BİYODETERASYON.....	7
2.1. Kağıt Yapısı ve Tarihi.....	7
2.2. Kağıdın Kimyasal Bozulma Mekanizmaları.....	8
2.3. Kağıtta Biyodeterasyon ve Biyodegradasyon: Tanımlar ve Farklılıklar ...	9
2.4. Antik Çağdan Günümüze Arşivleri Mikroorganizmalardan Korumanın Tarihi	23
2.5. Arşiv ve Kütüphaneleri Mikroorganizmalardan Koruma Yöntemleri.....	26
2.6. Nanoteknoloji ile Koruma Uygulamaları	29
3. MATERYAL VE METOD	37
3.1. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü.....	37
3.2. Microbial Air Sampler ile Biyoaerosol İzolasyonu	38
3.3. Biyoaerosol Saflaştırılması ve Morfolojik Tayini	41
3.4. Nanoteknoloji ile Koruma Yöntemi	45
3.4.1. Nanopartikül Sentezi	45
3.4.2. Nanoemülsiyon Sentezi.....	47
3.5. Nanomateryal Karakterizasyonu.....	48

3.5.1.	Geçirimli Elektron Mikroskobu (Transmission Electron Microscope - TEM) Analizi	48
3.5.2.	X-Işını Difraktometresi (XRD) Analizi	48
3.6.	Biyosidal Ürünlerin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması	49
3.6.1.	Kirby-Bauer Metodu	49
3.7.	Biyosidallerin Kağıt Üzerine Etkilerinin Araştırılması	51
3.7.1.	Yapay Yaşlandırma	51
3.7.2.	Renk Spektrofotometresi	52
3.7.3.	Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope-SEM) ve Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS) Analizi	53
4.	BULGULAR	57
4.1.	Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü Biyoaerosol İzolasyon Sonucu	57
4.2.	Biyoaerosol Saflaştırılması ve Morfolojik Tayin Sonuçları	58
4.3.	Nanomateriyal Karakterizasyon Sonuçları	69
4.4.	Biyosidal Ürünlerin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi	72
4.4.1.	Kirby-Bauer Analizi Sonuçları	72
4.5.	Biyosidal Ürünlerin Kağıt Üzerindeki Etkileri Değerlendirilmesi	74
4.5.1.	Renk Spektrofotometresi Sonucu	74
4.5.2.	SEM-EDS Sonuçları	75
5.	TARTIŞMA	81
6.	SONUÇ	91
7.	KAYNAKÇA	95
	ÖZGEÇMİŞ	105
	EKLER	107

TABLULARIN LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1. Literatüre göre arşiv ve kütüphanelerde gözlemlenen bazı mikroorganizmalar	21
Tablo 3.1. Endüstriyel olmayan tesisler için sıhhi standartlara göre hava kalitesinin değerlendirilmesi (Commission of the European Communities, 1993) ...	41
Tablo 3.2. Kirby-Bauer Metodu test düzeneği deneme grupları	51
Tablo 4.1. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü çevresel termo-higrometrik değerleri	57
Tablo 4.2. Endüstriyel olmayan tesisler için sıhhi standartlara göre Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nün belirlenen alanlarında hava kalitesinin değerlendirilmesi.....	57
Tablo 4.3. Kirby-Bauer Testi ile biyosidal ürünlerin mikroorganizmalar üzerindeki etki değerlendirmesi	73
Tablo 4.4. CIE L*a*b* Renk Spektrofotometresi sonucu.....	74
Tablo 4.5. TiO ₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE uygulanmış Whatman No:1 kağıdı lif yapılarının SEM analizi	78

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. β -1,4-glikosidik bağlarla oluşan selüloz zinciri (Heinze, 2016, s. 6).....	7
Şekil 2.2. Fungus ve bakteri kaynaklı kağıtta görülen biyodeterasyon mekanizmasının şematik görüntüsü	10
Şekil 2.3. Sol-Jel yöntemi ile elde edilen TiO ₂ NPs'in şematik olarak gösterilişi. .	32
Şekil 2.4. TiO ₂ anatase, rutile ve brookite'in kristal yapıları (Eidsvåg vd., 2021, s. 2)	32
Şekil 2.5. TiO ₂ NPs'in etki mekanizmasının şematik versiyonu (Venkateshaiah vd., 2022, s. 196)	34
Şekil 3.1. Microbial air sampler PCE-AS1 cihazının şematik gösterimi	38
Şekil 3.2. Yazma eser depolarındaki örneklem istasyonları	39
Şekil 3.3. Sürme ekim yöntemi ile saf koloni eldesi	44
Şekil 3.4. Tek koloni fungus eldesi	45
Şekil 3.5. Kirby-Bauer Metodu'nun Şematik Görüntüsü (Guerrero Correa vd., 2020, s. 1459).....	50
Şekil 3.6. CIE L*a*b* renk uzayının şematik görüntüsü.....	53
Şekil 4.1. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü yazma eser depolarının havasından izole edilen bakterilerin yüzde dağılımı.....	58
Şekil 4.2. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü yazma eser depolarının havasından izole edilen fungusların yüzde dağılımı	59
Şekil 4.3. TiO ₂ NPs'nin anatase formda tetragonal yapısının XRD sonuçları.....	70
Şekil 4.4. EDS analiz sonucu	80

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Yazma eser deposunun açık raf sistemli depolama alanı.....	37
Resim 3.2. Yazma eser deposunun korunmasında kullanılan kalın çelik kapılar ..	38
Resim 3.3. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait yazma eser depolarında belirlenen alanlarda havadan biyoaerosol izolasyonu.....	40
Resim 3.4. TiO ₂ kolloidal süspansiyonu	46
Resim 3.5. TiO ₂ pellet formu.....	47
Resim 4.1. Alternaria sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	60
Resim 4.2. Aspergillus sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	61
Resim 4.3. Chaetomium sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü.....	62
Resim 4.4. Cladosporium sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	63
Resim 4.5. Fusarium sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	64
Resim 4.6. Penicillium sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	65
Resim 4.7. Monilinia sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	66

Resim 4.8. Trichoderma sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	67
Resim 4.9. Ulocladium sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü	68
Resim 4.10. Xerogel formda TiO ₂	69
Resim 4.11. TiO ₂ NPs'nin Geçirimli Elektron Mikroskop (Transmission Electron Microscope (TEM)) görüntüsü	70
Resim 4.12. Thyme EO-NE+TiO ₂ NPs'nin TEM görüntüsü	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar

PDA

YEPD

NA

NB

LB-Agar

LB

CIE

pH

RH

NP_s

mm

nm

kGy

g

L

mL

μL

m²

m³

cfu

w/w

v/v

°C

h

dk

s

rpm

%

+

-

±

~

>

≥

<

≤

Açıklamalar

Potato Dextrose Agar

Yeast Extract Peptone- Dextrose

Nutrient Agar

Nutrient Broth

Luria Broth (Miller's LB Agar)

Luria Broth (Miller's LB Broth)

Commission Internationale de L'Eclairage

Potential of hydrogen

Bağıl nem

Nanopartikül

Milimetre

Nanometre

Kilogray

Gram

Litre

Mililitre

Mikrolitre

Metrekare

Metreküp

Colony Forming Unit

Ağırlıkça yüzde

Hacimce yüzde

Santigrat derece

Saat

Dakika

Saniye

Revolutions Per Minute

Yüzde

Artı

Eksi

Artı-Eksi

Yaklaşık

Büyüktür

Büyük veya eşittir

Küçüktür

Küçük veya eşittir

1. GİRİŞ

Bir materyalin ana bileşenlerinde, organizmaların canlılık aktivitelerinden kaynaklı istenmeyen değişiklikler olarak tanımlanan biyodeterasyon, arşiv ve kütüphanelerde saklanan kitap ve diğer belgelerin korunmasında, üzerinde durulması gereken esas sorunların başında gelmektedir (Szczepanowska, 2023, s. 1).

Anadolu topraklarında tarih boyunca birçok medeniyete ev sahipliği yapmış olan Türkiye Cumhuriyeti geçmişten günümüze de doğal olarak çok sayıda kültür mirasını taşımıştır (Akurgal, 2005, s. 1-405). Bu miras içerisinde arşiv ve kütüphane malzemeleri ise önemli bir yer tutmaktadırlar.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 07 Haziran 2023 tarihinde, 49355 sayısı ile yayınladığı rapora göre Türkiye’de 2022 yılında kütüphane sayısı 1 Milli Kütüphane, 1257 halk kütüphanesi, 625 üniversite kütüphanesi ve 47 bin 654 örgün ve yaygın eğitim kurumu kütüphanesi olmak üzere toplam 49 bin 537 olduğudur (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) , 2023). Kültür ve Turizm Bakanlığının yaptığı açıklamaya göre; Kültür ve Turizm Bakanlığı Kütüphaneler ve Yayımlar Genel Müdürlüğüne bağlı 28 kütüphanede toplam 170.028 cilt yazma eser bulunmaktadır. Kütüphanelerden başka, Milli Kütüphane Başkanlığında 25.000, bakanlığa bağlı müzelerde 30.000, diğer kurum ve şahıslarda bulunan yazma eserlerle beraber Türkiye genelinde 300.000 cildin üzerinde yazma eser olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca bazı ciltlerin birden fazla eseri (risaleyi) ihtiva ettiği düşünülerek sayısının 600.000 civarı olduğu açıklanmıştır (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2024). Bu verilerinde işaret ettiği üzere Türkiye’de korunması gereken çok sayıda arşiv ve kütüphane malzemesi bulunmaktadır.

Türkiye’nin sahip olduğu bu geniş arşiv ve kütüphaneler içerdikleri organik malzemeler nedeniyle biyodeterasyona ne yazık ki çok açıktır. Bu nedenle kağıdı anlamak, bozulma sürecini iyi tahlil etmek ve süreci yavaşlatarak kağıdın ömrünü uzatmak önem arz etmektedir (Strlič vd., 2005, s. 3). Her ne kadar kağıdın dayanıklılığı ve kalıcılığı sabit düşük sıcaklık, sabit düşük bağıl nem, karanlık ve toksik olmayan bir atmosferde saklayarak artırılabilir olsa da pasif konservasyonun yetersiz kaldığı durumlar söz konusu olabilmektedir. Bu durumda biyodeterasyonun zamanında fark edilmesi, nedenlerinin belirlenmesi ve mümkün olan her şekilde ortadan kaldırılması,

kitap, belge ve benzeri materyallerin uzun ömürlü muhafazası açısından büyük önem taşımaktadır (Bankole, 2010, s. 415-417). Bu sebepten ötürü arşiv ve kütüphanelerin düzenli sıcaklık, nem kontrollerinin yanı sıra havada bulunan mikroorganizmaların metreküpteki sayısının da düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir. Böylelikle olası bir enfeksiyon durumunda enfeksiyona neden olan baskın türler ortamdan izole edilerek analizi yapılabilecek ve bina içerisindeki mikroorganizma yoğunluğunun haritası çıkarılabilecektir. Elde edilen veriler ışığında ise ihtiyaca özgü aktif ve/veya pasif konservasyon yöntemine karar verilebilecektir.

Kütüphane ve arşiv materyallerinin biyodeterasyondan korunması için de çeşitli aktif ve/veya pasif konservasyon yöntemleri bulunmaktadır (Sequeira vd., 2012, s. 68-83; Zhang vd., 2023, s. 10-12). Bu yöntemler arasında kontrollü ortam koşulları sağlamak, mekanik ve/veya kimyasal (biyosidal ürünlerle) yöntemlerle mikroorganizma gelişimini engellemek gibi konservasyon uygulamaları yer almaktadır. Kontrollü ortam koşulları, sıcaklık ve nem seviyelerinin düzenli olarak izlenmesini ve ideal seviyelerde tutulmasını işlemleri içermektedir. Biyosidal ürünler ise, mikroorganizmaların gelişimini durdurmak veya yok etmek için kullanılan özel kimyasal maddelerdir. Bu ürünlerin kullanımı, hem mevcut mikrobiyal kontaminasyonu ortadan kaldırmak hem de gelecekte oluşabilecek mikrobiyal tehditleri önlemek açısından önemlidir. Sonuç olarak, kütüphanelerde saklanan kitap ve belgelerin korunması, multidisipliner bir yaklaşım gerektirmektedir. Bu süreçte, konservatörler, mikrobiyologlar ve kimyagerler gibi çeşitli uzmanlık alanlarından profesyonellerin iş birliği içinde çalışması gerekmektedir. Materyallerin korunmasına yönelik geliştirilen stratejiler hem mevcut hasarların onarılmasını hem de gelecekte oluşabilecek zararların önlenmesini hedeflemelidir (Konsa vd., 2004, s. 88-94). Bu bağlamda, kütüphane ve arşiv yöneticilerinin de bilinçli ve proaktif bir yaklaşım¹ sergilemesi, koleksiyonların uzun vadeli korunması açısından kritik bir öneme sahiptir.

Mikroorganizmaların gelişimini durduran ya da sınırlayan konservasyon yöntemlerine yönelik yoğun çalışmalar devam etmektedir. Son dönemde, uygulama yapıldığı alanda orijinal malzemeyi koruyarak derinine nüfuz etme özelliğine sahip olan, nanoteknoloji kapsamı altında üretilen bazı nanomalzemeler üzerindeki araştırmalar

¹Proaktif yaklaşım; bir kişinin veya bir kurumun gelecekteki olayları tahmin edebilme yeteneğini ve bu olaylara önceden hazırlıklı olma eğilimini ifade eder.

yoğunlaştırılmıştır. Bu malzemelerin hem mikroorganizma üzerindeki etkileri hem de orijinal malzeme üzerindeki etkileri araştırılarak konservasyon bilimine uygunluğu tartışılmaktadır.

Tez konusu belirlenirken literatürdeki bu yönelim dikkat çekmiş hem mikroorganizmalar üzerinde etkili hem de kağıt liflerine zarar vermeyen bir nanoyapı oluşturulması hedeflenmiştir.

Bu bağlamda gerçekleştirilen tezin ön çalışmasına arşiv ve kütüphanelerde en sık izole edilen mikroorganizmalar olan *Bacillus cereus* ve *Aspergillus niger* referans suşları² alınmıştır (Karbowska-Berent vd., 2011, s. 1875,1877). Bu mikroorganizmalar üzerinde çeşitli esansiyel yağların (Thyme EO, Tea Tree EO, Pine EO, Cumin Seed EO, Eucalyptus EO, Oregano EO, Rosemary EO, Lavender EO, Daphne EO, Aloe Vera EO ve Peppermint EO) antimikrobiyal etkileri kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır.

Her bir esansiyel yağın antimikrobiyal etkinliği, Kirby-Bauer (disk difüzyon) yöntemi kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar, mikroorganizmaların her bir esansiyel yağa karşı gösterdiği duyarlılığı belirlemek amacıyla ölçülen zon çapları ile değerlendirilmiştir. Deney sonucunda, Thyme EO'nun hem *Bacillus cereus* hem de *Aspergillus niger* üzerindeki belirgin inhibe edici etkisinin olduğu görülmüştür. Bu da kütüphane ve arşiv materyallerinin mikrobiyal kontaminasyonunu kontrol altına almak için potansiyel bir biyosidal ajan olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Konservasyon alanında esansiyel yağların kullanımı geniş yer kaplarken, nanoemülsiyon formunun etkileri üzerine yapılan çalışmaların kısıtlılığı dikkat çeken bir başka unsurdur. Oysaki nanoemülsiyonlar geleneksel emülsiyonlara göre damlacık boyutlarının küçük, stabilitesinin yüksek olması nedeniyle daha avantajlı olduğu düşünülmektedir (Saada vd., 2020, s. 6,7; Tomić vd., 2023, s. 1,2).

Yapılan bir araştırmada Thyme bitkisinden elde edilen esansiyel yağın içinde Timol bulunduğu bildirilmiştir. Doğal bir monoterpen fenol olan timol (2-İzopropil-5-metilfenol) bazı arşiv malzemelerinde sararmalara neden olduğu rapor edilmiştir (Daniels ve Boyd, 1986, s. 156-158). Thyme EO içerisinde yer alan timol bileşeni olası bir sararma sorununa dikkat çekmiştir. Bunu önlemek amacıyla yüksek fotokatalitik

²Referans suşlar doğrudan kültür koleksiyonlarından temin edilen ve en azından cins ve tür düzeyinde tanımlanmış, karakteristik özellikleri ortaya konmuş ve bir katalog numarasına sahip mikroorganizmalardır.

etkiye sahip aynı zamanda içerdği antimikrobiyal özellikleri ile bakteriler, virüsler ve funguslar da dahil olmak üzere tehlikeli patojenlerin dezenfeksiyonu için güçlü bir kapasite sergileyen titanyum dioksit (TiO_2) araştırmaya dahil edilmiştir (Rajan vd., 2022, s. 19-21).

Nanoemülsiyonun avantajları göz önüne alınarak Thyme EO nanoemülsiyon (Thyme EO-NE) forma getirilmiştir. Sol-gel yöntemi kullanılarak ise titanyum dioksit nanopartikülü (TiO_2 NPs) elde edilmiştir. Thyme EO nanoemülsiyon formuna %1-2 oranında TiO_2 NPs eklenerek ve yeni bir formülasyon geliştirilmiştir. Yeni formülasyonun mikroorganizmalar ve kağıt lifleri üzerinde etkileri detaylı bir şekilde araştırılarak mevcut bilgi boşluğunun doldurması amaçlanmıştır. Böylelikle konservasyon biliminde yenilikçi bir yaklaşım sunularak, arşiv ve kütüphane materyallerinin korunmasında kullanılabilecek yeni stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlanması hedeflenmiştir.

Tez çalışması toplamda altı bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde arşiv ve kütüphanelerde sıklıkla karşılaşılan biyodeterasyon sorununa karşı geliştirilmesi hedeflenen nanomalzemeler ve bu nanomalzemelerin teze neden dahil edildiğine yer verilmiştir.

İkinci bölümde genel olarak; malzeme grubu olan kağıt, yapısal ve tarihsel gelişim olarak tanıtılmış; kağıdın kimyasal bozulma mekanizmalarına yer verilmesinin ardından kavramsal olarak biyodeterasyon ve biyodegradasyon arasındaki farklara değinilmiştir. Son olarak antik çağdan günümüze arşiv malzemelerinin mikroorganizmalardan nasıl korunduğu ve tezin ana konusu olan nanoteknoloji ile koruma uygulamaları hakkında genel bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölüm olan materyal ve metot kısmında, Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü tanıtılmış ve havadan örnekleme işleminin nasıl gerçekleştirildiği, elde edilen biyoaerosollerin nasıl saflaştırılıp teşhis edildiği detaylandırılmıştır. Ayrıca, tezin özgünlüğünü oluşturan iki ana biyosidal ürünün üretim ve karakterizasyon analiz yöntemlerine dair bilgiler sunulmuştur. Son olarak, biyosidal ürünlerin mikroorganizmalar ve kağıt üzerindeki etkilerinin araştırılma metotları hakkında bilgi verilmiştir.

Dördüncü kısımda Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nün depolarının mikrobiyolojik kirlilik seviyeleri ve kirliliğe neden olan biyoaerosollerin

tanımlamalarına yer verilmiştir. Ayrıca nanomalzemelerin karakterizasyon sonuçlarına dair detaylı bilgiler sunulmuştur. Beşinci kısımda elde edilen araştırma bulguları dünya literatüründeki yeri tartışılmıştır.

Altıncı kısım olan sonuç kısmında; konservasyon biliminde TiO_2 NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin etkilerinin araştırılması, bu alanda yapılan ilk çalışma olup, nanoteknolojinin korunma amaçlı kullanımını daha ileriye taşıyacağı ifade edilmiştir. Bu bağlamda, araştırma hem teorik hem de pratik açıdan önemli bulgular sunarak, konservasyon alanında yeni uygulamaların geliştirilmesine zemin hazırladığı sonucuna da yer verilerek araştırma tamamlanmıştır.



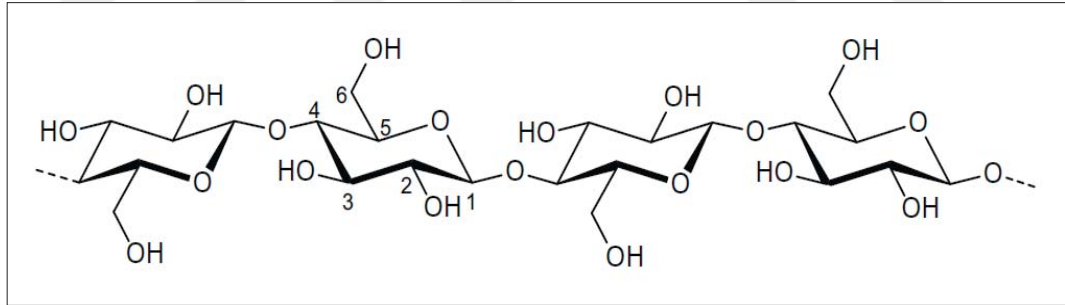


2. ARŞİV VE KÜTÜPHANELERDE GÖRÜLEN BİYODETERASYON

Kütüphanelerde saklanan kitap ve diğer belgeler, çeşitli materyallerden (kağıt, mürekkep, deri, sicim vb.) oluşmaktadır. Bu materyaller, tarihsel süreçler boyunca farklı teknolojik ve kimyasal yöntemlerle üretilmiş ve kullanılmıştır. Tarih boyunca kitap ve belgelerde kağıdın icadına kadar pek çok çeşit yazı malzemesi kullanılmıştır (Hunter, 1974, s. 3-47).

2.1. Kağıt Yapısı ve Tarihi

Kağıt, selülozik fibriler bir malzeme olup D-glukopiranoz monomerlerinden oluşmaktadır. D-glukopiranoz monomerleri β 1, 4-glikozit bağları ile bağlanarak selülozun üç boyutlu polimerler yapısını oluşturmaktadır (Şekil 2.1.). Kağıt; selülozun yanı sıra selüloz kaynağına ve malzemenin kullanım amacına bağlı olarak değişen miktarlarda hemiselüloz, lignin ve diğer katkı maddelerini de (bağlayıcılar, inorganik dolgu maddeleri, boyalar, pigmentler, metal iyonları vb.) içermektedir (Ion vd., 2022, s. 241).



Şekil 2.1. β -1,4-glikosidik bağlarla oluşan selüloz zinciri (Heinze, 2016, s. 6)

Kağıdın üretimine ilk Çin’de başlanmış olup, dönemine göre çok gelişmiş bir teknik beceri içermektedir. Kağıt sayfalarının elde edilmesinde özel kalıplar kullanılmaktaydı. Bu kalıplar, ahşap bir çerçeveye sahip olup, dip kısmında ipekten örülmüş ve süzgeç vazifesini gören bir kısım bulundurmaktaydı. Kağıt sayfalarının elde edilmesi amacıyla, öncelikle bambu kamışı, dut kabuğu ve eskimiş paçavralar gibi işlenmesi oldukça zor bitkisel materyaller, su ve kireç içerisinde yumuşatılıyor ardından sıcak ortamda, havanda dövülmek suretiyle maserasyona tabi tutuluyordu. Maserasyonun ardından elde edilen kağıt hamuru kalıpların sığabileceği tanklara alınıp sulandırılmaktaydı. Daha sonra süzgeçli kalıp bu sulu kısmın içerisine

daldırılmak suretiyle bir kısım lif, süzgecin üzerine alınmaktaydı. Süzgeç, sağa sola, ileriye ve geriye hareket ettirilmek suretiyle, yeter miktarda selüloz liflerinin süzgeç üzerinde kalmasına olanak sağlanmaktaydı. Süzgeçten fazla su süzöldükten sonra süzgeç üzerinde kalan tabaka taşıyıcı bir yüzeye dayandırılarak gün ışığına bırakılmaktaydı. Gün ışığında kurutulan kağıtların yüzeyleri, yumuşak ve düzgün bir satih elde etmek amacıyla, parlak taşlar yardımıyla perdahlanmaktaydı (Ainsworth, 1962, s. 65-71). Bu zahmetli süreç uzun yıllar sırrını korumuş ve kağıt üretimi Çin'in dışına milattan sonra çıkabilmiştir. Kağıdın yolculuğu Çin'den başlayıp doğuya doğru Kore'den Japonyaya; batıya doğru ise Arap Yarımadasından Afrika'ya, Fas-İspanya yolu ile de Avrupa'ya doğru devam etmiştir (Hunter, 1974, s. 60-63).

2.2. Kağıdın Kimyasal Bozulma Mekanizmaları

Küçük ölçekli kağıt üretim merkezleri 14-15 yüzyıla kadar yeterli olurken özellikle 15 yüzyılda J. Gutenberg tarafından (1447 yılında) hareketli tipte matbaanın icadının hemen ardından kağıda olan ihtiyaç artmıştır (Schweidler, 2006 s. 41-45; Küçükcan, 2006, s. 159,160). Zaman geçtikçe, kağıdın kullanım alanına bağılı olarak aranılan özelliklerin arasına yumuşaklık, parlaklık, matlık, geçirgenlik, beyazlık, yanma mukavemeti, su tutma mukavemetinde artış gibi beklentiler de eklenmiştir. Her bir beklenti farklı katkı maddeleri eklenerek karşılanmaya çalışılmıştır. Katkı maddeleri beraberinde avantajlarıyla birlikte dezavantajlarını da getirmiştir. 19. yüzyılın ortalarından 20. yüzyılın ortalarına kadar kağıt yapımının son aşamalarında haşıl maddesi olarak klor, potasyum sülfat, alüminyum sülfat (yaygın adı ile şap) ya da sülfür kullanılmaktaydı (Malešić vd., 2022, s. 6890). Bu işlem 18. yüzyıl sonrasında üretilen kağıtlarda görölen asitliğin ana nedeni olarak kabul edilmektedir (Łojewski vd., 2010, s. 809).

Kağıdın kimyasal olarak bütönlüğünü koruyamamasının temel nedenleri arasında bu asit hidrolizine ek olarak oksidasyon süreci de yer almaktadır. Selüloz polimer yapısının stabilitesi, sadece alkalın veya nötr ($\text{pH} \geq 7$) bir ortamda sağlanırken; asidik ortamda ise hidronyum iyonlarının (H_3O^+) konsantrasyonundaki artış, selülozun polimer yapısındaki β 1,4-glikozit bağlarında hidrolitik kırılmalarına neden olmaktadır. Sonuç olarak polimerizasyon derecesi düşen selüloz zincirlerinde kısaltmalar meydana gelmektedir. Hidroliz yoluyla selülozun depolimerizasyonu kağıdın mekanik

mukavemetinde kayıpla sonuçlanırken, oksidasyon da karboksilik grupların oluşmasını arttırarak kağıdın renginin değişmesine yol açmaktadır. Hidroliz ve oksidasyon işlemleri birbirine bağlıdır ve birbirlerini katalize etmektedirler. Hem oksidasyon hem de asit hidrolizi reaksiyonları esas olarak selülozdaki amorf bölgelerden başlayarak kristalin bölgelere doğru yayılmaktadırlar (Şekil 2.2.). Lignin, havadaki oksijen tarafından oksidasyona selüloza göre çok daha duyarlıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda, ligninin kağıdın dayanıklılığı üzerinde olumsuz etkisi olduğu ve oksidasyona bağlı sararmaların daha çok yüksek lignin içeriğine sahip kağıtlarda gözlemlendiği tespit edilmiştir (Małachowska vd., 2020, s. 4-8).

Tüm bu süreçler dikkate alındığında kağıtta belirgin bir yaşlanma, artan gevreklik ve daha fazla kırılma eğilimi olarak kendini göstermektedir. Kağıdın eskimesine özgü bu parametrelere ek olarak, saklama koşulları da kağıdın dayanıklılık davranışını etkilemektedir. Özellikle ortamda yer alan oksijen oksidasyona yol açarken, uçucu organik bileşikler hamur selülozunun bozulmasını teşvik edebilir ve yüksek nem ise mikroorganizma gelişimini tetikleyebilmektedir (Ion vd., 2022, s. 2250).

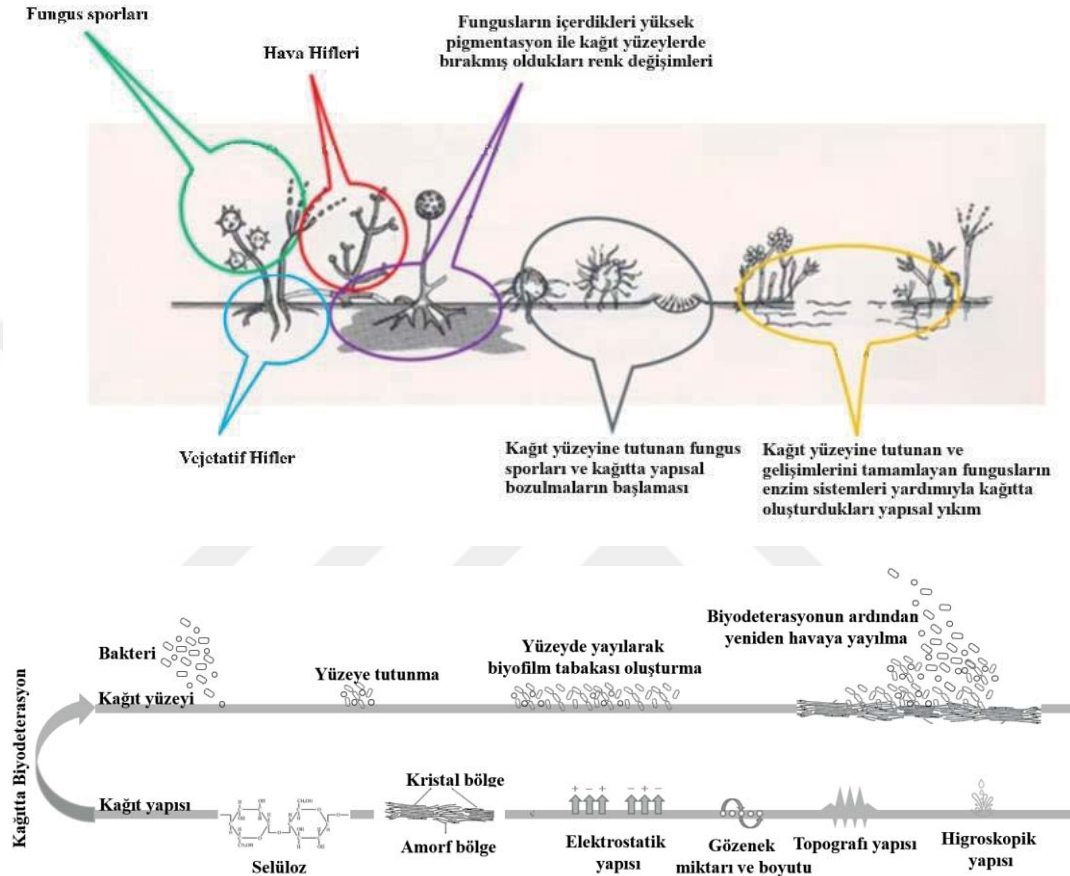
2.3. Kağıtta Biyodeterasyon ve Biyodegradasyon: Tanımlar ve Farklılıklar

Biyodeterasyon (biyobozulma) terimi Hueck tarafından; “Bir materyalin ana bileşenlerinde, organizmaların canlılık aktivitelerinden kaynaklı istenmeyen değişiklikler” olarak tanımlanmıştır (Hueck, 1965, s. 5). Biyodegradasyon (biyobozunma) terimi ise mikroorganizmaların yaşamsal faaliyetlerinin devamlılığı için bir materyali bileşenlerine ayırarak ekosisteme yeniden kazandırması eylemidir. Literatürde bu iki terim sıklıkla birbirleri ile karıştırılabilmektedir.

Kağıtta görülen biyodeterasyon ve biyodegradasyon arasındaki farka kısaca değinmek gerekirse; kağıdın ana bileşenlerinde (selüloz, hemiselüloz, lignin vb.) organizmaların canlılık aktivitelerinden kaynaklı istenmeyen değişiklikler (foxing gibi) biyodeterasyonu (Şekil 2.2.) işaret ederken, kağıdın tamamen ayrışarak yok olması biyodegradasyona uğradığını göstermektedir (Szczeponowska, 2023, s. 4).

Biyodeterasyona neden olan en yaygın mikroorganizmalar bakteriler ve funguslardır (Tablo 2.1.). Bu mikroorganizmalar, sporlu yapıları sayesinde ortamda uzun süre boyunca yaşamsal faaliyetlerini kaybetmeden varlıklarını sürdürebilmektedirler.

Bakteriler ve funguslar, çevresel koşulların elverişli olmadığı durumlarda spor formuna geçerek olumsuz koşullara direnç göstermektedirler. Bu direnç, mikroorganizmaların yüksek sıcaklık, kuraklık, UV ışınları ve kimyasal maddeler gibi zararlı etkenlere karşı korunmasını sağlamaktadır (Micheluz vd., 2015, s. 1,2).



Şekil 2.2. Fungus³ ve bakteri⁴ kaynaklı kağıtta görülen biyodeterasyon mekanizmasının şematik görüntüsü

Bakteriler, özellikle gram-pozitif türler, spor oluşturarak biyodeterasyon sürecine katkıda bulunmaktadır. Bu sporlar, çok düşük su aktivitesine sahip ortamlarda dahi uzun süre canlı kalabilir ve uygun koşullar tekrar sağlandığında aktif hale gelerek biyodeterasyonu başlatabilmektedirler. Bakterilerin metabolik faaliyetleri, kağıt materyalinin selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi ana bileşenlerinde bozunmalara yol

³Szczepanowska, (2023) "Biodeterioration of cultural heritage dynamic interfaces between fungi, fungal pigments and paper" adlı kitabında yayınladığı görselin Aybuke Sultan KOCA tarafından revizyonudur.

⁴Määttänen vd., (2014) "Printed paper-based arrays as substrates for biofilm formation" makalesindeki betimlemeden yola çıkılarak Aybuke Sultan KOCA tarafından şematize edilmiştir.

açmaktadır. Örneğin, bazı bakteriyel enzimler selüloz zincirlerini parçalayarak kağıdın mekanik mukavemetini zayıflatmaktadırlar (Szczepanowska, 2023, s. 16).

Funguslar da kağıt materyalinde biyodeterasyona neden olan önemli mikroorganizmalardır. Özellikle *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. ve *Cladosporium* sp. gibi cinsler, kağıtta yaygın olarak bulunur ve biyodeterasyon süreçlerine katılırlar (Pinheiro vd., 2019, s. 3). Funguslar, sporları aracılığıyla yayılarak ve uygun nem ve sıcaklık koşullarında hızla kolonize olup biyodeterasyonu hızlandırmaktadırlar. Fungusların ürettiği enzimler, selüloz ve lignin gibi kompleks organik bileşenleri parçalayarak kağıdın kimyasal yapısını bozmaktadır. Ayrıca, funguslar tarafından üretilen organik asitler ve pigmentler, kağıdın renk değişimine ve fiziksel bütünlüğünün bozulmasına yol açmaktadır (Arai, 2000, s. 181).

Mikroorganizmaların sporlu yapılarının biyodeterasyon süreçlerindeki rolü, koruma ve restorasyon stratejilerinin belirlenmesinde kritik öneme sahiptir. Sporların çevresel koşullara karşı dayanıklılığı, biyodeterasyonu önlemeye yönelik tedbirlerin geliştirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, kütüphaneler ve arşivlerde saklanan kağıt materyallerin korunması için ortam koşullarının sıkı bir şekilde kontrol edilmesi gerekmektedir. Nem ve sıcaklık kontrolü, hava filtrasyonu ve düzenli temizlik, mikroorganizmaların sporlarının aktif hale gelmesini ve biyodeterasyon süreçlerinin başlamasını engellemek için ulusal ve uluslararası alınan tedbirler arasındadır (Micheluz, vd., 2018, s. 30; Lugauskas ve Krikštaponis, 2004, s.170,171).

Sonuç olarak, bakteriler ve funguslar, sporlu yapıları sayesinde kağıt materyalinde biyodeterasyona neden olan en yaygın mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmaların biyodeterasyon süreçlerindeki etkileri, kağıt materyallerin korunması ve uzun ömürlü olmaları açısından dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Bu nedenle, kağıt materyallerin biyodeterasyona karşı korunması için karşı karşıya kalınan mikroorganizmaların teşhis ve tanımlamalarının iyi yapılması, mevcut yoğunluklarının sıkı takibi gerekmektedir.

