Investigation of Biological Contamination in the Documents of Imamzadeh Mohammad, Tafresh

Fezeh Rahimi [1*] **, *Nasrin Noohi*** [2]

1. PhD, Conservation & restoration of Cultural Relics, Researcher in Research Center for Conservation of Cultural Relics, Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, Tehran, IRAN.

2. Assistant Professor, Research Center for Conservation of Cultural Relics, Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, Tehran, IRAN.

Abstract

Biological contamination of paper artifacts is a significant threat, causing not only damage to the paper itself but also posing health risks to conservators and restorers who are in close contact with them. Therefore, identifying the type of contamination is crucial for effective preservation and restoration. This article focuses on identifying biological contamination in a collection of paper artifacts from the Imamzadeh Mohammad in Tafresh, Iran. Preliminary examinations revealed evidence of biological contamination, including stains resulting from biological activity. These stains are a consequence of biodeterioration, leading to a reduction in the structural and artistic quality of the artifacts. To investigate the biological contamination, samples were taken from areas suspected of contamination and cultured on Sabouraud dextrose agar (for fungal contamination) and nutrient agar (for bacterial contamination). After incubation, the grown colonies were examined and identified. The results of the identification of isolated fungal and bacterial showed contamination with various fungi, including Penicillium, Aspergillus, Cladosporium, and yeasts, as well as bacteria belonging to the Actinomycetes and Bacillus genus.

Keywords: Paper Artifacts, Biodeterioration, Fungi, Bacteria.

Knowledge of Conservation and Restoration

Vol. 4(4) No.10

March 2022

https://kcr.richt.ir

Pages: 17 to 26

Corresponding Author

Fezeh Rahimi

PhD, Conservation & restoration of Cultural Relics, Researcher in Research Center for Conservation of Cultural Relics, Research Institute of Cultural Heritage & Tourism, Tehran, IRAN.

Email
Rahimifezeh@gmail.com

Copyright © 2020,Knowledge of Conservation and Restoration. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0. International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

بررسی آلودگی بیولوژیکی در اسناد امامزاده محمد تفرش

فضه رحیمی[1*]، نسرین نوحی[2]

۱. دکترای حفاظت و مرمت آثار تاریخی –فرهنگی، پژوهشگر پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی– فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

۲. استادیار، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی– فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

چکیده

تخت آلودگی بیولوژیکی آثار کاغذی یکی از مهم‌ترین آسیب‌هایی است که علاوه بر اینکه باعث آسیب به کاغذ می‌شود می‌تواند باعث مشکلاتی برای حفاظتگران و مرمتگرانی شود که در تماس نزدیک با این آثار هستند؛ بنابراین شناسایی نوع آلودگی در این آثار از مهم‌ترین اقداماتی است که در امر حفاظت و مرمت باید بدان توجه کرد. از این رو در این مقاله به شناسایی نوع آلودگی بیولوژیکی در مجموعه آثار به‌دست‌آمده از امامزاده محمد تفرش پرداخته شده است. بررسی‌های اولیه نشان از وجود شواهد آلودگی بیولوژیکی از جمله لکه های حاصل از فعالیت عوامل بیولوژیکی بود. این لکه‌ها در نتیجه فرسودگی زیستی در این آثار به وجود می‌آیند که باعث کاهش کیفیت ساختاری و هنری آن‌ها می‌شود. جهت بررسی آلودگی‌های بیولوژیکی بر روی آثار کاغذی، نمونه‌برداری از بخش‌های مشکوک به آلودگی انجام و بر روی محیط‌های کشت سابرودکستروز آگار (جهت بررسی آلودگی قارچی) و نوترینت آگار (جهت بررسی آلودگی باکتریایی) کشت شد. پس از انکوباسیون، کلونی‌های رشد کرده مورد بررسی و شناسایی قرار گرفتند. نتایج حاصل از شناسایی کلونی‌های قارچی و باکتریایی جداسازی شده در این مطالعه حاکی از آلودگی آثار مورد بررسی با انواع قارچ‌ها از جمله پنی‌سیلیوم، آسپرژیلوس، کلادوسپوریوم، مخمرها و همچنین باکتری‌های متعلق به خانواده اکتینومیست‌ها و باسیلوس‌ها بود.

واژگان کلیدی: آثار کاغذی، فرسودگی زیستی، قارچ، باکتری.

فصلنامه دانش حفاظت و مرمت

سال چهارم، شماره ۴
شماره پیاپی ۱۰، زمستان ۱۴۰۰

https://kcr.richt.ir

صفحات: ۱۷ تا ۲۶

نویسنده مسئول

فضه رحیمی

دکترای حفاظت و مرمت آثار تاریخی –فرهنگی، پژوهشگر پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی– فرهنگی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران.

رایانامه

Rahimifezeh@gmail.com

دسترسی به این مقاله برای همگان آزاد است. هرگونه استفاده غیرتجاری از آن در صورت ارجاع مناسب، مجاز شناخته می‌شود.

