Studying and Investigating the Fungal Contamination and Determining the Acidity Level of the Manuscript Paper of the Bible Belonging to the Year 1150 AD

Nahid Fazaeli

M.A of Conservation and Restoration of Cultural Historical Objects, Faculty of conservation & Restoration, Tehran University of Art, Tehran, Iran.

Abstract

Fungal contamination and increased acidity are the most fundamental factors contributing to the erosion and destruction of historical manuscripts, including the manuscript of the Bible from the year 1150 AD. This work is housed in the museum of Archbishop Ardak Manoukian of Hazrat Maryam Church in Tehran. It is regarded as a significant treasure of Armenian cultural and artistic heritage, as well as an integral part of the cultural identity of the Christian community. Given the importance of this topic, the main objective of this research is to investigate the extent of fungal damage and the acidity level of the manuscript in question. This study is experimental in nature, consisting of laboratory investigations conducted over the span of one month in the laboratory of the Conservation and Restoration Faculty at Iran University of Art. To measure the acidity of the paper, a colorimetric method was employed following the standard of direct titration. Additionally, to assess fungal contamination, samples were cultured on Sabouraud Dextrose Agar Solid Medium, and a transmission polarizing microscope was utilized for examination. Chaetomium and Penicillium fungi were isolated from one of the eight samples tested, and an increase in acidity was observed in the manuscript's paper. Due to the complexities of technology, pathology, and environmental sensitivity, this manuscript requires specific guidelines in museums and repositories to minimize fungal contamination and acidity levels in the paper.

Keywords: Fungal infection, Paper acidity, Manuscript, Bible.

Knowledge of Conservation and Restoration

Vol. 4(4) No.10

March 2022

https://kcr.richt.ir

Pages: 27 to 38

Corresponding Author

Nahid Fazaeli

M.A of Conservation and Restoration of Cultural Historical Objects, Faculty of conservation & Restoration, Tehran University of Art, Tehran, Iran.

Email
nahid_fazaeli@yahoo.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.

مطالعه و بررسی آلودگی قارچی و تعیین میزان اسیدیته کاغذ نسخهٔ خطی انجیل متعلق به سال ۱۱۵۰ میلادی

ناهید فضائلی

کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشکدهٔ حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر، تهران، ایران.

چکیده

آلودگی قارچی و افزایش میزان اسیدیته از اساسی‌ترین عوامل فرسایش و تخریب نسخ خطی تاریخی از جمله نسخهٔ خطی انجیل متعلق به سال ۱۱۵۰ میلادی است. این اثر در موزهٔ اسقف اعظم آرداک مانوکیان کلیسای حضرت مریم (ع) تهران نگهداری می‌شود و گنجینهٔ عظیمی از میراث فرهنگی و هنری ارمنی و هویت فرهنگی جامعهٔ مسیحیت به شمار می‌رود. با توجه به اهمیت این موضوع هدف اصلی این پژوهش بررسی آسیب قارچی و میزان اسیدیته نسخهٔ خطی مورد مطالعه است. این مطالعه از نوع تجربی با مطالعات آزمایشگاهی است که به مدت یک ماه در آزمایشگاه دانشکده حفاظت و مرمت دانشگاه هنر ایران انجام شد. برای اندازه‌گیری میزان اسیدیته کاغذ از روش رنگ‌سنجی کاغذ مطابق استاندارد تیتراسیون مستقیم و برای بررسی آلودگی قارچی پس از کشت نمونه‌ها در محیط سابورو دکستروز آگار از میکروسکوپ پلاریزان عبوری استفاده شد. در یک نمونه از هشت نمونهٔ آزمایش‌شده قارچ‌های کتومیوم و پنیسیلیوم مشاهده شد و افزایش میزان اسیدیته در این نسخه گزارش گردید. این نسخه به خاطر پیچیدگی‌های زیاد در مبحث فن‌شناسی، آسیب‌شناسی و حساس بودن زیاد نسبت به محیط، دستورالعمل خاص خود را در موزه‌ها و مخازن نیاز دارد تا آلودگی قارچی و میزان اسیدیته کاغذ ر ا به حداقل برساند.

واژگان کلیدی: آلودگی قارچی، اسیدیته، کاغذ، نسخهٔ خطی، انجیل.

فصلنامه دانش حفاظت و مرمت

سال چهارم، شماره ۴
شماره پیاپی ۱۰، زمستان ۱۴۰۰

https://kcr.richt.ir

صفحات: ۲۷ تا ۳۸

نویسنده مسئول

ناهید فضائلی
کارشناسی ارشد مرمت اشیاء فرهنگی و تاریخی، دانشکدهٔ حفاظت و مرمت، دانشگاه هنر، تهران، ایران.

رایانامه

nahid_fazaeli@yahoo.com

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

مقدمه

نسخ خطی، گنجینهٔ عظیمی از میراث فرهنگی و هنری هر سرزمینی به‌شمار می‌آید که علاوه بر جنبهٔ تاریخی و هنری بخشی از هویت فرهنگی آن جامعه را شامل می‌شود، به همین دلیل این آثار از ارزش بالایی برخوردارند و حفظ و نگهداری آن‌ها برای هر ملتی الزامی و ضروری است (گیور، سودایی و حامدی،۱۴۰۰). این آثار می‌توانند به‌طور مداوم در معرض فرآیندهای تخریب قرار بگیرند و به‌طور قابل توجهی یکپارچگی، عملکرد و کیفیت زیبایی‌شناسی آن‌ها به خطر بیفتد (Henderson & et all., 2019) که در تهیهٔ استراتژی‌ها و تدابیر لازم برای حفاظت و مرمت از اهمیت اساسی برخوردار است (Wiesinger & et all., 2018). هر یک از این اقدامات می‌تواند اطلاعات جمعی در اختیار متخصصان و کارورزان برای هر دورهٔ تاریخی قرار دهد (مبشر مقصود و کوچکزایی، ۱۴۰۱). از عوامل تخریب در نسخ خطی می‌توان به آلودگی قارچی و افزایش میزان اسیدیته اشاره کرد.

