■ بررسی تأثیر ضد قارچی عصارهٔ گیاه کبیکج جهت حفاظت آثار کاغذی تاریخی

مینا خوبانی ربّانی | مهرناز آزادی | بهزاد ذوالفقاری| پروین دهقان

■ چکیده

هدف: هدف این پژوهش، بررسی خاصیت ضد قارچی و قدرت مهارکنندگی گیاه کَبیکَج در برابر مهم‌ترین قارچ‌های مخرب آثار کاغذی مانند گونه‌های آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس فومیگاتوس، آسپرژیلوس فلاووس، پنیسیلیوم، و کلادوسپوریوم است.

روش و رویکرد پژوهش: روش پژوهش، تجربی-آزمایشگاهی بوده و روش یافته‌اندوزی، مطالعات کتابخانه‌ای و آزمایشگاهی است. غلظت‌های مناسب بر مهار رشد قارچ‌ها، با روش ترکیب دو عصارهٔ آبی و هیدروالکلی در محیط کشت سابورود دکستروز آگار تعیین شد. برای سنجش قدرت بازدارندگی عصاره‌ها بر روی کاغذ، نمونه‌های کاغذ فیلتر پیرسازی شده در سه گروه کنترل، آغشته شده به عصارهٔ آبی و هیدرو الکلی، با سوسپانسیون‌های قارچی تلقیح شد و تأثیر عصاره‌ها بر روی ساختار کاغذ با آزمون‌های تعیین میزان اسیدیته، مقاومت کششی، رنگ‌سنجی، و آنالیز دستگاهی ATR-FTIR مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌های پژوهش: با توجه به نتایج آزمایش‌ها، گیاه کَبیکَج قدرت مناسبی در کنترل رشد عوامل قارچی دارد. در نمونه‌های کاغذی آغشته به عصارهٔ آبی در نسبت ۱:۲۰، و در نمونه‌های کاغذی آغشته به عصارهٔ هیدروالکلی تا نسبت ۱:۱۸۰، عصارهٔ گیاه به‌طور کامل مانع رشد هر پنج گونهٔ قارچی شد. بیشترین حساسیت به عصاره‌ها در جنس پنیسیلیوم و کلادوسپوریوم مشاهده شد که درصد بازدارندگی عصارهٔ هیدروالکلی با غلظت ۱:۲۰۰ در جنس پنیسیلیوم ۹۹/۵۷ درصد، و کلادوسپوریوم ۹۹/۷۸ درصد بود. پس از پیرسازی در نمونه‌های کاغذی تیمار شده با هر دو عصاره، میزان pH حدود ۰/۴ واحد کاهش یافت. براساس نتایج رنگ‌سنجی، با افزایش پارامتر (زرد-آبی) شدت زردشدگی با کاهش پارامتر (روشنایی-تاریکی) تیرگی کاغذ بیشتر شد. پس از پیرسازی، در نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی، حدود ۰/۴۶ واحد و عصارهٔ هیدروالکلی حدود ۰/۴۱ واحد، کاهش مقاومت کششی مشاهده شد. به‌طورکلی، عصارهٔ هیدروالکلی، در مقایسه با عصارهٔ آبی، قدرت بیشتری در مهار رشد قارچ و تأثیرات رنگی، و کاهش مقاومت کششی کمتری داشته است.

کلیدواژه‌ها

کبیکج، ضد قارچ، آثار کاغذی، عصارهٔ آبی، عصارهٔ هیدروالکلی.

مطالعات آرشیوی

فصلنامهٔ *گنجینهٔ اسناد*: سال بیستم و ششم، دفتر اول، (بهار ۱۳۹۵)، ۱۲۳-۱۰۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۹ ■ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۵

بررسی تأثیر ضد قارچی عصارهٔ گیاه کبیکج[1] جهت حفاظت آثار کاغذی تاریخی[2]

مینا خوبانی ربّانی[3] | مهرناز آزادی[4] | بهزاد ذوالفقاری[5] | پروین دهقان[6]

مقدمه

آثار کاغذی بخش مهمی از تاریخ فرهنگی، هنری، و اجتماعی جوامع بشری را در برمی‌گیرد و هرساله تعداد بسیاری از این آثار به سبب آسیب‌های بیولوژیکی از بین می‌روند. قارچ‌ها از مهم‌ترین عوامل آسیب‌رسان بیولوژیکی هستند. استفاده از مواد شیمیایی برای کنترل و درمان این عوامل با وجود تأثیر مناسب، خطراتی را برای مرمتگر، شیء، و محیط‌زیست دارد. بنابراین، یافتن ماده‌ای مؤثر با حداقل میزان خطر ضروری است. در متون کهن، به کاربرد گیاهان به‌عنوان اقدامات حفاظتی پیشگیرانه[7] اشاره شده است که دارای قابلیت کنترل رشد عوامل بیولوژیکی بوده و درعین‌حال ارزان، در دسترس، و کم‌خطر هستند. چندین پژوهش نیز در زمینهٔ کاربرد گیاهان در حفاظت آثار کاغذی از آسیب قارچ‌ها نگاشته شده است. پرومال[8] و ویلر[9] (۱۹۹۷)، در بررسی حفاظت نسخ خطی ساخته‌شده از الیاف نخل اشاره می‌کنند که جهت جلوگیری از رشد قارچ و حشرات، از ترکیب گیاهانی نظیر اگیر ترکی، زیرهٔ سبز، میخک، فلفل، کنجد، و کافور استفاده می‌شود. رحیمی و پدرام(۱۳۸۲)، با بررسی خواص ضد قارچی در گیاهان آویشن، دارچین، مرزه، و مریم‌گلی به این نتیجه رسیدند که آویشن و دارچین مؤثرترین خاصیت ضد قارچی را با حداقل میزان مصرف در قارچ‌زدایی آثار سلولزی دارند. روکاتنیرینی[10](۲۰۰۵)، در بررسی خاصیت ضد قارچی تعدادی اسانس گیاهی و شیمیایی دریافت که از میان اسانس‌های گیاهی، اسانس تخم درمنه؛ و از میان اسانس‌های شیمیایی، اوژنول و لینالول[11] مؤثرترین فعالیت ضد قارچی را

1. Ranunculus lanuginosus
۲. برگرفته از پایان‌نامهٔ کارشناسی‌ارشد باعنوان «بررسی و ارزیابی تأثیر ضد قارچی عصارهٔ گیاه کبیکج (Ranunculus lanuginosus) جهت حفاظت آثار کاغذی تاریخی».
۳. کارشناس‌ارشد، مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان،ایران (نویسندهٔ مسئول)
Khoubani_mina@yahoo.com
۴. استادیار، دانشکدهٔ حفاظت و مرمت آثار، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران
M.azadi@aui.ac.ir
۵. دانشیار، گروه فارماکوگنوزی، دانشکدهٔ داروسازی و علوم دارویی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
Zolfaghari@pharm.mui.ac.ir
۶. استادیار، گروه انگل و قارچ‌شناسی، دانشکدهٔ پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
Dehghan@med.mui.ac.ir
7. Preventive measures
8. Perumal
9. Wheeler
10. Rakotonirainy
11. Linalool