مقدمه

آثار تاریخی-فرهنگی در طی زمان همواره تحت تأثیر عوامل مخرب مختلف قرار گرفته و از نظر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی دستخوش تغییر می‌شوند. این فرایند می‌تواند به ماهیت مواد و روش تولید اثر و یا عوامل محیطی (نور، رطوبت نسبی، دما، آلاینده‌های هوا)، عوامل بیولوژیک (میکروارگانیسم‌ها، گیاهان، جوندگان و حشرات)، عوامل انسانی (جابه‌جایی، استفاده، خرابکاری، گردشگری) و وقایع طبیعی مرتبط باشد. در بین مکانیسم‌های تخریب، به‌ویژه در خصوص آثاری با ماهیت آلی فرایندهای زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است. این فرایند، فرسودگی زیستی[1] نام دارد که به تغییرات نامطلوب ایجاد شده در مواد توسط فعالیت حیاتی ارگانیسم‌ها اطلاق می‌شود (Rivera et al., 2018). آسیب‌های ناشی از فرسودگی بیولوژیکی را می‌توان به فرایندهای بیوفیزیکی، بیوشیمیایی و زیباشناختی دسته‌بندی کرد که بسته به عامل بیولوژیک، طبیعت مواد و شرایط محیطی، ممکن است به طور مجزا یا هم‌زمان رخ دهند و آسیب‌های جزئی و پنهان تا گسترده و آشکار ایجاد کنند. در تخریب بیوفیزیکی یا بیومکانیکی، موجود زنده (ارگانیسم) با رشد یا حرکت خود، ماده و خصوصیات مکانیکی آن را به طور مستقیم تحت‌تأثیر قرار داده و باعث از هم‌گسیختگی یا تغییر شکل آن می‌شود (مدنی، ۱۴۰۱). طی تخریب بیوشیمیایی عوامل بیولوژیکی با استفاده از تغذیه ماده به‌عنوان منابع غذایی یا منابع انرژی (جذبی) و یا تولید و دفع مواد شیمیایی مختلف (دفعی) خواص ماده را تغییر می‌دهند (Branysova et al, 2022). آگاهی از جمعیت میکروبی موجود بر روی یک اثر تاریخی و پتانسیل متابولیتی آن‌ها یک امر ضروری در شناسایی میکروارگانیسم‌ها و مکانیسم‌های اصلی مسئول در فرایند فرسودگی زیستی است تا بر اساس این اطلاعات اقدامات لازم برای کنترل رشد آن‌ها انجام گیرد (Perito & Cavalieri, 2018).

آثار کاغذی به دلیل ماهیت آلی و ساختار سلولزی بسیار مستعد تخریب توسط عوامل بیولوژیکی هستند. تخریب بیولوژیکی در آثار کاغذی می‌تواند باعث از بین رفتن بسیاری از اطلاعات تاریخی و ارزشمند به جای مانده از گذشتگان شود. در این میان قارچ‌ها یکی از عواملی هستند که در تخریب آثار کاغذی مؤثر بوده و حتی برای ویژگی‌های زیباشناختی آن‌ها نیز اثرگذار هستند. اغلب قارچ‌ها برای رشد نیاز به عناصری مانند کربن، هیدروژن، اکسیژن، نیتروژن، سولفور، پتاسیم و منیزیم دارند. بسیاری از این عناصر را سلولز فراهم می‌آورد و دیگر مواد غذایی مورد نیاز آن‌ها در چرم، چسب و دیگر مواد چسبنده و نیز رنگ‌ها و پلاستیک‌ها یافت می‌شود. گرد و خاک و آلودگی‌ها نیز می‌توانند غذای اضافی تأمین کنند (Brokerhof, 1989). قارچ‌ها می‌توانند بسترهای کاغذی را از طریق مکانیسم‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف تخریب کنند. رشد هیف و نفوذ آن به زیر لایه می‌تواند علائمی مانند تغییر رنگ، ترک خوردگی، لایه برداری و غیره ایجاد کند. از سوی دیگر، مکانیسم‌های شیمیایی شامل ترشح اسید، آزادسازی آنزیم‌های خارج سلولی، تولید رنگدانه، واکنش‌های اکسیداسیون/کاهش است. این فرآیندها می‌توانند منجر به تغییرات جدی، چه از نظر زیبایی و چه ساختاری بر روی کاغذ شوند که ممکن است برگشت ناپذیر باشند (Savcovic et al., 2021). از این رو در ایران و سایر کشورها این موضوع فرسودگی زیستی به مسئله مهمی در حفاظت و مرمت آثار کاغذی تبدیل شده است. مجموعه اوراق به دست آمده از امامزاده محمد تفرش، نشان می‌دهد این مجموعه خطی و در موضوعات قرآنی است؛ اما انواع اسناد با موضوعات دیگر هم در میان آن‌ها دیده می‌شود؛ لذا نیاز است این اسناد مورد مطالعه دقیق قرار گیرد؛ زیرا می‌توان اطلاعات خوب و ارزشمندی از این اسناد به‌دست آید. در راستای حفاظت از این آثار جهت مطالعات آتی و با توجه به شواهد موجود بر روی اسناد تاریخی و احتمال بالای آلودگی میکروبی بر روی آن‌ها، در این مطالعه تلاش بر این است که اسناد مذکور و محیط اطراف آن‌ها از نظر میزان و نوع میکروارگانیسم‌های مخرب مورد بررسی قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