قارچها از مهم‌ترین عوامل بیولوژیک آسیب‌رسان به‌منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای هستند (رئیس‌نیا، ۱۳۹۰) و به‌دلیل تنوع بسیار زیاد و قدرت تطابق بالا برای زیستن در شرایط مختلف قابل مطالعه‌ترین این عوامل به‌حساب می‌آیند (چعباوی‌زاده، احمدی، محمدی آچاچلویی و شیردوانی، ۱۳۹۶). تکثیر و انواع تولید مثل در قارچها با تشکیل هاگ‌های متنوع قابل رؤیت هستند و در نهایت منجر به‌تسریع واکنش‌های شیمیایی تخریب‌کننده می‌گردند (فضائلی،۱۴۰۰). قارچها علاوه بر تأثیرات بصری با تخریب ساختار کاغذ زمینهٔ اضمحلال اثر را فراهم می‌کند، همچنین سلامت افراد در تماس با آثار را به مخاطره می‌اندازد (محمدی آچاچلویی و کوچکزایی،۱۳۹۲).

یکی دیگر از اساسی‌ترین عوامل فرسایش و تخریب آثار کاغذی، افزایش میزان اسیدیته است. عوامل بیرونی و درونی متعددی همچون ماهیت و مواد تشکیل‌دهندهٔ آثار کاغذی و مراحل ساخت کاغذ در افزایش اسیدیته مؤثر هستند (عبدالله خان گرجی،۱۳۸۳). کاغذهای اسیدی عمر کوتاه‌تری دارند زیرا اسید به الیاف کاغذ که از مولکول‌های بسیار سلولز درست شده است، حمله می‌کنند و موجب قطع بعضی از اتصالات این زنجیر بسیار می‌شود. حالت اسیدی همچنین باعث خنثی‌سازی مواد افزودنی خشک‌کننده که در چاپ لیتوگرافی به‌کار می‌رود، می‌شود و در کاغذها موجب زردی و شکنندگی آن‌ها می‌گردد به‌طوری‌که در موارد حاد، کاغذهای اسیدی به‌محض تماس با دست خرد می‌شود (طالبی،۱۴۰۱). با این اوصاف هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی آلودگی قارچی و مشخص شدن میزان اسیدیته نسخهٔ خطی انجیل نگهداری شده در موزهٔ اسقف اعظم آرداک مانوکیان کلیسای حضرت مریم (ع) تهران است تا بتوان در آینده بر روند چگونگی حفاظت و مرمت نسخه تأثیرگذار واقع گردد. حال با توجه به‌هدف اصلی این پژوهش، این سؤالات مطرح می‌شود.

آیا رشد و نمو قارچ در نسخهٔ خطی انجیل قرن دوازدهم میلادی وجود دارد؟

آیا کاغذ نسخه خطی انجیل قرن دوازدهم میلادی اسیدی است؟

پیشینهٔ پژوهش

نسخهٔ خطی انجیل قرن دوازدهم میلادی برای اولین بار در حال مطالعه و بررسی است، این موضوع از طرف مسئول موزهٔ اسقف اعظم آرداک مانوکیان کلیسای حضرت مریم (ع) تهران تأییدشده است. به‌همین علت، پیشینه‌های به‌دست آمده دربارهٔ نمونه‌های مشابه در نسخ خطی دیگر است.

در اولین پژوهش بررسی شده در ارتباط با مطالعهٔ قارچی در نسخ خطی، می‌توان به پژوهش شکرزاده، و دیگران (۱۳۹۸) اشاره کرد. آن‌ها به بررسی تنوع قارچی نسخه‌های خطی آسیب‌دیده در یکی از مخازن مرکز اسناد و کتابخانه آستان قدس رضوی برای تعیین آلودگی هوای مخزن و ارتباط آن با آلودگی نسخ میپردازند و چهارده جدایهٔ قارچی از سه نمونهٔ بستر مختلف خطی و شش جدایهٔ قارچی از نمونهٔ هوای مخزن به‌دست آوردند. همچنین متوجه شدند جدایه‌های قارچی آلترناریا[1]، آسپرژیلوس[2]، پنیسیلیوم[3]

