



دانشگاه گسترده علمی و فناوری چوب و جنگل

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیست و ششم، شماره اول، ۱۳۹۸

۱۰۵-۱۱۵

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.15882.1778

## بررسی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و زیستی کاغذهای دکور آغشته شده به رزین ملامین فرمالدهید حاوی نانوذرات کیتوزان

\* عبدالله الیاسی<sup>۱</sup>، تقی طبرسا<sup>۲</sup>، حمیدرضا منصوری<sup>۳</sup> و علیرضا شاکری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری فرآورده‌های چندسازه چوب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۲</sup> استاد گروه فرآورده‌های چندسازه چوبی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،

<sup>۳</sup> دانشیار گروه شیمی کاربردی، دانشگاه تهران،

<sup>۴</sup> دانشیار و مهندس صنایع چوب و کاغذ دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۵

### چکیده

**سابقه و هدف:** هدف از این پژوهش تولید کاغذهای دکور آغشته شده به رزین ملامین فرمالدهید (روکش‌های ملامینه) ضدباکتری با استفاده از نانوذرات کیتوزان می‌باشد. امروزه در بسیاری از مصارف، نیاز به فرآورده‌های چندسازه‌ای می‌باشد که به‌نحو مطلوبی پرداخت شده‌اند. روکش‌های ملامینه پرکاربردترین روکش اوراق فشرده چوبی در جهان براساس گزارش FAO می‌باشد. روکش‌های ملامینه به‌عنوان پوشش تزئینی یا محافظ بر سطح محصولات کامپوزیت چوبی مانند تخته‌خرده‌چوب و تخته‌فیبر استفاده می‌شود که آن‌ها می‌توانند در کف‌پوش‌ها، لمینیت‌ها و مبلمان از جمله میزهای کامپیوتر و میز آشپزخانه به‌کار روند. پژوهش‌ها در زمینه پوشش‌های ضد میکروبی برای حفاظت از سطوح با استفاده از نانو مواد که می‌تواند منجر به جلوگیری از گسترش بیماری‌ها در جوامع انسانی شود، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین توسعه پوشش نانو ساختار با خواص ضد میکروبی علاقه‌مندی زیادی را به خود جلب کرده است.

**مواد و روش‌ها:** در این پژوهش جهت تولید روکش‌های دکور ملامینه ضدباکتری از روش غوطه‌وری کاغذهای دکور پایه در رزین ملامین فرمالدهید تیمار شده با نانوذرات کیتوزان استفاده شده است. سپس رطوبت روکش‌های ملامینه تولید شده تا محدوده ۵ تا ۷ درصد توسط خشک‌کن آزمایشگاهی کاهش داده شد. نمونه‌های تهیه شده با استفاده از تکنیک‌های XRD، FTIR و FESEM مورد ارزیابی قرار گرفتند. برای آزمون بیولوژیکی روکش‌ها از روش اندازه‌گیری هاله عدم رشد و باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشرشیاکلی به‌عنوان دو باکتری شاخص در آزمون‌های بیولوژیکی استفاده شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد غلظت نانوذرات کیتوزان روی فعالیت ضد میکروبی روکش‌های ملامینه تهیه شده مؤثر بوده و اثر آن بر روی باکتری‌های گرم مثبت قوی‌تر می‌باشد و سبب افزایش قطر هاله عدم رشد می‌گردد. روکش‌های ملامینه حاوی ۱/۵ درصد نانوکیتوزان دارای بیش‌ترین اثر ضد میکروبی بودند.

\* نویسنده مسئول: [ab.elyasi.a@gmail.com](mailto:ab.elyasi.a@gmail.com)

**نتیجه‌گیری:** روکش‌های ملامینه تیمار شده با نانوذرات کیتوزان دارای خواص ضد میکروبی بالایی بودند. با در نظر گرفتن همه نتایج پژوهش حاضر و هزینه‌های اقتصادی استفاده از نانوذرات کیتوزان میزان مصرف کم‌تر از یک درصد وزنی به‌عنوان میزان مصرف بهینه تعیین گردید. لازم به ذکر است با پراکنش بهتر نانوذرات مصرفی رزین در سطح ماتریس، در مقادیر کم مصرف هم می‌توان خاصیت ضد باکتری قابل توجهی به روکش‌های ملامینه تولیدی افزود.