بقعه امامزاده محمد (ع) که در میان مردم محلی به امامزاده شاهزاده محمد (علیه‌السلام) معروف است، در محله فم، شمال شرق شهر تفرش قرار دارد و یکی از زیباترین بناهای تاریخی – مذهبی استان مرکزی است و با توجه به تزیینات این بنا و کتیبه موجود به دوره صفویه تعلق دارد. بر اساس گفته مسئولین میراث فرهنگی در عملیات نوسازی یکی از اتاق‌های امامزاده متوجه حفره‌ای شده‌اند که باعث جلب توجه و بررسی‌های بیشتر شد. در واقع در اتاقک ضلع شرقی امامزاده در طاق‌نمای شمالی اتاق، قرآن‌ها و کتب ادعیه به‌صورت ورق ورق شده در طاق جمع‌آوری و با آجر آن را پوشانده و سپس بر روی آن گچ گرفته شده بود. این آثار زمانی به دست آمده است که کارشناسان در حال انجام تعمیر و بازسازی امامزاده بوده‌اند. در حین برداشتن دیواری که در دوره‌های قبل بر ورودی یکی از حجره‌ها ایجاد شده بود این اسناد کشف شده و در داخل جعبه‌های قرار داده شده و به اداره میراث تفرش منتقل شده است (شکل ۱). این جعبه‌ها به تعداد ۸ عدد و حاوی تعداد زیادی آثار کاغذی از جمله اوراق قرآنی و اسناد با موضوعات مختلف هستند.

شکل ۱. محل نگهداری جعبه‌های حاوی اوراق قرآنی.

آسیب‌شناسی اسناد

برای انجام هرگونه اقدام حفاظتی و مرمتی در آثار کاغذی آسیب‌شناسی آن‌ها بسیار حائز اهمیت است، زیرا با تعیین نوع آسیب‌ها، چگونگی رفع آسیب‌ها و اعمال روش‌های حفاظتی می‌تواند از تخریب بیشتر این آثار جلوگیری کند. با آسیب‌شناسی می‌توان آسیب‌های اصلی که باعث تخریب بیشتر شده‌اند را شناسایی کرد و اقدامات حفاظتی –مرمتی را بر اساس آن برنامه‌ریزی کرد. از آنجا که برخی آسیب‌ها از جمله آسیب‌های بیولوژیکی به دلیل ماهیت آلی آثار کاغذی بیشترین تأثیر مخرب را دارا هستند؛ بنابراین شناسایی نوع عامل ایجاد آلودگی باعث می‌شود اقدامات اولیه حفاظتی در راستای مقابله با این‌گونه آلودگی‌ها باشد. آثار یافت‌شده از امامزاده محمد تفرش دارای آسیب‌های مختلفی است، اما مهم‌ترین آن آلودگی‌های بیولوژیکی است که در این مقاله به بررسی نوع آن‌ها پرداخته شده است.

جداسازی و شناسایی میکروارگانیسم‌ها

با توجه به مشاهده علائم آلودگی بیولوژیک در آثار، نمونه‌برداری از تمامی جعبه‌ها حاوی اوراق قرآنی انجام شد. در این مطالعه نمونه‌برداری به‌صورت غیرتهاجمی و با کمک سواپ استریل آغشته به آب مقطر استریل انجام شد (شکل ۲). با توجه به اینکه

شکل ۲. نمونه‌گیری از آثار کاغذی داخل جعبه‌ها و هوای داخل انبار نگهداری اسناد.

شـواهد آلـودگی در تمـامی جعبه‌هـا دیـده می‌شـد بـه همیـن دلیـل از تمـامی ۸ جعبـه نمونه‌بـراری انجـام شـد. همچنیـن پلیت‌گـذاری جهـت بـررسی آلـودگی هـوای داخـل انبـار نگهـداری اسـناد انجـام شـد.

بـرای نمونه‌بـرداری از هـوای مخـزن از روش رسـوبی (غیـر فعـال) پیشـنهاد شـده توسـط اوملیانسـکی جهـت نمونه‌بـرداری اسـتفاده شـد (Awad & Mawla, 2012). بـرای ایـن منظـور در ارتفـاع حـدود یـک و نیم‌متـر، پلیـت نوتریـنت آگار (جهـت بـررسی جمعیـت میکـروبی) و سابرودکسـتروز آگار (جهـت بـررسی جمعیـت قـارچی) بـه مـدت یـک سـاعت قـرار داده شـد. پـس از انکوباسـیون، کلونی‌هـای رشـد کـرده در هـر پلیـت شـمارش شـده و تعـداد واحدهـای تشـکیل‌دهندهٔ کلـونی (CFU/m3) بـا کمـک فرمـول تعریـف شـده توسـط اوملیانسـکی محاسـبه شـد.