Cins tür	Kaynaklar
<i>Aeromonas hydrophila</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Acinetobacter sp</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Michaelsen vd., 2010)
<i>Acremonium sp.</i> <i>Acremonium strictum</i>	(Maggi vd., 2000) (Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Alternaria alternata</i> <i>Alternaria infectoria</i> <i>Alternaria longipes</i> <i>Alternaria solani</i> <i>Alternaria tenuis</i>	(Bankole, 2010) (Cappitelli vd., 2010) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Ruga vd., 2008) (Mesquita vd., 2009) (Principi vd., 2011) (Maggi vd., 2000) (Borrego vd., 2012) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo, vd., 2019) (Karbowska-Berent vd., 2011) (Micheluz vd., 2018)
<i>Antrodia serialis</i> <i>Antrodia sinuosa</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Apiospora arundinis</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Arthrinium arundinis</i> <i>Arthrinium phaeospermum</i> <i>Arthrinium urticae</i>	(Montemartini Cortea vd., 2003) (Maggi vd., 2000) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Micheluz vd., 2018)
<i>Arthrobacter sp.</i> <i>Arthrobacter agilis</i>	(Karbowska-Berent, vd., 2011) (Pavlović vd., 2023)
<i>Aspergillus brasiliensis</i> <i>Aspergillus candidus</i> <i>Aspergillus carneus</i> <i>Aspergillus creber</i> <i>Aspergillus cristatus</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus fumigatus</i> <i>Aspergillus glaucus</i> <i>Aspergillus hollandicus</i> <i>Aspergillus insuetus</i> <i>Aspergillus japonicus</i> <i>Aspergillus melleus</i> <i>Aspergillus nidulans</i> <i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus ochraceus</i> <i>Aspergillus oryzae</i> <i>Aspergillus penicilloides,</i> <i>Aspergillus protuberus</i> <i>Aspergillus pullulans</i> <i>Aspergillus repens</i> <i>Aspergillus sclerotiorum</i>	(Rakotonirainy vd.,2003) (Montemartini Cortea vd.,2003) (Ruga vd., 2008) (Zotti vd.,2008) (Mesquita vd.,2009) (Michaelsen vd.,2009) (Bankole, 2010) (Principi vd., 2011) (Cappitelli vd.,2010) (Maggi vd.,2000) (Borrego vd.,2012) (Falkiewicz-Dulik vd.,2015) (Melo vd.,2019) (Karbowska-Berent vd.,2011) (Michaelsen vd.,2010) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Micheluz vd., 2018)

<i>Aspergillus sydowi</i> <i>Aspergillus tabacinus</i> <i>Aspergillus tamarii</i> <i>Aspergillus terreus</i> <i>Aspergillus repens</i> <i>Aspergillus ruber</i> <i>Aspergillus ustus</i> <i>Aspergillus vitricola</i> <i>Aspergillus versicolor</i>	
<i>Athelia bombacina</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Aureobasidium pullulans</i> <i>Aureobasidium</i> sp.	(Ruga vd., 2008) (Zotti vd., 2008) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo vd., 2019) (Michaelsen vd., 2010)
<i>Aureobacterium</i> sp.	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Aerosphaera taetra</i>	(Principi vd., 2011)
<i>Bacillus anthracis</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus circulans</i> <i>Bacillus licheniformis</i> <i>Bacillus mesentericus</i> <i>Bacillus polymyxa</i> <i>Bacillus pumilus</i> <i>Bacillus stearothermophilus</i> <i>Bacillus sphaericus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus thuringiensis</i>	(Bankole, 2010) (Borrego vd., 2012 (a)) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Karbowska-Berent vd., 2011) (Pavlović vd., 2023) (Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Bacteroides</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Bjerkandera adusta</i> <i>Bjerkandera</i> sp.	(Pavlović vd., 2023) (Micheluz vd., 2018)
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Botryotinia fuckeliana</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Botryotricum pihdiferum</i>	(Michaelsen vd., 2009)
<i>Botryosphaeria stevensii</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Botrytis</i> sp. <i>Botrytis cinera</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Mesquita vd., 2009) (Maggi vd., 2000) (Micheluz vd., 2018) (Pavlović vd., 2023) (Ruga vd., 2008)
<i>Brevibacterium</i> sp.	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Brevundimonas</i> sp.	(Principi vd., 2011)
<i>Byssochlamys fulva</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Bulleromyces albus</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Candida</i> sp.	(Principi vd., 2011)
<i>Cellfalcicula</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)

<i>Cellulomonas</i> sp.	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Cellvibrio</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Cephalosporium</i> sp. <i>Cephalosporium acremonium</i> <i>Cephalosporium charticola</i>	(Cappitelli vd., 2010) (Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Chaetomium chartarum</i> <i>Chaetomium elatum</i> <i>Chaetomium globosum</i> <i>Chaetomium kurssanovianum</i> <i>Chaetomium murorum</i> <i>Chaetomium ochraceum</i> <i>Chaetomium thermophile</i>	(Rakotonirainy vd., 2003) (Montemartini Cortea vd., 2003) (Mesquita vd., 2009) (Bankole, 2010) (Maggi vd., 2000) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo vd., 2019)
<i>Chromelosporium carneum</i>	(Bankole, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Mesquita vd., 2009)
<i>Chryseobacterium</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Cladosporium allicinum</i> <i>Cladosporium bruhnei</i> <i>Cladosporium cladosporioides</i> <i>Clostridium colinum</i> <i>Cladosporium cucumerinum</i> <i>Cladosporium halotolerans</i> <i>Cladosporium elatum</i> <i>Cladosporium elegantulum</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Cladosporium langeronii</i> <i>Cladosporium macrocarpum</i> <i>Cladosporium murorum</i> <i>Cladosporium oxysporum</i> <i>Cladosporium perangustum</i> <i>Cladosporium pseudocladosporioides</i> <i>Cladosporium sphaerospermum</i> <i>Cladosporium subuliforme</i> <i>Cladosporium xylophilum</i>	(Bankole, 2010) (Borrego vd., 2012 (a)) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Karbowska-Berent vd., 2011) (Maggi vd., 2000) (Mesquita vd., 2009) (Michaelsen vd., 2009) (Michaelsen vd., 2010) (Micheluz vd., 2018) (Melo vd., 2019) (Montemartini Cortea vd., 2003) (Pavlović vd., 2023) (Ruga vd., 2008) (Zotti vd., 2008)
<i>Clostridium</i> sp. <i>Clostridium colinum</i>	(Borrego vd., 2012 (a)) (Michaelsen vd., 2010) (Micheluz vd., 2018)
<i>Coprinus</i> sp.	(Mesquita vd., 2009) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Cordiceps</i> sp.	(Principi vd., 2011)
<i>Cordyceps bassiana</i>	(Principi vd., 2011)
<i>Corioloropsis trogii</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Corynebacterium propinquum</i> <i>Corynebacterium</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Cryptococcus</i> sp.	(Karbowska-Berent vd., 2011) (Micheluz vd., 2018)

<i>Cryptococcus carnescens</i> <i>Cryptococcus diffluens</i>	
<i>Cunninghamella elegans</i>	(Montemartini Cortea vd., 2003) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Curvularia</i> sp. <i>Curvularia lunata</i> <i>Curvularia pallescens</i>	(Bankole, 2010) (Borrego vd., 2012 (a)) (Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Debaryomyces hansenii</i>	(Michaelsen vd., 2009) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Micheluz vd., 2018)
<i>Delftia acidovorans</i>	(Principi vd., 2011)
<i>Desulfovibrio</i> sp.	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Devriesia</i> sp. <i>Devriesia strelitziae</i>	(Principi vd., 2011)
<i>Diaporthe phaseolorum</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Dictyostelium discoideum</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Didymella graminicola</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Doratomyces stemonitis</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo vd., 2019) (Zotti vd., 2008)
<i>Drechslera</i> sp.	(Bankole, 2010)
<i>Dyadobacter</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Eladia sacculum</i> ,	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Emericella nidulans</i>	(Maggi vd., 2000) (Micheluz vd., 2018)
<i>Emericellopsis minima</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Enterobacter cloacae</i> <i>Enterobacter ludwigii</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Engyodontium album</i>	(Principi vd., 2011) (Melo vd., 2019) (Micheluz vd., 2018)
<i>Epicoccum layuense</i> <i>Epicoccum nigrum</i> <i>Epicoccum purpurascens</i>	(Bankole, 2010) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Mesquita vd., 2009) (Michaelsen vd., 2009) (Micheluz vd., 2018) (Pavlović vd., 2022)
<i>Eurotium amstelodami</i> <i>Eurotium chevalieri</i> <i>Eurotium halophilicum</i> <i>Eurotium herbariorum</i> <i>Eurotium pseudoglaucum</i> <i>Eurotium repens</i> <i>Eurotium rubrum</i>	(Cappitelli vd., 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Michaelsen vd., 2010) (Micheluz vd., 2018) (Melo vd., 2019) (Montemartini Cortea vd., 2003) (Principi vd., 2011) (Rakotonirainy vd., 2003)

<i>Flavobacterium pectinovorum</i>	(Bankole, 2010) (Pavlović vd., 2023)
<i>Funalia trogii</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Fusarium equiseti</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium redolens</i> <i>Fusarium roseum</i> <i>Fusarium</i> sp. <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium tricinctum</i>	(Bankole, 2010) (Borrego vd., 2012 (a)) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Melo vd., 2019) (Micheluz vd., 2018) (Pavlović vd., 2023)
<i>Fusicladium</i> sp.	(Montemartini Cortea vd., 2003)
<i>Ganoderma</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Geotrichum candidum</i>	(Bankole, 2010) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Karbowska-Berent vd., 2011) (Ruga vd., 2008)
<i>Geomyces pannorum</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo vd., 2019) (Zotti vd., 2008)
<i>Geosmithia putterilli</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo vd., 2019) (Zotti vd., 2008)
<i>Gliocladium roseum</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Gloeophyllum sepiarium</i> <i>Gloeophyllum trabeum</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Gloeotinia temulenta</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Gnomoniopsis idaeicola</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Gordonia sputi</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Heterocephalum auranticum</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Hexagonia nitida</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Humicola</i> sp. <i>Humicola grisea</i>	(Bankole, 2010) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Ruga vd., 2008)
<i>Hymenobacter</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Hypocrea lixii</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Isaria farinosa</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Kocuria varians</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Lecanicillium dimorphum</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Leptosphaeria</i> sp. <i>Leptosphaeria microscopica</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Liposcelis bostrychophila</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Listeria</i> sp.	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Memnoniella</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Meruliopsis corium</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Microbacterium</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Karbowska-Berent vd., 2011)

<i>Micrococcus luteus</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Micrococcus roseus</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Micrococcus</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Microsporum</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Monosporium silvaticum</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Moraxella osloensis</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Mucor</i> sp.	(Bankole, 2010)
<i>Mucor fragilis</i>	(Cappitelli vd., 2010)
<i>Mucor plumbeus</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Mucor pusillus</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Mucor racemosus</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Mucor spinosus</i>	(Micheluz vd., 2018)
	(Pavlović vd., 2023)
<i>Myrothecium verrucaria</i> ,	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Myxotrichum chartarum</i>	
<i>Myxotricum deflexum</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Neosartorya fischeri</i>	(Rakotonirainy vd., 2003)
<i>Neurospora</i> sp.	(Bankole, 2010)
<i>Neurospora crassa</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
	(Melo vd., 2019)
<i>Nocardia</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Oerskovia xanthineolytica</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Oidiodendron citrinum</i>	
<i>Oidiodendron flavum</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Oidiodendron majus</i>	(Montemartini Cortea vd., 2003)
<i>Oidiodendron rhodogenum</i>	
<i>Ophiostoma</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Ossicaulis lignatilis</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Paecilomyces farinosus</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Paecilomyces variotii</i>	(Maggi vd., 2000)
	(Melo vd., 2019)
	(Micheluz vd., 2018)
	(Zotti vd., 2008)
<i>Pantoea ananatis</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Paracoccus</i> sp.	
<i>Paracoccus yeei</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Paraphaeosphaeria</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Pedobacter borealis</i>	
<i>Pedobacter quisquiliarum</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Penicillium adametzioides</i>	(Bankole, 2010)
<i>Penicillium angulare</i>	(Borrego vd., 2012 (a))
<i>Penicillium atrovenetum</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Penicillium aurantiogriseum</i>	

<i>Penicillium bialowiezense</i>	
<i>Penicillium brevicompactum</i>	
<i>Penicillium canescens</i>	
<i>Penicillium caseifulvum</i>	
<i>Penicillium chermesinum</i>	
<i>Penicillium chrysogenum</i>	
<i>Penicillium citreonigrum</i>	
<i>Penicillium citrinum</i>	
<i>Penicillium commune</i>	
<i>Penicillium coprophylum</i>	
<i>Penicillium copticola</i>	
<i>Penicillium coralligerum</i>	
<i>Penicillium corylophilum</i>	
<i>Penicillium crustosum</i>	
<i>Penicillium decumbens</i>	
<i>Penicillium dierckxii</i>	
<i>Penicillium digitatum</i>	
<i>Penicillium diversum</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Penicillium expansum</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Penicillium frequentans</i>	(Maggi vd., 2000)
<i>Penicillium funiculosum</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Penicillium glabrum</i>	(Mesquita vd., 2009)
<i>Penicillium griseofulvum</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Penicillium griseoroseum</i>	(Michaelsen vd., 2009)
<i>Penicillium helicum</i>	(Michaelsen vd., 2010)
<i>Penicillium islandicum</i>	(Montemartini Cortea vd., 2003)
<i>Penicillium italicum</i>	(Principi vd., 2011)
<i>Penicillium lividum</i>	(Rakotonirainy vd., 2003)
<i>Penicillium miczynskii</i>	(Ruga vd., 2008)
<i>Penicillium minioluteum</i>	(Zotti vd., 2008)
<i>Penicillium notatum</i>	
<i>Penicillium olsonii</i>	
<i>Penicillium oxalicum</i>	
<i>Penicillium palitans</i>	
<i>Penicillium pancosmium</i>	
<i>Penicillium pinophilum</i>	
<i>Penicillium puberulum</i>	
<i>Penicillium purpurogenum</i>	
<i>Penicillium raistrickii</i>	
<i>Penicillium restrictum</i>	
<i>Penicillium roqueforti</i>	
<i>Penicillium roseo-purpureum</i>	
<i>Penicillium rubrum</i>	
<i>Penicillium rugulosum</i>	
<i>Penicillium simplicissimum</i>	
<i>Penicillium spinulosum</i>	
<i>Penicillium steckii</i>	
<i>Penicillium stoloniferum</i>	

<i>Penicillium terrigenum</i> <i>Penicillium thomi</i> <i>Penicillium turbatum</i> <i>Penicillium tardum</i> <i>Penicillium variabile</i> <i>Penicillium varioti</i> <i>Penicillium viridicatum</i> <i>Penicillium waksmanii</i>	
<i>Peniophora</i> sp. <i>Peniophora tamaricicola</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Periconia cookei</i>	(Maggi vd., 2000)
<i>Pestalotia oxyanthi</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Peziza ostracoderma</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Montemartini Cortea vd., 2003)
<i>Phaeosphaeria herpotrichoides</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Pithomyces</i> sp. <i>Pithomyces chartarum</i>	(Maggi vd., 2000) (Pavlović vd., 2023)
<i>Phlebia subserialis</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Mesquita vd., 2009)
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	(Bankole, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Mesquita vd., 2009)
<i>Phoma betae</i> <i>Phoma herbarum</i> <i>Phoma negriana</i> <i>Phoma pigmentivora</i> <i>Phoma pomorum</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo vd., 2019) (Micheluz vd., 2018) (Montemartini Cortea vd., 2003)
<i>Pleospora herbarum</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Polysporales</i> sp.	(Micheluz vd., 2018)
<i>Polyporus brumalis</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Proteus vulgaris</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> <i>Pseudomonas putida</i> <i>Pseudomonas luteola</i> <i>Pseudomonas stutzeri</i>	(Bankole, 2010) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Pavlović vd., 2023) (Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Pseudotaeniolina globosa</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Purpureocillium lilacinum</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Psychrobacter</i> sp. <i>Psychrobacter faecalis</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Ralstonia</i> sp.	(Principi vd., 2011)
<i>Ramichoridium apiculatum</i>	(Melo vd., 2019) (Principi vd., 2011)
<i>Rhizopus oligosporus</i> <i>Rhizopus oryzae</i> <i>Rhizopus nigricans</i> <i>Rhizopus stolonifer</i>	(Bankole, 2010) (Cappitelli vd., 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Michaelsen vd., 2009)
<i>Rhodococcus</i> sp.	(Kumar vd., 2022)

<i>Rhodotorula aurantiaca</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	(Michaelsen vd., 2010)
<i>Rhodotorula rubra</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Rhodotorula</i> sp.	
<i>Robillarda sessilis</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Roussoella euonymi</i>	(Pavlović vd., 2023)
<i>Saccharicola bicolor</i>	(Melo vd., 2019)
<i>Sarcina</i> sp.	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Serratia</i> sp.	(Borrego vd., 2012 (a))
<i>Serratia marcescens</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Schizophyllum commune</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Scopulariopsis</i> sp.	(Borrego vd., 2012 (a))
<i>Scopulariopsis acremonium</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
	(Ruga vd., 2008)
<i>Skeletocutis</i> sp.	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Sporidiobolus pararoseus</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Sphingomonas</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Sporosarcina</i> sp.	(Michaelsen vd., 2010)
<i>Sporotrichum pulverulentum</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Stachybotrys atra</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Stachybotrys chartarum</i>	(Melo vd., 2019)
	(Micheluz vd., 2018)
<i>Staphylococcus aureus</i>	
<i>Staphylococcus capitis</i>	
<i>Staphylococcus caprae</i>	
<i>Staphylococcus cohnii</i>	
<i>Staphylococcus chromogenes</i>	(Bankole, 2010)
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	(Borrego vd., 2012 (a))
<i>Staphylococcus haemolyticus</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Staphylococcus hominis</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Staphylococcus lentus</i>	
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	
<i>Staphylococcus sciuri</i>	
<i>Staphylococcus simulans</i>	
<i>Staphylococcus warneri</i>	
<i>Stemphylium botryosum</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Stemphylium piriforme</i>	(Ruga vd., 2008)
<i>Stemphylium vesicarium</i>	
<i>Stereum gausapatum</i>	(Micheluz vd., 2018)
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
	(Michaelsen vd., 2010)
<i>Stilbospora chartarum</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015)
<i>Streptococcus</i> sp.	(Bankole, 2010)
<i>Streptococcus pyogenes</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Streptomyces</i> sp.	(Borrego vd., 2012 (a))

	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Sulfobacillus disulfidooxidans</i>	(Michaelsen vd., 2010)
<i>Syncephalastrum</i> sp.	(Bankole, 2010) (Borrego vd., 2012 (a))
<i>Talaromyces helicus</i>	(Borrego vd., 2012 (a))
<i>Taeniolella</i> sp.	(Melo vd., 2019)
<i>Thanatephorus cucumeris</i>	(Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Mesquita vd., 2009)
<i>Thielavia</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Torula herbarum</i>	(Maggi vd., 2000)
<i>Toxicocladosporium irritans</i>	(Bankole, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Mesquita vd., 2009)
<i>Trichoderma aureoviride</i> <i>Trichoderma citrinoviride</i> <i>Trichoderma hamatum</i> <i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma koningii</i>	(Cappitelli vd., 2010) (Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Karbowska-Berent vd., 2011) (Maggi vd., 2000)
<i>Trichoderma lignorum</i> <i>Trichoderma pseudokoningii</i> <i>Trichoderma viride</i>	(Melo vd., 2019) (Montemartini Cortea vd., 2003) (Zotti vd., 2008)
<i>Trichothecium laxicephalum</i> <i>Trichothecium roseum</i>	(Karbowska-Berent vd., 2011)
<i>Trichophyton</i> sp.	(Ruga vd., 2008)
<i>Ulocladium botrytis</i> <i>Ulocladium chartarum</i> <i>Ulocladium consortiale</i> <i>Ulocladium cucurbitae</i> <i>Ulocladium</i> sp. <i>Ulocladium tuberculatum</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010) (Falkiewicz-Dulik vd., 2015) (Melo vd., 2019) (Micheluz vd., 2018) (Montemartini Cortea vd., 2003) (Rakotonirainy vd., 2003)
<i>Variovorax</i> sp.	(Pavlović vd., 2023)
<i>Verticillium nigrescens</i>	(Cappitelli ve Sorlini, 2010)
<i>Wallemia sebi</i>	(Michaelsen vd., 2010)
<i>Yarrowia</i> sp.	(Principi vd., 2011)

Tablo 2.1. Literatüre göre arşiv ve kütüphanelerde gözlemlenen bazı mikroorganizmalar

Yapılan araştırma sınırlı olsa da elde edilen sonuçların detaylarına bakıldığında mikroorganizmaların varlığı ve çeşitliliği küçümsenmeyecek boyuttadır. Araştırmaların bir kısmı mikroorganizmaların teşhisinin yanı sıra kağıtta bıraktığı renk pigmentasyonlarını da içermiştir (Pavlović vd., 2023, s. 7). Özellikle funguslar kendilerini kağıt yüzeyinde genellikle renkli noktalar (foxing), toza benzeyen parçacıklar veya yüzeyde pamuklanma şeklinde göstermektedirler (Melo vd., 2019, s. 162; Szczepanowska ve Moomaw, 1994, s. 25; Pavlović vd., 2022, s. 1). Foxing olarak

adlandırılan küçük kahverengi, sarımsı veya kırmızımsı-kahverengi lekeler; kitaplarda, belgelerde, grafik sanatları ve benzeri nesnelerde yaygın olarak görülen kağıt hasarının bir türüdür (Arai, 2000, s. 181; Pearce-Moses, 2005, s. 177). Foxing oluşumu ile ilgili biyotik ve abiyotik olmak üzere iki teori mevcuttur (Sclocchi vd., 2017, s. 2). Biyotik teoride foxing'e mikroorganizmaların neden olduğu, abiyotik teoride ise oksitleyici ve/veya ağır metal birikintileri gibi kimyasal olayların neden olduğu düşünülmektedir (Montemartini Cortea vd., 2003, s. 167; Florian, 1996, s. 65,66; Karbowska-Berent vd., 2014, s. 159,160; Arai, 2000, s. 183-188).

Biyotik nedenlerle meydana gelen foxing, eserde sadece estetik açıdan rahatsız edici bir görüntü olmakla kalmamaktadır. Aynı zamanda, hızlı bir şekilde tespit edilemeyen bu mikroorganizmalar biyodeterasyon olarak başlattıkları bu süreci biyodegradasyona kadar ilerletebilmektedirler (Lugauskas ve Krikštaponis, 2004, s. 180-181; Pérez vd., 2002, s. 55-57).

Bir başka araştırmada dezenfeksiyonun ardından eserlerde yeniden kontaminasyon (mikrobiyal kirlenme) tespit edilmiş ve buna neden olan mikroorganizma türleri araştırılmıştır (Micheluz vd., 2018, s. 30). Bu da uygulamanın ardından belirli aralıklarla kontrollerin yeniden sağlanması gerektiğinin açık bir göstergesidir. Çünkü mikroorganizmalar ekstrem koşullara hızla adapte olarak hayatta kalma performansları çok kuvvetli canlılardır.

Benzer şekilde Gallo, 1993 yılında yaptığı bir araştırmada biyodeterasyona neden olan uzun bir mikroorganizma listesi yayınlamıştır (Gallo, 1993, s. 118-124). Bu araştırmasını değerlendirirken İtalya'nın coğrafi morfolojisini ve kütüphanelerinin konumunu dikkate almıştır. Tıpkı İtalya'da olduğu gibi ülkemizde de denize yakın yerlerde, rakım olarak yüksek ya da alçak alanlarda, en batıda ve doğuda, sanayileşmiş ya da halen tarımsal üretim yapan küçük şehirlerde çeşitli ölçeklerde yer alan kütüphaneler bulunmaktadır. Tüm bu değişkenlerin arşiv materyalleri üzerinde farklı etkileri yine aynı araştırma içerisinde değerlendirilmiştir (Gallo, 1993, s. 117,118).

Uygun koşullar altında, bu mikroorganizmalar arşiv malzemelerini biyodeterasyona uğrattırken aynı zamanda çalışan ya da okurların da sağlığını etkilemektedir (Apetrei vd., 2009, s. 160; Lugauskas ve Krikštaponis, 2004, s. 171). Bu nedenle kütüphane ve arşivlerde rutin kontroller içerisine biyoaerosol (mikroorganizma) yoğunluklarının tespiti de günlük nem ve sıcaklık ölçümü kadar önemlidir (Micheluz vd., 2018;

Lugauskas ve Krikštaponis, 2004, s. 170). Tespitte kullanılabilecek aktif ve pasif hava örnekleme olmak üzere iki yöntem mevcuttur (De Nuntiis vd., 2003, s.122-131; Cappitelli vd., 2009, s. 111; Pasquarella vd., 2012, s. 210,211; Borrego vd., 2012 (a), s. 2).

Pasif hava örnekleme (çöktürme-sedimentasyon) yöntemi katı besiyeri içeren petri kaplarının örnekleme yapılacak ortamda belirli bir süre açık bırakılması esasına dayanmaktadır. Aktif örneklemede ise hava örnekleme (microbial air sampler) cihazlar kullanılarak örnekleme için farklı tekniklerle (impaction, impinger, filtrasyon, santrifüj ve termal presipitasyon) belirli bir miktar ortam havasını toplayıp, besiyeri üzerine püskürtme prensibine dayanmaktadır. Bu cihazlar kullanımı kolay ve yüksek verimli örnek alma özelliğine sahip olması nedeniyle daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca biyoaerosollerin havadan homojen bir şekilde toplanarak metreküp oluşturduğu koloni sayısı (cfu/m³) da belirlenebilmektedir (Sandle, 2010 s. 88,89; Hroboňová vd., 2023, s. 98).

Mikrobiyal kirlilik ölçümleri fungus ve bakterilerin neden olduğu kağıtta biyodeterasyonu önlemek veya sınırlamak için yararlı stratejiler geliştirmekte önemli veriler sağlayacaktır. Bu stratejiler belirlenirken, mikroorganizma üzerindeki etkileri dikkate alınmalı ve aynı zamanda kağıda da zarar vermediğinden emin olunmalıdır. Belirlenen stratejinin uygulanabilir olması ve uygulayan kişi üzerinde sağlık sorunlarına yol açmaması da eserin üzerindeki etkileri kadar kritiktir (Lugauskas ve Krikštaponis, 2004, s. 180,181).

2.4. Antik Çağdan Günümüze Arşivleri Mikroorganizmalardan Korumanın Tarihi

Koleksiyon öğelerinin fiziksel olarak korunması, tarih boyunca arşivcilerin ve kütüphanecilerin temel görevleri arasında sayılmıştır. Kütüphanelerde bulunan kitapların nemden korunması için antik çağlardan itibaren çeşitli çarelere başvurulmuştur. Vitruvius, kütüphanelerin doğuya doğru yönlendirilmelerinin yapının içinde sabah güneşinden faydalanılması ve kitapları çürümekten kurtardığını belirtmektedir. Güneye bakan kütüphanelerdeki kitaplar, kurtçuklardan ve nemden bozulurlar; çünkü, çıkan nemli rüzgârlar kurtları besleyerek üremelerine olanak sağlar ve kitapların üzerine nemli nefeslerini yayarak onları küfle bozarlar diye belirtmiştir

(Vitruvius, 2005, s. 135). Ona göre, kütüphaneler doğuya yönelmekle, güney ve batıdan esen nemli rüzgarlardan korunacak, ayrıca nemli rüzgarların neden olduğu kitap kurdundan da zarar görmeyecektir. Aksi halde nemli hava onların içlerine işleyerek papirüs rulolarını çürütecek ve rulolar ufalanacaktır. Ayrıca kütüphanelerde kitapları nemden korumak için başka çarelere de başvurulmuştur. Bazı kütüphanelerde duvarlar çift duvar olacak şekilde inşa edilmiş, içteki duvar ile dıştaki duvar arasında dar bir geçit oluşturulmuştur. Böylece geceleyin küflenmeye hazır olan papirüs ve parşömenler bu koridordaki hava akımı ile havalandırılarak küflenmeler önlenmiştir. Kitap zararlıları olan güveler, zararlı böcekler ve küften korunmak amacıyla, papirüslere sedir yağı (cedrium) sürülmektedir. Bu durum papirüsün rengini biraz sarartsa da kitap zararlılarına karşı etkili olması nedeniyle tercih edildiği düşünülmektedir. Antikçağda yapılan koruma çalışmaları, günümüz kitap patolojisi çalışmalarının temelini oluşturmuştur (Yıldız, 2003, s. 34).

Genellikle ideal olmayan çevresel koşullara rağmen, tarihi materyallerin, modern materyallere göre daha uzun süre durumlarını muhafaza edebildikleri de bilinen bir gerçektir. Bu materyalleri korumak için sadece su, ateş ve haşerelerden sakınmak ve kullanıma bağlı olarak eskiyen sırt dikişleri onarmak gibi minimal konservasyon işlemleri yeterli olmaktaydı. Ancak, 19. yüzyılda kitap ve belge üretiminin sanayileşmesiyle birlikte üretim teknolojisinde hızlı ve ucuz üretim, kaliteli üretimin yerini almıştır (İon vd., 2022, s. 2250). Kitap teknolojilerindeki hızlı gelişmeler, üretim süreçlerini hızlandırmak amacıyla hammadde üretiminden baskı teknolojilerine kadar bir dizi değişikliği beraberinde getirmiştir. Bu süreçte, kaliteli malzeme ve teknikler tasarlanmaya çalışılmıştır. Ancak üretim arttıkça, fiyatları düşük tutmak adına üretimde kalitesiz malzemeler ve kağıtta asiditeye neden olan katkı maddeleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu durum, sanayi öncesi döneme göre daha kısa ömürlü ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Kitap kalıcılığı ve dayanıklılık üzerine yapılan araştırmalar da modern materyallerin eski kaynaklarla karşılaştırıldığında istikrarının eksikliğini ortaya koymuştur. Kağıt ufalanmış, deri çürümüş ve zayıf ciltleme yapıları kitapları korumasız bırakmıştır. Bir yüzyıl sonra, modern malzemelerin eski kararlı halinden yoksun olduğu anlaşıncaya, kitlesel asit giderme ve korozyonu durdurma projeleri hız kazanmıştır (Campagnolo, 2020, s. 22).

Kağıt koruma tarihinde, belgelerin restorasyonu için ilk yerleşik yöntemlerden 16. yüzyılın başlarında İtalya'da bahsedilmiştir ve 18. yüzyılın ikinci yarısından itibaren eski, çürüyen yazılar sorununa artan bir ilgi olmuştur. Arşivlerde sistematik bir koruma pratiği gerekliliği ise ilk kez Floransa'daki Devlet Arşivleri Direktörü olan Giovanni Fabbroni (1752-1822) tarafından ortaya konulmuştur (Ramsholt, 2012, s. 4).

Vatikan Kütüphanesi Başkanı Kardinal Franz Ehrle ise 1898'de İsviçre'de Saint Gall'da ilk kez Milletlerarası Kütüphane Konferansını düzenleyerek el yazmalarında görülen bozulmalara dikkat çekmiştir (Ehrle, 1899, s. 27). Konferans sonunda alınan kararlar içerisinde en dikkat çeken madde ise; 'Mevcut restorasyon metotlarının tekrar gözden geçirilmesi ve bu konuda bilimsel çalışma yapanlarla iş birliği sağlanması' olmuştur. Bu madde ile Ehrle konservasyon biliminin bilimsel veriler ışığında, disiplinler arası çalışmalar ile gerçekleşeceğine dikkat çekmiştir. Ayrıca el yazmalarında görülen biyodeterasyon sürecinin yavaş işlediği bu nedenle yapılacak müdahalenin etraflıca düşünülmesi ve bu süreçte sadece pasif konservasyonda kalınmasının uygun olacağını da dile getirmiştir (Ehrle, 1899, s. 27-51; Smith., 1998, s. 93; Zanetti, 2017, s. 338,339).

Dünya çapında kütüphanelerin, kütüphanecilerin ve kütüphane birliklerinin çalışmalarını destekleyen Uluslararası Kütüphane Dernekleri ve Kuruluşları Birliği (IFLA- International Federation of Library Associations and Institutions) 1927 yılında; (International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA), 2024).⁵ Milletlerarası Arşiv Konseyi (ICA- International Council on Archives) 1948 yılında; 1950 yılında İngiltere'de Uluslararası Tarihi ve Sanat Eserlerini Koruma Enstitüsü (IIC- International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works) kurulmuştur. Daha sonra 1960 yılında AIC'nin Amerikan grubu kurulmuştur. Bu kurumlar başlangıçta sadece sanat restorasyon bilimine odaklanmış fakat zamanla araştırma alanlarını genişleterek kitap konservasyonu ile de ilgilenmişlerdir (Bogle, 2019, s. 29). Dünyadaki gelişmeler karşısında Türkiye'de kayıtsız kalmamış ve 'Cilt ve Patoloji Servisi' birimini kurmuştur. İlerleyen süreçte ise çeşitli uluslararası kurum ve kuruluşlarla (UNESCO, IFLA, ICA vb.) fikir alışverişine dayanan müzakereler düzenlenerek ülkemizin eşsiz değerli eserlerinin korunmasında gerekli adımlar

⁵Türkiye IFLA'nın üyesidir (International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA), 2024).

atılmıştır (Clements ve Thomas, 1993, s. 23-28; Binark, 1988, s. 349-362; Roper, 1992, s. V-VII; Kathpalia, 1990, s. V-X).

2.5. Arşiv ve Kütüphaneleri Mikroorganizmalardan Koruma Yöntemleri

Yüksek gözenekliliğe ve hidrofilikliğe sahip olan kağıt, fiziksel olarak bozulmaya, kimyasal olarak bozunmaya oldukça yatkın bir malzemedir. Bu durum arşivlerin ve kağıda dayalı kültürel mirasın mikroorganizmalardan korunması için büyük bir sorun teşkil etmektedir (Ion, vd., 2022). Eserlerin fiziksel ve kimyasal bütünlüklerinin korunması için gerekli olan pH, sıcaklık, nem, ışık, oksijen gibi değerlerin çoğunluğu mikroorganizmaların varlıklarının devamı için de elverişli ortamlardır. Hele ki bu değerler eserin fiziksel ve kimyasal bütünlüğünü tehlikeye soktuğu durumlarda mikroorganizmaların üremesinin zirve yapması kaçınılmazdır (Balloffet ve Hille, 2005, s.17-19).

Bu bağlamda arşiv ve kütüphanelerin korunmasına yönelik birtakım uluslararası kuruluşlar bazı standartlar yayınlamışlardır. Kütüphaneler ve arşivler için bağlayıcı düzenlemelerden biri olan ISO 11799:2003 "Bilgi ve Dokümantasyon -Arşiv ve Kütüphane Materyallerine Yönelik Doküman Depolama Gereksinimleri" bildirisine göre konservatörlerin kağıt bazlı koleksiyonları depolama aralıkları belirlenmiştir. Buna göre sıcaklığın min14°C- max18°C aralığında ve tolere edilebilecek günlük sıcaklık farkının ise $\pm 1^{\circ}\text{C}$ olduğunu belirtmiştir. Yine aynı standart içerisinde bağıl nemin min%35- max%50 aralığında ve tolere edilebilecek günlük bağıl nem farkının ise ± 3 olduğunu belirtmiştir (International Organization for Standardization-ISO, 2003).

IFLA'nın yayınladığı rapora göre düşük depolama sıcaklığı ve düşük bağıl nemde kağıdın kimyasal kararlılığı ve fiziksel görünümünün uzun süreli değişmeden korunduğu belirtilmiştir. Düşük sıcaklık yüksek yoğuşmayı beraberinde getirdiği ve yeterli havalandırmanın yapılmadığı alanlarda mikroorganizmaların üreyeceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğine dikkat çekmiştir. Ayrıca aynı rapor içerisinde her 10°C sıcaklık artışı veya azalışının geleneksel kütüphane ve arşiv malzemelerinin bozunması üzerinde pozitif korelasyon etkisinin bulunduğu belirtilmiştir (Adcock, 2011, s. 28).

Ülkemizde ise Kültür ve Turizm Bakanlığı Yazma Eser Kütüphaneleri Çalışma, Yazma ve Eski Harfli Basma Eserlerden Yararlanma Yönetmeliği'nin üçüncü bölümü altıncı maddesi içerisinde kitapların yerleştirilmesi ve depo koşullarının standart durumu hakkında bilgiler yer almaktadır (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2003). İlgili yönetmeliğe göre depoların fiziki durumu; sıcaklığın 18°C, bağıl nem oranının %50 olduğu, ışık şiddetinin 50 lux'ü aşmadığı, pencerelerin ultraviyole ışınlarını geçirmediği ve çatı, pencere ile kapıların dış etkenlere karşı korunaklı hale getirildiği şekilde olmalıdır.

Olası bir mikroorganizma istilasının önlenmesi adına, oluşturulan standartların denetlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle arşiv ve kütüphanelerin havalarından düzenli aralıklarla örnekler (aktif ve /veya pasif örneklem metotları ile) alarak metreküpteki mikroorganizma sayılarının hesaplanması ve bunların da tıpkı nem ve sıcaklık çizelgeleri gibi veriler halinde işlenmesi gerekmektedir (Yang ve Heinsohn, 2007, s. 117; Fabri, 2012, s. 30-31). Ayrıca tahribatsız olarak kitapların hava ile temas eden yüzeylerinden alınan örnekler ile karşılaştırılması, olası mikroorganizma ataklarının başlamadan önlenmesinde yararlı bilgiler sağlayacaktır. Zira bu eserlerin depolandığı, sergilendiği ya da halen kullanımda olduğu hiçbir kurum/kuruluş %100 oranda sterilizesini sürekli olarak koruyamamaktadır. Bu nedenle yukarıda bahsi geçen örnekleme yöntemlerinin düzenli aralıklarla uygulanması salgının başlamadan engellenmesine olanak sağlayarak eserlerin ömrünün uzatılmasında fayda sağlayacaktır. Bu kontroller çevresel iyileştirmeye daha çok katkı sağlayacağından pasif konservasyon başlığı altında değerlendirmek daha uygundur.

Aktif konservasyon kavramı ise bu arşiv ve kütüphane malzemelerine fiziksel müdahale gerektiren koruma yöntemlerini içermektedir. Bu nedenle pasif konservasyona göre daha dikkatli olunması, üzerinde daha uzun süre düşünülmesi, gerekli araştırmaların da daha dikkatli yapılmasının gerektiği bir alandır.