**واژه‌های کلیدی:** آغشته‌سازی، رزین ملامین فرمالدهید، ضد میکروبی، غوطه‌وری، نانوذرات کیتوزان

## مقدمه

رزین‌های آمینوپلاست یک طبقه مهم از پیونددهنده‌های عرضی برای پوشش‌های صنعتی هستند (۵). رزین‌های آمینو معمولاً مواد ویسکوز سفید رنگ هستند که جهت سهولت در کاربرد ممکن است حاوی حلال نیز باشند. اولین رزین‌های آمینو جهت پوشش‌دهی از واکنش اوره یا ملامین با فرمالدهید ساخته شدند و با مقدار مواد جامد ۵۰ تا ۶۰٪ ارائه می‌شوند و به‌صورت تجاری تقریباً ۷۰ سال است که در دسترس هستند (۱۲). خواص یک پلیمر را می‌توان مطابق با طراحی‌های سفارشی برای کاربردهای مناسب اصلاح نمود. چندین روش برای این امر از جمله ترکیب کردن، پیوند دادن و اصلاح کردن وجود دارد (۱۲). در طی چند دهه گذشته توجه بسیاری از پژوهشگران به نانوذرات و نانوفناوری جلب شده است. نانوذرات به‌علت داشتن اندازه کوچک، سطح بسیار زیادی را در حجم کم فراهم می‌کنند و خواص مکانیکی، فیزیکی و شیمیایی و ضد میکروبی قوی‌تری ایجاد می‌کنند (۱۰). هم‌زمان با پیشرفت سریع زندگی، کنترل تأثیرات مضر میکروارگانیسم‌ها ضروری خواهد بود. گستره وسیعی از میکروارگانیسم‌ها در تعادل طبیعی بین بدن انسان و محیط اطراف وجود دارند. اما رشد سریع و خارج از کنترل میکروب‌ها ممکن است مشکلات جدی ایجاد نماید (۲). در حال حاضر در مورد استفاده از نانوذرات به‌عنوان یک عامل ضد باکتری در فرمولاسیون مواد ضد میکروبی جدید در مقیاس نانو و میکرو در مقابل باکتری‌های گرم منفی مانند اشرشیاکلی و باکتری‌های گرم مثبت مانند استافیلوکوکوس ارئوس مورد توجه قرار گرفته است (۱).

کیتوزان یک مولکول غیرسمی، زیست‌تخریب‌پذیر، زیست سازگار و بی‌خطر است. واحدهای سازنده کیتوزان پلی  $[\beta - (1, 4) - \text{D} - \text{آمینو} - \text{گلوکوپیرانوز}]$  است. کیتوزان یک پلی‌ساکارید مشابه سلولز است که از دی‌استیله کردن کتین به‌دست می‌آید. کتین یک پلی‌ساکارید طبیعی در دیواره قارچ‌ها، حشرات، اسکلت سخت‌پوستان مانند پوسته میگو و خرچنگ است (۹). کیتوزان و مشتقات آن در مقیاس نانو اثرات ضد میکروبی قابل توجهی را نشان داده‌اند. همچنین مشخص شده است که فعالیت ضد میکروبی این ذرات در مقابل باکتری‌های گرم مثبت بیش‌تر از باکتری‌های گرم منفی می‌باشد. اثر ضد میکروبی کیتوزان به‌شدت بستگی به وزن مولکولی ارگانیک، pH، درجه پلیمر شدن و وجود لیپیدها و پروتئین‌ها بر سطح میکروب دارد (۳). با توجه به اثبات خاصیت ضد میکروبی نانوذرات، هدف از این مطالعه بررسی اثر ضد میکروبی نانوذرات کیتوزان برای ضد میکروب کردن سطوح پوشیده با کاغذهای دکور ملامینه حاوی این نانوذرات در برابر باکتری‌های بیماری‌زا استافیلوکوکوس ارئوس و اشرشیاکلی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش کاغذهای پایه سفید وارداتی از شرکت نگین چوب قائم تهیه شد. این کاغذها ساخت شرکت King Décor Paper کشور چین با وزن پایه  $80 \text{ gr/m}^2$  و رطوبت ۲ درصد استفاده بود. جدول ۱ خصوصیات رزین ملامین فرمالدهید مورد استفاده در این پژوهش جهت آغشته‌سازی را نشان می‌دهد.

جدول ۱- خصوصیات رزین ملامین فرمالدهید مصرفی.

Table 1. Properties of used Melamine Formaldehyde resin.

نوع رزین Kind of Resin	دانسیتة (گرم بر سانتی مترمربع) Density (gr/cm <sup>3</sup> )	مواد جامد (%) Solids (%)	اسیدیته PH	ویسکوزیته (سانتی پواز) Viscosity (CP)	زمان انعقاد با کاتالیزور (ثانیه) Curing time with catalyst (S)
ملامین فرمالدهید جهت آغشته سازی Melamine formaldehyde for impregnation	1.220	53	8	40-60	70-80

استیله شدن ۸۰ تا ۸۵ درصد و وزن مولکولی Da ۱۰۰۰۰۰ - ۵۰۰۰۰۰ از شرکت نانوپلیمر تهیه گردید.

نانوکیروزان مورد استفاده در این پژوهش با فرمول مولکولی (C<sub>6</sub>H<sub>11</sub>NO<sub>4</sub>)<sub>n</sub> و تهیه شده به روش شیمیایی - مکانیکی از کیتوزان های با درجه

جدول ۲- تیمارهای مورد مطالعه.

Table 2. Treatments studied.

تیمار Treatment	رزین ملامین فرمالدهید مایع (گرم) Liquid formaldehyde melamine resin (gr)	مقدار مواد نانوذرات کیتوزان (گرم) The amount of chitosan nanoparticles(gr)	سخت کننده (گرم) Hardener (gr)	تر کننده (گرم) Wetting (gr)	آزادکننده سطحی (گرم) Releasing (gr)
MF	100	0	0.5	0.4	0.3
MF <sub>1</sub>	100	0.5	0.5	0.4	0.3
MF <sub>2</sub>	100	1	0.5	0.4	0.3
MF <sub>3</sub>	100	1.5	0.5	0.4	0.3

کاغذهای آغشته تا محدوده ۷ تا ۵ درصد کاهش داده شد. وزن نهائی کاغذهای دکور ملامینه تهیه شده در محدوده ۱۵۵ تا ۱۵۰ گرم بر مترمربع تعیین گردید

آزمون پراش پرتو ایکس<sup>۱</sup>: اولین آزمون در شناسائی نحوه پراکنش لایه های نانو کیتوزان در بستر ماتریس پلیمری و تشکیل نانوکامپوزیت آزمون پراش پرتو ایکس می باشد. این آزمون با استفاده از دستگاه D8-Advance Bruker Cu K $\alpha$ 1 با پرتوئی با طول موج ۰/۱۵۴۰۶۱ نانومتر در زاویه ۷۰-۱ = ۲ $\theta$  درجه، در دمای محیط و با سرعت یک درجه در دقیقه واقع در دانشگاه دامغان مورد سنجش قرار گرفت.