داشته‌اند. آزادی(۲۰۰۸)، پس از شناسایی مواد مؤثرهٔ گلیکوزیدی[1] و آلکالوئیدی[2] گیاه حنظل، خاصیت ضد قارچی و ضد حشره‌ای گیاه و امکان استفاده از آن را به‌عنوان کنترل‌کنندهٔ آفات تأیید می‌کند. کاربادهٔ[3] (۲۰۱۰)، دریافت که کورکومین[4] استخراج‌شده از زردچوبه در غلظت بالای ۱۰۰ ppm تأثیر بازدارندگی مناسبی در برابر ۱٤ گونهٔ قارچی داشته است و عصارهٔ چریش و پنج‌انگشت سبب توقف رشد در قارچ رایزوپوس الیگوسپوروس[5] شد. استوپر[6] و همکارانش(۲۰۱٤)، در مطالعهٔ فعالیت ضد قارچی اسانس‌های گیاهی و بنزلکونیوم کلراید[7] در برابر قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس اوکرسئوس[8]، پنیسیلیوم[9]، و تریکودرما ویریده[10] ذکر می‌کند که مؤثرترین فعالیت ضد قارچی به‌ترتیب مربوط به مرزنجوش، رزماری، و اسطوخودوس است. دوانتن[11] (۲۰۱۰)، بیان می‌کند که درگذشته، استفاده از گیاهانی نظیر نعنا، زردچوبه، و میخک به‌منظور دورکنندگی حشرات و جلوگیری از رشد قارچ در حفاظت نسخ خطی رایج بوده است و به متن دعاگونه‌ای در صفحات آخر کتاب که توسط نویسنده برای حفظ نسخه‌خطی از آفات و بلایا نوشته می‌شد، اشاره می‌کند. وجود واژهٔ کَبیکَج در برگ نخست یا انتهای کتاب یکی از جنبه‌های جالب توجه در نسخ خطی اسلامی است که به‌صورت تکرار یا کَبیکَج و گاهی به صورت یا کَبیکَج اِحفَظْ الوَرَق(ای کَبیکَج این ورق را حفظ کن) می‌آید(گسک، ۱۹۸٦). این اعتقاد وجود داشته است که اگر واژهٔ کَبیکَج در ابتدای کتاب نوشته شود، موریانه به کتاب آسیب نخواهد رساند(اشبیلی، ۱۳۷۹). کَبیکَج، معرّب کلمهٔ فارسی کَبیکَگ(کَبیکه) است که به‌صورت کَبیکَنْج نیز به‌کار می‌رفت و یکی از گونه‌های آلاله[12] است که قدما می‌پنداشتند حشرات(ازجمله بید) از بوی آن گریزانند(معین، ۱۳٦۸: ۲۸۹۵). عصارهٔ خام گونه‌های آلاله دافع حشرات(باتاچاریا[13] و همکاران،۱۹۹۳)؛ بی‌حس‌کنندهٔ درد(کائو[14] وهمکاران،۱۹۹۲)؛ و کشندهٔ قارچ هستند(هاچلاف[15] و همکاران،۲۰۱۳) Aslam, et al., 2012; Qasem, 1996) رانونکولین[16] گلوکوزید[17]، بی‌ثبات موجود در خانوادهٔ آلاله است و زمانی که این ماده با بزاق ترکیب شود، به شکل آنزیمی به سم پروتوآنمونین[18] شکسته می‌شود(Berger & Wachter, 1998). پروتوآنمونین(گاهی به نام آنمونول[19] یا رانونکولول[20])، سمّی گلیکوزیدی با خاصیت ضد باکتری است(Seegal & Holden, 1945). با توجه به وجود خاصیت ضد قارچی در گونه‌های موجود در خانوادهٔ آلالگان احتمال داده شد که گونهٔ رانونکولوس لانوگینوسوس[21]، یکی از چهارگونهٔ معرفی شده به‌عنوان گیاه کَبیکَج در منابع گیاه‌شناسی(قهرمان و اخوت،۱۳۸۳: ۲۵۰)، دارای خاصیت ضد قارچی مناسبی باشد. در واقع، وجود واژهٔ کَبیکَج در نسخ خطی اسلامی و اعتقاد گذشتگان به خاصیت کَبیکَج در جلوگیری از آسیب‌های بیولوژیکی در کتاب‌ها، سبب شکل‌گیری این پرسش‌ها در ذهن

1. Glycoside
2. Alkaloid
3. Kharbade
4. Curcumin
5. Rhizopus oligosporus
6. Stupar
7. benzalkonium cloride
8. Aspergillus ochraceus
9. Penicillium spp.
10. Trichoderma viride
11. Devanathan
12. Ranunculaceae
13. Bhattacharyya
14. Cao
15. Hachelaf
16. Ranunculin
17. Glucoside
18. protoanemonin
19. Anemonole
20. Ranunculol
21. Ranunculus lanuginosus

محقق شد:

– آیا گیاه کَبیکَج(گونهٔ رانونکولوس لانوگینوسوس)دارای خاصیت ضد قارچی و مهارکنندگی رشد قارچ است؟

–عصاره‌های گیاه در چه غلظتی می‌توانند در مهار رشد قارچ بر روی کاغذ مؤثر باشند؟ و

–عصاره‌های گیاه در طول زمان چه تأثیری بر روی ویژگی‌های ساختاری کاغذ خواهند گذاشت؟

در پژوهش حاضر، با توجه به فقدان مطالعه در زمینهٔ بررسی خاصیت ضد قارچی گیاه کَبیکَج گونهٔ «رانونکولوس لانوگینوسوس» و تأثیرات آن بر روی کاغذ در گذشته، انجام آزمایش‌های لازم جهت شناسایی توانایی این گیاه در مهار رشد قارچ‌های مخرب کاغذ ضروری به‌نظر رسید و امکان استفاده از آن در منابع آرشیوی برای حفاظت و پیشگیری از رشد متداول‌ترین قارچ‌های مخرب آثار کاغذی مورد بررسی قرار گرفت.

معرفی گیاه کَبیکَج گونهٔ رانونکولوس لانوگینوسوس

گونه‌های مختلف جنس آلاله در بیشتر نقاط ایران، به‌خصوص مناطق معتدل، به‌صورت خودرو رشد می‌کنند(زرگری،۱۳۹۰، صص۸–۶۲). گونهٔ رانونکولوس لانوگینوسوس، گیاه علفی افراشته به طول نیم متر و برگ‌هایی متناوب با بریدگی‌های نسبتاً عمیق سه‌بخشی به شکل برگ گشنیز است. گل‌هایش دارای ۵ کاسبرگ، و ۵ گلبرگ، به رنگ زرد است(قهرمان و اخوت، ۲۰۰۹، ص۴۳۷). این گیاه دارای ترکیباتی نظیر تانن‌ها[1]، فلاونوئیدها[2]، آلکالوئیدها، و گلیکوزیدهای قلبی[3] است(خوبانی، ۱۳۹۳). از دیگر ترکیبات موجود در گیاه کَبیکَج(ترنس)– فیتول[4]، متیل لینولئات[5]، کارواکرول متیل اتر[6]، ان–پنتاکوزین[7]، تری‌متیل۶،۱۰،۱۴، پنتادکانون–۲[8]، مونوترپنوئیده[9]، سسکوئی‌ترپن‌ها[10]، سسکوئی–ترپنوئیدها[11]، و دیترپنوئیدها[12] می‌باشند(Terzioglu, et al., 2008).

1. Tannin
2. Flavonoid
3. Cardiac glycoside
4. (Z)-Phytol
5. Methyl linoleate
6. Carvacrol methyl ether
7. n-pentacosane
8. 6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone
9. Monoterpenoids
10. Sesquiterpenes
11. Sesquiterpenoids
12. Diterpenoids

مواد و روش‌ها

عصاره‌گیری از گیاه کَبیکَج

برای بررسی اثر ضد قارچی، اندام‌های هوایی(سرشاخه‌های گل‌دار) گیاه کَبیکَج در فروردین از روستای شیله‌سر در شهرستان بندرانزلی جمع‌آوری شد[13]. پس از خشک و آسیاب کردن نمونهٔ گیاه، دو عصارهٔ آبی[14] و هیدروالکلی[15]، به روش خیساندن[16] از گیاه موردنظر تهیه شد(صمصام شریعت،۱۳۷۲). به‌منظور تهیهٔ عصارهٔ هیدروالکلی، ۱۰۰گرم نمونهٔ پودر شدهٔ گیاه را در یک ارلن ریخته و با الکل ۷۰ درجه به حجم ۳۵۰ میلی‌لیتر رسانده و به مدت ۲۴

۱۳. هرباریوم تهیه‌شده از گیاه کَبیکَج توسط محقق با شمارهٔ هرباریوم ۲۸۳۳ در بخش هرباریوم دانشکدهٔ داروسازی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان قرار داده شد.

14. Aqueous extract
15. Hydro-alcoholic extract.
16. Maceration

ساعت به آن زمان داده و سپس به مدت ۲ ساعت روی تکان‌دهنده[1] قرار داده شد. سپس، عصاره را به کمک پمپ خلأ و قیف بوخنر[2] در ارلن جداگانه‌ای ریخته و دوباره روی تفاله‌ها الکل ۷۰ درجه ریخته و اجازه داده شد تا یک شبانه‌روز بماند. این مراحل برای سه روز تکرار شد. سپس، حلال‌ها از عصارهٔ نهایی به‌وسیلهٔ دستگاه روتاری[3] جدا و با فریز درایر[4] خشک شد. به‌منظور تهیهٔ عصارهٔ آبی نیز ۱۰۰ گرم پودر گیاه را در یک ارلن ریخته و ۵۰۰ میلی‌لیتر آب روی آن ریخته و مشابه مراحل مذکور در عصاره‌گیری هیدروالکلی، برای سه روز تکرار شد. سپس، حلال از عصارهٔ نهایی، به‌وسیلهٔ دستگاه روتاری جدا و با فریز درایر خشک شد. وزن عصارهٔ هیدروالکلی خشک شدهٔ گیاه پس از توزین، ۲۹/٤ گرم و وزن عصارهٔ آبی خشک شدهٔ گیاه، ۲۳/۷ گرم بود.

