# KONYA YUSUF AĞA KÜTÜPHANESİ'NDE MİKROFUNGAL HAVA KALİTESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

# ASSESSMENT OF MICROFUNGAL AIR QUALITY IN THE YUSUF AĞA LIBRARY, KONYA

**Makale Bilgisi** | **Article Info**

Başvuru: 08 Nisan 2025 | Received: April 08, 2025
Hakem Değerlendirmesi: 12 Mayıs 2025 | Peer Review: May 12, 2025
Kabul: 27 Nisan 2026 | Accepted: April 27, 2026

DOI : 10.22520/tubaked.1671921

**Aybuke Sultan KOCA* - Hikmet KATIRCIOĞLU****
**Ali Akın AKYOL*****

## Özet

Konya Yusuf Ağa Kütüphanesi, Selçuklu dönemine ait birçok nadir yazma ve basma eseri barındıran, kültürel miras açısından büyük öneme sahip bir merkezdir. Kütüphane, sürekli kullanım ve yoğun ziyaretçi trafiği nedeniyle, eserlerde biyobozunma riskini artırabilecek biyolojik etkilere karşı hassas bir ortam sunmaktadır. Çalışma kapsamında kütüphanedeki mevcut mikrobiyal kirliliğin değerlendirilmesi için ortamdan homojen örnek alabilmek amacıyla aktif hava örnekleyici kullanılmıştır. Alınan hava örnekleri laboratuvar ortamında analiz edilerek mikrofungus izolasyonu gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular, hava kalitesinin orta (310 - 320 cfu/m³) ile yüksek (530 cfu/m³) düzeyde mikrobiyal kirlilik potansiyeli taşıdığını ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra yapılan izolasyon çalışmaları kütüphanelerde yaygın olarak rastlanan *Cladosporium sp.,*

* Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kültür Varlıklarını Koruma Programı, Ankara / Türkiye. e-posta: aybukesultan@gmail.com ORCID: 0000-0002-7442-3220

** Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Gazi Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi, Ankara / Türkiye e-posta: hturk@gazi.edu.tr ORCID: 0000-0002-4866-6106

*** Prof. Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Kültür Varlıklarını Koruma ve Onarım Bölümü, Ankara, Türkiye. e-posta: ali.akyol@hbv.edu.tr ORCID: 0000-0002-4174-575X

**Bu makalenin atıf künyesi / *How to cite this article:*** Koca, A. S., Katırcıoğlu, H. & Akyol, A. A. (2026). Konya Yusuf Ağa Kütüphanesi'nde mikrofungal hava kalitesinin değerlendirilmesi. *TÜBA-KED, 33*, 69-85. https://doi.org/10.22520/tubaked.1671921

The contents of this system and all articles published in Journal of TÜBA-KED are licenced under the "Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0".

*Aspergillus sp.* ile *Penicillium sp.* gibi fungus türlerinin mevcut olduğunu göstermiştir. Bu çalışma, Yusuf Ağa Kütüphanesi'ndeki mikrofungal profilin anlaşılmasına ve ortamın bilimsel olarak belgelenmesine katkı yapmayı amaçlamaktadır. Elde edilen verilerin, Yusuf Ağa Kütüphanesi'nde ve diğer kütüphane ile arşivlerde yapılacak koruma ve izleme çalışmalarında bir başlangıç noktası ve referans olarak kullanılması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kütüphane, Konservasyon, Biyobozulma, Biyoaerosol, Mikrofungus

## Abstract

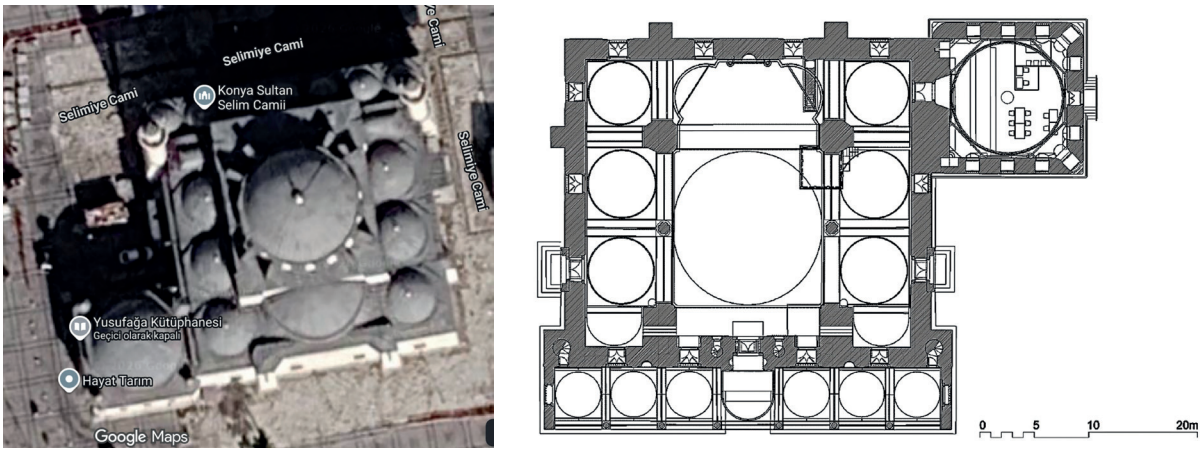
The Yusuf Ağa Library in Konya, housing numerous rare manuscripts and printed works from the Seljuk period, represents a significant cultural heritage center. Due to its continuous use and high visitor traffic, the library environment is sensitive to biological impacts that may increase the risk of biodeterioration of the collections. In this study, an active air sampler was employed to obtain representative air samples for assessing microbial contamination. The collected samples were analyzed in the laboratory, and airborne microfungi were isolated. Results indicated that air quality ranged from moderate (310-320 cfu/$m^3$) to high (530 cfu/$m^3$) levels of microbial contamination. Isolation studies also revealed the presence of commonly observed fungal genera in libraries, including *Cladosporium sp.*, *Aspergillus sp.*, and *Penicillium sp.*. This study provides a preliminary assessment of the library's microfungal profile and documents the environmental conditions scientifically. The data obtained are intended to serve as a reference and baseline for future conservation and monitoring efforts in this library and in other libraries and archival institutions.

**Keywords:** Library, Conservation, Biodeterioration, Bioaerosol, Microfungi

Medeniyetler, kültürel mirasları ile şekillenen ve gelişen toplumsal kimliklerini, yazının bulunmasına kadar sözlü olarak aktarmışlardır. Bu entelektüel birikimin nesillere aktarımı ise yazının icadı ile mümkün olmuştur. Bu aktarıma aracılık eden tarihin en eski kurumları ise kütüphanelerdir. Kütüphaneler işitsel ve görsel materyalleri koruyup saklayarak geçmiş ile gelecek arasında köprü görevi gören kurumlardır (Aydemir Şenay & Güneş, 2021, s. 97; Üreten, 2008, s. 435). Anadolu coğrafyasına bakıldığında tarih boyunca pek çok medeniyetin iz bıraktığı görülmüştür (Akurgal, 2005, s. 15-309; Ocak, 2011, s. 140). Her toplum sahip olduğu kütüphaneler aracılığıyla kendi dönemlerinin ihtişamını, siyasi entelektüel birikimini gözler önüne sermiştir. Bu düşünceyi destekleyen Cunbur, medeniyetlere ait olan ilmin, fikrin ve kültürün elle tutulup gözle görülen delilleri olarak kütüphaneleri tanımlamaktadır. Bernal ise özellikle bilimin kağıt üzerine kaydedildiğini ve kitaplar aracılığıyla saklanarak gelecek kuşaklara aktarıldığını belirterek kütüphanelerin önemini vurgulamıştır (Bernal, 2009, s. 66; Cunbur, 1986, s. 37). Bu bağlamda, kütüphanelerin tarihsel süreçteki önemi yalnızca bilgi saklama işleviyle sınırlı kalmamış, aynı zamanda medeniyetlerin bilimsel, kültürel ve sanatsal birikimlerinin korunup aktarılmasında da temel bir rol üstlenmiştir.

Bu tarihsel rol, özellikle Anadolu'da iz bırakan Türk-İslam medeniyetlerinden biri olan Selçuklular döneminde daha da belirginleşmiştir. Konya Selçuklu devri kütüphaneleri, bir gelenek zincirinin altın halkası olarak görülmüştür. Bu kütüphanelerde İslâm sanatında önemli bir yere sahip olan el yazmaları kuran, tefsir, hadis gibi dini konuların yanı sıra dil, coğrafya ve felsefe gibi edebi ve ilmi alanlarda da çeşitli eserler yer almıştır. Bu eserlerdeki bezeme ve süslemeler ise dönemin kültürel ve coğrafi özellikleri ışığında şekillenmiştir (Cunbur, 1963, s. 203; Cunbur, 1986, s. 43).

Bu tarihsel mirasın önemli örneklerinden biri de Konya'da yer alan ve şehrin kültürel birikimini temsil eden Yusuf Ağa Kütüphanesi'dir. Konya Sultan Selim camiine bitişik nizamda yer alan Yusuf Ağa Kütüphanesi, Konya'nın bütün eski medeniyetlerini kucaklayan ve bugüne kalabilen Arap harfli yazma ve basma eserleri kapsayan başlıca araştırma merkezidir (Şek. 1) (Güney, 2014, s. 2; Özyalvaç, 2020, s. 328).