روش پژوهش: ابتدا نانوذرات کیتوزان جهت تهیه یک سوسپانسیون کلوئیدی پایدار در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی (نسبت به وزن خشک رزین) با توجه به محدودیت در افزایش گرانیروی رزین با کمک روش ترکیبی اختلاط مکانیکی به مدت ۱۰ دقیقه با ۱۲۰۰ دور در دقیقه و سپس پراکنش ذرات با روش هموژنایز اولتراسونیک به مدت ۱۰ دقیقه به رزین ملامین فرمالدهید افزوده شدند. در ادامه کاتالیزور مخصوص به رزین ملامین فرمالدهید حاوی نانوذرات به مقدار ۰/۴ درصد بر اساس اصول آغشته سازی در صنعت افزوده شده و کاغذهای دکور با روش غوطه وری آغشته سازی شدند و جهت کاهش رطوبت به خشک کن منتقل شد و پس از گذشت زمان ۵ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد رطوبت

میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی<sup>۱</sup>: بررسی ریزساختار نمونه‌های تهیه شده به وسیله میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی مدل Tescan-mira III واقع در دانشگاه شریف انجام پذیرفت. به منظور بررسی پراکنش و ابعاد و شکل حضور ذرات در ساختار ماتریس پلیمری رزین ملامین فرمالدهید تولید شده، تصاویر میکروسکوپ الکترونی از سطح نمونه‌ها تهیه گردید. به علت هدایت الکتریکی مختلف نمونه‌ها قبل از تهیه تصاویر، نمونه‌ها با استفاده از دستگاه پوشش‌دهی یونی تحت پوشش طلا قرار گرفتند.

طیف‌سنجی مادون قرمز با تبدیل فوریه<sup>۲</sup>: طیف FTIR در حالت عبور با استفاده از دستگاه FTIR اسپکترونتومتر (مدل Tensor II و ساخت شرکت Bruker) واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در گستره  $4000 - 400 \text{ cm}^{-1}$  و در تفکیک‌پذیری  $2 \text{ cm}^{-1}$  تعیین گردید.

ارزیابی خاصیت بازدارندگی فیلم‌های مورد مطالعه به روش دیسک دیفیوژن: در این روش ابتدا سوسپانسیون باکتریایی استاندارد (معادل نیم استاندارد مک فارلند)، شامل باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلای به روش سطحی با استفاده از سوآپ استریل به طور یکنواخت روی محیط کشت مولر هیتون آگار کشت داده شد. برای بررسی اثر ضد میکروبی از فیلم‌های تهیه شده برای هر تیمار سه نمونه دیسک با قطر ۲۰ میلی‌متر تهیه شد و در وسط پلیت روی آگار قرار داده شدند. پلیت‌های حاوی دیسک به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند. هاله بازدارندگی یا عدم رشد در محیط اطراف دیسک‌ها با در نظر گرفتن قطر دیسک توسط خط‌کش اندازه‌گیری و به صورت میلی‌متر گزارش شد (۸). در این مطالعه به دو دلیل از

روش انتشار دیسک دیفیوژن برای ارزیابی فعالیت ضد میکروبی کاغذهای دکور ملامینه تولیدی بهره گرفته شد. از علل انتخاب این روش آزمون در جهت تعیین خواص ضد میکروبی می‌توان به توانایی این آزمون در شبیه‌سازی شرایط پوشش سطوح به وسیله کاغذهای دکور ملامینه و در مرحله بعد کمی بودن آزمون اشاره نمود. اساس این روش بر پایه آزادسازی ماده فعال از دیسک کاغذهای دکور ملامینه تیمار شده به آگار پیرامونی و ایجاد ناحیه عدم رشد باکتریایی در اطراف خود است. در این پژوهش کاغذهای دکور آغشته شده به رزین حاوی نانوکیتوزان تحت تأثیر باکتری اشریشیا کلی<sup>۳</sup> و استافیلوکوکوس ارئوس<sup>۴</sup> قرار گرفتند. این باکتری‌ها از بانک سوش باکتری دانشگاه علوم پزشکی گرگان تهیه شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: از نرم‌افزار Minitab 17 جهت انجام آزمون‌های آماری استفاده شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه، به همراه تست تکمیلی توکی استفاده گردید. قابل ذکر است که تعداد تکرارها برای هر تیمار سه نمونه در نظر گرفته شد.