Mikroorganizmalardan arşiv malzemelerini koruma tarihine bakıldığında da öncelikle çevresel koşulların iyileştirilmesinin yeterli olduğu görülmekteydi. 19. yüzyılın ortalarından 20. yüzyılın sonlarına doğru, kağıt yapımında kullanılan katkı maddeleri H_3O^+ iyonlarının artmasına neden olmuştur. Bu durum, kağıdın pH'nın düşerek asiditesinin artmasıyla sonuçlanmıştır. Tüm bu kimyasal farklılaşma sadece kağıtta renk değişimi olarak kendini göstermemiş; aynı zamanda çok sayıda fungus üremesi

ile sonuçlanan vakaları da beraberinde getirmiştir. Bu asitlenme problemine asitleri nötrleştirecek (deasidifikasyon) ve kağıt matrisini destekleyerek genel ömrünü arttıracak MgO, CaCO₃ gibi birtakım kimyasallar kullanılmıştır. Bu kimyasallar kitap boyunca dağılmakta ve zamanla kağıt lifleri içinde çözünerek birikmektedir. Günümüzde de halen kullanılan bu yöntem anlık nötrleştirmeye ek olarak sağladığı birikimle, kağıdın kendi kimyasal yapısı nedeniyle veya depolama ortamında havadan emilerek daha sonra ortaya çıkması olası asidik durumlar için de bir alkalik rezervi olarak görev yapmaktadır (Malešič vd., 2022, s. 6895- 6903).

Bir başka mikroorganizma üremesine önlem olarak geliştirilen yöntem fumigasyon işlemidir. Fumigasyon; ortamda bulunan zararlıları (bakteri, fungus, böcek vb.) kimyasal gazlar yardımıyla ortadan kaldırma işlemidir. Uzun süre timol (C₁₀H₁₄O) fumigasyon ve etilen oksit (C₂H₄O) fumigasyon yöntemi kullanılmış olsa da günümüzde daha yaygın olarak azot veya argon fumigasyon yöntemi kullanılmaktadır (Kathpalia, 1990, s. 23-31; Selwitz ve Maekawa, 1998, s. 67,68). Etilen oksit dezenfeksiyonda çok verimli sonuçlar vermesine karşın; yüksek kanserojen, mutajenik, alerjik reaksiyonlara neden olan ve solunum yollarında tahriş edici etkiye sahip bir gaz olduğu için artık kullanılmamaktadır (Kathpalia, 1990, s. 23-31).

Kağıdı mikrobiyolojik enfeksiyona karşı korumak için başta iyonlaştırıcı radyasyon (alfa parçacıkları, beta parçacıkları, X ışınları, gama ışınları) olmak üzere çeşitli fiziksel yöntemlere de başvurulmaktadır. Ancak bazı kağıt türleri, bu tür radyasyona ve ilgili diğer fiziksel önlemlere karşı oldukça hassastır ve bunların etkisi altında hızla yaşlanmakta ve selüloz liflerinde parçalanmalar görülebilmektedir. Ek olarak her mikroorganizma iyonlaştırıcı radyasyona karşı eşit derecede duyarlı değildir. Kağıdın dekontaminasyonu için radyasyon teknolojisinin pratik uygulamasında uygun dozlar olan 3 ve 10 kGy iken fungus gelişimi üzerinde bu oran yalnızca orta düzeyde bir etkisi olduğu veya hiç etkisi olmadığı da rapor edilmiştir (Adamo vd., 2003, s. 149). Bazı konidyuma sahip fungus türlerine ek olarak sporlu mikroorganizmaların da yüksek dozda iyonlaştırıcı radyasyon veya diğer fiziksel önlemlerin uygulanmasından sonra bile canlı kaldığı rapor edilmiştir (Lugauskas ve Krikštaponis, 2004, s. 180). Başka bir araştırma da ise fungus gelişimlerinin durdurulmasında 8 ± 2 kGy yeterli bir doz olduğu dile getirilmiştir (Ponta vd., 2017, s. 71). Bu ikilem göstermektedir ki standart bir ışınlama dozunun bulunmadığı işlem öncesi mikroorganizmaların ortamdan izole

edilerek doz denemelerinin yapılmasının gerekliliğidir. Ek olarak aynı doz denemelerinin kağıt matriksi üzerindeki etkilerinin de araştırılması nihai uygulama öncesi verilerin dikkatli değerlendirilmesi bir diğer gerekliliktir.

2.6. Nanoteknoloji ile Koruma Uygulamaları

Konservasyon bilimi teknolojinin gelişmesiyle birlikte aktif ve pasif konservasyon yöntemlerini de güncellemektedir. Son dönemlerde nanoteknolojik gelişmeler konservasyon alanını da etkilemekte ve kullanılan yöntemlere ilave alternatif yöntemler olarak sunulmaktadır (Fabbri, 2012, s. 215; David vd., 2020, s. 1-3).

Nano ölçek, maddenin atomdan önceki son basamağı olarak kabul edilmekte ve nano malzemeler, atomsal ve nano boyuttaki sistemleri ifade etmektedir. Eğer malzemenin her üç boyutu da 100 nm'den küçükse, bu tür malzemeler nanopartikül, quantum dots, nanoshell, nanoring ve mikro kapsül; sadece iki boyutu 100 nm'den küçükse nanotüp, nanotel ve fiber; sadece bir boyutu 100 nm'den küçükse ince film, katman ve kaplama olarak isimlendirilmektedir (Işıtan, 2018, s. 17).

Nanoteknoloji, mevcut teknolojilerin küçültülerek daha ileri düzeyde duyarlı sistemlerin oluşturulmasına imkan vermektedir. Bu yolla, daha iyi yapılmış, daha uzun süre dayanan, daha temiz, güvenli ve akıllı ürünleri elde etmek ve bunları her alanda kullanmak mümkündür. Nanomalzemeler; ayrılmış malzemelerin sağlamlaştırılması, kendi kendini temizleme, malzeme yüzeyinde iyileştirme, biyosidal etki mekanizması ile biyodeterasyonun önüne geçme gibi özellikleri sayesinde son dönemde kültürel mirasın korunması alanında da kendine yer bulmuştur (David vd., 2020, s. 23). Üretilen bu ürünler bir süredir özellikle in situ durumdaki kültürel mirasın korunmasında kullanılmaktadır (Gherardi ve Maravelaki, 2022, s. 166; Franco-Castillo vd., 2021, s. 631).

Kağıt bazlı kültürel mirasın konservasyonunda nanomalzemelerin kullanım alanlarına bakıldığında dikkatleri üç kullanım alanı çekmektedir. Bunlardan ilki 19. yüzyıl sonrası kağıtlarda yoğun olarak gözlenen asit hidrolizinin önlenmesi için deasidifiyasyon işlemlerinde; ikincisi kağıtta asit hidrolizi kadar sık görülen kağıt oksidasyonunun önlenmesi ve tersine çevrilmesi işlemlerinde ve son olarak biyosidal

gibi biyodeterasyonu önleme işlemlerinde kullanılmaktadır (Giorgi vd, 2002, s. 8198; Barresi vd., 2022, s. 56).

Deasidifikasyon işlemlerinde sıklıkla magnezyum hidroksit ($Mg(OH)_2$) ve kalsiyum hidroksit ($Ca(OH)_2$) tercih edilmektedir. Yapılan bir araştırmada alkolde disperse edilerek hazırlanan magnezyum hidroksit nanopartikülü ($Mg(OH)_2$ -NPs) ve kalsiyum hidroksit nanopartikülü ($Ca(OH)_2$ -NPs) ile $Mg(OH)_2$ ve $Ca(OH)_2$ 'in kağıt üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Kimyasalların kağıda uygulaması fırçayla gerçekleştirilmiş ve sonuçta nanopartikülü formların selüloz liflerine daha iyi nüfuz ederek asitliği nötralize ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca asidi giderilmiş kağıdın, kontrol numunelerine göre yapay yaşlanma sonrası daha dirençli olduğu da tespit edilmiştir. (Giorgi vd., 2005, s. 8497- 8501). İlk çalışmaya atıfla 2015 yılında gerçekleştirilen yeni araştırma da $Mg(OH)_2$ ve $Ca(OH)_2$ nanopartikülünün dispersiyonları, demir mazı mürekkebi içeren ve yüksek derecede yıpranmış el yazmalarının asitten arındırılması ve güçlendirilmesi için bir restorasyon prosedürü olan GeolNan yöntemini geliştirmek için kullanılmıştır. Kağıt üzerine uygulama fırça ile yapılmış olup işlenmiş numunelerin yapay yaşlandırmanın sonunda pH yüksekliğini koruduğu tespit edilmiştir (Poggi vd., 2016, s. 253-356). Bir diğer araştırmada $Mg(OH)_2$ nanopartikülü 2-propanol içerisinde disperse edilmiş Whatman kağıdını bu dispersiyona daldırarak uygulama yapılmıştır. SEM-EDX ve XPS⁶ yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmada, $Mg(OH)_2$ 'nin 2-propanol içinde dispersiyonu ile asit gidermenin, asitlendirilmiş kağıtta bulunan sülfürik asit moleküllerinin en azından bir kısmının nötralizasyonu ile sonuçlandığını göstermiştir. Mikroskopik gözlemler, magnezyum bileşiklerinin esas olarak kağıdın yüzeyinde biriktiğini ve asit giderme işleminin büyük ölçüde yüzeysel olduğu bildirilmiştir. Ayrıca selülozu hidrolitik bozunmaya ve depolimerizasyona karşı koruduğu da tespit edilmiştir. Asit gidermenin bu koruyucu etkisi, %0,6 ila 1,2 arasında nispeten yüksek $Mg(OH)_2$ dispersiyonu konsantrasyonları uygulandığında ortaya çıktığı rapor edilmiştir (Wójciak, 2016, s. 941-948).

Hidroalkolik süspansiyonlar içerisinde disperse edilen hidroksiapatit (HAp, $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) nanopartikülü; püskürtülerek, fırçalama veya daldırma yoluyla kağıt üzerine emprenye edilmiş (emdirilmiş) ve etkileri araştırılmıştır. Araştırma

⁶XPS: X-Ray fotoelektron Spektroskopisi veya Kimyasal analiz için elektron spektroskopisi (ESCA) katı materyallerin yüzeyleri hakkında kimyasal bilgi elde etmek için kullanılan gelişmiş bir yüzey analiz tekniğidir.

sonucunda hidroksiapatitin yaşlanma karşıtı, antioksidan özelliği sayesinde kağıt yüzeyindeki sararmalarda açılmalar ve renk spektrometresindeki Δb değerinde ise düşme tespit edilmiştir (Ion vd., 2013, s. 29-32).

Polonya'da bulunan 6 farklı arşiv ve kütüphanenin havasından MAS-100 Eco Air Sampler kullanılarak aktif örnekleme yapılmıştır. Havadan 14 fungus, 3 maya ve 15 bakteri türü izole edilmiştir. İzole edilen mikroorganizmalar üzerinde gümüş nanopartikülüne duyarlılıkları yani biyosidal ürün kapasitesi, MIC (minimal inhibisyon konsantrasyonu) ve MBC (minimal bakterisidal konsantrasyon) testleri kullanılarak araştırılmıştır. Araştırma sonunda gümüş nanopartikülüne duyarlı mikroorganizmalar kadar dirençli mikroorganizmalarında bulunduğu tespit edilmiştir (Gutarowska vd., 2012, s.11-15).

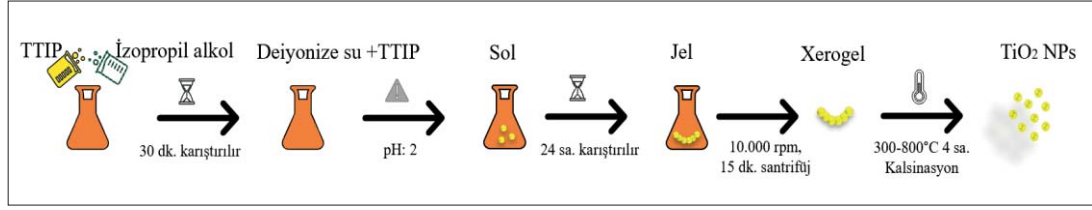
Nanomalzemelerin doğasından kaynaklı, uygulama yapıldığı alanda orijinal malzemeyi koruyarak derin nüfuz etme özelliğine sahiptir. Bu nitelik, elde edilen yüksek verimle birlikte araştırmacıların ilgisini bu alana çekmiş ve daha fazla araştırma yapma isteğini doğurmuştur. Son zamanlarda antimikrobiyal ve UV koruması etkisiyle boyalarda, merhemlerde, diş macunlarında vb. ürünlerde sıklıkla adından söz ettiren TiO_2 konservasyon alanında da dikkatleri böyle üzerine çekmiştir (Kumar vd., 2022, s. 3-7; Rajan vd., 2022, s. 19-21).

Titanyum, 1791 yılında İngiliz din adamı ve mineralog William Gregor tarafından Cornwall -Menachan'daki (İngiltere) siyah manyetik kumları analiz ederken keşfedilmiştir (Gázquez vd., 2014, s. 441). Kağıt üretim tarihine bakıldığında da katkı maddesi olarak kullanıldığı bilinmektedir (Ainsworth, 1962, s. 85,86; Bajpai, 2015, s. 18). Son dönemde, bilinen bu inorganik materyalden Sol-Jel, hidrotermal yöntem, doğrudan oksidasyon yöntemi, kimyasal buhar biriktirme, elektrodepozisyon vb. gibi çeşitli yöntemlerle nanopartikül formu da elde edilmiştir. Hazırlama yöntemine bağlı olarak TiO_2 , nanopartiküller, nanolifler ve nanotüpler dahil olmak üzere çeşitli formlarda elde edilebilmektedir (Bellardita vd., 2021, s. 87-109).

Bu nanomalzemelerin elde edilmesinde en yaygın kullanılan yöntem Sol-Jel yöntemidir (Şekil 2.3.). Tipik bir Sol-Jel prosesinde, öncüllerin (precursor) hidrolizi ve polimerizasyon reaksiyonlarından kolloidal⁷ bir süspansiyon yani sol oluşumu

⁷Kolloidal süspansiyon; bir kimyasalın diğer bir kimyasal içerisinde çıplak gözle görülemeyecek boyutta dağılmasıyla oluşan heterojen karışıma verilen isimdir.

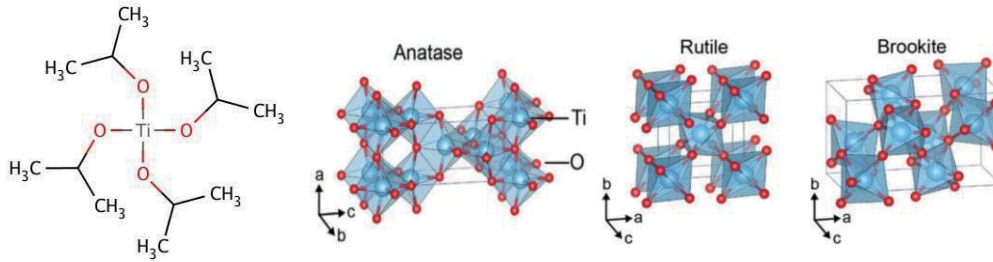
gerçekleşmektedir. Ardından tam polimerizasyon ve solvent kaybı ile sıvı solden katı jel fazına geçilerek nanopartikül elde edilmektedir (Onar, 2018, s. 102).



Şekil 2.3. Sol-Jel yöntemi ile elde edilen TiO₂ NPs'in şematik olarak gösterilişi.

Genel manada TiO₂ NPs'inin Sol-Jel yöntemi ile üretimi etanol bazlı asidik bir çözelti içerisinde katalizör kullanarak Titanyum (IV) izopropoksit (TTIP) öncülünün hidrolizi ve sonrasında kondenzasyonu⁸ esasına dayanmaktadır. TiO₂ NPs'lerin özellikleri; parçacık boyutuna, kristal formuna, yüzey hidroksil grubu yoğunluğuna, kafes safsızlıklarına ve yüzey alanına bağlıdır (Bellardita vd., 2021, s. 88,89; David vd., 2020, s. 24).

Yapılan araştırmalara göre en az 11 farklı TiO₂ formu olduğu bildirilmiştir. Fakat TiO₂'in anatase, rutile ve brookite olmak üzere üç temel fazı yaygın olarak bulunmaktadır. Kristal yapılarına göre anatase ve rutile tetragonal yapıda iken brookite orthorhombic yapıya sahiptir (Parrino vd., 2021, s. 14,15) (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. TiO₂ anatase, rutile ve brookite'in kristal yapıları (Eidsvåg vd., 2021, s. 2)

Anataz fazı en küçük parçacık boyutuna dolayısı ile yüksek yüzey alanına sahiptir. Ayrıca sahip olduğu yüksek hidroksil konsantrasyonuyla birlikte fotokatalitik aktivite göstermektedir. Organik ve inorganik ürünler de dahil olmak üzere çok çeşitli çevresel kirleticiler, TiO₂ NPs'leri tarafından fotokatalitik olarak bozunabilir ve CO₂, H₂O gibi zararsız inorganik anyonlara mineralize edilebilmektedir (Saleem vd., 2022.). Bu

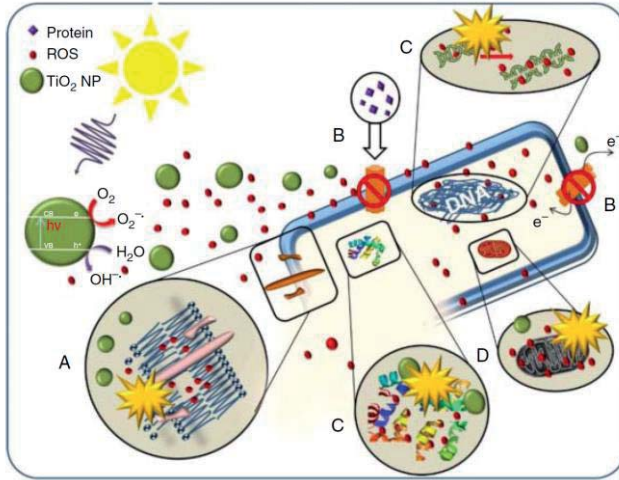
⁸Kondenzasyon; iki molekülün içerisinde bulunan küçük su molekülü gibi küçük bir molekülü dışarı atarak kendi aralarında birleşmesi olayı

özelliği ile TiO₂ NPs'leri pasif konservasyonda da değerlendirilmesi söz konusudur (Zhang vd., 2023, s. 11).

Ayrıca son zamanlarda, üretilen bu TiO₂ NPs'leri kağıt üretiminde nanokatki maddesi olarak da kullanılmaktadır. Etki ettiği alan olarak kağıtta opaklığı arttırmak, gaz ve su emme bariyer özelliklerini geliştirmek, antimikrobiyal özellikler kazandırmak gibi birden fazla özellik sıralanabilmektedir (Kumar vd., 2022, s. 7). Tüm bunlara ek olarak nanokaplama maddesi olarak TiO₂ ve ZnO (çinko oksit)'in antimikrobiyal özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Özellikle yüksek ışığa duyarlılık, yüksek termal kararlılık, katalitik verimlilik, düşük maliyet, bol miktarda tedarik ve toksik olmama gibi belirli özellikleri nedeniyle, TiO₂ NPs'leri kağıt hamurunu iyileştirmede büyük önem kazanmıştır. Fotokatalitik antimikrobiyal uygulamalar alanında, TiO₂ NPs'ler, bakteriler, virüsler ve funguslar da dahil olmak üzere tehlikeli patojenlerin dezenfeksiyonu ve /veya inaktivasyonu için güçlü bir kapasite sergileyen, en çok araştırılan materyaller arasında yer almaktadır (Rajan vd., 2022, s. 19-21).

Biyodeterasyona neden olan mikroorganizmalar (bakteri, fungus vb.) üzerinde TiO₂ NPs'in etkisi şu şekilde özetlenebilir (Şekil 2.5.): (A) TiO₂ NPs, hücre zarı üzerinde elektrostatik etkileşimler yoluyla lipid peroksidasyonuna⁹ yol açarak hücre zarının bütünlüğünü bozmaktadır. (B) Bunun yanı sıra, besin taşıyıcı tıkanıklığı nedeniyle sitoplazmik akışın kesilmesine neden olmakta ve hücrenin normal metabolik faaliyetlerini engellemektedir. (C) TiO₂ NPs ayrıca DNA ve/veya RNA zincirlerinde kırılmalar oluşturarak genetik materyalin hasar görmesine yol açmaktadır. (D) Son olarak, hücre içi bileşenlerin bozunmasına nedeniyle hücrenin temel yapı ve işlevlerinde aksaklıklara neden olmaktadır. Bu mekanizmalar, mikroorganizmaların biyodeterasyona yol açma potansiyelini azaltmakta ve kağıt gibi materyallerin mikrobiyal bozulmaya karşı korunmasına yardımcı olmaktadır.

⁹Lipid peroksidasyonu: lipitlerin bileşimlerindeki doymamış yağ asitlerinin oksijenle yükseltgenerek aldehit, keton, hidroksi asitler, keto asitler, alkoller ve daha küçük moleküllü yağ asitlerini meydana getirdiği bozulmanın tanımıdır.



Şekil 2.5. TiO₂ NPs'in etki mekanizmasının şematik versiyonu (Venkateshaiah vd., 2022, s. 196)

Konservasyon alanında son dönemdeki araştırmalara bakıldığında bu nanopartiküllerin etkilerini arttırmaya yönelik başka maddeler ile yeni formülasyonlarının denendiği de görülmektedir. Örneğin bir araştırmada dünya sağlık örgütünün kabul ettiği düşük toksisiteye sahip ve antifungal tedavilerde kullanılan ilaçların etken maddesi olan Clotrimazole (CLT) ile deasidifikasyonda yaygın kullanılan Ca(OH)₂ nanopartiküllerinin yeni bir formülasyon ile (%0.05 CLT + Ca(OH)₂NPs) bir araya getirilerek kağıt konservasyonunda kullanılabilecek bir alternatif olup olmadığı araştırılmıştır. 5 farklı fungus grubu üzerinde biyosidal etkileri araştırıldığında yeni formülasyonun etkisinin sadece CLT kullanımına göre arttığı kağıt üzerinde etkisinin ise deasidifikasyon ve katlanma dayanıklılığındaki kaybı önleyerek kağıdın yaşlanmaya karşı stabilitesinin de arttığı gözlenmiştir (Sequeira vd., 2017, s. 3-7).

Günümüzde sürdürülebilirliğin artırılması adına nanoteknoloji ile yeşil teknolojik yaklaşımlar bir araya getirilmeye çalışılmakta ve yeni formülasyonlar ile konservasyon alanına katkıları araştırılmaktadır. Yeşil teknoloji denildiğinde daha çok akıllara esansiyel yağların temelini oluşturduğu bir yaklaşım gelmektedir (Sprocati vd., 2021, s. 251).

Esansiyel yağlar, mirasın korunması için doğrudan antimikrobiyal olarak pazarlanmasa da gıda ambalajındaki aktif bileşenler gibi diğer alanlarda rutin olarak kullanılan ilgili antibakteriyel ajanları temsil ettikleri için özel olarak anılmaya değerdir ve önümüzdeki yıllarda daha fazla ilgi görmeleri muhtemeldir (Franco-

Castillo vd., 2021, s. 633). Esansiyel yağ (EO), karmaşık aromatik yapılara ve yüksek uçuculuğa sahip bitki kaynaklı bileşiklerdir. Bitkilerin tüm kısımlarından (yapraklardan köklere kadar) farklı yöntemler kullanılarak ekstrakte edilebilmektedirler (Rassem vd., 2016, s. 117-118). Ürettikleri sekonder metabolitler ile patojenlere karşı yüksek koruma sağlama gibi avantajlara sahipken; arkalarında yağlı bir tabaka bırakma, oldukça uçucu ve ışığa duyarlı olmaları gibi birtakım dezavantajlara da sahiptirler (Franco-Castillo vd., 2021, 633). Buna rağmen esansiyel yağların geçmişten günümüze kadar bilinçli ya da tesadüfi olarak kağıt korumasında kendine yer bulduğu bilinmektedir (Borrego vd., 2012 (b), s. 1-8; Lavin vd., 2016, s. 2; Barresi vd., 2022, s. 58-60). Ama son yıllarda özellikle yeşil teknolojik yaklaşımlara restorasyon alanında daha fazla yer verilmeye başlanması ile yeniden ilgi odağı haline gelmiştir (Sequeira vd., 2012, s. 75). Özellikle dezavantajların üstesinden gelmek için şu anda bazı nanoteknolojik yaklaşımlar araştırılmaktadır (Guidotti-Takeuchi vd., 2022, s. 2; Silori, 2019, s. 290).

Bu nanoteknolojik yaklaşımlardan biri olan nanoemülsiyonlardır. Nanoemülsiyon teknolojisi, esansiyel yağların stabilitesini ve biyoyararlanımını artırmak amacıyla kullanılan ileri bir yöntemdir. Basit bir tanımlama ile emülsiyonlar, birbiri ile karışmayan en az iki sıvının birbirleri içerisinde damlacıklar halinde dağıldığı heterojen sistemleri ifade etmektedir. Bu sistemler, hidrofilik ve lipofilik iki fazdan oluşmaktadırlar. Bu iki faz, emülsiyonun iç ve dış fazı olarak adlandırılmaktadır. Dış faz, sürekli faz olarak da tanımlanmakta ve iç fazı damlacıklar halinde taşımaktadır. Bu teknoloji sayesinde, esansiyel yağların daha etkin ve homojen bir dağılımı sağlanarak, hedeflenen mikroorganizmalar üzerindeki inhibitör etkileri optimize edilebilmektedir.

Bir emülsiyon formülasyonunun gerçekleştirilebilmesi için en az üç bileşene; yağ fazına, su fazına ve surfaktana (yüzey aktif madde) gereksinim vardır.

- Yağ fazı: Esansiyel yağlar ve bunların türevlerini içeren faz, yağ fazı olarak adlandırılmaktadır.
- Su fazı: Su ve su ile karışabilen hidrofilik özellikteki kimyasalların oluşturduğu fazdır.
- Surfaktan: Emülsiyonlarda iki sıvı fazın molekülleri arasındaki çekme etkileşimlerinin farklılıklarına bağlı olarak, iki sıvının temas halinde olduğu

her yerde ara yüzey gerilimi (σ) oluşturmaktadır. Surfaktanlar, oluşan bu ara yüzey gerilimi önemli ölçüde azaltan kimyasallardır (Yakar, 2018, s. 75)

Saada ve ark. 9. yüzyıldan kalma bir parşömeden izole edilen 3 fungus ve 1 bakteri üzerinde yaptıkları bir çalışmada Lemongrass EO (Lg-EO), (surfaktan: Tween 20, su fazı: ultra saf su) ile kullanarak ürettikleri nanoemülsiyonunun (Lg-NE) etkinliğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda mikroorganizmalar üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Daha önemlisi test edilen konsantrasyonlardaki Lg-NE yaşlanma öncesinde ve sonrasında parşömenin mekanik özellikleri üzerinde olumsuz bir etkisinin bulunmadığıdır. Normal durumda Lg-EO tedavi sonrasında çekme mukavemeti ve uzamayı arttırırken, yaşlanma sonrasında ise bu özelliklerde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir (Saada vd., 2020, s. 4-11).

Daha önce de bahsedildiği gibi esansiyel yağların kültürel miras üzerindeki etkilerinin araştırılması son yılların konusudur. Saada ve ark. yapmış oldukları bu çalışma yani parşömen üzerinde nanoemülsiyonların etkisinin araştırılması alanda bir ilk olup elde edilen veriler mikro ve nanokapsüllü antimikrobiyal ajanların daha fazla araştırılmasına teşvik niteliğindedir.

3. MATERİYAL VE METOD

3.1. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü

Konya Bölge Yazma Eserler Kütüphanesi, 20 Temmuz 1984 tarihinde Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından hizmete açılmıştır. 28.12.2010 tarihinde çıkarılan 6093 sayılı Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı Kuruluş ve Görevleri Hakkında Kanun gereğince ismi Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü olarak değiştirilmiştir. Kütüphanenin toplam kullanım alanı 723 m² olup bina dört kattan oluşmaktadır. Sahip olduğu koleksiyonlar içerisinde Selçuklu dönemi ve Osmanlı dönemine ait pek çok sayıda yazma eser bulundurmaktadır (Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı, 2024).

Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nde; ikinci katta 1 adet (~ 45 m²), zemin katta 1 adet (~ 15 m²), bodrum katta 2 adet (~ 23 m² ve ~ 25 m²) olmak üzere toplamda 4 adet el yazması eserlerin depolandığı alan mevcuttur. El yazması eserler kalın çelik kapıların ardında açık raf sistemine sahip alanlarda depolanmaktadır (Resim 3.1. ve 3.2.). Bu alanlardaki bağıl nem ve sıcaklık değerleri her gün kaydedilmekte, ihtiyaç halinde gerekli müdahaleler manuel yöntemler ile sağlanmaktadır.



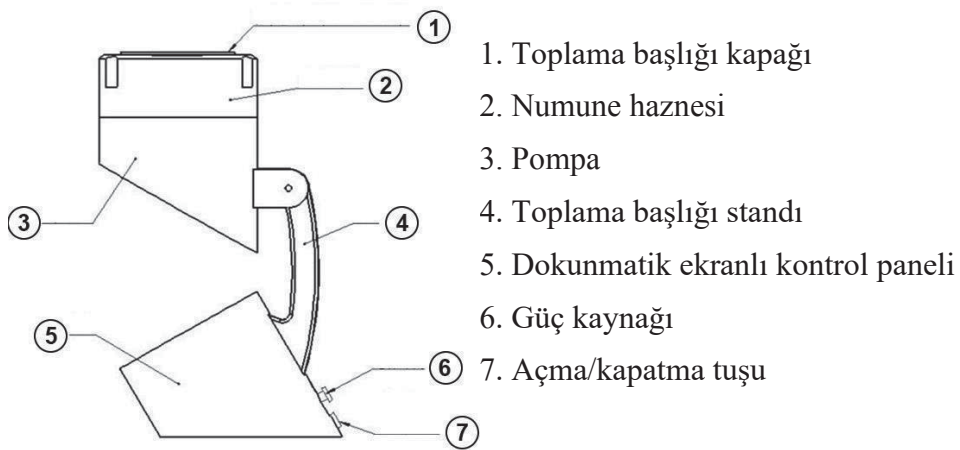
Resim 3.1. Yazma eser deposunun açık raf sistemli depolama alanı



Resim 3.2. Yazma eser deposunun korunmasında kullanılan kalın çelik kapılar

3.2. Microbial Air Sampler ile Biyoaerosol İzolasyonu

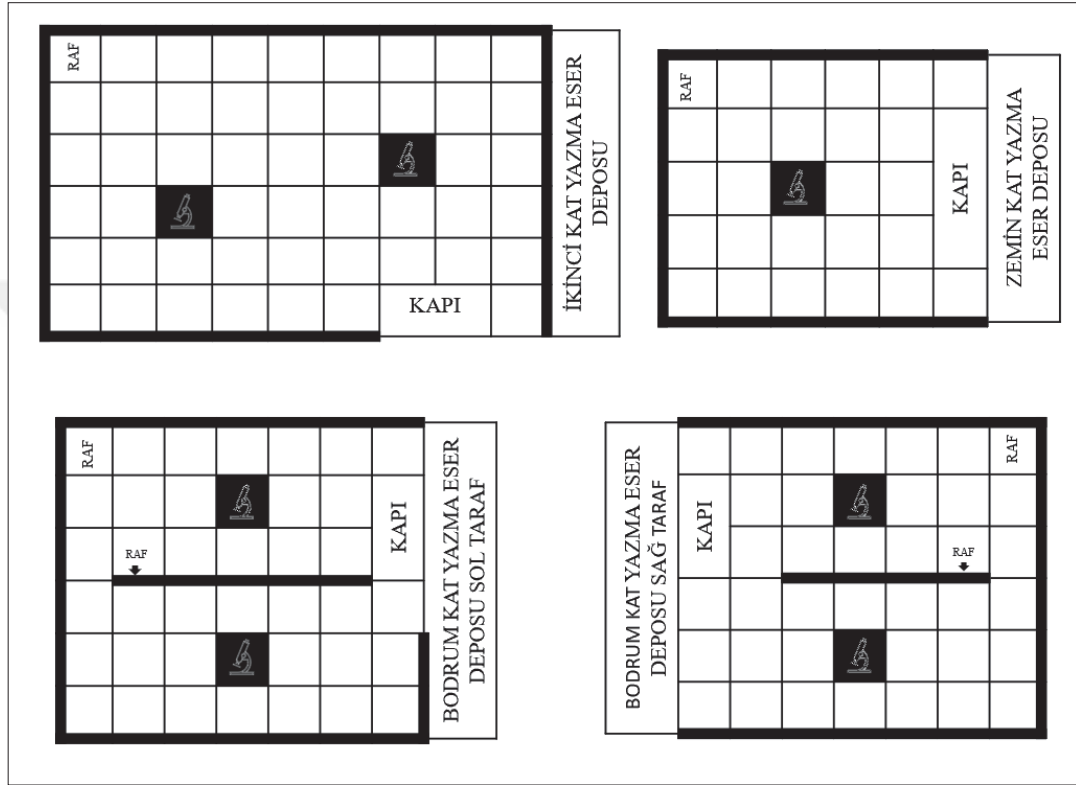
Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait ikinci katta bir, zemin katta bir, bodrum katta iki adet olmak üzere toplamda dört adet yazma eser deposundan PCE-AS1 marka hava örnekleyici ile örnek toplanmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Microbial air sampler PCE-AS1 cihazının şematik gösterimi

Cihazın teknik özellikleri dikkate alındığında Anderson Prensibi ve çarpıtma (impaction) yöntemi ile çalışmaktadır. Çarpıtma yöntemi, örnekleme cihazı ile belirlenen sürede, belirlenen hacimdeki hava çekilerek, besiyeri ortamına çarpıtılması prensibine dayanmaktadır (Sandle, 2010, s. 88). İstasyonların belirlenmesinde ise

Zerek (2014), metrekaireye bağılı olmak koşuluyla yaklaşık her 20m² alanda bir istasyon kurulmasını ve yerden yükseklik için yoğunluğa bağılı olarak her yarım metrede bir örnek alınmasını tavsiye etmiştir (Zerek, 2014, s. 118,119). Buna göre örnek alma işlemi; 20 m²'ye kadar olan depolarda bir istasyon, 20- 45 m² arasında alana sahip olan depolarda iki adet istasyon kurularak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Yazma eser depolarındaki örneklem istasyonları

İstasyonlar yerden yaklaşık 1,5 metre yukarısında sabit bir zemin üzerine konumlandırılmış ve örnekler dakikada 150 litre havanın petri kaplarına çarptırılması ile toplanmıştır (Resim 3.3.).



Resim 3.3. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait yazma eser depolarında belirlenen alanlarda havadan biyoaerosol izolasyonu

Havadan toplanan mikroorganizmalar (biyoaerosol) aynı gün içinde Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarına getirilerek 28- 32 °C'de 1-14 gün süreyle inkübasyona¹⁰ alınmıştır. Kültür yöntemi (De Nuntis vd., 2003, s. 116; Dakal ve Arora, 2012, s.72) ile kültüre edilen bu mikroorganizmalar metreküpteki koloni¹¹ yoğunluğu aşağıda verilen formülasyon ile hesaplanmış, sonuçlar cfu/m³ cinsinden elde edilerek sayısal veri haline getirilmiştir. Formülasyon;

$$A = (\alpha \times 1000) / V$$

A: Toplam mikrobiyal yük

α : Oluşan ya da gelişen koloni sayısı

V: Microbial air sampler'daki volüme değeri (Kalwasińsk vd., 2012, s. 26; Pastuszka vd., 2013, s.130)

1993 yılında Avrupa Toplulukları Komisyonu (CEC) tarafından yayınlanan 'İç Mekan Hava Kalitesi ve İnsan Üzerindeki Etkisi' raporuna göre, endüstriyel olmayan iç ortamların mikrobiyal yükü, kirlilik derecesi göstergesi aracılığıyla

¹⁰Inkübasyon; mikroorganizmaların üremesi için uygun süre ve koşulların ifadesidir.

¹¹Koloni, her bir mikroorganizmanın agarlı besiyerinde düştüğü herhangi bir noktada çoğalarak çıplak gözle görülebildiği hücre topluluğuna verilen isimdir.

değerlendirilmektedir. Elde edilen cfu/m³ değerleri ile ortamın kirlilik derecesi Tablo 3.1. ışığında değerlendirilmiştir (Commission of the European Communities, 1993).

Mikroorganizma Grupları	Değer aralığı cfu/m ³	Kirlilik derecesi
Bakteri	<50	Çok düşük
	50-100	Düşük
	100-500	Orta
	500-2000	Yüksek
	>2000	Çok yüksek
Fungus	<25	Çok düşük
	25-100	Düşük
	100-500	Orta
	500-2000	Yüksek
	>2000	Çok yüksek

Tablo 3.1. Endüstriyel olmayan tesisler için sıhhi standartlara göre hava kalitesinin değerlendirilmesi (Commission of the European Communities, 1993)

3.3. Biyoaerosol Saflaştırılması ve Morfolojik Tayini

Mikrobiyolojik analizlerin temel basamağı mikroorganizmanın gelişimine uygun besiyerlerinin belirlenmesidir. Besiyerleri, mikrobiyolojik analizlerde kullanılan, mikroorganizmaların (bakteri, fungus vb.) büyümesi ve gelişimi için gerekli besin maddelerini sağlayan ortamlardır. Bu ortamlar, mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu su, enerji kaynağı, azot kaynakları, vitaminler ve mineralleri içermektedir. Agar veya jelatin gibi katılaştırıcı maddelerin yüzdesine göre besiyerinin fiziksel durumu sıvı, yarı katı ve katı olarak değişmektedir. Antibiyotik duyarlılık testleri gibi uygulamalar için sıvı ya da katı besiyeri tercih edilirken; koloni morfolojisinin incelenmesi, saf kültür elde etme, mikroorganizmaların sayımı ve antimikrobiyal etkilerin araştırılması gibi uygulamalar için daha çok katı besiyeri tercih edilmektedir. Çünkü katı ortam, mikroorganizmaların yüzeyde ayrı koloniler halinde büyümesine olanak sağlayarak onların kolayca ayırt edilmesine ve seçilmesine imkan tanımaktadır (Morse ve Meitzner, 2013, s. 68-74).

