تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۱۲/۱۵
تاریخ پذیرش نهایی: ۹۷/۶/۲۴

ارتقاء محافظت فرش‌های پشمی در برابر گونه‌های *Tineola bisselliella* با استفاده از نانوذرات‌نقره و شبکه‌ای‌ساز دوستدار محیط‌زیست به‌همراه تحلیل آماری RSM*

بهناز برجسته
کارشناس ارشد مرمت آثار، دانشکده هنر و معماری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
علی نظری (نویسنده مسئول)
دانشیار گروه طراحی پارچه و لباس، دانشکده هنر و معماری، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران
E-mail: a.nazari@iauyazd.ac.ir
مهدی دهقانی زاهدانی
استادیارگروه کشاورزی، واحد یزد، دانشگاه آزاد اسلامی، یزد، ایران

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷
۱۴۵

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

چکیده

محصولات ارزشمند پشمی همچون فرش دارای ویژگی‌های عالی نظیر استحکام بالا، بازگشت‌پذیری، رنگ‌پذیری، حبس هوا بوده و به‌راحتی قابل‌استفاده است. اما این الیاف، محدودیت تخریب و تغذیه توسط گونه‌های هضم‌کننده محصولات پشمی همچون Tin-eolla biselliella را دارا است. پژوهش حاضر به ارزیابی کارایی نانوذرات نقره به‌همراه ماده پایدارکننده اسیدسیتریک در محافظت[1] فرش‌های پشمی در برابر *T. bisselliella* از طریق زیست‌آزمون معتبر و کمی‌سازی میزان تغذیه نمونه‌های عمل‌شده می‌پردازد. برای این منظور، از روش آماری طرح مرکب‌مرکزی (CCD) برای طراحی آزمایشات و همچنین از روش رویه‌پاسخ (RSM) جهت تجزیه و تحلیل نتایج حاصله با استفاده از نرم‌افزار آماری دیزاین‌اکسپرت استفاده می‌شود. براین اساس فرش‌های پشمی با غلظت‌های مختلف نانوذرات‌نقره طی روزهای متفاوت، در مجاورت لاروهای *T. bisselliella* قرار گرفته و مقادیر کاهش وزن از طریق تغذیه انجام شده نسبت به نمونه شاهد

* این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد خانم بهنار برجسته با عنوان بهبود ویژگی ضدبید پارچه‌های پشمی تاریخی با استفاده از نانوذرات نقره در دانشکده هنر و معماری دانشگاه آزاد اسلامی واحد یزد با راهنمایی دکتر علی نظری و مشاوره دکتر مهدی دهقانی زاهدانی استخراج شده است.

به صورت کمی محاسبه و به‌صورت کمینه بهینه‌سازی و از لحاظ کیفی نیز ملاحظه می‌شـود. سپس از طریق تجزیه و تحلیل آماری، مدل‌های بهینه براساس متغیر وابسـته کاهش وزن نسبت به متغیرهای مستقل شامل مقادیر غلظـت نانونقره و همچنین روزهای مجاورت ارائه شده‌اند. همچنین حلالیت قلیایی[۲] به‌عنوان ویژگی مهم دیگر فرش‌های پشـمی مورد بررسی قرار گرفته اسـت. تصاویر چگونگی تغذیه در فرش‌های پشمی عمل شـده و شاهد با اسـتفاده از میکروسکوپ‌های نوری مجهز به دوربین دیجیتالی و الکترونی پویشـی و همچنین آنالیز عنصری فرش پشـمی بهینه از طریق طیف سـنجی انـرژی پراش‌پرتوایکـس جهت تایید حضور عنصر نقره، بحث شـده‌اند. نتایج این پژوهش نشـان می‌دهد که در شرایط بهینه شـامل استفاده از ٪ ۳/۰۷ نانوذرات‌نقـره و ٪ ۱۰/۰ مـاده شبکه‌سـاز و دوستدار محیط‌زیست اسیدسـیتریک و طی ۳۰ روز مجاورت فرش‌های پشمی با لاروهای *T. bisselliel-da*، کمینه مقادیر متغیرهای پاسخ شامل ٪ ۰/۰۹ کاهش وزن و ٪ ۳/۱۳ حلالیـت قلیایی و به‌عبارتی به‌صورت معنی داری، بالاترین ضدبید[۳] فرش‌های پشمی در برابر گونه *T. bisselliella* حاصل شده است.

کلیدواژه‌هـا: فرش پشـمی، نانوذرات‌نقـره، طرح مرکب مرکزی، روش رویه‌پاسخ، *T. bisselliella*

مقدمه

بیدها به‌عنـوان بخش عظیمی از حشـرات، خانواده بزرگی از بی‌مهرگان را تشـکیل می‌دهند که می‌توانند موجب بروز تهدیدات سـلامتی، زیسـت‌محیطی و درآمدی برای انسـان‌ها شـوند. همچنین، فرش‌های پشمی به‌عنوان یکی از محصولات ارزشمند صادراتی و دارای ارزش‌افزوده فراوانی اسـت و به‌عنوان بستر مناسـبی برای تغذیه، رشـد و تخم‌گـذاری لاروها محسوب می‌شود و از سـالیان گذشته، مبارزه با آنها به‌عنوان یکی از دغدغه‌های جدی انسـان‌ها به‌شمار می‌آمده است. مثلا اسـتفاده از نفتالین به‌عنوان یکی از ترکیبـات رایجی بوده که از گذشـته برای مبارزه با لاروهای تغذیه‌کننده محصولات فرشـی اسـتفاده می‌شـده است، اما هم اکنون به‌علت تایید و شناسایی مشکلات زیسـت‌محیطی ترکیباتی همچون نفتالین، اسـتفاده از آن محدود شده اسـت. لذا در سال‌های اخیر محققان سـعی نموده‌اند که بررسی‌های متنوعی در جهت محافظت محصولات پشـمی با استفاده از ترکیبـات و روش‌های جایگزین و مناسـب‌تر انجام دهند.

۲- مبانی نظری

فرش‌های پشـمی علی‌رغم ویژگی‌های ارزشـمندی همچون بازگشـت‌پذیری و رنگ‌پذیری مطلوب، در حین فرایند تولید تا مصرف از دیدگاه زیست‌محیطی دارای محدودیـت بـوده و اسـتعداد فراوانی برای تجزیه‌پذیری بیولوژیکی را دارا هسـتند (McCall & McNeil, 2007: 482; McNeil, Sunderland & Zaitseva, 2007: 220; Potting & Blok, 1995: 201).

با وجود ایـن، صنعت فرایندپذیـری فرش‌های پشمی نیز هم‌راستا با سایر صنایع، در جستجوی کاهش مشکلات زیست‌محیطی است. به‌عنوان مثال می‌توان پژوهش‌هایی که در آنها بـه کاهش مصرف انرژی و موادشیمیایی در فرایندپذیری کالای پشمی با استفاده از امواج فراصوت (Behzadnia, Montazer & Mahmoudi-Rad, 2015: 10; Harifi & Montazer, 2015: 1)، دی‌اکسـیدکربن فوق‌بحرانی (Sekar, 2005: 65)، آنزیم‌ها (Nazari, et al, 2014: 1081; Nazari, 2014: 620)، پوشش پلیمری (Sadeghi-Kiakhani & Safapour, 2015: 1019) و مـواد کمکی در رنگرزی پایدار از لحاظ زیسـت‌محیطی (Nallathambi et al, 2014: 1207) را نام برد.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

نانـــوذرات برای کاربردهای ویـــژه و متفاوتی در فرش‌های پشمی استفاده می‌شود. به‌عنوان مثال می‌توان به بهبود کارایی فرش به‌وسیله افزایش اصطکاک (Fu-jimoto et al, 2008: 253)، از بین رفتن فتوکاتالیستی لکه‌های شیمیایی رنگینه‌های مستقیم آبی ۷۱ (C.I. Direct blue 71) و دیسپرس قرمز ۱ (C.I. Disperse red 1) و طبیعی قهوه و شـــاه‌توت (Shirghol-ami, Nazari & Mirjalili, 2015: 905)، محافظت در برابر فرابنفـــش (Montazer & Pakdel, 2010: 255)، بهینه‌سازی ظرافت پشم ایجادشده براساس سنتز درجا نانوذرات‌نقـــره (Hosseinkhani et al, 2017: 175)، ارتقاء خواص استحکامی پشم از طریق برهم‌کنش نانو ذرات نقره و پروتئین پشم و سنتز همزمان نانوذرات‌نقره (Hosseinkhani, Montazer, & Harifi, 2016: 78)، رسانایی الکتریکی نانوذرات‌های مختلف کربن روی کالاهای پشـــمی در جهت بررسی اثرات متفاوت مواد دیســـپرس‌کننده و پیش‌عملیات‌هـــای مختلف (Na-feie-Yazdi et al, 2016: 81) را اشاره نمود.