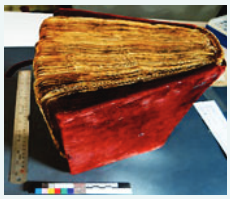
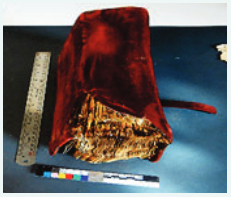
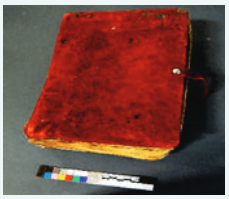
به‌ترتیب در مقام‌های اول تا سوم قرار دارند و دیگر نمونه‌های قارچی کلادوسپوریوم[۴]، کریزوژنوم[۵] و غیره جداشده از کاغذهای پوستی می‌توانند در ارتباط با قارچ‌های با فعالیت آبی کم و نمک دوست قرار بگیرند. شکرزاد و همکاران به این نتیجه رسیدند گونه‌های شناسایی‌شده مشترک بستر و هوا می‌تواند از انتقال و استقرار اسپورهای قارچی هوا به سطح نسخ سرچشمه بگیرد که این موضوع می‌تواند حضور لکه‌های رنگی روی مدل‌های کاغذی را بر اثر فرسایش قارچی بستر کاغذی اثبات کند. در مطالعهٔ بعدی گیور، سودایی و حامدی (۱۳۹۸) در قالب روش آزمایشگاهی و کتابخانه‌ای به بررسی تنوع قارچی در برخی از نسخه‌های خطی آسیب‌دیده در مخزن موزهٔ ملک پرداختند. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیرات بصری قارچ بر روی نسخ مورد مطالعه و سلامت افراد در تماس با این آثار است. ابتدا سه نسخه تحت عنوان الدعا، رساله الحج و خلاصه لالفیه را بر اساس تأثیرات بصری قارچ‌ها بررسی کردند، سپس در شرایط استریل نمونه‌برداری انجام و نمونه‌ها را در محیط سابورو دکستروز آگار کشت دادند. نتایج بررسی‌های آن‌ها نشان داد که قارچ‌های موجود بر آثار کاغذی در آرشیو موزهٔ ملک به‌ترتیب عبارت از آسپرژیلوس، کلادوسیوریم، آکرومونیوم و ترایکوفایتون هستند که قارچ‌های آسپرژیلوس، کلادوسیوریم، آکرومونیوم علاوه بر اینکه قارچ‌های شایع در کتابخانه‌ها به‌شمار می‌آیند، آلرژیزا هستند و باعث حساسیت ریوی در انسان می‌شوند؛ اما قارچ ترایکوفایتون یک قارچ بیماری‌زا در انسان است و در بین کتاب‌ها رایج نیست، احتمالاً یکی از کتابدارها و یا شخصی که به‌صورت مکرر به این کتاب دسترسی داشته باعث انتقال این قارچ به نسخه شده است. در پژوهشی دیگر، محمدی آچاچلویی و کوچکزایی (۱۳۹۲) به مطالعهٔ قارچ‌های موجود در نسخه‌های خطی آرشیو موزه و کتابخانهٔ ملی ملک و تأثیرات ناشی از آن‌ها بر کاغذ و سلامت افراد در تماس با آثار پرداختند. روش و رویکرد یافته‌اندوزی آن‌ها میدانی، آزمایشگاهی و کتابخانه‌ای است. ابتدا، آثار را بر اساس تأثیرات بصری قارچ‌ها، در شش دسته کلی قرار دادند، سپس نمونه‌هایی از آثار شاخص هر دسته را به‌منظور کشت و شناسایی قارچ در شرایط استریل تهیه کردند. یافته‌های پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد قارچ‌های موجود بر آثار کاغذی موجود در آرشیو موزه و کتابخانهٔ ملی ملک به‌ترتیب شامل کالدوسپوریوم هرباریوم، پنیسیلیوم اکسپانسوم، آسپرژیلوس نیجر، رایزوپوس استولونیفر، سفالوسپوریوم، آسپرژیلوس گالوکوس و آلترناریا آلترناتا هستند که جزء قارچ‌های سلولوتیک‌اند و با تولید آنزیم‌های سلولز منجر به تخریب ساختاری سلولز کاغذ و تغییرات بصری متفاوت می‌شوند. همچنین فهمیدند این قارچ‌ها به‌ترتیب عامل ایجاد لکه‌های درشت آبی تیره تا سیاه، لکه‌های زرد روشن تا زرد مایل به‌قهوه‌ای، لکه‌های گل‌بهی و صورتی تا قرمز مایل به‌قهوه‌ای، لکه‌هایی به‌شکل نقاط کوچک سیاه، لکه‌های قهوه‌ای و لکه‌های تیرهٔ قهوه‌ای تا سیاه ایجاد می‌کنند و با توجه به قابلیت تولید سموم مختلف، این قارچ‌ها مشکلات متعددی را برای سلامتی افراد ایجاد می‌کنند.

با بررسی مطالعات پژوهش‌های پیشین می‌توان گفت، محور بیشتر پژوهش‌های صورت‌گرفته در داخل و خارج از کشور، معرفی قارچ‌های شناسایی شده بر روی نسخ خطی است و علی‌رغم توجه بسیار زیاد محققان و پژوهشگران علم حفاظت و مرمت به نسخ خطی و تاریخی در راستای هدف و عنوان این پژوهش اطلاعات زیادی موجود نیست. با توجه به اهمیت این موضوع که مطالعه و بررسی خاصی درباره مطالعه و بررسی آلودگی قارچی و میزان اسیدیته کاغذ نسخه خطی انجیل متعلق به‌سال ۱۱۵۰میلادی با استفاده از روش شیمی آزمایشگاهی کلاسیک صورت نگرفته است، همچنان این کمبود احساس می‌گردد.

