



مطالعه تطبیقی فعالیت ضد قارچی سه عصاره گیاهی آویشن، اسطوخودوس و کندر در آثار کاغذی

لیلا بیدار^۱، نسرين نوحی^۲، منیژه هادیان دهکردی^{۳*}

۱. کارشناس ارشد حفاظت و مرمت، سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران، تهران، ایران
۲. استادیار، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران
۳. استادیار، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی، پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۱

چکیده

قارچ‌ها نقش غالبی در تخریب میراث فرهنگی دارند و به دلیل فعالیت آنزیمی بالا می‌توانند در مواد مختلف موجود در ساختار اشیای هنری تاریخی ساکن شوند و منجر به تخریب آن‌ها گردند. با توجه به ساختار سلولزی کاغذ، آثار کاغذی نگهداری شده در کتابخانه‌ها و مراکز اسناد بسیار در معرض آسیب میکروارگانیسم‌ها از جمله قارچ‌ها قرار دارند و همواره بخش‌های بایگانی اسناد با معضل آلودگی‌های بیولوژیکی روبه‌رو هستند. با توجه به آثار مضر استفاده از مواد شیمیایی بر آثار کاغذی و همچنین اثر سمی آن‌ها روی موزه‌داران و حفاظت‌گران در مجموعه‌های موزه‌ای و کتابخانه‌ها، یافتن جایگزینی مناسب برای مقابله با قارچ‌های مخرب بسیار لازم و ضروری است. در این راستا، استفاده از اسانس‌های گیاهی همواره مورد توجه بوده و هست. با توجه به تنوع و فراوانی گیاهان دارویی در کشورمان ایران، در این مطالعه اثر ضد قارچی اسانس سه گیاه آویشن شیرازی، اسطوخودوس و کندر روی دو سویه قارچی شایع جداسازی شده از اسناد تاریخی شامل پنسیلیوم و آسپرژیلوس نیجر مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین تأثیرات فیزیکی (ضخامت و وزن) و شیمیایی (تغییرات اسیدیته و رنگ) احتمالی استفاده از این اسانس‌ها به عنوان ماده ضد عفونی‌کننده روی آثار کاغذی مورد مطالعه قرار گرفت تا مشخص شود کدام اسانس می‌تواند مناسب‌ترین گزینه برای آفت‌زدایی آثار مکتوب باشد. به این منظور، از روش انتشار دیسک در آگار و انتشار چاهک در آگار برای ارزیابی فعالیت ضد قارچی هر اسانس استفاده شد. همچنین اثر ضد قارچی ترکیبات فرار اسانس‌ها با بخوردادن نمونه‌های کاغذی آلوده بررسی شد. بررسی اثرات فیزیکی و شیمیایی احتمالی اسانس‌ها روی نمونه‌های کاغذی، با استفاده از متغیرهای تغییر رنگ (ΔE_{ab})، ضخامت (ΔI)، وزن (Δm) و pH (ΔpH) روی کلیه نمونه‌های کاغذ تیمار شده با اسانس در مقایسه با نمونه شاهد انجام شد. نتایج به‌دست‌آمده در این مطالعه تأیید می‌کند که سه اسانس مورد بررسی دارای اثر ضد قارچی روی پنی‌سیلیوم و آسپرژیلوس نیجر هستند. ولی بر اساس دوز مورد نیاز برای فعالیت ضد قارچی، می‌توان گفت اسانس آویشن فعالیت ضد قارچی بیشتری نسبت به اسانس اسطوخودوس و کندر دارد. آویشن به دلیل اثر ضد قارچی و میکروبی بالا و همچنین عدم مشاهده اثرات نامطلوب آن بر ویژگی‌های فیزیکی و pH کاغذ، گزینه مناسب و امیدوارکننده‌ای برای حفاظت از آثار کاغذی در برابر تخریب زیستی ناشی از قارچ‌ها به‌شمار می‌آید.

واژگان کلیدی: قارچ، تخریب زیستی، کاغذ، اسانس گیاهی، ضد عفونی، پنی‌سیلیوم، آسپرژیلوس نیجر.

* نویسنده مسئول مکاتبات: تهران، خیابان امام خمینی (ره)، خیابان سی تیر، روبروی ساختمان موزه ملی ایران، شماره ۲، کد پستی: ۱۱۳۴۹-۱۳۴۳۱
پست الکترونیکی: m_hadian@yahoo.com

۱. مقدمه

کاغذ یک ماده آلی است و عمدتاً از سلولز با منشأهای مختلف (پنبه، کنان، چوب سخت، چوب نرم، کنف) ساخته می‌شود، لذا به‌عنوان یک بستر عالی برای موجودات هتروتروف مختلف عمل می‌کند. این ماده در واقع منبع کربن آلی برای بسیاری از میکروارگانیسم‌هاست و هنگامی که در ساخت اشیایی مانند کتاب، اسناد چاپی و غیره استفاده می‌شود، با چندین ماده آلی دیگر مانند چسب‌های حیوانی یا گیاهی، جوهر و غیره نیز همراه می‌شود که می‌توانند تجزیه‌پذیری زیستی آن را افزایش دهند [2, 1]. قارچ‌ها نقش غالبی در تخریب میراث فرهنگی دارند و به دلیل فعالیت آنزیمی بسیار زیاد و توانایی آن‌ها برای رشد در مقادیر فعالیت آب (aw) کم، می‌توانند در نقاشی‌ها، منسوجات، کاغذ، پوست، چرم، روغن، کاژئین، چسب و سایر مواد آلی مورد استفاده در اشیای هنری، تاریخی ساکن شوند و آن‌ها را تخریب کنند [3]. هیف‌های قارچی همچنین می‌توانند به فیبرهای سلولز نفوذ کرده آن‌ها را از طریق عمل مکانیکی تکه‌تکه کنند. آن‌ها می‌توانند از سلولز به‌عنوان یک بستر استفاده کنند و باعث شکننده‌شدن و ترک‌خوردن ورق‌های کاغذی شوند. گاهی اوقات قارچ‌ها مواد متابولیکی رنگی از انواع مختلف را بین الیاف آزاد می‌کنند که می‌تواند ورقه‌ها را لکه‌دار یا تغییرات شیمیایی مانند اکسیداسیون در آن‌ها ایجاد کنند [1]. بنابراین، تخریب بیولوژیکی کاغذ توسط قارچ‌ها همیشه مشکلی رایج در آرشیوها، کتابخانه‌ها و موزه‌ها بوده است. از سوی دیگر، هاگ‌های قارچ حساسیت‌زا هستند و ممکن است مایکوتوکسین تولید کند که از طریق استنشاق یا تماس پوستی باعث بیماری‌های شدید مانند عفونت‌های مجرای تنفسی، مایکوز، آسم و مشکلات سیستم ایمنی در افراد شوند [4]. پنی‌سیلوم و اسپریژیلوس دو گونه شاخص و مهم در بحث فرسودگی زیستی آثار تاریخی به‌ویژه آثار کاغذی می‌باشند که علاوه بر اینکه در حفظ و نگهداری آثار کاغذی تأثیر گذارند، قادرند اثرات نامطلوبی بر سلامت انسان نیز داشته باشند [5, 6].