در بخش محـــدود و مهمی از پژوهش‌ها ســـعی شده اســـت که ضرورت‌های زیســـت‌محیطی لحاظ شـــود و تلاش در جهت مقاوم‌سازی کالای پشمی در برابر حشـــرات مورد توجه قرار گرفته است. به‌عنوان مثال می‌توان ضد بید کردن پشـــم در برابر *A. verbsci* با اســـتفاده از نانوذرات تیتانیوم دی اکسید (Nazari, Montazer & Dehghani-Zahedani, 2013: 1365) و تحلیل آماری نتایـــج آن (Nazari et al, 2014: 74) و همچنین توســـط نانوذرات روی‌اکســـید (Nazari, Montazer & Dehghani-Zahedani, 2014: 4207) و عملیـــات همزمان محافظـــت در برابر *D. maculatus* و رنگرزی با اســـتفاده از نگینه‌های طبیعی روناس (Nazari, Montazer & Dehghani-Zahedani, 2014: 1675) و حنا و پوســـت‌گردو (Nazari, 2017: 755) را نـــام برد. همچنین در ســـال ۲۰۱۶، McNeil به‌همراه همکارش (McNeil & Sunderland, 2016: 843) اثرات ضد تغذیه‌ای نانوذرات تیتانیوم دی اکسید را بر روی یکی از گونه‌هـــای خظرناک و هضم‌کننده محصولات پشـــمی، یعنی لاروهای *T. bisselliella*، بررســـی و عملکرد آن را نســـبت به ماده تجاری La-nacare FPL مقایسه کرده‌اند و در سال ۲۰۱۷ (Sun-derland & McNeil, 2017: 1205) اثرپذیری دو گونه *A. australis* و *T. bisselliella* توســـط غلظت‌هـــای مختلف نانوذرات‌تیتانیوم‌دی‌اکســـید روی فرش‌های پشـــمی به‌صورت آماری تحلیل شـــده‌اند. آنچه که از مکانیســـم اثرگذاری نانوذرات دریافت شد، به جذب فیزیکـــی نانوذرات توســـط ترکیبات آلـــی چربی‌دار موجود در پوســـت حشـــره بوده که منجر به متلاشی شـــدن دیواره‌های نگهدارنده مایعات ضروری حشره به‌ویژه آب می‌شـــود و همین امر ســـبب از بین رفتن حشره از طریق خشکاندن آن می‌شود (Barik, Sahu & Swain, 2008: 253). به موازات گســـترش استفاده از نانوذرات در اکثـــر فرآورده‌ها و تولید محصولاتی همچون نســـاجی، لوازم آرایشی و بســـته‌بندی، نیاز ضـــروری و پراهمیتی در خصوص بررســـی خطرات تهدیدکننده ســـلامتی و ضرورت‌های زیست‌محیطی مربوط به نانوذرات احســـاس می‌شود (Nash, 2006: 35). به‌عنوان‌مثـــال می‌توان بـــه تاثیرگذاری نانوذرات تیتانیوم دی‌اکســـید هنگامی که تحت تابش فرابنفش قرار می‌گیرد و منجر به تولید رادیکال‌های بسیار فعال و آزاد می‌شود، اشاره کرد. به‌طوری‌که گونه‌های فعال ایجاد شده پتانســـیل بالایی جهت ایجاد آسیب برای بســـیاری از موقعیت‌ها را فراهم می‌کنند (Long et al, 2006: 4346).

پژوهش حاضر بـــه ارزیابی کارایی نانوذرات نقره به‌همراه ماده شبکه‌ای‌ســـاز و دوســـتدار محیط‌زیست اســـید ســـیتریک در محافظت از فرش‌های پشـــمی در برابـــر *T. bisselliella* به‌عنـــوان متداولتریـــن بید

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

هضم‌کننده محصولات پشـــمی از طریق زیست‌آزمون معتبر و تعیین اثرپذیری میزان تغذیه فرش‌های پشمی عمل شده نسبت به نمونه شاهد می‌پردازد. گونه *Tin-eola bisselliella* و مشـــهور به بیـــد لباس، به‌عنوان متداول‌ترین و از شناخته‌شـــده‌ترین آفت‌های جهانی محصولات ارزشـــمندی همچون فرش و البسه پشمی است (Ingham, McNeil & Sunderland, 2012: 33)، اما محافظت فرش پشمی عمل شده با نانوذرات نقره و ماده پایدارکننده سیتریک‌اسید در برابر *T. bisselliella*، تاکنون به‌صورت جامع و کمی گزارش نشـــده است. در این پژوهـــش از روش آماری طرح مرکب‌مرکزی)CCD(برای طراحی آزمایشـــات و همچنین از روش رویه‌پاســـخ)RSM(جهـــت تجزیـــه و تحلیل نتایج حاصله با اســـتفاده از نرم‌افزار آماری دیزاین‌اکسپرت استفاده می‌شـــود. برای این منظور فرش‌های پشمی با غلظت‌های متفـــاوت نانوذرات‌نقره (%۵/۰۰ –۱/۰۰) براســـاس حجم حمام)o.w.b(عمل‌شده و طی مدت زمان‌هـــای متفـــاوت (روز ۹۰–۳۰) در مجاورت *T. bisselliella* قـــرار گرفته و در ادامـــه به‌منظور انجام زیســـت‌آزمون، مقادیر کاهش وزن فرش‌های پشمی عمل‌شـــده از طریق میزان تغذیه‌های صورت پذیرفته، محاســـبه شده و نســـبت به نمونه‌های شاهد گزارش می‌شـــوند. ســـپس از طریق تجزیه و تحلیل آماری، مدل‌های بهینه براســـاس متغیر وابســـته کاهش وزن نسبت به متغیرهای مستقل شـــامل غلظت نانونقره و همچنین روزهای در مجاورت بـــا گونه‌های *T. bis-selliella* کسب می‌شوند. همچنین خاصیت حلالیت قلیایی فرش‌های پشـــمی عمل شده نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. ضمن این‌که به‌صورت کیفی نیز تصاویر چگونگی تغذیه فرش‌های پشمی عمل شده در شرایط بهینه و نمونه شاهد با اســـتفاده از میکروسکوپ‌های نوری مجهز به دوربین دیجیتالی و الکترونی پویشـــی و همچنین آنالیز عنصری توســـط طیف‌سنجی پراش انرژی پرتو ایکس جهت نشان دادن قرارگیری عنصر نقره روی فرش‌های پشمی استفاده می‌شود.

۳- بخش تجربی

۳-۱- مواد و وسایل مورد استفاده

مواد و ترکیبات مورد اســـتفاده در این پژوهش شامل فرش های پشـــمی با نمره نـــخ ۱۰/۵ متریک و دارای خاب ۱۲ میلی‌متر از شـــرکت مرینوس کشـــور ایران، سیتریک اســـید)C6H8O7.H2O(بـــا وزن مولکولی 210/14g/mol سدیم‌هیپوفســـفیت (NaH2PO2) H2O(با وزن مولکولی 105/99g/mol، سدیم‌کربنات)Na2CO3(بـــا وزن مولکولـــی 105/99g/mol، سدیم‌هیدروکســـید (NaOH) بـــا وزن مولکولی 40g/mol از شرکت Merck کشور آلمان، محلول کلوییدی نانوذرات نقره با متوســـط اندازه 20nm از شـــرکت پیشـــگامان نانومواد ایرانیان کشـــور ایران و دترجنت غیریونی تحت نام تجاری Rucogen DEN از شرکت Rudolf کشـــور آلمان تهیه شـــد. حمـــام فراصوت به‌منظـــور تعلیق مواد شـــیمیایی و نانـــوذرات نقره با مشـــخصات (40KHz,50W,200V)(از کشور چین، آون حرارتی از شـــرکت بهداد جهت خشک و تثبیت نمونه‌ها، هم‌چنین میکروســـکوپ الکترونی‌پویشـــی)SEM(مدل KYKY-EM 3200 ساخت کشور چین و دوربین دیجیتالی مدل Sony DSC-W100 ساخت کشور ژاپن برای مشاهده مورفولوژی سطح نمونه‌ها استفاده شده است.