بررسی خاصیت بازدارندگی گیاه کَبیکَج در مقابل قارچ‌ها

برای بررسی میزان تأثیر عصاره‌های گیاه موردنظر، روی قارچ‌های مورد مطالعه، از روش ترکیب محیط کشت سابورود دکستروز آگار[5] و عصاره‌ها در غلظت‌های مشخص استفاده شد(Zabka et al, 2011). با توجه به فراوانی قارچ‌های آسیب‌رسان، گونه‌های آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس فومیگاتوس[6]، آسپرژیلوس فلاووس[7]، پنیسیلیوم، و کلادوسپوریوم[8] مورد بررسی قرار گرفت(قهری،۱۳۸۵). قارچ‌های مورد مطالعه، از سوش‌های استاندارد مرکز کلکسیون میکروارگانیسم های سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی ایران بودند و کدهای ارائه شده از سوی این سازمان برای قارچ های تهیه شده عبارت است از: قارچ آسپرژیلوس نایجر(PTCC-5013)، قارچ آسپرژیلوس فلاووس(PTCC - 5006)، قارچ آسپرژیلوس فومیگاتوس (PTCC-5009)، قارچ پنیسیلیوم(PTCC- 5251)، و قارچ کلادوسپوریوم[9](PTCC-5202). در ابتدا، برای تعیین غلظت مناسب مهارکنندگی، عصاره‌ها از نسبت ۵:۱ با محیط کشت ترکیب شده و سپس رقت عصاره‌ها در محیط کشت افزایش یافت(جدول۱). سپس، دیسکی به قطر ۰/٤ سانتی‌متر از حاشیهٔ کلنی قارچ‌های موردنظر(کشت هفت روزه)، روی محیط کشت قرار داده و در انکوباتور[10] در دمای ۲۵ ± ۲ ℃ به مدت ۱۵روز نگهداری شد. پس‌از اندازه‌گیری قطر کلنی‌ها، از فرمول GI=(DC–DT)/DC×100، برای تعیین درصد بازدارندگی عصاره‌ها استفاده گردید. در این فرمول، GI درصد بازدارندگی، DC قطر کلنی قارچ در نمونهٔ کنترل، و DT قطر کلنی قارچ در نمونه‌های حاوی عصاره می‌باشد.(Pandey, et al., 1982)

1. Shaker
2. Büchner funnel
3. Rotary
4. Freeze dryer
5. Sabouraud dextrose agar
۶. محیط کشت مورداستفاده برای این آزمون محیط سابرود دکستروز آگار محصول شرکت Biolife از کشور ایتالیا بوده که بر اساس دستور تهیه شرکت تولیدکننده ۶۵ گرم از پودر محیط کشت در ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل و سپس جوشانده شد و برای استریل شدن، محیط تهیه شده برای مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد و فشار pis ۱۲۰ در اتوکلاو قرار داده شد.
7. Aspergillus fumigatus
8. Aspergillus flavus
9. Cladosporium spp.
10. Incubator

عصاره‌ها	غلظت نمونه ها	مقدار عصارهٔ به صورت حجمی(میکرولیتر)	مقدار محیط کشت به صورت حجمی(میلیلیتر)
نمونه‌های ترکیب شده با عصارهٔ آبی	1:5	1000 µl	5 ml
	1:20	500 µl	10 ml
	1:40	250 µl	10 ml
	1:60	250 µl	15 ml
	1:70	250 µl	17.5 ml
نمونه‌های ترکیب شده با عصارهٔ هیدروالکلی	1:120	125 µl	15 ml
	1:160	62.5 µl	10 ml
	1:180	62.5 µl	11.2 ml
	1:190	62.5 µl	11.8 ml
	1:200	62.5 µl	11.5 ml

جدول ۱

غلظت نمونه‌های ترکیب شده عصارهٔ آبی و هیدروالکلی با محیط کشت

آزمایش خاصیت ضد قارچی عصارهٔ گیاه کَبیکَج بر روی نمونه‌های کاغذی

بر اساس نتایج آزمایش بررسی خاصیت ضد قارچی عصاره‌های گیاه و تعیین غلظت‌های مناسب، نمونه‌های کاغذی[1] با قطر ٦سانتی‌متری درغلظت‌های۱:۱۶۰،۱:۱٤۰،۱:۱۲۰، ۱:۱۹۰،۱:۱۸۰، و۱:۲۰۰ در عصارهٔ هیدروالکلی؛ و غلظت‌های ۱:٤۰،۱:۲۰،۱:۱۰،۱:۵، و۱:۵۰ در عصارهٔ آبی آغشته شده و پس از خشک شدن نمونه‌ها، ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون تهیه شده از قارچ‌ها با تعداد اسپور[2] 5×10^{6} CFU/ml روی نمونه‌ها تلقیح شد. سپس، در دمای ۲۷ ± ۲ ℃ به مدت ٤۵ روز در انکوباتور با رطوبت ۷۵درصد نگهداری گردید.

بررسی میزان پایداری عصاره‌های هیدروالکلی و آبی گیاه کَبیکَج

برای بررسی پایداری عصاره‌های گیاه کَبیکَج، نمونه‌های کاغذی با غلظت‌های۱:۱۲۰، ۱:۱٦۰،۱:۱٤۰، ۱:۱۸۰، ۱:۱۹۰، و ۱:۲۰۰ در عصارهٔ هیدروالکلی؛ و غلظت‌های ۱:۵ ،۱:٤۰،۱:۲۰،۱:۱۰، و۱:۵۰ در عصارهٔ آبی به روش غوطه‌وری تیمار گردیدند. سپس، در شرایط پیرسازی تسریعی[3] بر اساس استاندارد ISIRI- 4706 و در آون ساخت شرکت مِمرتف به مدت ۳٦۰ ساعت نگهداری شدند. بعد از فرآیند پیرسازی، نمونه‌های کاغذ با ۵۰ میکرولیتر از سوسپانسیون قارچی با تعداد اسپور 5×10^{6} CFU/ml تلقیح شد. سپس، در دمای ۲۷ ± ۲ ℃ و رطوبت ۷۵ درصد در انکوباتور نگهداری گردید.

۱. از کاغذ فیلتر آزمایشگاهی مونکتل شمارهٔ ۳۹۳ # ساخت کشور آلمان دارای وزن پایه g/m^2 ۱۰۰ برای تهیه نمونه‌های مطالعاتی استفاده گردید.

2. Colony Forming Unit

3. Accelerated aging

بررسی نمونه‌ها با استفاده از طیف‌سنجی FTIR- ATR [1]

بررسی پیوندهای شیمیایی و تغییرات ساختار کاغذ طی فرآیند درمان و پیرسازی، با استفاده از دستگاه FTIR Spectrometer مدلNicolet Nexus ٦٧٠ محصول شرکتThermo Nicolet ، مجهز به **ATR** و متصل به نرم‌افزار OMINIC ، با پیمایش در محدوده $٤٠٠٠-٤٠٠ cm^{-١}$ انجام شد.

بررسی میزان تغییر رنگ با استفاده از رنگ سنجی [2]

تغییررنگ در نمونه‌های پیرسازی شده، با استفاده از دستگاه رنگ‌سنج Color Tector Alpha ساخت شرکت Salu Tron Messtecknik GMbH و براساس استاندارد TAPPI TIS 0804-04، موردسنجش قرار گرفت.

بررسی میزان اسیدیته [3] گیاه کَبیکَج و نمونه های کاغذی

میزان اسیدیتهٔ عصاره‌های گیاه کَبیکَج و نمونه‌های کاغذی، با استفاده از دستگاه **pH** متر دیجیتال مدل ٧٤٤ ساخت شرکت METROHM بررسی شد. تغییرات اسیدیته در نمونه‌های کاغذی، در قبل و پس از پیرسازی، براساس استاندارد TAPPI T 529-om99 در دمای ۵/۰°C ± ۲۵ مورد ارزیابی قرار گرفت.

بررسی مقاومت کششی نمونه‌های کاغذی

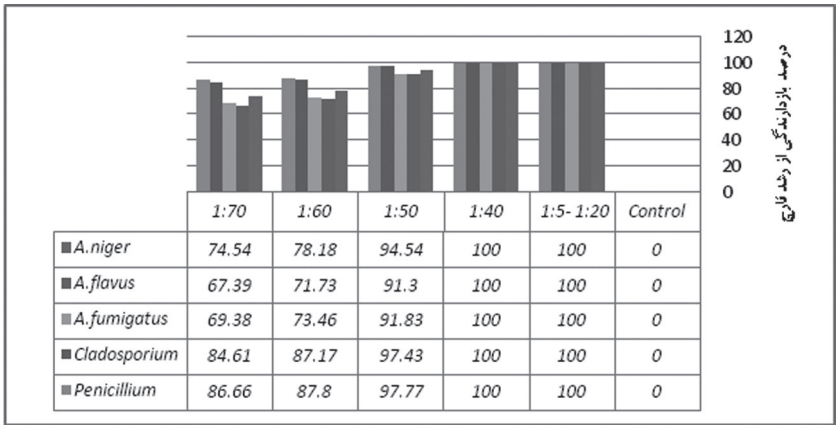
بررسی مقاومت کششی نمونه‌های کاغذی در قبل و پس از مرحلهٔ پیرسازی بر اساس استاندارد۲– ISIRI–۸۲۷۳ در آزمایشگاه فیزیک الیاف دانشکدهٔ نساجی در دانشگاه صنعتی اصفهان با دستگاه Zwic Materialprüfung 1446 انجام گرفت.