Besiyerlerinin fiziksel durumu ve içeriği; hedeflenen mikroorganizma türüne ve analiz amacına göre de değişiklik gösterebilmektedir. Genel amaçlı besiyerleri; herhangi bir mikroorganizma grubunun gelişimini özel olarak desteklemeyen veya inhibe (gelişimini engelleme) etmeyen, besin maddelerince zengin ortamlardır. Bakteri, maya ve küf gibi farklı mikroorganizmaların kültürü için uygundur. Özel besiyerleri ise belirli mikroorganizma türlerinin büyümesini teşvik ederken diğerlerini inhibe edecek

şekilde tasarlanmıştır. Genel olarak karışık bir mikrobiyal popülasyondan istenmeyen türleri ayırtmak ve aranan türleri öne çıkarmak için tercih edilmektedir (Benson, 2001, s. 76-81; Brown ve Smith, 2014, s. 129,130).

Bu çeşitlilik, mikrobiyolojik analizlerde spesifik hedeflere ulaşmak için gereken esnekliği ve hassasiyeti sağlamaktadır. Dolayısıyla doğru besiyeri seçimi, istenen mikroorganizmanın başarılı bir şekilde izole edilmesi ve incelenmesi için kritik öneme sahiptir. Araştırma kapsamında amaca uygun sıvı ve katı besiyerleri hazırlanmıştır. Genel olarak sıvı besiyerleri 1000 mL distile su içerisinde hazırlanıp uygun pH'a getirildikten sonra ağzı vida kapaklı cam tüplere 5-10 mL hacimde olacak şekilde dağıtılmıştır. Daha sonra bu tüpler otoklavda 121 °C'de 15 dakika sterilize edilerek kullanıma hazır hale getirilmiştir. Katı besiyerleri ise; yine aynı şekilde 1000 mL distile su içerisinde hazırlanarak uygun pH'ın belirlenmesinin ardından otoklavda 121 °C'de 15 dakika sterilize edilmiştir. Steril besiyerleri 45-50 °C'ye kadar soğutulmasının ardından steril kabin (laminar flow) içerisinde steril petri kutularına ~ 12,5'er mL dökülerek hazırlanmıştır (Brown ve Smith, 2014, s. 131-136).

Aşağıda araştırmada kullanılan besiyerleri; içerikleri ve ihtiyaç duydukları pH aralıkları ile yer almaktadır.

➤ Nutrient agar (NA)

Meat Extract	3,0 g/L
Pepton	5,0 g/L
Agar	12,0 g/L

pH: 6,8 ±0,2

➤ Potato Dextrose Agar (PDA)

Potato infusion	4,0 g/L
Dextrose	20,0 g/L
Agar	15,0 g/L

pH 5,6 ± 0,2

➤ Luria Broth (Miller's LB Broth)

Sodium chloride	10,0 g/L
Tryptone	10,0 g/L

Yeast extract	5,0 g/L	pH: 7,0±0,2
---------------	---------	-------------

➤ Luria Agar (Miller's LB Agar)

Sodium chloride	10,0 g/L	
Tryptone	10,0 g/L	
Yeast extract	5,0 g/L	
Agar	15,0 g/L	pH: 7,0±0,2

➤ Mueller Hinton Broth

Meat infusion	2,0 g/L	
Casein hydrolysate	17,5 g/L	
Starch	1,5 g/L	pH: 7,4 ± 0,2

➤ Mueller Hinton Agar

Meat infusion	2,0 g/L	
Casein hydrolysate	17,5 g/L	
Starch	1,5 g/L	
Agar	15,0 g/L	pH: 7,4 ± 0,2

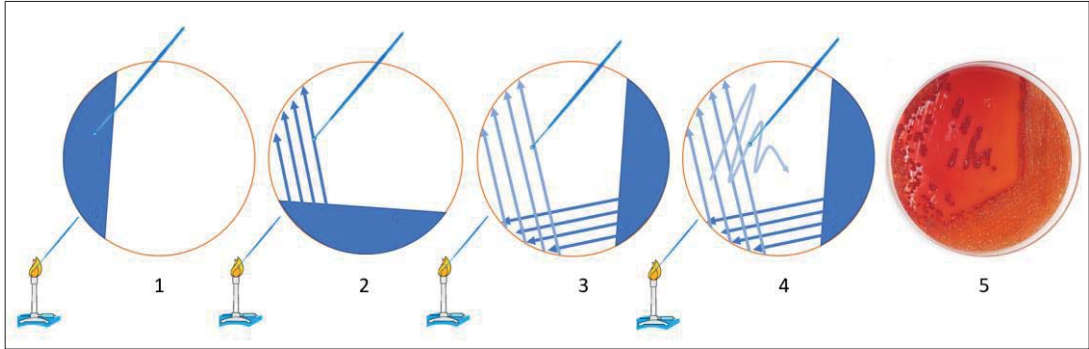
➤ Yeast Extract Peptone- Dextrose Broth (YEPD broth)

Peptic digest of animal tissue	20,0 g/L	
Yeast extract	10,0 g/L	
Dextrose	20,0 g/L	pH: 6,5±0.2

Havadan izole edilen mikroorganizmalar (biyoaerosol) çok sayıda farklı türü içerisinde barındırdığından çevresel faktörlere ve besin kaynaklarına eşit derecede toleranslı değildirler. Bu nedenle herhangi bir enfeksiyonda (istila, kontaminasyon) mikroorganizmaları saflaştırmak suretiyle baskın türlerin eldesi, bunların kütüphane binasındaki dağılımlarının belirlenmesi önem arz etmektedir. Böylelikle hem kütüphanede muhafaza edilen kitap ve diğer belgeler üzerinde hem de bu alanlarda

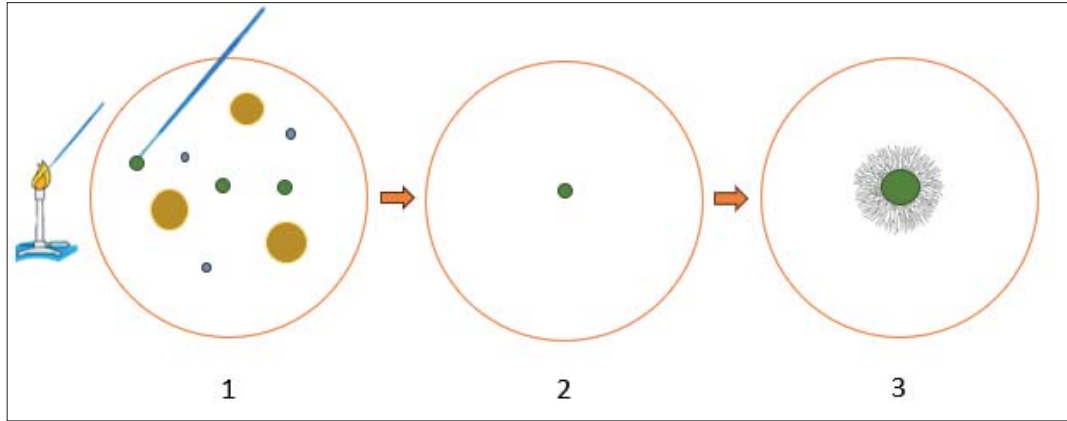
alışan personelde oluşturabileceği potansiyel tehlikelerin değerlendirilmesinde önemli bir veri kaynağı elde edilmiş olacaktır (Lugauskas ve Krikştaponis, 2004, s. 171).

İş bu kapsamda Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait toplamda dört adet yazma eser deposundan PCE-AS1 marka hava örnekleyici ile dakikada 150 litre havanın petri kaplarına çarpıtılması ile kültürler Nutrient Agar ve PDA besiyerlerine toplanmıştır. Toplanan kültürler Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarına getirilmiş 28- 32 C'de 1- 14 gün süreyle inkübasyona alınmıştır. Saf kültür eldesi için süreç sonunda petri kaplarında farklı morfolojik yapılar sahip olduğu tespit edilen koloniler steril ze yardımı ile sıvı besiyerlerine transfer edilmiştir. Burada yeniden üremesine olanak sağlanarak zenginleştirilmiştir. Elde edilen bakteri örnekleri (şekil 3. 3.) 1. bölgede görüldüğü gibi sürme metodu ile yeniden steril agarlı besiyerlerine transfer edilmiştir. Daha sonra mikroorganizma rneği olan bu ze bunzen beki alevinde yeniden steril edilmiş ve 1. bölgeden 2. bölgeye şekilde görüldüğü gibi mikroorganizma transferi gerçekleştirilmiştir. Sırasıyla aynı işlem 3. ve 4. bölgelerde de tekrar edilmiştir. Bu işlem esnasında mikroorganizma bir sonraki aşamaya taşınırken seyreltilmiş olduğundan 4. bölgeye gelindiğinde tek koloni eldesi gerçekleştirilmiştir.



şekil 3.3. Sürme ekim yöntemi ile saf koloni eldesi

Elde edilen fungus örnekleri ise (şekil 3. 4.) 1. bölgede görüldüğü karışık fungus kültüründen yeniden steril ze yardımıyla yeni steril agarlı besiyerlerine yani 2. bölgeye transfer edilmiştir. 7-14 gün inkübasyonun ardından funguslar gelişimlerini 3. bölgedeki gibi tamamlamışlardır.



Şekil 3.4. Tek koloni fungus eldesi

Elde edilen tekil bakteri kolonileri, steril öze kullanılarak lam üzerine alınmış ve gram boyama ve/veya spor boyama işlemlerinin ardından Olympus CX21 marka ışık mikroskopunda, objektife bağlı olan 100x büyütme okülerde detaylı bir şekilde incelenmiştir. Aynı şekilde, elde edilen fungus kolonileri ise steril bisturi yardımıyla lam üzerine aktarılmış ve Olympus CX21 marka ışık mikroskopunda, objektife bağlı olan 40x büyütme okülerde incelenmiştir. Bu mikroskopik incelemeler sonucunda, kütüphanede bulunan mikroorganizma çeşitliliği belirlenmiştir.

3.4. Nanoteknoloji ile Koruma Yöntemi

3.4.1. Nanopartikül Sentezi

Sol-Jel üretim metodunda üretilen nanomalzeme çeşitlerinin fazlalığı, boyut farklılıkları, saflık oranı ve homojen dağılımları sayesinde günden güne teknolojik ve bilimsel çalışmaların vazgeçilmez bir yöntemi haline almıştır. Sol-Jel metodu ile koloidal süspansiyonların ve bu süspansiyonlardan elde edilen jellerden çeşitli mekanizmalar vasıtasıyla birçok farklı tür nanomalzemenin üretilmesini olanak sağlayan bir yöntemdir. Metotta yer alan “Sol” sıvı ve katı taneciklerden oluşan süspansiyonu temsil ederken, “Jel” de bu süspansiyonun katıya dönüştükten sonraki halini temsil etmektedir (Eidsvåg vd., 2021, s. 6,7; Bellardita vd., 2021, s. 87-89).

TiO₂ NPs’in Sol-Jel metodu ile hazırlanış olup hazırlık aşaması aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir:

1. Titanyum (IV) izopropoksit (TTIP) izopropanol içerisinde 1:3 v/v oranda süspanse edildi.

2. Normal şartlar altında 30 dakika boyunca yüksek rpm'de (revolutions per minute) manyetik karıştırıcıda karıştırıldı.
3. Başka bir beher içerisinde 250 mL saf su alınarak ve pH: $2,0 \pm 0,1$ 'e ayarlandı ve yuvarlak dipli balona aktarıldı.
4. Isıtıcı özellikli manyetik karıştırıcı düz bir zemine yerleştirildi ve sıcaklığı 65 ± 5 °C'ye ayarlandı.
5. Kıskaç ve spor yardımı ile sabitlenen yuvarlak dipli balon karıştırıcı üzerine konumlandırıldı ve üzerine izopropanol-TTIP karışımı damla damla ilave edilerek koloidal süspansiyon elde edildi (Resim 3. 4.)



Resim 3.4. TiO_2 koloidal süspansiyonu

6. Karıştırıcı yüksek rpm'de 12-18 saat aralığında çalkalanmaya bırakıldı.
7. Süreç sonunda karıştırıcı durduruldu ve süspansiyonun oda sıcaklığına gelmesi beklendi.
8. Oda sıcaklığına gelen çözelti 50 mL'lik falconlara bölündü ve 14000 rpm de 10 dk süreyle santrifüjlendi ve oluşan pellet ayrı bir falcon tüpte toplandı (Resim 3.5.).



Resim 3.5. TiO_2 pellet formu

9. Tek falcona toplanan pellet üzerine 50 mL ye tamamlanacak şekilde saf su ilave edildi ve yeniden 14000 rpm de 10 dk süreyle santrifüjlendi.
10. Pellet'in falondan ayrılmasına izin vermeden üstte kalan saf su döküldü yerine yeniden 50 mL saf su ilave edilip içerisinde pellet süspanse edildi. Ardından yeniden santrifüjlendi. Bu işlem 3 kere saf su ile 3 kere de etanol kullanılarak gerçekleştirildi.
11. Son alınan pellet az miktarda etanolde yeniden süspanse edildi ve geniş bir yüzey alanına sahip cam bir kaba alındı.
12. 100°C pastör fırınında gece boyunca bırakılarak etanolün uçması sağlandı.
13. Kül fırınında 500°C'de 3-4 saat kalsinasyona bırakıldı.

3.4.2. Nanoemülsiyon Sentezi

Bir emülsiyon formülasyonunun gerçekleştirilebilmesi için en az üç bileşene yani yağ fazına, su fazına ve surfaktana gereksinim olduğunu genel bilgiler içinde yer verilmişti. Bu formülasyon göz önüne alınarak geliştirilen emülsiyonun; yağ fazını Thyme EO, sabit sulu fazı %70'lik EtOH, surfaktan kısmını ise Tween-20 oluşturmuştur.

Nanoemülsiyon formu için Thyme EO: Tween-20 ve %70'lik EtOH hacimce 1:3:4 oranında karıştırılarak son hacim 100mL olacak şekilde düzenlenmiştir. Ardından Sonics marka Vibra-Cell VCX 750 ultrasonikatörde 20 dakika sonike edilerek nanoemülsiyon eldesi gerçekleştirilmiştir.

3.5. Nanomateryal Karakterizasyonu

3.5.1. Geçirimli Elektron Mikroskobu (Transmission Electron Microscope - TEM) Analizi

Geçirimli Elektron Mikroskobu (Transmission Electron Microscope (TEM)), bir elektron mikroskobu çeşidi olup malzemelerden yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmemizi sağlamaktadır. TEM cihazının çalışma prensibi; bir elektron ışınının bir ızgara üzerinde asılı duran malzeme üzerinden iletilerek yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmesine dayanmaktadır. Elektronlar örnek içinden geçerken, örnekten saçılan ve dağılan elektronlar bir ekran veya dedektör tarafından toplanmaktadır. Bu dağılmış elektronların deseni, örnek iç yapısının bir görüntüsünü oluşturarak sonuç vermektedir (Bellardita vd., 2021, s. 121-127).

Görüntü elde etmek için, 50 Å kalınlığında ve 3 mm çapındaki karbon-kaplanmış bakır ızgaralar kullanıldı. Analizi yapılacak ürünün sıvı ortamdaki çözeltisinin bir damlası (8-10 µL) bu ızgaralar üzerine damlatıldı ve kurutulduktan sonra, EOL 100CX II marka TEM kullanılarak parçacığın morfolojik yapısı, çapı ve boyut dağılımını hakkında görüntüler elde edildi (Ateş, 2018, s. 65).

Bu görüntüleme teknolojisiyle birlikte TiO₂ NPs'in mikroyapısal incelemesi yapıldı ve kristal boyutu belirlenmiştir. Nanoemülsiyon da ise damlacık boyutunun (droplet size) ölçümü ve şeklinin analizi için bu yöntem kullanılmıştır.

3.5.2. X-Işını Difraktometresi (XRD) Analizi

X-Işını Difraktometresi (XRD), kristal yapıların belirlenmesi, kristal kalitesinin değerlendirilmesi, faz analizi ve malzeme karakterizasyonu gibi pek çok uygulama alanında kullanılan bir tekniktir. Çalışma prensibi; sahip oldukları yüksek enerjili elektron tüpleri ile X-ışınları üretirler ve bu X-ışınları ince bir ışın halinde kristal yapılı örneğe gönderilir. Sonuç olarak kristal atomlarıyla etkileşime girer ve bu X-ışınları kristal atomları tarafından saçılır. Difüze (dağınık) saçılma yerine, kristal düzenli bir yapıya sahip olduğu için X-ışınları belirli bir açıda difrakte olur. Oluşan difraksiyon deseni, bir detektör tarafından ölçülür ve bir XRD spektrumu elde edilir. Elde edilen

XRD spektrumu, veri işleme yazılımları kullanılarak analiz edilir (Bellardita vd., 2021, s. 109-115).

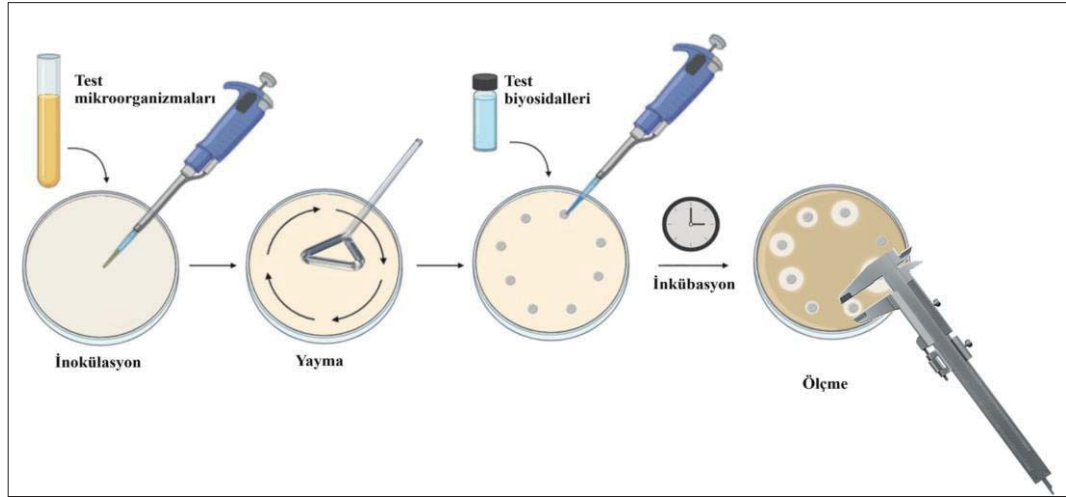
Özetlemek gerekirse XRD (X-Işını Difraktometresi), TiO₂ bazlı olanlar da dahil olmak üzere kristal malzemelerin yapısal karakterizasyonu için en temel ve önemli tekniklerden biridir. TiO₂ NPs'in kristallografik özelliklerinin ve içerdikleri fazların belirlenmesinde Bruker D8 Advance X-ışını Difraktometresi kullanılmıştır.

3.6. Biyosidal Ürünlerin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması

3.6.1. Kirby-Bauer Metodu

Kirby-Bauer tarafından geliştirilen bu test, disk difüzyon testi olarak da bilinmektedir. Bu testte kağıt disklerle (6 mm Ø) emdirilen biyosidal ürünün, duyarlılığı araştırılan organizmanın inoküle edildiği besiyerine difüze olması temeline dayanmaktadır. Bu amaçla; belli miktarlarda biyosidal ürünün emdirildiği kağıt diskler, test edilecek olan mikroorganizmanın inoküle¹² edildiği katı besiyerlerine yerleştirilir. Diskler bir süre sonra çözünüp agara doğru difüze olurken, inoküle edilen mikroorganizma da çoğalmaya başlar. Belirli bir inkübasyon süresinden sonra biyosidal ürün etki ettiği alan etrafında yani diskin çevresinde üreme görülmez. Mikroorganizma biyosidale ne kadar duyarlı ise, diskin etrafında oluşan inhibisyon zonu yani berrak temiz alan o kadar geniş olacaktır (Hogg, 2005, s. 368; Brown ve Smith, 2014, s. 213-215, Guerrero Correa vd., 2020, s. 1459- 1462).

¹²İnokülasyon; incelenecek veya geliştirilecek olan mikroorganizmanın uygun besiyerine transferi işlemidir.



Şekil 3.5. Kirby-Bauer Metodu'nun Şematik Görüntüsü (Guerrero Correa vd., 2020, s. 1459)

Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait toplamda dört adet yazma eser deposundan PCE-AS1 marka hava örnekleyici ile biyoaerosol örnekleri toplanıp elde edilen kültürlerin Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarına getirilerek inkübasyona alınmasının ardından saf koloni eldesi gerçekleştirilmiştir. Saf koloniler yeniden Mueller Hinton Broth ve YEPD broth sıvı besiyerlerinde aktifleştirildikten sonra kültürler MacFarland 0.5'e göre ayarlanmış olup kültürden Mueller-Hinton Agar ve PDA plakalarına 100 µL aşılanmıştır. Steril drigalski öze yardımı ile yayma ekim gerçekleştirilmiştir. Bu plak üzerine 6 mm çapında (Ø) steril diskler (Bioanalyse Turkey) yerleştirilmiş ve 3 paralelli olarak her diske 20 µL test edilen biyosidal ürünler (Tablo 3.2.) emdirilmiştir. Hazırlanan bu kültürler mikroorganizmanın ihtiyacına göre 28-32 °C'de 1-14 gün aralığında inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası tespit edilen zonlar (mm) kumpas aracılığıyla ölçülmüştür (Şekil 3.5.).

Araştırma kapsamında, yedi temel deneme grubu oluşturulmuştur. Bu gruplar aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

Thyme EO: Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v) +TiO₂ NPs (%1): Bu grup, nanoemülsiyon formunda ve %1 oranında TiO₂ nanopartikülünün entegre olduğu bir formülasyonu içermektedir.

Thyme EO: Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v) +TiO₂ NPs (%2): Bu grup, nanoemülsiyon formunda ve %2 oranında TiO₂ nanopartikülünün entegre olduğu bir formülasyonu içermektedir.

TiO₂ NPs (%1) + %70 EtOH: Bu grup, %70'lik Etanol içerisinde disperse edilmiş ve %1 oranında TiO₂ nanopartikülü içeren bir formülasyonu kapsamaktadır.

TiO₂ NPs (%2) + %70 EtOH: Bu grup, %70'lik Etanol içerisinde disperse edilmiş ve %2 oranında TiO₂ nanopartikülü içeren bir formülasyonu kapsamaktadır.

Thyme EO: Tween-20 (1:3 v/v): Thyme EO nanoemülsiyon formundaki oranının etkinliğini araştıran bir formülasyonu kapsamaktadır.

Tween-20: Tween-20'nin antimikrobiyal etkisinin bulunmadığını kanıtlamak amacıyla oluşturulan bir deneme grubudur.

%70 EtOH: Bu deneme grubu, hem nanoemülsiyon sabit sulu fazını hem de TiO₂ nanopartikülünün dispersiyonunda kullanılan %70'lik EtOH'un tek başına etkisini değerlendirmek amacıyla dahil edilmiştir.

Bu deneme grupları, farklı bileşen ve oranların mikroorganizmalar üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek amacıyla tasarlanmıştır.

Deneme Grupları	Deneme grubu biyosidal ürünleri
1	Thyme EO: Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v) +TiO ₂ NPs (%1)
2	Thyme EO: Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v) +TiO ₂ NPs (%2)
3	TiO ₂ NPs (%1) + %70 EtOH
4	TiO ₂ NPs (%2) + %70 EtOH
5	Thyme EO: Tween-20 (1:3 v/v)
6	Tween-20
7	%70 EtOH

Tablo 3.2. Kirby-Bauer Metodu test düzeneği deneme grupları

Bu analiz, mikroorganizmaların biyosidal ürünlere karşı direnç veya duyarlılık düzeylerini belirlemede önemli bir araç olarak kullanılmıştır. Bu sayede, biyosidal ürünlerin mikrobiyal kontaminasyonu kontrol altına alma potansiyelleri hakkında değerli bilgiler elde edilmiştir.

3.7. Biyosidallerin Kağıt Üzerine Etkilerinin Araştırılması

3.7.1. Yapay Yaşlandırma

Havadan toplanan mikroorganizmalar araştırmanın bir basamağını oluştururken diğer basamağını ise kağıt örnekleme oluşturmaktadır. Kağıt bazlı kültürel miras

alışmalarında nanopartikül dispersiyonlarının etkileri araştırılmak üzere farklı uygulama metodları literatürde yer almaktadır. Bu metodlarda nanopartikül dispersiyonları kağıt yüzeyine püskürtme, fırça, emdirme veya daldırma teknikleri ile uygulanmaktadır (Giorgi vd., 2005, s. 8497; Ion vd., 2022, s. 2243; Sequeira vd., 2006, s. 266; Amornkitbamrung vd., 2015, s. 32951; Hubbe vd., 2017, s. 4450). Uygulama için konservasyon araştırmalarında daha çok yüksek saf selüloz (%98 w/w) içeriğı, yapısal özellikleri (kimyasal ve fiziksel olarak) hakkında geniş bilgiye sahip olunması nedeniyle Whatman No:1 kağıdı tercih edilmektedir (Völkel vd., 2017, s. 4; Adamo vd., 2003, s. 146; Malešič vd., 2022, s. 6892). Buradaki amaç biyosidal uygulamasından ardından kağıdın kimyasal ve fiziksel yapısında oluşması muhtemel değişkenlerin tespitini kolaylaştırmaktır.

Uygulamanın ardından kağıtların zaman içerisindeki etkilerinin de değerlendirilebilmesi için hızlandırılmış yaşlanma testlerine tabi tutulmaktadır. Hızlandırılmış (yapay) yaşlandırma testleri; doğal yaşlanma sürecini hızlandırmak amacıyla test edilecek materyali iklimik kabinlerde sert iklim koşullarına maruz bırakma prensibine dayanmaktadır (Feller, 1994, s. 1). Whatman No:1 kağıtları 2,5 x 2,5 cm ölçülerinde kesilerek numune grubunu oluşturmuştur. Kağıt yüzeyine biyosidal ürünler püskürtme, fırça, emdirme veya daldırma teknikleri uygulanmış numuneler ve kontroller, Selüloz ve Kağıt Endüstrisi Teknik Derneğı TAPPI T453 standardına göre 105°C'de 3 gün kuru sıcaklığa sahip iklim fırınında tutulmuştur (Zervos, 2010, s. 30; Strlič vd., 2005, s.39; Feller, 1994, s. 159). Yaşlanmanın ardından Renk spektrofotometresi ile renk değişimleri, SEM- EDS analizi ile kimyasal ve fiziksel yapısındaki değişimler değerlendirilmiştir.

3.7.2. Renk Spektrofotometresi

Renk spektrofotometresi CIE L*a*b* (Commission Internationale de L'Eclairage) renk sistemi kullanılarak yapılan bir analiz olup CIE L*a*b* renk uzayı ve L*, a* ve b* parametrelerinden oluşmaktadır. L* değeri rengin açıklık-koyuluk değerini verir ve L'nin 0 değeri koyuluğunu, 100 olması ise açıklık değerini ifade etmektedir. a* değeri kırmızı ve yeşillik değerlerini verir ve a'nın pozitif değeri (+a) kırmızı yoğunluğunu, negatif değeri (-a) ise yeşil yoğunluğunu göstermektedir. b* değeri ise sarı ve mavi değerini ifade eder ve b'nin pozitif değeri (+b) sarı yoğunluğunu, negatif değeri (-b)

ise mavi yoğunluğunu temsil etmektedir (Şekil 3.6.) (Amornkitbamrung vd., 2015, s. 32952; Fabbri, 2012, s. 436).

Selülozların sararmasının kimyasal (oksidatif ve/veya hidrolitik) stres, fotostres (ışık ve ışınlama) ve termal stresten (yüksek sıcaklıklar) kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu faktörler tek tek veya kombinasyon halinde sararmaya neden olmaktadır. Bu etkilerin bir sonucu olarak, kromofor oluşumundan kaynaklanan malzemenin sararması kaydedilebilmektedir (Ion vd., 2022, s. 2253).

$$\Delta b^* = [b_s^* - b_i^*]$$

b_s^* : sarılık son değeri

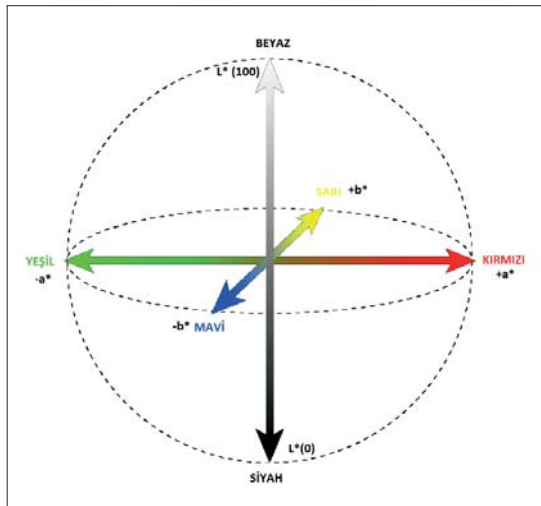
b_i^* : sarılık ilk değeri buna göre

∴ Stabil; $-3 \leq \Delta b^* \leq 3$

∴ Orta derece stabil; $3 < \Delta b^* \leq 8$

∴ Stabil değil; $\Delta b^* > 8$ (Ion vd., 2022, s. 2244).

Kontrol ve biyosidal ürün uygulanan kağıt örnekleri yaşlandırmanın ardından Renk Spektrofotometresi CIE $L^*a^*b^*$ değerleri PCE-CSM 3 ile ölçülerek kaydedilmiştir.



Şekil 3.6. CIE $L^*a^*b^*$ renk uzayının şematik görüntüsü

3.7.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (Scanning Electron Microscope-SEM) ve Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS) Analizi

Konservasyon biliminde birçok görüntüleme teknolojisinden yararlanılmaktadır. Bu görüntüleme teknolojilerinden biri olan Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM),

elektromanyetik lensler ve elektron demeti kullanarak numunenin yüzeyini inceleyerek detaylı görüntüler elde eden bir tekniktir. Kağıt ve arşiv malzemelerinde de tercih edilen bu yöntem optik mikroskoplara kıyasla daha yüksek çözünürlük sağlayan ve yüzey detaylarını inceleme yeteneği olan güçlü bir mikroskop türüdür.

SEM'in bir diğer avantajı, numunenin üç boyutlu yapısını görselleştirebilme yeteneğidir. Bu özellik, kağıt yüzeyinin mikro ve nano ölçekteki topografyasını incelemek için kullanışlıdır. SEM'in yanı sıra Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS) gibi analitik tekniklerle birleştirildiğinde, kağıt yüzeyinin kimyasal bileşenleri ve element dağılımı hakkında veriler elde edilebilir. EDS, numunenin yüzeyindeki elementleri belirleme yeteneği sunar ve bu, kağıt üzerindeki farklı bileşenlerin belirlenmesi ve karakterizasyonu için oldukça değerlidir (Hroboňová vd., 2023, s. 96).

SEM-EDX kombinasyonu;

- a. Kağıt liflerindeki morfolojik değişikliklerin araştırılmasında;
- b. Katkı maddelerinin ve safsızlıkların tanımlamasında;
- c. Kağıt hasarının kaynağının belirlenmesinde;
- d. Yazı malzemelerinin kağıt üzerinde bıraktıkları etkilerin araştırılmasında;
- e. Asidin kağıdın üzerinde bıraktığı etkilerin araştırılmasında;
- f. Asit gidermede kullanılan maddelerin dağılım modellerinin belirlenmesinde;
- g. Eski ve kırılğan kağıt liflerindeki morfolojik değişikliklerin gözlemlenmesinde;
- h. Foxing gibi çeşitli kağıt bozulmalarının incelenmesinde;
- i. Fungus hifleri ve sporlarının tanımlanması ve kağıt lifleri ile etkileşiminin incelenmesinde;
- j. Böcek, parazit ve bunların larvalarının varlığının tespitinde ve tanımlamalarında;
- k. Mekanik temizlik sonrası (özellikle silgi ile yapılan) kağıt yüzeyinde bıraktığı etkilerin araştırılmasında;
- l. Biyosidal ürünlerin etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (Michaels ve Boyd, 1986, s. 73; Florian ve Manning, 2000, s. 205, 206; Zervos ve Moropoulou, 2006, s. 15).

Araştırma kapsamında hazırlanan biyosidal ürünün kağıt üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla HITACHI SU5000 alan emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ve Oxford X-MaxN 80 model, 80 mm² dedektör alanına sahip Enerji Dağılımlı X-ışını Spektroskopisi (EDS) kullanılmıştır. SEM, liflerin yüzey

morfolojisini yüksek çözünürlükle görüntülemek için tercih edilmişken, EDS analizi ise bu liflerin yüzeyindeki kimyasal bileşenlerin ve biyosidallerin neden olduğu potansiyel değişikliklerin elemental dağılımını ve yoğunluğunu belirlemek için kullanılmıştır.





4. BULGULAR

4.1. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü Biyoaerosol İzolasyon Sonucu

Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü 4 adet yazma eser deposu havasından PCE-AS1 marka mikrobiyal hava örneklem cihazı kullanılarak tahribatsız örnek toplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Numune alma işlemi sırasında incelenen depolardaki sıcaklık değerlerinin 22°C ila 28°C arasında, bağıl hava nemin ise %31 ila %54 aralığında olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1.).

Örnek Alınan Yazma Eser Deposu	Sıcaklık (°C)	Bağıl Nem (%)
Bodrum Kat (Sağ Taraf)	22	52
Bodrum Kat (Sol Taraf)	23	54
Zemin Kat	26	37
Kat 2	28	31

Tablo 4.1. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü çevresel termo-higrometrik değerleri

Dakikada 150 litre havanın petri yüzeyine çarptırılması ile gerçekleşen bu işlem esnasında elde edilen mikroorganizmalar aynı gün içinde Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarına getirilerek 28°C’de 1-14 gün süreyle inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun ardından metreküpteki koloni yoğunluğu cfu/m³ cinsinden hesaplanarak veriler Tablo 4.2.’de verilmiştir.

Örnek Alınan Yazma Eser Deposu	Bakteri (cfu/m ³)	Fungus (cfu/m ³)
Bodrum Kat (Sağ Taraf)	453.3	306.6
Bodrum Kat (Sol Taraf)	453.3	326.6
Zemin Kat	160.0	120.0
Kat 2	746.6	1273.3

Tablo 4.2. Endüstriyel olmayan tesisler için sıhhi standartlara göre Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü’nün belirlenen alanlarında hava kalitesinin değerlendirilmesi

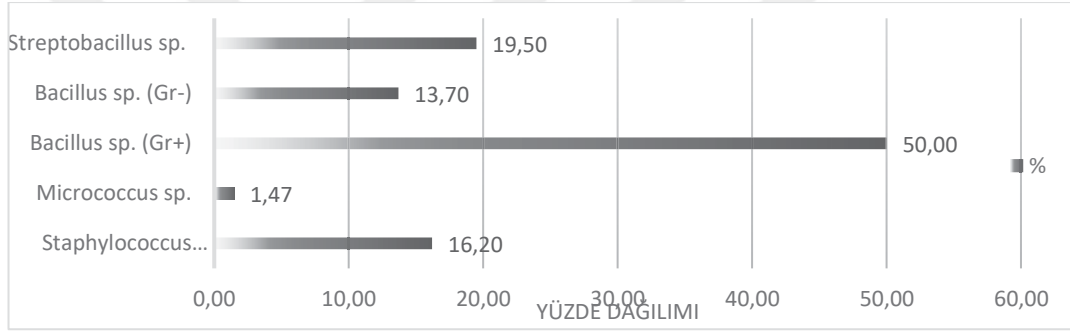
Avrupa Toplulukları Komisyonu’nun hazırlamış olduğu rapora göre (Tablo 3.1.) 100-500 cfu/m³ arası orta ≥ 500 cfu/m³ üzeri ise yüksek kirli kabul edilmektedir. Bu veriler ışığında kütüphaneye ait depolardan sadece ikinci kattaki deponun yüksek kirliliğe sahip olduğu diğer üç deponun ise orta kirlilikte oldukları tespit edilmiştir.

4.2. Biyoaerosol Saflaştırılması ve Morfolojik Tayin Sonuçları

Kütüphane havasının kirlilik analizi yapıldıktan sonra izole edilen mikroorganizmaların saflaştırılması aşamasına (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4.) geçilmiştir.

Elde edilen bakterin tanımlanmasında biyokimyasal test sonuçları ve morfolojik özellikleri dikkate alınmıştır.

Kütüphane genelinde; izole edilen bakterilerin yüzde dağılımı ise Şekil 4.1.'de yer almaktadır. Tabloya göre en fazla yüzdeye sahip bakteri cinsi *Bacillus* sp. (Gr+)’tir. Bu bakterilerin aynı zamanda spor yapılarının da bulunduğu tespit edilmiştir. Sporları sayesinde, daha ekstrem koşullara dayanıklılık göstererek biyodeterasyon sürecinde aktif rol oynadıkları düşünülmektedir.