معرفی اثر

نسخهٔ انجیل مورد مطالعه متعلق به سال ۱۱۵۰میلادی و به‌لحاظ تاریخی و سیاسی در فرهنگ و هنر ارمنستان و همچنین جهان از ارزش بالایی برخوردار است. این نسخه در ماتنداران[۶] با زبان و خط ارمنی نوشته شده و مربوط به کتب مقدس است و موضوع اصلی آن شامل زندگی‌نامهٔ حضرت مسیح می‌گردد؛ که شامل ۱۶ شمایل‌نگاری که ۱۲ شمایل مربوط به حضرت

جدول ۱. شمایل‌های منتخبی از تصاویر ثبت‌شده با دوربین عکاسی از قسمت‌های مختلف نسخه انجیل قرن ۱۲ م.

			
۱	۲	۳	۴
۵	۶	۷	۸
۹	۱۰	۱۱	۱۲
۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
۱۷	۱۸	۱۹	۲۰
۲۱	۲۲	۲۳	۲۴

مسیح و زندگی ایشان و ۴ تای دیگر مربوط به شمایل نویسندگان است. البته یکی از صفحات این نسخه که شامل نقاشی و نگاره بوده مفقود شده و در حال حاضر ۱۵ شمایل از این نسخه باقی‌مانده است. همچنین این نسخه شامل چهار انجیل جمع‌آوری شده در یک جلد جداگانه است و هر نویسنده معمولاً توسط ابزارهای نوشتن خود یا توسط موجودی بالدار که به‌طور سنتی با او همراه است، نمایش داده می‌شود. جداول کانن و ستون‌های اعداد در جداول کانن معمولاً درون سازه‌های معماری نقش‌شده مشاهده می‌گردد. (جدول ۱).

مواد و روش‌ها

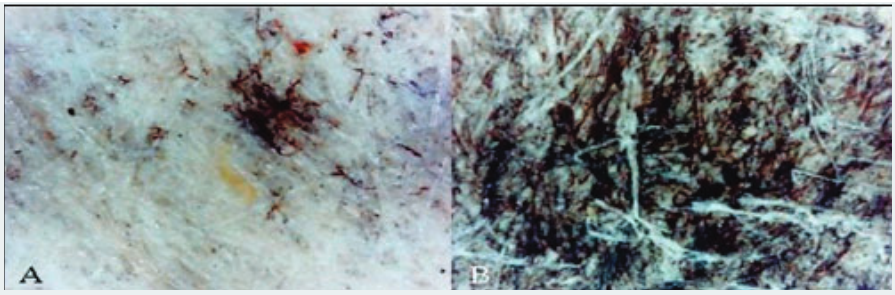
مطالعه و بررسی آلودگی قارچی و میزان اسیدیته کاغذ

بخش مهمی از پژوهش‌ها در ارتباط با مواد و دستگاه‌ها به‌وسیلهٔ دیگر علوم سنجیده می‌شوند؛ این سنجش، داده‌های مربوط به پژوهش‌ها صرفاً داده‌هایی خام محسوب می‌شوند. از طرفی این داده‌ها باید در حوزهٔ حفاظت و مرمت جایگاه خود را پیدا کنند. در غیر این صورت پژوهش‌های این‌چنینی می‌توانند در رشته‌هایی غیر مرتبط با کیفیتی بهتر انجام گردند (عباسی، ۱۳۹۵). به‌همین دلیل، تلاش جهت پاسخگویی به‌سوالات و ابهامات مطرح‌شده در قسمت فرضیات با انجام آزمایش‌های این پژوهش و سپس تجزیه و تحلیل یافته‌های علمی صورت پذیرفت تا راه را برای رسیدن به هدف کلی این پژوهش هموار نماید. با توجه به اهداف تعیین شده، این پژوهش از نوع تجربی با مطالعات آزمایشگاهی است. نسخهٔ خطی مورد مطالعه، جهت شناسایی نوع قارچ آسیب‌رسان و اندازه‌گیری اسیدیته کاغذ، به‌مدت یک ماه در آزمایشگاه دانشکدهٔ حفاظت و مرمت دانشگاه هنر ایران مطالعه و بررسی گردید. با توجه به آیین‌نامه‌های حفاظت و مرمت آثار تاریخی و همان‌طور که در منشور بین‌المللی حفاظت و مرمت ونیز ۱۹۶۴ و قطعنامهٔ پنجمین مجمع عمومی ایکوموس مسکو در سال ۱۳۷۶ میلادی اشاره شده است، حفاظت از یک اثر تاریخی بر این اساس است که حداقل مداخلهٔ فیزیکی در اثر اتفاق بیفتد (نیکویی و سامانیان، ۱۳۹۹). با توجه به این موضوع و اعمال کمترین میزان دخل و تصرف در راستای حفظ اصول مرمتی و حفاظتی آثار تاریخی و فرهنگی، نمونه‌برداری از قسمت‌های آسیب‌دیدهٔ اثر به‌طوری‌که به‌زیبایی بصری اثر خدشه وارد نشود، به‌صورت انتخابی انجام شد. طرز استفاده از کلیه وسایل و دستگاه‌های مورد استفاده در این پژوهش و تعاریف، اصطلاحات و کاربردهای مربوط به آن‌ها، شرایط سترون و استریل نمودن وسایل و دستگاه‌های مورد استفاده و محیط کار این پژوهش (قبل، در حین و پس از انجام آزمایش‌ها) با توجه به استانداردهای بین‌المللی ایزو[۷] به استانداردهای ایزو 5667-3:2018، 12128:1998، 5725-2:2019، 15193:2009، 21149:2017، 35001:2019 زیر نظر مسئول آزمایشگاه صورت گرفت.