نحوه برخورد حفاظت‌گران با این معضل و استفاده از روش‌های ضد عفونی و درمانی در طول سال‌های گذشته تغییر کرده است. اگرچه به‌طور معمول در طول قرن گذشته قارچ‌کش‌هایی مانند تیمول، الکل اتیلیک، اکسیدهای اتیلن، فرمالدئید و بسیاری دیگر از مواد شیمیایی به‌طور گسترده برای ضد عفونی کردن کاغذهای آلوده استفاده شده‌اند. با این حال، استفاده از این مواد به دلیل تأثیر مخرب آن‌ها بر محیط زیست و سلامت انسان به‌طور فزاینده‌ای محدود شده است [7, 8]. علاوه بر این، مشخص شده که برخی از این مواد ضد عفونی‌کننده منجر به بروز آسیب‌هایی به مجموعه‌های کاغذ می‌شوند. برای مثال، تیمول باعث تغییر در خصوصیات فیزیکی-شیمیایی کاغذ و همچنین زردشدن چاپ‌های مهر و موم‌شده در قاب‌ها می‌شود. این عوامل محققان را وادار به جست‌وجوی گزینه‌های جایگزین که مداخلات و سمیت کمتری دارند، کرده است [7, 9, 10]. روش‌های مورد استفاده برای جلوگیری از تخریب زیستی باید به مهار رشد ارگانیسم‌ها یا توقف فعالیت متابولیکی آن‌ها منجر شوند و حداقل آسیب زیست محیطی را به‌همراه داشته باشند. در سال‌های اخیر، علاقه مجدد دانشمندان به استفاده از محصولات طبیعی (عصاره‌های طبیعی و روغن‌های گیاهی) به دلیل خواص ضد باکتریایی و ضد قارچی آن‌ها افزایش یافته است. محصولات طبیعی جایگزین مناسبی برای استفاده از مواد شیمیایی سمی و سایر آلاینده‌های زیست محیطی هستند. این محصولات مزایای بسیاری از نظر زیست محیطی، اقتصادی و اکولوژیکی دارند [10]. آنالیز ترکیبات مختلف موجود در این اسانس‌ها حاکی از وجود ترکیباتی با ویژگی‌های ضد میکروبی و ضد قارچی بالا در آن‌هاست. اسانس‌ها عمدتاً از ترکیبات ترپنوئیدی تشکیل شده‌اند. ترپن‌های معطر هیدروکربن‌های حلقوی هستند که به دلیل خاصیت آبریزشان در دولایه لیپیدی غشای سلولی میکروبی بر اساس ضریب تقسیمی که برای هر ترکیب خاص است تجمع می‌یابند. این تجمع به تغییر ساختار و عملکرد غشاء، یعنی اعمال اثرات منفی بر نیروی محرکه پروتون منجر می‌شود [11].

کشور ما ایران با آب‌وهوا و شرایط اکولوژیک متنوع، از تنوع و فراوانی گیاهان دارویی بالایی برخوردار است. لذا مطالعات روی این گیاهان از نظر بررسی خواص ضد میکروبی آن‌ها، بررسی ترکیب‌های ثانویه و مواد مؤثره موجود در این گیاهان و شناسایی مسیرهای بیوسنتزی مربوطه، به‌منظور فرمولاسیون این ترکیبات زمینه مناسبی را فراهم نموده که از نتایج این بررسی‌ها برای جایگزین کردن سموم با ضدعفونی‌کننده‌های گیاهی برای کنترل فرسودگی زیستی استفاده شود. در ایران مطالعات مختلفی در خصوص تأثیر اسانس و عصاره‌های گیاهی روی عوامل بیماری‌زای انسانی و گیاهی انجام شده است [12-16]. ولی انتشارات علمی بسیار محدودی در مورد بهره‌برداری احتمالی از آن‌ها در حیطه حفاظت از آثار تاریخی از جمله کاغذ انجام شده است.

در این مطالعه اثر ضد قارچی اسانس سه گیاه آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss)، اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) و کُندر (*Boswellia acarterii*) (با توجه به دردسترس بودن، غیرسمی و ارزان و مقرون‌به‌صرفه بودن آویشن و اسطوخودوس در ایران با کُندر که ماده‌ای وارداتی است، مقایسه می‌شود) روی دوسویه قارچی شایع جداسازی شده از اسناد تاریخی شامل پنسیلیوم و آسپرژیلوس نیجر مورد ارزیابی قرار گرفت تا مشخص شود کدام اسانس می‌تواند مناسب‌ترین گزینه برای آفت‌زدایی آثار مکتوب باشد. همچنین تأثیرات فیزیکی و شیمیایی احتمالی استفاده از این اسانس‌ها به‌عنوان ماده ضدعفونی‌کننده روی آثار کاغذی مورد مطالعه قرار گرفت.

۲. پیشینه پژوهش

در دیگر کشورها، چندین مطالعه اثر اسانس‌های گیاهی مختلف روی میکروارگانیسم‌های مخرب جداسازی شده از چوب [17]، عکس‌های چاپی [7]، کاغذ [18,19]، چرم [20] را بررسی کردند. Rakotonirainy و همکارانش طی مطالعه‌ای اثر ضد قارچی اسانس‌های گیاهان مختلف از جمله درمنه، میخک، بولدو، اکالیپتوس، راونسار (*ravensare*)، اسطوخودوس، درخت چای، تویا (*thuya*)، خاراگوش (*wormseed*) و ترکیبات اصلی آن‌ها در فاز بخار

مورد آزمایش قرار داد. در بین ترکیبات این گیاهان، بخار لینالول بالاترین ویژگی ضد قارچی را داشت. ارزیابی اثرات مخرب احتمالی بخارات لینالول روی دو نوع کاغذ نشان داد که این ترکیب بر روشنایی و درجه پلیمریزاسیون کاغذها تأثیری ندارد، اما مقادیر pH را کاهش می‌دهد [12]. مطالعه دیگری که توسط Foksowicz-Flaczyk و همکاران [13] با هدف استفاده از مواد ضد عفونی سازگار با محیط زیست برای تیمار منسوجات آلوده به عوامل بیولوژیکی انجام شد. آن‌ها از روغن نعناع (*Mentha piperita*) به‌عنوان یک ماده ضد عفونی‌کننده استفاده کردند که فعالیت ضد قارچی قابل قبولی علیه *Aspergillus niger* نشان داد. مطالعه مشابهی توسط *Stupar* و همکاران [14] انجام شد که در آن از اسانس گیاه *Lamiaceae* و کلرید بنزالکونیوم علیه گونه‌های قارچی جداشده از سطح سنگ استفاده شد. گونه‌های قارچ مورد آزمایش از لایه‌های زیرین سنگی (*Epicoccum nigrum* و *Bipolaris spicifera*) جداسازی شدند. در مطالعه‌ای دیگر توسط *Neven* و همکارانش [15] فعالیت‌های ضد قارچی اسانس گیاهی مختلف از جمله زیره سیاه، کرچک، دارچین، میخک، زیره، سیر، شمعدانی، اسطوخودوس، علف لیمو، نعناع، زیتون و آویشن علیه شانزده گونه قارچ جداشده از سه اثر باستان‌شناسی شامل دیوار سنگی نقاشی شده، مجسمه چوبی و تابوت سفالی در مصر مورد بررسی قرار گرفت. بیشترین میزان فعالیت ضد قارچی در این مطالعه توسط اسانس گیاه آویشن و به‌دنبال آن اسانس گیاهان میخک و شمعدانی گزارش شد. در این مطالعه گونه *Aspergillus niger* بیشترین مقاومت و گونه‌های *Fusarium oxysporum* و *Penicillium citrinium* حساس‌ترین گونه‌های قارچی گزارش شدند.

۳. مواد و روش‌ها

تهیه اسانس گیاهی

صد گرم از پودر آسیاب‌شده هریک از گیاهان مورد مطالعه در یک بالن دو لیتری ریخته و هزار میلی‌لیتر آب مقطر به آن‌ها اضافه شد. سپس با استفاده از دستگاه کلونجر (Clevenger) اسانس آن‌ها استخراج شدند. اسانس تهیه

شده در یک ظرف تیره دردار جمع‌آوری و برای انجام مطالعات بعدی در یخچال نگهداری شدند.