**Şekil 1.** Konya Sultan Selim Camii (solda) ve Yusuf Ağa Kütüphanesi'nin sol alt köşede yer aldığı camii zemin planı (sağda) / *Konya Sultan Selim Mosque (left) and the ground plan of the mosque with the Yusuf Ağa Library in the lower left corner (right)* (Özyalvaç, 2020, s. 333; Google, 2026)

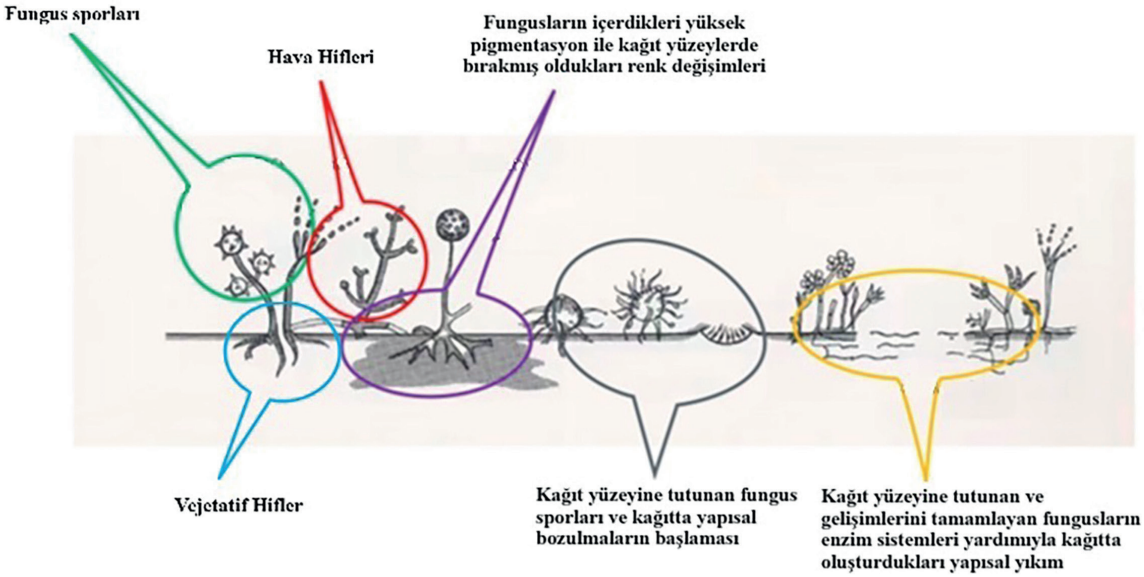
Kütüphanenin kurucusu Yusuf Ağa, Girit'in Hanya Sancağı'na bağlı Selina nahiyesinin İsbaniko köyünde dünyaya gelmiştir. Genç yaşta Girit serhat ağalarından Süleyman Ağa'ya evlatlık verilmiş ve onun yanında yetiştirilmiştir. Yusuf Ağa zamanla adı geçen ağaya mühürdar, hazinedar ve kethüda olmuştur. Daha sonra bir süreliğine Gelibolu Baruthanesi nazırlığında görev almıştır. H. 1201 / M. 1786 yılında I. Abdülhamid'in kızı Esma Sultan'ın kethüdalığını yaparken Darphane Emini olan Yusuf Ağa, H. 1203 / M. 1789 yılında III. Selim tarafından Valide Sultan Mihrişah'ın kethüdalığına atanmış; H. 1220 / M. 1806 yılına kadar yani Valide Sultan'ın vefatına kadar bu görevde kalmıştır (Cunbur, 1963, s. 206). Yusuf Ağa Kütüphanesi, H. 1209 / M. 1794 yılında III. Selim'in annesi Mihrişah Valide Sultan'ın kethüdalığını yaptığı bu dönemde Yusuf Ağa'nın hayratı olarak kurulmuştur (Cunbur, 1963, s. 206; Güney, 2014, s. 2).

Kütüphanede yer alan mermer kitabelere göre bina emininin Sadık Efendi olduğu ve kütüphanenin 17 Ocak 1795 (25 Cemazeyilahir 1209 H.) tarihinde inşa edildiği bilgisine ulaşılmaktadır (Erünsal, 2013, s. 7). Erünsal'ın aksine Güney (2014), kütüphanenin yapımına 7 Ekim 1794'te (12 Rebîülevvel 1209 H.) başlandığını ve 22 Ağustos 1796'da (17 Safer 1211 H.) tamamlandığını belirtmiştir. (Güney, 2014, s. 2). Kare planlı tek mekan olarak inşa edilen kütüphanenin üstü sekiz köşeli sağır kasnaklı kurşunla kaplı tek kubbe ile örtülmüştür. Vakfiyede bu, yek kubbe ve kâgir şeklinde ifade edilmiştir. İki sıra halinde çok sayıda pencere ile aydınlatılan binanın dört köşesi yuvarlatılmış ve üst kısımlarına birer silindirik ağırlık kulesi eklenerek süslenmiştir. Batı ve doğu cephelerinde iki kapı yer almaktadır. Doğu cephesindeki kapı Sultan Selim Camii'ne açılırken batı cephesinde bulunan ve pencereden bozma olduğu görülen diğer kapı ise sokağa açılmaktadır (Cunbur, 1963, s. 207; Erünsal, 2013, s. 8). Bağımsız bir arşiv depolama alanı bulunmayan Yusuf Ağa Kütüphanesi okuma salonu ile depo alanına sahiptir. Belgeler ve kitaplar, ahşap raflar veya camlı ahşap kitaplıklar içerisinde muhafaza edilmektedir (Çınar, 2025, s. 124).

Yusuf Ağa Kütüphanesi, tarihi önemi ve mimari özelliklerinin yanı sıra, içerdiği zengin koleksiyonlarla da kültürel mirasın korunmasında büyük bir değer taşımaktadır. Selçuklu kütüphanelerinin zamanla dağılması sonucu, bu kütüphanelere ait sınırlı sayıda eser günümüze ulaşabilmiş ve bu değerli koleksiyonlar, Yusuf Ağa Kütüphanesi ile Konya Müzesi Kütüphanesi'ne aktarılmıştır (Cunbur, 1963, s. 205). 5 Ağustos 1898 (17 Rebiülevvel 1316 H.) tarihinde hazırlanan katalogda, Yusuf Ağa Kütüphanesi'ne en son 904 adet kitabın vakfedildiği belirtilmiştir. Bu bağış sayesinde kütüphane koleksiyonundaki kitap sayısı toplamda 1205 cilde ulaşmıştır (Cunbur, 1963, s. 213). Yusuf Ağa Kütüphanesi'ne Ebû Saîd el-Hâdimî, Zaferiye Medresesi, Zincirli Medresesi, İbrâhim Aczî kendi ve Mala Hatun arşivleri sonradan katılan koleksiyonlar arasındadır. Bugün çevre kütüphanelerden ve özel vakıflardan eklenen koleksiyonlarla birlikte Yusuf Ağa Kütüphanesi arşivi daha da genişlemiştir. Kütüphanenin sahip olduğu kitap sayısı hakkında çeşitli görüşler olmakla birlikte yaklaşık 3186 yazma eser ve 8674 basma eser bulundurduğu düşünülmektedir (Çınar, 2025, s. 125; Erünsal, 2013, s. 8; Güney, 2014, s. 2; Küçüktepe, 2021, s. 559).

Kütüphanenin sahip olduğu bu zengin koleksiyon, diğer kütüphanelerde olduğu gibi deri, kağıt ve ipek gibi organik temelli malzemelerden oluşmaktadır (Kiraz, 2018, s. 319; Saraç, 2018, s. 97). Bu tür malzemelerin, nem, sıcaklık, ışık, oksidasyon, hava kirliliği ve biyoaerosoller gibi çevresel faktörlere karşı inorganik malzemelere kıyasla daha hassas olduğu bilinmektedir (Mahmood & Mari, 2013, s. 773-775; Kuzucuoğlu, 2014, s. 339; Koca Yılmaz ve ark., 2019, s. 1-2; Uylukçu & Yılmaz Şentürk, 2023, s. 27-32). Biyoerosol; havada asılı kalan ve biyolojik kökenli olan partiküllerin oluşturduğu karışım olarak tanımlanmaktadır. Bu partiküller içerisinde fungus, bakteri, virüs, polen ve bunların parçacıkları (proteinler, hücre duvarları vb.) gibi canlı veya cansız biyolojik materyaller yer almaktadır (Alçay & Yalçın, 2015, s. 19; Stetzenbach ve ark., 2004, s. 170). Tüm dünyadaki müze, arşiv ve kütüphanelerde kağıt bazlı koleksiyonları etkileyen en önemli biyoaerosol grubunun ise fungus olduğu düşünülmektedir (Göksay-Kadaifciler, 2017, s. 152). Özellikle Aspergillus, Penicillium ve Cladosporium gibi cinsler, kağıtta yaygın olarak görülmekte ve biyobozulma sürecini aktif olarak etkilemektedirler (Pinheiro ve ark., 2019, s. 3).

Hueck, biyobozulmayı (biyodeterasyonu), organizmaların canlılık aktiviteleri nedeniyle bir materyalin ana bileşenlerinde meydana getirdikleri istenmeyen değişiklikler olarak tanımlamıştır. (Koca Yılmaz ve ark., 2019, s. 1-2; Radulescu ve ark., 2017, s. 87). Kağıtta görülen fungus kaynaklı biyobozulma, fungus sporlarının havadan bulaşarak kağıt yüzeyine tutunması ve kağıdın ana bileşeni olan selülozu, enzimleri (endo-β-1,4-glukanaz, ekzo-β-1,4-glukanaz ve β-glukosidaz) yardımıyla parçalaması sonucu meydana gelmektedir (Şek. 2). Bu süreç, kağıt yüzeyinde renk değişimi, pamuklaşma gibi belirteçlerle kendini göstermektedir.




**Şekil 2.** Fungus kaynaklı biyobozulmanın kağıt üzerindeki etkileri[1] / *Effects of fungi-ınduced biodeterioration on paper*

Özellikle fungus, sporlu yapıları sayesinde ekstrem çevre koşullarına karşı daha dayanıklı olduklarından, biyobozulmayı önlemeye yönelik koruma tedbirlerinin geliştirilmesini daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu nedenle, ulusal ve uluslararası standartlara uygun filtrelenmiş havalandırma sistemlerinin kullanılması ile düzenli nem ve sıcaklık kontrolü gibi pasif koruma yöntemlerinin titizlikle uygulanması; sporların aktif hâle geçmesini engelleyerek biyobozulma sürecinin yavaşlatılmasına ve önlenmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır (Kiraz, 2018, s. 320; Lugauskas & Krikstaponis, 2004, s. 169-172; Micheluz ve ark., 2015, s. 1-2; Radulescu ve ark., 2017, s. 85-86). Bu bağlamda, Uluslararası Kütüphane Dernekleri ve Kuruluşları Federasyonu (International Federation of Library Associations and Institutions, IFLA) tarafından belirlenen Kütüphane Malzemesinin Bakım ve Kullanımına İlişkin İlkeler'de, organik malzemelerin %55-65 bağıl nem aralığında esnekliklerini korudukları ve bu sayede mekanik bozulmaların önüne geçilebildiği ifade edilmektedir. Ayrıca, fungus gelişiminin önlenebilmesi için bağıl nem oranının %65'i aşmaması gerektiği de vurgulanmaktadır (Adcock, 2011, s. 28).