۳-۲- روش کار

به‌منظـــور از بیـــن رفتن مـــواد آهـــاری و زائد از فرش‌های پشمی، براساس استفاده $2/0\ g/l$ دترجنت غیریونـــی، کربنات‌ســـدیم در دمـــای $60\ ^{\circ}C$ و طی مدت زمان $20\ min$ با L:R برابر با ۳۰:۱ انجام شد. ســـپس نمونه‌های شسته‌شـــده، آبکشی شدند و در

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

دمای اتاق خشـــک شدند. محلول‌های آبی از ترکیب سیتریک‌اسید با غلظت ثابت ۱۰/۰% (نسبت به حجم حمام: o.w.b) و سدیم‌هیپوفســـفیت با غلظت ۶/۰%)o.w.b(به‌وســـیله مقدار مورد نیـــاز از آب مقطر تهیه شـــدند. فرش‌های پشمی شســـته شده و خشک شده توســـط محلول تازه از سیتریک‌اسید به‌وسیله تکنیک اســـپری عمل شدند. ســـپس فرش‌های عمل‌شده در دمای ۸۵ C° و برای مدت ۵ min خشـــک و در ادامه در دمای ۱۵۰ C° و برای مدت ۳ min پخت شـــدند. فرش‌های عمل‌شـــده با آب داغ و سرد آبکشی و در انتها در دمای محیط خشک شدند. تعلیق دیسپرسیون تازه از غلظت‌های مختلـــف کلوییدی نانوذرات نقره در محیط آب‌مقطر (۵/۰۰% –۱/۰۰ براساس جدول ۱ و o.w.b) طی مدت زمان ۱۵ min در حمام فراصوت تهیه شدند. سپس فرش‌های پشمی عمل شده توسط سوسپانسیون آماده‌شده از نانوذرات‌نقره توسط تکنیک اســـپری عمل شـــدند. در دمای ۷۰ C° و برای مدت ۱۰min خشـــک و در ادامه در دمای ۱۲۰ C° و برای مدت ۵ min پخت شدند. در انتها فرش‌های پخت‌شده در محلول 0/75/g/l کربنات‌سدیم و1/5 g/L دترجنت غیریونی (Rucogen DEN) در حمام فراصوت با دمای ۶۰ C° و برای مدت ۱۰ min و به‌منظور جداســـازی نانوذراتی که پیوندی با فرش پشمی ندارند، شسته و در دمای محیط خشک شدند. به منظور یافتن شرایط بهینه و تعیین روابط بین متغیرهای مســـتقل و وابسته از طرح مرکب مرکزی اســـتفاده شده است. دو متغیر شـــامل مقادیر نانوذرات نقره (۵/۰۰% o.w.b –۱/۰۰) و زمـــان مجاورت برحســـب روز (۹۰–۳۰) به‌عنوان متغیرهای مستقل تحت بررسی قرار گرفتند. جزئیات طـــرح مرکب‌مرکزی برای مقادیر متغیرهای وابســـته شامل مقادیر ضدبید (درصد کاهش وزن) و حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی عمل‌شده در جدول ۱ آورده شده است. مقدار تخریب ایجاد شده بر فرش پشمی به عواملی همچون مرحله رشـــد لارو و میزان تغذیه بستگی دارد. لاروهای *T. bisselliella* از محل ماهان شهر کرمان و از شرکت پشم‌بافی جمع‌آوری و قبل از آزمایش به آن‌ها، تغذیه خورانده شد و پرورش یافتند (تصویر ۱).



تصویر ۱. لارو حشره *T. bisselliella* (نگارنده)

حشـــره *Tineolla bisselliella* متعلق به خانواده Tineidae هســـتند. این خانواده دارای بیش از ۲۰۰۰ گونه شـــناخته شـــده اســـت که اغلب آنها حشراتی همه‌جایی بـــوده و به محصولات انبـــاری، که دارای منشاء گیاهی یا جانوری باشند، حمله می‌کنند. لاروها به‌طورمعمول دارای رنگ روشنی بوده و به رنگ سفید خاکستری و پشـــت‌گلی تیره دیده می‌شوند. لاروهای این حشـــرات به‌وسیله تارهای ابریشمی و ذرات مواد غذایی که درست کرده‌اند، زندگی می‌کنند. گونه‌های این خانواده اغلب به‌هم شـــبیه بوده و به‌ســـادگی از یکدیگر تشخیص داده نمی‌شوند. گونه بیدلباس *Tin-eolla bisselliella*، یکی از آفات بســـیار شایع است. طول بدن حشـــره کامل ۱۲ و پهنای آن با بال‌های باز ۶ تا ۱۲ میلی‌متر اســـت. بال‌های جلویی به رنگ زرد روشـــن یکنواخت و بال‌های عقبی مایل به خاکستری بوده و در حاشـــیه بال‌ها دارای ریشک‌های بلند است. شفیره به رنگ قهوه‌ای مایل به زرد است (باقری‌زنوز،

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

۱۳۹۲: ٤٥٠).

۳-۳- ارزیابی‌ها

فرش‌های پشمی به اندازه ۵×۵ cm^2 بریده شده و در داخل محفظه‌های پلاستیکی به‌منظور ارزیابی کارایی مـــواد ضدبید قرار گرفتند. ۱۵ لارو از *T. bisselliella* برای هریک از آزمایشات با چهار مرتبه تکرار انتخاب شدند. لاروها در محفظه‌های پلاستیکی و در شرایط آزمایشگاهی قرار می‌گرفتند. همه پرورش لاروها در دمـــای ۲۵±۲ C°، R.H. ۲۶-۲۲ %، در دوره روزانه (۱٦ ســـاعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی در شرایط آزمایشگاهی) انجام شـــد. فرش شسته شده به‌عنوان نمونه شاهد استفاده شده است. ارزیابی ضدبید با لارو حشره *T. bisselliella* روی فرش‌های پشمی عمل‌شده با ارزیابی بصری و هم‌چنین فرایند اندازه‌گیری کاهش وزن براساس روش استاندارد ISO 1977-3998 انجام شـــد. کاهش وزن نمونه‌های عمل شـــده و هم‌چنین نمونه شاهد، طبق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$\Delta m = \frac{m_0 \times m_3}{m_2} - m_1 \qquad (۱)$$

که mo، وزن نمونه عمل‌شـــده یـــا کنترل قبل از درمعـــرض قـــرار گرفتـــن بـــا لارو، ۱ m وزن نمونه عمل‌شـــده یا کنترل بعد از درمعـــرض قرار گرفتن با لارو، ۲ m متوسط وزن اولیه رطوبت بازیافتی کنترل‌ها و ۳ m متوســـط وزن نهایی رطوبت بازیافتی کنترل‌ها است (Ki et al., 2007: 8021).

برای محاسبه حلالیت قلیایی، ۵/۰ gr از فرش‌های پشـــمی عمل شده در محتوی ظرفی حاوی ۱۰۰۰ ml سدیم‌هیدروکســـید ۰/۱ N در دمـــای ٦٥ C° و برای مدت یک‌ســـاعت تکان داده و از صافی عبور داده‌شد و چندین مرتبه با آب‌مقطر شسته و در دمای ۱۰۰ C° خشک شـــدند. زمانی‌که نمونه‌ها در دسیکاتور خنک شدند، کاهش وزن محاسبه و میزان حلالیت در محیط قلیایی محاســـبه شـــد (Montazer & Ramin, 2010: 98). میکروســـکوپ الکترونی‌پویشـــی (SEM) مدل KYKY-EM 3200 ســـاخت کشـــور چین و دوربین دیجیتالی مدل Sony DSC-W100 ســـاخت کشـــور ژاپن برای مشـــاهده مورفولوژی ســـطح الیاف پشمی شـــاهد و عمل‌شده با سیتریک‌اســـید و نانوذرات‌نقره با بزرگ‌نمایی 10, 000 × اســـتفاده شد. همچنین این دستگاه مجهز به طیف‌سنجی پراش‌انرژی‌پرتوایکس، ساخت شرکت آکسفورد کشور انگلستان است.

جدول ۱. مقادیر کاهش وزن و حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی براساس طراحی آماری آزمایشات، به روش طرح مرکب مرکزی (CCD) (نگارنده)

شماره آزمایش	نانوذرات‌نقره (٪)	زمان (روز)	کاهش وزن (٪)	حلالیت قلیایی (٪)
شاهد	۰/۰۰	۹۰	۳۱/۳۵	۱۰/۹۲
۱	۵/۰۰	۹۰	۱۲/۹۵	۸/۱۲
۲	۲/۰٦	۹۰	۲۰/۹۵	٦/۰۹
۳	۲/٤۷	٦۸	۱۱/۰٦	۵/۲۳
٤	۲/۰٦	۹۰	۲۰/۸٦	٦/۰٤
۵	۵/۰۰	۳۰	۱/۱۷	۷/۰۸

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

جدول ۱. مقادیر کاهش وزن و حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی براساس طراحی آماری آزمایشات، به روش طرح مرکب مرکزی (CCD) (نگارنده)

شماره آزمایش	نانوذرات‌نقره (٪)	زمان (روز)	کاهش وزن (٪)	حلالیت قلیایی (٪)
٦	١/٠٠	٧٠	٢١/١٢	٧/٤٥
٧	٥/٠٠	٦١	٧/٥٣	٧/٦٤
٨	١/٠٠	٧٠	٢١/٢٦	٧/٨٩
٩	١/٠٠	٣٠	١٠/٨٣	٦/٦٤
١٠	٥/٠٠	٣٠	١/٢٣	٦/٩٥
١١	٥/٠٠	٩٠	١٣/١١	٧/٩٧
١٢	١/٠٠	٣٠	١٠/٧٨	٦/٤٨
١٣	٣/٢٢	٥٦	١/٤٥	٤/٤٦
١٤	١/٨١	٥٣	١٦/٠٦	٥/٣٥
١٥	٣/٠٠	٣٠	٠/٩٢	٣/١٣
١٦	٣/٥٠	٧٧	١/٥٦	٤/٩٥

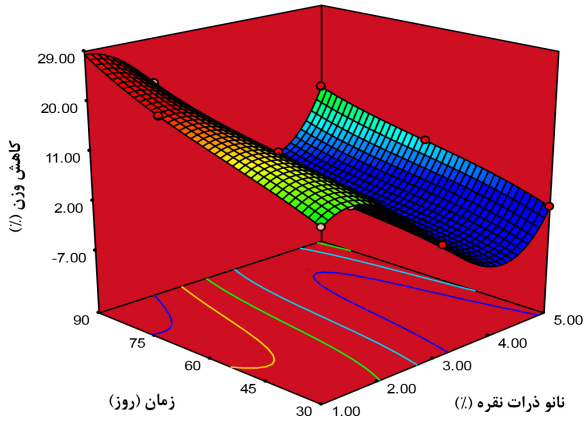
٤- نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقادیر کاهش وزن و حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی شاهد و عمل‌شده در جدول ۱ نشان داده شده است.