بررسی آلودگی قارچی

تخریب بیولوژیکی با زوال شیمیایی باعث نفوذ هیف قارچ‌ها به لایه‌های درونی شی می‌گردد. این آسیب می‌تواند به‌وسیله اسیدهای کربوکسیلیک مشتق‌شده ایجاد شود و باعث ایجاد آسیب‌هایی همچون تغییر رنگ، زوال سطوح و ظهور لکه گردد و وجود آلاینده‌های آلی ممکن است فرآیندهای تخریب را تسریع نماید و منجر به از دست دادن قدرت و در نهایت اکسیداسیون شی گردد (Ilie et al., 2021) به‌همین دلیل تعدادی از صفحات این نسخه جهت بررسی آلودگی قارچی بر اساس تأثیرات ظاهری قارچ بر کاغذ همچون رنگ و شکل لکه مطالعه و بررسی شدند. این لکه‌ها ناشی از تولید رنگدانه توسط قارچ‌ها و محصولات تخریب کاغذ است. این موضوع نشان می‌دهد هیف قارچ به درون کاغذ نفوذ کرده است. (شکل۲. قسمت A و B).

پس از بررسی این مرحله به‌صورت ظاهری، نمونه‌برداری از قسمت‌های شاخص جهت کشت قارچ انجام شد. نمونه‌ها به‌صورت نوارهای نازک و کوچک کاغذ حاوی تأثیرات قارچ با استفاده از تیغ بیستوری و اسپاتول استریل برداشته شدند و به‌سرعت در بسته‌های استریل قرار گرفتند. قبل از نمونه‌برداری و کشت، ابزار و محل نمونه‌برداری با استفاده از آب ژاول

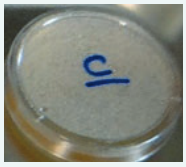
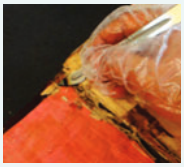
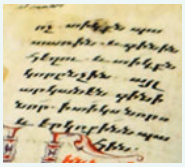


شکل۲. تصویر A و B (مشاهدات لوپ دیجیتالی با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ از لکه‌های ناشی از تولید رنگ‌دانه توسط قارچ‌ها).

و اتانول در گرمخانه با دمای ۱۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و 20 psi ، به‌مدت ۲۰ دقیقه استریل شدند.

برای تهیه محیط کشت جامد[8] سابورو دکستروز آگار ۴ درصد (محصول شرکت مرک آلمان) با مشخصات ۱.۰۵۴۳۸.۰۵۰۰، به‌مقدار ۶۵ گرم در مقدار توصیه شده ۱۰۰۰ سی‌سی آب مقطر استفاده شد. در وهلهٔ اول جهت تهیه سوسپانسیون اولیه سه مرحلهٔ وزن کردن، رقیق کردن و یکنواخت کردن نمونه انجام پذیرفت. ترازو برای توزین نمونه روی صفر تنظیم گردید، پودر جامد با استفاده از اسپاتول[9] سترون شده در ظرف مناسب ریخته شد. پس از آن با استفاده از آب مقطر، عمل رقیق نمودن صورت گرفت. ظرف حاوی مواد به همراه یک آهن‌ربا (برای هم زدن آسان‌تر) با توجه به‌دستور مسئول آزمایشگاه به‌مدت یک تا پنج دقیقه بر روی اجاقک (هیتر) با گرم‌شوندگی ۹۹ و سرعت مخلوط ۲۰ قرار گرفت تا بر اثر حرارت، مخلوط

جدول شمارهٔ ۴: نتایج بررسی آلودگی قارچی نسخهٔ خطی انجیل قرن دوازدهم میلادی.

مشخصات محل نمونه‌برداری	لکهٔ صفحهٔ ۸۲	لکهٔ صفحهٔ ۱۲۸	چرم جلد	زیر پارچهٔ صورتی
کد نمونه	A	C	E	F
تصاویر محل نمونه‌برداری				
				
کد نمونه	H	I	K	J
تصاویر محل نمونه‌برداری				

و یکنواخت و در نهایت شفاف گردد. سپس برای استریل‌شدن به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و فشار 20 psiدر داخل اتوکلاو قرار گرفتند. بعد از اتوکلاوگذاری، محیطهای کشت جامد، آماده و قابل استفاده می‌شوند. نمونه‌ها پس از کشت به‌مدت دو هفته در انکوباتور[۱۰] استریل با دمای 3±27 درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد قرار گرفتند. پس از گذشتن این مدت و رشد قارچها خصوصیات میکروسکوپی شامل صفات مرفولوژی و خصوصیات ظاهری قارچها با میکروسکوپ پلاریزان عبوری[۱۱] دانشگاه هنر ایران و خصوصیات مایکروسکوپی با چشم غیر مسلح بررسی شد. در پایان، برای اطمینان از صحت خلوص آزمایشگاهی[۱۲] کلیهٔ مواد به‌کاربرده شده در این آزمایش‌ها و اطمینان از رشد و نمو صحیح قارچ، چندین بار این روند تکرار شد و نتایج با یکدیگر مقایسه شدند تا درصد خطای موجود در صورت وجود داشتن به حداقل برسد. به‌طور خلاصه می‌توان مراحل شناسایی قارچها را در جدول شمارهٔ دو، مشاهده کرد.