Pasif konservasyon yöntemlerinin etkinliği, belirli aralıklarla havadan biyoaerosollerin toplanıp analiz edilmesi ve sonuçların değerlendirilmesiyle izlenmelidir. Bu amaçla, biyoaerosoller aktif veya pasif hava örnekleme yöntemleriyle toplanmaktadır (De Nuntiis ve ark., 2003, s. 107-142).

Pasif hava örnekleme (çöktürme-sedimantasyon) yöntemi; mikroorganizmaların yerçekimi etkisiyle besiyeri[2] içeren petri kaplarına kendiliğinden yerleşmesi prensibine dayanmaktadır. Bu yöntemde, petri kapları örnekleme yapılacak ortamda belirli bir süre açık bırakılarak havadaki mikroorganizmaların besiyeri üzerine düşmesi sağlanmaktadır (Sandle, 2010, s. 87-89).

Aktif hava örnekleme yönteminde ise hava örnekleyici cihazlar (Microbial Air Sampler) kullanılarak havadaki mikroorganizmalar toplanmaktadır. Bu cihazlar farklı teknikler kullanarak (çarptırma, filtrasyon, santrifüj vb.) belirli bir miktardaki ortam havasını cihaza çekmektedirler. Çekilen hava, içindeki mikroorganizmalarla birlikte besiyeri içeren petri kaplarına püskürtülerek mikroorganizmaların yakalanması sağlanmaktadır (Sandle, 2010, s. 87-89). Bu yöntem, biyoaerosollerin havadan homojen bir şekilde toplanmasına olanak sağlayarak, mikroorganizma yoğunluğunun, metreküp başına oluşturduğu koloni[3] sayısı (cfu/m³) cinsinden daha doğru ve güvenilir bir şekilde hesaplanmasına imkan tanımaktadır. Her iki yöntem de biyoaerosol yoğunluğunun tespitinde kullanılmakla birlikte, aktif hava örnekleme yöntemi yüksek verimliliği,

1 Szczepanowska, (2023) "Biodeterioration of cultural heritage dynamic ınterfaces between fungi, fungal pigments and paper" adlı kitabında yayınladığı şekil, Aybuke Sultan KOCA tarafından revize edilmiştir (Szczepanowska, 2023, s.6).

2 Besiyeri, mikroorganizmaların üremesi ve gelişmesi için gerekli besin kaynaklarını içeren ortama verilen addır.

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

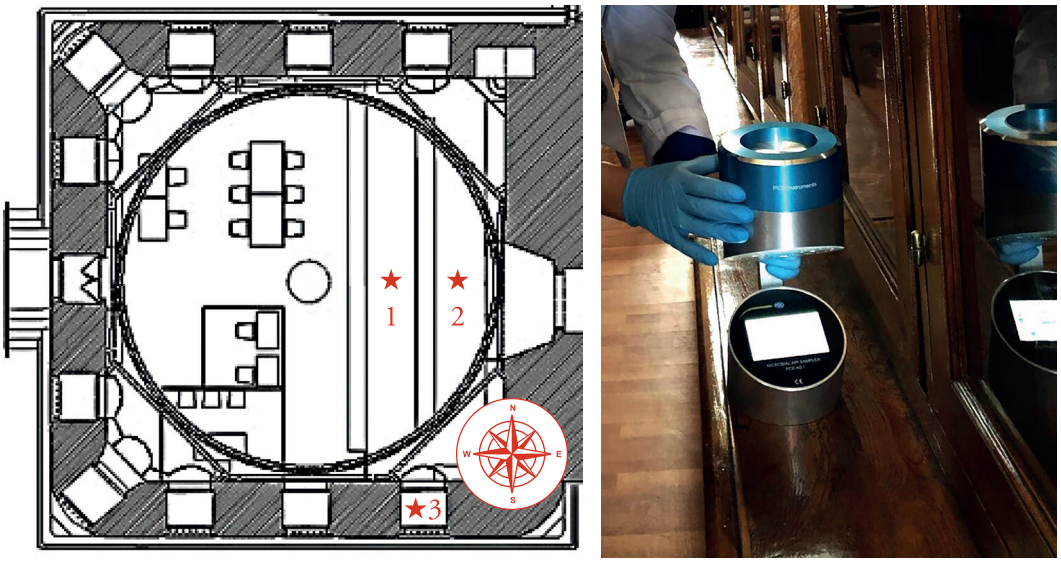
kullanım kolaylığı ve daha doğru niceliksel sonuçlar sağlaması nedeniyle mikrobiyal hava örnekleme çalışmalarında daha yaygın olarak tercih edilmektedir (Alçay & Yalçın, 2015, s. 23). Bununa birlikte yöntem bazı sınırlılıklar taşımaktadır. Öncelikle, bu yöntem yalnızca örnekleme yapılan anlık durumu yansıtır; mikroorganizma yoğunluğu ve tür dağılımı günün saatine, mevsime ve ortam koşullarına bağlı olarak sonuç vereceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca cihazların çektiği hava hacmi sınırlıdır ve çok düşük yoğunluktaki sporları yakalamada eksiklikler görülebilir; yüksek yoğunlukta ise besiyerinde kolonilerin üst üste yığılması gibi sorunlar ortaya çıkabilir. Çarptırma yönteminde, cihaza çekilen hava hacmi uygun şekilde ayarlanmadığında, besiyeri yüzeyinde kuruma ve buna bağlı olarak mikroorganizma gelişiminde aksaklıklar meydana gelebilir (Pasquarella ve ark., 2000, s. 242-244).

Örnekleme yapılacak alanda dikkat edilmesi gereken en önemli husus (yöntem seçimi farketmeksizin) örnekleme istasyonlarının sayısının ve konumlarının doğru bir şekilde belirlenmesidir. Örnekleme noktalarının seçiminde mekanın yapısal özellikleri, hava akış dinamikleri ve kullanıcı yoğunluğu dikkate alınmalıdır (De Nuntiis ve ark., 2003, s. 131-145; Zerek, 2014, s. 116-126).

Bu çalışmanın amacı, Yusuf Ağa Kütüphanesi iç havasındaki biyoaerosol kirlilik seviyelerini analiz ederek potansiyel biyolojik riskleri değerlendirmek ve özellikle fungi türlerini izole ederek, elde edilen veriler ışığında koruma stratejilerine katkı sağlamaktır.

## Materyal ve Metod

Koruma sürecinin sağlıklı bir şekilde planlanması için eserlerin bulunduğu ortamın iyi analiz edilmesi ve olası risk gruplarının doğru bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu nedenle Yusuf Ağa Kütüphanesi'nde yürütülen bu çalışmada havada asılı halde bulunan mikroorganizmaların toplanmasında aktif hava örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örnekleme temmuz ayında gerçekleştirilmiş olup, o sırada kütüphane ortamının sıcaklığı yaklaşık 23°C ve bağıl nem oranı %33 seviyesinde ölçülmüştür. Bu yöntem ile elde edilen örnekler, genel kütüphane havasını temsil ederek potansiyel biyolojik risklerin analiz edilmesinde niceliksel veri sağlayacaktır. Örnekleme işlemi Microbial Air Sampler PCE-AS1 cihazı ile gerçekleştirilmiş olup, cihaz çarptırma (impaction) yöntemi ile çalışmaktadır. Örneklerin toplanmasında istasyonlar Şekil 4'te gösterildiği gibi kuzey-güney hattı üzerindeki koridorlar ile depo alanına doğrudan hava akımı sağlayan pencere önüne konumlandırılmıştır (Şek. 3). Örnekleme işlemi her bir istasyonda üç tekrarlı olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Her bir örneklemede dakikada ortamdan 100 litre hava çekilerek, küf ve mayaların gelişimini destekleyen Patato Dextroz Agar besiyerine çarptırılmış ve böylece mikroorganizma toplanması sağlanmıştır.




**Şekil 3.** Yusuf Ağa Kütüphanesi zemin planı (solda)[4] ve depo alanından microbial air sampler ile mikroorganizma örneklemi (sağda) / *Ground plan of Yusuf Ağa Library (left) and microorganism sampling from the storage area with microbial air sampler (right)* (Özyalvaç, 2020, s. 333)

[4] Yıldız ile işaretlenen bölgeler istasyonların yerini göstermektedir.

Yusuf Ağa Kütüphanesi havasından toplanan mikroorganizmalar aynı gün içinde Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi laboratuvarına getirilerek 28 °C'de 7-14 gün süreyle kültüre alınmıştır (Dakal & Arora, 2012, s. 72,73). Kültüre edilen bu mikroorganizmaların metreküp başına oluşturduğu koloni yoğunluğu aşağıda verilen formül ile hesaplanmış, sonuçlar cfu/$m^3$ cinsinden elde edilerek sayısal veri haline getirilmiştir.

A= ($\alpha$ x 1000)/V
A: Toplam mikrobiyal yük
$\alpha$: Oluşan ya da gelişen koloni sayısı
V: Örneklenen hava hacmi (Konieczny, 2016, s. 402).

Elde edilen mikrobiyal yük verileri, kütüphane ortamındaki biyolojik kirlilik seviyesinin değerlendirilmesi amacıyla, Avrupa Toplulukları Komisyonu'nun (Commission of the European Communities, CEC) 1993 yılında yayımladığı 'İç Mekan Hava Kalitesi ve İnsan Üzerindeki Etkisi' raporunda endüstriyel olmayan iç ortamlar için belirlenen sınır değerler esas alınarak Tablo 1'de verilen kirlilik dereceleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır (Wanner ve ark., 1993, s. 43).