$$N=5a.10^{4}\ (bt)^{-1}$$

N: تعداد میکروب‌ها در متر مکعب هوا (CFU/m3)،

a: تعداد کلونی‌های رشد کرده در هر پلیت،

b: سطح پلیت بر حسب cm3،

t: زمان انجام آزمایش بر حسب دقیقه

در ایـن مطالعـه ۹ نمونـه از اسـناد آلـوده (B1-B9) و ۱ نمونـه از هـوای اطـراف (B10) بـر روی دو نـوع محیـط کشـت (سابرودکسـتروز آگار و نوتریـنت آگار) مـورد کشـت و بـررسی قـرار گرفـت. محیـط کشـت نوتریـنت آگار در دمـای ۲۸ درجـهٔ سـانتی‌گراد بـه مـدت ۳ روز بـرای بررسی باکتری‌هـا و محیـط کشـت سـابرو دکسـتروز آگار در دمـای ۲۸ درجـهٔ سـانتی‌گراد بـه مـدت ۶ روز بـرای بـررسی قارچهـا در گرمخانـه شـدند. تجمعـات تشکیل‌شـده روی محیطهـای کشـت، ازنظـر مورفولوژیـکی بـررسی و بـرای مطالعـات بیشـتر خالص‌سـازی شـدند. جهـت شناسـایی باکتری‌هـای خالص‌سازی‌شـده، پـس از رنگ‌آمیـزی گـرَم، بـر طبـق دسـتورالعمل بـرگی بـا کمـک آزمون‌هـای بیوشیمیـایی شناسـایی شـدند (Vos et al., 2011). قارچهـای جداسـازی شـده، پـس از خالص‌سـازی و بـر اسـاس مورفولـوژی کلـونی و همین‌طـور مورفولـوژی سـاختاری، بـا کمـک میکروسـکوپ نـوری بـررسی و شناسـایی شـدند (Barnett et al., 1972).

نتایج

آسیب‌شناسی اولیه

بـا توجـه بـه اینکـه ایـن آثـار مـدت زمـان طـولانی در فضـای نامناسـبی بوده‌انـد به‌طـوری کـه انـواع آسیب‌هـا ماننـد تاخـوردگی پـارگی، لکه‌هـای مخـرب، پـارگی تقریبـاً در تمـامی آثـار ایجـاد و تشـدید شـده اسـت. غیراصـولی بـودن جعبه‌هـای نگهـداری در ایـن آثـار از جملـه جنـس نامرغـوب جعبه‌هـا در دراز مـدت آسیـب بیشـتری بـه آن‌هـا وارد کـرده اسـت (شـکل ۳)؛ زیـرا بـه دلیـل نامرغـوب بـودن جنـس ایـن جعبه‌هـا احتمـال اسیـدی شـدن اوراق افزایـش می‌یابـد. اسیـدی شـدن فراینـدی اسـت کـه فرسـایش اثـر بـا آن تشـدید می‌شـود.

در داخـل تمـامی جعبه‌هـا و بـر روی اوراق گـرد و خـاک فـراوانی وجـود دارد؛ همچنیـن آلودگی‌هـای دیگـری ماننـد دوده و بقایـای سـاختمانی در ایـن جعبه‌هـا و میـان اوراق دیـده می‌شـود کـه ایـن امـر بـه دلیـل قـرار گرفتـن جعبه‌هـا در داخـل فضـای پوشیـده در داخـل امـامزاده محمـد در مـدت زمـان زیـاد اسـت. از دیگـر آسیب‌هـای موجـود در ایـن مجموعـه جعبه‌هـا تاخـوردگی و پـارگی اسـت کـه در تمـام آثـار قابـل مشـاهده اسـت (شـکل ۴).

شکل ۳. جعبه‌های که اوراق قرآنی در آن نگهداری می‌شود.

شکل ۴. وجود گرد، خاک و آلودگی فراوان بر روی آثار و نحوه قرار گرفتن آثار در درون جعبه‌ها.

انـواع لکه‌هـای مخـرب بـر روی آثـار قابـل مشـاهده اسـت کـه تعـداد زیـادی از آن‌هـا حاصـل فعالیت‌هـای میکروارگانیسـم‌ها در شـرایط محیـطی نامناسـب هسـتند (شـکل ۵). بـه همیـن دلیـل شناسـایی نـوع آلـودگی و از بیـن بـردن ایـن آلودگی‌هـا ضـروری اسـت. فرسـودگی و کهنـگی شـدید بـرخی آثـار از جملـه جلدهـای چـرمی کـه از اوراق جداشـده‌اند، بیانگـر ایـن مطلـب اسـت کـه بایـد اقدامـات حفاظـتی و مرمـتی هرچـه زودتـر بـرای ایـن آثـار انجـام شـود. ماهیـت آلی ایـن آثـار فرسـودگی و کهنـگی ایـن گونـه آثـار را تشـدید می‌کنـد. شـاید بتـوان آن را بـه گونـه‌ای تخریـب زیباشـناختی قلمـداد کـرد. در تخریـب زیباشـناختی (رسـوبی یـا چرکیـن) حضـور موجـود زنـده (ارگانیسـم‌ها)، فضـولات و محصـولات متابولیـکی آن‌هـا منجـر بـه تشـکیل یـک لایـه میکـروبی یـا بیوفیلـم[۲] متراکـم در سـطح مـاده میزبـان شـده و ظاهـر نامطلـوبی بـر سـطح آن ایجـاد می‌کنـد؛ کـه بـا گذشـت زمـان می‌توانـد منجـر بـه آسیـب فیزیـک -شـیمیـایی و حـتی فرسـودگی زیسـتی دیگـر در مـاده و ترکیبـات آن

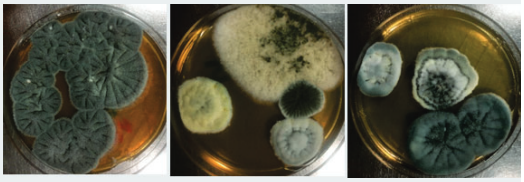
شکل ۵. انواع لکه بر روی اوراق قرآنی و فرسودگی و کهنگی آثار داخل جعبه‌ها.