٤-١- خاصیت ضدبید

تاثیر نانوذرات نقره و مدت زمان برحسب تعداد روزهای مجاورت با لاروهای *T. bisselliella* روی کاهش وزن فرش‌های پشمی عمل‌شده و شاهد در جدول ۱ گزارش شده است. همان‌طور که در آزمایش‌های شماره ۱، ۲، ٤ و ۱۱ ملاحظه می‌شود، مقادیر کاهش وزن فرش‌های پشمی با افزایش غلظت نانوذرات نقره، کاهش می‌یابد. پایین‌ترین کاهش وزن (٪ ۰/۹۲) مربوط به فرش پشمی تهیه شده با آزمایش شماره ۱۵ است. این موضوع حکایت از مناسب بودن نانوذرات نقره به‌همراه سیتریک‌اسید به‌منظور جلوگیری از تغذیه فرش‌های پشمی توسط لاروهای *T. bisselliella* و بنابراین معرفی ترکیب نانوذرات نقره به‌همراه سیتریک‌اسید به‌عنوان عامل موثر ضدبید است. همچنین ترکیب مذکور، پتانسیل مطلوبی جهت جایگزینی آن با ترکیبات ضدبید متداول محصولات پشمی را دارا است. از جمله مواد ضدبید لاروهای *T. bisselliella*، می‌توان به ترکیبات حاوی آرسنیک اشاره کرد که سمیت خیلی زاید آن و به‌خصوص در هنگام تماس با بدن مشخص و تعیین شده است (Prakash, Banerjee & Parthasarathy, 1979: 147). از جمله ترکیبات متداول دیگر می‌توان به پرمترین با نام علمی [۳-(فنوکسی) فنیل] متیل ۳-(۲-۲-دی کلرو-اتنیل)-۲،۲- دی‌متیل سیکلوپورپان-۱-کربوکسیلات به‌عنوان یکی از معروف‌ترین ترکیبات موثر ضدبید برای کاهش آسیب‌پذیری از لاروهای لباس و سوسک‌های خورنده فرش‌های پشمی نظیر T. bisselliella اشاره کرد (Thomas et al., 2012: 2434). به‌طوری‌که پرمترین در سال ۱۹۷۳ به روش شیمیایی تهیه شده و به‌عنوان ترکیب موثر ضدبید محصولات پشمی از مقبولیت گسترده‌ای برخوردار است (Baser et al, 2003: 469). ایزومرهای سیس و ترانس پرمترین دارای خواص ضدبید بوده و سمیت آن شناخته شده است. اما میزان سمیت آن بستگی به

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]



تصویر ۲. منحنی سه‌بعدی مقادیر کاهش وزن فرش‌های پشمی توسط لاروهای *T. bisselliella* براساس دو متغیر غلظت نانوذرات نقره (%) و تعداد روز مجاورت (نگارنده)

نسبت میزان حضور آن دو ایزومر دارد (Cox, 1998: 14).

با مشاهده و مقایسه آزمایش‌های شماره ۱۰ و ۱۵ دریافت می‌شود که افزایش اضافی غلظت نانوذرات نقره روی مقادیر کاهش وزن فرش‌های پشمی، اثر منفی دارد. دلیل آن می‌تواند به تجمع نانوذرات نقره روی فرش‌های پشمی عمل شده و افزایش ابعاد آن و بنابراین کاهش کارایی نانوذرات در از بین بردن لاروهای *T. bisselliella* مربوط شود. همچنین غلظت نانوذرات نقره (٪ ۳/۰۰) در آزمایش شماره ۱۵ در مقایسه با غلظت نانوذرات نقره (٪۱/۰۰) در آزمایش شماره ۹، سبب کاهش وزن کمتر (۰/۹۲%) فرش پشمی تهیه شده توسط آزمایش شماره ۱۵ نسبت به کاهش وزن (۱۰/۸۳%) ایجاد شده توسط آزمایش شماره ۹ شده است. ضمن این‌که بایستی درنظر داشت که مقایسه و بررسی کارایی غلظت‌های نانوذرات نقره اشاره شده در جدول ۱ به انضمام استفاده از ٪۱۰/۰۰ ماده شبکه‌ای ساز سیتریک‌اسید است که می‌تواند نقش موثری در نگهداری و پایدارسازی نانوذرات نقره ایفاء کند. همچنین اخیرا، پایدارسازی موثر و مطلوب نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید توسط فرایند پلیمریزاسیون با ماده ۲-هیدروکسی اتیل‌کریلات (Yu et al, 2013: 3697)، مواد شبکه‌ای‌ساز و دوستدار محیط‌زیست سیتریک‌اسید (Nazari et al, 2014: 80) و بوتان‌تتراکربوکسیلیک‌اسید (Montazer & Seifollahzadeh, 2011: 322) روی محصولات نساجی و به‌خصوص پشمی گزارش شده است. بنابراین پلی‌کربوکسیلیک اسیدها و به‌ویژه ماده شبکه‌ای‌ساز سیتریک‌اسید علاوه بر این‌که به‌همراه نانوذرات‌نقره می‌تواند به ترکیب تخریب‌کننده لاروهای *T. bisselliella* به‌عنوان عامل ضدبید تبدیل شود، بلکه از پتانسیل بالایی در نگهداری و پایدارسازی نانوذرات نقره برخوردار است (Nazari, Montazer & Deh-ghani-Zahedani, 2013: 1369; Montazer, Pakdel & Moghadam, 2011: 10; Montazer & Seifollahzadeh, 2011: 880) متغیرمستقل دیگری که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت، مدت زمان‌های مختلف مجاورت لاروهای *T. bisselliella* با فرش‌های پشمی عمل شده و شاهد برحسب روز است. با سپری نمودن تعداد روزهای بیشتر

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

مجاورت *T. bisselliella* با فرش‌های پشـــمی، امکان تغذیه بیشتر فرش‌های پشمی توسط لاروهای *T. bis-selliella* فراهم و بنابراین کاهش وزن نمونه‌ها بیشتر می‌شـــود. به‌طوری‌که در آزمایش‌های شماره ۱، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شـــود با استفاده از غلظت ثابت ٪۵/۰۰ نانوذرات‌نقره و افزایش روزهای مجاورت در بازه زمانی ۳۰ تا ۹۰ روز، مقادیر کاهش وزن فرش‌های پشمی بیشتر می‌شود. دلیل آن می‌تواند ضمن این‌که به افزایش روزهای مجاورت و مناسب بودن زنجیره‌های پروتئینی فرش‌های پشـــمی برای تغذیه بیشـــتر آن‌ها توسط گونه‌های *T. bisselliella* مربوط باشد، می‌تواند به نامناســـب بودن غلظت ٪ ۵/۰۰ نانوذرات نقره نیز مربوط باشـــد. بـــه طوری‌که در آزمایش شـــماره ۱۵ کمترین کاهش وزن (٪ ۰/۹۲) و بیشـــترین خاصیت ضدبیـــد در برابر لاروهای خطرنـــاک *T. bisselliella* و هضم‌کننده البســـه و فرش‌های پشمی، براثر استفاده از غلظـــت مناســـب ٪ ۳/۰۰ نانوذرات‌نقره و ۳۰ روز مجاورت حاصل شـــده است که حتی کمتر از ٪۱/۰۰ اســـت. همچنین در شکل شـــماره ۲، اثر همزمان دو متغیر غلظت نانوذرات نقره و تعداد روزهای مجاورت فرش‌های پشمی با لاروهای *T. bisselliella* بر پاسخ (مقادیر کاهش وزن) به‌وسیله ترسیم منحنی سه‌بعدی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

تعداد ۱۶ آزمایش مطابق طـــرح مرکب‌مرکزی با درنظر گرفتن دو متغیر شامل غلظت نانوذرات نقره (٪) و تعداد روزهای مجاورت (برحســـب روز) به‌عنوان متغیرهای‌مستقل و مقادیر کاهش وزن (٪) نمونه‌های پشمی عمل‌شده به‌عنوان متغیرپاسخ در جدول ۱ آورده شده اســـت. آنالیزواریانس برای هر سطح پاسخ با در نظر گرفتن ســـطوح معنی‌دار انجام شده است (جدول ۲). چنانچه مقادیر احتمال P برای یک مدل درجه سوم کمتر از ۰/۱، ۰/۰۵ و ۰/۰۱ باشد، آنگاه به ترتیب مدل حاصله با استفاده از سطوح ۱۰%، ۵% و ۱% معنی‌دار است (Nazari, Montazer & Dehghani-Zahedani, 2014: 4211).