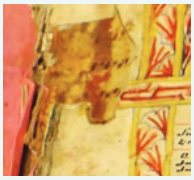
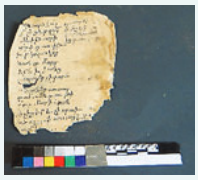
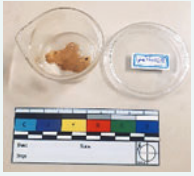
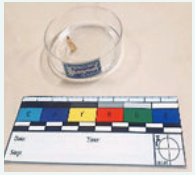
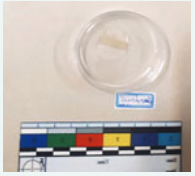
اندازه‌گیری اسیدیته کاغذ

مقدار ۰.۱ گرم از نمونهٔ کاغذ در ۰.۷ میلی‌لیتر آب مقطر حل گردید، سپس از طریق روش رنگ‌سنجی[۱۳] با pH مترهای کاغذی، میزان اسیدیته کاغذ نسخه مورد سنجش قرار گرفت، به این صورت که قسمتی از کاغذ برش خورده با روش استخراج سرد و با تیتراسیون مستقیم انجام شد. روند آزمایش تعیین میزان اسیدیته کاغذ در جدول شمارهٔ سه به‌صورت خلاصه مشاهده می‌شود.

بحث در نتایج و یافته‌ها

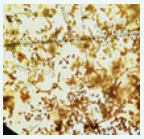
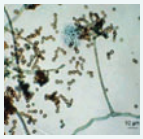
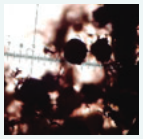
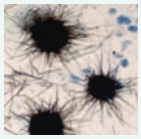
بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات مرتبط با قارچ‌شناسی در جدول شمارهٔ چهار (قسمت الف۱و الف۲) در یک نمونه از هشت نمونهٔ آزمایش‌شده، آلودگی قارچی مشاهده گردید، این قارچها شامل کتومیوم[۱۴] و پنی سیلیوم هستند. با توجه به مطالعات انجام شدهٔ لینتانگ و همکاران (Lintang,ea.al., 2021) و چعباوی‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) قارچ پنی سیلیوم در همهٔ نسخ خطی و کتب تاریخی مشترک است و جنس قارچ کتومیوم و آرایه‌های وابسته به آن به‌علت داشتن توانایی تخریب سلولز و تولید انواع متابولیسم‌های زیستی، قادر به تجمع یافتن بر بسترهای مختلف هستند که برخی گونه‌ها عامل حساسیت‌زای مهم در هوا گزارش شده‌اند که به گسترش ورم غشای مخاط بینی و آسم، به‌علت تولید مایکوتوکسین‌ها[۱۵]و ترکیبات آلی فرار کمک می‌کند.

جدول ۵: نتایج آزمایش‌های تعیین میزان اسیدیته کاغذ نسخهٔ خطی انجیل قرن ۱۲ میلادی.

محل نمونه‌برداری	L) کاغذ صفحات اصلی	M) کاغذ الحاقی همراه نسخه	N) کاغذ باقی‌ماندهٔ صفحهٔ اول	O) کاغذ باریک داخل نسخه
مرحلهٔ اول آزمایش				
مرحلهٔ دوم				

جدول شمارهٔ ۴. نتایج بررسی آلودگی قارچی نسخهٔ خطی انجیل قرن دوازدهم میلادی

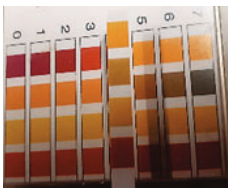
الف۱) نتایج بررسی آلودگی قارچی در نمونه‌هایی که رشد و نمو قارچ گزارش نشد. (پس از گذاشتن در انکوباتور).							
تصاویر محیط کشت قارچ بر اساس کد نمونه							
A	C	E	F	H	I	K	J

الف۲) نتایج بررسی آلودگی قارچی در نمونه با کد J دارای رشد و نمو قارچ پس از گذاشتن در انکوباتور.					
تصویر میکروسکوپی		نام قارچ	تصویر میکروسکوپی		نام قارچ
نگارنده	شاهد		نگارنده	شاهد	
		پنیسیلیوم			کتومیوم

(لـرکی، مهرابی‌کوشـکی و فرخی‌نـژاد، ۱۳۹۸)، به‌همیـن دلیـل قـارچ کتومیـوم علاوه بـر آسیـب بـه نسـخه بـرای سلامـتی انسـان هـم ضـرر دارد. البتـه ایـن قـارچ در نسـخ خـطی و کتـب تاریـخی مشـترک نبـوده اسـت به‌همیـن دلیـل نیـاز بـه بررسی‌هـای بیشـتری در ایـن زمینـه دارد تـا عامـل یـا عوامـل بـه وجـود آورنـدهٔ ایـن قـارچ در نسـخهٔ انجیـل مشـخص گـردد تـا بتـوان راهـکار حفاظـتی و مرمـتی درسـتی بـرای ایـن نسـخه ارائـه داد.