بحث و تحلیل یافته‌ها

بر اساس نتایج به دست آمده در شکل ۱ و ۲ و محاسبهٔ درصد بازدارندگی رشد قارچ‌ها در محیط‌های کشت ترکیب شده با عصاره‌های گیاه کَبیکَج، ملاحظه شد این گیاه قدرت ضد قارچی و مهارکنندگی مناسبی دارد. این خاصیت می‌تواند به‌دلیل وجود دسته ترکیبات شیمیایی موجود در ساختار گیاه نظیر تانن، فلاونوئید، آلکالوئید، و گلیکوزیدهای قلبی باشد. مطالعات بر روی آلکالوئیدها نشان داده است که این ترکیبات دارای اثرات ضدقارچی(Riviere et al., 1991: 347) و ضدباکتری(Roberts, 2013) و حشره‌کشی(Mann & Kaufman, 2012) هستند. فلاونوئیدها نیز طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های بیولوژیکی

۱. طیف‌سنجی انعکاسی کل تضعیف شده فروسرخ فوریه
2. Colorimetric analysis
3. Acidity

از جمله فعالیت‌های ضد باکتری، ضد حشره، آنتی اکسیدان، و ضد قارچی را دارا می باشند(Tringali, 2003; Orhan et al., 2010). ترکیب کارواکرول متیل اتر نیز دارای قدرت ضدقارچی و ضدباکتری نسبتاً بالایی است(Numpaque et al., 2011; Roller & Seed-har, 2002). به‌طور کلی، ترکیبات فنولی؛ آنتوسیانین‌ها؛ ترپنوئیدها(شامل مونو، دی، سسکوئی‌ترپن‌ها)؛ و آلکالوئیدها دارای خاصیت دورکنندگی و حتی کشندگی در حشرات هستند(Hanley et al., 2007). مشاهده شد عصارهٔ آبی تا غلظت ۱:٤٠ مانع رشد گونه‌های قارچی مورد مطالعه می‌شود و در رقت ۱:۷۰ به‌ترتیب قارچ‌های پنیسیلیوم(۸٦/٦٦ درصد)، کلادوسپوریوم(۸٤/٦۱ درصد)، و آسپرژیلوس نایجر(۷٤/٥٤ درصد) بیشترین حساسیت را به عصارهٔ آبی گیاه کَبیکَج داشتند. در مطالعه‌ای مشابه بر روی خاصیت ضد قارچی گیاه رانونکولوس سلاراتوس[1]، در شرایط آزمایشگاهی، عصارهٔ گیاه در غلظت ۱:٤٠ قدرت کشندگی هایفای[2] قارچی گونه‌های آسپرژیلوس نایجر، فلاووس، و فومیگاتوس را داشته است که حتی بعد از گذشت ۱۵ روز در دمای اتاق توانایی خود را حفظ کرد(Misra & Dixit, 1978). در محیط‌های ترکیب شده با عصارهٔ هیدروالکلی، قدرت مهار کنندگی بیشتری در مقایسه با عصارهٔ آبی گیاه کَبیکَج مشاهده شد و عصارهٔ هیدروالکلی تا غلظت ۱:۱٦۰ مانع رشد قارچ گردید و در رقت ۱:۲۰۰ بیشترین حساسیت به عصارهٔ در قارچ‌های پنیسیلیوم(۹۳/۳۳ درصد) و کلادوسپوریوم(۹۲/۳ درصد)؛ و سپس قارچ آسپرژیلوس فومیگاتوس(۷۱/٤۲ درصد) مشاهده شد.

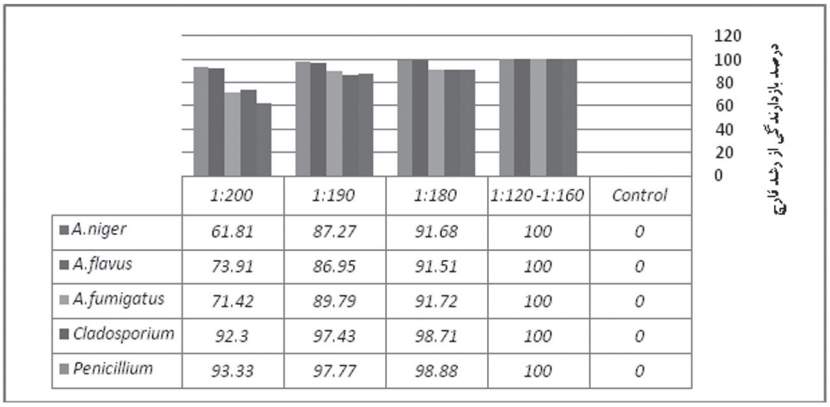


	1:70	1:60	1:50	1:40	1:5- 1:20	Control
A.niger	74.54	78.18	94.54	100	100	0
A.flavus	67.39	71.73	91.3	100	100	0
A.fumigatus	69.38	73.46	91.83	100	100	0
Cladosporium	84.61	87.17	97.43	100	100	0
Penicillium	86.66	87.8	97.77	100	100	0

1. Ranunculus sceleratus
2. Hypha

نمودار ۱

درصد بازدارندگی در نمونه‌های ترکیب شده با عصارهٔ آبی گیاه کَبیکَج



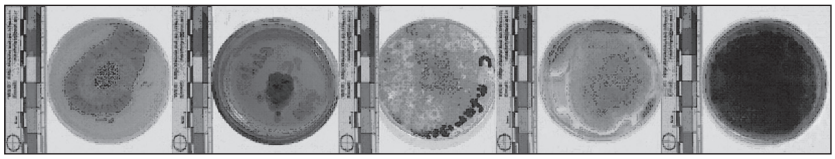
	1:200	1:190	1:180	1:120 -1:160	Control
A.niger	61.81	87.27	91.68	100	0
A.flavus	73.91	86.95	91.51	100	0
A.fumigatus	71.42	89.79	91.72	100	0
Cladosporium	92.3	97.43	98.71	100	0
Penicillium	93.33	97.77	98.88	100	0

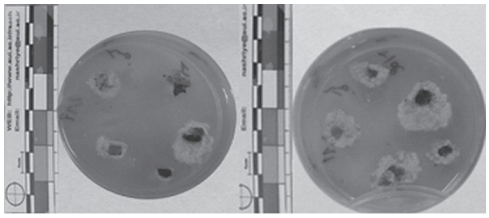
نمودار ۲

درصد بازدارندگی در نمونه‌های ترکیب شده با عصارهٔ هیدروالکلی گیاه کَبیکج

شکل ۱

نمونه‌های کنترل قارچ‌های مورد مطالعه از راست به چپ آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس فلاووس، آسپرژیلوس فومیگاتوس، کلادوسپوریوم و پنیسیلیوم پس از گذشت ۷ روز

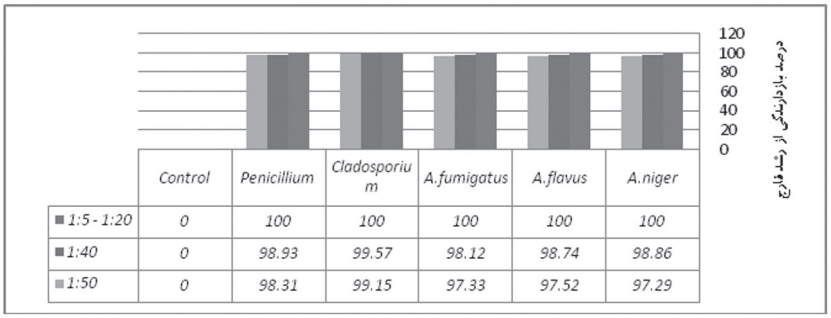




شکل ۲

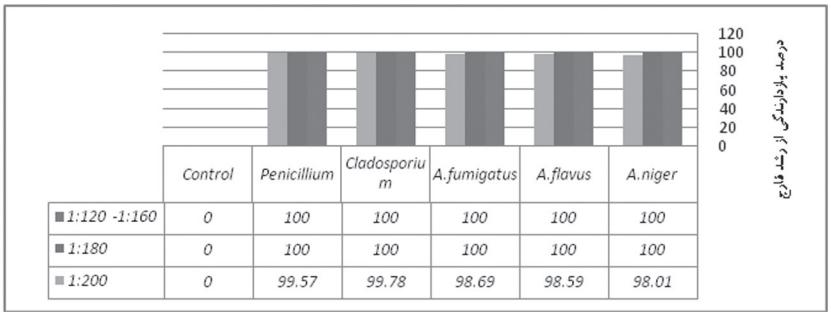
رشد قارچ‌ها پس از گذشت ۷ روز در نمونه‌های ترکیب شده با عصارهٔ آبی (۱:۵۰) و عصارهٔ هیدروالکلی (۱:۱۸۰) به ترتیب از راست به چپ

میزان رشد قارچ‌ها در نمونه‌های کاغذی آغشته به عصاره‌های آبی و هیدروالکلی گیاه نشان می‌دهد که گیاه قابلیت بازدارندگی مناسبی بر روی نمونه‌های کاغذ دارد. با مشاهدهٔ نتایج رشد قارچ‌ها در شکل‌های ۲ و ۳ می‌توان دریافت که نمونه‌های کاغذی آغشته به عصارهٔ هیدروالکلی در مقایسه با نمونه‌های آغشته به عصارهٔ آبی از قابلیت بازدارندگی بهتری برخوردار است. در نمونه‌های آغشته به عصارهٔ آبی تا غلظت ۱:۲۰، و در نمونه‌های آغشته به عصارهٔ هیدروالکلی تا غلظت ۱:۱۸۰ رشدی مشاهده نشد و قارچ‌های آسپرژیلوس نایجر، آسپرژیلوس فلاووس، و آسپرژیلوس فومیگاتوس در برابر عصاره‌های آبی و هیدروالکلی مقاومت بیشتری نشان دادند.