سویه‌های قارچی

به‌منظور ارزیابی سویه‌های قارچی شایع روی منابع کاغذی، مطالعات میدانی در بانک اطلاعاتی اداره کل حفاظت و مرمت سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران، در بازه زمانی سه‌ساله طی سال‌های ۹۸-۱۳۹۵ در مخازن و اسناد بایگانی اداره کل اطلاع‌رسانی معاونت اسناد ملی انجام گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان داد دو نوع قارچ پنی سیلیوم (*Penicillium*) و اسپرژیلوس نیجر (*Aspergillus niger*) درصد فراوانی بیشتری نسبت به سایر قارچ‌های شناسایی شده روی آثار کاغذی دارند. در این مطالعه از دو سویه قارچی اسپرژیلوس نیجر و پنی‌سیلیوم جداسازی شده از اسناد و کتب آلوده موجود در آزمایشگاه بیولوژی سازمان اسناد و کتابخانه ملی ایران برای انجام آزمایشات بیولوژیکی استفاده شد. سپس از دو نوع محیط کشت با در نظر گرفتن نوع آزمایش از سابرو دکستروز آگار (SDA: Sabouraud) نوع آزمایش از پوتیتو دکستروز آگار (Dextrose Agar) (merck آلمان) و پوتیتو دکستروز آگار (PDA: Potato Dextrose Agar) (merck آلمان) مورد استفاده قرار گرفت.

سانتی‌گراد، با کمک لوپ استریل، اسپوره‌های قارچی برداشته و در داخل آب مقطر استریل حاوی توین ۸۰ درصد تلقیح و تکان داده شد. میزان نشر نور از سوسپانسیون قارچی تهیه‌شده توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Cecil Instruments (انگلستان) در طول موج ۵۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. معیار قابل قبول ۶۵ درصد نشر برای این شاخص در نظر گرفته شد که معادل 4×10^6 - CFU/ml/۵ (Colony-forming unit) اسپور می‌باشد [16]. سوسپانسیون تهیه‌شده از اسپور هر قارچ به‌طور جداگانه به‌صورت چمنی روی محیط کشت PDA کشت شده و دیسک‌های آماده با غلظت‌های مختلف از اسانس‌ها روی هر پلیت قرار داده و در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند. پلیت‌ها در زمان‌های ۲۴، ۳۶ و ۴۸ ساعت انکوباسیون کنترل شده و مناطق مهارشده در پلیت‌ها اندازه‌گیری شدند. یک مهارکننده خوب و مناسب قطر مهارکنندگی بیش از نه میلی‌متر، مهارکننده متوسط قطری حدود ۶-۹ میلی‌متر و قطر مهارکننده پایین‌تر از ۶ میلی‌متر ضعیف و به عبارتی منفی در نظر گرفته می‌شود [17]. در این مطالعه، دیسک ضدعفونی‌شده بدون اسانس به‌عنوان شاهد منفی و دیسک‌های تجاری کلوتریمازول ۲ درصد به‌عنوان شاهد مثبت مورد استفاده قرار گرفتند.

بررسی اثر ضد قارچی غلظت‌های مختلف اسانس‌های گیاهی

روش انتشار دیسک در آگار (Agar Disk Diffusion)

در این روش رقت‌های کمتر از اسانس‌های تهیه‌شده آماده گردید. برای این منظور، به‌ترتیب ۲، ۴، ۶، ۸ و ۱۰ میکرولیتر [19] از هر یک از اسانس‌ها در یک میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد رقیق و روی کاغذ واتمن ضخیم استریل با قطر ۶ میلی‌متر تلقیح شد. دیسک‌های تهیه‌شده در ظرف دردار به‌مدت یک روز در یخچال نگهداری شدند تا به‌طور کامل خشک شوند. به‌منظور تهیه سوسپانسیون‌ها طبق استاندارد مؤسسه استاندارد بالینی و آزمایشگاهی CLSI با تعداد مشخصی از اسپوره‌های قارچی، پس از کشت قارچ روی محیط SDA و انکوباسیون آن به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۲۵ درجه

روش انتشار چاهک در آگار (Agar Well Diffusion)

در این روش از کشت آمیخته، عمیق و یا پورپلیت استفاده شد به‌نحوی که بعد از توزیع محیط کشت PDA در داخل پلیت‌ها و قبل از ژله‌ای شدن محیط، میزان صد میکرولیتر از سوسپانسیون قارچی تهیه‌شده در مرحله قبل به پلیت اضافه و پنج‌بار به‌صورت هشت انگلیسی حرکت داده شد تا پراکندگی کلونی‌ها پس از رشد در پلیت یکنواخت باشد. سپس با کمک سرسمپلر استریل، چاهک‌هایی به قطر حدود شش میلی‌متر در محیط کشت تلقیح شده ایجاد شد. در نهایت ۳۰ میکرولیتر از رقت‌های مختلف تهیه‌شده از اسانس‌ها داخل چاهک ریخته شده و پلیت‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد [18]. در این سری آزمایش، به‌منظور وسعت بیشتر کشت قارچی، از رقت‌های بالاتر

۱۲/۵، ۲۵، ۷۵ و ۱۰۰ میکرولیتر بر میلی‌لیتر اتانول استفاده شد [20]. در این مطالعه، به‌عنوان نمونه شاهد، ۳۰ میکرولیتر آب مقطر استریل و ۳۰ میکرولیتر اتانول ۹۶ درصد به‌طور جداگانه در داخل چاهک‌ها ریخته و پس از انکوباسیون نتایج مورد بررسی قرار گرفتند.

کشت قارچ روی کاغذ

برای مقایسه اثرپذیری اسانس‌ها روی نمونه‌های قارچی در ابتدا تکه‌های کاغذی واتمن (CatNo. 1442) با ابعاد یکسان تهیه نموده و به‌وسیله دستگاه اتوکلاو ضدعفونی شده، سپس با کمک آنس مقداری از قارچ پنسیلیوم و اسپرژیلوس نیجر به‌طور جداگانه روی کاغذها تلقیح شدند. هرکدام از تکه‌های کاغذ تلقیح‌شده داخل پلیت‌های یک‌بار مصرف استریل قرار داده شد و در محفظه‌ای نگهداری شدند، رطوبت محیط توسط یک بشراب، تحت کنترل قرار گرفته شد. این پلیت‌ها حدود شش‌ماه در دمای محیط انکوبه شدند. در این مطالعه تکه کاغذ استریل بدون تلقیح به‌عنوان نمونه شاهد منفی در نظر گرفته شد.

آزمون بخوردهی (فوموگاسیون)

هجده نمونه کاغذ کشت‌داده‌شده با قارچ‌های پنسیلیوم و اسپرژیلوس نیجر با سطح آلودگی کم، متوسط و زیاد انتخاب شده و توسط دستگاه پانچر استریل سوراخی در حاشیه کاغذ ایجاد شد. سه عدد شیشه استریل با حجم یکسان انتخاب و به‌وسیله نخ، قطعات کاغذهای آلوده، به تفکیک نوع قارچ و با فاصله از هم، در داخل ظرف شیشه‌ای به‌طور معلق آویزان شدند. سپس داخل هر ظرف شیشه‌ای بشرهای حاوی ۵ میلی‌لیتر اسانس آویشن با رقت ۸، اسطوخودوس با رقت ۱۲/۵ و کُندر با رقت ۲۵ به‌طور جداگانه و پس از مسدودکردن درب شیشه‌ها با پارافیلیم در دمای محیط و در تاریکی انکوبه شدند. برای بررسی تأثیر اسانس روی قارچ‌ها پس از ۱، ۲ و ۷ روز کاغذهای بخوردهی را از ظرف خارج کرده و آزمایش کشت از کاغذهای تیمار شده انجام گرفت.