### نتایج و بحث

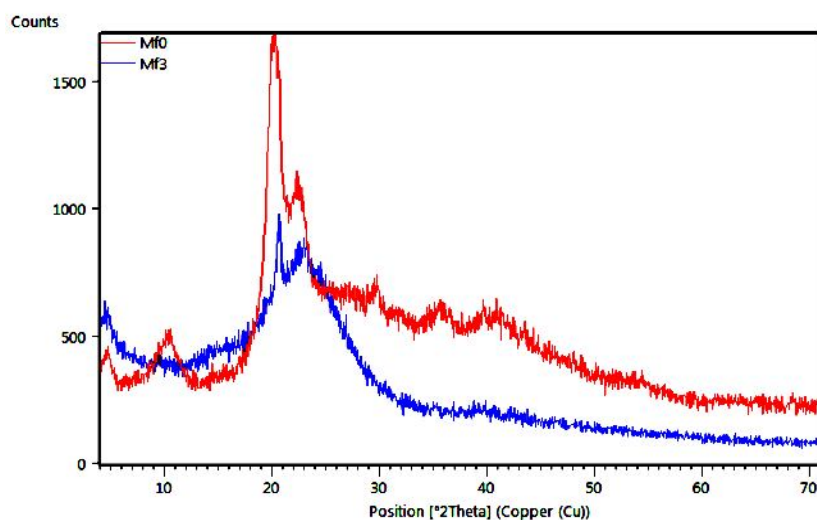
آزمون پراش پرتو ایکس: در شکل ۱ الگوی XRD نانوذرات کیتوزان خالص (MF) و پلیمر رزین ملامین فرمالدهید حاوی نانوذرات کیتوزان با ۱/۵ درصد وزنی ذرات جامد رزین ملامین فرمالدهید (MF<sub>3</sub>) نشان داده شده است. در منحنی (MF<sub>3</sub>) پیک‌های مشاهده شده در زوایای  $2\theta = 10/5^\circ$  و  $2\theta = 20/2^\circ$  مربوط به نانوکیتوزان خالص می‌باشد (۶ و ۷). همان‌طور که ملاحظه می‌شود در منحنی (MF<sub>3</sub>) از شدت این پیک‌ها در حد قابل ملاحظه‌ای کاسته شده و دامنه پیک‌ها به مراتب پهن‌تر گشته است. همچنین

3- Escherichia coli  
4- Staphylococcus aureus

1- FE-SEM  
2- FTIR

است. این امر بیانگر شکل‌گیری نانوکامپوزیت از نوع نفوذی (متورق شدن لایه‌های نانوذرات) بود. به عبارت دیگر نفوذ زنجیرهای پلیمری ماتریسی رزین ملامین فرمالدهید در درون ساختارهای نانوذرات کیتوزان سبب افزایش فاصله صفحات شده است که تشکیل پیک مورد نظر در زاویه پایین‌تر و نیز با ارتفاع کم‌تر را سبب شده است.

پیک مربوط به زاویه  $2\theta = 10/5^{\circ}$  به سمت چپ انحراف یافته و در  $2\theta = 4/3^{\circ}$  قرار گرفته است. این جابجائی و پهن‌شدگی پیک به علت واکنش شدن نانوذرات کیتوزان و همگن‌تر شدن آن است. در اثر پراکنش از طریق فرایند مرکب اختلاط مکانیکی و امواج اولتراسونیک سبب پدیده متورق شدن در لایه‌های نانوکیتوزان شده و آن‌ها را از هم جدا نموده

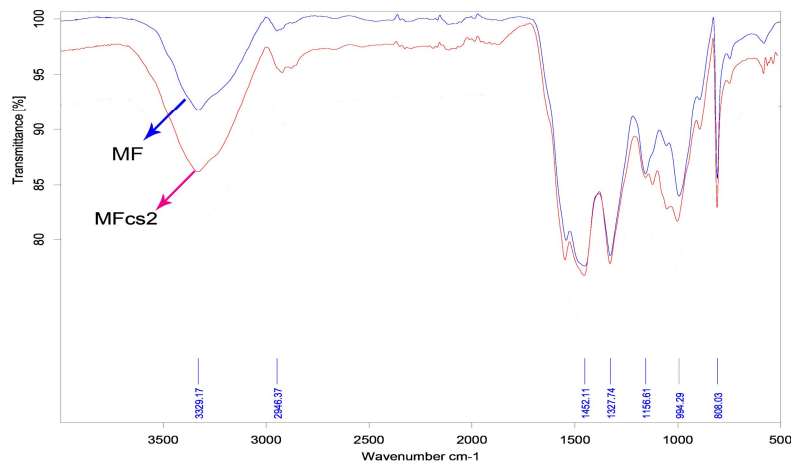


شکل ۱- الگوی پراش پرتو ایکس در نانوذرات کیتوزان خالص و رزین ملامین فرمالدهید حاوی نانو ذرات کیتوزان.

Figure 1. X-ray diffraction pattern in pure chitosan nanoparticles and melamine formaldehyde resin containing chitosan nanoparticles.