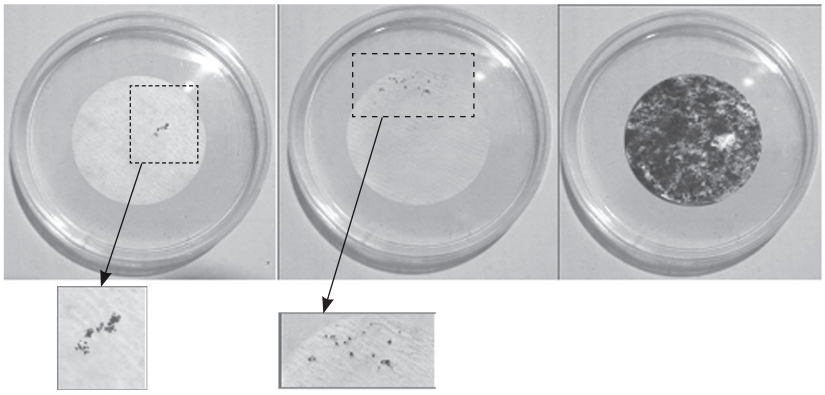
نمودار ۳

میزان رشد قارچ در نمونه‌های کاغذی آغشته به عصارهٔ آبی گیاه کَبیکج



نمودار ۴

میزان رشد قارچ در نمونه‌های کاغذی آغشته به عصارهٔ هیدروالکلی گیاه کَبیکج

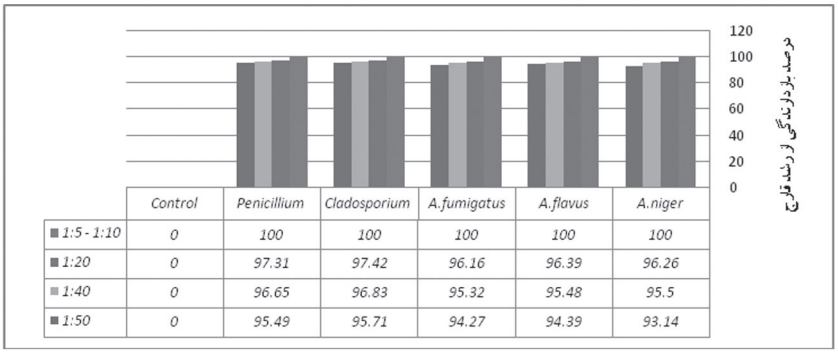


شکل ۳

میزان رشد قارچ آسپرژیلوس نایجر در نمونه‌های کاغذی کنترل، آغشته به عصارهٔ آبی(۱:۵۰)،آغشته به عصارهٔ هیدروالکلی(۱:۲۰۰) از راست به چپ

پس از پیرسازی نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی و هیدروالکلی گیاه کَبیکَج، مشاهده شد که عصاره‌ها خاصیت بازدارندگی خود را در برابر قارچ‌ها حفظ کرده‌اند؛ ولی عصارهٔ هیدروالکلی قابلیت بازدارندگی بهتری از خود نشان داد و تا غلظت ۱:۱۴۰ سبب مهار رشد قارچ به‌طور کامل گردید. در نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی در رقت ۱:۵۰ بیشترین حساسیت مربوط به قارچ کلادوسپوریوم(۹۵/۷۱ درصد) و سپس پنیسیلیوم(۹۵/۴۹درصد)

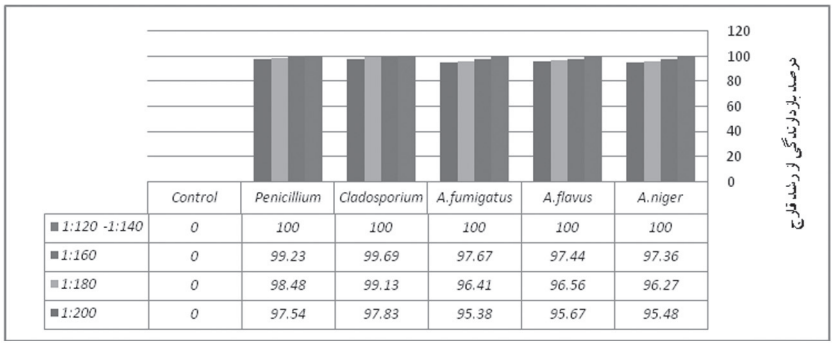
است و در نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ هیدروالکلی در رقت ۱:۲۰۰ بیشترین حساسیت در قارچ کلادوسپوریوم(۹۷/۸۳درصد) و سپس پنیسیلیوم(۹۷/٥٤درصد)مشاهده گردید؛ اگرچه میزان تأثیرگذاری آن بر روی قارچ‌ها در مقایسه با نمونه‌های پیرسازی نشده کاهش یافت(شکل ۵ و ٦).



	Control	Penicillium	Cladosporium	A.fumigatus	A.flavus	A.niger
1:5 - 1:10	0	100	100	100	100	100
1:20	0	97.31	97.42	96.16	96.39	96.26
1:40	0	96.65	96.83	95.32	95.48	95.5
1:50	0	95.49	95.71	94.27	94.39	93.14

نمودار ۵

میزان رشد قارچ در نمونه‌های کاغذی آغشته به عصارهٔ آبی گیاه کَبیکَج بعد از پیرسازی



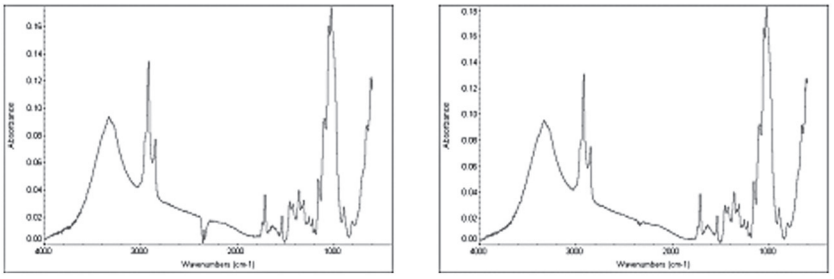
	Control	Penicillium	Cladosporium	A.fumigatus	A.flavus	A.niger
1:120 -1:140	0	100	100	100	100	100
1:160	0	99.23	99.69	97.67	97.44	97.36
1:180	0	98.48	99.13	96.41	96.56	96.27
1:200	0	97.54	97.83	95.38	95.67	95.48

نمودار ۶

میزان رشد قارچ در نمونه‌های کاغذی آغشته به عصارهٔ هیدروالکلی گیاه کَبیکَج بعد از پیرسازی

در اثر پیرسازی روند فرآیندهای تخریبی نظیر اکسیداسیون سرعت یافته و پیوندهای گلوکزی ازهم‌گسیخته و زنجیرهٔ سلولزی دچار شکست می‌شود. در اثر هیدرولیز و اکسیداسیون سلولز، معمولاً محصولات ناشی از این تخریب در محدودهٔ 1500^{cm-1} تا 1900 به‌صورت گروه‌های کربنیلی(C=O) ظاهر می‌شوند(Lojewska et al., 2005). در طیف‌های مربوط به نمونهٔ کاغذی بدون تیمار، قبل و پس از پیرسازی؛ و نمونه‌های کاغذی تیمار شده با عصارهٔ آبی و هیدروالکلی یک پیک قوی در محدودهٔ $1050\text{-}1150^{cm-1}$ دیده می‌شود که مربوط به باند کششی گروه اتری C–Oاست و پیک شاخص سلولز محسوب می‌شود. ولی شدت جذب در ناحیهٔ 1047^{cm-1} که مربوط به باند کششی C–O است، در نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی و هیدروالکلی افزایش‌یافته است و در مقایسهٔ طیف نمونهٔ کاغذ در