فرآیند پیرسازی تسریعی

برای بررسی تأثیرات فیزیکی احتمالی استفاده از اسانس به‌عنوان ماده ضدعفونی‌کننده شیمیایی طبیعی، تمامی آزمایش‌ها روی کاغذ تیمار با اسانس باید پیش و پس از پیرسازی انجام شود. در این مطالعه برای انجام پیرسازی کاغذ از دستگاه Binder مدل ۹۵۷۱۲ - ۱۱۵۰۶ KBF ساخت کشور آلمان استفاده شد. نمونه‌های مورد آزمون طبق استاندارد شماره ۱۳۳ سازمان ملی استاندارد ایران نمونه‌برداری شده و طبق استاندارد ملی ایران، شماره ۱۰۶ طی مدت زمان ۷ روز در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵ درصد قرار گرفتند. طی بازدید به‌عمل آمده، همه نمونه‌ها در وضعیت قابل قبولی بودند و بر اساس استاندارد مربوطه نمونه‌های کاغذی برای مدت ۲۵ سال پیر شدند [21] و سپس خصوصیات مورد نظر نمونه‌های آزمونی قبل و بعد با یکدیگر مقایسه شدند.

بررسی تغییرات اسیدیته نمونه‌ها (pH)

در این مطالعه، میزان اسیدیته نمونه‌های کاغذی با استفاده از دستگاه pH متر Metrohm مدل ۸۲۶ با استفاده از یک الکتروود سر تخت و طبق استاندارد شماره ۰۴ - TAPPI T529 اندازه‌گیری شد.

بررسی تغییرات وزنی نمونه‌ها

برای بررسی تغییرات وزنی نمونه‌های تیمار شده با اسانس‌ها پیش و پس از پیرسازی، از نمونه‌های کاغذ واتمن به ابعاد ۱۴ × ۱/۵ سانتی‌متر استفاده شد. وزن نمونه‌ها با ترازوی Sartorius مدل TE313S ساخت کشور آلمان (با دقت ۰/۰۰۱) اندازه‌گیری و اختلاف وزن نمونه‌های تیمار شده قبل m_1 و پس از پیرسازی m_2 ($\Delta m = m_2 - m_1$) محاسبه شد.

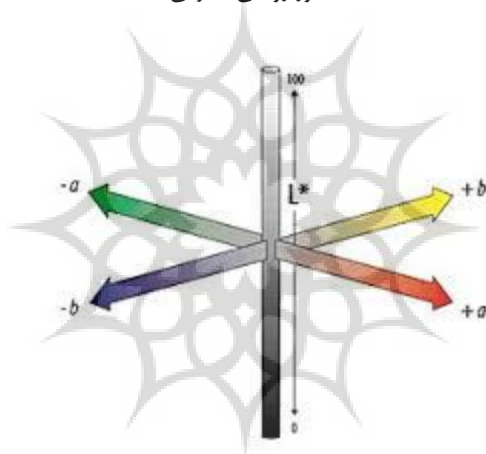
بررسی تغییرات ضخامت نمونه‌ها

برای اندازه‌گیری این پارامتر از دستگاه ضخامت Messmer Buche مدل M۱۲۰ ساخت آمریکا استفاده شد. بدین منظور از سه قسمت مختلف نمونه‌های کاغذ واتمن به ابعاد ۱۴ × ۱/۵ سانتی‌متر اندازه‌گیری شده و متوسط آن را به‌دست آورده و

است که غلظت اسانس‌ها طبق نتایج آزمون اثر بازدارندگی آن‌ها بر سویه‌های قارچی تعیین می‌شود. پس از خشک‌شدن ۱۲ مورد از آن‌ها داخل دستگاه تسریع پیرسازی قرار داده شده و ۱۲ نمونه دیگر برای آزمایش‌های قبل از پیرسازی مورد بررسی قرار گرفت. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر CM-2600d ساخت کشور ژاپن با سیستم CIE lab رنگ‌سنجی نمونه‌ها انجام شد. همچنین اختلاف رنگ نمونه با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$

a*: محور قرمز-سبز
b*: محور زرد-آبی
L*: محور روشنی-تیرگی



شکل ۱: سیستم CIE lab - L: محور روشنی-تیرگی، a: محور قرمز-سبز و b: محور زرد-آبی
Fig 1: CIE lab system- L: lightness-darkness axis, a: red-green axis and b: yellow-blue axis

۱۲/۵ و کُندر ۲۵ میکرولیتر در میلی‌لیتر اتانول است. لذا اسانس گیاه آویشن بیشترین اثر بازدارندگی و گیاه کُندر کمترین اثر بازدارندگی روی دو سویه قارچی مورد مطالعه در هر دو روش دیسک‌گذاری و چاهک‌گذاری را نشان دادند.

تحقیقات انجام‌شده نشان داد نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات پیشین انجام‌شده روی این سه اسانس در ایران روی قارچ‌های بیماری‌زای انسانی و گیاهی مطابقت دارد [22-25]. پیش از این اثر ضد قارچی اسانس گیاه اسطوخودوس روی قارچ *Fusarium oxysporum* گزارش شده‌است [23]. همچنین با توجه

در نهایت اختلاف مقادیر در مرحله پیش و پس از پیرسازی نمونه‌های کاغذ تیمار شده با اسانس‌های گیاهی محاسبه شد.

بررسی تغییرات رنگ کاغذ در اثر بخوردگی با اسانس

به‌منظور ارزیابی تأثیر اسانس‌ها روی کاغذ، به تعداد ۳۲ مورد کاغذ واتمن با ابعاد یکسان تهیه شد، سپس ۳۴ مورد به روش غوطه‌وری در معرض اسانس قرار گرفتند. لازم به توضیح

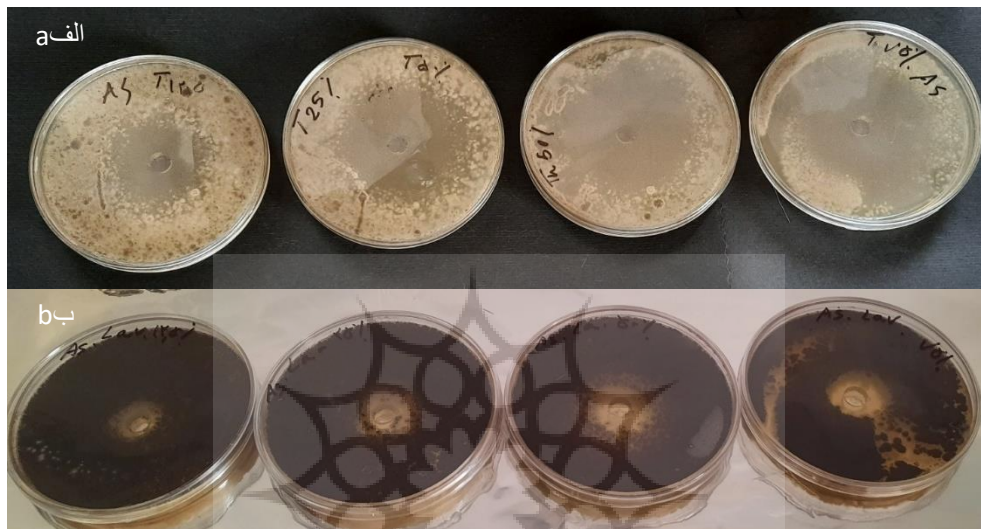
۴. نتایج، یافته‌ها و بحث

اثر بازدارندگی اسانس‌ها روی سویه‌های قارچی

نتایج حاصل از بررسی اثر بازدارندگی اسانس‌ها روی دو سویه قارچی اسپرژیلوس و پنسیلیوم با دو روش Agar well diffusion و Agar disk diffusion جدول ۱ نشان داده شده است. هر سه اسانس گیاهی مورد بررسی دارای اثر ضد قارچی بودند، ولی بررسی اندازه‌ی هاله عدم رشد در اطراف چاهک‌ها حاکی از آن بود که دوز مناسب برای ممانعت رشد دو سویه قارچی مورد مطالعه برای اسانس آویشن ۸، اسطوخودوس

توت‌فرنگی (بوتریتیس سینه‌را، اسپرژیلوس نیجر و رایزوپوس استولونیفر) دارد [26]. در شکل ۲ تفاوت اثر بازدارندگی آویشن و اسطوخودوس روی قارچ اسپرژیلوس نیجر نشان داده می‌شود. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود توان ضد قارچی آویشن به نحوی است که از کامل‌شدن شکل ظاهری اسپرژیلوس نیجر جلوگیری می‌کند.

به نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی و انباری، اسانس اسطوخودوس ظرفیت بالایی برای کنترل بیماری‌های قارچی خوراکی دارد [24]. علاوه بر این، اسانس آویشن شیرازی دارای اثر بازدارندگی قابل توجهی روی رشد قارچ اسپرژیلوس فلاووس نشان داده‌است [25]. دیگر اینکه اسانس گیاه کُندر اثر ضد میکروبی قابل قبولی علیه سویه‌های قارچی عامل فساد میوه



شکل ۲: الف- مقایسه اثر غلظت‌های آویشن به ترتیب از چپ ۱۲، ۲۵/۵، ۵۰ و ۷۵ روی قارچ اسپرژیلوس نیجر (روز ۳)، ب- مقایسه اثر غلظت‌های اسطوخودوس به ترتیب از چپ ۱۲، ۲۵/۵، ۵۰ و ۷۵ روی قارچ اسپرژیلوس نیجر (روز ۷)

Fig 2: A- Comparison of the effect of thymus concentrations from the left 12, 25.5, 50 and 75 respectively on *Aspergillus Niger* fungus (day 3), B- Comparison of the effect of lavender concentrations from the left 12, 25.5, 50 and 75 on *Aspergillus Niger* fungus (day 7)

جدول ۱: اثر بازدارندگی اسانس‌ها روی دو سویه قارچی پنی‌سیلیوم و اسپرژیلوس

Table 1: The inhibitory effect of essential oils on two fungal strains of *Penicillium* and *Aspergillus*

اسانس	Agar Well Diffusion			Agar Disk Diffusion		
	غلظت (µl/ml)	هاله عدم رشد (mm)		غلظت (µl/ml)	هاله عدم رشد (mm)	
		پنی‌سیلیوم	اسپرژیلوس نیجر		پنی‌سیلیوم	اسپرژیلوس نیجر
آویشن	۱۲/۵	۳۷	۳۶	۲	کاهش بار رشد	کاهش بار رشد
	۲۵	۴۶	۴۴	۶	۶	۶
	۵۰	۴۸	۴۶	۸	۹	۱۰
	۷۵	۵۱	۵۰	۱۰	۱۱	۱۰
	۱۰۰	۵۸	۵۷	-	-	-
اسطوخودوس	۱۲/۵	۱۳	۱۴	۲	-	-
	۲۵	۱۴	۱۳	۶	کاهش بار رشد	-
	۵۰	۱۵	۱۴	۸	۶	۶
	۷۵	۱۷	۱۵	۱۰	۷	۶
	۱۰۰	۳۶	۳۵	-	-	-
کُندر	۱۲/۵	۱۱	۶	۲	-	-
	۲۵	۱۳	۱۰	۶	-	-
	۵۰	۱۴	۱۲	۸	کاهش بار رشد	کاهش بار رشد
	۷۵	۱۸	۱۵	۱۰	۷	۶
	۱۰۰	۲۲	۱۹	-	-	-

آزمون بخوردهی (فوموگاسیون)

نتیجه آزمایش در نوبت اول ضدعفونی با سه اسانس مورد بررسی نشان داد، در هر سه، در روز اول به غیر از یک مورد (یک کلتی اسپرژیلوس نیجر از کشت‌های بعد از ضدعفونی مربوط به اسانس آویشن)، رشد قارچی دیده نشد. در روز دوم بخوردهی به بعد، تمامی کشت‌ها عاری از رشد قارچی بودند (جدول ۲). لذا طبق نتایج بصری ترکیبات فرار سه اسانس مورد آزمایش روی سوبه‌های قارچی که پیش از این روی نمونه‌های کاغذ کشت داده شده بود، دارای اثر ضد قارچی بوده و از رشد کلی هر دو سوبه قارچی آزمایش شده جلوگیری می‌کنند.

سنجش تغییرات وزن و ضخامت کاغذ

میانگین نتایج به‌دست‌آمده از بررسی وزن و ضخامت کاغذ در دو مرحله قبل و پس از پیرسازی، روی نمونه‌های تیمار شده با اسانس‌های مورد مطالعه (چهار نمونه برای هر اسانس) و چهار نمونه شاهد در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده میزان تغییرات وزن (Δm) قبل و پس از پیرسازی روی نمونه کاغذ شاهد و کاغذهای تیمار شده با اسانس آویشن، اسطوخودوس و گندر به ترتیب ۰/۰۰۱، ۰/۰۰۵، ۰/۰۰۲ و ۰/۰۰۴ بود (نمودار ۱). همچنین میزان تغییرات ضخامت (ΔI) پیش و پس از پیرسازی روی نمونه کاغذ شاهد ۰/۰۰۳، نمونه کاغذ تیمار شده با آویشن ۰/۰۰۴، اسطوخودوس ۰/۰۰۵ و گندر ۰/۰۰۱ بود (نمودار ۲). با بررسی و ارزیابی نتایج به‌دست‌آمده از تغییرات وزن و ضخامت در کاغذ روی نمونه‌های تیمار شده با اسانس‌های مختلف می‌توان گفت تغییرات محسوس و معناداری از نظر وزن و ضخامت، پس از پیرسازی نسبت به نمونه شاهد مشاهده نشد.

سنجش تغییرات pH

همان‌طور که نمودار ۳ نشان می‌دهد، میزان تغییرات pH یا ΔpH پیش و پس از پیرسازی در نمونه کاغذ شاهد ۰/۰، کاغذ تیمار شده با آویشن ۰/۰، اسطوخودوس و گندر ۰/۳ است. لذا طبق نتایج این بررسی میزان کاهش pH نمونه‌های کاغذ تیمار شده با اسانس‌های گندر و

اسطوخودوس پس از پیرسازی حدود ۰/۳ بیشتر از نمونه‌های شاهد و تیمار شده با آویشن است. با وجود این، همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، همچنان میزان pH کاغذهای تیمار شده با دو اسانس اسطوخودوس و گندر قبل و پس از پیرسازی بیشتر از کاغذ شاهد و تیمار شده با آویشن است. به عبارت دیگر اسطوخودوس و گندر می‌توانند اسیدیته کاغذ را افزایش دهد.