همچنیـن بـا توجـه بـه نتایـج به‌دسـت آمـده در جـدول شـمارهٔ چهـار، افزایـش میـزان اسیدیتـه در ایـن نسـخه اتفـاق افتـاده اسـت کـه می‌تـوان گفـت ماهیـت و مـواد متشـکلهٔ آثـار کاغـذی و همچنیـن مراحـل سـاخت کاغـذ به‌عنـوان عوامـل درونـی و عوامـل پدیـد آمـده در محیـط نگهـداری به‌عنـوان عوامـل بیرونـی در افزایـش اسـیدیته مؤثـر هسـتند. به‌طـور عمـده منبـع اصلـی اسـید در کاغـذ به‌خاطـر دی‌اکسیـد سـولفور موجـود در هـوای آلـوده، لیگنیـن، آهـار، رایتانـه و زاج، مرکـب مـازو و آهـن و انتقـال اسیـد از مـواد دیگـر اسـت. یـکی از عوامـل مهـمی کـه می‌توانـد در اسیـدی شـدن کاغـذ نقـش مؤثـری داشـته باشـد وجـود جوهرهـا یـا مرکـب به‌عنـوان مـواد نوشـتاری در نسـخه‌های خـطی اسـت. میـزان اسیـد در مرکب‌هـای مختلـف یکسـان نیسـت و تغییـرات دمـایی بـر روی کاغـذ

جدول ۵: نتایج آزمایش‌های تعیین میزان اسیدیته کاغذ نسخهٔ خطی انجیل قرن ۱۲ میلادی .

کاغذ صفحات اصلی	کاغذ الحاقی همراه نسخه	کاغذ باقی مانده از صفحهٔ اول	کاغذ باریک داخل نسخه
			
pH: 5.5	pH: 6	pH: 6	pH: 5

از جانب برخی از ترکیبات و افزودنی‌ها از قبیل زاج، مازو، صمغ و مواد چسب‌دار که در ساخت مرکب به‌کار می‌روند در این مقدار تأثیر می‌گذارد (پور محمد و نعمتی بابایلو، ۱۳۹۵). همچنین عوامل بیرونی اعم از فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی همچون میزان تابش نور اعم از طبیعی یا مصنوعی، افت و خیز دما، میزان رطوبت نسبی، حضور گازهای آلاینده محیط، آثار کاغذی را در معرض خطر و نابودی قرار می‌دهند که با افزایش میزان اسیدیته در کاغذ از مخرب‌ترین عوامل برای آثار کاغذی به‌حساب می‌آیند. گرد و غبار و آلودگی محیط، عوامل زیستی نظیر حشرات، جوندگان، انواع قارچ و کپک و همچنین انسان به‌هنگام حفظ و نگهداری غلط آثار، سوانح طبیعی همانند آتش سوزی، سیل و غیره، تماماً در گروه عوامل مخرب بیرونی آثار جای می‌گیرند (عبدالله خان گرجی، ۱۳۸۳)، با توجه به مثبت شدن آلودگی قارچی در این نسخه، می‌توان یکی از دلایل اسیدی شدن این نسخه را وجود قارچ‌های شناسایی شده دانست. همچنین این احتمال وجود دارد نسخهٔ خطی مورد پژوهش در طول زمان بر اثر پارامترهای رطوبت، آلاینده‌های هوا و ماهیت بعضی از رنگدانه‌ها اسیدی شده است.

نتیجه‌گیری

برای به‌حداقل رساندن آلودگی قارچی و کاهش میزان اسیدیته نسخهٔ خطی انجیل قرن دوازدهم میلادی با پیچیدگی‌های زیاد در مبحث فن‌شناسی، آسیب‌شناسی و حساس بودن زیاد نسبت به نور، گرما یا حرارت، رطوبت و گازهای آلایندهٔ موجود در هوا می‌بایست عوامل محیطی و روشنایی از طریق نگهداری و نمایش صحیح کنترل گردد. انجام موارد ذکر شده در بیان آسان، اما در عمل سخت است. به این علت که ارائهٔ طرح درمانی صحیح برای حفاظت و مرمت از این نسخهٔ با ارزش نیاز به وسواس زیاد، اشراف کامل و دقت زیاد به مباحث فن‌شناسی و آسیب‌شناسی دارد. امید است در زمان‌های آینده بتوان این تحقیقات را تکمیل نمود که به‌علت محدودیت در پژوهش و نبودن زمان کافی، این نسخه به‌طور کامل مورد بررسی قرار نگرفت و فقط آلودگی قارچی و تعیین میزان اسیدیته نسخه مطالعه و بررسی شد.

سپاسگزاری

نویسنده بر خود لازم می‌دارند از پشتیبانی و حمایت موزهٔ اسقف اعظم آرداک مانوکیان تهران و دانشگاه هنر ایران تشکر و قدردانی نماید.

حامیان مادی و معنوی

وجود ندارد.

پی‌نوشت‌ها

1. Alternaria
2. Aspergillus
3. Penicillium
4. Cladosporium cladosporioides
5. Chrysogenum
6. Matendaran
7. ISO
8. Solid Medium محصول شرکت مرک آلمان با مشخصات 1.05438.0500
9. spoon spatula
10. انکوباتور مدل EB-4300S
11. مدل Bk-Pol و Bk-Pol-R ساخت شرکت Jenus کشور چین
12. Analytical Reagent Quality
13. Color metric
14. Chaetomium
15. Mycotoxin

منابع

پور محمد، طاهره و نعمتی بابای لو، علی. (۱۳۹۵). مروری بر روش‌های اسیدزدایی کاغذهای تاریخی. دو فصلنامه تخصصی دانش مرمت و میراث فرهنگی،۴(۸)۳۴-۲۰.

چعباوی‌زاده، جواهر، احمدی، حسین، محمدی آچاچلویی، محسن و شیردوانی، مهشید. (۱۳۹۶). تعیین حداقل غلظت بازدارندگی بنومیل بر چهار جدایه قارچی در کاغذهای تاریخی. تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران،۳۲(۱)۱۴۴-۱۳۱.