شـود (مـدنی، ۱۴۰۱). مهم‌تریـن آسیـبی کـه در ایـن آثـار مشـاهده شـد وجـود شـواهدی از آلـودگی بیولوژیـکی بـود.

جداسازی و شناسایی میکروارگانیسم‌ها

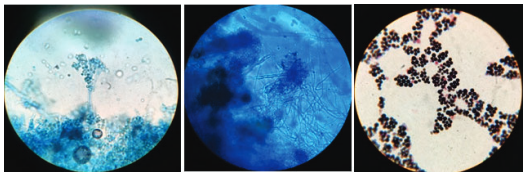
نتایـج حاصـل از شناسـایی تجمعـات قـارچی و باکتریـایی جداسـازی شـده در ایـن مطالعـه حـاکی از وجـود انـواع قارچهـا از جملـه پنی‌سیلیـوم(Penicillium)، آسـپرژیلوس(Aspergillus)، کلادوسـپوریوم(Aspergillus)، مخمرهـا[۳] (Yeast) و همچنیـن باکتری‌هـای متعلـق بـه خانـواده اکتینومیسـت‌ها[۴] (Actinomycete) و باسیلوس‌هـا[۵] (Bacillus) در نمونه‌هـای مـورد بـررسی بـود (شـکل ۶، ۷ و ۸). غالـب سـویه‌های قـارچی جداسـازی شـده در ایـن مطالعـه متعلـق بـه جنـس پنی‌سیلیـوم و اغلـب سـویه‌های باکتریـایی بـه اکتینومیسـت‌ها تعلـق داشـتند.

میـزان آلـودگی باکتریـایی در نمونه‌هـای B1 و B6 بـالا بـود و اغلـب سـویه‌های جداسـازی شـده در ایـن دو نمونـه بـه خانـواده اکتینومیسـت‌ها تعلـق داشـتند. همچنیـن میـزان آلـودگی قـارچی در نمونه‌هـای B2، B3 و B4 بـالا و سـویه‌های قـارچی جداسـازی شـده بـه جنـس پنیسیلیوم تعلـق داشـتند. تعـداد بـالای کلونی‌هـای جداسـازی در هـر پلیـت نمونه‌گیـری شـده و تعلـق داشـتن آن‌هـا بـه یـک گـروه از قارچهـا حـاکی از تجمـع و رشـد و آلـودگی شـدید نمونه‌هـای مذکـور بـا قـارچ پنی‌سیلیـوم اسـت.



شکل ۶. کلونی‌های قارچی رشد کرده بر روی محیط سابرودکستروز آگار.

شکل ۷. کلونی‌های باکتریایی و مخمری رشد کرده بر روی محیط نوترینت آگار.



شکل ۸. تصاویر میکروسکوپی سویه‌های قارچی پنی‌سیلیوم، آسپرژیلوس و مخمر.

بررسی کلونی‌های رشد کرده در پلیت شماره B10 که مربوط به نمونه‌برداری از هوای داخل مخزن است، نشان دهنده حضور انواع مختلف قارچ‌ها از جمله قارچ پنی‌سیلیوم، آسپرژیلوس و کلادوسپوریوم و انواع باکتری‌ها متعلق به جنس باسیلوس و اکتینومیست بود، لذا اسپورهای عامل آلودگی بر روی نمونه‌ها در محیط اطراف نیز وجود دارند. تعداد قارچ‌های محیط بر اساس فرمول پیشنهادی اوملیانسکی، CFU/m3 416 محاسبه شد.

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌های اولیه اسناد موجود در امامزاده محمد تفرش شواهدی از آلودگی‌های ناشی از عوامل بیولوژیکی را نشان داد و به همین دلیل نمونه‌برداری برای مطالعات مربوط به میکروارگانیسم‌های مخرب انجام شد. نتایج مطالعات نشان داد این آثار دارای آلودگی بیولوژیکی قارچی و باکتریایی هستند. وجود آلودگی بیولوژیکی بر اساس شواهد موجود بر روی آثار کاغذی دور از ذهن نبود. این آثار کاغذی در داخل جعبه‌هایی به‌صورت غیراصولی نگهداری می‌شوند. از سوی دیگر می‌توان گفت آسیب‌های وارده به این آثار مربوط به زمانی است که آثار در داخل یکی از حجره‌ها قرار داشته است و ورودی حجره با دیواری پوشانده شده و این آثار به مدت زمان طولانی در داخل حجره پوشیده شده قرار داشته‌اند.

سویه‌های قارچی جداسازی شده در این مطالعه به جنس‌های پنیسیلیوم، آسپرژیلوس و کلادوسپوریوم تعلق داشتند. این سویه‌های قارچی به وفور در مطالعات مختلف از آثار کاغذی جدا شده‌اند. در مطالعه انجام شده در کتابخانه موزه آستان قدس، آلودگی قارچی در ۵۰ جلد کتاب گزارش شد که شایع‌ترین سویه‌های قارچی جداسازی شده آسپرژیلوس و پنی‌سیلیوم بود (Shamsian, 2006). در مطالعهٔ انجام‌شده توسط نوحی و همکاران در مخازن و فضاهای کتابخانه‌ای در مرکز اسناد و کتابخانهٔ پژوهشگاه میراث فرهنگی، صنایع‌دستی و گردشگری اغلب سویه‌های قارچی جداسازی شده به جنس‌های آسپرژیلوس، پنی‌سیلیوم، آلترناریا و کلادوسپوریوم تعلق داشتند (نوحی، ۱۴۰۱). در بررسی آلودگی بیولوژیکی در مرکز اسناد ملی کوبا مشاهده کردند که غالب گونه‌های قارچی جداسازی شده به جنس آسپرژیلوس تعلق دارند (Anaya et al, 2016).