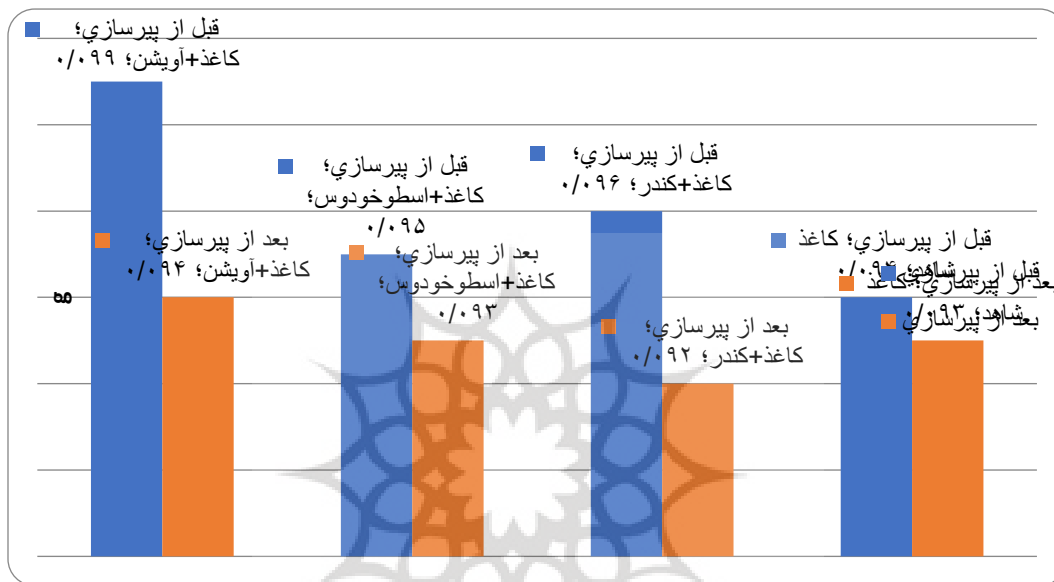
سنجش تغییرات رنگ در کاغذ

نتایج حاصل از مقایسه تغییرات رنگ روی نمونه‌های کاغذ تیمار شده با اسانس‌های مختلف پیش و پس از پیرسازی در جدول ۳ خلاصه شده است. بر اساس نتایج، میزان تغییر رنگ یا ΔE_{ab} قبل از پیرسازی نمونه‌های تیمار شده با اسانس آویشن، اسطوخودوس و گندر در مقایسه با نمونه شاهد به ترتیب ۰/۳، ۰/۰ و ۰/۶ محاسبه شد. همچنین و به همین ترتیب تغییر رنگ این نمونه‌ها بعد از پیرسازی عبارت‌اند از: ۱/۹، ۰/۹ و ۱/۴. لذا نتایج نشان می‌دهد که کمترین تغییر رنگ چه قبل چه بعد از پیرسازی مربوط به نمونه کاغذهای تیمار شده با اسطوخودوس است. در حالی که بیشترین تغییر رنگ در خصوص نمونه کاغذ تیمار شده با آویشن پس از پیرسازی یعنی ۱/۹ است. همچنین بیشترین تغییر رنگ قبل از پیرسازی نمونه‌های تیمار شده مربوط به گندر به میزان ۰/۶ است.

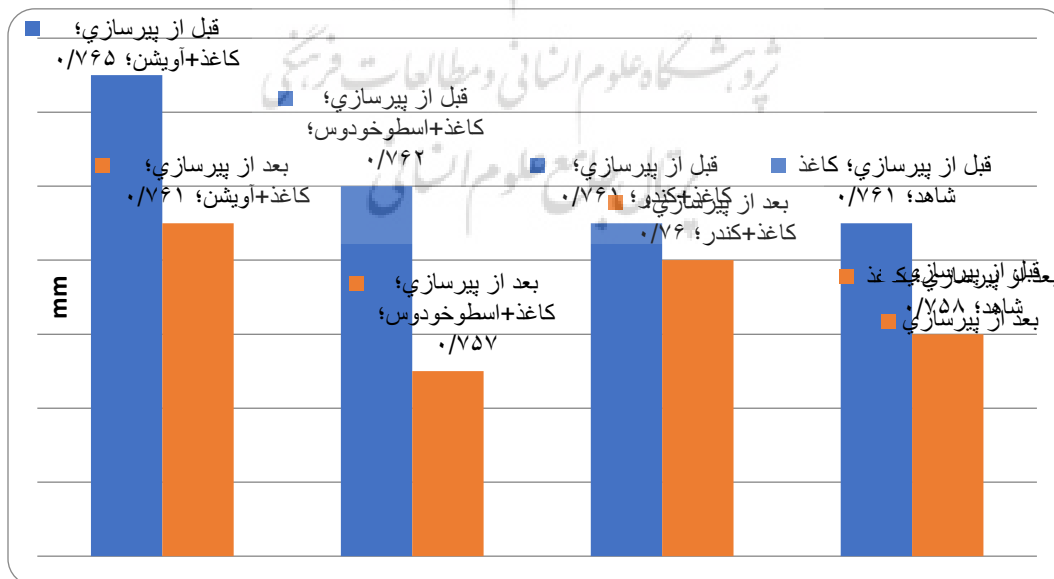
نمودارهای ۴الف، ۴ب و ۴ج نیز تغییرات هریک از پارامترهای L^* ، a^* و b^* نمونه‌های تیمار شده را نسبت به نمونه شاهد قبل و بعد از پیرسازی نشان می‌دهند. همان‌طور که در نمودار ۴الف مشاهده می‌شود بیشترین تغییر میزان روشنی-تیرگی در نمونه شاهد پس از پیرسازی مشاهده می‌شود و کمترین تغییر در نمونه تیمار شده با آویشن است. نمودار ۴ب نیز نشان می‌دهد پارامتر a^* مربوط به نمونه شاهد و کاغذ تیمار شده با گندر پس از پیرسازی کاهش زیاد داشته و به طرف رنگ سبز متمایل شده (مراجعه شود به شکل ۱) و همان‌طور که در نمودار ۴ج نشان می‌دهد افزایش پارامتر b^* پس از پیرسازی نشان‌دهنده تمایل نمونه‌ها خصوصاً نمونه شاهد و بعد از آن کاغذ تیمار شده با اسطوخودوس به طرف رنگ زرد است.

جدول ۲: اثر بخوردهی اسانس‌ها بر آلودگی‌های قارچی موجود روی کاغذ
Table 2: The effect of fumigation of essential oils on fungal contamination on paper

قارچ پنی‌سیلیوم (تعداد کلنی)				قارچ آسپرژیلوس نیجر (تعداد کلنی)				کاغذ آلوده
۷ روز بعد از بخوردهی	۲ روز بعد از بخوردهی	۱ روز بعد از بخوردهی	قبل از بخوردهی	۷ روز بعد از بخوردهی	۲ روز بعد از بخوردهی	۱ روز بعد از بخوردهی	قبل از بخوردهی	
-	-	-	۸۲	-	-	۱	۲۹	اسانس آویشن
-	-	-	۳۰	-	-	-	۱۹	اسطوخودوس
-	-	-	۱۵	-	-	-	۷	کندر



نمودار ۱: مقایسه متوسط تغییرات وزن نمونه‌های کاغذ واتمن تیمارشده با اسانس‌ها
Chart 1: Comparison of average weight changes (g) of Whatman paper samples treated with essential oils



نمودار ۲: مقایسه متوسط تغییرات ضخامت نمونه‌های کاغذ واتمن تیمارشده با اسانس‌ها
Chart 2: Comparison of average thickness changes (mm) of Whatman paper samples treated with essential oils