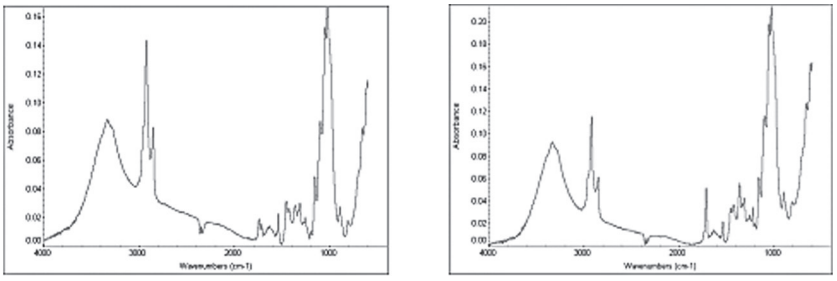
قبل و پس از پیرسازی، افزایش جذب در پیک پیرامون $1750\ cm^{-1}$ دیده می‌شود که می‌تواند مربوط به گروه‌های عاملی کربونیل (**C=O**) یا آلکن (**C=C**) که از محصولات ناشی از تخریب سلولز در طول فرآیند پیرسازی در دما و رطوبت زیاد هستند، باشد و شدت این پیک در طیف مربوط به نمونهٔ درمان شده با عصارهٔ آبی افزایش‌یافته است. در محدودهٔ $2800\ cm^{-1}$ ، ارتعاشات خمشی گروه **C–H** دیده می‌شود. در محدودهٔ $3200\text{-}3600\ cm^{-1}$ ، پیک پهن و قوی گروه **O–H** دیده می‌شود که به‌دلیل حضور دمای بالا و شکسته شدن زنجیرهٔ هیدروژن درون‌مولکولی تشکیل شده‌اند.



(ب) (الف)

نمودار ۷

طیف مربوط به کاغذ فیلتر بدون تیمار پیش از پیرسازی(الف)، کاغذ فیلتر بدون تیمار پس از پیرسازی(ب)



(ب) (الف)

نمودار ۸

طیف مربوط به کاغذ تیمار شده با عصارهٔ هیدروالکلی گیاه کبیکَج پس از پیرسازی(الف)، کاغذ تیمار شده با عصارهٔ آبی گیاه کَبیکَج پس از پیرسازی(ب)

شکل ۸. طیف مربوط به کاغذ تیمار شده با عصارهٔ هیدروالکلی گیاه کَبیکَج پس از پیرسازی(الف)، کاغذ تیمار شده با عصارهٔ آبی گیاه کَبیکَج پس از پیرسازی(ب)

با توجه به میزان تغییرات رنگی در پارامترهای ذکرشده در جدول۲ می‌توان گفت پس از پیرسازی در نمونهٔ کاغذ بدون تیمار تغییرات رنگی به‌علت تخریب پیوندهای سلولزی رخ‌داده است و پارامتر افزایش‌یافته و رنگ کاغذ به سمت زردی رفته و پارامتر کاهش‌یافته

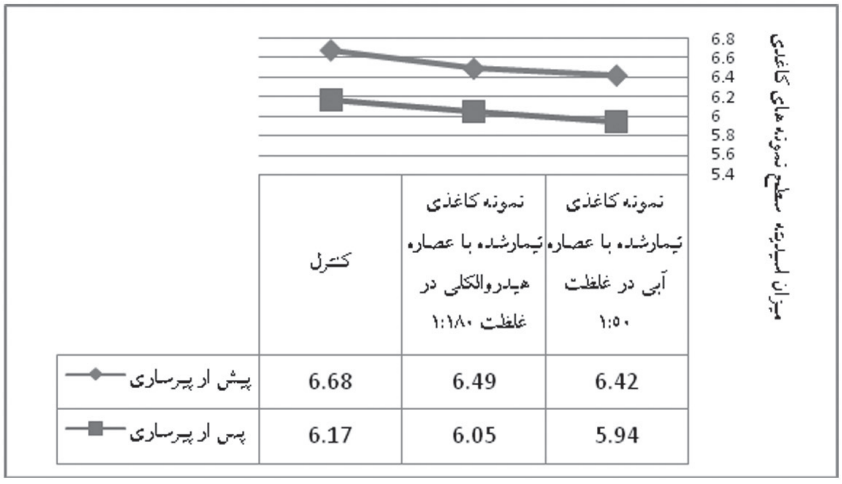
و سبب تیره‌تر شدن رنگ کاغذ شده است. در نمونه‌های کاغذی تیمار شده با عصارهٔ هیدروالکلی و آبی، شدت زردشدگی و تیرگی کاغذ بیشتر شده و پارامتر کاهش‌یافته و رنگ کاغذ به سمت رنگ سبز رفته است و شدت تغییرات رنگی در عصارهٔ آبی بیشتر از عصارهٔ هیدروالکلی گیاه است.

تغییرات در پارامترهای L^*,a^*,b / نمونه‌های کاغذ	b^* b^*	a^*	L^*	Δb^*	Δa^*	ΔL^*	ΔE
نمونهٔ کاغذی بدون تیمار (پیش از پیرسازی)	۴/۲	-۱/۸	۹۲/۱	-	-	-	-
نمونهٔ کاغذی بدون تیمار (پس از پیرسازی)	۵/۶	-۱/۹	۹۱/۶	۱/۴	۰/۱	-۰/۵	۱/۴۸
نمونهٔ کاغذی تیمارشده با عصارهٔ هیدروالکلی در غلظت ۱:۱۸۰ (پیش از پیرسازی)	۷/۲	-۱/۷	۹۰/۵	۳	۰/۱	-۱/۶	۳/۴
نمونهٔ کاغذی تیمارشده با عصارهٔ هیدروالکلی در غلظت ۱:۱۸۰ (پس از پیرسازی)	۸/۵	-۱/۶	۸۹/۶	۱/۳	۰/۱	۰/۹	۱/۵۸
نمونهٔ کاغذی تیمارشده با عصارهٔ آبی در غلظت ۱:۵۰ (پیش از پیرسازی)	۷/۹	-۱/۴	۸۸/۷	۳/۷	۰/۴	-۳/۴	۵/۰۴
نمونهٔ کاغذی تیمارشده با عصارهٔ آبی در غلظت ۱:۵۰ (پس از پیرسازی)	۹/۸	-۱/۳	۸۷/۶	۱/۹	۰/۱	-۱/۱	۲/۱

جدول ۲

میزان تغییر رنگ در نمونه‌های کاغذی تیمار شده با عصارهٔ آبی و هیدروالکلی گیاه کَبیکَج در قبل و پس از پیرسازی

با توجه به نتایج تعیین میزان اسیدیته، **pH** عصارهٔ هیدروالکلی ۶٫۷۹ است و اسیدیته‌ای نزدیک به محدودهٔ خنثی دارد، درحالی‌که عصارهٔ آبی دارای اسیدیته‌ای اسیدی(pH=5/67) است. بر اساس شکل ۹ مشاهده می‌شود که پیش از فرآیند پیرسازی، **pH**نمونه‌های کاغذ بدون تیمار نزدیک به محدودهٔ خنثی است و نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی و هیدروالکلی اندکی اسیدی است. با توجه به میزان اسیدیته در نمونه‌ها می‌توان گفت که در طول فرآیند پیرسازی، به‌علت وجود دما و رطوبت بالا و ایجاد تخریب اکسیداسیون سلولزی، در تمامی نمونه‌ها میزان **pH** کاهش یافته، ولی در نمونه‌های کاغذی تیمار شده با عصارهٔ آبی این تغییر بیشتر بوده و **pH** نمونه اسیدی شده است. به‌نظر می‌رسد وجود ترکیباتی در عصارهٔ گیاه نظیر تانن‌ها و ترکیبات فنولی که ماهیت اسیدی ضعیفی دارند به این کاهش **pH**کمک کرده است.

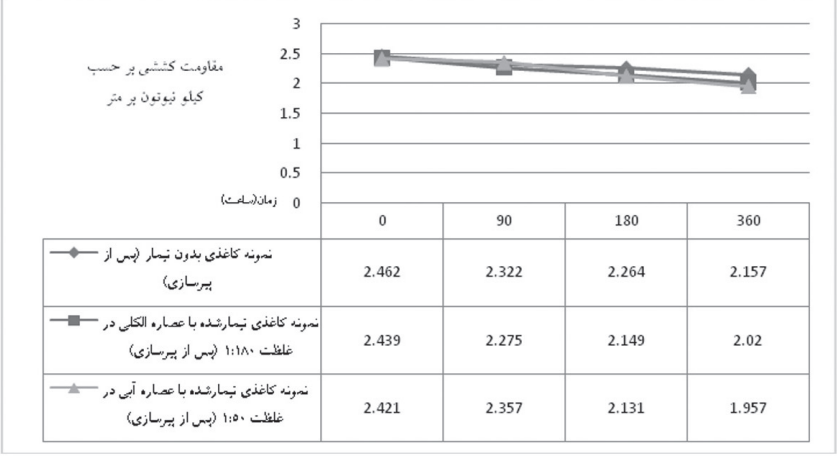


	کنترل	نمونه کاغذی تیمارشده با عصاره هیدروالکلی در غلظت ۱:۱۸۰	نمونه کاغذی تیمارشده با عصاره آبی در غلظت ۱:۵۰
پیش از پیرسازی	6.68	6.49	6.42
پس از پیرسازی	6.17	6.05	5.94

نمودار ۹

میزان اسیدیته سطح نمونه‌های کاغذی

با توجه به میزان تغییرات بر روی نمونه‌های کاغذی آغشته به عصاره در مقایسه با نمونهٔ کاغذ بدون تیمار در شکل ۱۰ می‌توان گفت کاهش مقاومت حتی در نمونه‌های کاغذ بدون تیمار نیز دیده می‌شود، اما شدت کاهش مقاومت کششی در نمونه‌های کاغذی تیمار شده با عصاره‌ها در طول فرآیند پیرسازی بیشتر بوده است؛ و میزان کاهش مقاومت در نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی در مقایسه با نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ هیدروالکلی بیشتر بوده است. در نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی، حدود ۰/٤٦واحد و عصارهٔ هیدروالکلی حدود۰/٤۱ واحد، کاهش مقاومت کششی مشاهده شد. دلیل اصلی کاهش مقاومت کششی را می‌توان تسریع روند اکسیداسیون در سلولز و ازهم‌گسیختگی پیوندهای سلولزی در حضور دما و رطوبت زیاد در فرآیند پیرسازی تسریعی کاغذ در اثر گذشت زمان دانست.