جدول ۲. آنالیزواریانس برای سطح پاسخ (کاهش وزن) توسط نمونه‌های پشمی عمل‌شده (نگارنده)

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	احتمال F	احتمال P
مدل	۹۲۳/۰۳	۹	۱۰۲/۵۶	۲۵۸۵/۲۰	<۰/۰۰۰۱
نانوذرات‌نقره: A	۹۵/۵۰	۱	۹۵/۵۰	۲۴۰۷/۳۰	<۰/۰۰۰۱
زمان: B	۱/۴۲	۱	۱/۴۲	۳۵/۷۲	۰/۰۰۱۰
AB	۶/۰۶	۱	۶/۰۶	۱۵۲/۸۰	<۰/۰۰۰۱
A^2	۱۵۸/۵۲	۱	۱۵۸/۵۲	۳۹۹۵/۸۸	<۰/۰۰۰۱
B^2	۰/۴۴	۱	۰/۴۴	۱۱/۰۹	۰/۰۱۵۸
A^2B	۱۰/۲۷	۱	۱۰/۲۷	۲۵۸/۹۶	<۰/۰۰۰۱
AB^2	۰/۴۰	۱	۰/۴۰	۱۰/۱۲	۰/۰۱۹۰
A^3	۴۴/۲۷	۱	۴۴/۲۷	۱۱۱۶/۰۱	<۰/۰۰۰۱
B^3	۰/۲۷	۱	۰/۲۷	۶/۷۲	۰/۰۴۱۱
باقیمانده	۰/۲۴	۶	۰/۰۴۰		
عدم تطابق	۰/۲۱	۱	۰/۲۱	۳۵/۰۷	۰/۰۰۲۰
خطای کل	۰/۰۳۰	۵	۵/۹۴۰E-۰۰۳		
کل	۹۲۳/۲۶	۱۵			

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

جهت کسب مدل حاصل برای کاهش وزن ایجاد شده برای نمونه‌های پشمی عمل‌شده با روزهای متفاوت توسط لاروهای *T. bisselliella* که با غلظت‌های مختلف نانوذرات‌نقره و عمل شده است، احتمال F برابر با ۲۵۸۵/۲۰ شده است. در این حالت با توجه به آنالیزواریانس انجام‌شده، مدل حاصل در سطح ۱% یا با سطح اطمینان ۹۹% در دامنه موردنظر ، معنی‌دار بوده و توسط B۳ اثرگذاری کمتری بر مقادیر کاهش وزن نسبت به سایر ضرایب ایجاد می شود. همچنین، رابطه بین متغیرها و پاسخ براساس دو متغیر مستقل برای مقادیر کاهش وزن طبق رابطه (۲) به‌دست آمده است.

$$\text{کاهش وزن (٪)} = -28/20 + 41/53\times A + 0/75\times B - 0/16\times A\times B - 17/84\times A^2 - 7/00E\text{-}003\times B^2 + 0/03\times A^2\times B - 3/42E\text{-}004\times A\times B^2 + 2/03\times A^3 + 4/72E\text{-}005\times B^3 \quad (۲)$$

٤-۲- حلالیت قلیایی

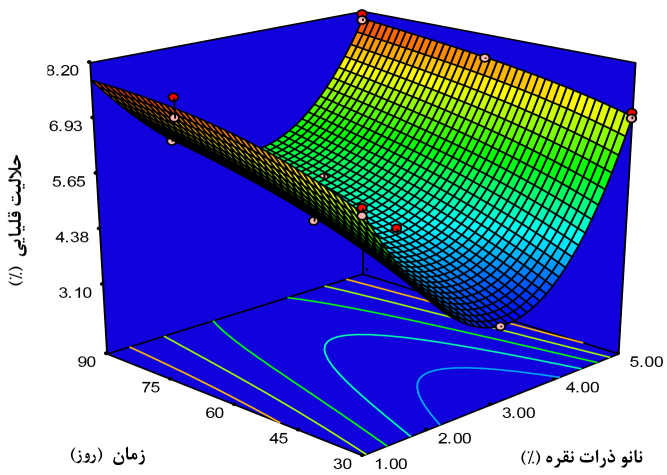
مقادیر حلالیت قلیایی متأثر از غلظت نانوذرات‌نقره و مدت زمان مجاورت فرش‌های پشمی عمل‌شده و شاهد در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌طور که در تمامی آزمایش‌ها مشاهده می‌شود مقادیر حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی عمل شده نسبت به نمونه شاهد، کاهش یافته است. دلیل این مطلب به عمل‌آوری فرش‌های پشمی با نانوذرات نقره به‌همراه سیتریک‌اسید مربوط می‌شود. به‌عبارتی، روش متداول اسپری نمودن فرش‌های پشمی ارائه شده در این پژوهش توانسته است محدودیت حساسیت کالای پشمی در محیط قلیایی را تا حد زیادی رفع نماید. با توجه به بررسی‌های انجام شده توسط تانگ به‌همراه همکارانش در سال ۲۰۱۳، حضور نانوذرات‌نقره می‌تواند برهم کنش‌های الکترواستاتیک را در بین زنجیره های پروتئینی پشمی را افزایش دهد (Tang et al., 2013: 4556). پایین‌ترین حلالیت قلیایی (٪ 3/13) مربوط به فرش پشمی تهیه شده با ٪ ۳/۰۰ نانوذرات‌نقره (آزمایش شماره ۱۵) است. این موضوع دلالت بر مناسب بودن نسبت غلظت‌های سیتریک‌اسید و نانوذرات‌نقره در ایجاد پوشش روی الیاف پشمی دارد. همان‌طور که در آزمایش‌های شماره ۱، ۲، ٤ و ۱۱ ملاحظه می‌شود، مقادیر حلالیت قلیایی با افزایش غلظت نانوذرات نقره، افزایش می‌یابد. دلیل آن می‌تواند به تجمع نانوذرات نقره روی فرش‌های پشمی و در نتیجه کاهش کارایی نانوذرات نقره در ایجاد برهم کنش الکترواستاتیکی با زنجیره‌های پروتئینی مربوط شود. همچنین، بالاترین حلالیت قلیایی (٪ ۸/۱۲) مربوط به فرش پشمی تهیه شده با ٪ ۵/۰۰ نانوذرات‌نقره و ۹۰ روز مجاورت (آزمایش شماره ۱) است. اگرچه حلالیت قلیایی ٪ ۸/۱۲ نسبت به نمونه شاهد (٪ ۱۰/۹۲) کاهش یافته است و اندکی مشکل حساسیت نمونه پشمی نسبت به محیط قلیایی رفع شده است، اما این مقدار از حلالیت قلیایی نسبت به مقادیر سایر فرش‌های پشمی عمل شده (جدول ۱) بیشتر است. دلیل آن می‌تواند به تجمع نانو ذرات نقره روی فرش‌های پشمی عمل‌شده و افزایش ابعاد آن و بنابراین کاهش کارایی نانوذرات مربوط باشد. همچنین تاثیر مدت زمان‌های مختلف مجاورت لاروهای *T. bisselliella* با فرش‌های پشمی عمل‌شده و شاهد بر حلالیت قلیایی نیز بررسی شده است. با سپری نمودن تعداد روزهای بیشتر مجاورت *T. bisselliella*، امکان تغذیه بیشتر فرش‌های پشمی توسط لاروهای *T. bisselliella* فراهم شده و بنابراین حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی عمل شده، بیشتر میشود. به‌طوری‌که در آزمایش‌های شماره ۱، ۵، ۷، ۱۰ و ۱۱ مشاهده می‌شود در غلظت ثابت ٪ ۵/۰۰ نانوذرات‌نقره و افزایش روزهای مجاورت در دامنه ۳۰ تا ۹۰ روز، مقادیر حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی بیشتر شده است. دلیل آن می تواند با افزایش روزهای

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

مجاورت و بنابراین ضعیف شدن الیاف پشمی در اثر تغذیه بیشتر توسط لاروهای *T. bisselliella* مرتبط باشد. همچنین در تصویر شماره ۳، مقادیر حلالیت قلیایی متأثر از دو متغیر غلظت نانوذرات نقره و تعداد روزهای مجاورت فرش‌های پشمی به‌وسیله ترسیم منحنی سه‌بعدی نشان داده شده است.