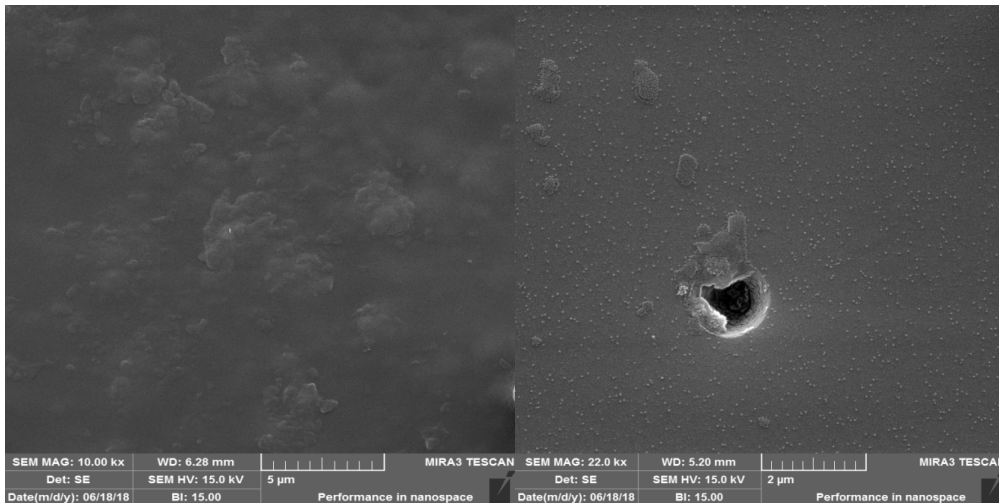
طیف‌سنجی مادون قرمز: نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز نمونه‌های رزین ملامین فرمالدهید خالص (MF) و نانوکامپوزیت حاوی ۱/۵ درصد نانوکیتوزان (MF<sub>2</sub>) در شکل ۲ نشان داده شده است. پیک‌ها بین فرکانس‌های ۳۳۰۰ - ۳۴۰۰ به ترتیب مربوط به باندهای کششی هیدروکسیل‌های آزاد و باندهای کششی متقارن و نامتقارن N-H در گروه آمین می‌باشد که در ساختار نمونه خالص رزین ملامین فرمالدهید در مقایسه با نمونه حاوی نانوذرات قوی‌تر بوده و بیش‌تر قابل تشخیص می‌باشد. باند ظاهر شده بین ۲۹۰۰ تا ۳۰۰۰ در طیف فیلم کیتوزان مربوط به باند کششی گروه‌های -CH و CH<sub>2</sub> (۲۹۳۰ cm<sup>-1</sup>) و CH<sub>3</sub> (۲۷۸۰ cm<sup>-1</sup>) می‌باشد (۵۱ و ۵۰). علاوه بر این دو باند قوی در ۱۵۴۱ cm<sup>-1</sup> و ۱۴۵۱ cm<sup>-1</sup> در نمودار ملامین فرمالدهید خالص مشاهده می‌شود که مربوط به گروه‌های خمشی OH در صفحه می‌باشد که در نانوکامپوزیت کم‌تر قابل تشخیص است که دلیل آن می‌تواند ناشی از پیوند هیدروژنی بین گروه‌های OH فعال در ساختار نانوکیتوزان و گروه‌های NH<sub>2</sub>, NH و OH موجود در رزین ملامین فرمالدهید باشد (۸).

طیف‌سنجی مادون قرمز: نتایج طیف‌سنجی مادون قرمز نمونه‌های رزین ملامین فرمالدهید خالص (MF) و نانوکامپوزیت حاوی ۱/۵ درصد نانوکیتوزان (MF<sub>2</sub>) در شکل ۲ نشان داده شده است. پیک‌ها بین فرکانس‌های ۳۳۰۰ - ۳۴۰۰ به ترتیب مربوط به باندهای کششی هیدروکسیل‌های آزاد و باندهای کششی متقارن و نامتقارن N-H در گروه آمین می‌باشد که در ساختار نمونه خالص رزین ملامین فرمالدهید در مقایسه با نمونه حاوی نانوذرات قوی‌تر بوده و بیش‌تر قابل تشخیص می‌باشد. باند ظاهر شده بین



شکل ۲- الگوی طیف مادون قرمز برای رزین ملامین فرمالدهید و رزین ملامین فرمالدهید حاوی نانوذرات کیتوزان.

Figure 2. Infrared spectrum for melamine formaldehyde resin and melamine formaldehyde resin containing chitosan nanoparticles.



شکل ۳- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نوع گسیل میدانی. تصویر راست نمونه MF خالص و تصویر چپ نمونه حاوی نانوذرات کیتوزان.