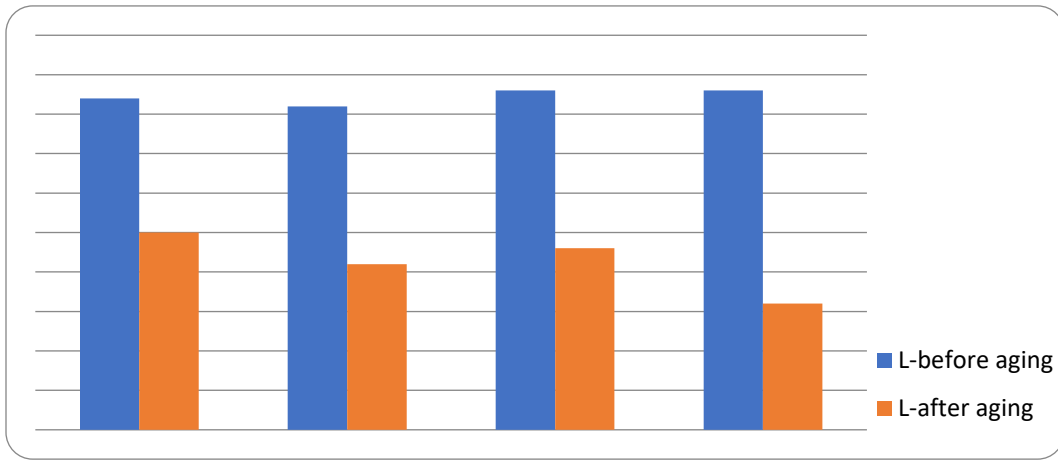


نمودار ۳: مقایسه متوسط تغییرات اسیدیته (pH) نمونه‌های کاغذ واتمن تیمار شده با اسانس‌های آویشن، اسطوخودوس و کُندر پیش و پس از پیرسازی

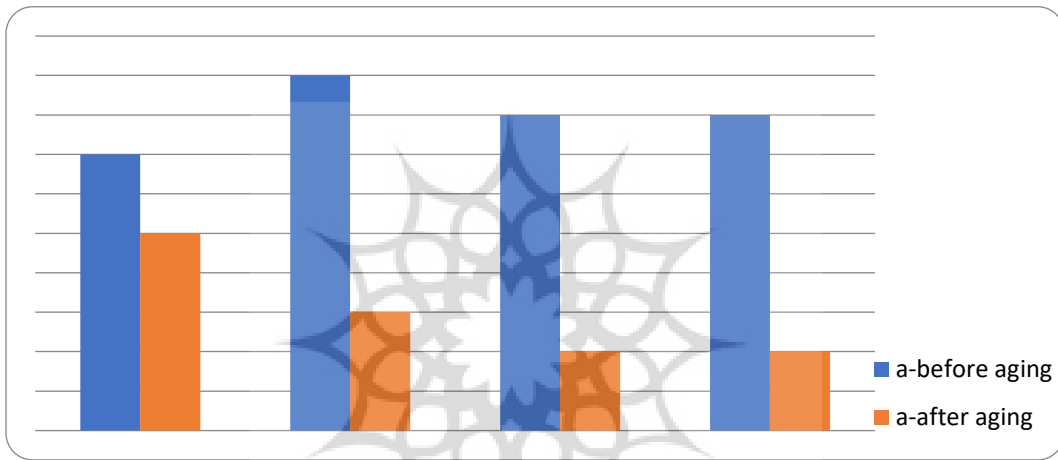
Chart 3: Comparison of average acidity (pH) of Whatman paper samples treated with thymus, lavender and Boswellia essential oils before and after aging.

جدول ۳: میانگین تغییر رنگ نمونه‌های کاغذ تیمار شده با اسانس‌های مورد مطالعه قبل و بعد از پیرسازی در مقایسه با نمونه کاغذ شاهد
Table 3: The average color change of the paper samples treated with the studied essential oils before and after aging in comparison with the control paper sample.

ΔEab	b	a	L	تغییر رنگ	
				نمونه	تغییر رنگ
-	۴/۲±۰/۷	۰/۸±۰/۲	۹۱/۳±۰/۱	کاغذ شاهد	قبل از پیرسازی
-	۹/۵±۰/۹	۰/۲±۰/۱	۸۸/۶±۰/۳	کاغذ شاهد	بعد از پیرسازی
۰/۳	۳/۴±۰/۶	۰/۷±۰/۱	۹۱/۲±۰/۲	کاغذ تیمار شده با آویشن	قبل از پیرسازی
۱/۹	۷/۸±۰/۳	۰/۵±۰/۱	۸۹/۵±۰/۲	کاغذ تیمار شده با آویشن	بعد از پیرسازی
۰/۰	۴/۴±۰/۴	۰/۹±۰/۱	۹۱/۱±۰/۲	کاغذ تیمار شده با اسطوخودوس	قبل از پیرسازی
۰/۹	۸/۳±۰/۶	۰/۳±۰/۱	۸۹/۱±۰/۳	کاغذ تیمار شده با اسطوخودوس	بعد از پیرسازی
۰/۶	۳/۱±۰/۴	۰/۸±۰/۱	۹۱/۳±۰/۱	کاغذ تیمار شده با کُندر	قبل از پیرسازی
۱/۴	۸/۰±۰/۴	۰/۲±۰/۱	۸۹/۳±۰/۲	کاغذ تیمار شده با کُندر	بعد از پیرسازی



(الف)



(ب)



(ج)

نمودار ۴: مقایسه تغییرات پارامترهای L، a و b نمونه‌های تیمار شده را نسبت به نمونه شاهد قبل و بعد از پیری به ترتیب در نمودارهای الف، ب و ج
 Chart 4- Comparison of the changes in L, a and b parameters of the treated samples compared to the control sample before and after aging in charts a, b and c respectively.

۵. نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این مطالعه تأیید می‌کند که سه اسانس آزمایش شده (آویشن با شروع دوز ۸، اسطوخودوس با دوز ۱۲/۵ و کُندر با دوز ۲۵) در برابر سویه های قارچی که باعث تخریب آثار کاغذی می‌شوند، مؤثر هستند. ولی بر اساس دوز مورد نیاز برای فعالیت ضد قارچ و باکتریایی، می‌توان گفت اسانس آویشن فعالیت ضد قارچی بیشتری نسبت به اسانس اسطوخودوس و کُندر دارد. در مقابل بیشترین تغییر رنگ نمونه‌ها پس از پیرسازی مربوط به کاغذ تیمار شده با آویشن بود و کمترین تغییر رنگ مربوط به کاغذ تیمار شده با اسطوخودوس تعیین شد. علاوه بر این، اسانس های کُندر و اسطوخودوس pH کاغذهای تیمار شده را افزایش داده و این کاغذها پس از پیرسازی اگرچه با کاهش بیشتری در pH همراه بودند، همچنان این میزان از نمونه‌های دیگر بالاتر بود. لازم به ذکر است که تغییرات محسوس و معناداری از نظر وزن و ضخامت، پس از پیرسازی نمونه‌های تیمار شده نسبت به نمونه شاهد مشاهده نشد.

در مجموع، باید گفت آویشن به دلیل اثر ضد قارچی بالا و همچنین عدم مشاهده اثرات نامطلوب آن بر ویژگی‌های بصری و pH کاغذ گزینه مناسب‌تر و امیدوارکننده‌ای برای حفاظت از آثار کاغذی در برابر تخریب زیستی ناشی از قارچ‌ها به‌شمار می‌آید.

بدیهی است که واکنش‌های متقابل میان اسانس‌های گیاهی و آثار کاغذی و تاثیرات دراز مدت آن‌ها نیازمند مطالعات شیمیایی و تحقیقات گسترده‌تری است که باید در آینده صورت گیرد.

۶. سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد خانم لیلا بیدار از دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز است. شایسته است از همکاری و حمایت‌های جناب آقای دکتر جمالی‌فر، در گروه کنترل دارو و غذا مرکز تحقیقات علوم دارویی دانشکده داروسازی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی تهران؛ جناب آقای دکتر سنبلی، مدیریت پشتیبانی پژوهشی و فناوری و عضو هیئت علمی در پژوهشکده گیاهان و مواد اولیه دارویی دانشگاه شهید بهشتی؛ جناب آقای احدی، کارشناس آزمایشگاه کشاورزی دانشگاه شهید بهشتی و همکاری سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران تشکر و قدردانی گردد.