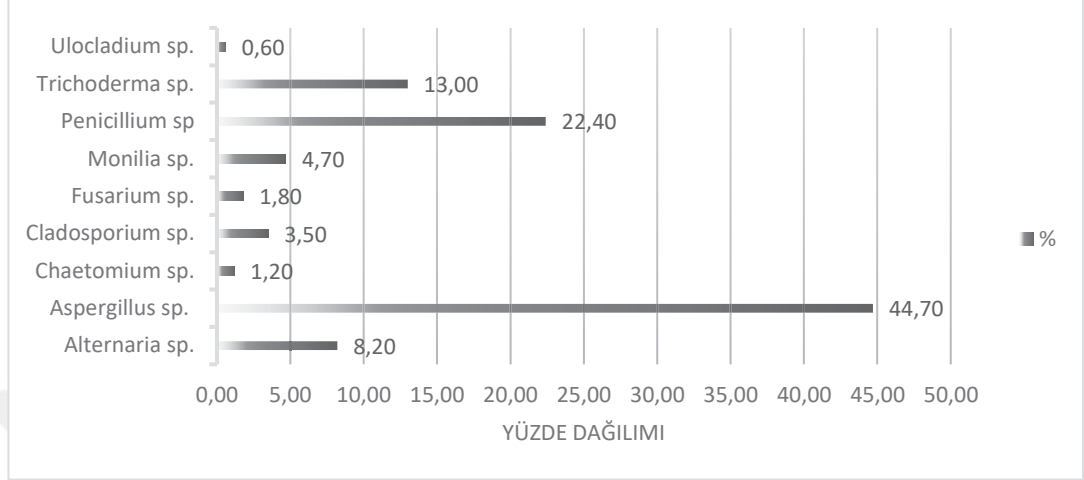
Şekil 4.1. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü yazma eser depolarının havasından izole edilen bakterilerin yüzde dağılımı

Daha sonra sırasıyla *Streptobacillus* sp., *Staphylococcus* sp., *Bacillus* sp. (Gr-), *Micrococcus* sp., tespit edilmiştir. Selülaz enzim aktiviteleri olduğu da bilinen bu bakteriler zengin besiyeri kaynağı olan arşiv ve kütüphanelerde sıklıkla karşılaşılan cinslerdir (Karbowska-Berent vd., 2011, s. 1874).

Fungusların tanımlanmasında ise petri içerisindeki, mevcut alt-üst görüntüsü alınmıştır. Bunun yanı sıra hazırlanan preparatlar, ışık mikroskopunda 40x’lik büyütme ile incelenmiş; hif yapılarına ek olarak sporlarının şekil ve konumuna göre tanımlaması yapılmıştır (Resim 4.3.-Resim 4.11.).

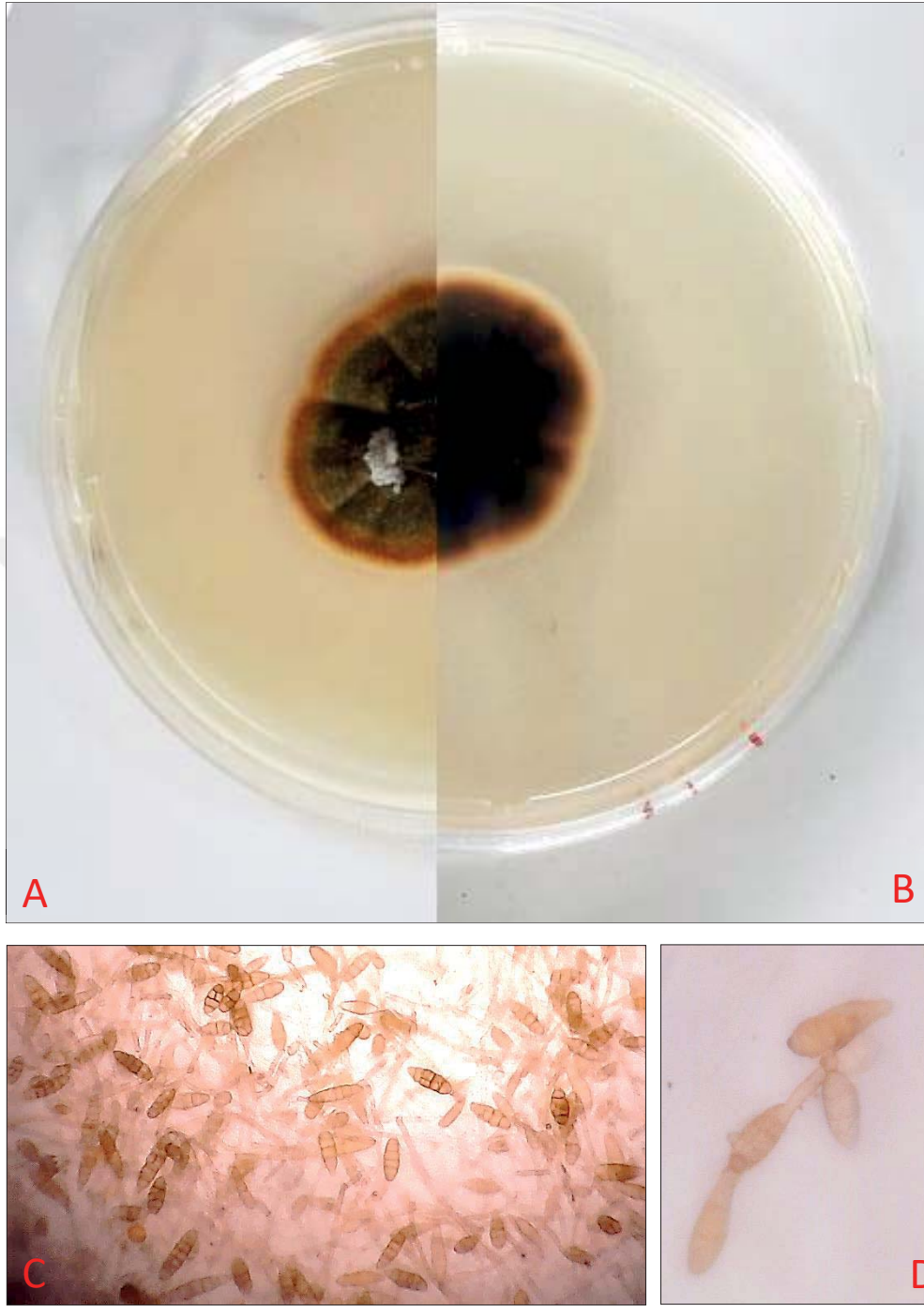
Arşiv ve kütüphanelerde en sık rastlanılan fungus cinsleri *Cladosporium* sp. *Aspergillus* sp. ve *Penicillium* sp. (Pinheiro vd., 2019, s. 3) olup bu cinslere ek olarak Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü yazma eser depolarından *Alternaria* sp., *Chaetomium* sp., *Fusarium* sp., *Monilinia* sp., *Trichoderma* sp. ve *Ulocladium* sp. cinsi

funguslar da izole edilmiştir. İzole edilen fungusların kütüphane genelindeki yüzde dağılımı ise Şekil 4.2.'de yer almaktadır. Elde edilen verilere göre en fazla oran *Aspergillus* sp. cinsinde görülürken en az yüzdelik orana *Ulacladium* sp. cinsi sahiptir.

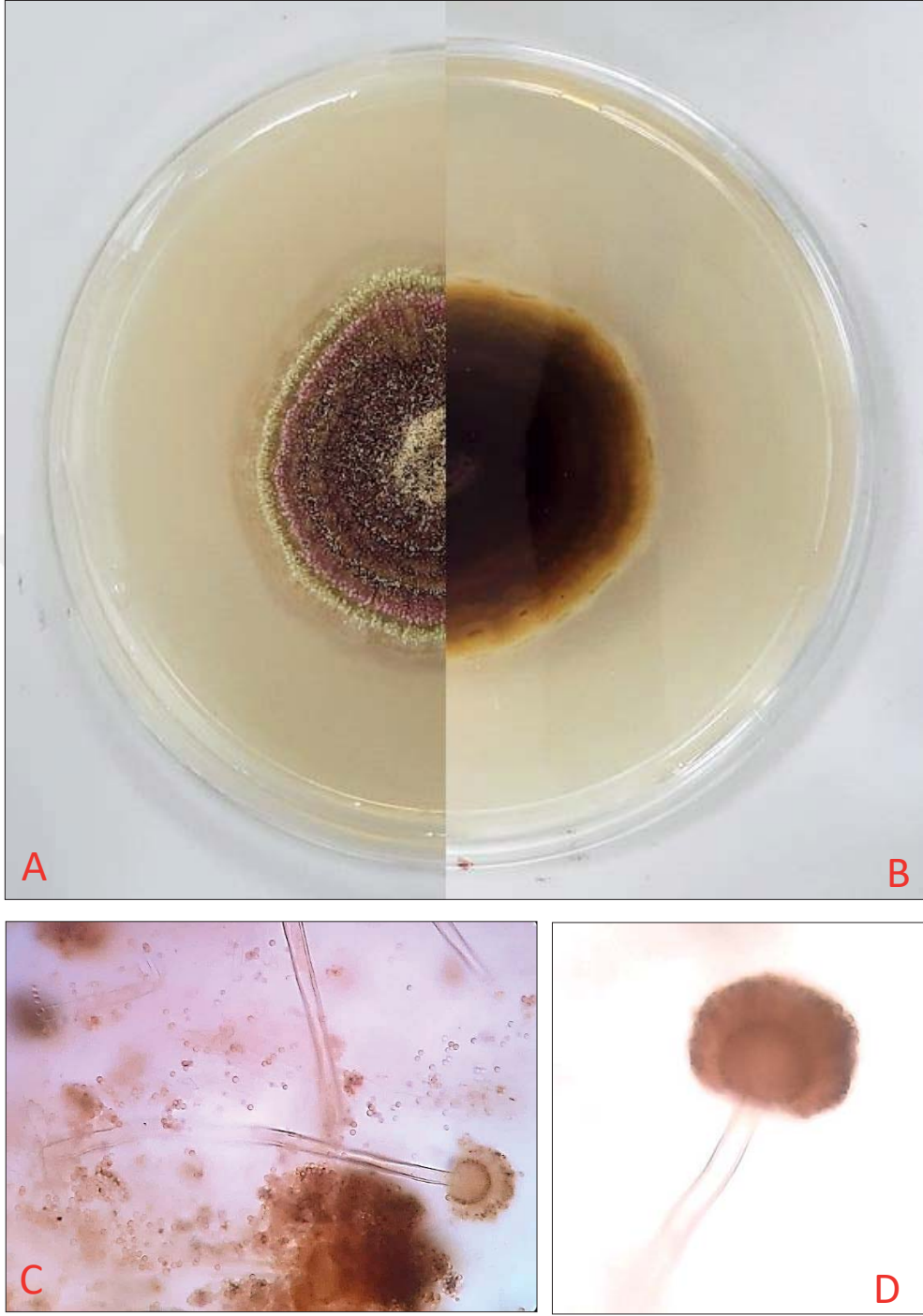


Şekil 4.2. Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü yazma eser depolarının havasından izole edilen fungusların yüzde dağılımı

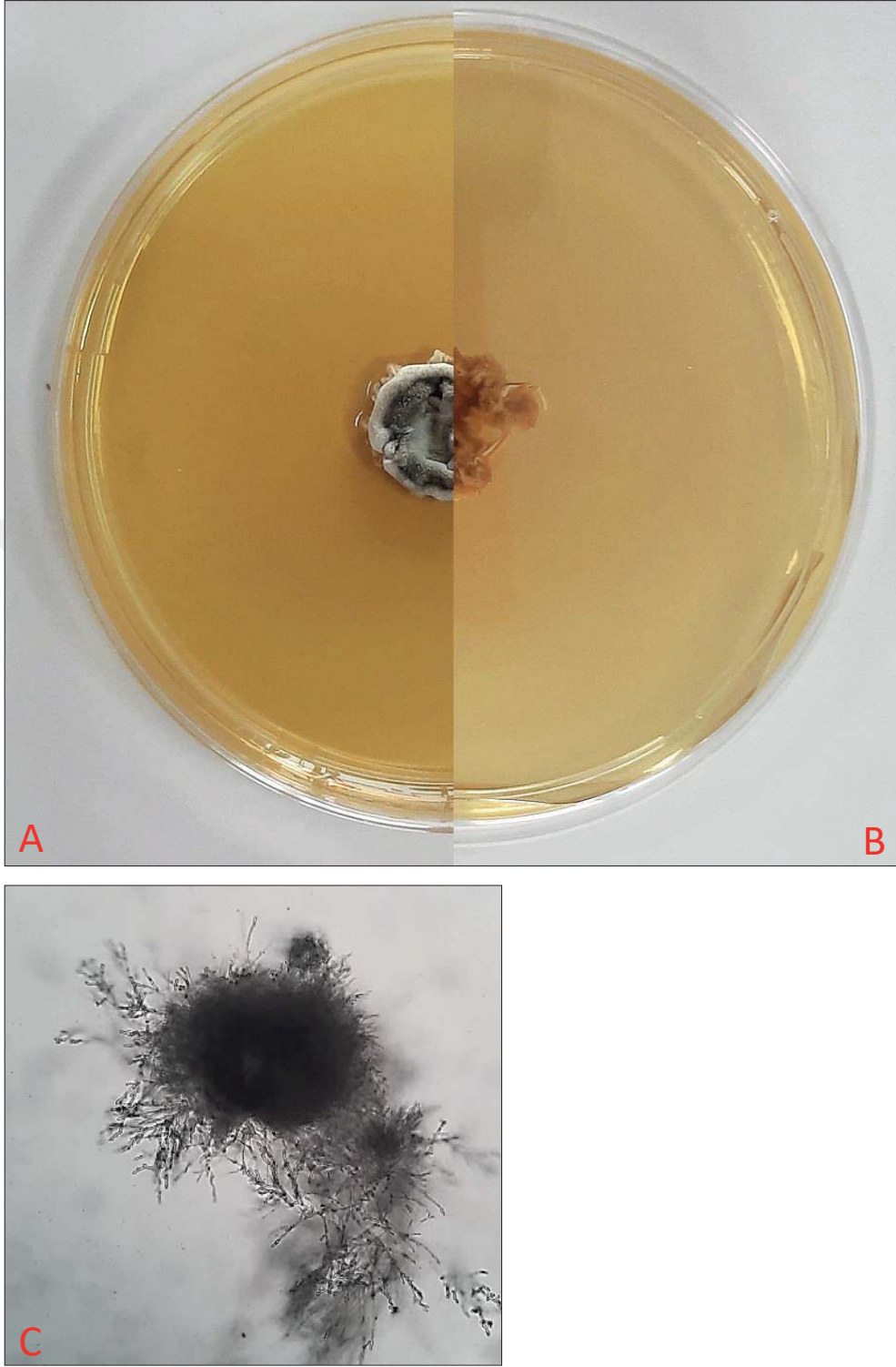
Bu fungusların, sahip oldukları pigmentli yapılar sayesinde kağıtta renklenmelere neden oldukları, aynı zamanda ürettikleri enzimlerle de kağıt liflerini bozdukları literatürde belirtilmektedir (Pinheiro vd., 2019, s. 6,7; Pavlović vd., 2023, s. 7). Pigmentler, kağıt yüzeyine nüfuz ederek estetik ve maddi değer kaybına yol açarken, enzimler kağıdın yapısal bütünlüğünü zayıflatmaktadır (Pérez vd., 2002, s. 55-57). Bu süreç, kağıdın dayanıklılığını azaltarak daha hızlı biyodeterasyona uğramasına neden olmaktadır. Fungusların pigment ve enzim üretimi, kağıt malzemelerin korunmasında ve restorasyonunda dikkate alınması gereken önemli faktörler arasında yer almaktadır.



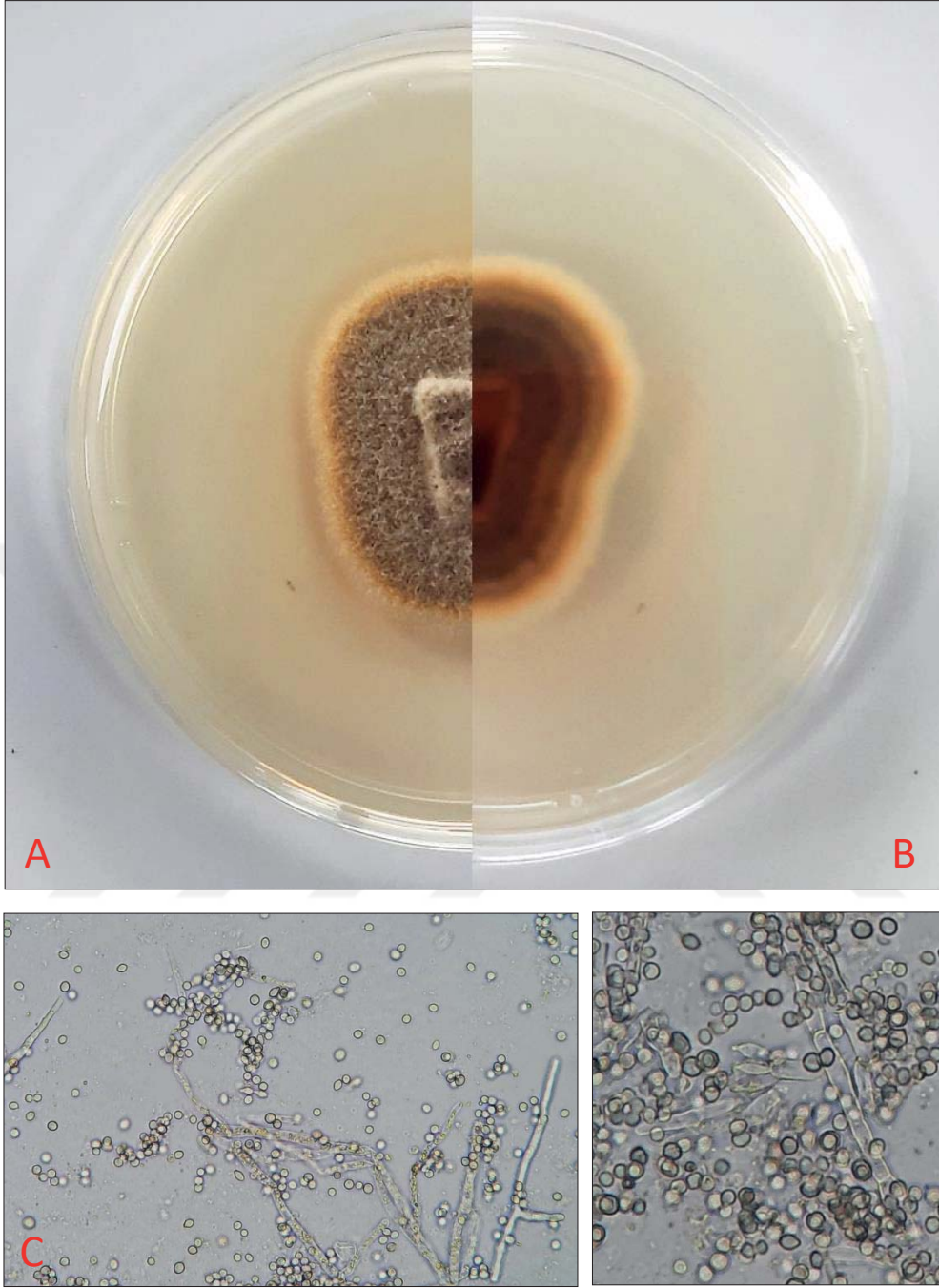
Resim 4.1. *Alternaria* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü



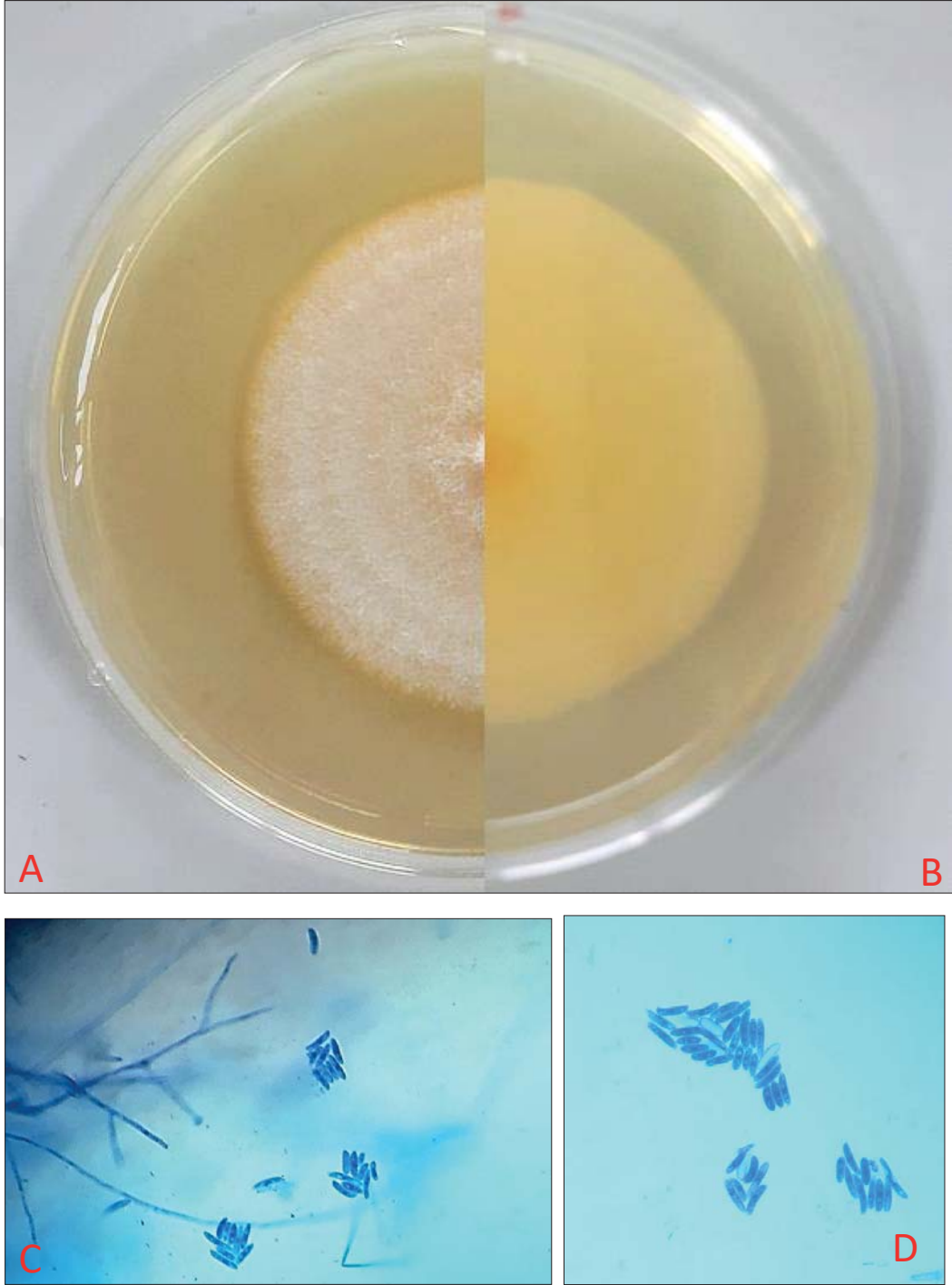
Resim 4.2. *Aspergillus* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü



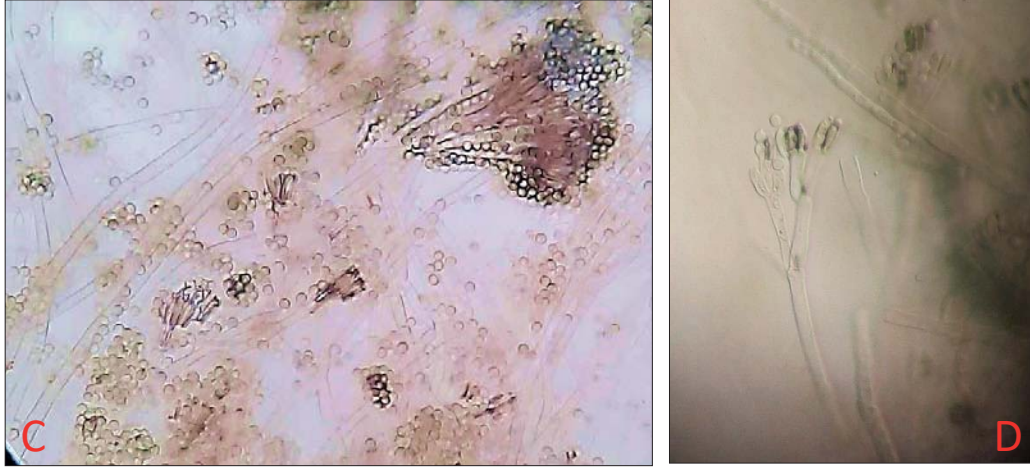
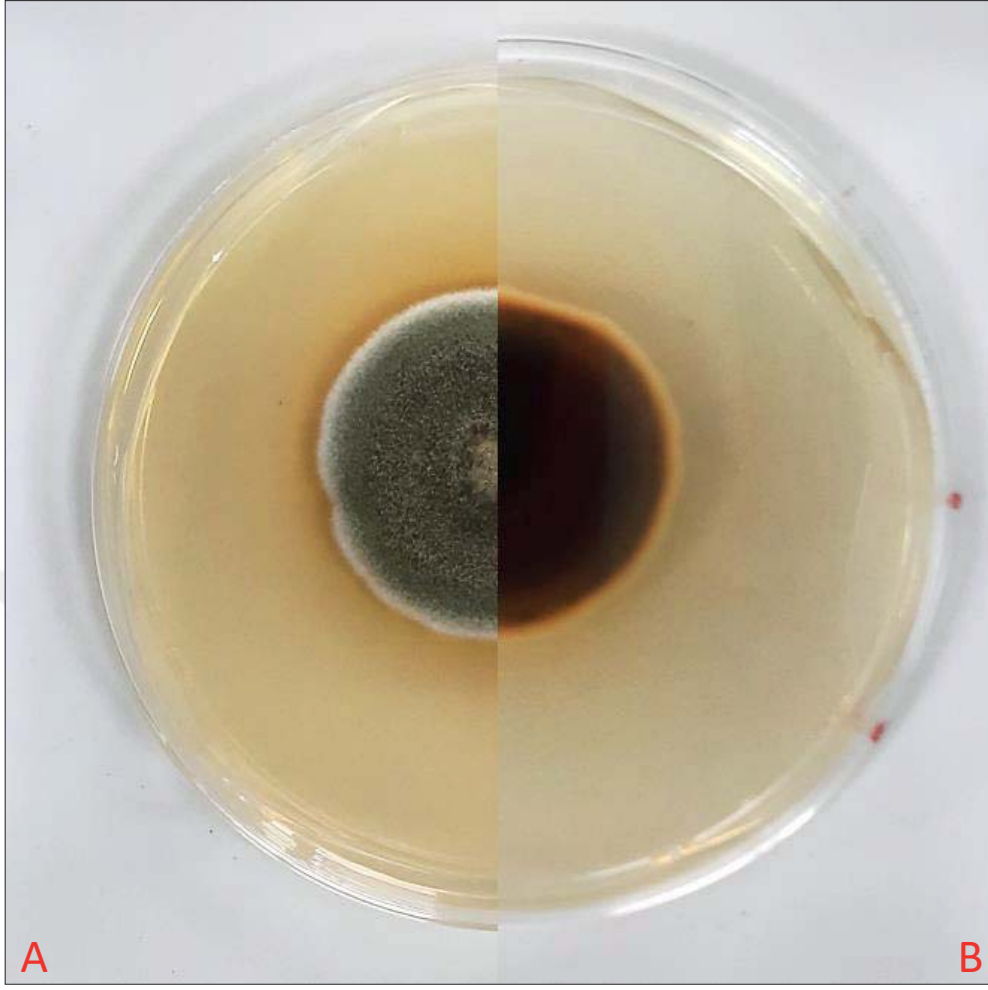
Resim 4.3. *Chaetomium* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü



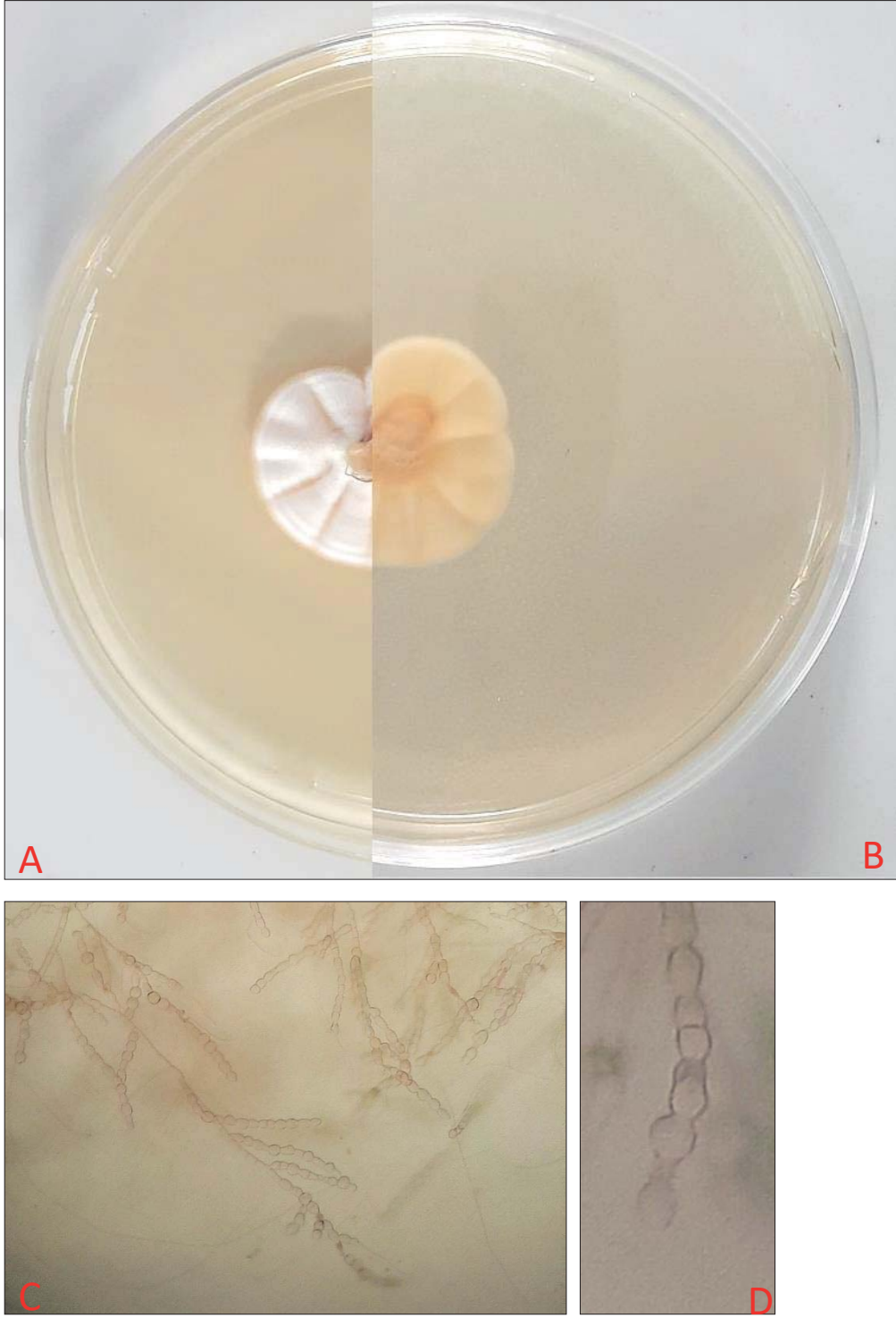
Resim 4.4. *Cladosporium* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü



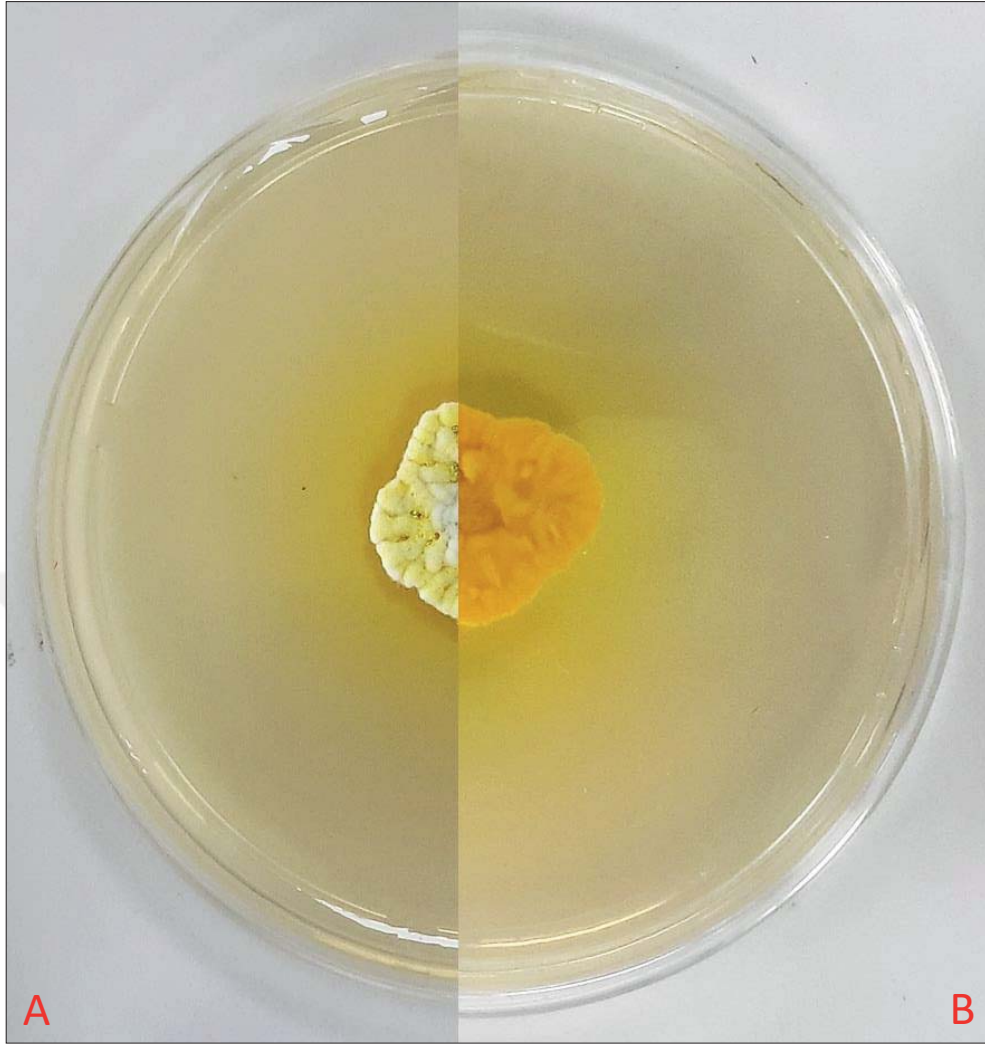
Resim 4.5. *Fusarium* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü



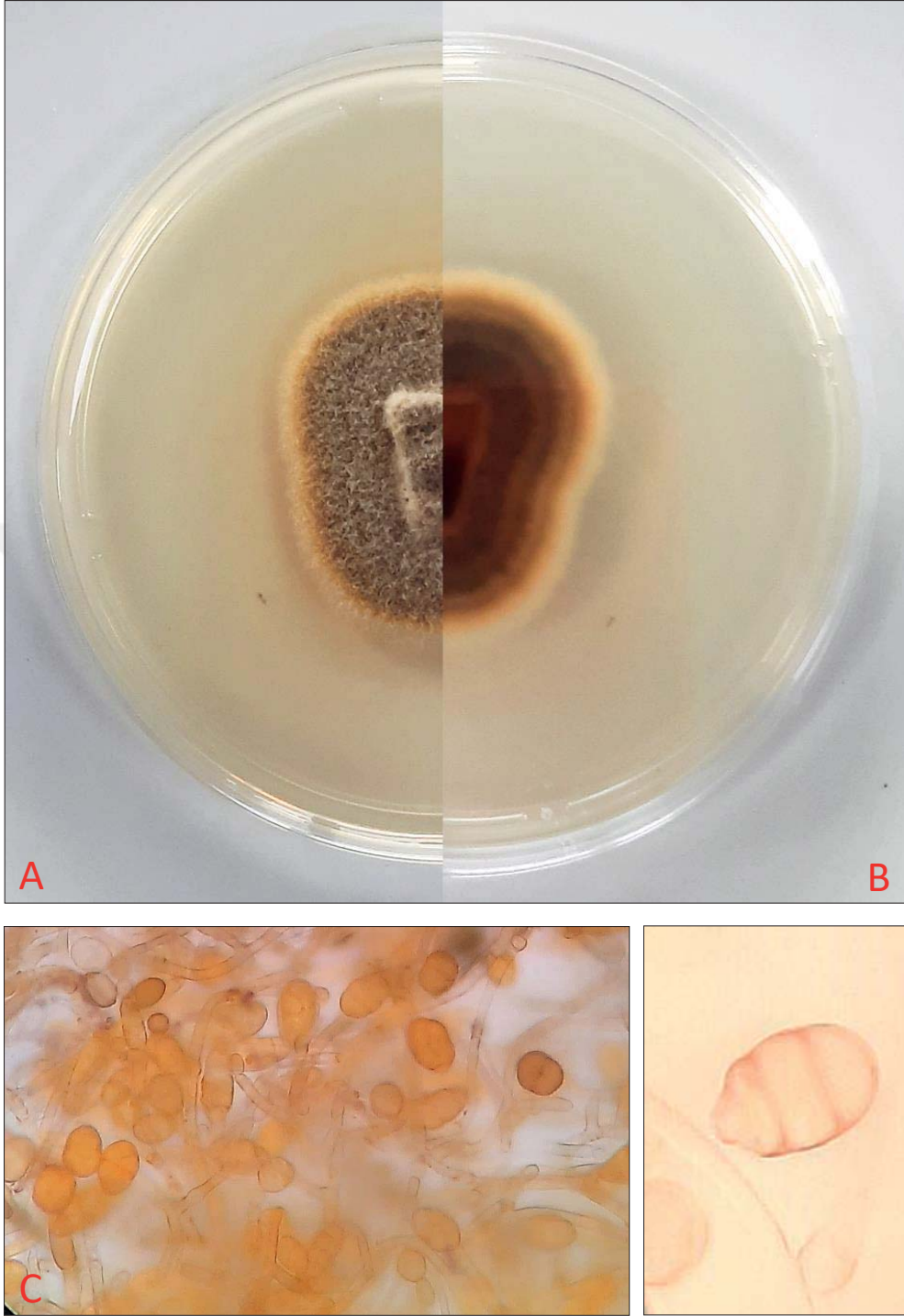
Resim 4.6. *Penicillium* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü



Resim 4.7. *Monilinia* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü



Resim 4.8. *Trichoderma* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü



Resim 4.9. *Ulocladium* sp. fungus cinsinin (A) petrideki üstten görüntüsü, (B) petrideki alttan görüntüsü, (C) Işık mikroskobu x40 büyütme sonucu görüntüsü, (D) spor yapısının detay görüntüsü

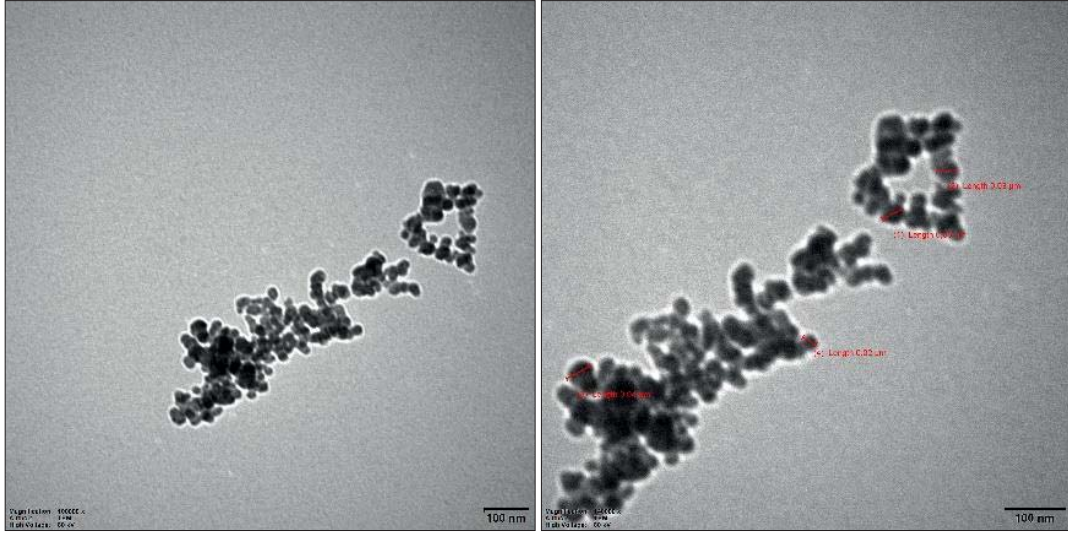
4.3. Nanomateryal Karakterizasyon Sonuçları

Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında, Sol-Jel yöntemi kullanılarak TiO_2 NPs başarılı bir şekilde sentezlenmiştir (Resim 4.10). Elde edilen TiO_2 NPs'nin karakterizasyonu, Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) ve X-Işını Difraktometresi (XRD) teknikleri kullanılarak kapsamlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

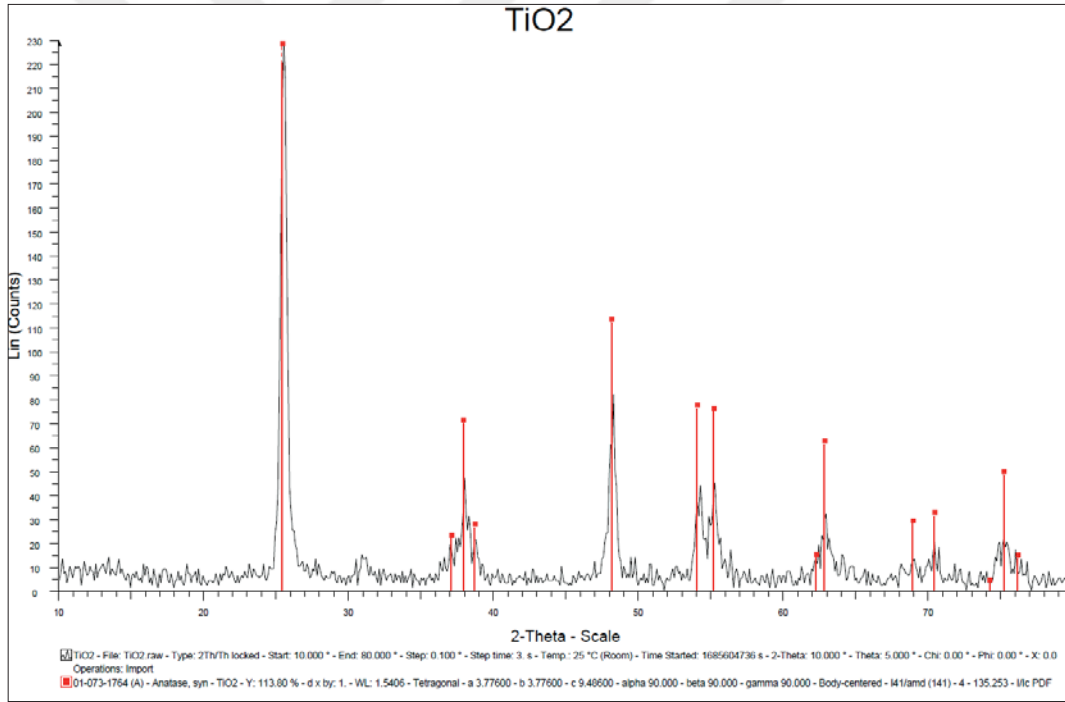


Resim 4.10. Xerogel formda TiO_2

TEM analizi sonuçlarına göre, TiO_2 NPs'nin boyutlarının 20-40 nanometre aralığında olduğu tespit edilmiştir (Resim 4.11). Bu boyut aralığı, nanopartiküllerin homojen bir dağılım gösterdiğini ve küresel morfolojide olduğunu ortaya koymaktadır.



Resim 4.11. TiO_2 NPs'nin Geçirimli Elektron Mikroskop (Transmission Electron Microscope (TEM)) görüntüsü

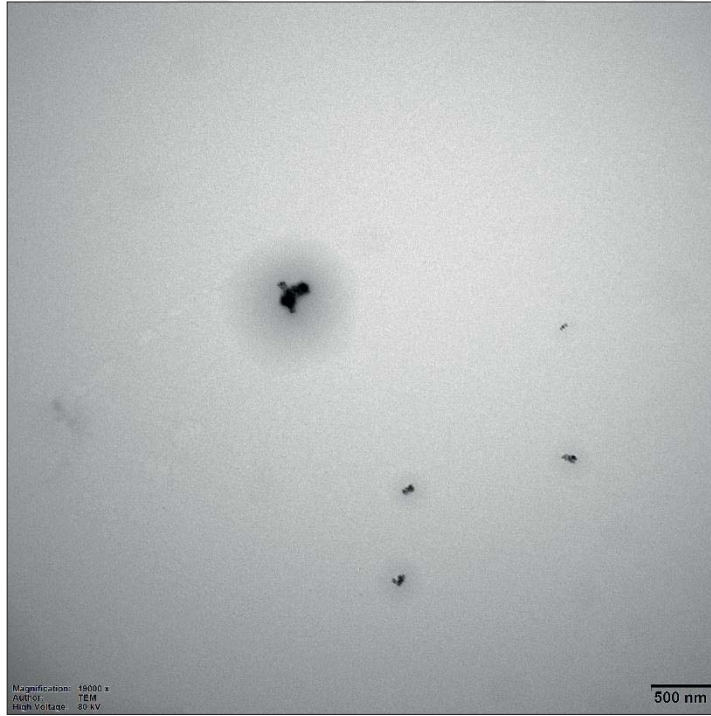


Şekil 4.3. TiO_2 NPs'nin anatase formda tetragonal yapısının XRD sonuçları

XRD analizi ise, TiO_2 NPs'nin kristal yapısını ve faz kompozisyonunu belirlemek için kullanılmıştır. XRD sonuçları, sentezlenen TiO_2 NPs'nin tetragonal yapıda ve anatase formunda olduğunu doğrulamıştır (Şekil 4.3). Bu sonuçlar, nanopartiküllerin yüksek kristallik derecesine sahip olduğunu ve Sol-Jel yöntemi ile üretilen TiO_2 NPs'nin istenilen kristal fazında başarıyla sentezlendiğini göstermektedir. Bu kapsamlı karakterizasyon çalışmaları, Sol-Jel yöntemi ile elde edilen TiO_2 NPs'nin, çeşitli

endüstriyel ve bilimsel uygulamalar için uygun fizikokimyasal özelliklere sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle, nanopartiküllerin belirlenen boyut aralığı ve kristal fazı ileri malzeme bilimi araştırmalarında ve teknolojik uygulamalarda kullanım potansiyelini vurgulamaktadır. Bu nedenle koruma ve onarım gibi disiplinler arası alanlarda da değerlendirilmesi gereken ürünler arasında yer alacaktır.

Yine Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında üretilen TiO_2 NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE karakterizasyonu, Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) kullanılarak detaylı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. TEM analiz sonuçlarına göre, üretilen TiO_2 NPs'nin Thyme EO-NE matrisi içerisine başarılı bir şekilde entegre olduğu tespit edilmiştir (Resim 4.12).



Resim 4.12. Thyme EO-NE+ TiO_2 NPs'nin TEM görüntüsü

Bu entegrasyon, TiO_2 NPs'nin Thyme EO-NE ile uyumlu bir yapı oluşturduğunu ve bu yapının fizikokimyasal özelliklerini etkilediğini göstermektedir. Bu bulgular, TiO_2 NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin potansiyel uygulama alanlarını genişletebilecek nitelikte olup, ileri çalışmalar için önemli bir temel oluşturmaktadır.

4.4. Biyosidal Ürünlerin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

4.4.1. Kirby-Bauer Analizi Sonuçları

Kirby-Bauer tarafından geliştirilen bu test, mikroorganizmaların kağıt disklerle emdirilen biyosidal ürünlere olan duyarlılığını, oluşturdukları inhibisyon zon çapları ölçülerek değerlendirmektedir (Şekil 3.5.). Testin prensibine göre, bir mikroorganizma biyosidale ne kadar duyarlıysa, biyosidal ürün emdirilmiş diskin etrafında oluşan inhibisyon zon çapı da o kadar geniş olacaktır. Bu çalışma kapsamında elde edilen araştırma sonuçları, bakteri ve fungus özelinde detaylandırılarak Tablo 4.3'te sunulmuştur. Bu tablodaki veriler, farklı mikroorganizmaların çeşitli biyosidal ürünlere (Tablo 3.2.) karşı duyarlılık seviyelerini karşılaştırmalı olarak göstermekte ve biyosidal ürünlerin etkinliği hakkında kapsamlı bilgiler sağlamaktadır.

FUNGUS

	Zon Çapı (mm)						
	Biyosidal Uygulamaları						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Alternaria</i> sp.	30±1	35±1	15±1	17±1	35±1	0	17±1
<i>Aspergillus</i> sp.	35±2	22±2	18±2	20±2	12±2	0	15±2
<i>Chaetomium</i> sp.	34±1	35±1	20±1	15±1	25±1	0	15±1
<i>Cladosporium</i> sp.	30±1	35±1	20±1	20±1	15±1	0	30±1
<i>Fusarium</i> sp.	30±1	30±1	0	15±1	0	0	0
<i>Monilinia</i> sp.	30±1	37±1	20±1	20±1	24±1	0	27±1
<i>Penicillium</i> sp.	30±1	40±1	18±1	20±1	30±1	0	20±1
<i>Trichoderma</i> sp.	36±1	40±1	15±1	20±1	40±1	0	17±1
<i>Ulocladium</i> sp.	32±1	30±1	13±1	18±1	30±1	0	15±1

BAKTERİ

	Zon Çapı (mm)						
	Biyosidal Uygulamalar						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Bacillus</i> sp. (Gr+)	14±2	17±1	15±3	20±1	18±2	0	14±2

<i>Bacillus</i> sp. (Gr-)	14±2	14±2	15±2	19±1	15±2	0	16±3
<i>Micrococcus</i> sp.	32±1	27±1	17±1	16±1	22±1	0	15±1
<i>Staphylococcus</i> sp.	15±3	16±1	15±1	19±1	16±1	0	14±1
<i>Streptobacillus</i> sp.	17±1	21±2	12±2	16±1	16±1	0	14±1

Tablo 4.3. Kirby-Bauer Testi ile biyosidal ürünlerin mikroorganizmalar üzerindeki etki değerlendirmesi

Tablo incelendiğinde sütun 6 da yer alan ve nanoemülsiyon hazırlanmasında kullanılan surfaktanın (Tween-20) mikroorganizmaların üremesi üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı, elde edilen zon çaplarının sıfır olmasıyla kanıtlanmıştır. Bu bulgu, Tween-20'nin antimikrobiyal aktiviteye sahip olmadığını ve mikroorganizmalar üzerinde inhibe edici (gelişimlerini durdurucu veya yok edici) bir etkisinin bulunmadığını göstermektedir. Bu durum, Thyme EO (sütun 5) ve TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin (sütun 1-2) antimikrobiyal etkinliğinin, Tween-20'nin potansiyel etkilerinden bağımsız olarak incelenebilmesini mümkün kılmaktadır. Böylece, sadece TiO₂ NPs (sütun 3-4), Thyme EO, TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin ve %70 EtOH'un (sütun 7) mikroorganizmalar üzerindeki etkilerinin objektif bir şekilde değerlendirilmesine de olanak sağlamıştır. Dolayısıyla, elde edilen sonuçlar, bu bileşenlerin mikroorganizmalar üzerindeki spesifik etkilerini ortaya koymada güvenilir bir temel sunmaktadır. Özellikle yeni formüle edilen TiO₂ NPs (%1-2) ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin antimikrobiyal aktiviteleri hem temel bilim araştırmalarında hem de uygulamalı bilimlerde kullanılmak üzere önemli bulgular sağlamıştır.

Tabloya 4.3.'e göre konservasyon alanında en çok kullanılan %70 EtOH'un etkileri değerlendirildiğinde inhibisyon zon çapının 0-30±1 aralığında bulunduğu tespit edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki %70 EtOH'un *Fusarium* sp. cinsi üzerinde antimikrobiyal etkisi yokken en fazla etkiyi *Cladosporium* sp. (30 mm) ile *Monilinia* sp. (27mm) cinsleri üzerinde göstermiş olduğudur. Bu iki grup kütüphanedeki toplam fungus popülasyonunun sadece %8.20'sini kapsamaktadır. Genel olarak düşük zon çapına sahip olması %70 EtOH uygulamasının kütüphane genelinde mikroorganizma sayısının azaltılmasında başarı şansının düşük olacağını göstermektedir.

Tablodaki veriler konservasyon alanında en çok kullanılan %70 EtOH ile TiO₂ NPs (%1-2) ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE kıyaslandığında yeni formülasyonun

başarı yüzdesinin fungus cinsleri üzerinde en az % 11,11 en fazla %113,33 daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca en dirençli fungus cinsi *Fusarium* sp. üzerinde %70 EtOH'un etkisi bulunmazken TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin antimikrobiyal aktivitesinin bulunması dikkat çeken sonuçlar arasındadır.

Bir başka dikkat çeken hususta fungus grupları üzerinde TiO₂ NPs ve Thyme EO bireysel olarak verdikleri zon çapları ile TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin verdiği zon çapları kıyaslandığında yeni formülasyonun genel olarak daha geniş zon çapına sahip olduğu dolayısı ile daha etkili olduğu görülmektedir.

Genel olarak bakteri gruplarına bakıldığında yüksek konsantrasyonlu TiO₂ NPs daha etkili olduğu görülmektedir. Fakat %70 EtOH yüksek konsantrasyonlu TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE ile pozitif yönlü bir artış göstermektedir. Özellikle *Micrococcus* sp. üzerinde TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin mikrobiyal etkisi %70 EtOH'a kıyasla %133,33 oranında arttığı tespit edilmiştir.

4.5. Biyosidal Ürünlerin Kağıt Üzerindeki Etkileri Değerlendirilmesi

4.5.1. Renk Spektrofotometresi Sonucu

Whatman No:1 yüzeyine TiO₂ NPs (%1-2) ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE; püskürtme, fırça, emdirme veya daldırma teknikleri ile uygulanmış ardından; numuneler ve kontroller, TAPPI T453 göre 105°C'de 3 gün kuru sıcaklıkta yaşlandırılmıştır. Yaşlanmanın ardından CIE L*a*b* Renk Spektrofotometresi ölçülerek elde edilen Δb değerleri $\Delta b^* = [b_s^* - b_i^*]$ formülasyonu ile hesaplanarak Tablo 4.4.'te yer verilmiştir.

Uygulama Tekniği	Biyosidal Uygulamaları	Δb değeri
Daldırma	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%1)	3,56
	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%2)	2,11
Emdirme	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%1)	1,05
	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%2)	0,61
Fırça	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%1)	2,16
	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%2)	2,14
Püskürtme	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%1)	1,79
	Thyme EO:Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v)+TiO ₂ NPs (%2)	0,04

Tablo 4.4. CIE L*a*b* Renk Spektrofotometresi sonucu

Elde edilen verilere göre uygulama yöntemi fark etmeksizin Δb değerlerinin genel olarak stabil ($-3 \leq \Delta b^* \leq 3$) ya da orta derece de stabil ($3 < \Delta b^* \leq 8$) olduğu sonucuna varılmıştır. Ek olarak TiO_2 NPs'nin yüzde olarak artışı Δb değerini düşürerek, stabilitesinin artmasına neden olduğu da tespit edilmiştir.

4.5.2. SEM-EDS Sonuçları

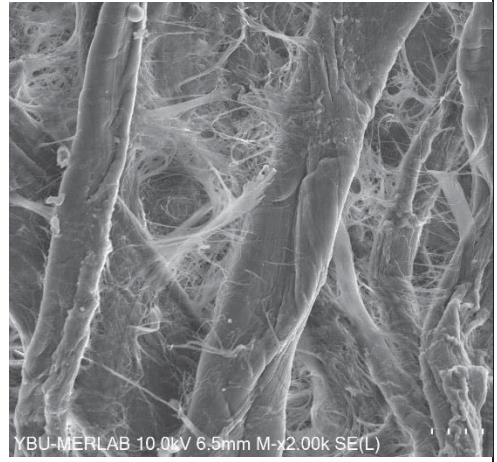
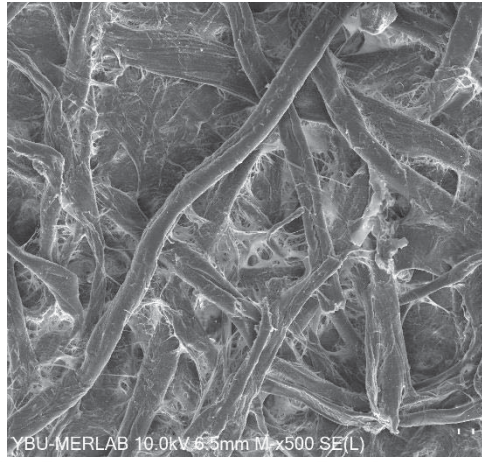
TiO_2 NPs (%1-2) ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin Whatman No:1 kağıdında neden olduğu fiziksel ve kimyasal yapı değişiklikleri, Renk Spektrofotometresi kullanılarak değerlendirilmiş ve bu değişiklikler Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS) analizleri ile ayrıntılı olarak incelenmiştir (Tablo 4.5.). Uygulama yöntemi fark etmeksizin, bu yeni biyosidal ürünün kağıt lifleri üzerindeki genel etkileri şu şekilde gözlemlenmiştir:

- Biyosidal ürün, kağıt liflerinin yüzeyinde irili ufaklı kütleler halinde tutunmaktadır. Bu tutunma, ürünün kağıt lifleriyle fiziksel olarak etkileşime girdiğini göstermektedir.
- Kağıdın doğal porlu yapısını örtmeyerek, kağıdın higroskopik (nem çekme) yapısını bozmamaktadır. Bu durum, biyosidal ürünün kağıdın orijinal fiziksel özelliklerini büyük ölçüde koruduğunu ve nem dengesi üzerinde olumsuz bir etkisi olmadığını ortaya koymaktadır.
- Yapay yaşlanma işlemi sonrası, Whatman No:1 kağıdının kontrol grubunda lifler arasında çözünme ve birbirlerine yapışma olayları gözlemlenirken, yeni formüle edilmiş biyosidal ürünün bu ayrılma-yapışma olayına değişen oranlarda etkide bulunduğu tespit edilmiştir. Bu durum, biyosidal ürünün kağıdın yaşlanma sürecine etkisini ve bu süreçteki yapısal değişikliklere olan katkısını ortaya koymaktadır.

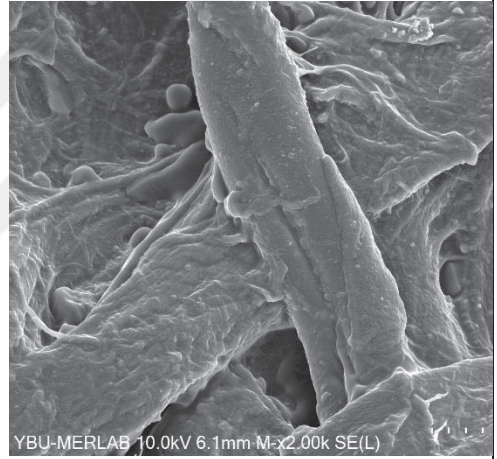
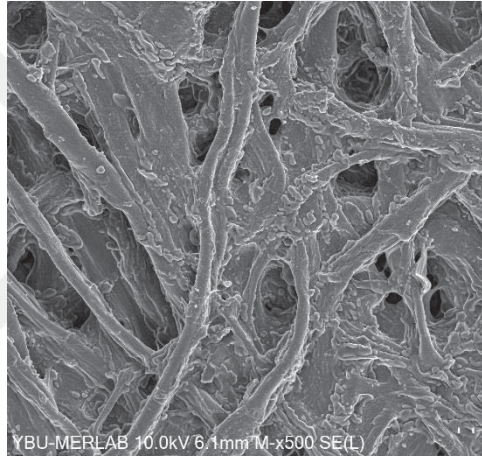
100µm ölçekte

30µm ölçekte

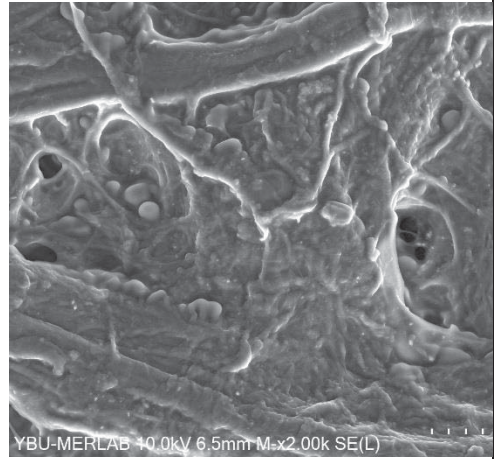
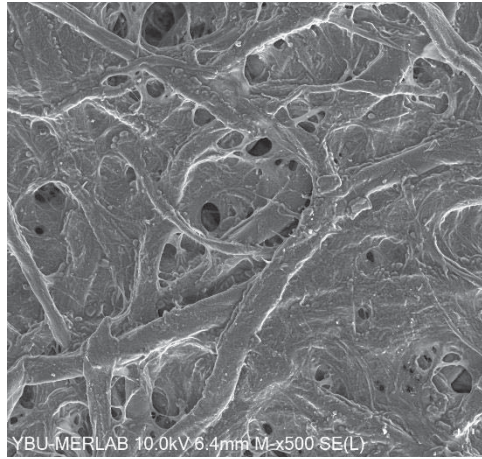
Kontrol



Daldırma ♣¹³

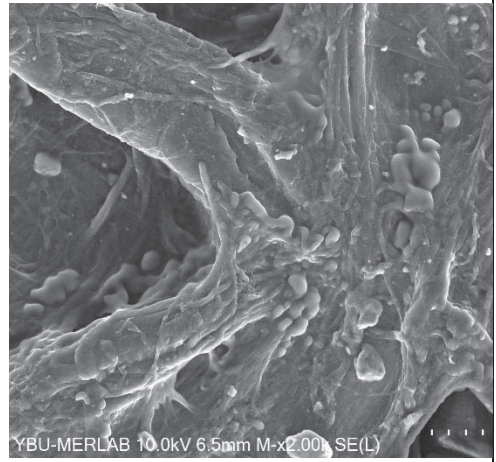
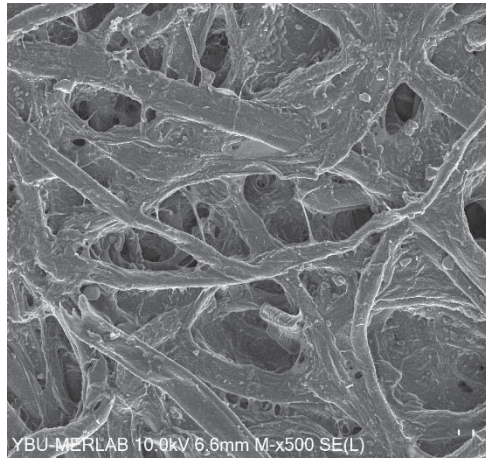


Daldırma ♠

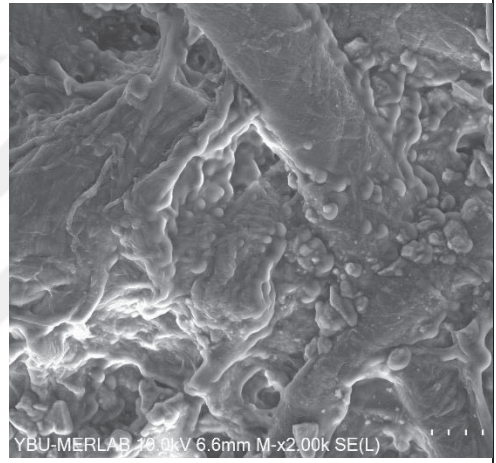
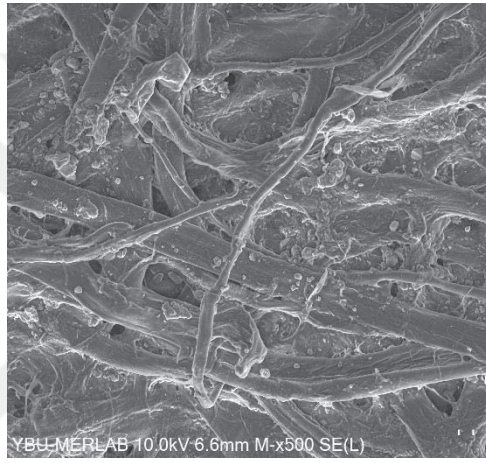


¹³ ♣- Thyme EO: Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v) +TiO₂ NPs (%1)
♠- Thyme EO: Tween-20: %70 EtOH (1:3:4 v/v) +TiO₂ NPs (%2)

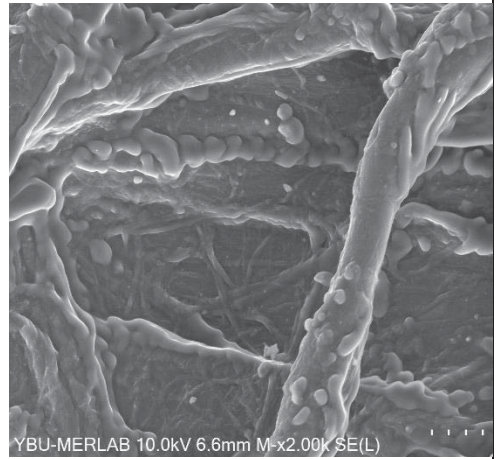
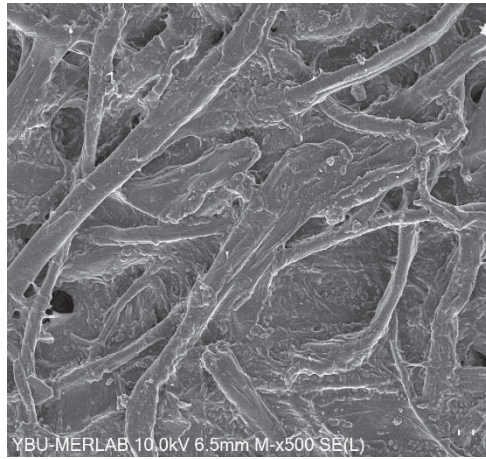
Endirne-♣

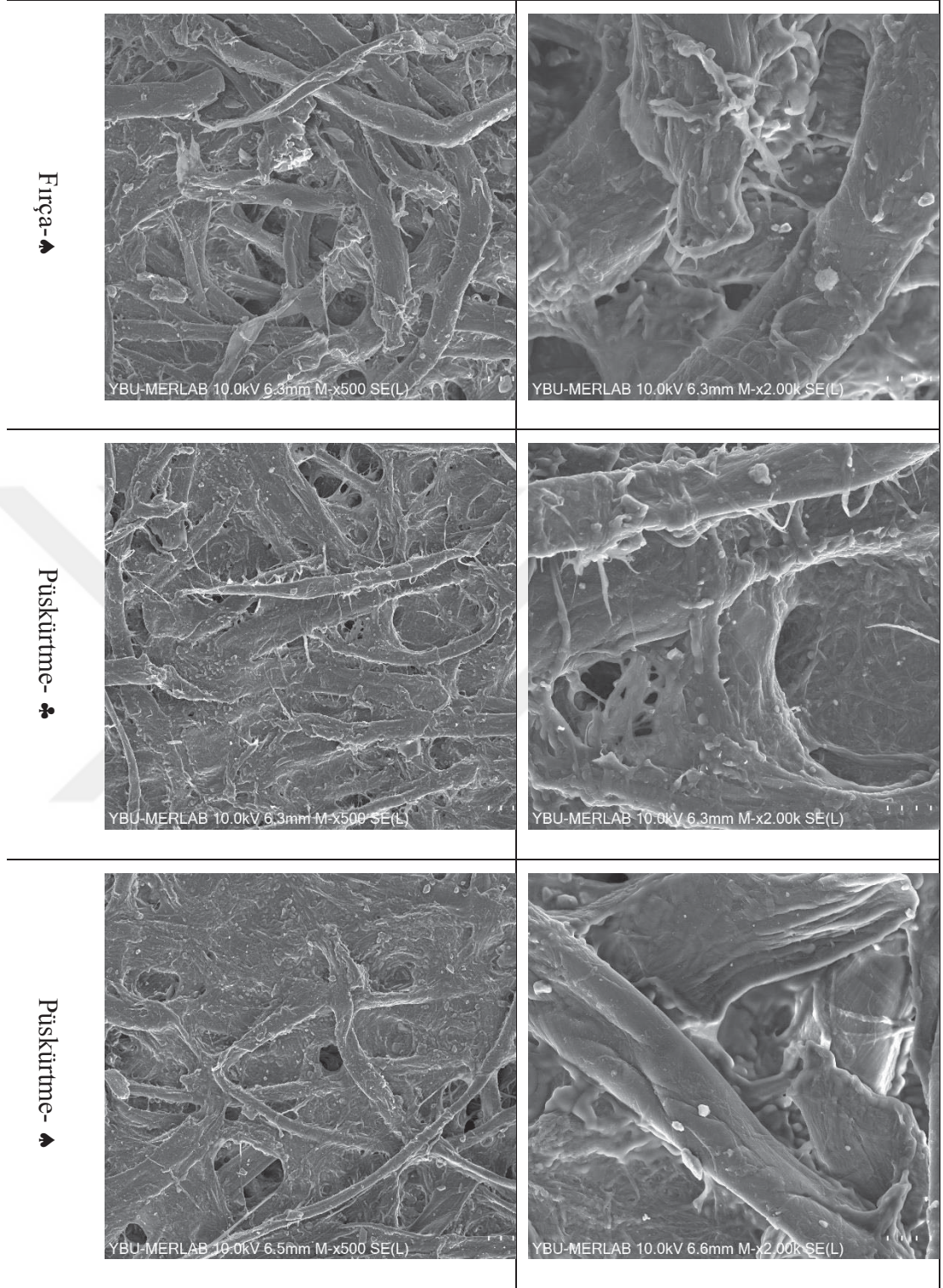


Endirne-♠



Fırça-♣





Tablo 4.5. TiO_2 NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE uygulanmış Whatman No:1 kağıdı lif yapılarının SEM analizi

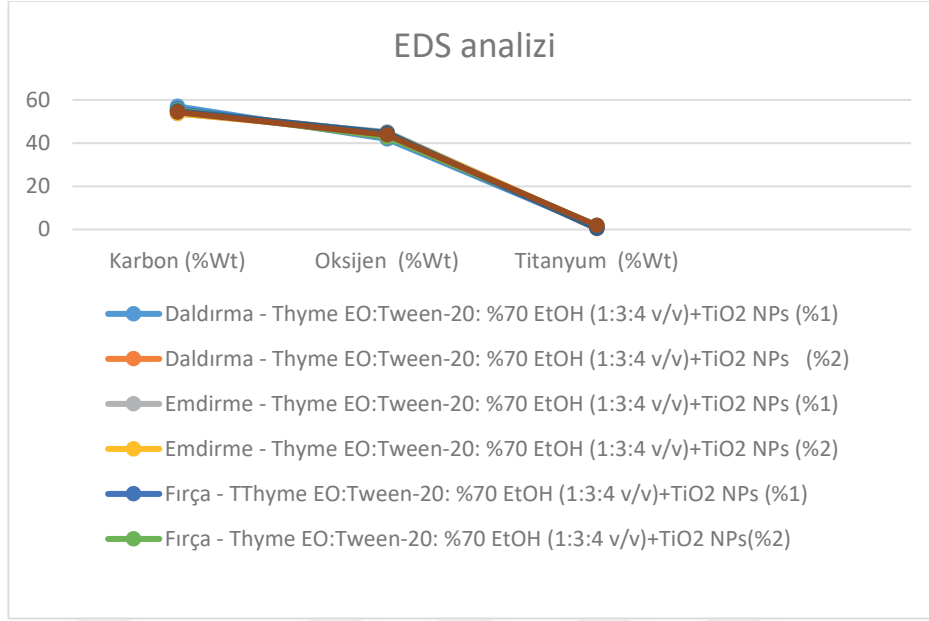
SEM ile, özellikle TiO₂ NPs'nin yüzdesel artışının kağıt lifleri üzerindeki fiziksel ve kimyasal değişimlere olan etkileri ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Daldırma ve emdirme yöntemleri kullanılarak yapılan uygulamalarda, TiO₂ NPs yüzdesinin artışı ile kağıt yüzeyinde daha fazla birikme dolayısı ile por yapılarında bir miktar küçülme gözlemlenmiştir. Bu durum, yeni formülasyonun kağıt yüzeyine etkili bir şekilde tutunduğunu ve por yapılarında bir miktar küçülme görülmesine rağmen yaşlanma ile beraber gelen lifler arasında çözünme ve birbirlerine yapışmanın önüne geçerek kağıdın fiziksel özelliklerini önemli ölçüde koruduğunu ortaya koymuştur.

Fırça ile uygulama yönteminde, TiO₂ NPs yüzdesinin artışının kağıt lifleri üzerinde belirgin bir fark yaratmadığı tespit edilmiştir. SEM görüntüleri, bu uygulama yönteminin kağıt yüzeyine homojen olarak dağıtma kapasitesinin sınırlı olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, fırça ile uygulamanın, kağıt yüzeyine etkili bir şekilde penetre olmasını engellediğini ve dolayısıyla yüzeyde homojen bir kaplama sağlamadığını düşündürmektedir.

Püskürtme ile uygulama yönteminde ise, diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, ürünün kağıt yüzeyine ulaşma ve dağılma etkinliğinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubuna kıyasla, püskürtme ile uygulanan kağıt liflerinde daha belirgin bir dağılma gözlemlenmiştir. SEM analizleri, püskürtme yöntemi ile uygulanan kağıtların yüzey topografisinde düzensizlikler ve liflerin yapısında bozulmalar olduğunu göstermiştir.

EDS analizine göre, uygulamalar sonrasında kağıt liflerinde Karbon (C), Oksijen (O) ve Titanyum (Ti) dışında başka bir elemente rastlanmamıştır. Analiz sonuçları arasında belirgin bir fark gözlenmemiş olup, tüm yöntemlerde benzer elementel dağılım elde edilmiştir (Şekil 4.4.). Bu durum, kullanılan biyosidal ürünün kağıt liflerinin kimyasal bileşenlerinde önemli bir değişiklik yapmadığını ve uygulama yönteminin elementel dağılım üzerinde etkili olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.4. EDS analiz sonucu

SEM ve EDS analizleri, biyosidal ürünün kağıt lifleri üzerindeki mikroskobik değişiklikleri ve element dağılımını detaylı bir şekilde ortaya koymuştur. SEM görüntüleri, biyosidal ürünün uygulandığı kağıt yüzeylerindeki topografik değişiklikler ve mikroskopik kütleleri gösterirken, EDS analizi ise ürünün kimyasal bileşenlerinin kağıt yüzeyinde homojen bir şekilde dağıldığını göstermiştir.