**Tablo 1.** Endüstriyel olmayan tesislerde sıhhi standartlara göre hava kalitesinin değerlendirilmesi / *Assessment of air quality according to sanitary standards for non-ındustrial facilities* (Hikmet Katırcıoğlu lab. 2023)

| 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 |

Fungi koloni yoğunlukları belirlendikten sonra tanımlama aşamasına geçilmiştir. Funginin tanımlanması sürecinde, petri kaplarında gelişen kolonilerin makroskobik özellikleri incelenmiş ve alt-üst görünümleri kayıt altına alınmıştır. Makroskobik incelemelerin ardından, steril bisturi kullanılarak fungal örnekler lam üzerine aktarılmış ve mikroskopta incelenmek üzere preparatlar hazırlanmıştır. Hazırlanan preparatlar, Olympus CX21 model ışık mikroskobu kullanılarak 40x'lik büyütme ile detaylı bir şekilde incelenmiştir. Mikroskobik analizler, funginin hif yapıları ile spor morfolojileri açısından değerlendirilmiştir (Barnett & Hunter, 1998, s. 59-197; Webster & Weber, 2007, s. 1-32). Elde edilen bulgular doğrultusunda, kütüphane ortamındaki mikroorganizma çeşitliliği temel alınarak potansiyel biyolojik riskler değerlendirilmiştir.

## Bulgular

Yusuf Ağa Kütüphanesi'nde gerçekleştirilen mikrobiyal analiz kapsamında, hava kaynaklı mikroorganizma izolasyonu için mikrobiyal hava örnekleyici cihaz kullanılmıştır. Bu yöntem, ortamdaki mikroorganizma yükünün belirlenmesi ve potansiyel biyolojik risklerin değerlendirilmesi açısından önemli bir veri kaynağı sunmaktadır. Çalışma kapsamında, belirlenen noktalardan hava örnekleri alınarak, uygun besiyerleri içeren petri kaplarına mikroorganizma tutulumu sağlanmıştır.

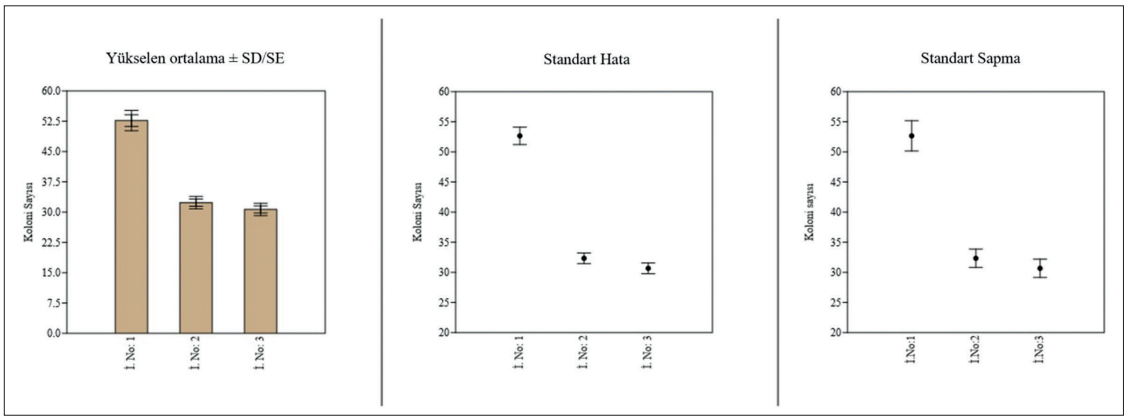
**Tablo 2.** Yusuf Ağa Kütüphanesi'nin belirlenen alanlarında hava kalitesinin değerlendirilmesi / *Assessment of air quality in designated areas of Yusuf Ağa Library* (Hikmet Katırcıoğlu lab. 2023)

| Örnek Alınan Bölge | A[5] (cfu/m3)[6] | Min | Max | Ortalama | Standart Hata | Standart Sapma |
|---|---|---|---|---|---|---|
| İstasyon No 1 | 530 | 50 | 55 | 52,66 | 1,45 | 2,51 |
| İstasyon No 2 | 320 | 31 | 34 | 32,33 | 0,88 | 1,52 |
| İstasyon No 3 | 310 | 29 | 32 | 30,66 | 0,88 | 1,52 |

İnkübasyon[7] sürecinin tamamlanmasının ardından, petri kaplarında gelişen mikroorganizma kolonileri değerlendirilerek koloni yoğunlukları belirlenmiştir. Bu bağlamda, elde edilen sayısal veriler ve mikrobiyal çeşitlilik, Tablo 2 ve 3'te detaylı olarak sunulmuştur.

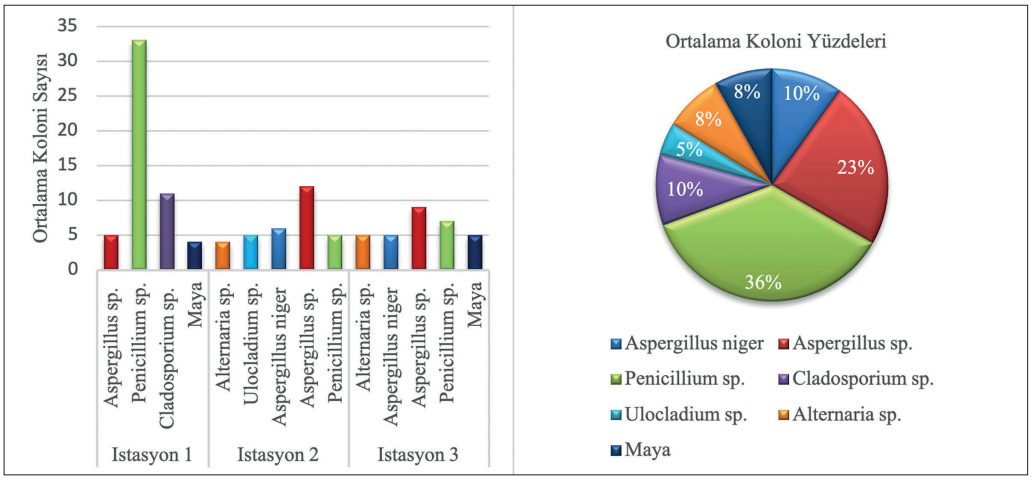
Yusuf Ağa Kütüphanesi'nde yapılan incelemeler sonucunda, kütüphanenin hava kalitesinin Avrupa Toplulukları Komisyonu raporuna göre orta (100-500 cfu/m³) ve yüksek (500-2000 cfu/m³) düzeyde kirlilik kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir.

**Tablo 3.** İstasyonlara göre koloni sayısının dağılımı (Yükselen Ortalama ± SD/SE İle) / *Distribution of colony counts by stations (Mean ± SD/SE)*




Koloni yoğunlukları belirlendikten sonra, Gazi Üniversitesi Yaşam Bilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde ayrıntılı makroskopik ve mikroskobik incelemeler gerçekleştirilmiş olup, bu çalışmalar sonucunda Yusuf Ağa Kütüphanesi'nin farklı alanlarında gözlemlenen ortalama fungus ve maya koloni yoğunluğu ile koloni yüzdeleri Tablo 4'te özetlenmiştir.

**Tablo 4.** Yusuf Ağa Kütüphanesi'nin farklı alanlarında gözlemlenen fungus koloni yoğunluğu / *Distribution of fungal colony density across different areas of Yusuf Ağa Library* (Hikmet Katırcıoğlu lab. 2023)