در جدول ۱، تعداد ۱۶ آزمایش مطابق روش



تصویر ۳. منحنی سه‌بعدی مقادیر حلالیت قلیایی فرش‌های پشمی براساس دو متغیر غلظت نانوذرات نقره (٪) و تعداد روز مجاورت (نگارنده)

جدول ۳. آنالیز واریانس برای سطح پاسخ (حلالیت قلیایی) توسط نمونه‌های پشمی عمل‌شده (نگارنده)

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	احتمال F	احتمال P
مدل	۳۰/۰۹	۹	۳/۳٤	۹۱/۲۹	<۰/۰۰۰۱
نانوذرات‌نقره: A	۰/۰۳۸	۱	۰/۰۳۸	۱/۰٤	۰/۳٤٦۲
زمان: B	۰/۲۳	۱	۰/۲۳	٦/۲۲	۰/۰٤٦۹
AB	۰/۰۱۰	۱	۰/۰۱۰	۰/۲۸	۰/٦۱۳۲
A^2	۲۰/۲٥	۱	۲۰/۲٥	٥٥۲/۷۹	<۰/۰۰۰۱
B^2	۰/۱٤	۱	۰/۱٤	۳/۸۱	۰/۰۹۸۷
A^2B	۰/۲٤	۱	۰/۲٤	٦/٦۷	۰/۰٤۱۷
AB^2	۰/۰۱۲	۱	۰/۰۱۲	۰/۳۲	۰/٥۹٤٥
A^3	۰/۰٤۳	۱	۰/۰٤۳	۱/۱۸	۰/۳۱۸۸
B^3	٤/۷۲۲E-۰۰٤	۱	٤/۷۲۲E-۰۰٤	۰/۰۱۳	۰/۹۱۳۳
باقیمانده	۰/۲۲	٦	۰/۰۳۷		
عدم تطابق	۰/۰۸۹	۱	۰/۰۸۹	۳/٤۲	۰/۱۲۳۸
خطای کل	۰/۱۳	٥	۰/۰۲٦		
کل	۳۰/۳۱	۱٥			

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

آماری طـــرح مرکب مرکزی با درنظر گرفتن دو متغیر شـــامل غلظت نانوذرات نقـــره (٪) و تعداد روزهای مجاورت (برحسب روز) به‌عنوان متغیرهای‌مستقل و مقادیر حلالیت قلیایی به‌عنوان متغیرپاسخ آورده شده است. آنالیزواریانس به‌منظور بررسی معنی‌داری مدل حاصله و هریک از متغیرهای پژوهش انجام شده است (جدول ۳).

به‌منظور کسب مدل حاصله برای مقادیر حلالیت قلیایی نمونه‌های پشـــمی عمل‌شـــده بـــا غلظت‌های مختلف نانوذرات نقره و روزهای متفاوت مجاورت، احتمال F برابر با ۹۱/۲۹ شـــده اســـت. در این حالت با توجه به آنالیزواریانس انجام شـــده، مدل حاصل در سطح ۱% یا با سطح اطمینان ۹۹% معنی‌دار بوده و در ادامه نیز توسط B،A۲ ، B۲ و A۲B اثرگذاری بیشتری بر مقادیر حلالیت قلیایی نسبت به A۳ ، A، AB،AB۲ و B۳ ایجاد می‌شـــود. همچنین، رابطه بین متغیرها و پاسخ براســـاس دو متغیرمستقل برای مقادیر حلالیت قلیایی طبق رابطه (۳) به‌دست آمده است.

=حلالیت قلیایی (٪)

$$+ 49/8- 46/4\times A + 0/07 \times B + 0/02 \times A\times B + 0/46 \times A^2 - 7/98E\text{-}004\times B^2 - 4/45E\text{-}003\times A^2 \times B + 5/80E\text{-}005 \times A \times B^2 + 0/06 \times A^3 + 1/99E\text{-}006 \times B^3 \quad (۳)$$

براساس نتایج به‌دست‌آمده در طرح مرکب‌مرکزی و اســـتفاده از نرم‌افـــزار دیزاین‌اکســـپرت و آنالیـــز آماری توســـط روش رویه‌پاسخ، شـــرایط بهینه برای متغیرهای‌پاسخ مقادیر کاهش وزن ٪ ۰/۰۹ و حلالیت قلیایی ٪ ۳/۱۳، براساس دو متغیر غلظت نانوذرات‌نقره و تعداد روزهای مجاورت فرش‌های پشمی با لاروهای *T. bisselliella* شامل استفاده از ٪ ۳/۰۷ نانوذرات‌نقره و ۳۰ روز مجاورت محاســـبه شـــده و میزان مطلوب بودن نتایج نیز برابر با ۰/۹۹۷ ارائه شده است.

٤-۳- تصاویر میکروسکوپ نوری و الکترونی‌پویشی

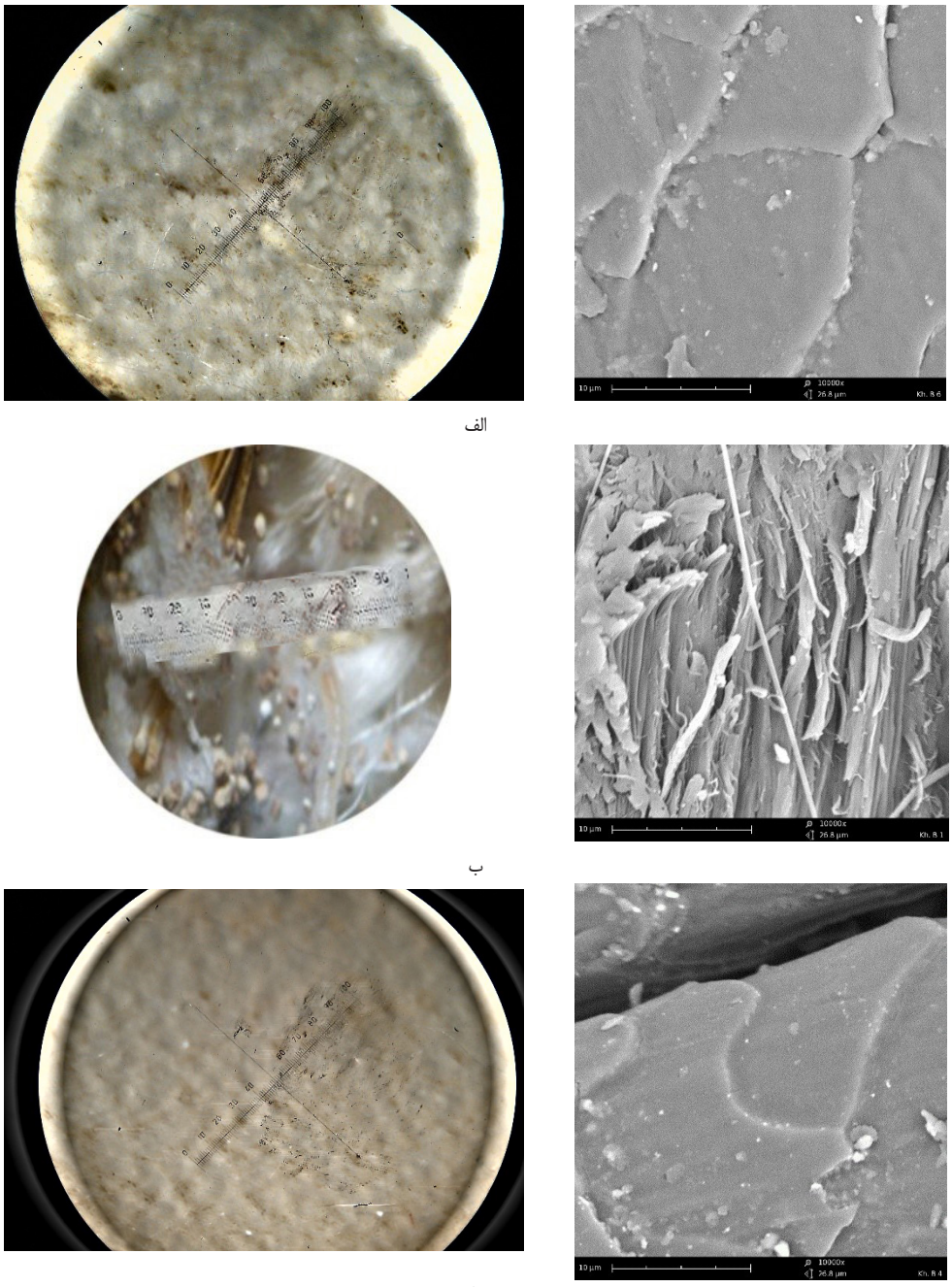
برای مشـــاهده چگونگی تغذیه الیاف پشـــمی شاهد و عمل‌شده در شـــرایط بهینه از میکروسکوپ‌نوری و الکترونی‌پویشی اســـتفاده شد. در شکل ٤، تصاویر الیاف پشـــمی (الف) قبل از مجاورت با لاروهای *T. bisselliella*، (ب) شـــاهد، (ج) عمل‌شده در شرایط بهینه نشان داده شده است.

همان‌طور که در تصویر ٤- الف مشاهده می‌شود، فلس‌های طبیعی الیاف پشـــمی قبـــل از مجاورت با لاروهـــای *T. bisselliella* حضور دارند و تغییری در آن به‌وجود نیامده است. اما در الیاف پشمی شاهد که تکمیل شیمیایی روی آن انجام نشده است (تصویر ٤- ب)، شکل ظاهری سطح الیاف پشمی بعد از ۹۰ روز مجاورت با لاروهای با *T. bisselliella* متلاشـــی شده و براســـاس نتایج حاصله از جدول ۱، مقدار ٪۳۱/۳۵ کاهش وزن برای فرش پشـــمی شـــاهد به‌وجود آمده اســـت. به‌عبارتی، تقریباً یک‌سوم فرش پشمی شاهد طی ۹۰ روز توســـط لاروهای *T. bisselliella* تغذیه شـــده و این امر از مطلوب بودن زنجیره‌های پروتئینی پشـــمی برای تغذیه لاروهـــای *T. bisselliella* دلالت دارد. همچنین تصویر فرش پشمی عمل‌شده در شرایط بهینه (تصویر ٤- ج) حاکی از مطلوب بودن عملیات نانو تکمیل شـــیمیایی با نانوذرات‌نقره و سیتریک‌اسید در محافظت فرش پشـــمی در برابر گونه های مخرب و هضم‌کننده *T. bisselliella* دارد. به‌طوری‌که استفاده از روش متداول اســـپری نمودن در عمل‌آوری فرش پشـــمی بـــا ٪ ۳/۰۷ نانوذرات‌نقره به‌همـــراه ٪۱۰/۰۰ سیتریک‌اسید، توانســـته کمترین آسیب را روی فرش پشـــمی منجر شود و حتی بعد از ســـپری نمودن ۳۰ روز مجـــاورت با لاروهـــای *T. bisselliella* تغییرات غیرمحسوســـی در شکل ظاهری و سطح الیاف پشمی ایجاد نموده است.

