



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرا

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هجدهم، شماره چهارم، ۱۳۹۰

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

## جذب آب و ثبات ابعاد چندسازه پلی‌پروپیلن / الیاف چوب استیله شده

پیمان فلاح مقدم<sup>۱</sup> و \* بهبود محبی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانش‌آموخته گروه علوم چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس،

<sup>۲</sup> دانشیار گروه علوم چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۳/۱۷

### چکیده

در این پژوهش اثر استیلاسیون الیاف بر نقش سازگارکنندگی MAPP و ویژگی‌های جذب آب، واکنشیدگی ضخامت و ثبات ابعاد چوب پلاستیک ساخته شده از پلی‌پروپیلن و الیاف استیله شده مورد بررسی قرار گرفت. الیاف چوب با انیدرید استیک و بدون حضور کاتالیست واکنش داده شد و درصدهای افزایش وزن (WPG) ۴/۵، ۷/۵ و ۱۷/۶۸ درصد به دست آمد. الیاف استیله شده با سازگارکننده MAPP (۰، ۲، ۳ و ۵ درصد) مخلوط گردید و ماده مرکب پلی‌پروپیلن/الیاف به روش پرس گرم و در دما ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد ساخته شد. نمونه‌های آزمونی به مدت ۱۵۱۲ ساعت در آب غوطه‌ور شدند و ویژگی‌های جذب آب، واکنشیدگی ضخامت، اثر ضد واکنشیدگی و بازدارندگی جذب آب تعیین گردیدند. ساختار درونی چوب پلاستیک و پیوند بین الیاف و پلاستیک پلی‌پروپیلن با میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که استیلاسیون الیاف موجب کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در چند سازه چوب پلاستیک شد. افزایش شدت تیمار استیلاسیون سبب افت جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در ماده مرکب چوب پلاستیک شده و افزایش مقدار سازگارکننده MAPP نیز سبب افت جذب آب گردید؛ ولی نقش استیلاسیون بارزتر از نقش MAPP بود. بررسی میکروسکوپ الکترونی ساختار<sup>۱</sup> چوب پلاستیک نشان داد که با افزایش شدت تیمار استیلاسیون از تخلخل ساختاری آن کاسته می‌شود و

\* مسئول مکاتبه: [mohebyb@modares.ac.ir](mailto:mohebyb@modares.ac.ir)

پیوند بین ماتریس زمینه‌ای و الیاف بهتر می‌گردد. از سوی دیگر، نمونه‌های استیله شده از سطح صاف‌تری برخوردار می‌گردند.

**واژه‌های کلیدی:** استیلاسیون، سازگارکننده MAPP، ثبات ابعاد، جذب آب، چوب‌پلاستیک

## مقدمه

در سال‌های اخیر مطالعات زیادی در خصوص استفاده از الیاف طبیعی در ساخت کامپوزیت‌ها انجام شده است. کامپوزیت‌های ساخته شده با الیاف طبیعی به‌طور فزاینده‌ای در انواع کاربردهای صنعتی، به‌علت مقاومت بالا نسبت به وزن، جرم حجمی کم، هزینه پایین و فراورش آسان و ارزان و تجزیه‌پذیر بودن افزایش یافته‌اند (مارکویچ و همکاران، ۱۹۹۸؛ آربلیز و همکاران؛ ۲۰۰۵؛ مکروبی و همکاران، ۲۰۰۷). در ساخت مواد مرکب چوب‌پلاستیک از مواد لیگنوسلولزی به‌عنوان پرکننده‌های طبیعی به شکل پودر یا الیاف به‌عنوان پرکننده و تقویت‌کننده استفاده می‌شود. سازگاری با محیط زیست، قابلیت بازیافت و ارزان بودن از عوامل رشد کاربردی پرکننده‌های طبیعی می‌باشد (مکروبی و همکاران، ۲۰۰۷؛ سریکالا و همکاران، ۲۰۰۰). از معایب اصلی استفاده از الیاف لیگنوسلولزی در مواد مرکب چوب‌پلاستیک، عدم چسبندگی خوب بین سطحی دو فاز الیاف و بسپار (پلیمر) می‌باشد که موجب کاهش ویژگی‌های فرآورده نهایی می‌شود (تیونگ و همکاران، ۱۹۹۹؛ اسپرت و همکاران، ۲۰۰۴؛ تزرکی و همکاران، ۲۰۰۵؛ مکروبی و همکاران، ۲۰۰۷).