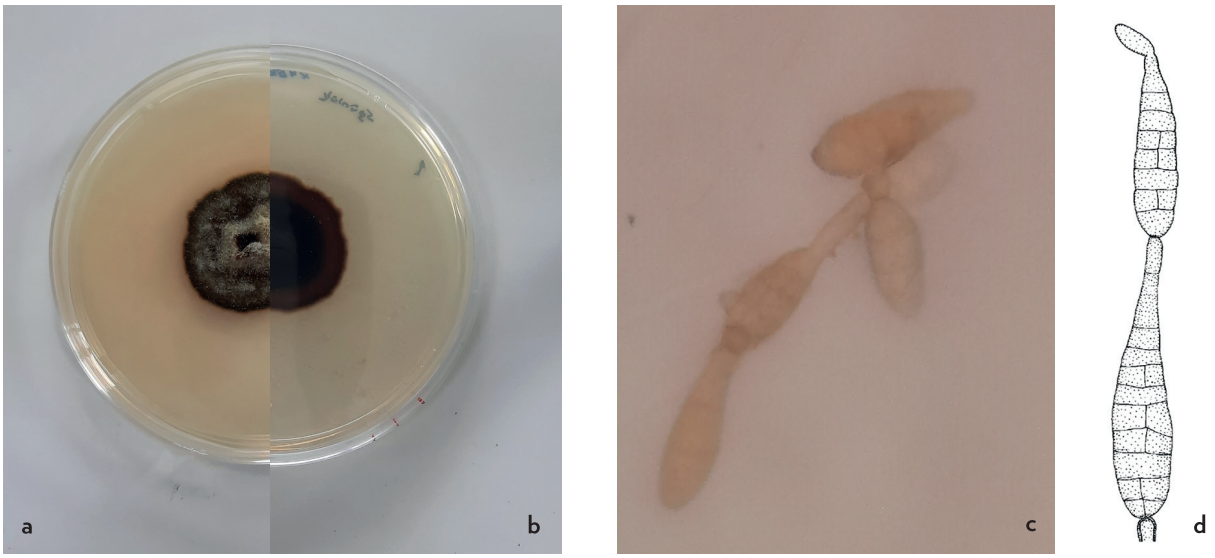



[5] A: Toplam mikrobiyal yük

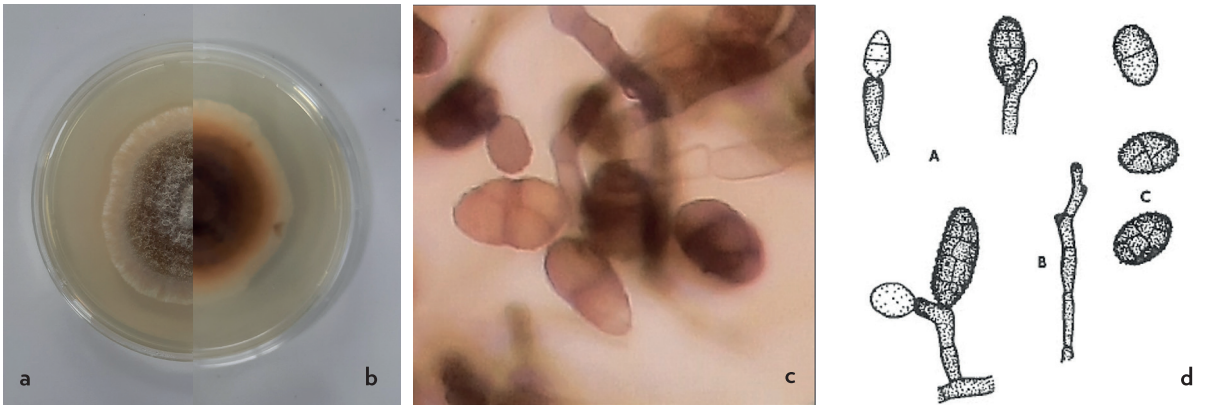
[6] Fungusun 7-14 günlük inkübasyon süresi sonunda metreküp başına oluşturduğu koloni yoğunluğu (A), ortalama değerler üzerinden hesaplanmıştır.

[7] İnkübasyon; mikroorganizmaların üremesi için uygun süre ve koşulların ifadesidir

İncelemeler, kütüphane ortamlarında yaygın olarak bulunan ve biyobozulma açısından yüksek risk taşıyan Alternaria sp., Ulocladium sp., Aspergillus niger, Aspergillus sp., Cladosporium sp. ve Penicillium sp. gibi fungus türlerinin varlığını ortaya koymuştur (Şek. 4-9). Elde edilen veriler incelendiğinde İstasyon No 1'de Penicillium sp. türünün, İstasyon No 2 ve 3'te Aspergillus sp. türünün yüksek yoğunluklu koloni oluşturarak baskın tür olduğunu göstermiştir. Kütüphanenin genel havasına bakıldığında ise en yüksek yoğunluğun Penicillium sp. türüne ait olduğu tespit edilmiştir.



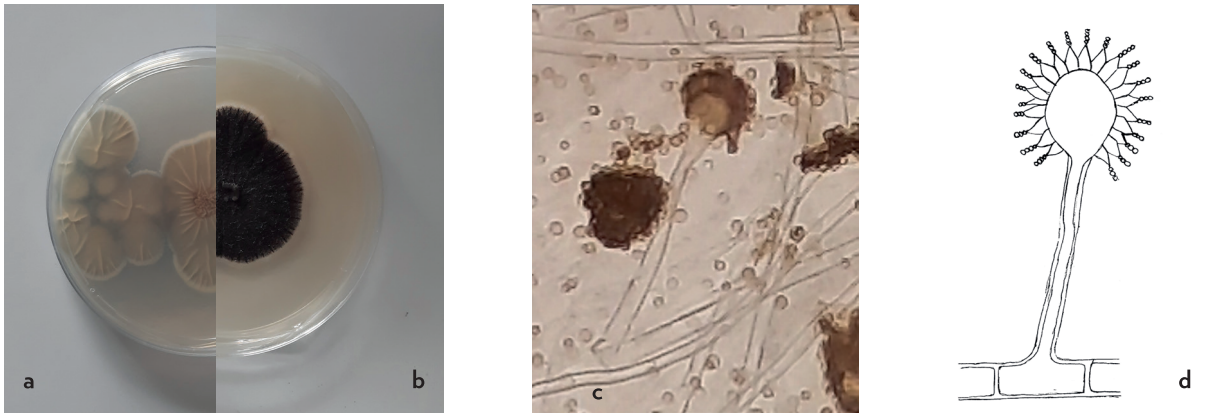

**Şekil 4.** Alternaria sp. üzerine yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler: (a) üstten görünüş, (b) alttan görünüş, (c) 40x objektif büyütmesiyle elde edilen mikroskop görüntüsü ve (d) alternaria sp. türlerinin konidioforları[8] / *Macroscopic and microscopic examination of alternaria sp.: (a) top view, (b) bottom view, (c) microscopic ımage obtained with 40x objective magnification and (d) conidiophores of alternaria sp.* (Webster & Weber, 2007, s. 470).



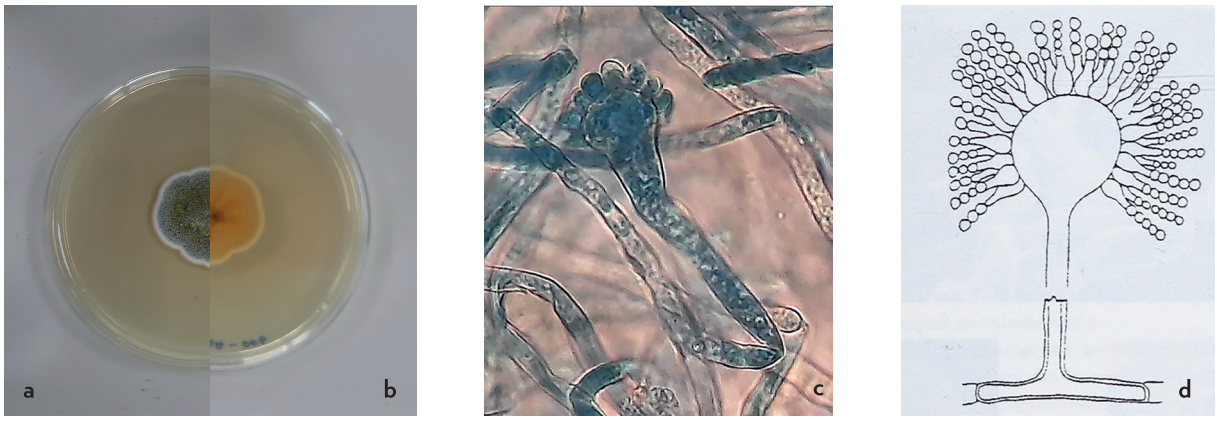

**Şekil 5.** Ulocladium sp. üzerine yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler: (a) üstten görünüş, (b) alttan görünüş, (c) 40x objektif büyütmesiyle elde edilen mikroskop görüntüsü ve (d) ulocladium sp. türlerinin konidioforları[9] / *Findings of macroscopic and microscopic examination of ulocladium sp.: (a) top view, (b) bottom view, (c) microscopic ımage obtained with 40x objective magnification and (d) conidiophores of ulocladium sp.* (Barnett & Hunter, 1998, s. 133).

8 *Alternaria sp.* türlerinin konidioforları (Webster & Weber, 2007, s. 470).

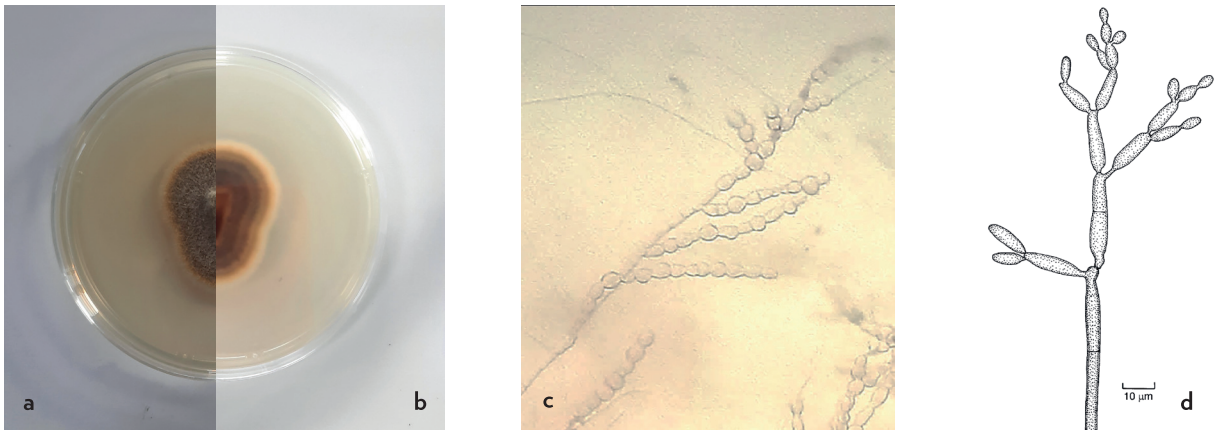
9 *Ulocladium sp.* türlerinin konidioforları (Barnett & Hunter, 1998, s. 133).




**Şekil 6.** Aspergillus niger üzerine yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler: (a) üstten görünüş, (b) alttan görünüş, (c) 40x objektif büyütmesiyle elde edilen mikroskop görüntüsü ve (d) aspergillus niger türünün konidioforları[10] / *Macroscopic and microscopic examination of aspergillus niger: (a) top view, (b) bottom view, (c) microscopic ımage obtained with 40x objective magnification and (d) conidiophores of aspergillus niger.* (Ounleye & Olaiya, 2015, s. 352).