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]



الف

ب

ج

تصویر ۴. تصاویر میکروسکوپ‌نوری و الکترونی‌پویشی با بزرگ‌نمایی10/000× فرش‌های پشمی (الف) قبل از مجاورت با لاروها *T. bisselliella*، (ب) شاهد، (ج) عمل‌شده در شرایط بهینه حاوی ٪ ۳/۰۷ نانوذرات نقره و ۳۰ روز مجاورت با لاروهای *T. bisselliella* (نگارنده)

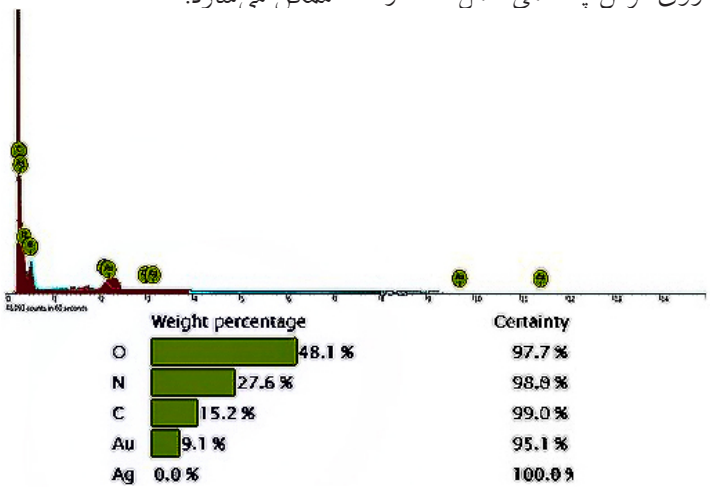
گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]

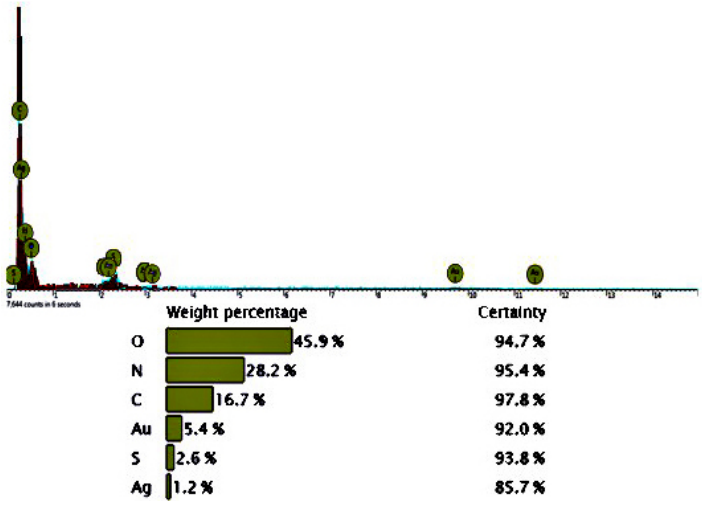
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

٤-٤- طیف‌سنجی پراش‌انرژی‌پرتوایکس

برای مشخص‌شـــدن عناصر موجود در فرش پشمی شـــاهد و عمل‌شده در شـــرایط بهینه از طیف‌سنجی پراش‌انرژی‌پرتوایکس اســـتفاده شـــده که در تصویر ۵ (الف و ب) نشـــان داده شـــده اســـت. از تکنیک طیف‌سنجی پراش‌انرژی‌پرتوایکس به‌منظور تأییدکننده حضور عنصر نقره روی فرش پشـــمی عمل‌شده در شـــرایط بهینه حاوی ٪۳/۰۷ نانوذرات‌نقره و ٪۱۰/۰۰ سیتریک‌اســـید (تصویر ۵- ب) در مقایســـه با نمونه شـــاهد (تصویر ۵- الف) استفاده شده است. تکنیک مذکور براســـاس این اصل است که هر عنصر دارای یک ســـاختار اتمی منحصربه‌فرد اســـت که مجموعه منحصربه‌فـــردی از پیک‌ها را در طیف پرتوایکس آن، ممکن می‌سازد.



الف



ب

تصویر ۵. طیف‌سنجی پراش‌انرژی‌پرتوایکس فرش‌های پشمی (الف) شاهد و (ب) عمل‌شده در شرایط بهینه حاوی ٪ ۳/۰۷ نانوذرات‌نقره و ۳۰ روز مجاورت با لاروهای T. bisselliella (نگارنده)

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

نتیجه‌گیری

این پژوهش به‌منظور ایجاد محافظت برای فرش‌های پشمی در برابر لاروهای خطرناک و خورنده *T. bis-selliella* با ترکیبات نانوذرات‌نقره و ماده دوستدار محیط‌زیست و شبکه‌ای‌ساز سیتریک‌اسید انجام شد. الیاف طبیعی پشمی در محصولات ارزشمندی همچون فرش‌ها و گلیم‌های دستبافت کاربرد فراوان دارد. بنابراین ضدبید کردن آنها با ترکیباتی غیر از مواد مشکل‌ساز نظیر پرمترین، نفتایل و آرسنیک‌دار از اهمیت فراوانی برخوردار است. این مطلب با توجه به سایر ویژگی‌های منحصربه‌فرد پشم نظیر بازگشت‌پذیری و جذب رنگ بالا، ارزش عملیات ضدبید با رعایت ضروریات زیست‌محیطی را دوچندان می‌کند. در اجرای این پژوهش، از طراحی آماری آزمایشات به روش طرح مرکب‌مرکزی به‌منظور کاهش تعداد آزمایشات، بهینه کردن مصرف نانوذرات‌نقره، کمینه‌سازی متغیرهای کاهش وزن و حلالیت قلیایی استفاده شد. به‌طوری‌که داده‌های حاصل از طراحی آزمایشات، با تکنیک روش رویه‌پاسخ (RSM) تحلیل و مدل‌های درجه سوم برای متغیرهای‌وابسته شامل کاهش وزن و حلالیت قلیایی حاصل شد. ضمن این‌که هر یک از مدل‌ها با توجه به آنالیزواریانس انجام شده، در سطح ۱% یا با سطح اطمینان ۹۹% معنی‌دار بودند و در ادامه نیز جملات تشکیل‌دهنده مدل‌ها، اثرگذاری معنی‌داری بر مدل‌های آماری حاصله داشتند. شرایط بهینه شامل استفاده از ۳/۰۷٪ نانوذرات‌نقره و ۳۰ روز مجاورت فرش پشمی با لاروهای *T. bissel-liella* و متغیرهای‌پاسخ به‌صورت ۰/۰۹ ٪ کاهش وزن و ۳/۱۳ ٪ حلالیت قلیایی کسب شد. تصاویر میکروسکوپی‌نوری و الکترونی‌پویشی مؤید این مطلب هستند که فرش پشمی عمل‌شده در شرایط بهینه نسبت به نمونه شاهد که آسیب‌های مهلک و ظاهری فراوان داشته‌اند از محافظت بالایی در برابر لاروهای *T. bisselliella* برخوردار شده است. ضمن این‌که تکنیک طیف‌سنجی پراش‌انرژی‌پرتوایکس نیز حضور عنصر نقره روی فرش پشمی عمل‌شده در شرایط بهینه را تایید کرد. استراتژی مطرح در این پژوهش که به‌صورت موفقیت‌آمیزی دنبال شد، شامل جایگزینی نانوذرات و ماده دوستدار محیط‌زیست سیتریک‌اسید با عملیات‌های ضدبید سمی مرسوم با بهره‌مندی از روش آماری طرح مرکب‌مرکزی و تحلیل رویه‌پاسخ به‌منظور جلوگیری از هدر رفتن زمان، مواد و انرژی به‌منظور حفاظت فرش‌های گران‌بهای پشمی در برابر گونه‌های خطرناک و نابودکننده محصولات پشمی (T. bisselliella) بوده است.