	0	90	180	360
نمونه کاغذی بدون تیمار (پس از پیرسازی)	2.462	2.322	2.264	2.157
نمونه کاغذی تیمارشده با عصاره الکلی در غلظت ۱:۱۸۰ (پس از پیرسازی)	2.439	2.275	2.149	2.02
نمونه کاغذی تیمارشده با عصاره آبی در غلظت ۱:۵۰ (پس از پیرسازی)	2.421	2.357	2.131	1.957

نمودار ۱۰

مقاومت کششی نمونه‌های کاغذی
در قبل و پس از پیرسازی

همان‌طور که در پیشینهٔ تحقیق گفته شد، پیش از این مطالعه‌ای در زمینهٔ قدرت ضد قارچی گیاه کبیکج گونهٔ رانونکولوس لانوگینوسوس انجام نشده است، امّا مطالعات محدودی هم‌راستای پژوهش حاضر در جهت بهره‌گیری از گیاهان دارای خاصیت ضدقارچی یا بازدارندهٔ رشد عوامل قارچی در حوزهٔ حفاظت آثار کاغذی انجام گرفته است(Rakotonirainy & Lavédrine, 2005; Kharbade, 2010; رحیمی و پدرام، ۱۳۸۲). نکتهٔ قابل توجه در این مطالعات آن است که در بیشتر این پژوهش‌ها از اسانس‌های گیاهیِ حاوی مقادیر بیشتری مادهٔ مؤثره استفاده شده است که می‌توانند در غلظت‌های کم و به‌صورت فومیگانت[1] (بخور) استفاده شوند. این مسئله سبب افزایش تأثیرگذاری و کاهش تغییراتی نظیر تغییرات رنگی و مقاومت کششی در ساختار کاغذ می‌شود. در حالی که، در پژوهش حاضر، از عصارهٔ آبی و هیدروالکلی گیاه کبیکج استفاده شده که در غلظت بیشتر و با وجود مقادیر کمتری مادهٔ مؤثره قابلیت مهارکنندگی و ضدقارچی مناسبی از خود نشان داد تغییرات ناشی از استفادهٔ عصاره‌های گیاه کبیکج در میزان **pH** نمونه‌های کاغذی حدود ۰/٤ واحد بوده است که این میزان از شدت تغییرات اسیدیته(بیش از یک واحد کاهش **pH**)در پژوهشی مشابه بر روی اثر ضد قارچی لینالول بر روی آثار کاغذی بسیار کمتر است(**Rakotonirainy & Lavédrine**, 2005). همچنین، با وجود ترکیبات رنگی مانند آلکالوئیدها و فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها در عصارهٔ گیاه(Alkema & Seager, 1982: 185; Grinkevich & Safronich, 1983: 131)، تغییر میزان روشنایی، سبزی، و زردی کاغذ امری بدیهی است که به‌همراه شرایط پیرسازی و تخریب سلولز سبب زردشدگی بیشتر نمونه‌های کاغذی شده‌اند. بنابراین، این مسئله استفادهٔ مستقیم از عصارهٔ این گیاه را بر روی آثار تاریخی غیرممکن می‌سازد؛ اما می‌توان از آن برای حفاظت پیشگیرانه(توقف یا جلوگیری از رشد عوامل قارچی) در موزه‌ها و آرشیوها بهره جست.

نتیجه‌گیری

دو عصارهٔ آبی و هیدروالکلی گیاه کَبیکَج هم در ترکیب با محیط کشت و هم در نمونه‌های کاغذی تیمار شده خاصیت بازدارندگی مناسبی در برابر قارچ‌های مورد مطالعه داشتند. میزان تأثیرگذاری عصارهٔ هیدروالکلی در مقایسه با عصارهٔ آبی بر روی قارچ‌های موردمطالعه بیشتر بود و همچنین، عصارهٔ هیدروالکلی در غلظت ۱:۱۸۰و عصارهٔ آبی در غلظت ۱:۲۰ در نمونه‌های کاغذی آلوده شده به قارچ، مانع رشد کامل قارچ شد. قارچ‌های پنیسیلیوم و کلادوسپوریوم نسبت به قارچ‌های جنس آسپرژیلوس، بیشترین حساسیت را به عصارهٔ هیدروالکلی و آبی نشان دادند. در بررسی پایداری خاصیت ضد قارچی عصاره‌ها، نتایج نشان دادند که بعد از پیرسازی نمونه‌ها در شرایط رطوبت و دمای بالا،

1. Fumigant

هر دو عصاره خاصیت مهارکنندگی رشد قارچ را حفظ کرده‌اند؛ امّا عصارهٔ هیدروالکلی قابلیت بازدارندگی بهتری از خود نشان داد، اگرچه میزان تأثیرگذاری آن بر روی قارچ‌ها در مقایسه با نمونه‌های پیرسازی نشده کاهش یافت. هر دو عصاره در فرآیند پیرسازی کمی اسیدی شده و این میزان کاهش **pH** حدود ۰/٤ واحد بود. بر اساس نتایج مقاومت کششی، کاهش مقاومت در نمونه‌های آغشته به عصاره رخ داد. این کاهش در نمونه‌های آغشته به عصارهٔ آبی حدود۰/٤٦ واحد و در عصارهٔ هیدروالکلی حدود۰/٤١ واحد مشاهده گردید. بر اساس آزمون رنگ‌سنجی، میزان زردشدگی و تیرگی کاغذ افزایش یافته و این تغییرات در نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ آبی بیشتر از نمونه‌های تیمار شده با عصارهٔ هیدروالکلی بود. بر اساس طیف‌سنجیATR-FTIR در تمامی نمونه‌ها، براثر اکسیداسیون سلولز تحت شرایط پیرسازی مصنوعی تخریب صورت گرفته و محصولات تخریب خود را به‌صورت گروه‌های کربنیلی نشان داده‌اند. اگرچه نمونه‌های کاغذی بدون تیمار نیز پس از پیرسازی، کمی اسیدی شده و تغییرات رنگی مانند زردشدگی و تیرگی کاغذ و کاهش مقاومت کششی در آنها رخ‌داده است. به‌طورکلی مشخص شد که پیشینهٔ گیاه کَبیکَج به‌عنوان بازدارندهٔ آسیب‌های کتاب در برابر عوامل بیولوژیکی در متون کهن و اعتقادات مردم قابل‌تأمل بوده و براساس آزمایش‌های صورت گرفته، این گیاه قدرت مهار رشد مناسبی در برابر مهم‌ترین قارچ‌های مخرب کاغذ دارد؛ امّا به‌دلیل وجود ترکیبات رنگ‌ساز در ساختار گیاه، نظیر فلاونوئیدها و سایر ترکیبات فنلی، تغییرات رنگی روی نمونه‌های کاغذی اجتناب‌ناپذیر بود. با توجه به قدرت مهارکنندگی مناسب عصاره‌های گیاه کَبیکَج می‌توان به‌منظور پیشگیری از رشد قارچ در کتابخانه و آرشیوها، از کاغذهای تیشوی(که فاقد آهار و دارای سلولز خالص هستند و ازلحاظ اسیدیتهٔ خنثی هستند) آغشته شده به عصارهٔ گیاه کَبیکَج در قفسه‌ها و محل نگهداری کتاب‌ها و اسناد کاغذی یا لابه‌لای اوراق کاغذ و کتاب استفاده کرد که نیازمند برنامه‌ریزی برای پژوهش‌های آتی و بررسی بیشتر برای جلوگیری از تأثیرات ناخواستهٔ رنگی بر روی کاغذ است. همچنین، به‌نظر می‌رسد استفاده از یک مادهٔ اسیدزدای مناسب نظیر منیزیم‌متوکسید و هیدروکسیدکلسیم، بتواند به افزایش میزان **pH** عصارهٔ گیاه و بالا بردن ذخیره قلیایی در کاغذ و جلوگیری از تغییرات رنگی، ساختاری و مقاومت کششی ناشی از آن کمک شایانی نماید.