سویه‌های باکتریایی جداسازی شده در این مطالعه به جنس‌های باسیلوس و اکتینومیست تعلق داشتند. مطالعات مختلف جداسازی این گروه از باکتری‌ها را از نمونه‌های مربوط به آثار کاغذی گزارش داده‌اند (Borrego et al., 2012; Di Bella et al., 2015; Skúra et al., 2015). باسیلوس‌ها دارای پتانسیل بالا در تولید آنزیم‌های تجزیه‌کننده از جمله سلولازها هستند که قادرند با اثر به ساختار سلولزی کاغذ آن را تخریب کنند (Danilova & Sharipova, 2020). همچنین اکتینومیست‌ها به لحاظ مورفولوژیکی گروهی از باکتری‌ها هستند که جمعیت عمده میکروارگانیسم‌های خاک را تشکیل می‌دهد (قهری، ۱۳۹۱). همان‌طور که پیشتر اشاره شد این آثار در قسمتی از یک بنای تاریخی که دارای خاک و گرد و غبار بود یافت شده است لذا می‌توان گفت حضور باکتری‌های محیطی یافت شده در خاک ناشی از این امر باشد. اکتینومیست‌ها، به‌ویژه استرپتومایسس، قادر به تجزیه مواد آلی نسبتاً پیچیده مانند سلولز، پکتین، کیتین و پروتئین‌ها هستند (Semedo et al., 2004).

میزان آلودگی هوای انبار نگهداری آثار کاغذی مربوطه CFU/m3 416 محاسبه شد. در بررسی آلودگی بیولوژیکی هوای داخل مخازن با تمرکز بر حفاظت از آثار کتابخانه‌ای، محدوده‌های مختلفی از تعداد باکتری‌ها و قارچ‌ها در مترمکعب هوا ارائه شده است (Pinheiro et al., 2019)، وزارت میراث فرهنگی ایتالیا (MIBAC) پیشنهاد کرده است که غلظت باکتری‌های هتروتروف باید کمتر از CFU/m3 750 و

قارچها باید کمتر از 150 CFU/m3 باشد (MIBAC, 2001). در مطالعه‌ای دیگر محدوده‌ای براساس نوع گونه‌های قارچی جداشده از هوا تعریف شده است؛ بدین ترتیب که اگر بیوآئروسل‌ها مخلوطی از چندین گونه قارچی باشند، نباید تعداد آن‌ها از 150 CFU/m3 تجاوز کند و اگر به یک گونه خاص قارچی متعلق باشد نباید از 50 CFU/m3 بیشتر باشد. همچنین، نویسنده غلظت 500 CFU/m3 را در صورتی مجاز دانسته است که قارچها به جنس‌های میکروبی معمول موجود در هوا متعلق باشند (Cieplik, 1997) بر این اساس با توجه به این امر که گونه‌های قارچی جداسازی شده در این مطالعه، گونه‌های میکروبی معمول موجود در هوا هستند، می‌توان گفت میزان آلودگی قارچی هوای داخل مخزن نسبتاً بالاست.

از بعد حساسیت‌زایی و بیماری‌زایی سویه‌های جدا شده از آثار و هوای اطراف انبار نگهداری در این مطالعه می‌توان گفت تمام سویه‌های قارچی و باکتریایی جداسازی شده جزء سویه‌های آلرژن محسوب می‌شوند و می‌توانند در افراد واکنش‌های آلرژیک ایجاد کنند (Valentśn, 2007)، لذا توجه کارکنان و حفاظت گران به این موضوع بسیار حائز اهمیت است.

با توجه به میزان آلودگی مشاهده شده در این مطالعه، انجام اقدامات حفاظتی و مرمتی به‌ویژه ضدعفونی این آثار اولین اقدامی است که بایست انجام شود. پس از آن پاکسازی گرد و خاک و آلودگی‌های موجود در سطح آثار با در نظر گرفتن آرشیو و مخزنی استاندارد برای نگهداری آثار پیشنهاد می‌شود. از سوی دیگر با توجه به تعداد، اندازه و نوع آثار در درون جعبه‌ها، لازم است ساماندهی حفاظتی و مرمتی پس از انجام ضدعفونی آن‌ها انجام پذیرد که تهیه شناسنامه‌های اموالی و حفاظتی و مرمتی و طبقه‌بندی آثار از مهم‌ترین آن‌هاست.

بر همین اساس موارد ذیل به‌عنوان طرح حفاظت و مرمت مجموعه اوراق به دست آمده از امامزاده محمد تفرش پیشنهاد می‌شود.

انجام اقدامات حفاظتی از جمله پاکسازی گرد و خاک و آلودگی‌های موجود در سطح آثار.