پی‌نوشت‌ها

۱. آب مورد نیاز برای میکروارگانیسم‌ها با عنوان آب قابل دسترس یا فعالیت آبی بیان می‌شود که عبارت است از نسبت فشار بخار آب محلول به فشار بخار آب خالص.

References

- [1] Joseph E. Microorganisms in the Deterioration and Preservation of Cultural Heritage: Springer Nature; 2021.
- [2] Pinzari F, Pasquariello G, De Mico A, editors. Biodeterioration of paper: a SEM study of fungal spoilage reproduced under controlled conditions. Macromolecular Symposia; 2006: Wiley Online Library.
- [3] Sterflinger K. Fungi: their role in deterioration of cultural heritage. Fungal biology reviews. 2010;24(1-2):47-55.
- [4] Koul B, Upadhyay H. Fungi-Mediated Biodeterioration of Household Materials, Libraries, Cultural Heritage and Its Control. Fungi and their Role in Sustainable Development: Current Perspectives: Springer; 2018. p. 597-615.
- [5] Pinheiro AC, Sequeira SO, Macedo MF. Fungi in archives, libraries, and museums: a review on paper conservation and human health. Critical reviews in microbiology. 2019;45(5-6):686-700.
- [6] Romero SM, Giudicessi SL, Vitale RG. Is the fungus *Aspergillus* a threat to cultural heritage? Journal of Cultural

- Heritage. 2021;51:107-24.
- [7] Ali M. Effect of Five Essential Oils as Green Disinfectants on Selected Photographic Prints: Experimental Study. *Conservation Science in Cultural Heritage*. 2020;20:79-97.
- [8] Kakakhel MA, Wu F, Gu J-D, Feng H, Shah K, Wang W. Controlling biodeterioration of cultural heritage objects with biocides: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2019;143:104721.
- [9] Sequeira SO, Cabrita EJ, Macedo MF. Fungal biodeterioration of paper: how are paper and book conservators dealing with it? An international survey. *Restaurator International Journal for the Preservation of Library and Archival Material*. 2014;35(2):181-99.
- [10] Sequeira S, Cabrita EJ, Macedo MF. Antifungals on paper conservation: An overview. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2012;74:67-86.
- [11] Sikkema J, de Bont JA, Poolman B. Interactions of cyclic hydrocarbons with biological membranes. *Journal of biological Chemistry*. 1994;269(11):8022-8.
- [12] Rakotonirainy MS, Lavédrine B. Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. *International biodeterioration & biodegradation*. 2005;55(2):141-7.
- [13] Foksowicz-Flaczyk J, Walentowska J. Eco-friendly antimicrobial finishing of natural fibres. *Molecular Crystals and Liquid Crystals*. 2008;484(1):207-578.
- [14] Stupar M, Grbić ML, Džamić A, Unković N, Ristić M, Jelikić A, et al. Antifungal activity of selected essential oils and biocide benzalkonium chloride against the fungi isolated from cultural heritage objects. *South African Journal of Botany*. 2014;93:118-24.
- [15] Geweely NS, Afifi HA, Ibrahim DM, Soliman MM. Efficacy of essential oils on fungi isolated from archaeological objects in Saqqara excavation, Egypt. *Geomicrobiology Journal*. 2019;36(2):148-68.
- [16] Zarai Z, Kadri A, Ben Chobba I, Ben Mansour R, Bekir A, Mejdoub H, et al. The in-vitro evaluation of antibacterial, antifungal and cytotoxic properties of *Marrubium vulgare* L. essential oil grown in Tunisia. *Lipids in health and disease*. 2011;10(1):1-8.
- [17] Palla F, Bruno M, Mercurio F, Tantillo A, Rotolo V. Essential oils as natural biocides in conservation of cultural heritage. *Molecules*. 2020;25(3):730.
- [18] Beressa TB, Deyno S, Alele PE. Antifungal activity of the essential oil of *Echinops kebericho* Mesfin: an in vitro study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2020;e3101324.
- [19] Taheri, Razieh, Thesis, Pesticide effect of plant extracts according to written sources from the 6th century to the present on paper works, 1390.
- [20] Valentina ROTOLO, Plant extracts as green potential strategies to control the Biodeterioration of cultural heritage, 2016
- [21] Shahani CJ, Hengemihle F, Lindsey N, Lee SB, Smith T, Weberg N, et al. Accelerated Aging of Paper: Can it Really Foretell the Permanence of Paper: Preservation Research and Testing Series No. 95031995.
- [22] Salek H, Salek R, Tafresh KH. Investigating the antifungal activity of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils against *Fusarium oxysporum*. Second International Conference on Applied Research in Agricultural Sciences. 2014.
- [23] Nouri F, Raofi A, Dadfar S. Antifungal
- [سالک معراجی هادی، سالک نقدی روح‌اله، تفرشی سید خشایار. بررسی فعالیت ضد قارچی اسانس گیاه رزماری (*Rosmarinus officinalis*) و اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) علیه قارچ *Fusarium oxysporum*. دومین همایش ملی پژوهش‌های کاربردی در علوم کشاورزی ۱۳۹۳.]

- Activity of *Lavandula Angustifolia* and *Querques Infectoria* Extracts in Comparison with Nystatin on *Candida Albicans*. *Avicenna Journal of Clinical Medicine*. 2016;23(2):172-8.
- [نوری فهیمه، رئوفی امیر، دادفر سونیا. مقایسه آزمایشگاهی اثر ضد قارچ عصاره‌های گیاهی اسطوخودوس و مازو بر مخمر کاندیدا آلبیکانس با نیستاتین. مجله پزشکی بالینی ابن‌سینا. تابستان ۱۳۹۵، دوره ۲۳، شماره ۲، صفحه ۱۷۲ تا ۱۷۸.]
- [24] Panahi Rad S, Zare F, Alizadeh S, Safai N, Safaralizadeh, R. Investigating the effect of Shirazi thyme essential oil (*Zataria multiflora* Boiss) on preventing the growth of *Aspergillus flavus*. *National Conference on Medicinal Plants*. 2010.
- [پناهی‌راد سیما، زارع نهندی فریبرز، علیزاده سعیده سالطه، صفایی ناصر، صفرعلیزاده راضیه. بررسی اثر اسانس آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss) بر جلوگیری از رشد قارچ اسپرژیلوس فلاووس. همایش ملی گیاهان دارویی ۱۳۸۹.]
- [25] Gholamnezhad J, Alahyari M, Maleki M. Investigating the effect of lavender essence on dry bubble disease in *Agaricus bisporus*. *Applied Plant Protection*. 2018;7(2):111-122.
- [غلام‌نژاد ج، الاهیاری م، ملکی م. بررسی تأثیر اسانس گیاه اسطوخودوس برای کنترل بیماری حباب خشک در قارچ خوراکی دکمه‌ای *Agaricus bisporus*. 1397 کاربرد مقاله ۵، دوره ۷، شماره ۲- شماره پیاپی ۲۴، اسفند ۱۳۹۷، صفحه ۱۱۱-۱۲۲]
- [26] Rahmati-Joneidabad M, Alizadeh behbahani B. *Boswellia sacra* essential oil: Antioxidant activity and antifungal effect on some spoilage fungi causing strawberry rot. *Journal of food science and technology*(Iran). 2021;18(114):25-34.
- [رحمتی جنیدآباد مصطفی*، علیزاده بهبهانی بهروز. اسانس کُندر (*Boswellia sacra*): قدرت آنتی‌اکسیدانی و اثر ضدقارچی آن بر تعدادی از سویه‌های عامل فساد میوه توت‌فرنگی. علوم و صنایع غذایی ایران. مرداد ۱۴۰۰، دوره ۱۸، شماره ۱۱۴، صفحه ۲۵ تا ۳۴.]

شعبه‌های علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
رتال جامع علوم انسانی