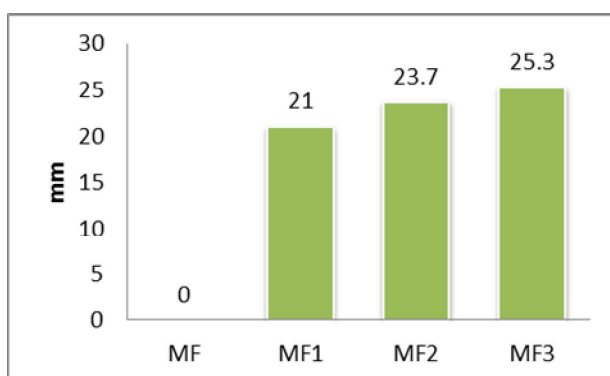
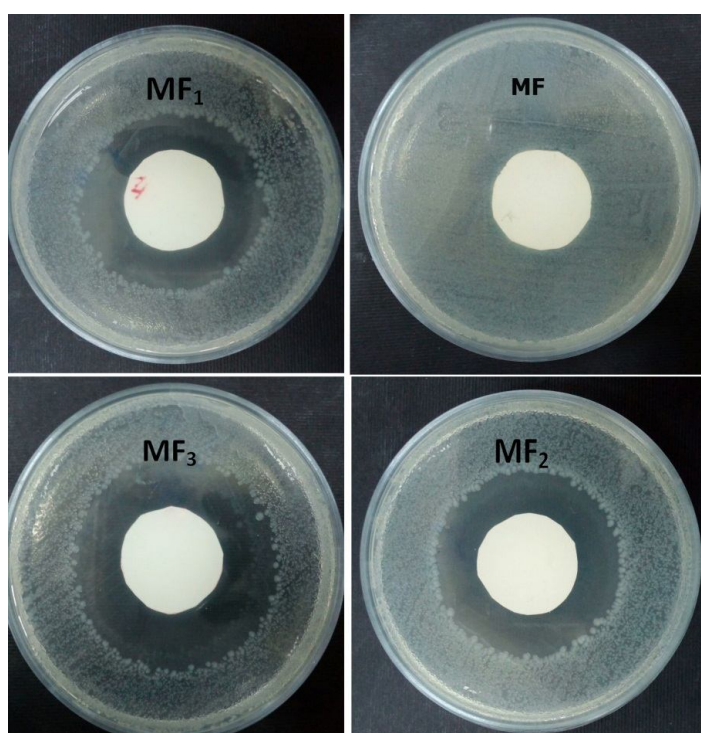
Figure 3. The image of the field emission scanning electron microscope (FESEM). The right image is the pure MF sample and the left image is the sample containing the chitosan nanoparticles.

سطح ماتریس بیانگر آن است که تیمار بر روی رزین ملامینه به خوبی انجام شده است. بر اساس این تصویر، تعداد زیادی از ذرات نانوکیتوزان بر روی سطح تصویربرداری شده ماتریس رزین ملامین فرمالدهید مشاهده می‌شود. همچنین متوسط ابعاد ذرات آن در سطح مورد بررسی حدود ۸۰ نانومتر اندازه‌گیری شد.

ارزیابی تصویری و آنالیز عنصری نمونه‌های پلیمری تولید شده با FESEM به منظور بررسی پراکنش و حضور نانوذرات کیتوزان در ماتریس رزین ملامین فرمالدهید و همچنین اندازه‌گیری ابعاد آن از تصویربرداری سطح رزین پلیمر شده با دستگاه میکروسکوپ الکترونی گسیل میدانی استفاده شد. یونی تحت پوشش طلا قرار گرفتند. همان‌طور که در شکل ۳ ملاحظه می‌گردد، وجود نانوذرات کیتوزان در

نانوذرات بر رشد باکتری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی داری می باشند. نتایج حاضر با نتایج پژوهش های صورت پذیرفته میرزا علی مفضل جهرمی (۱۳۹۴) که در خصوص بررسی اثر نانوذرات کیتوزان بر رشد باکتری استافیلوکوکوس ارئوس داشتند مطابقت دارد (۴). نتایج حاصل از اندازه گیری هاله عدم رشد باکتری استافیلوکوکوس در شکل ۴ نشان داده شده است.

بررسی تصاویر و هاله عدم رشد باکتری ها: آزمون بیولوژیکی کاغذهای دکور آغشته به رزین ملامینه حاوی نانوکیتوزان به منظور بررسی خاصیت ضدباکتریایی، کاغذهای دکور ملامینه تیمار شده با نانوکیتوزان با دو نوع باکتری مورد بررسی قرار گرفتند. اندازه گیری عدم رشد باکتری استافیلوکوکوس ارئوس: نتایج تجزیه واریانس خاصیت ضد باکتری استافیلوکوکوس ارئوس کاغذ دکور ملامینه تیمار شده با نانوکیتوزان بیانگر آن است که اثر سطوح مختلف

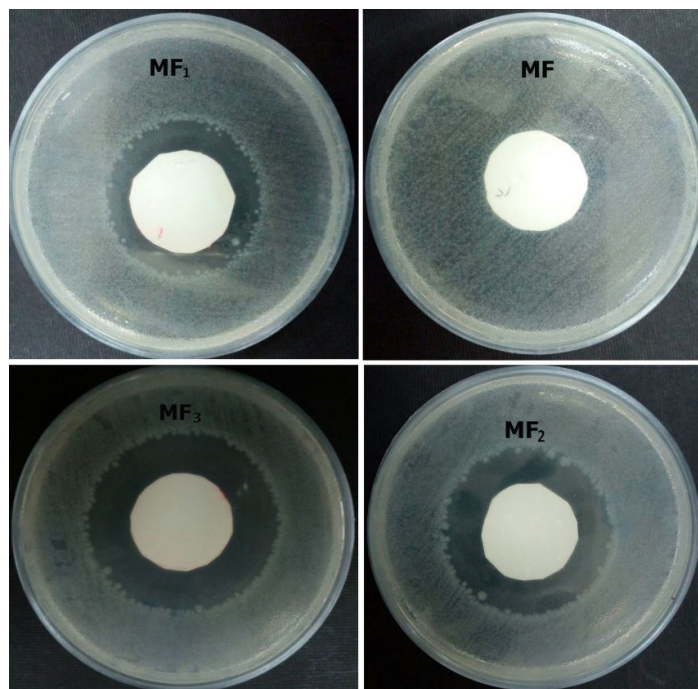


شکل ۴- تغییرات میزان هاله عدم رشد باکتری استافیلوکوکوس ارئوس در کاغذهای دکور ملامینه حاصل از تیمارهای مختلف نانوکیتوزان.