انجام اقدامات مرمتی برای آثاری که نیاز به مرمت دارند.

در نظر گرفتن آرشیو و مخزنی استاندارد برای نگهداری آثار قبل و پس از انجام اقدامات حفاظتی و مرمتی.

مجهز بودن محل نگهداری آثار به سیستم‌های پایش محیطی.

محل‌ها و نقاط خاصی در فضاهای داخل ساختمان به‌عنوان مناطق تقویت‌کننده برای کپک‌ها عمل می‌کنند، به‌عنوان مثال برخی از آن‌ها عبارت‌اند از مجاری آب و فاضلاب، هواکش‌ها و دستگاه‌های تهویه کننده هوا و نیز موادی که در ساختار آن‌ها سلولز بکار رفته است مانند کاغذ، چوب، قفسه‌ها و کمدهای چوبی و مواد و وسایل خلل و فرجدار که با نظافت و بهداشت مرتب و منظم آن‌ها، می‌توان از تجمع و انباشت اسپورهای قارچی در آن‌ها جلوگیری کرد. انجام اقدامات اولیه بهسازی محیط کار و زندگی، مانند موارد زیر می‌توان از شدت و کثرت تماس و برخورد با عوامل قارچی فرصت‌طلب و بیماری‌زا کاست. تهویه مؤثر و مناسب هوا، نظافت و غبارروبی مکرر و منظم از روی سطوح و اشیاء، اصلاح نشتی‌های آب در فضاهای داخلی ساختمان، استفاده از دستکش و ماسک مناسب بینی و در موارد لزوم عینک‌های ایمنی هنگام کار با اشیاء آلوده و کپک‌زده، انجام معاینات پزشکی و آزمایش‌های تشخیصی به‌صورت منظم و دوره‌ای، مراجعه به پزشک در موارد مشاهده علائمی مانند حساسیت‌های پوستی به شکل خارش و سرخ شدن پوست و بروز نشانه‌های اگزمائی، گرفتگی و احتقان بینی و ترشحات غلیظ و چرکی بینی به همراه سردرد، سستی و بی‌حالی، گیجی و منگی، سرفه و خلط در افرادی که سابقه قبلی این علائم را نداشته‌اند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی استان مرکزی- شهر تفرش برای

هماهنگی جهت برای بازدید و نمونه‌برداری جهت انجام آزمایش‌های مربوطه سپاسگزاری می‌شود.

حامی مالی و معنوی

پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی و فرهنگی و اداره کل میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع‌دستی استان مرکزی- شهر تفرش.

پی‌نوشت‌ها

1. Biodeterioration

۲. میکروارگانیسم‌ها است که به یک سطح می‌چسبند و در یک ماتریکس خارج سلولی (Extracellular Polymeric Substance یا EPS) محصور شده‌اند. این ماتریکس از پلی‌ساکاریدها، پروتئین‌ها، DNA و سایر مولکول‌ها تشکیل شده است و به میکروارگانیسم‌ها کمک می‌کند تا به سطح بچسبند، از محیط اطراف خود محافظت شوند و با هم ارتباط برقرار کنند. میکروارگانیسم‌های درون بیوفیلم می‌توانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، جلبک‌ها و آغازیان باشند و اغلب گونه‌های مختلفی از میکروارگانیسم‌ها در یک بیوفیلم با هم زندگی می‌کنند.

۳. مخمر (Yeast): مخمرها میکروارگانیسم‌های تک‌سلولی یوکاریوتی هستند که در زیرمجموعه قارچ‌ها طبقه‌بندی می‌شوند. آن‌ها از طریق جوانه‌زدن یا شکافتن تکثیر می‌یابند و برخلاف قارچ‌های رشته‌ای (مثل کپک‌ها)، ساختار رشته‌ای ندارند. مخمرها در محیط‌های مختلفی مانند خاک، آب، گیاهان و حتی روی پوست انسان و سایر حیوانات زندگی می‌کنند.

۴. اکتینومیست‌ها (Actinomycetes): گروهی از باکتری‌های گرم مثبت هستند که به دلیل داشتن رشته‌های ظریف و شاخه‌دار (هیف)، شباهت زیادی به قارچ‌ها دارند. گونه‌های اکتینومایست ممکن است اندوسپور تشکیل‌دهند و به‌صورت منفرد میله‌ای شکل هستند.

۵. باسیلوس (Bacillus): گروهی از باکتری‌های گرم مثبت، میله‌ای شکل و اسپورزا هستند. باسیلوس‌ها در شرایط نامساعد محیطی (مانند کمبود مواد غذایی، دمای بالا یا پایین، خشکی) اسپور تولید می‌کنند. اسپورها ساختارهای مقاوم و خفته‌ای هستند که می‌توانند برای مدت زمان طولانی زنده بمانند و در شرایط مساعد مجدداً به باکتری رویشی تبدیل شوند. این مقاومت بالا، باعث می‌شود که باسیلوس‌ها در محیط‌های مختلفی زنده بمانند.

منابع

قهری، محمد، روحی، صدیقه. (۱۳۹۱). عوامل میکروبی آسیب‌رسان به مواد آرشیوی و کتابخانه‌ای،تهران: سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران.