Bu sonuçlar, TiO_2 NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin kağıt konservasyonundaki potansiyel kullanımına yönelik önemli bulgular sağlamıştır. Yeni formüle edilmiş biyosidal ürünlerin daldırma ve emdirme yöntemleri kullanıldığında kağıdın hem fiziksel hem de kimyasal stabilitesini koruyarak uzun vadeli koruma sağladığı görülmüştür.

Ayrıca bu durum konservasyon çalışmalarında kullanılacak biyosidal ürünlerin uygulanma yöntemlerinin, kağıt materyallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkileri olduğunu da vurgulamaktadır. Uygulama yöntemlerinin seçiminde, materyalin korunması ve hasarın minimize edilmesi açısından dikkatli değerlendirmeler yapılması gerektiğini göstermiştir.

5. TARTIŞMA

Uygun koşullar altında, mikroorganizmalar arşiv ve kütüphane malzemelerini biyodeterasyona uğratmaktadır. Bu nedenle kütüphane ve arşivlerde biyodeterasyona neden olan biyoaerosol (mikroorganizma) yoğunluklarının tespiti için çoğunlukla aktif veya pasif hava örneklem metodu kullanılmaktadır (De Nuntiis vd., 2003, s. 122-131; Cappitelli vd., 2009, s. 11; Pasquarella vd., 2012, s. 210,211).

Pasif hava örnekleme (çöktürme-sedimentasyon) yöntemi katı besiyeri içeren petri kaplarının örnekleme yapılacak ortamda belirli bir süre açık bırakılması esasına dayanmaktadır. Aktif örneklemede ise bu iş için tasarlanmış cihazlar kullanılmaktadır. Örnekleme yapılacak ortamın hacimsel büyüklüğü göz önüne alınarak birden fazla bölgede konumlandırılarak örnekleme işlemi gerçekleştirilmektedir (Zerek, 2014, s. 118,119). Cihaz belirli bir miktar ortam havasını vakumlayarak besiyeri üzerine püskürtme prensibi ile çalışmaktadır. Bu cihazlar kullanımı kolay ve yüksek verimli örnek alma özelliğine sahip olmasının yanı sıra havadan homojen bir şekilde biyoaerosollerin toplanmasına da olanak sağlamaktadır. Böylelikle mikroorganizmaların metreküpte oluşturduğu koloni sayısı (cfu/m^3) da belirlenebilmektedir (Sandle, 2010, s. 87).

Mikrobiyal kirlilik ölçümleri fungus ve bakterilerin neden olduğu, kağıtta biyodeterasyonu önlemek veya sınırlamak için yararlı stratejiler geliştirmekte önemli veriler sağlamaktadır (De Nuntiis vd., 2003, s. 122-131).

Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nin hava kalitesinin değerlendirilmeye alınması Türkiye'de bir ilk olup sahip olduğu dört adet yazma eser deposunun havasından PCE- AS1 marka hava örnekleyici ile havadan mikroorganizma toplanmıştır. Elde edilen verilere göre metreküpte oluşturduğu koloni sayısı bodrum katta (sağ taraf) $453,3 \text{ cfu/m}^3$ bakteri, $306,6 \text{ cfu/m}^3$ fungus; bodrum katta (sol taraf) $453,3 \text{ cfu/m}^3$ bakteri, $326,6 \text{ cfu/m}^3$ fungus; zemin katta $160,0 \text{ cfu/m}^3$ bakteri, $120,0 \text{ cfu/m}^3$ fungus; ikinci katta $746,6 \text{ cfu/m}^3$ bakteri, $1273,3 \text{ cfu/m}^3$ fungus olarak tespit edilmiştir. Avrupa Toplulukları Komisyonu (CEC)'in endüstriyel olmayan tesisler için hazırlamış olduğu rapora göre değer aralığı $100\text{-}500 \text{ cfu/m}^3$ olan orta kirlilikte $\geq 500 \text{ cfu/m}^3$ olan alanlar yüksek kirlilikte kabul edilmiştir (Commission of the European Communities, 1993). Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nden elde edilen veriler

ışığında üç deponun orta kirlilik düzeyinde, bir deponun ise yüksek kirlilik düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Polonya’da 5 ayrı kütüphaneden Graseby-Andersen microbial air sampler ile biyoaerosol izole edilmiş metreküpte oluşturduğu koloni sayısına bakıldığında orta kirli (131-444 cfu/m³ bakteri, 195-483 cfu/m³ fungus) ve yüksek kirli (717-1035 cfu/m³ bakteri, ~ 800 cfu/m³ fungus) oldukları tespit edilmiştir (Karbowska-Berent vd., 2011, s. 1874-1876). Bir diğer Polonya’nın arşiv ve kütüphanelerinde gerçekleştirilen araştırmada Air Sampler MAS-100 Eco kullanılmış olup elde edilen sonuçlara göre arşivin orta-yüksek kirlilikte (320-720 cfu/m³), kütüphanenin ise yüksek kirlilikte (840-880 cfu/ m³) olduğu tespit edilmiştir (Skóra vd., 2015, s. 393-400). İtalya’da yapılan bir araştırmada Sampl'air Lite sampler ile örneklem yapılmış, kütüphane deposu kompakt raylı raf sistemine sahip olmasına rağmen havasının yüksek kirlilikte (1620-2000 cfu/m³ fungus) olduğu tespit edilmiştir (Micheluz vd., 2015, s. 3-6). Göksay Kadaifciler tarafından, İstanbul Üniversitesi Kütüphanesi’nden Millipore MAirT marka hava örnekleyici ile yapılan örneklem sonucunda kütüphane havasının orta-yüksek (270-1920 cfu/m³ bakteri, 235-1850 cfu/m³ fungus) kirlilikte olduğu tespit edilmiştir (Göksay-Kadaifciler, 2017, s. 154-159). Bu ve benzeri sonuçlar göstermektedir ki Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü diğer örneklerde olduğu gibi pasif konservasyonda yetersiz kalmaktadır. Bu durum kurum bazında ve genel anlamda üzerinde durulması gereken iki konuya dikkat çekmektedir.

İlki Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü’nün en kısa sürede depolarındaki mikroorganizma yoğunluğunu düşürecek önlemleri konservasyon programlarına dahil etmesi ve süreklilik açısından bu uygulamayı düzenli aralıklar ile gerçekleştirmesidir. Ek-1’deki gibi örnek bir form kullanılarak gerçekleştirilecek bu uygulama verilerin düzenlenmesinde de etkili olacaktır.

İkincisi ise kanun ve yönetmeliklerle bu yapılacak işlemlerin standartlaştırılması olacaktır. Kütüphaneler ve arşivler için uluslararası bağlayıcı düzenlemelerden biri olan ISO 11799:2003 "Bilgi ve Dokümantasyon -Arşiv ve Kütüphane Materyallerine Yönelik Doküman Depolama Gereksinimleri" bildirisine göre konservatörlerin kağıt bazlı koleksiyonları depolama aralıkları belirlenmiştir. Buna göre sıcaklığın min14°C-max18°C aralığında ve tolere edilebilecek günlük sıcaklık farkının ise ±1°C olduğunu belirtilmiştir. Yine aynı standart içerisinde bağıl nemin min %35- max %50 aralığında

ve tolere edilebilecek günlük bağıl nem farkının ise ± 3 olduğudur (International Organization for Standardization-ISO, 2003).

Kültür ve Turizm Bakanlığı Yazma Eser Kütüphaneleri Çalışma, Yazma ve Eski Harfli Basma Eserlerden Yararlanma Yönetmeliği incelenmiş ilgili yönetmeliğin üçüncü bölümü altıncı maddesi içerisinde kitapların yerleştirilmesi ve depo koşullarının standart durumu hakkında bilgiler elde edilmiştir (T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi, 2003). Bu bilgilere göre sıcaklığın 18°C, bağıl nem oranının %50, ışık şiddetinin 50 lux'ü aşmadığı, pencerelerin ultraviyole ışınlarını geçirmediği, çatı, pencere ve kapıların dış etkenlere karşı korunaklı hale getirilmesi gerekliliğine dair bir madde yer almaktadır. Bu maddeye havadaki mikroorganizmaların metreküpteki koloni yoğunluğunun 0-100 cfu/m³ arasında olmalıdır şeklinde ekstra bir bilginin eklenmesi halinde, arşiv ve kütüphanelerde yer alan eserlerin daha uzun süre sağlıklı kalması garanti altına alınmış olacaktır.

Hava kirliliğinin tespitinin ardından mikroorganizma tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Süreç sonunda elde edilen veriler literatüre giren mikroorganizmalar ile yoğun bir eşleme halindedir. Elde edilen *Streptobacillus* sp., *Bacillus* sp., *Micrococcus* sp., *Staphylococcus* sp. cinsi bakteriler Karbowska-Berent ve arkadaşlarının Polonya arşiv ve kütüphanelerinden elde ettikleri bakteri cinsleri ile eşleştiği tespit edilmiştir (Karbowska-Berent vd., 2011, s. 1876).

Kütüphane ve arşivlerde daha çok fungusların tespitine yönelik araştırmalar bulunmaktadır. Bunların içerisinde *Cladosporium* sp. *Aspergillus* sp. ve *Penicillium* sp. en sık karşılaşılan cinsler olarak rapor edilmiştir (Pinheiro vd., 2019, s. 3). Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nden literatürde en çok görülen bu üç cinse (*Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp. ve *Penicillium* sp.) ek olarak *Alternaria* sp., *Chaetomium* sp., *Fusarium* sp., *Monilinia* sp., *Trichoderma* sp. ve *Ulocladium* sp. cinsi funguslar da izole edilmiştir.

Pinzari ve Gutarowska'nın gerçekleştirmiş olduğu araştırma sonucunda kağıt ve parşömeden yaygın olarak izole edilen bakteri ve fungusları tablo halinde raporlandırmışlardır (Pinzari ve Gutarowska, 2021, s. 89-91). Elde edilen veriler Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü depolarından elde edilen mikroorganizmalar ile örtüştüğü tespit edilmiştir. Bir başka araştırma da ise arşiv ve okuma salonlarından 36 farklı tür fungus izole edilmiş ve elde edilen fungusların *Monilinia* sp. ve

Ulocladium sp. hariç diğer funguslar ile örtüştüğü tespit edilmiştir (Giri, 2020, s. 1567-1572).

Arşiv ve kütüphanelerden bakteri ve fungusları izole ederek bunların teşhis çalışmalarının yanı sıra bunları önlemeye yönelik konservasyon uygulamaları üzerinde de araştırmalar devam etmektedir (Franco-Castillo vd., 2021, s. 634-637). Örneğin Sequeira ve arkadaşları (2014), 20 farklı ülkeden katılımcılarla çevrimiçi uluslararası bir anket gerçekleştirmiştir. Elde ettikleri sonuca göre kağıt koleksiyonlarında en çok fungusların neden olduğu biyodeterasyon dikkat çekmektedir. Alınan temel tedbirler arasında pasif konservasyon yöntemleri yer almaktadır. Aktif konservasyon uygulamalarında ise %70 EtOH uygulanmasının, aktif fungus gelişimini durdurmak için en çok tercih edilen seçenek olduğu yönündedir (Sequeira vd., 2014, s. 190). Sequeira ve arkadaşlarının (2016) arşiv ve kütüphanelerden en çok izole edilen 4 tür üzerinde (*Aspergillus niger*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium chrysogenum*, ve *Penicillium corylophilum*) EtOH'un çeşitli yüzde konsantrasyonlarının etkilerini araştırmış en yüksek etkinin %70 EtOH olduğunu raporlamışlardır (Sequeira vd., 2016, s. 9). Nittérus (2000) tarafından %70 EtOH'un *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Chaetomium globosum* ve *Trichoderma viride* fungus türlerinin sporları üzerinde biyosidal etkisinin bulunmadığı sonucuna ulaşmıştır. Bu iki araştırma %70 EtOH'un etkinliğinin mikroorganizmaların duyarlılığına bağlı olarak farklılık gösterebileceği yönündedir. Ayrıca Sequeira ve arkadaşlarının bir diğer çalışmasında EtOH'un uygulama yöntemlerinin de (püskürtme, fırçalama, daldırma veya enfekte olmuş kağıtları bu bileşiğin buharına maruz bırakma gibi) farklı sonuçlara yol açabileceğini rapor etmişlerdir (Sequeira vd., 2012, s. 84).

Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü havasından izole edilen ve tanımlanması yapılan mikroorganizmaların biyosidal etkinlik değerlendirilmesi Kirby-Bauer Testi ile gerçekleştirilmiştir. Deneme gruplarının arasında konservasyonda en çok kullanılan %70 EtOH da yer almaktadır. Elde edilen verilere göre en fazla duyarlı fungus cinsi 30 mm zon çapı ile *Cladosporium* sp. olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen sonuç Sequeira ve arkadaşlarının 2016 yılındaki çalışması ile paralellik göstermemektedir (Sequeira vd., 2016, s. 9). Diğer mikroorganizmalardan elde edilen zon çaplarının küçük oluşu, %70 EtOH literatür genelindeki çelişkili sonuçları destekler niteliktedir.

Bu durum göstermektedir ki restorasyon uygulamasında biyosidal ürün olarak kullanılacak olan %70 EtOH 'un başarısı izole edilen mikroorganizmaya ve tercih edilen uygulama yöntemine bağlı olarak değişecektir.

Kağıt bazlı kültürel mirasın konservasyonunda kullanılmak üzere; bir süredir nanomalzemelerin uygunluğu araştırılmaktadır (Franco-Castillo vd., 2021, s. 630). Bu kapsamda çeşitli nanopartiküllerin biyosidal ürün gibi tasarlanarak biyodeterasyonu önlemedeki başarısı araştırılmaktadır (Giorgi vd., 2002, s. 8199-8203; Barresi vd., 2022, s. 56; Fouda vd., 2019, s. 6583-6585).

Polonya'da bulunan 6 farklı arşiv ve kütüphanenin havasından MAS-100 Eco Air Sampler kullanılarak aktif örnekleme yapılmıştır. Havadan 14 fungus (*Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Cladosporium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp., *Rhizopus* sp.), 3 maya (*Rhodotorula* sp., *Candida* sp.) ve 15 bakteri (*Bacillus* sp., *Micrococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Aneurinibacillus* sp., *Escherichia coli*, *Nocardia* sp.) türü izole edilmiştir. İzole edilen mikroorganizmalar üzerinde gümüş nanopartikülüne duyarlılıkları yani biyosidal ürün kapasitesi MIC (minimal inhibisyon konsantrasyonu) ve MBC (minimal bakterisidal konsantrasyon) testleri ile araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre gümüş nanopartikülüne gram negatif bacillus mezofilik aktinomisetlerin hassas olduğu tespit edilirken, gram-pozitif koklar ve gram-pozitif endospor oluşturan bacillus türlerinin gümüş nanopartikülüne karşı daha fazla direnç gösterdiği tespit edilmiştir. Funguslar içerisinde ise *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. ve *Mucor* sp. gümüş nanopartikülüne duyarlıyken, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. ve *Rhizopus* sp. cinslerinin ise dirençli olduğu tespit edilmiştir. (Gutarowska vd., 2012, s. 11-15).

Bir araştırmada dünya sağlık örgütünün (WHO) kabul ettiği düşük toksisiteye sahip ve antifungal tedavilerde kullanılan ilaçların etken maddesi olan Clotrimazole (CLT) ile deasidifikasyonda yaygın kullanılan Ca(OH)_2 nanopartiküllerinin yeni bir formülasyon ile (%0,05 CLT + $\text{Ca(OH)}_2\text{NPs}$) bir araya getirilerek kağıt konservasyonunda kullanılabilecek bir alternatif olup olamayacağı hem mikroorganizmalar hem de kağıt üzerindeki etkileriyle araştırılmıştır. *Aspergillus niger*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium cladosporioides*, *Penicillium chrysogenum* ve *Penicillium corylophilum* cinsi funguslar üzerinde biyosidal ürün kapasitesi çalışması yürütülmüştür. Clotrimazole (%0,001, %0,01, %0,05, %0,1, %0,5, %1, %2,5) çeşitli konsantrasyonlardaki etkisine

bakıldığında en fazla etkinin *Penicillium corylophilum* en az etkinin ise *Chaetomium globosum*'da görüldüğü rapor edilmiştir. %0,05 CLT + Ca(OH)₂NPs olarak yeniden formüle edildiğindeki sonuçlarda ise nihai sonuç değişmese de *Chaetomium globosum* üzerinde etkisinin arttığı raporlandırılmıştır. Test edilen bileşiklerin kağıdın kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerine ilişkin olarak ise CLT + Ca(OH)₂NPs ile işlem, asitleşmeyi ve katlanma dayanıklılık kaybını önleyerek kağıdın yaşlanmaya karşı stabilitesini arttırdığı yönündedir (Sequeira vd., 2017, s. 3-7).

Kağıt fotokatalitik bozulmaya açık bir malzemedir. Bu nedenle kağıt kalıntılarının korunmasında ışığın neden olduğu bozulma da dikkate alınmalıdır. Genellikle, ışık kaynaklı yaşlanmanın önlenmesi, örneğin ışık koruyucu madde, ışık emici gibi ışık stabilizatörleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. UV'ye maruz kalmanın kontrol edilmesi kağıdın oksidasyonunu yavaşlatabileceğinden, UV ışığı emici kağıt kalıntıları üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak kullanılmaktadır. TiO₂ NPs, güçlü bir UV ışığı emme kapasitesine sahiptir, bu nedenle kağıt üzerine TiO₂ NPs kaplaması geliştirilmiştir. Bu arada bazı araştırmacılar, ışığın kağıt üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için dolapların camına bir TiO₂ filminin püskürtülebileceğini ve böylece TiO₂'nin doğrudan kaplanmasıyla ilişkili risklerin de ortadan kaldırılabilceğini öne sürmektedirler (Zhang vd., 2023, s. 7).

Afsharpour ve Hadadi Sol-Jel yöntemi kullanarak TiO₂ NPs'ini elde etmiştir. Elde edilen bu nanopartikülün öncülü ise Tetraisopropyl-orthotitanate'dir. Biyosidal etkinliği *Aspergillus flavous* fungus türü üzerinde araştırılmış TiO₂ NPs ile kaplanan Whatman kağıdının kaplanmayana göre daha uzun süre koruma gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca TiO₂ NPs ile kaplanan Whatman kağıdının hızlı yaşlandırma testi sonucunda kağıt liflerinde belirgin bir fiziksel değişikliğe neden olmadığı SEM analizi sonucu ortaya konulan bir diğer önemli bulgudur (Afsharpour ve Hadadi, 2014, s. 570-574). Afsharpour ve arkadaşları bir diğer çalışmada TiO₂ NPs ve Klucel G kullanarak Whatman kağıdının yüzeyini kaplayıp yapay yaşlandırmanın ardından kağıt liflerinin durumunu ile UV ışınlarına karşı koruma etkilerini araştırmış ve olumlu sonuçlar elde etmişlerdir. Araştırma kapsamında %70 EtOH içinde disperse edilen; %1 ve %2 oranına sahip TiO₂ NPs'in biyosidal etkinliği de Kirby-Bauer Testi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre TiO₂ NPs artan yüzdesinin genel olarak

mikroorganizmalar üzerindeki etkisinde de artış olarak gözlemlendiği tespit edilmiştir (Afsharpour vd., 2011, s. 381-383).

Son yıllarda nanoteknoloji ve yeşil teknolojik yaklaşımlar bir araya getirilmeye çalışılmaktadır. Elde edilen sonuçlar diğer pek çok alan gibi konservasyon alanına da katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Yeşil teknoloji denildiğinde ise daha çok akıllara esansiyel yağların temelini oluşturduğu bir yaklaşım gelmektedir.

Segvić Klarić ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir araştırmada saf Timol ile Thyme EO (*Thymus vulgaris* L.) antimikrobiyal etkileri araştırılmış her ikisinin de antimikrobiyal etkisinin yüksek olduğu bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada antifungal aktiviteye sahip sentetik bileşiklere göre daha az tehlikeli olan esansiyel yağların dezenfektanlarda kullanımının ekolojik olarak daha güvenli olduğu da rapor edilmiştir (Segvić Klarić vd., 2007, s. 39-41).

Origanum vulgare L. ve *Thymus vulgaris* L. esansiyel yağlarının etkileri arşiv malzemelerinden izole ettikleri *Fusarium* sp., *Scopulariopsis* sp, türü üzerinde araştırılmış ve antifungal etkilerinin bulunduğu rapor edilmiştir (Lavin vd., 2016, s. 4-6). Nitekim tez içerisinde izole edilen *Fusarium* sp.'nin Kirby-Bauer Testi sonucu Thyme EO karşı oldukça dirençli olduğunu göstermiştir. Yine araştırma sonuçları göstermektedir ki 40 mm zon çapı ile Thyme EO en duyarlı olan fungus cinsi *Trichoderma* sp.'dir.

Yapılan bir başka araştırmada *Origanum vulgare* L., *Pimpinella anisum* L., *Syzygium aromaticum* L., *Cuminum cyminum* L., *Allium sativum* L., *Laurus nobilis* L. ve *Citrus sinensis* (L.) Osbeck gibi esansiyel yağların ve bunların ana bileşenlerinin (linalool, linalil asetat, öjenol, thujone ve sineol) karışımlarının, kütüphane ve arşivlerin belgelerde ve depolama alanlarında bakteri ve fungus oluşumunu engellemek için kullanıldığını bildirmiştir. Araştırma sonuçlarına göre gram pozitif bakteriler ile funguslar üzerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Borrego vd., 2012 (b), s. 3-6). Thyme EO ile *Origanum vulgare* L., benzer ana bileşenlere sahip olmasına rağmen araştırma kapsamında değerlendirilen mikroorganizma (hem bakteriler hem de fungus) türleri üzerinde daha yüksek zon çapları elde edildiği görülmüştür.

Polonya'da yapılan bir çalışmada fungal biyodeterasyona uğramış iki eser üzerinde 3 adet dezenfeksiyon yönteminin etkileri araştırılmıştır. Çalışma kapsamında fungal biyodeterasyonun kendini renk değişikliği, kalıcı lekelenme (1 ve 2 numaralı

kitaplarda görülüyor) ve küf kokusu (sadece 2 numaralı kitapta görülüyor) ile gösterdiği iki kitap seçilmiştir. Seçilen kitaplar; 1 numaralı kitap Polonya'nın Lodz kentindeki Jozef Pilsudski Bölge ve Belediye Halk Kütüphanesi'ne aitken, 2 numaralı kitap Çek Cumhuriyeti Prag'daki Ulusal Arşiv'den alınmıştır. Araştırmaya konu olan dezenfektanlar; esansiyel yağ (Thyme essential oil -Thyme EO), nanopartikül (gümüş nanopartikülü - AgNPs) ile plazma (low temperature plasma - LTP)'dır. Thyme EO en duyarlı olan bakteriler *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus pasteurii*, *Staphylococcus succinus* ve *Psychrobacillus psychrodurans*, en dirençli olanların ise *Staphylococcus saprophyticus*, *Bacillus licheniformis*, *Bacillus cereus* ve *Microbacterium aerolatum* olduğu tespit edilmiştir. Funguslara bakıldığında ise en duyarlı olanların *Rhodotorula mucilaginosa*, *Chaetomium elatum* ve *Chaetomium murorum* türleri olduğu, en dirençli olanların ise *Chaetomium globosum*, *Aspergillus niger*, *Myxotrichum deflexum*, *Penicillium spinulosum* ve *Penicillium chrysogenum* olduğu tespit edilmiştir. AgNPs elde edilen verilere göre Thyme EO farklı olarak bakteri türlerinde *Bacillus licheniformis*, *Staphylococcus saprophyticus* ve *Microbacterium aerolatum*; fungus türlerinden ise *Myxotrichum deflexum* ve *Penicillium spinulosum* üzerinde daha etkili olduğu rapor edilmiştir. *Penicillium chrysogenum* ve *Chaetomium globosum* üzerinde ise daha az etki gösterdiği tespit edilmiştir. Tüm dezenfeksiyon yöntemlerine en dirençli olanlar *Aspergillus niger*, *Chaetomium globosum*, *Bacillus cereus*, *Microbacterium aerolatum* olmuştur (Pietrzaka vd., 2017, s. 4). AgNPs elde edilen veriler daha önceki çalışmaları destekler niteliktedir (Gutarowska vd., 2012, s. 11-15). Tez kapsamında Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nden izole edilerek tanımlanan *Aspergillus* sp., *Bacillus* sp. ve *Staphylococcus* sp. cinslerinin Thyme EO (sütun 5) karşı Kirby-Bauer Test sonuçlarına (sırasıyla zon çaplarının 12, 18, 16 mm) göre dirençli olduğu *Chaetomium* sp. (zon çapı 25 mm) ise duyarlı olduğu tespit edilmiş olup bu durum literatür ile benzerlik göstermektedir.

Saada ve ark. 9. yüzyıldan kalma bir parşömeden izole edilen 3 fungus, 1 bakteri üzerinde yaptıkları bir çalışmada Lemongrass EO, (surfaktan: Tween 20, su fazı: ultra saf su) ile kullanarak ürettikleri nanoemülsiyonunun etkinliğini araştırmıştır. Araştırma sonucunda %100 (*Aspergillus fumigatus*), %98,7 (*Byssoschlamys spectabilis*), %83,5 (*Cladosporium xanthochromaticum*) ve %100 (*Streptomyces albidoflavus*) oranında azaldığını rapor etmiştir. Test edilen konsantrasyonlardaki Lg-

NE, dezenfekte edilmiş parşömenlerin yaşlanma öncesinde ve sonrasında mekanik özelliklerini olumsuz etkilemediği rapor edilmiştir. Normal durumda Lg-EO tedavi sonrasında çekme mukavemeti ve uzamayı arttırırken yaşlanma sonrasında ise bu özelliklerde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir (Saada vd., 2020, s. 4-11).

Thyme EO ve TiO₂ NPs'in tek başlarına biyosidal etkilerinin bulunduğu yapılan literatür taramaları ile de ortaya konulmuştur. Araştırma kapsamına Thyme EO nanoemülsiyon formuna getirip TiO₂ NPs ile zenginleştirilmesi ile elde edilen yeni formül ise tezin özgünlüğünü oluşturmaktadır. Bu yeni formülasyonun etkilerinin hem mikroorganizmalar üzerinde hem de kağıt lifleri üzerinde etkileri araştırılmıştır.

Elde edilen verilere göre yeni formülasyonun artan TiO₂ NPs konsantrasyonu mikroorganizmalarda duyarlılığını artırarak pasif konservasyon uygulamalarında özellikle fungus inhibisyonunda değerlendirilebileceğini yönündedir. Kağıt üzerindeki etkileri dört farklı uygulama (daldırma, emdirme, püskürtme ve fırça) yöntemi kullanılarak değerlendirilmiş en başarılı sonucun daldırma ve emdirme yöntemlerinde olduğu SEM bulgularına dayandırılmıştır. Söz konusu çalışma kağıt bazlı konservasyon uygulamalarında yeni teknolojik gelişimlere yer verilmesi açısından Türkiye'de bir ilk olarak gelecekteki çalışmalara zemin hazırlamıştır.



6. SONUÇ

Türkiye Cumhuriyeti çoğunluğunun organik malzemelerden oluştuğu, pek çok arşiv ve kütüphaneye sahiptir. Organik malzeme grubu doğal yaşlanmalarının yanı sıra içerdikleri yüksek karbon kaynakları nedeniyle mikroorganizmalar için mükemmel bir enerji kaynağı oluşturmakta dolayısı ile biyodeterasyona uğramaktadırlar. Biyodeterasyona uğrayan kağıt hızla dayanıklılığını ve kararlılığını yitirmektedir. Bu nedenle biyodeterasyonun olağan sürecini iyi tahlil etmek zamanında ve gerekli önlemleri almak kağıdın bozulma sürecini yavaşlatacak daha uzun süre korunmasını sağlayacaktır. Bu nedenle bu alanda yapılan her çalışma çok değerli olup özellikle koruma uzmanlarına biyodeterasyonu değerlendirme ve alacakları önlemler açısından geniş bir perspektif kazandıracaktır.

Bu nedenle dünyada ve ülkemizde teknolojiye gelişim her alanda olduğu gibi konservasyon alanında da yakından takip edilmektedir. Söz konusu kağıt konservasyonunda biyodeterasyon sürecinin anlaşılması ve gereken önlemlerin alınması adına koruma uzmanlarının mevcut kullandıkları yöntem, teknik ve biyosidallere yeni seçeneklerin katılması çok büyük önem arz etmektedir.

Tez çalışmasında koruma uzmanlarının yöntem olarak yabancı olmadıkları uygulama yöntemleri ile yeni geliştirilen ürününün uygunluğu değerlendirilmiştir. Değerlendirme sürecinde dikkatle üzerinde durulan ana konu, geliştirilen ürünün mikroorganizmalarda etkili olmasının yanı sıra kağıda zarar vermeyen bir biyosidal ürün tasarlamak olmuştur. Bu doğrultuda, ürünün etkinliğini artırmak ve kağıt üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek amacıyla çeşitli formülasyonlar ve bileşenler dikkatle incelenmiş, laboratuvar ortamında titiz testler gerçekleştirilmiştir. Böylece, hem mikroorganizmalara karşı güçlü bir savunma sağlayan hem de kağıdın fiziksel ve kimyasal yapısını koruyan yenilikçi bir biyosidal ürün elde edilmesi hedeflenmiştir.

İş bu kapsamda Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait toplamda dört adet yazma eser deposundan PCE-AS1 marka hava örnekleyicisi ile aktif hava örnekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında üç deponun orta kirlilik düzeyinde, bir deponun ise yüksek kirlilik düzeyinde olduğu Avrupa Toplulukları Komisyonu'nun hazırlamış olduğu rapora göre tespit edilmiştir.

Kütüphane havasının kirlilik analizinin ardından izole edilen mikroorganizmaların saflaştırılarak tespit edilmesi aşamasına geçilmiştir. Sonuçta; *Bacillus* sp. (Gr-), *Bacillus* sp. (G+), *Micrococcus* sp., *Staphylococcus* sp., *Streptobacillus* sp., bakteri grupları ile *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Chaetomium* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp., *Monilinia* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. ve *Ulocladium* sp. fungus grupları tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar pasif konservasyon yöntemlerinin yetersiz kaldığı, kurum bazında Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'nün en kısa sürede depolarındaki mikroorganizma yoğunluğunu düşürecek önlemleri konservasyon programlarına dahil etmesi ve süreklilik açısından bu uygulamayı düzenli aralıklar ile gerçekleştirmesi gerektiğini göstermiştir. Ülke genelinde ise Kültür ve Turizm Bakanlığı Yazma Eser Kütüphaneleri Çalışma, Yazma ve Eski Harfli Basma Eserlerden Yararlanma Yönetmeliği'ne ek olarak mikroorganizmaların metreküpteki koloni yoğunluğunun 0-100 cfu/m³ arasında olması gerektiği ibaresinin eklenmesi, yasal düzenlemeler ve yönetmelikler ile kültürel eserlerin güvence altına alınması amacını ön plana çıkarmıştır.

Biyodeterasyon, kağıt bazlı kültürel miras malzemelerinin korunmasında devam eden ciddi bir sorunu temsil etmektedir ve sonuç olarak, bir dizi farklı önleyici konservasyon yöntemleri (çevresel izleme ve kontrol gibi) veya aktif konservasyon yöntemleri (mekanik, fiziksel veya kimyasal) kullanılmaktadır. Bu kağıt bazlı kültürel ögeler, doğal süreçler veya insan kaynaklı etkiler nedeniyle bakteriler, funguslar veya diğer biyolojik etmenlere (biyodeterojen) maruz kalmaktadırlar. Bu zararlılar, malzemelerin yapısal bütünlüğünü bozmakta, estetik değerini düşürmekte veya kullanım ömürlerini kısaltmaktadırlar. Bu nedenle, kültürel miras malzemelerini korumak için çeşitli önleyici ve aktif konservasyon yöntemleri geliştirilmiştir ve uygulanmaktadır. Bu yöntemler, biyolojik bozulma süreçlerini yavaşlatmayı, durdurmaya veya malzemeleri bu süreçlerden korumayı amaçlamaktadır. Teknolojik gelişmelerin hızla ilerlemesi, mevcut yöntemlerdeki eksiklikleri gidermek veya güncellemek için önemli fırsatlar sunmaktadır.

İş bu kapsamda Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında, Sol-Jel yöntemi kullanılarak TiO₂ NPs başarılı bir şekilde sentezlenmiştir. Elde edilen TiO₂ NPs'nin karakterizasyonu, Geçirimli Elektron

Mikroskobu (TEM) ve X-Işını Difraktometresi (XRD) teknikleri kullanılarak kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. TEM analizi sonuçları, TiO₂ NPs'nin küresel morfolojide ve boyutlarının 20-40 nanometre aralığında olduğu ayrıca homojen bir dağılım gösterdiğini ortaya koymuştur. XRD analizi ile, TiO₂ NPs kristalinin tetragonal yapıda ve anatase formunda olduğu belirlenmiştir. Bu kapsamlı karakterizasyon çalışmaları, Sol-Jel yöntemi ile elde edilen TiO₂ NPs'nin, çeşitli endüstriyel ve bilimsel uygulamalar için uygun fizikokimyasal özelliklere sahip olduğunu ortaya çıkarmıştır. Özellikle, nanopartiküllerin belirlenen boyut aralığı ve kristal fazı, koruma ve onarım alanında, ileri malzeme bilimi araştırmalarındaki kullanım potansiyelini vurgulamıştır.

Yine Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarında Thyme EO'den Thyme EO-NE üretilmiştir. TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE karakterizasyonu ise yine Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM) kullanılarak detaylandırılmıştır. TEM analiz sonuçlarına göre, üretilen TiO₂ NPs'nin Thyme EO-NE matrisi içerisine başarılı bir şekilde entegre olduğu tespit edilmiştir. Bu entegrasyon, TiO₂ NPs'nin Thyme EO-NE ile uyumlu bir yapı oluşturduğunu ve bu yapının fizikokimyasal özelliklerini etkilediğini göstermektedir. Bu bulgular, TiO₂ NPs ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin potansiyel uygulama alanlarını genişletebilecek nitelikte olup, ileri çalışmalar için önemli bir temel oluşturmuştur.

Thyme EO ve TiO₂ NPs'in tek başlarına biyosidal etkilerinin bulunduğu yapılan literatür taramaları ile de ortaya konulmuştur. Thyme EO nanoemülsiyon formuna getirip TiO₂ NPs ile zenginleştirilmesi ile elde edilen yeni formül ise tezin özgünlüğünü oluşturmaktadır. Bu yeni formülasyonun etkileri hem Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü'ne ait yazma eser depolarından izole edilen mikroorganizmalar üzerinde hem de kağıt lifleri üzerinde araştırılmıştır.

Mikroorganizmalar üzerindeki etkileri Kirby-Bauer tarafından geliştirilen test ile gerçekleştirilmiştir. Teste göre mikroorganizmaların biyosidal ürünlere olan duyarlılığı, oluşturdukları inhibisyon zon çapları ölçülerek değerlendirmiştir. Elde edilen verilere göre yeni formülasyonun artan TiO₂ NPs konsantrasyonu mikroorganizmalarda duyarlılığını artırarak pasif konservasyon uygulamalarında değerlendirilebileceğini yönündedir.

Kağıt üzerindeki etkileri araştırılmak üzere konservasyon alanında benzer çalışmalarda kullanılan Whatman No:1 kağıdı araştırmaya dahil edilmiştir. Whatman No:1 yüzeyine TiO₂ NPs (%1-2) ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE; püskürtme, fırça, emdirme veya daldırma teknikleri ile uygulanmış ardından; numuneler ve kontroller, TAPPI T453 göre 105°C'de 3 gün kuru sıcaklıkta yaşlandırılmıştır. Yaşlanmanın ardından CIE L*a*b* Renk Spektrofotometresi ölçülerek, Δb değerleri hesaplanmış elde edilen verilere göre yeni formülasyonda uygulama yöntemi fark etmeksizin Δb değerlerinin genel olarak stabil ya da orta derece de stabil olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ek olarak TiO₂ NPs'nin yüzde olarak artışı Δb değerini düşürerek, stabiliteyi daha da arttığı tespit edilmiştir.

TiO₂ NPs (%1-2) ile zenginleştirilmiş Thyme EO-NE'nin Whatman No:1 kağıdında neden olduğu fiziksel ve kimyasal yapı değişiklikleri ise Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS) analizleri ile ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Genel değerlendirmede ise en başarılı sonucun daldırma ve emdirme yöntemlerinde olduğu, SEM bulgularına dayandırılmıştır. Söz konusu çalışma kağıt bazlı konservasyon uygulamalarında yeni teknolojik gelişmelere yer verilmesi açısından Türkiye'de bir ilk olarak gelecekteki çalışmalara zemin hazırlamıştır.

Sonuç olarak tüm veriler, yöntemin geleneksel metodolojinin sınırlarını aşabileceğini, potansiyel olarak tarihi elyazmalarının kullanım ömrünü uzatabileceğini ve aynı zamanda bunların manipülasyonunu mümkün kılabileceğini göstermektedir.