**Şekil 7.** Aspergillus sp. üzerine yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler: (a) üstten görünüş, (b) alttan görünüş, (c) 40x objektif büyütmesiyle elde edilen mikroskop görüntüsü ve (d) aspergillus sp. türlerinin konidioforları[11] / *Macroscopic and microscopic examination of aspergillus sp.: (a) top view, (b) bottom view, (c) microscopic ımage obtained with 40x objective magnification and (d) conidiophores of aspergillus sp.* (Florian, 1997, s. 117

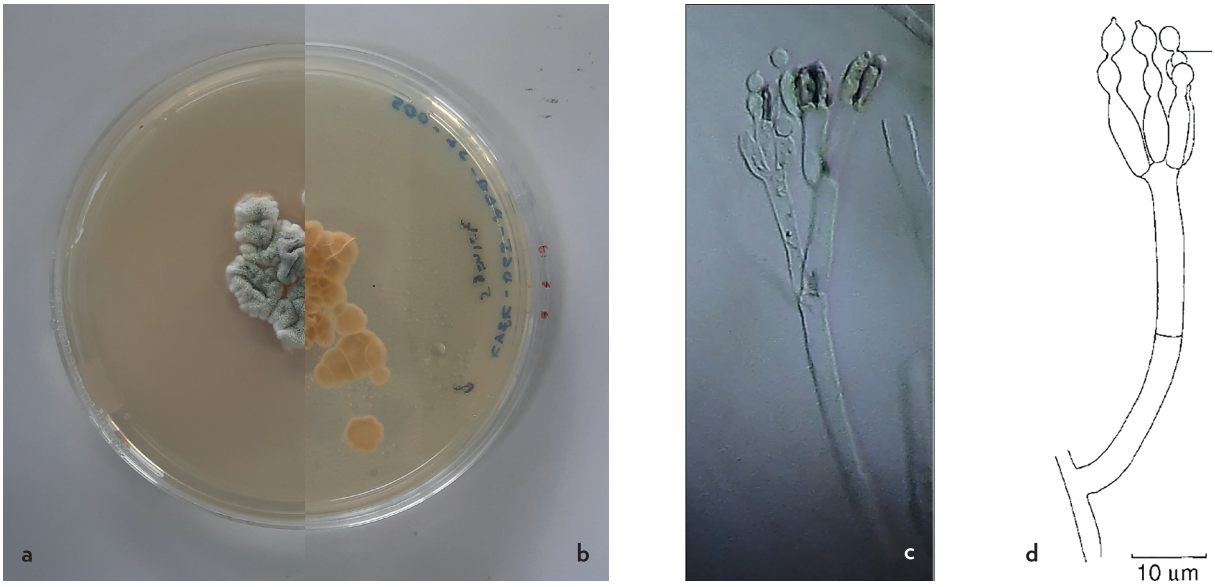



**Şekil 8.** Cladosporium sp. üzerine yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler: (a) üstten görünüş, (b) alttan görünüş, (c) 40x objektif büyütmesiyle elde edilen mikroskop görüntüsü ve (d) cladosporium sp. türlerinin konidioforları[12] / *Macroscopic and microscopic examination of cladosporium sp.: (a) top view, (b) bottom view, (c) microscopic ımage obtained with 40x objective magnification and (d) conidiophores of cladosporium sp. (Webster & Weber, 2007, s. 485)*

10 *Aspergillus niger* türünün konidioforları (Ounleye & Olaiya, 2015, s. 352).

11 *Aspergillus sp.* türlerinin konidioforları (Florian, 1997, s. 117).

12 *Cladosporium sp.* türlerinin konidioforları (Webster & Weber, 2007, s. 485).




**Şekil 9.** Penicillium sp. üzerine yapılan makroskobik ve mikroskobik incelemeler: (a) üstten görünüş, (b) alttan görünüş, (c) 40x objektif büyütmesiyle elde edilen mikroskop görüntüsü ve (d) penicillium sp. türlerinin konidioforları[13] / *Macroscopic and microscopic examination of penicillium sp.: (a) top view, (b) bottom view, (c) microscopic ımage obtained with 40x objective magnification and (d) conidiophores of penicillium sp.* (Webster & Weber, 2007, s. 311)

## Tartışma

Arşiv ve kütüphane materyalleri, nem, sıcaklık, ısı ve ışık gibi çevresel koşullar uygun olduğunda, mikroorganizmalar tarafından biyobozulmaya uğrayabilmektedir. Bu koşullar altında gelişen mikroorganizmalar, yalnızca eserlere zarar vermekle kalmamakta, aynı zamanda çalışanların ve okurların sağlığını da olumsuz yönde etkilemektedir (Apetrei ve ark., 2009, s. 160; Lugauskas & Krikstaponis, 2004, s. 171). Bu nedenle, kütüphane ve arşivlerde günlük nem ve sıcaklık ölçümleri kadar, biyoaerosol yoğunluklarının da düzenli olarak izlenmesi büyük önem taşımaktadır (Micheluz ve ark., 2018 s. 29-30; Lugauskas & Krikstaponis, 2004, s. 170). Mikrobiyal kirlilik ölçümleri, özellikle fungus ve bakterilerin neden olduğu biyobozulmayı önlemeye veya sınırlandırmaya yönelik stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacak önemli veriler sunmaktadır (Cappitelli ve ark., 2009, s. 109-111; De Nuntiis ve ark., 2003, s. 107).

Kütüphane ve arşivlerde biyobozulmaya neden olan biyoaerosol yoğunluklarını belirlemek amacıyla çoğunlukla aktif ve/ veya pasif hava örnekleme yöntemleri kullanılmaktadır (De Nuntiis ve ark., 2003, s. 116; Pasquarella ve ark., 2012, s. 209, 210).

Yusuf Ağa Kütüphanesi'nin hava kalitesi ilk kez değerlendirilmiş olup kütüphane havasından, PCE-AS1 marka hava örnekleyici ile mikroorganizma toplanmıştır. Elde edilen verilere göre, metreküp başına düşen ortalama fungus koloni sayısı 386,7 cfu/m³ olarak tespit edilmiştir. Avrupa Toplulukları Komisyonu'nun (CEC) endüstriyel olmayan tesisler için hazırladığı rapora göre, 100-500 cfu/m³ arası orta kirlilik seviyesi, ≥500 cfu/m³ ise yüksek kirlilik seviyesi olarak kabul edilmektedir (Wanner ve ark., 1993, s. 43). Bu bağlamda, Yusuf Ağa Kütüphanesi'nde elde edilen veriler, kütüphanenin orta düzeyde bir kirlilik seviyesine sahip olduğunu göstermektedir. Bağımsız bir depolama alanının bulunmamasının genel hava kirliliğinin orta-yüksek seviyede seyretmesine neden olduğu düşünülmektedir.

Benzer şekilde, Polonya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, beş farklı kütüphaneden Graseby-Andersen hava örnekleyicisi ile izole edilen biyoaerosoller incelenmiş ve metreküp başına düşen koloni sayısına göre kütüphanelerin orta kirlilik seviyesinde (131-444 cfu/m³ bakteri, 195-483 cfu/m³ fungus) ve yüksek kirlilik seviyesinde (717-1035 cfu/m³ bakteri, ~800 cfu/m³ fungus) olduğu tespit edilmiştir (Karbowska-Berent ve ark., 2011, s. 1874-1876).

[13] *Penicillium sp.* türlerinin konidioforları (Webster & Weber, 2007, s. 311).

Yine Polonya'da gerçekleştirilen bir diğer çalışmada, arşiv ve kütüphanelerde Air Sampler MAS-100 Eco kullanılarak yapılan ölçümler, arşivlerinin orta-yüksek kirlilikte (320-720 cfu/m³), kütüphanelerinin ise yüksek kirlilikte (840-880 cfu/m³) olduğunu göstermiştir (Skóra ve ark., 2015, s. 393-396).

İtalya'da yapılan bir başka araştırmada, Sampl'air Lite marka hava örnekleyici ile gerçekleştirilen ölçümler, kütüphane deposunun kompakt raylı raf sistemine sahip olmasına rağmen havasının yüksek düzeyde kirli olduğunu (1620-2000 cfu/m³ fungus) ortaya koymuştur (Micheluz ve ark., 2015, s. 3-5).

Giri tarafından Hindistan'da bir kolejin kütüphanesi okuma salonundan ve depo alanından Hi-Media (Hi-Media Ltd. LA-002) marka hava örnekleyici ile gerçekleştirilen çalışmada maya ve spor oluşturmayan fungus hariç olmak üzere toplam 34 fungus türü izole edilerek tanımlandığı rapor edilmiştir. Metreküp başına düşen toplam koloni sayısına bakıldığında ise hem kütüphanenin okuma bölümünün (~7619 cfu/m³) hem de depo alanının (~10306 cfu/m³) çok yüksek kirlilik seviyesinde olduğu tespit edilmiştir (Giri, 2020, s. 1568-1572).

Göksay Kadaifciler tarafından İstanbul Üniversitesi Kütüphanesi'nde Millipore MAirT marka hava örnekleyici ile yapılan ölçümler sonucunda kütüphane havasının orta-yüksek kirlilik seviyesinde (270-1920 cfu/m³ bakteri, 235-1850 cfu/m³ fungus) olduğu bildirilmiştir (Göksay-Kadaifciler, 2017, s. 154-159). Yusuf Ağa Kütüphanesi, diğer benzer örneklerle karşılaştırıldığında, pasif konservasyon yöntemleri açısından bazı zorluklar yaşadığı sonucu çıkarılmaktadır.

Biyoaerosol bakımında hava kirliliğinin tespit edilmesinin ardından mikroorganizma türlerinin tanımlaması gerçekleştirilmiştir. Kütüphane ve arşivlerde genellikle fungus tespiti üzerine yapılan araştırmalara ağırlık verilmektedir. Bu araştırmaların çoğunda *Cladosporium, Aspergillus* ve *Penicillium* en sık rastlanan cinsler olarak rapor edilmiştir (Pinheiro ve ark., 2019, s. 3). Yusuf Ağa Kütüphanesi'nde ise bu cinslerin yanı sıra Alternaria ve Ulocladium cinsi fungus da izole edilmiştir.

Selimiye Camii Kütüphanesi'nde pasif hava örnekleme yöntemiyle iç mekân havasından alınan örneklerde toplam 11 mikrofungus cinsi izole edilmiştir. Bu türler; *Alternaria sp., Cladosporium sp., Penicillium sp., Ulocladium sp., Aspergillus sp., Rhizopus sp., Scopulariopsis sp., Trichoderma sp., Acremonium sp., Drechslera sp.* ve *Curvularia sp.* olduğu rapor edilmiştir (Kızılyaprak Mumcu, 2010, s. 2,8).