محمدی محسن، کوچکزایی علیرضا، قبادی مهری(۱۳۹۳). ارزیابی پراکنش و تخریب بیولوژیکی ناشی از فعالیت قارچ سفالوسپوریوم در نسخ کاغذی مجموعه کتابخانه و موزه ملی ملک. نشریه علمی مرمت و معماری ایران. ۴ (۷) :۵۲-۴۱.

مدنی، فرح‌السادات، هادیان دهکردی، منیژه، نوحی باباجان، نسرین. (۱۴۰۱). راهنمای روش‌های شیمیایی و غیرشیمیایی کنترل آفات در مراکز فرهنگی. تهران: پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری.

نوحی، هادیان دهکردی، عرفان منش، پرستو. (۱۴۰۱). پایش کمی و کیفی محیطی و بیولوژیک در مخازن و فضاهای کتابخانه‌ای در مرکز اسناد و کتاب‌خانهٔ پژوهشگاه میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری ایران. گنجینهٔ اسناد، ۳۲(۲), ۱۲۵-۱۰۱.

Anaya, Villalpanda; Borrego, Sofia; Gõmez, Erasmo; Castro, Miguel; Molina, Alian; Valdřs, Oderlaise. (2016). “Viable fungi in the air of indoor environments of the National Archive of the Republic of Cuba”. Aerobiologia, 32(3), pp 513-527.

Awad, A. H., & Mawla, H. A. (2012). Sedimentation with the Omeliansky formula as an accepted technique for quantifying airborne fungi. Pol J Environ Stud, 21(6), 1539.

Barnett, H., Barry, B., & Hunter, B. (1972). Illustrated genera of imperfect fungi. 3rd Edition. In: American Phytopathological Society press.

Borrego, Sofśa; Lavin, Paola; Perdomo, Ivette; de Saravia, Sandra Gúmez (2012). “Determination of indoor air quality in archives and biodeterioration of the documentary heritage”. International Scholarly Research

Notices, Article ID: 680598.

Branysova, T., Demnerova, K., Durovic, M., & Stiborova, H. (2022). Microbial biodeterioration of cultural heritage and identification of the active agents over the last two decades. Journal of Cultural Heritage, 55, 245-260.

Brokerhof, A. W. (1989). Control of fungi and insects in objects and collections of cultural value:" A state of the art".

Cieplik, Z. (1997). "Zagrzybienie of the book collection of the Polish Studies Library of the Faculty of Philology of the University of Silesia". Studies in Bibliography, 10, pp 107-119.

Danilova, Iuliia; Sharipova, Margarita. (2020). "The practical potential of Bacilli and their enzymes for industrial production". Frontiers in microbiology, Volume 11, Article 1782.

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

MIBAC (Ministry of Cultural Heritage and Activities). (2001). "Atto di indirizzo sui criteri technoscientific e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei". Ambito VI. (D. Lgs. 112/1998 art. 150, comma 6). Gazzetta Ufficiale, 244(Suppl.): pp 34-43.

Perito, B., & Cavalieri, D. (2018). Innovative metagenomic approaches for detection of microbial communities involved in biodeterioration of cultural heritage. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.

Pinheiro, Ana Catarina; Sequeira, Sślvia Oliveira; Macedo, Maria Filomena. (2019). "Fungi in archives, libraries, and museums: a review on paper conservation and human health". Critical reviews in microbiology, 45(5-6), pp 686-700.

Rivera, L. E. C., Ramos, A. P., Sõnchez, J. I. C., & Serrano, M. E. D. (2018). Origin and Control Strategies of Biofilms in the Cultural Heritage. In Antimicrobials, Antibiotic Resistance, Antibiofilm Strategies and Activity Methods: Intech Open.

Savković, Ž., Stupar, M., Unković, N., Knežević, A., Vukojević, J., & Ljaljević Grbić, M. (2021). Fungal deterioration of cultural heritage objects. Biodegradation technology of organic and inorganic pollutants, 267-288.

Semşdo, L. T. A. S., Gomes, R. C., Linhares, A. A., Duarte, G. F., Nascimento, R. P., Rosado, A. S., ... & Coelho, R. R. (2004). Streptomyces drozdowiczii sp. nov., a novel cellulolytic streptomyces from soil in Brazil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 54(4), 1323-1328.

Shamsian, A., Fata, A.., Mohajeri, M.., & Ghazvini, K. (2006). Fungal contaminations in historical manuscripts at Astan Quds museum library, Mashhad, Iran. International Journal of Agriculture & Biology, 8(3), 420-422.

Skúra, Justyna; Gutarowska, Beata; Pielech-Przybylska, Katarzyna; Stępień, Łukasz; Pietrzak, Katarzyna; Piotrowska, Małgorzata; Pietrowski, Piotr. (2015). "Assessment of microbiological contamination in the work environments of museums, archives and libraries". Aerobiologia, 31(3), pp 389-401.

Valentśn, Nieves. (2007). "Microbial contamination in archives and Museums: Health hazards and preventive strategies using air ventilation systems". The Getty Conservation Institute, pp 1-26.

Vos, P., Garrity, G., Jones, D., Krieg, N. R., Ludwig, W., Rainey, F. A., Schleifer, K.-H., & Whitman, W. B. (2011). Bergey's manual of systematic bacteriology: Volume 3: The Firmicutes (Vol. 3). Springer Science & Business Media.