7. KAYNAKÇA

- Adamo, M., Magaudda, G., Trionfetti Nisini, P., & Tronelli, G. (2003). Susceptibility of Cellulose to Attack by Cellulolytic Microfungi after Gamma Irradiation and Ageing. *Restaurator*, 145-151.
- Adcock, E. (2011). *Kütüphane Malzemesinin Bakım ve Kullanımında Ifla İlkeleri*. (Ş. Somer, Çev.) İstanbul.
- Afsharpour, M., & Hadadi, M. (2014). Titanium dioxide thin film: Environmental control for preservation of paper-art-works. *Journal of Cultural Heritage*, 15(5), 569-574.
- Afsharpour, M., Rad, F. T., & Malekianb, H. (2011). New cellulosic titanium dioxide nanocomposite as a protective coating for preserving paper-art-works. *Journal of Cultural Heritage*, 12(4), 380-383.
- Ainsworth. (1962). *Asırlar Boyunca Kağıt*. (S. Huş, Çev.) İstanbul, Türkiye: Çeltüt Matbaacılık Kollektif Şirketi.
- Akurgal, E. (2005). *Anadolu Kültür Tarihi*. Ankara: Başak Matbaacılık.
- Amornkitbamrung, L., Mohan, T., Hribernik, S., Reichel, V., Faivre, D., Gregorová, A., Engel, P., Kargl, R., & Ribitsch, V. (2015). Polysaccharide stabilized nanoparticles for deacidification and strengthening of paper. *RSC Advances*, 5, 32950-32961.
- Apetrei, I., Drăgănescu, G., Popescu, I., Carp-Cărare, C., Guguianu, E., Mihăescu, T., Ştefanache. A., Cretu, C., & Patraş, X. (2009). Possible cause of allergy for the librarians: books manipulation and ventilation as sources of fungus spores spreading. *Aerobiologia*, 25(1), 59-166.
- Arai, H. (2000). Foxing caused by fungi: twenty-five years of study. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 46, 181-188.
- Ateş, M. (2018). Nanoparçacıkların Ölçme ve İnceleme Teknikleri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 11(1), 63-69.
- Bajpai, P. (2015). *Pulp and Paper Industry: Microbiological Issues in Papermaking*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Balloffet, N., & Hille, J. (2005). *Preservation and Conservation for Libraries and Archives*. Chicago, USA: American Library Association.
- Bankole, O. (2010). A review of biological deterioration of library materials and possible control strategies in the tropics. *Library Review*, 59(6), 414 - 429.
- Barresi, G., Parisi, M., Rotolo, V., Cammarata, M., & Palla, F. (2022). Biocide. F. Palla, & G. Barresi (Dü) içinde, *Biotechnology and Conservation of Cultural Heritage* (s. 51-71). Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland.
- Bellardita, M., Yurdakal, S., & Palmisano, L. (2021). Synthesis and characterization of titanium dioxide and titanium dioxide based materials. F. Parrino, & L. Palmisano (Dü) içinde, *Titanium Dioxide (TiO₂) and Its Applications* (s. 87-167). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Benson, H. (2001). *Microbiological Applications: A Laboratory Manual in General Microbiology* (Eighth Edition b.). New York, America: McGraw Hill.
- Binark, İ. (1988). Arşiv malzemesini tahrib eden unsurlar, bunlara karşı korunma metodları ve arşiv malzemesinin restorasyonu. *Vakıflar Dergisi*, 20, 347-364.
- Bogle, S. (2019). *Book Restoration Unveiled: An Essential Guide for Bibliophiles*. Ashland, Oregon: First Editions Press.

- Borrego, S., Lavin, P., Perdomo, I., Gómez de Saravia, S., & Guiamet, P. (2012-a). Determination of indoor air quality in archives and biodeterioration of the documentary heritage. *International Scholarly Research Network (ISRN) Microbiology*, 1-10.
- Borrego, S., Valdés, O., Vivar, I., Lavin, P., Guiamet, P., Battistoni, P., Gómez de Saravia, S., & Borges, P. (2012-b). Essential oils of plants as biocides against microorgan-isms isolated from Cuban and Argentine documentary heritage. *International Scholarly Research Network (ISRN) Microbiology*, 1-8.
- Brown, A., & Smith, H. (2014). *Benson's Microbiological Applications Laboratory Manual in General Microbiology* (13th). USA: McGraw-Hill Education.
- Campagnolo, A. (2020). *Book Conservation and Digitization the Challenges of Dialogue and Collaboration*. Leeds, UK: Arc Humanities Press.
- Cappitelli, F., & Sorlini, C. (2010). Paper and Manuscripts. *Cultural Heritage Microbiology: Fundamental Studies in Conservation Science* (s. 45-61). içinde Washington, DC: American Society for Microbiology.
- Cappitelli, F., Fermo, P., Vecchi, R., Piazzalunga, A., Valli, G., Zanardini, E., & Sorlini, C. (2009). Chemical–physical and Microbiological Measurements for Indoor Air Quality Assessment at the Ca' Granda Historical Archive, Milan (Italy). *Water, Air, Soil Pollution*, 201, 109–120.
- Cappitelli, F., Pasquariello, G., Tarsitani, G., & Sorlini, C. (2010). Scripta manent? Assessing microbial risk to paper heritage. *Trends in Microbiology*, 18(12), 538-542.
- Clements, D., & Thomas, D. L. (1993). *Arşiv belgelerinin korunması konusun da temel bilgiler: Bir RAMP çalışması*. Ankara: Başbakanlık Devlet Arşivleri Genel Müdürlüğü.
- Commission of the European Communities. (1993). *European Collaborative Action Door Air Quality & Its Impact on Man*. Luxembourg: Commission of the European Communities.
- Dakal, T. C., & Arora, P. K. (2012). Evaluation of potential of molecular and physical techniques in studying biodeterioration. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 11, 71-104.
- Daniels, V., & Boyd, B. (1986). The yellowing of thymol in the display of prints . *Studies in Conservation*, 31, 156-158.
- David, M. E., Ion, R. M., Grigorescu, R. M., Iancu, L., & Andrei, E. R. (2020). Nanomaterials Used in Conservation and Restoration of Cultural Heritage: An Up-to-Date Overview. *Materials*, 13(2064), 1-24.
- De Nuntiis, P., Maggi, O., Mandrioli, P., Ranalli, G., & Sorlini, C. (2003). Monitoring the Biological Aerosol. P. Mandrioli, G. Caneva, & C. Sabbioni (Dü) içinde, *Cultural Heritage and Aerobiology Methods and Measurement Techniques for Biodeterioration Monitoring* (s. 107-145). Dordrecht: Springer-Science+Business Media.
- Ehrle, F. (1899). Die Internationale Konferenz in St. Gallen am 30.September un 1.Oktober 1898 zur Beratung uber die Erhaltung und Ausbesserung alter Handschriften. Paper Presented at the Centralblatt fur Bibliothekswesen.
- Eidsvåg, H., Bentouba, S., Vajeeston, P., Yohi, S., & Velauthapillai, D. (2021). TiO₂ as a Photocatalyst for Water Splitting—An Experimental and Theoretical Review. *Molecules*, 26(1687), 1-30.
- Fabbri, B. (2012). *Science and conservation for museum collection*. Nardini Kermesquaderni.

- Falkiewicz-Dulik, M., Janda, K., & Wypych, G. (2015). *Handbook of Biodegradation, Biodeterioration, and Biostabilization* (2nd Edition b.). Toronto, Canada: ChemTec Publishing.
- Feller, R. (1994). *Accelerated Aging Photochemical and Thermal Aspects*. United States of America: The Getty Conservation Institute.
- Florian, M. (1996). The Role of the Conidia of Fungi in Fox Spots. *Studies in Conservation*, 41(2), 65-75.
- Florian, M., & Manning, L. (2000). SEM analysis of irregular fungal fox spots in an 1854 book: population dynamics and species identification. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 46, 205–220.
- Fouda, A., Abdel-Maksoud, G., Abdel-Rahman, M. A., Eid, A. M., Barghoth, M. G., & El-Sadany, M. A. (2019). Monitoring the effect of biosynthesized nanoparticles against biodeterioration of cellulose-based materials by *Aspergillus niger*. *Cellulose*, 26, 6583-6597.
- Franco-Castillo, I., Hierro, L., de la Fuente, J. M., Seral-Ascaso, A., & Mitchell, S. G. (2021). Perspectives for antimicrobial nanomaterials in cultural heritage conservation. *Chem*, 7, 629–669.
- Gallo, F. (1993). Aerobiological research and problems in libraries. *Aerobiologia*, 9, 117-130.
- Gázquez, M., Bolívar, J., Garcia-Tenorio, R., & Vaca, F. (2014). A Review of the Production Cycle of Titanium Dioxide Pigment. *Materials Sciences and Applications*, 5, 441-458.
- Gherardi, F., & Maravelaki, P. (2022). *Conserving Stone Heritage Traditional and Innovative Materials and Techniques*. Cham, Switzerland: Springer Nature Switzerland.
- Giorgi, R., Bozzi, C., Dei, L., & Gabbiani, C. (2005). Nanoparticles of Mg(OH)₂: Synthesis and Application to Paper Conservation. *Langmuir*, 21, 8495-8501.
- Giorgi, R., Dei, L., Ceccato, M., Schettino, C., & Baglioni, P. (2002). Nanotechnologies for Conservation of Cultural Heritage: Paper and Canvas Deacidification. *Langmuir*, 18, 8198-8203.
- Giri, S. K. (2020). Monitoring of Airborne Fungi in Indoor Environments of Reading and Stock Sections of College Library. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, 1567-1573.
- Göksay-Kadaifciler, D. (2017). Bioaerosol assessment in the library of Istanbul University and fungal flora associated with paper deterioration. *Aerobiologia*, 33, 151–166.
- Guerrero Correa, M., Martínez, F. B., Vidal, C. P., Streitt, C., Escrig, J., & de Dicastillo, C. L. (2020). Antimicrobial metal-based nanoparticles: a review on their synthesis, types and antimicrobial action. *Beilstein journal of nanotechnology*, 11, 1450–1469.
- Guidotti-Takeuchi, M., Ribeiro, L., Dos Santos, F., Rossi, D., Lucia, F., & De Melo, R. (2022). Essential Oil-Based Nanoparticles as Antimicrobial Agents in the Food Industries. *Microorganisms*, 10(8), 1504.
- Gutarowska, B., Skora, J., Zduniak, K., & Rembisz, D. (2012). Analysis of the sensitivity of microorganisms contaminating museums and archives to silver nanoparticles. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 68, 7-17.
- Heinze, T. (2016). Cellulose: Structure and Properties. O. J. Rojas (Dü.) içinde, *Cellulose Chemistry and Properties: Fibers, Nanocelluloses and Advanced Materials* (s. 1-53). Switzerland : Springer International Publishing.

- Hogg, S. (2005). *Essential Microbiology*. West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.
- Hroboňová, K., Jablonský, M. K., & Vizárová, M. (2023). Advanced sampling, sample preparation and combination of methods applicable in analysis of compounds in aged and deacidified papers. A minireview. *Journal of Cultural Heritage*, 60, 95–107.
- Hubbe, M., Smith, R., Zou, X., Katuscak, S., Potthast, A., & Ahn, K. (2017). Deacidification of acidic books and paper by means of non-aqueous dispersions of alkaline particles: A review focusing on completeness of the reaction. *BioResources*, 12, 4410–4477.
- Hueck, H. J. (1965). The biodeterioration of materials as part of hylobiology. *Material und Organismen* (s. 5-34). içinde Delft, Netherlands: Centraal Laboratorium Communication No: 218.
- Hunter, D. (1974). *Papermaking, the history and technique of an ancient craft*. New York, USA: Dover Publications.
- International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA). (2024, 03 27). International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA): <https://www.ifla.org/history/> adresinden alındı.
- International Federation of Library Associations and Institutions (IFLA). (2024). *IFLA Members including Institution and Association Affiliates*. The Hague, Netherlands: IFLA. 03 27, 2024 tarihinde https://www.ifla.org/wp-content/uploads/ifla-members-and-association-affiliates_2024-02-20.pdf adresinden alındı.
- International Organization for Standardization-ISO. (2003). ISO 11799:2003 Information and documentation — Document storage requirements for archive and library materials. ISO- International Organization for Standardization.
- Ion, R.-M., Doncea, S., Ion, M.-L., Raditoiu, V., & Amariutei, V. (2013). Surface investigations of old book paper treated with hydroxyapatite nanoparticles. *Applied Surface Science*, 27-32.
- Ion, R.-M., Grigorescu, R., Iancu, L., David, M., Cirstoiu, A., Paraschiv, G., & Geba, M. (2022). Morphological and Mechanical Properties of Book Cellulose-Based Paper (XXth Century) Treated with Hydroxyapatite Nanoparticles. *Heritage*, 5, 2241–2257.
- İşitan, A. (2018). Makro, Mikro, Nano. M. Ersöz, I. A., & B. M. (Dü) içinde, *Nanoteknoloji 1* (s. 11-19). Denizli, Türkiye.
- Kalwasińska, A., Burkowska, A., & Wilk, I. (2012). Microbial air contamination in indoor environment of a university library. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 19(1), 25-29.
- Karbowska-Berent, J., Górny, R., Strzelczyk, A., & Wlazlo, A. (2011). Airborne and dust borne microorganisms in selected Polish libraries and archives. *Building and Environment*, 46, 1872-1879.
- Karbowska-Berent, J., Jarmiłko, J., & Czuczko, J. (2014). Fungi in Fox Spots of a Drawing by Leon Wyczółkowski. *Restaurator*, 35(2), 159–179.
- Kathpalia, Y. (1990). *Arşiv Malzemesinin Korunması ve Restorasyonu*. (N. Somer, Çev.) Ankara: T.C. Başbakanlık Devlet Arşivleri Genel Müdürlüğü, Cumhuriyet Arşivi Dairesi Başkanlığı.
- Konsa, K., Kokassar, U., & Siiner, M. (2004). Microbiological Contamination in Libraries and Archives – Management of Environmental Information. A. Rauch, S. Miklin-Kniefacz, & A. Harmssen (Dü) içinde, *Schimmel - Gefahr für Mensch*

- und Kulturgut durch Mikroorganismen (s. 84-92). Stuttgart, German: Verband der Restauratoren.
- Kumar, A., Nguyen, T., Sharma, S., & Bhat, R. (2022). *Nanotechnology in Paper and Wood Engineering Fundamentals, Challenges and Applications*. Amsterdam,, Netherlands: Elsevier.
- Küçükcan, B. (2006). Dünden Bugüne Matbaanın Serüveni. *Leman Şenalp'e Armağan* (s. 158-172). içinde İstanbul, Türkiye: Türk Kütüphaneciler Derneği.
- Lavin, P., Gomez de Saravia, S., & Guiamet, P. (2016). Scopulariopsis sp. and Fusarium sp. in the Documentary Heritage: Evaluation of Their Biodeterioration Ability and Antifungal Effect of Two Essential Oils. *Microbial Ecology*, 71, 628-633.
- Łojewski, T., Zięba, K., Knapik, A., Bagniuk, J., Lubańska, A., & J., Ł. (2010). Evaluating paper degradation progress. Cross-linking between chromatographic, spectroscopic and chemical results. *Applied Physics A Materials Science & Processing*, 100, 809–821.
- Lugauskas, A., & Krikštaponis, A. (2004). Microscopic Fungi Found in the Libraries of Vilnius and Factors Affecting their Development. *Indoor and Built Environment*, 13(3), 169–182.
- Määttänen, A., Fallarero, A., Kujala, J., Ihalainen, P., Vuorela, P., & Peltonen, J. (2014). Printed paper-based arrays as substrates for biofilm formation. *AMB Express*, 4(32), 1-12.
- Maggi, O., Persiani, A., Gallo, F., Valenti, P., Pasquariello, G., Sclocchi, M., & M., S. (2000). Airborne fungal spores in dust present in archives: proposal for a detection method, new for archival materials. *Aerobiologia*, 16, 429–434.
- Małachowska, E., Dubowik, M., Boruszewski, P., Łojewska, J., & Przybysz, P. (2020). Influence of lignin content in cellulose pulp on paper durability. *Scientific Reports*, 10(19998), 1-12.
- Malešič, J., Marinšek, M., & Kralj Cigić, I. (2022). Evaluation of bookkeeper mass deacidification based on historical book papers. *Cellulose*, 29(12), 6889-6905.
- Melo, D., Sequeira, S., Lopes, J., & Macedo, M. (2019). Stains versus colourants produced by fungi colonising paper cultural heritage: A review. *Journal of Cultural Heritage*, 35, 161-182.
- Mesquita, N., Portugal, A., Videira, S., Rodriguez-Echeverria, S., Bandeira, A. M., Santos, M. J., & Freitas, H. (2009). Fungal diversity in ancient documents. A case study on the Archive of the University of Coimbra. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63, 626–629.
- Michaels, J., & Boyd, J. (1986). Damage and Conservation: A Book Conservator Borrows an SEM. *The Paper Conservator*, 10(1), 73-94.
- Michaelsen, A., Piñar, G., & Pinzari, F. (2010). Molecular and Microscopical Investigation of the Microflora Inhabiting a Deteriorated Italian Manuscript Dated from the Thirteenth Century. *Microbial Ecology*, 60, 69–80.
- Michaelsen, A., Pinar, G., Montanari, M., & Pinzari, F. (2009). Biodeterioration and restoration of a 16th-century book using a combination of conventional and molecular techniques: a case study. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63 (2), 161-168.
- Micheluz, A., Manente, S., Prigione, V., Tigini, V., Varese, G., & Ravagnan, G. (2018). The effects of book disinfection to the airborne microbiological community in a library environment. *Aerobiologia*, 34, 29–44.

- Micheluz, A., Manente, S., Tigini, V., Prigione, V., Pinzari, F., Ravagnan, G., & Varese, G. (2015). The extreme environment of a library: xerophilic fungi inhabiting indoor niches. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 99, 1-7.
- Montemartini Cortea, A., Ferronib, A., & Salvoa, V. S. (2003). Isolation of fungal species from test samples and maps damaged by foxing, and correlation between these species and the environment. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 51, 167-173.
- Morse, A., & Meitzner, T. (2013). Fundamentals of Microbiology. *GuerreroJawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology* (s. 67-76). içinde United States: The McGraw-Hill Companies.
- Onar, V. (2018). SOL – JEL Üretimi. M. Ersöz, A. Işıtan, & M. Balaban (Dü) içinde, *Nanoteknoloji 1* (s. 102-111). Denizli: Bilal Ofset Basım-Yayın Matbaacılık.
- Parrino, F., Pomilla, F. R., Camera-Roda, G., Loddo, V., & Palmisano, L. (2021). Properties of titanium dioxide. F. Parrino, & L. Palmisano (Dü) içinde, *Titanium Dioxide (TiO₂) and Its Applications* (s. 13-67). Amsterdam,, Netherlands: Elsevier.
- Pasquarella, C., Saccani, E., Sansebastiano, G., Ugolotti, M., Pasquariello, G., & Albertini, R. (2012). Proposal for a biological environmental monitoring approach to be used in libraries and archives. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 19(2), 209-212.
- Pastuszka, J., Iwasiewicz, P., & Brągoszewska, E. (2013). Preliminary testing of a new bioaerosol sampler developed for the measurements of low and medium concentration levels of airborne bacteria and fungi. *Environment Protection Engineering*, 39, 129–138.
- Pavlović, J., Farkas, Z., Kraková, L., & Pangallo, D. (2022). Color Stains on Paper: Fungal Pigments, Synthetic Dyes and Their Hypothetical Removal by Enzymatic Approaches. *Applied Science*, 12(9991), 1-23.
- Pavlović, J., Puškárová, A., Planý, M., Farkas, Z., Rusková, M., Kvalová, K., Kraková, L., Bučková, M., & Pangallo, D. (2023). Colored stains: Microbial survey of cellulose-based and lignin rich papers. *International Journal of Biological Macromolecules*, 241(124456), 1-14.
- Pearce-Moses, R. (2005). *A Glossary of Archival and Records Terminology*. Chicago, USA: Society of American Archivists.
- Pérez, J., Muñoz-Dorado, J., De La Rubia, T., & Martinez, J. (2002). Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *International Microbiology*, 5, 53-63.
- Pietrzaka, K., Otlewska, A., Danielewicz, D., Dybka, K., Pangallo, D., Kraková, L., Puskárová, A., Bucková, M., Scholtz, V., Durovic, M, Surma-Slusarska, B., Demnerová, K., & Gutarowska, B. (2017). Disinfection of archival documents using thyme essential oil, silver nanoparticles misting and low temperature plasma. *Journal of Cultural Heritage*, 24, 69 - 77.
- Pinheiro, A. C., Sequeira, S. O., & Macedo, M. F. (2019). Fungi in archives, libraries, and museums: a review on paper conservation and human health. *Critical Reviews in Microbiology*, 1-15.
- Pinzari, F., & Gutarowska, B. (2021). Extreme Colonizers and Rapid Profiteers: The Challenging World of Microorganisms That Attack Paper and Parchment. E. Joseph (Dü.) içinde, *Microorganisms in the Deterioration and Preservation of Cultural Heritage* (s. 79-117). Cham, Switzerland: Springer.

- Poggi, G., Sistach, M. C., Marin, E., Garcia, J. F., Giorgi, R., & Baglioni, P. (2016). Calcium hydroxide nanoparticles in hydroalcoholic gelatin solutions (GeolNan) for the deacidification and strengthening of papers containing iron gall ink. *Journal of Cultural Heritage*, 18, 250-257.
- Ponta, C., Havermans, J., Tran, Q., & Cortella, L. (2017). Effects Of Ionizing Radiation On Materials. *Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation* (s. 61-85). içinde Vienna, Austria: International Atomic Energy Agency.
- Principi, P., Villa, F., Sorlini, C., & Capitelli, F. (2011). Molecular Studies of Microbial Community Structure on Stained Pages of Leonardo da Vinci's Atlantic Codex. *Microbial Ecology*, 61(1), 214-222.
- Rajan, R., Thomas, M., Thomas, S., & Pothen, L. A. (2022). Nanoremediation: A Brief Introduction. S. Thomas, M. Thomas, & L. A. Pothen (Dü) içinde, *Nanotechnology for Environmental Remediation* (s. 17-27). Weinheim, Germany: WILEY-VCH.
- Rakotonirainy, M. S., Héraud, C., & Lavédrine, B. (2003). Detection of viable fungal spores contaminant on documents and rapid control of the effectiveness of an ethylene oxide disinfection using ATP assay. *Luminescence : the journal of biological and chemical luminescence*, 18(2), 113-121.
- Ramsholt, K. A. (2012). *Kurs I Forebyggende Konservering*. Oslo.
- Rassem, H. H., Nour, A. H., & Rosli, M. Y. (2016). Techniques For Extraction of Essential Oils From Plants: A Review. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 10(16), 117-127.
- Roper, M. (1992). *Arşiv ve Belge Yönetimi ile İlgili Milli Standartlar Rehberi- RAMP Çalışması*. Ankara: Cumhuriyet Arşivi Dairesi Başkanlığı.
- Ruga, L., Bonofiglio, T., Orlandi, F., Romano, B., & Fornaciari, M. (2008). Analysis of the potential fungal biodeteriogen effects in the "Doctorate Library" of the University of Perugia, Italy. *Grana*, 47(1), 60-69.
- Saada, N. S., Abdel-Maksoud, G., Abd El-Aziz, M. S., & Youssef, A. M. (2020). Evaluation and utilization of lemongrass oil nanoemulsion for disinfection of documentary heritage based on parchment. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 29, 101839.
- Saleem, H., Zaidi, S., Ismail, A., & Goh, P. (2022). Nanotechnology in Air Pollution Remediation. S. Thomas, M. Thomas, & L. A. Pothen (Dü) içinde, *Nanotechnology for Environmental Remediation* (s. 59-77). Weinheim,, Germany: WILEY-VCH.
- Sandle, T. (2010). Selection of active air samplers. *European Journal of Parenteral & Pharmaceutical Sciences*, 15(4), 87-92.
- Schweidler, M. (2006). *The Restoration of Engravings, Drawings, Books, and Other Works on Paper*. (R. Perkinson, Dü., & R. Perkinson, Çev.) Los Angeles, USA: The Getty Conservation Institute.
- Sclocchi, M., Kraková, L., Pinzari, F., Colaizzi, P., Bicchieri, M., Šaková, N., & Pangallo, D. (2017). Microbial Life and Death in a Foxing Stain: a Suggested Mechanism of Photographic Prints Defacement. *Environmental Microbiology*, 73, 815–826.
- Segvić Klarić, M., Kosalec, I., Mastelić, J., Piecková, E., & Pepeljnak, S. (2007). Antifungal activity of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil and thymol against moulds from damp dwellings. *Letters in Applied Microbiology*, 44(1), 36-42.

- Selwitz, C., & Maekawa, S. (1998). *Inert Gases in the Control of Museum Insect Pests*. USA: The Getty Conservation Institute.
- Sequeira, S.O., Casanovab, C., & Cabrita, E. (2006). Deacidification of paper using dispersions of Ca(OH)₂ nanoparticles in isopropanol. Study of efficiency. *Journal of Cultural Heritage*, 7, 264–272.
- Sequeira, S.O., Cabrita, E. J., & Macedo, M. F. (2012). Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 74, 67-86.
- Sequeira, S. O., Cabrita, E. J., & Macedo, M. F. (2014). Fungal Biodeterioration of Paper: How are Paper and Book Conservators Dealing with it? An International Survey. *Restaurator*, 35(2), 181-199.
- Sequeira, S.O., Laia, C., Phillips, A., Cabrita, E., & Macedo, M. (2017). Clotrimazole and calcium hydroxide nanoparticles: A low toxicity antifungal alternative for paper conservation. *Journal of Cultural Heritage*, 24, 45-52.
- Sequeira, S. O., Phillips, A. J., Cabrita, E. J., & Macedo, M. F. (2016). Ethanol as an antifungal treatment for paper: short-term and long-term effects. *Studies in Conservation*, 1-9.
- Silori, G. K. (2019). Essential Oils from Pines: Chemistry and Applications. S. Malik (Dü.) içinde, *Essential Oil Research* (s. 275-297). Cham: Springer.
- Skóra, J., Gutarowska, B., Pielech-Przybylska, K., Stępień, Ł., Pietrzak, K., Piotrowska, M., & Pietrowski, P. (2015). Assessment of microbiological contamination in the work environments of museums, archives and libraries. *Aerobiologia*, 31, 389–401.
- Smith., M. J. (1998). Minutes of the St. Gall Conference. *The Abbey Newsletter*, 22(7-8), 93.
- Sprocati, A., Alisi, C., Migliore, G., Marconi, P., & Tasso, F. (2021). Sustainable Restoration Through Biotechnological Processes: A Proof of Concept. E. Joseph (Dü.) içinde, *Microorganisms in the Deterioration and Preservation of Cultural Heritage* (s. 235-263). Neuchâtel, Switzerland: Springer.
- Strlič, M., Kolar, J., & Pihlar, B. (2005). Methodology and analytical techniques in paper stability studies. M. Strlič, & J. Kolar (Dü) içinde, *Ageing and stabilisation of paper* (s. 25-45). Ljubljana, Slovenia: National and University Library.
- Strlič, M., Kolar, J., & Scholten, S. (2005). Paper and durability. M. Strlič, & J. Kolar (Dü) içinde, *Ageing and vi stabilisation of paper* (s. 3-9). Ljubljana,, Slovenia: National and University Library.
- Szczepanowska, H. (2023). *Biodeterioration of Cultural Heritage Dynamic Interfaces Between Fungi, Fungal Pigments and Paper*. Basel: MDPI.
- Szczepanowska, H., & Moomaw, M. (1994). Laser Stain Removal of Fungus-Induced Stains from Paper. *Journal of the American Institute for Conservation*, 33(1), 25-32.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Mevzuat Bilgi Sistemi. (2003, 04 09). Kültür ve Turizm Bakanlığı Yazma Eser Kütüphaneleri Çalışma, Yazma ve Eski Harfli Basma Eserlerden Yararlanma Yönetmeliği. 04 19, 2024 tarihinde <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=5347&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> adresinden alındı
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2024, 04 06). *Türkiye’de ne kadar el yazması eser vardır?* <https://www.ktb.gov.tr/>: <https://www.ktb.gov.tr/TR-132687/turkiyede-ne-kadar-el-yazmasi-eser-vardir.html#:~:text=K%C3%BCl%20ve%20Turizm%20Bakanl%C>

- 4%B1%C4%9F%C4%B1%20K%C3%BCt%C3%BCphaneler,30.000%20kadar%20yazma%20eser%20bulunmaktad%C4%B1r. adresinden alındı
- Tomić, A., Šovljanski, O., Nikolić, V., Pezo, L., Aćimović, M., Cvetković, M., Stanojević, J., Kuzmanović, N., & Markov, S. (2023). Screening of Antifungal Activity of Essential Oils in Controlling Biocontamination of Historical Papers in Archives. *Antibiotics*, 12(103), 1-16.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) . (2023). *Kütüphane İstatistikleri*, 2022. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). 04 06, 2024 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Library-Statistics-2022-49355#:~:text=T%C3%9C%C4%B0K%20Kurumsal&text=2022%20y%C4%B1l%C4%B1nda%20k%C3%BCt%C3%BCphane%20say%C4%B1s%C4%B1%201,toplam%2049%20bin%20537%20oldu.> adresinden alındı
- Türkiye Yazma Eserler Kurumu Başkanlığı. (2024, 04 12). *Konya Yazma Eserler Bölge Müdürlüğü*. http://www.konya.yek.gov.tr/Home/ShowLink?LINK_CODE=3 adresinden alındı
- Venkateshaiah, A., Cerník, M., & Padil, V. V. (2022). Metal Oxide Nanoparticles for Environmental Remediation. S. Thomas, M. Thomas, & L. A. Pothan (Dü) içinde, *Nanotechnology for Environmental Remediation* (s. 183-215). Weinheim, Germany: WILEY-VCH.
- Vitruvius. (2005). *Mimarlık Üzerine On Kitap*. (S. GÜVEN, Çev.) Ankara: Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı.
- Völkel, L., Ahn, K., Hähner, U., Gindl-Altmutter, W., & Potthast, A. (2017). Nano meets the sheet: adhesive-free application of nanocellulosic suspensions in paper conservation. *Heritage Science*, 5(23), 1-17.
- Wójciak, A. (2016). Deacidification of Paper With Mg(OH)₂ Nanoparticles: The Impact of Dosage on Process Effectiveness. *Wood Research*, 61(6), 937-950.
- Yakar, A. (2018). Emülsiyon. M. Ersöz, I. A., & B. M. (Dü) içinde, *Nanoteknoloji 1* (s. 75-87). Denizli, Türkiye: BilalOfset.
- Yang, C., & Heinsohn, P. (2007). *Sampling and Analysis of Indoor Microorganisms*. Hoboken, New Jersey., Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- Yıldız, N. (2003). *Kalıntılar ve Edebi Kaynaklar Işığında Antikçağ Kütüphaneleri*. İstanbul: Arkeoloji ve Sanat Yayınları.
- Zanetti, M. (2017). L'evoluzione del restauro librario: un bilancio a cinquant'anni dall'alluvione fiorentina. *Associazione Italiana Biblioteche*, 57(2), 337-348.
- Zerek, B. F. (2014). *The Preservation and Protection of Library Collections : A Practical Guide to Microbiological Controls*. Burlington: Elsevier Science, Chandos Publishing.
- Zervos, S. (2010). Natural and Accelerated Ageing of Cellulose and Paper A Literature Review. A. Lejeune, & T. Deprez (Dü) içinde, *Cellulose: Structure and Properties, Derivatives and Industrial Uses* (s. 155-205). New York, USA: Nova Science Publishers.
- Zervos, S., & Moropoulou, A. (2006). Methodology and Criteria for the Evaluation of Paper Conservation Interventions. Literature Review. *Restaurator*, 27(4), 1-44.
- Zhang, X., Yan, Y., Yao, J., Jin, S., & Tang, Y. (2023). Chemistry directs the conservation of paper cultural relics. *Polymer Degradation and Stability*, 207, 110228.

Zotti, M., Ferroni, A., & Calvini, P. (2008). Microfungal biodeterioration of historic paper: Preliminary FTIR and microbiological analyses. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62, 186–194.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : KOCA Aybuke Sultan
Uyruk : T.C.

Eğitim Bilgileri

Yüksek lisans : Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı
Yüksek lisans : Ankara Üniversitesi
Biyoteknoloji Enstitüsü
Biyoteknoloji Anabilim Dalı
Lisans : Ankara Üniversitesi
Fen Fakültesi
Biyoloji Bölümü
Ön Lisans : Ankara Üniversitesi
Başkent Meslek Yüksekokulu
Eser Koruma Bölümü

ERASMUS

2011-2012 : Jagiellonian University Faculty of Biology and Earth Sciences
2021-2022 : University of Calabria (UNICAL) Dipartimento di Biologia, Ecologia e Scienze della Terra

Burslar ve Hibe

2019-2023 : YÖK 100/2000 Doktora Bursu
2021-2022 : ERASMUS hibe
2011-2012 : ERASMUS hibe

Yayınlar

Koca, A. S., Gürkan, B., Katırcıoğlu, H., Akyol, A. A. (2024). Kağıt Eserlerin Konservasyonunda Alternatif Biyosidallerin Rolü ve Etkinliklerinin Değerlendirilmesi. *Library Archive and Museum Research Journal*, 5(1), 61-76.
Ricca, M., Alberghina, M. F., Houreh, N. D., **Koca, A. S.**, Schiavone, S., La Russa, M. F., Randazzo, L., & Ruffolo, S. A. (2022). Preliminary Study of the Mural Paintings of Sotterra Church in Paola (Cosenza, Italy). *Materials* (Basel, Switzerland), 15(9), 3411.
Koca Yılmaz, A. S., Akyol, A. A., Katırcıoğlu, H. (2020). Koruma Bakış Açısıyla El Yazmalarında Görülen Biyodeterasyon. *Akademik Sanat*, 5(11), 1-17.
Koca Yılmaz, A.S., Akın, A. A., Katırcıoğlu, H. (2020). *El Yazmalarında Görülen Biyodeterojenler ve Sağlığa Etkileri*. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü 41. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu, 17-21 Haziran 2019. 35. Arkeometri Sonuçları Toplantısı, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü Yayın No:3656/189, Diyarbakır, Türkiye, s. 43-50.

Koca Yılmaz, A. S., Katırcıoğlu, H., Akın, A. A. (2019). *The Role of Science in Cultural Heritage Education*. Presented at the Globets 2019 Conference, Kyrenia, Northern Cyprus.

Projeler

- | | |
|------------|---|
| 2023-2024 | : Kültürel Mirasta Biyodeterasyon Yönelik Nanoteknoloji Temelli Çözümler , Gazi Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) |
| 2021-2022 | : El Yazmalarında Görülen Biyodeterasyona Yönelik Çözümlerin Etkinliği , Gazi Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) |
| 2021-2022 | : The Experimentation of Different Green Products Applied on Calcareous Substrate , University of Calabria (UNICAL), ERASMUS projesi |
| 2011-2012 | : Rhizogenesis in vitro in common ice plant , Jagiellonian University, ERASMUS projesi |
| 2008- 2009 | : Tip I Diyabette Karaciğer Dokusunun Histolojik İncelenmesi , TÜBİTAK öğrenci projesi |
| 2005-2006 | : Rosa sp.(Gül) in Vitro Çoğaltılması , TÜBİTAK öğrenci projesi |

EKLER

EK-1

İÇ ORTAMLARDAN NUMUNE ALMA İÇİN AEROBİYOLOJİK İZLEME BİLGİ FORMU

Tarih:

Uygulamayı yapan kişi ve unvanı:

Aerobiyolojik izleme yöntemi: ☐Aktif (Kullanılan Cihazın Marka ve Modeli).....☐Pasif

Uygulama süresi:

Uygulama akış hızı¹⁴:

Kullanılan mikrobiyolojik gelişme ortamları:

İzlemenin amacı:

Odanın ana kullanımı:

Oda büyüklüğü:

Odanın mimari yapı içerisindeki konumu:

Depolama sistemi:

Dış ortamla iletişim kuran açıklıklar (kapılar, pencereler):

Geçiş alanları (koridorlar, asansörler):

Odanın nem miktarı:

Odanın ısısı:

Isıtma, iklimlendirme, nemlendirme sistemleri:

Işık kaynakları: ☐Doğal

☐Yapay

NOTLAR:

İmza /Kaşe

¹⁴ Aktif örnekleme yapıldığında doldurulmalıdır.

EK-2

Evrak Tarih ve Sayısı: 03.06.2021-25369



T.C.
TÜRKİYE YAZMA ESERLER KURUMU BAŞKANLIĞI
Kitap Şifahanesi ve Arşiv Dairesi Başkanlığı



Sayı : E-36050186-110[020]-1427950
Konu : Restorasyon Ve Konservasyon İşleri
Araştırma İzni Hk. (Aybuke Sultan KOCA
YILMAZ)

ANKARA HACI BAYRAM VELİ ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 19.04.2021 tarihli ve 74178132-302.99.07.01-E.20242 sayılı yazımız.

Enstitünüz Kültür Varlıklarını Koruma Anabilim Dalı 1962060001 numaralı Doktora Programı öğrencisi Aybuke Sultan KOCA YILMAZ'IN "El Yazmalarında Görülen Biyodeterasyon Sorununa Biyoremediasyon Çözümleri" konulu doktora tezi kapsamında kurumumuz bağlı kütüphanelerinde depo alanlarındaki raflardan ve yazma eserlerden tahribatsız örnek alma talebiniz tarafımızca olumlu değerlendirilmiştir.

Örnek alma tarihinin ve protokollerinin belirlenmesi amacıyla Kitap Şifahanesi ve Arşiv Dairesi Başkanlığı Biyoloji Labortauvarında görev yapmakta olan, aşağıda iletişim bilgileri verilen Kitap Pataloğu Esra KELEŞ ile iletişime geçilmesi hususunda gereğini arz/rica ederim.

Nil BAYDAR
Daire Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.





le.ahbv.edu.tr