کاربردهای جدید و مصارف نهایی کامپوزیت‌های چوب‌پلاستیک در مواردی مانند: کف‌پوش‌ها، مصارف خارج ساختمان، چهارچوب‌های پنجره، و سایر موارد ساختمانی از جمله بخش‌هایی از حمام و قرار گرفتن آن‌ها در محیط و تماس با رطوبت موجب شده است که ارزیابی خصوصیات جذب آب را در کامپوزیت‌های چوب‌پلاستیک ضروری سازد (کاظمی نجفی و همکاران، ۲۰۰۷). جذب آب در مواد مرکب چوب‌پلاستیک از عوامل مهم و مؤثر در خواص کاربرد نهایی محسوب می‌گردد. افزایش مقدار رطوبت در کامپوزیت‌ها موجب کاهش افت ویژگی‌های مکانیکی در اثر جذب رطوبت و ثبات ابعاد آن‌ها می‌شود (آدیکاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ مارکویچ و همکاران، ۱۹۹۸). جذب آب موجب تخریب سطح مشترک بین الیاف و ماتریس پلیمری و کاهش ویژگی‌های مکانیکی می‌گردد (اسپرت و همکاران، ۲۰۰۴). از آنجایی که بیشتر کاربردهای این کامپوزیت‌ها در مصارف خارج از ساختمان و

در تماس با شرایط جوی و محیط‌های آبی است، بنابراین توجه به ویژگی‌های جذب آب این مواد ضروری می‌باشد (کاظمی‌نجفی و همکاران، ۲۰۰۷). روند جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت در کامپوزیت‌های چوب‌پلاستیک مورد مطالعه پژوهشگران زیادی قرار گرفته است (تجویدی و ابراهیمی، ۲۰۰۳؛ بلدزکی و فاروق، ۲۰۰۳؛ تجویدی و همکاران، ۲۰۰۶؛ شی و گاردنر، ۲۰۰۶؛ آدیکاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ کاظمی‌نجفی و همکاران، ۲۰۰۷). پژوهش‌های زیادی نیز در باره تیمار شیمیایی الیاف چوب به هدف کاهش جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت و افزایش ثبات ابعاد مواد مرکب چوب‌پلاستیک صورت گرفته‌اند (دومیکویچ و همکاران، ۲۰۰۷؛ دمیر و همکاران، ۲۰۰۶؛ تزرکی و همکاران، ۲۰۰۵؛ عبدالخلیل و همکاران، ۲۰۰۱).

قطبیت گروه‌های هیدروکسیل سطح مواد لیگنوسولوزی سدی در برابر تشکیل پیوند با بسپاری زمینه‌ای است؛ بنابراین با کاهش پیوند هیدروژنی بین الیاف می‌توان به پیوندی بهتری با بسپار زمینه‌ای دست یافت. با کاهش تعداد گروه‌های هیدروکسیل با استفاده از واکنش انیدرید استیک با بسپارهای دیواره‌های سلولی الیاف چوب، می‌توان قابلیت ترشوندگی سطح الیاف را نسبت به پلاستیک زمینه‌ای افزایش داد و زمینه پیوند بهتر بین چوب پلاستیک را مهیا کرد و در نهایت ویژگی ثبات ابعاد را تقویت نمود. هم چنین اثر استیلایسون را با عملکرد سازگارکننده MAPP مقایسه نمود.

لازمه ساخت کامپوزیت با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خوب، کاهش خواص آبدوستی مواد لیگنوسولوزی با روش‌های اصلاح شیمیایی یا استفاده از سازگارکننده به منظور ایجاد چسبندگی خوب بین دو سطح مشترک بسپار (پلیمر) و الیاف لیگنوسولوزی است (عبدالخلیل و همکاران، ۲۰۰۱؛ تزرکی و همکاران، ۲۰۰۵). برای اصلاح شیمیایی سطح الیاف یا ذرات چوب معمولاً از موادی با گروه‌های عاملی چون پراکسیدهای آلی استفاده می‌شود؛ مانند بنزیل پراکسید و دی‌کومیل پراکسید، انیدریدهای؛ چون انیدرید استیک، انیدرید مالئیک، انیدرید ساکسینیک، انیدرید فتالیک، این مواد توانایی ایجاد پیوند با گروه‌های هیدروکسیل مواد را دارند (چودوری و ولکات، ۲۰۰۷).