Figure 4. Changes of bacterial inhibition zone of *S. aureus* in melamine decorative papers made from different treatments of Nano-Chitosan.

باکتری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری می‌باشند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری هاله عدم رشد باکتری اثرشیاکلی در شکل ۵ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری عدم رشد باکتری اثرشیاکلی: نتایج تجزیه واریانس خاصیت ضدباکتری اثرشیاکلی کاغذ دکور ملامینه تیمار شده با نانوکیتوزان بیانگر آن است که اثر سطوح مختلف نانوذرات بر رشد



شکل ۵- تغییرات میزان هاله عدم رشد باکتری اثرشیاکلی در کاغذهای دکور ملامینه حاصل از تیمارهای مختلف نانوکیتوزان.

**Figure 5. Changes of bacterial inhibition zone of E. Coli in melamine decorative papers made from different treatments of Nano-Chitosan.**

نتایج پژوهش حاضر با افزایش میزان نانوکیتوزان از سطح ۰/۵ درصد به سطح ۱/۵ درصد در باکتری استافیلوکوکوس مقاومت بالاتری را نشان دادند (۱۱). اما در خصوص باکتری اثرشیاکلی اثر معنی‌داری را از سطح ۱ درصد به ۱/۵ درصد شاهد نمی‌باشیم که

با توجه به اشکال و نمودارهای ارائه شده در مورد هر دو نوع باکتری استافیلوکوکوس ارئوس و اثرشیاکلی کاغذ دکورهای ملامینه تیمار شده با نانوکیتوزان نسبت به نمونه شاهد، مقاومت بسیار بالاتری نسبت به باکتری از خود نشان دادند (۷). طبق



ضدباکتری صورت پذیرفت. نتایج این مطالعه نشان داد که با افزایش میزان مصرف نانوذرات کیتوزان تا سطح ۱ درصد وزنی خصوصیات ضدباکتریایی روکش ملامینه تولیدی تا حد چشمگیری افزایش می‌یابد و در مقادیر مصرف بیش‌تر تأثیر معنی‌داری در مورد باکتری‌های گرم منفی دیده نمی‌شود. از سوی دیگر با توجه به محدودیت خطوط آغشته‌سازی که مهم‌ترین این عوامل در این خطوط گرانروی رزین مصرفی می‌باشد و با توجه به تأکید پژوهش‌های گذشته مصرف مقادیر بالای نانوذرات باعث تغییرات در گرانروی رزین می‌گردد. در نتیجه به در نظر گرفتن همه جوانب اهم از خواص ضد میکروبی و فنی و اقتصادی مصرف ۱ درصد وزنی میزان مصرف بهینه برای نانوذرات کیتوزان تعیین گردید.

### سیاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از مسئولین شرکت صنعت چوب شمال به‌علت فراهم نمودن امکانات صنعتی و امکانات آزمایشگاهی جهت انجام پژوهش مذکور در سال‌های ۹۵ تا ۹۷ کمال تشکر و سپاس خود را بیان کنند.

می‌توان دلیل آن را حساسیت بیش‌تر باکتری‌های گرم مثبت دانست (۱۴)، که علت آن به اختلاف ساختمانی دیواره باکتری مربوط می‌شود. دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت دارای دیواره نازک‌تر و سرشار از ترکیبات موکرپتیدی بوده در حالی‌که دیواره سلولی باکتری گرم منفی ضخیم‌تر و فقط لایه نازکی از موکوپتید را دارا می‌باشد و قسمت اعظم ساختمان دیواره از لیوپروتئین و لیو پلی‌ساکارید است. در نتیجه باکتری اشرشیا کلی مقاومت بیش‌تری در مقابل مواد ضدباکتری از خود نشان می‌دهد. یافته‌های پژوهش حاضر مطابق با پژوهش‌های قبلی در این زمینه است (۱۳).

### نتیجه گیری

خواص ضدباکتریایی نانوکیتوزان با توجه به پژوهش حاضر و مطالعات گذشته بسیار مناسب به نظر می‌رسد. با توجه به این‌که بیش‌ترین مصرف روکش‌های مصنوعی به روکش‌های ملامینه<sup>۱</sup> در پانل‌های چوبی اطلاق می‌گردد بنابراین پژوهش حاضر بر استفاده از نانوذرات کیتوزان به‌عنوان یک ماده ضدباکتری برای تولید روکش‌های ملامینه

### منابع

1. Nano composite properties of chitosan and Nano clay for use in food packaging. Researches in Iran food science and technology, 7: 1. 71-79. (In Persian)
2. Eskandari, M., and Firoozabadi, M.R. 2016. Processing of Clay Nanoparticles and its effect on antimicrobial properties and water absorption of cellulose - sanitary products. Forest and Wood Products, Iran Natur. Resour. J. 96: 1. 185-197. (In Persian)
3. Huh, A.J., and Kwon, Y.J. 2011 "Nanoantibiotics": a new paradigm for treating infectious diseases using nanomaterials in the antibiotics resistant era. J. Control Release, 156: 128-145.
4. Jahromi, M.A.M., Rajaei, H., Fasihi, M., Ahmadi, K., and Mirnejad, R. 2015. Evaluation of antibacterial effect of chitosan nanoparticles loaded with Curcumin. J. Fasa Univ. Med. Sci. 5: 1. 134-141. (In Persian)
5. Kelly, T.J., Smith, D.L., and Satola, J. 1999. Emission rates of formaldehyde from materials and consumer products found in California homes Environ. Sci. Technol. 33: 81-88.
6. Lifeng, Qi., Zirong, X.U., Liang, X., Caihong, H., and Xlongfei, Z. 2004. Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. Carbohydrate Research. 399: 2693-2700.