Göksay-Kadaifciler'in çalışmasında, en yaygın izole edilen fungus cinslerin *Aspergillus, Penicillium* ve *Cladosporium* olduğu rapor edilmiştir. En sık tespit edilen türlerin ise *Aspergillus versicolor, Cladosporium sphaerospermum, Penicillium dierckxii, Penicillium chrysogenum, Alternaria alternata, Chaetomium globosum, Aspergillus flavus* ve *Aspergillus ochraceus* olduğu belirtilmektedir (Göksay-Kadaifciler, 2017, s. 156).

Vakıflar Genel Müdürlüğü Ankara Kültür ve Tescil Daire Başkanlığı'nda muhafaza edilen Safranbolu El Yazmaları Koleksiyonu'ndan seçilen Mushaf-ı Şerif eserlerin temas ettiği yüzeylerden tahribatsız olarak alınan örneklerde *Mucor sp., Penicillum sp., Aspergillus sp., Rhizopus sp., Trichoderma sp.* türü fungusun izole edildiği rapor edilmiştir (Koca Yılmaz, 2020, s. 13).

İstanbul Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı'na bağlı Nadir Eserler Kütüphanesi'nde gerçekleştirilen araştırmada, farklı türde bozulma belirtileri (lekelenme, pamuklaşma) gösteren 25 el yazması eser, klasik kültür yöntemleri kullanılarak fungal kirlenme açısından değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda *Acremonium sp., Alternaria alternariae, Alternaria alternata, Alternaria citri, Aspergillus fischeri, Aspergillus fumigatus, Aspergillus glaucus, Aspergillus niger, Aspergillus puulaauensis, Aspergillus spp., Aspergillus sydowii, Aspergillus ustus, Aspergillus versicolor, Aspergillus westerdijkiae, Cladosporium cladosporioides, Cladosporium herbarum, Cladosporium oxysporum, Cladosporium sphaerospermum, Cladosporium sp., Cladosporium variabile Microascus chartarum Penicillium brevicompactum, Penicillium chrysogenum, Penicillium citrinum, Penicillium commune, Penicillium expansum, Penicillium solitum* ve *Penicillium sp.* türü funginin izole edildiği raporlanmıştır (Mutlu, 2023, s. 85-89).

Pinzari ve Gutarowska tarafından yapılan bir araştırma, kağıt ve parşömenden yaygın olarak izole edilen bakteriler ve fungusu tablo halinde sunmuş ve elde edilen verilerin, yurt içindeki diğer araştırmalar ve Yusuf Ağa Kütüphanesi'ndeki fungus ile örtüştüğü dikkat çekmiştir (Pinzari & Gutarowska, 2021, s. 87-89).

Tespit edilen fungus türleri, kütüphane ortamındaki biyolojik risklerin boyutunu anlamak ve eserlerin korunmasına yönelik önleyici stratejiler geliştirmek açısından önem taşımaktadır. Bu türler, organik madde açısından zengin ortamlarda hızla çoğalma eğilimindedir. Literatürde, pigmentli yapıları sayesinde kağıtta renklenmelere (foxing) dolayısı ile hem estetik hem de maddi değer kaybına yol açtıkları rapor edilmiştir. Ayrıca literatürde, fungusun sahip oldukları enzimler (endo-β-1,4-glukanaz, ekzo-β-1,4-glukanaz ve β-glukosidaz) aracılığıyla selülozu parçalayarak kâğıdın yapısal bütünlüğünü zayıflattığı da vurgulanmaktadır (Pavlović ve ark., 2023, s. 7; Pérez, 2002, s. 55–57; Pinheiro ve ark., 2019, s. 6–7).

## Sonuç

Elde edilen veriler, kütüphane ortamının genel hava kalitesini tümüyle yansıtmasa da, ölçümler anlık olarak değerlendirildiğinde, Yusuf Ağa Kütüphanesi'nin havasının orta-yüksek düzeyde kirli olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, kütüphane ortamının mevcut durumunu yansıtan bir başlangıç çalışması niteliğindedir. Dolayısıyla, eserlerin uzun vadeli korunmasını güvence altına almak ve hava kalitesinin etkilerini daha doğru değerlendirebilmek için, ileriye dönük olarak düzenli ve kapsamlı izleme çalışmalarının yürütülmesi önerilmektedir.

## Teşekkür

Sunulan bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından (04/2020-05 kodlu proje) desteklenmiştir.

# Extended Abstract

## ASSESSMENT OF MICROFUNGAL AIR QUALITY IN THE YUSUF AĞA LIBRARY, KONYA

Libraries and archives are essential institutions for preserving the cultural, scientific, and intellectual heritage of civilizations. In Anatolia, which hosted numerous civilizations throughout history, libraries have served not only as repositories of knowledge but also as indicators of cultural and scientific achievement (Bernal, 2009, p. 66; Cunbur, 1986, p. 37). One of the significant examples of this cultural heritage is the Yusuf Ağa Library in Konya, founded in 1794 during the reign of Sultan Selim III. The library preserves valuable Arabic-script manuscripts and printed works belonging to the Seljuk and Ottoman periods. Historical collections are generally composed of organic materials such as paper, leather, and parchment, which are highly sensitive to environmental factors including temperature, humidity, and airborne biological contaminants (Mahmood & Mari, 2013, pp. 773-775). Among these factors, fungal bioaerosols are considered one of the main causes of biodeterioration in paper-based collections. Fungal genera such as Aspergillus, Penicillium, and Cladosporium can degrade cellulose through enzymatic activity, leading to discoloration, foxing, and structural deterioration of manuscripts (Pinheiro et al., 2019, p. 3). Previous studies conducted in libraries and archives worldwide have reported moderate to high fungal contamination levels in indoor environments (Karbowska-Berent et al., 2011, pp. 1874-1876; Micheluz et al., 2015, pp. 3-5). In Türkiye, similar studies identified Aspergillus, Penicillium, Cladosporium, and Alternaria as dominant fungal contaminants in manuscript collections (Kızılyaprak Mumcu, 2010, pp. 2-8; Mutlu, 2023, pp. 85-89). However, no microbiological assessment had previously been conducted in Yusuf Ağa Library. Therefore, this study aims to evaluate airborne fungal bioaerosols in Yusuf Ağa Library, determine indoor microbial contamination levels, identify dominant fungal taxa, and contribute to preventive conservation strategies for historical manuscript collections.

The study was conducted in the Yusuf Ağa Library during the summer period (July). At the time of sampling, the indoor temperature was approximately 23°C and the relative humidity was measured at 33%. Active air sampling methodology was employed to collect airborne microorganisms because this method provides more reliable quantitative data compared to passive sedimentation techniques.

Air samples were collected using a Microbial Air Sampler PCE-AS1 operating with the impaction principle. Sampling stations were positioned along the north-south corridors and near the window providing direct airflow to the storage area. Each station was sampled in triplicate. During each sampling process, 100 liters of air per minute were drawn onto Potato Dextrose Agar (PDA), a medium suitable for fungal and yeast growth.

Collected samples were transported on the same day to the Gazi University Life Sciences Application and Research Center Laboratory and incubated at 28°C for 7-14 days (Dakal & Arora, 2012, pp. 72-73). Following incubation, colony-forming units were counted and converted into microbial load values expressed as cfu/m³. The obtained values were evaluated according to the sanitary standards established by the Commission of the European Communities (CEC) for non-industrial indoor environments (Wanner et al., 1993, p. 43). Macroscopic colony morphology and microscopic structures were examined using an Olympus CX21 light microscope at 40x magnification. Fungal identification was based on hyphal structures, conidiophores, and spore morphology following Barnett and Hunter (1998) and Webster and Weber (2007).

The results demonstrated that the indoor air quality of Yusuf Ağa Library ranged between moderate and high contamination levels according to CEC standards. The average fungal concentration recorded in the library atmosphere was 386.7 cfu/m³. Station No. 1 exhibited the highest contamination level with 530 cfu/m³, while Stations No. 2 and 3 showed lower values of 320 cfu/m³ and 310 cfu/m³, respectively.

Microscopic and macroscopic analyses identified several fungal genera commonly associated with biodeterioration processes in libraries and archives. The dominant taxa isolated from the indoor air included Alternaria sp., Ulocladium sp., Aspergillus niger, Aspergillus sp., Cladosporium sp., and Penicillium sp. Among these, Penicillium sp. was dominant in Station No. 1, whereas Aspergillus sp. showed higher prevalence in Stations No. 2 and 3. Overall, Penicillium sp. represented the most abundant fungal genus in the general library environment.

The findings obtained from Yusuf Ağa Library are consistent with previous studies conducted in libraries and archival repositories worldwide. Similar fungal genera, especially Aspergillus, Penicillium, and Cladosporium, have been repeatedly reported as dominant airborne contaminants in cultural heritage environments (Pinheiro et al., 2019, p. 3). The average fungal concentration observed in the present study falls within the moderate contamination category defined by the CEC; however, certain sampling points approached high contamination levels.

One of the major factors contributing to microbial accumulation in Yusuf Ağa Library may be the absence of an independent archival storage space. Since the reading and storage areas are located within the same environment and separated only by wooden structural elements, airborne fungal spores can easily circulate throughout the interior space. Furthermore, despite the relatively low humidity measured during sampling, fungal spores remain viable under adverse conditions and may become metabolically active when environmental parameters fluctuate.

Compared with studies from Poland, Italy, and India, the contamination level of Yusuf Ağa Library appears lower than some heavily polluted repositories but still indicates significant biological risk for long-term preservation. The isolated fungal taxa are particularly important because they are associated with foxing stains, pigment formation, allergenic effects, and enzymatic cellulose degradation.

A limitation of the study is that sampling was conducted during a single seasonal period and reflects only the microbial conditions at that specific time. Since airborne microbial concentrations may vary depending on season, visitor density, ventilation conditions, and environmental fluctuations, continuous monitoring is necessary for a more comprehensive evaluation.