منابع

اشبیلی، بکر بن ابراهیم(۱۳۷۹). ترجمه فارسی التیسیر فی صناعة‌التفسیر(محمد آصف فکرت، مترجم)، ***نامهٔ بهارستان***، ۱(۲)، ۵-۱۸.

خوبانی ربّانی، مینا (۱۳۹۳). ***بررسی و ارزیابی تأثیر ضد قارچی گیاه کَبیکَج(Ranunculus lanuginosus) جهت حفاظت آثار تاریخی کاغذی***، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، گروه مرمت آثار، دانشکدهٔ مرمت، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان.

رحیمی، شهمیرا؛ پدرام، نرگس(۱۳۸۲). ***قارچ زدایی آثار سلولزی با استفاده از گیاهان***. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد مرمت اشیای تاریخی و فرهنگی، دانشگاه آزاد اسلامی، دانشکدهٔ هنر و معماری، تهران.

زرگری، علی(۱۳۹۰). ***گیاهان دارویی***(ج۱). تهران: انتشارات دانشگاه تهران.

صمصام شریعت، هادی.(۱۳۷۱). ***عصارهٔ‌گیری و استخراج مواد موثره گیاهان دارویی و روشهای شناسایی وارزشیابی آنها***، اصفهان: نشرمانی.

قهرمان، احمد؛ اخوت، احمدرضا(۲۰۰۹). ***شرح تطبیقی گیاهان دارویی کهن***(ج۲). تهران: نشر دانشگاه تهران.

----------(۱۳۸۳). ***تطبیق نام‌های کهن گیاهان دارویی با نام‌های علمی: تاریخ گیاهان دارویی***. تهران: نشردانشگاه تهران.

قهری، محمد(۱۳۸۵). مروری بر عوامل قارچی مخرب کاغذ ،آسیب شناسی و راههای پیشگیری و مقابله، ***دوفصلنامه مرمت و پژوهش***، (۱)، ۲۷-۴۲.

گسک، آدام(۱۳۸۲). کبیکج در دستنوشته های اسلامی(افسانه منفرد، مترجم). ***جهان کتاب***، (۱۶۹)، ۲۶.

معین، محمد(۱۳۶۸). ***فرهنگ فارسی***. تهران: انتشارات امیرکبیر.

موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، روش تسریع در کهنه شدن کاغذ و مقوا در دمای ۸۰ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۵درصد، شمارهٔ ٤٧٠٦ -ISIRI.

موسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران ، کاغذ و مقوا - اندازه گیری ویژگی های کشش،۸۲۷۳-۳-ISIRI.

Alkema,J. & Seager, SL.(1982). The chemical pigments of plants. ***Journal of Chemical Education***, 59, 183-186.

Aslam, M.s, Ghoudhary, B.,Uzair, M. & Ijaz, A.S. (2012). The Genus RANUNCULUS: A Phytochemical and Ethnopharmacological Review, ***International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences***, (4), 15-22.

Berger, Artur & Wachter, Helmut(1998). ***Hunnius Pharmazeutisches Wörterbuch (in German)***, (8 ed.). Walter de Gruyter Verlag. ISBN 3-11-015793-4.

Bhattacharyya, P. R., Nath, S. C., & Bordoloi, D. N. (1993). Insecticidal activity of Ranunculus sceleratus (L.) against Drosophila melanogaster and Tribolium castaneum. ***Indian journal of experimental biology***, 31(1), 85.

Boyaghchi, M. A.(2008). The importnace using of the extract of Hanzal as inhibitors in paper manuscripts,Fouth Islamic manuscripts conference, ***Queen's college, univestiy of Cambridge***, 6-9 july.

Cao, B. J., Meng, Q. Y., & Ji, N. (1992). Analgesic and anti-inflammatory effects of Ranunculus japonicus extract. ***Planta medica***, 58(6), 496-498.

Devanathan, .R.(2013). Conservation of Manuscripts – The Natural Way, International ***Journal of Current Pharmaceutical Review and Research***, 3(4), 99-104.

Grinkevich, N. I., & Safronich, L. N. (1983). Chemical analysis of medicinal plants. ***Vysshaya Shkola, Moscow***, 170-172.

Hachelaf, A., Zellagui, A., Touil, A., & Rhouati, S. (2013). CHEMICAL COMPOSITION AND ANALYSIS ANTIFUNGAL PROPERTIES OF RANUNCULUS ARVENSIS L. ***Pharmacophore***, 4(3).

Hanley, M. E., Lamont, B. B., Fairbanks, M. M., & Rafferty, C. M. (2007). Plant structural traits and their role in anti-herbivore defence. ***Perspectives in Plant Ecology, Evolution andSystematics***, 8(4), 157-178.

Kharbade, B. V. (2010). Research And Innovation In Conservation Of Manuscripts-An Interim Report. ***Research Project of National Mission of Manuscripts NMM)***,Accessed on, 2, 2012.

Łojewska, J., Miśkowiec, P., Łojewski, T., & Proniewicz, L. M. (2005). Cellulose oxidative and hydrolytic degradation: In situ FTIR approach. ***Polymer degradation and stability***, 88(3), 512-520.

Mann, S.R., Kaufman, P.E.(2012). Natural product pesticides: their development, delivery and use against insect vectors. ***Mini-reviews in organic chemistry***, 9(2), 185-202.

Numpaque, M. A., Oviedo, L. A., Gil, J. H., García, C. M., & Durango, D. L. (2011). Thymol and carvacrol: biotransformation and antifungal activity against the plant pathogenic fungi Colletotrichum acutatum and Botryodiplodia theobromae. ***Tropical plant pathology***, 36(1), 3-13.

Orhan, D. D., Özçelik, B., Özgen, S., & Ergun, F. (2010). Antibacterial, antifungal, and antiviral activities of some flavonoids. ***Microbiological research***, 165(6), 496-504.

Pandey, DK, Tripathi, NN, Tripathi, RD & Dixit, SN.(1982). Fungitoxic and phytotoxic properties of essential oil of Hyptis suaveolens. ***Pflanzenkrankheid Pflanzenschutz***, 89,344-349.

Perumal, P.& Wheeler, M.(1997). Traditional practices for the control of insects in India. ***V&A Conservation Journal***, 23, 8–9.

Qasem, J. R. (1996). Fungicidal activity of Ranunculus asiaticus and other weeds against Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici. ***Annals of applied biology***, 128(3), 533-540.

Rakotonirainy, M. S., & Lavédrine, B. (2005). Screening for antifungal activity of essential oils and related compounds to control the biocontamination in libraries and archives storage areas. International biodeterioration & biodegradation, 55(2), 141-147.

Riviere, J. E., Craigmill, A. L., & Sundlof, S. F. (1991). Handbook of comparative pharmacokinetics and residues of veterinary antimicrobials. ***Handbook of comparative pharmacokinetics and residues of veterinary antimicrobials.***

Roberts, M. F. (Ed.). (2013). ***Alkaloids: biochemistry, ecology, and medicinal applications***. Springer Science & Business Media.

Roller, S., Seedhar, P. (2002). Carvacrol and cinnamic acid inhibit microbial growth in fresh-cut melon and kiwifruit at 4° and 8° C. ***Letters in Applied Microbiology***, 35(5), 390-394.

Seegal, B. C., & Holden, M. (1945). The antibiotic activity of extracts of Ranunculaceae. ***Science***, 101(2625), 413-414.

Stupar, M., GrbiŠ M. L., DžamiŠ A., UnkoviŠ N., RistiŠ M., JelikiŠ A., & VukojeviŠ J. (2014). Antifungal activity of selected essential oils and biocide benzalkonium chloride against the fungi isolated from cultural heritage objects. ***South African Journal of Botany***, 93, 118-124..

TAPPI T 529 om-99,(1999). Hydrogen Ion Concentration (pH) of Paper Extracts (Cold Extraction Method). Technical Association of the Pulp and Paper Industry, Atlanta.

TAPPI TIS 0804-04,1996. determination of instrumental color differences . Technical Association of the Pulp and Paper Industry, Atlanta.

Terzioglu, S., Yasar, A., Yayli, N., Yilmaz, N., Karaoglu, S., & Yayli, N. (2008). Antimicrobial activity and essential oil compositions of two Ranunculus species from Turkey: R. constantinopolitanus and R. arvensis. ***Asian Journal of Chemistry***, 20(4), 3277.

Tringali, C. (2003). ***Bioactive compounds from natural sources: isolation, Characterization and biological properties***. CRC Press.

Zabka, M., Pavela, R., & Gabrielova-Slezakova, L. (2011). Promising antifungal effect of some euro-asiatic plants against dangerous pathogenic and toxinogenic fungi. ***Journal of the Science of Food and Agriculture***, 91(3), 492-497.