پی‌نوشت‌ها

1- Protection
2- Alkaline solubility
3- Mothproofing

گلجام
دوفصلنامه
علمی - پژوهشی
انجمن علمی
فرش ایران
شماره ۳۳
بهار و تابستان ۱۳۹۷

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

فهرست منابع

- باقری‌زنوز، ابراهیم (۱۳۹۲)، آفات و عوامل زیان‌آور انباری و مدیریت کنترل آنها: بیواکولوژی حشـــرات، کنه‌ها و میکروارگانیســـم‌ها، تهران: انتشارات دانشگاه تهران
- Barik, T.K., Sahu, B., & Swain, V. (2008). Nanosilica from medicine to pest control. Parasitology Research, 103(2), 253–258.
- Baser, S., Erkoc, F., Selvi, M., & Kocak, O. (2003). Investigation of acute toxicity of permethrin on guppies Poecilia reticulate. Chemosphere, 51 (6), 469–474.
- Behzadnia, A., Montazer, M., & Mahmoudi-Rad, M. (2015). Simultaneous sonosynthesis and sonofabrication of N-doped ZnO/TiO2 core–shell nanocomposite on wool fabric: Introducing various properties specially nano photo-bleaching. Ultrasonics Sonochemistry, 27, 10- 21.
- Cox, C. (1998). Insecticide fact sheet: Permethrin. Journal of Pesticide Reform, 18 (2), 14–20.
- Fujimoto, T., Sunderland, M.R., Tandon, S.K., Asano, C.M., Asano, A., Murata, C., & Fukuyama, H. (2008). Measurement of surface property using a special sensor developed for pile materials. Indian Journal of Fibre and Textile Research, 33, 253–257.
- Harifi, T., & Montazer, M. (2015). A review on textile sonoprocessing: A special focus on sonosynthesisof nanomaterials on textile substrates. Ultrasonics Sonochemistry, 23, 1– 10.
- Hosseinkhani, M., Montazer, M., Eskandarnejhad, S., & Harifi, T. (2017). Optimization of wool slenderizing along with in-situ synthesis of silver nanoparticles using Box–Behnken design. Journal of Natural Fibers, 14 (2), 175- 184.
- Hosseinkhani, M., Montazer, M., & Harifi, T. (2016). Protein and silver nitrate interaction during finer wool production: enhancing tensile properties along with synthesis of nano silver. Journal of The Textile Institute, 108(1), 78– 83.
- Ingham, P.E., McNeil, S.J., & Sunderland, M.R. (2012). Functional finishes for wool–Eco considerations. Advanced Materials Research, 441, 33–43.
- Ki, H.Y., Kim, J.H., Kwon, S.C., & Jeong, S.H. (2007). A study on multifunctional wool textiles treated with nano-sized silver. Journal of Materials Science, 42(19), 8020–8024.
- Long, T.C., Saleh, N., Tilton, R.D., Lowry, G.V., & Veronesi, B. (2006). Titanium dioxide (P25) produces reactive oxygen species in immortalized brain microglia. Environmental Science and Technology, 40 (14), 4346–4352.
- McCall, R.A., & McNeil, S.J. (2007). Comparison of the energy, time and water usage required for maintaining carpets and hard floors. Indoor Built Environ, 16 (5) 482–486.
- McNeil, S.J., & Sunderland, M.R. (2016). The nanocidal and antifeedant activities of titanium dioxide desiccant toward wool-digesting Tineola bisselliella moth larvae. Clean Technologies and Environmental Policy, 18 (3), 843-852.
- McNeil, S.J., Sunderland, M.R., ,& Zaitseva, L.I. (2007). Closed-loop wool carpet recycling. Resour Conserv Recycl, 51(1), 220–224.
- Montazer, M., Pakdel, E., & Moghadam, M.B. (2011) The role of nano colloid of TiO2 and butane tetra carboxylic acid on the alkali solubility and hydrophilicity of proteinous fibers. Colloids and Surfaces A Physicochemical and Engineering, 375(1-3), 1−11.
- Montazer, M., & Pakdel, E. (2010). Reducing photoyellowing of wool using nano TiO2. Photochemistry and Photobiology, 86(2), 255–260.
- Montazer, & M., Ramin, A. (2010). Influences of proteases and transglutaminases on wool. Fibres & Textiles in Eastern Europe, 2 (79), 98–102.
- Montazer, M., & Seifollahzadeh, S. (2011). Enhanced self-cleaning, antibacterial and UV protection proper-

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

ties of nano TiO2 treated textile through enzymatic pretreatment. Photochemistry And .Photobiology, 87 (4), 877−883.
- Montazer, M., & Seifollahzadeh, S. (2011). Pretreatment of wool/polyester blended fabrics to enhance titanium dioxide nanoparticle adsorption and self-cleaning properties. Coloration Technology, 127(5), 322–327.
- Nafeie-Yazdi, N., Montazer, M., Hemmati, Nejad N., & Harifi, T. (2016). Electrical conductivity of different carbon nanotubes on wool fabric: An investigation on the effects of different dispersing agents and pretreatments. Colloids and Surfaces A: physicochemical And Engineering Aspects, 471 (0), 81– 89.
- Nallathambi, A., Soloman, A.M., Muthusamy, S.K., & Venkateshwarapuram, R.G.D. (2014). Keratin hydrolysate as an exhausting agent in textile reactive dyeing process. Clean Technologies and Environmental Policy, 16 (6), 1207–1215.
- Nash, J.F. (2006). Human safety and efficacy of ultraviolet filters and sunscreen products. Dermatologic Clinics, 24 (1), 35–51.
- Nazari, A. (2017). Efficient mothproofing of wool through natural dyeing with walnut hull and henna against Dermestes maculatus. The Journal of The Textile Institute, 108 (5), 755-765.
- Nazari, A. (2014). Proteases pretreatment on wool to enhance durable antimicrobial and UV protection with nano TiO2 and polycarboxylic acids using RSM. Journal of the Textile Institute, 2014, 105 (6), 620-630.
- Nazari, A., Montazer, M., Afzali, F., & Sheibani, A. (2014) Optimization of proteases pretreatment on natural dyeing of wool using response surface methodology. Clean Technologies and Environmental Policy, 16 (6), 1081-1093.
- Nazari, A., Montazer, M., & Dehghani-Zahedani, M. (2014). Mothproofing of wool fabric utilizing ZnO nanoparticles optimized by statistical models. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 20 (6), 4207–4214.
- Nazari, A., Montazer, M., & Dehghani-Zahedani, M. (2013). Nano TiO2 as a new tool for mothproofing of wool: protection of wool against Anthrenus verbasci. Industrial and Engineering Chemistry Research, 52 (3), 1365–1371.
- Nazari, A., Montazer, M., & Dehghani-Zahedani, M. (2014). Simultaneous dyeing and mothproofing of wool against Dermestes maculatus with madder optimized by statistical model. Clean Technologies and Environmental Policy, 16 (8), 1675-1686.
- Nazari, A., Montazer, M., Jafari, F., & Dehghani-Zahedani, M. (2014). Optimization of wool mothproofing with Nano TiO2 using statistical analysis, Journal of the Textile Institute, 105 (1),. 74-83.
- Potting, J., & Blok, K. (1995). Life-cycle assessment of four types of floor covering. Journal of Cleaner Production, 3 (4), 201–213.
- Prakash, O.M., Banerjee, J., & Parthasarathy, L.M. (1979). Preservation of woollens against clothes moths and carpet beetles. Defense Science Journal, 29 (3), 147–150.
- Sadeghi-Kiakhani, & M., Safapour, S. (2015). Eco-friendly dyeing of treated wool fabrics with reactive dyes using chitosanpoly (propylene imine) dendreimer hybrid. Clean Technologies and Environmental Policy, 17, (4), 1019–1027.
- Sekar, N. (2005). Dyeing with reactive disperse dyes in super critical carbon dioxide developments. Colourage, 52 (1), 65–66.
- Shirgholami, M.A., Nazari, & A., Mirjalili, M. (2015). Statistical optimization of self-cleaning technology and color reduction in wool fabric by nano zinc oxide and eco-friendly cross-linker. Clean Technologies and Environmental Policy, 17 (4), 905–919.
- Sunderland, M.R., & McNeil, S.J. (2017). Protecting wool carpets from beetle and moth larvae with nanocidal titanium dioxide desiccant. Clean Technologies and Environmental Policy, 19 (4), 1205–1213.
- Tang, B., Li, J., Hou, X., Afrin, T., Sun, L., & Wang, X. (2013). Colorful and antibacterial silk fiber from aniso-

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]
[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]

tropic silver nanoparticles. Industrial and Engineering Chemistry Research, 52 (12), 4556–4563.
- Thomas, A., Harland, D.P., Clerens, S., Deb-Choudhury, S., Vernon, J.A., Krsinic, G. L., Walls, R.J., Cornellison, C.D., Plowman, J.E., & Dyer, J.M. (2012). Interspecies comparison of morphology, ultrastructure, and proteome of mammalian keratin fibers of similar diameter. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60 (1), 2434-2446.
- Yu, M., Wang, Z., Liu, H., Xie, S., Wu, J., Jiang, H., Zhang, J., Li, L., & Li, J. (2013). Laundering durability of photocatalyzed self-cleaning cotton fabric with TiO2 nanoparticles covalently immobilized. ACS Applied Materials and Interfaces, 5 (9), 3697–3703.

[Downloaded from goljaam.icsa.ir on 2026-11-24]

[DOR: 20.1001.1.20082738.1397.14.33.9.8]