رئیس‌نیا، نگار. (۱۳۸۹). اطلس قارچ‌شناسی (قارچ‌های آسیب‌رسان به منابع آرشیوی و کتابخانه‌ای). تهران: سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران.

شکر زاده لیلا، محمدی پریسا، بحرینی معصومه، بهدانی سمیرا، ثابت جازاری علی‌اصغر.(۱۳۹۸) بررسی رابطه فرسایش قارچی نسخه‌های خطی مرکز اسناد و کتابخانه آستان قدس رضوی با هوا و ارزیابی آن در مدل کاغذی. زیست‌فناوری مدرس. ۱۱ (۱): ۹۱-۸۵.

عباسی، جواد. (۱۳۹۵). ارزیابی کاربرد نانو کامپوزیت پلی وینیل بوتیرال و اکسید روی در استحکام‌بخشی چوب‌های خشک تاریخی در برابر آب. پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد. دانشگاه هنر ایران.

عبدالله خان گرجی، مهناز. (۱۳۸۳). دستورالعمل حفاظت و نگهداری آثار کاغذی. پیام بهارستان، ۴(۴۴).۱۶-۴.

فضائلی، ناهید. (۱۴۰۰). بهینه‌سازی کاربرد گلیسیرین در برابر رشد قارچ‌ها برای انعطاف‌پذیری جلدهای چرمی نسخ خطی. پایان‌نامهٔ دوره کارشناسی ارشد. دانشگاه هنر ایران.

کاغذسازی، تهمینه طالبی و گروه آموزشی. (۱۴۰۱). کاغذسازی. دفتر برنامه‌ریزی و آموزش‌های هنری وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی. تهران.

لرکی، ریحانه، مهرابی کوشکی، مهدی، فرخی نژاد، رضا. (۱۳۹۸). شناسایی گونه‌های Chaetomium و Amesia همراه بیماری‌های مختلف در گیاهان زینتی علفی اهواز. زیست‌شناسی میکروبی، ۸(۳۱).-۳۳ ۵۰.

گیور، لیلی، سودایی بیتا، حامدی، سپیده. (۱۴۰۰). بررسی آلودگی قارچی در برخی از نسخ خطی موزه ملک تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، ۳۶(۲).-۱۷۰ ۱۷۸.

مبشر مقصود، المیرا و کوچکزایی، علیرضا. (۱۴۰۱). مروری بر رنگ‌دانه‌های سنتی (بخش دوم): آبی اولتراماریـن و سبز زمردی. مطالعات در دنیای رنگ، ۱۲(۴)۳۸۴-۳۶۹.

محمدی آچاچلویی و کوچکزایی، علیرضا. (۱۳۹۲). شناسایی قارچ‌های مخرب اسناد و نسخه‌های کاغذی آرشیو کتابخانه و موزهٔ ملی ملک و تأثیرات ناشی از آن. گنجینهٔ اسناد،۲۳(۴)۱۴۵-۱۲۵.

نیکویی، زهرا و سامانیان، کورس. (۱۳۹۹). شناسایی رنگ‌دانه‌های سبز و قرمز دیوارنگاره‌های دوره زندیه در شیراز با روش دستگاهی. علوم و فناوری رنگ،۱۴(۱)۶۱-۴۹.

International Organization for Standardization. (2018). Water quality - sampling - part 3: preservation and handling of water samples. (ISO Standard No 5667-3:2018). https://www.iso.org/standard/72370.html.

British Standards European Standard. (1998). Biotechnology. Laboratories for research, development and analysis. (BS EN Standard No 12128:1998).

International Organization for Standardization. (2019). Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results - Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. (ISO Standard No 5725-2:2019). https://www.iso.org/standard/69419.html.

International Organization for Standardization. (2009). In vitro diagnostic medical devices - Measurement of quantities in samples of biological origin - Requirements for content and presentation of reference measurement procedures. (ISO Standard No 15193:2009). https://www.iso.org/standard/42021.html.

International Organization for Standardization. (2017). Cosmetics - Microbiology - Enumeration and detection of aerobic mesophilic bacteria. (ISO Standard No 21149:2017). https://www.iso.org/standard/72240.html.

International Organization for Standardization. (2019). MICROBIOLOGY IN GENERAL. (ISO Standard No 35001:2019). https://www.iso.org/standard/71293.html.

Ilie, D. C., Hodor, N., Indrie, L., Dejeu, P., Ilie, A., Albu, A., ... & Grama, V. (2021). Investigations of the surface of heritage objects and green bioremediation: case study of artefacts from Maramure, Romania. Applied Sciences, 11(14), 6643. DOI: 10.3390/app11146643.

Henderson, E. J., Helwig, K., Read, S., & Rosendahl, S. M. (2019). Infrared chemical mapping of degradation products in cross-sections from paintings and painted objects. Heritage Science, 7(1), 71. DOI: 10.1186/s40494-019-0313-7.

Lintang, W., Susetyo-Salim, T., Oetari, A., & Sjamsuridzal, W. (2021, December). Isolation and characterization of fungi from deteriorated old manuscripts from Banyumas, collection of Library of Universitas Indonesia. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 948, No. 1, p. 012031). IOP Publishing. DOI:10.1088/1755-1315/948/1/012031.

Wiesinger, R., Pagnin, L., Anghelone, M., Moretto, L. M., Orsega, E. F., & Schreiner, M. (2018). Pigment and binder concentrations in modern paint samples determined by IR and Raman spectroscopy. Angewandte Chemie, 130(25), 7523-7529. DOI: 10.1002/anie.201713413.