1- Melamine Laminate

7. Mirhoseini, M., Yazdani Kashkuli, N., and Dehghan Hamedan, A. 2016. Investigation of antimicrobial properties of chitosan-ZnO Nano composite. *Razi Med. Sci. J.* 230: 147. 104-114. (In Persian)
8. Murriel Galet, V., Cerisuelo, J.P., Lopez-Carballo, R., and Hernandez Munoz, P. 2012. Antimicrobial food packaging film based on release of LAE from EVOH. *Inter. J. Food Microbiol.* 157: 239-244.
9. Nasti, A., Zaki, N.M., Leonardis, P., Ungphaiboon, S., Sansongsak, P., Rimoli, M.G, et al. 2009. Chitosan/TPP and chitosan/TPP-hyaluronic acid nanoparticles: systematic optimization of the preparative process and preliminary biological evaluation. *Pharm Res.* 26: 8. 1918-1930.
10. Posner. J.D. 2009. Engineered Nanomaterial: Where They Go, Nobody Knows, *Nano Today.* 4: 114-115.
11. Shafei, A., and Abou-Okeil, A. 2011. ZnO/carboxymethyl chitosan bionano-composite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric. *Carbohydr Polym;* 83: 2. 920-925.
12. Singh, V., Singh, L., and Singh, S.V. 2017. Antibacterial study of Melamine – Formaldehyde (MF), Modified MF and Grafted Mf resin. *Inter. J. Innov. Res. Exp. SNS No:* 23476060.193-198.
13. Uday, K., Niranjana, K., and Manabendra, M. 2010. Vegetable oil based highly branched polyester/ clay silver nanocomposites as antimicrobial surface coating materials. *J. Prog. Org. Coatings.* 68: 265-273.
14. Yazdani Aghmashhadil, O., Asadpour Atoee, Gh., Rasooly Garmaroody, E., and Imani, E. 2017. Study of physical, optical and biological properties of antibacterial bank-note paper including Nano-silver. *For. Wood Sci. Technol. Res. J.* 24: 2. 87-101. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 26 (1), 2019

<http://jwfst.gau.ac.ir>

DOI: 10.22069/jwfst.2019.15882.1778

## Morphological and Biological Properties of Decorated Papers Impregnated with Melamine Formaldehyde Resins Containing Chitosan Nanoparticles

\*A. Elyasi<sup>1</sup>, T. Tabarsa<sup>2</sup>, H.R. Mansouri<sup>3</sup> and A.R. Shakeri<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student of Wood Composite Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>2</sup>Professor, Dept. of Composite Wood Products, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources,

<sup>3</sup>Associate Prof. of Applied Chemistry, University of Tehran,

<sup>4</sup>Associate Prof. and Engineer of Wood and Paper Industry of Zabol University

Received: 11.13.2018; Accepted: 02.04.2019

### Abstract

**Background and Objectives:** The purpose of this study is the production of decorative antibacterial melamine papers veneers using chitosan nanoparticles. Today, for many uses, there is a need for composite products that are well paid. Melamine Laminated is the most widely used veneer for wood-based composite product in the world, according to the FAO report. Melamine veneers are used as a decorative and protective layer on the surface of wood-based composite products such as particleboard and fiberboard, which then can be used in laminate flooring, furniture such as the computer tables and kitchen worktops. Research on antimicrobial coatings to protect surfaces using nanomaterials that can prevent the spread of diseases in human societies has received much attention. Therefore, the development of Nano-structure coatings with antimicrobial properties has been interested considerably.

**Materials and Methods:** In this study, immersion of decor-base paper in melamine formaldehyde resin treated with chitosan nanoparticles was used for the production of antibacterial melamine decorative veneers. Then, the moisture content of produced melamine coatings was reduced to a range of 5 to 7% by a laboratory drying agent. The specimens were evaluated using XRD, FESEM and FTIR techniques. For biologic tests of papers, bacterial inhibition zone measurement method and *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* were used as two indicator bacteria in biological tests.

**Results:** The results showed that the chitosan nanoparticle concentrations were effective on the antimicrobial activity of melamine coatings and its effect on the gram-positive bacteria was stronger and increased the diameter of the inhibition zone. Melamine coatings containing 1.5% of Nano chitosan had the highest microbial effect.

**Conclusion:** Melamine coatings treated with chitosan nanoparticles had high antimicrobial properties. Considering all the results of the present research and economic costs of using chitosan nanoparticles, consumption less than 1% by weight was determined as optimum consumption. It should be noted that with a better distribution of resin nanoparticles at the matrix surface, also in small amounts, significant antibacterial properties can be added to the melamine coatings produced.

**Keywords:** Antimicrobial, Chitosan nanoparticles, Immersion, Impregnation, Melamine formaldehyde resin

---

\*Corresponding author; ab.elyasi.a@gmail.com