This study provides the first assessment of airborne fungal bioaerosols in the Yusuf Ağa Library, revealing moderate-to-high contamination and the presence of Penicillium, Aspergillus, Cladosporium, Alternaria, and Ulocladium, which pose risks to paper-based collections. To mitigate these risks, regular monitoring of air quality, humidity, and temperature, along with improvements in ventilation, filtration, and storage organization, is recommended. Future research should include seasonal sampling, molecular identification, and surface contamination analysis to support sustainable conservation strategies for historical manuscripts.

## Kaynakça


Adcock, E. (2011). *Kütüphane malzemesinin bakım ve kullanımında IFLA ilkeleri* (Ş. Somer, Çev.). IFLA.

Akurgal, E. (2005). *Anadolu kültür tarihi*. Başak Matbaacılık.

Alçay, A. Ü., & Yalçın, S. (2015). İç ortam havası biyoaerosolleri ve mikrobiyal hava kalitesi ölçüm metodları. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, *37*, 17-30.

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), 159-166. https://doi.org/10.1007/s10453-008-9091-5

Aydemir Şenay, B., & Güneş, A. (2021). Antik Çağ'da kütüphane mimarileri: Efes Celcus, Pergamon (Bergama), İskenderiye ve Ninova örnekleri. *Bilgi ve Belge Araştırmaları Dergisi, 15*, 95-107. https://doi.org/10.26650/bba.2021.15.05

Barnett, H. L., & Hunter, B. B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi* (4th ed.). APS Press.

Bernal, J. D. (2009). *Tarihte bilim 1*. Evrensel Basım Yayın.

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. https://doi.org/10.1007/s11270-008-9883-0

Cunbur, M. (1963). Yusuf Ağa Kütüphanesi ve kütüphane vakfiyesi. *Tarih Araştırmaları Dergisi*, *1*(1), 203-217. https://doi.org/10.1501/Tarar_0000000322

Cunbur, M. (1986). Selçuklu devri Konya kütüphanesi. *Selçuk Üniversitesi Selçuklu Araştırmaları Dergisi, 1*, 37-44.

Çınar, N. (2025). *Konya Yusuf Ağa Yazma Eser Kütüphanesi'nde bulunan Sadreddin Konevî Vakfı'na kayıtlı Selçuklu dönemi deri ciltlerin karakterizasyonu ve mevcut korunma durumlarının tespiti* [Yayımlanmamış Doktora Tezi]. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi.

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. https://doi.org/10.1007/s11157-012-9264-0

De Nuntiis, P., Maggi, O., Mandrioli, P., Ranalli, G., & Sorlini, C. (2003). Monitoring the biological aerosol. P. Mandrioli, G. Caneva, & C. Sabbioni (Ed.), *Cultural heritage and aerobiology: Methods and measurement techniques for biodeterioration monitoring* (s. 107-145) içinde. Springer.

Erünsal, İ. E. (2013). Yûsuf Ağa Kütüphanesi. *TDV İslâm Ansiklopedisi, 44*, 7-8.

Florian, M. L. (1997). *Heritage eaters: Insects & fungi in heritage collections*. James & James (Science Publishers).

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. https://doi.org/10.21275/SR20920181708

Google Maps. (t.y.). *Yusuf Ağa Kütüphanesi*. 18 Mayıs 2026 tarihinde https://www.google.it/maps/@37.8704408,32.5040546,73m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI0MDkxMS4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D adresinden alınmıştır.

Göksay-Kadaifciler, D. (2017). Bioaerosol assessment in the library of İstanbul University and fungal flora associated with paper deterioration. *Aerobiologia*, *33*, 151-166. https://doi.org/10.1007/s10453-016-9450-x

Güney, G. (2014). Konya Yusufağa yazma eser kütüphanesi'nde müzehheb bir yazma: Fütûhat-ı Mekkiyye. *Akdeniz Sanat*, *7*(14), 1-20.

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. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.03.007

Kızılyaprak Mumcu, H. S., Asan, A., & Ökten, S. (2010). Edirne Selimiye Camii Kütüphanesinin iç ve dış havasındaki mikrofunguslar. *Mantar Dergisi, 1*(2), 1-8.

Kiraz, M. N. (2018, 24-25 Nisan). El yazmalarının koruma sorunları ve çözüm önerileri. *III. Uluslararası Akdeniz Sanat Sempozyumu: Kültürel Mirasın Korunması ve Yaşatılması Bildirileri* (s. 319-330) içinde.

Koca Yılmaz, A. S., Akyol, A. A., & Katırcıoğlu, H. (2020). Koruma bakış açısıyla el yazmalarında görülen biyodeterasyon. *Akademik Sanat*, *5*(11), 1-17.

Konieczny, P., Cegielska-Radziejewska, R., Mroczek, E., & Dziedzic, J. (2016). Analysis of air quality in selected areas of a poultry processing plant with the use of a microbiological air sampler. *Revista Brasileira de Ciência Avícola*, *18*(3), 401-406. https://doi.org/10.1590/1806-9061-2015-0156

Kuzucuoğlu, A. H. (2014). Arşiv ve kütüphanelerdeki risklere yönelik pasif korumanın önemi. *Türk Kütüphaneciliği*, *28*(3), 338-351.

Küçüktepe, Ş. (2021). Yusuf Ağa Yazma Eser Kütüphanesi'nde bulunan bazı ciltlerin tezyinatı. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, *14*(77), 558-568.

Lugauskas, A., & Krikstaponis, A. (2004). Microscopic fungi found in the libraries of Vilnius and factors affecting their development. *Indoor and Built Environment*, *13*(3), 169-182. https://doi.org/10.1177/1420326X04045274

Mahmood, Z. U., & Mari, H. M. (2013). Deterioration of library resources and its causes: Theoretical review. *International Journal of Basic and Applied Science*, *1*(4), 773-778.

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. 10.1016/j.ibiod.2014.12.012

Micheluz, A., Manente, S., Prigione, V., Tigini, V., Varese, G., & Ravagnan, G. (2018). The effects of book disinfection on the airborne microbiological community in a library environment. *Aerobiologia, 34*, 29-44. https://doi.org/10.1007/s10453-017-9492-4

Mutlu, İ. (2023). *İstanbul Üniversitesi Nadir Eserler Kütüphanesi yazma eserlerinin mikrobiyolojik kontaminasyon bakımından araştırılması* [Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Üniversitesi.

Ocak, A. Y. (2011). *Ortaçağlar Anadolu'sunda İslam'ın ayak izleri: Selçuklu dönemi - Makaleler, incelemeler*. Kitap Yayınevi.

Ounleye, A. O., & Olaiya, G. A. (2015). Isolation, identification and mycotoxin production of some mycoflora of dried stockfish (Gadus morhua). *Academic Journal of Science, 4*(1), 345-363. https://doi.org/10.21276/ijpbs.2020.10.3.1

Özyalvaç, A. N. (2020). Konya Sultan Selim (Süleymaniye) Camii biçim özellikleri ve müellif mimar meselesine bir katkı. *Art-Sanat, 14*, 323-347. https://doi.org/10.26650/artsanat.2020.14.0013

Pasquarella, C., Pitzurra, O., & Savino, A. (2000). The index of microbial air contamination. *Journal of Hospital Infection, 46*, 241-256. https://doi.org/10.1053/jhin.2000.0820 External Link

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.

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*, 1-14. 10.1016/j.ijbiomac.2023.124456

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. https://doi.org/10.1007/s10123-002-0062-3

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. https://doi.org/10.1080/1040841X.2019.1690420

Pinzari, F., & Gutarowska, B. (2021). Extreme colonizers and rapid profiteers: The challenging world of microorganisms that attack paper and parchment. E. Joseph (Ed.), *Microorganisms in the deterioration and preservation of cultural heritage* (s. 79-117) içinde. Springer.

Radulescu, H. C., Roşu, G., Popescu, C., Ispas, A., Ghiţuleasa, C., & Lazar, V. (2017). A microbial survey of the museal airborne fungal biodeteriogens. *Ge-conservacion*, *1*(11), 86-94.

Sandle, T. (2010). Selection of active air samplers. *European Journal of Parenteral & Pharmaceutical Sciences*, *15*(4), 87-92.

Saraç, E. (2018, Nisan 24–25). *Kütüphane ve arşiv malzemelerinin sergilenmesine koruma açısından bakış* [Sempozyum bildirisi]. III. Uluslararası Akdeniz Sanat Sempozyumu: Kültürel Mirasın Korunması ve Yaşatılması, Antalya, Türkiye, 96-100.

Skóra, J., Gutarowska, B., Pielech-Przybylska, K., Stepien, L., Pietrzak, K., Piotrowska, M., & Pietrowski, P. (2015). Assessment of microbiological contamination in the work environments of museums, archives and libraries. *Aerobiologia*, *31*, 389-401. https://doi.org/10.1007/s10453-015-9380-7

Stetzenbach, L. D., Buttner, M. P., & Cruz, P. (2004). Detection and enumeration of airborne biocontaminants. *Current Opinion in Biotechnology*, *15*(3), 170-174. https://doi.org/10.1016/j.copbio.2004.04.009

Szczepanowska, H. M. (2023). *Biodeterioration of cultural heritage: Dynamic interfaces between fungi, fungal pigments and paper*. MDPI.

Uylukçu, S., & Yılmaz Şentürk, E. (2023). Arşiv malzemesinin bozulmasına neden olan etkenler ve koruma yöntemleri. *Arşiv Dünyası*, *10*(1), 24-43. https://doi.org/10.53474/ad.1275907

Üreten, H. (2008). Antikçağ Anadolu'sunda bir kültür merkezi Pergamon Kraliyet Kütüphanesi. *Türk Kütüphaneciliği*, *22*(4), 435-450.

Wanner, H. U., Verhoeff, A., Colombi, A., Flannigan, B., Gravesen, S., Mouilleseaux, A., Nevalainen, A., Papadakis, J., & Seidel, K. (1993). *European collaborative action: Indoor air quality and its impact on man*. Office for Official Publications of the European Communities.

Webster, J., & Weber, R. W. S. (2007). *Introduction to fungi (3. bs.).* Cambridge University Press.

Zerek, B. F. (2014). *The preservation and protection of library collections: A practical guide to microbiological controls*. Chandos Publishing.