سازگارکننده MAPP نیز با بهبود چسبندگی و اتصال بین الیاف و ماتریس پلیمری و انجام واکنش‌های فعال و قوی پیوندهای هیدروژنی الیاف موجب بهبود وضعیت اتصال در پلیمر گرمانرم غیرقطبی و الیاف سلولزی قطبی با کاهش کشش سطحی الیاف سلولزی و نزدیک شدن به کشش سطحی پلیمر مذاب می‌شود. با به‌وجود آمدن اتصالات توسط عوامل سازگارکننده، اتصالات هیدروژنی بین الیاف تضعیف شده و پخش الیاف در ماتریس گرمانرم آسان‌تر شده و چسبندگی بهبود می‌یابد.

این پژوهش با هدف اصلاح شیمیایی استیلاسیون سطح الیاف چوب و ارزیابی شدت استیلاسیون و اثر مقدار سازگارکننده پلی‌پروپیلن مالئیک‌دار شده (MAPP) بر جذب آب و ثبات ابعاد مواد مرکب پلی‌پروپیلن / الیاف چوب استیله شده انجام شد.

### مواد و روش‌ها

**پلی‌پروپیلن:** از پلی‌پروپیلن محصول پتروشیمی تبریز با گرید SI-۰۸۰ و شاخص جریان مذاب<sup>۱</sup> (MFI) ۹ g/۱۰ min (در دما ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد و وزنه ۲/۱۶۴ کیلوگرم) به‌عنوان فاز زمینه استفاده شد.

**سازگارکننده:** پلی‌پروپیلن مالئیک‌دار<sup>۲</sup> (MAPP) ساخت شرکت کیمیا جاوید با شاخص جریان مذاب (MFI) ۱۰۰ g/۱۰ min و ۱/۱ درصد انیدرید مالئیک پیوند خورده به‌عنوان سازگارکننده استفاده شد.

**روان‌ساز:** اسید استاریک به‌عنوان روان‌کننده به مقدار معین (حدود ۳ درصد بر اساس وزن خشک هر ترکیب) در همه تیمارها به کار رفت.

**الیاف:** الیاف مورد نظر برای تیمار استیلاسیون از شرکت صنایع خزر چوب- شرکت تولیدکننده تخته فیبر نیمه سنگین در ایران تهیه شد.

**اصلاح شیمیایی الیاف:** قبل از انجام تیمار، الیاف تهیه شده در داخل آون با دما  $103 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. تیمار استیلاسیون الیاف بدون حضور کاتالیست و با انیدرید استیک و در درون یک راکتور چند منظوره اصلاح چوب و مواد لیگنوسولوزی با دما ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. پس از تیمار، الیاف با آب شسته شده تا با اسید از بین برود. سپس در آون خشک شدند. در طی تیمار نمونه‌هایی با درصد افزایش وزن<sup>۳</sup> (WPG) به ترتیب صفر (شاهد)، ۴/۵، ۷/۵ و ۱۷/۶۸ درصد به‌دست آمدند.

**فرآیند اختلاط و ساخت نمونه‌های آزمونی:** عملیات اختلاط پلاستیک و الیاف در دستگاه برابندر مدل Brabender Plasticorder با سرعت ۵۰ دور در دقیقه و در دما ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. بر اساس نسبت‌های وزنی تعیین شده ابتدا پلی‌پروپیلن، به‌عنوان ماتریس پلیمری داخل دستگاه

1- Melt Flow Index (MFI)

2- Maleated Anhydride Polypropylene (MAPP)

3- Weight Percent Gain (WPG)

ریخته شد و پس از دو دقیقه و ذوب کامل پلیمر، الیاف اضافه شد (طبق جدول ۱). زمان هر اختلاط حدود ۸ دقیقه به طول انجامید.

پس از اختلاط، مواد بی شکل به وسیله پرس گرم آزمایشگاهی با دما ۱۸۰ درجه سانتی گراد، در قالبی با ابعاد ۲×۱۵۰×۱۵۰ میلی متر با دانسیته اسمی ۱ گرم بر سانتی متر مکعب پرس شدند. نمونه‌های آزمون جذب آب از صفحات به دست آمده، به ابعاد ۲۰ میلی متر بریده شدند.

جدول ۱- شدت تیمار و درصد وزنی ماده مرکب چوب پلاستیک در تیمارهای مختلف.

فرمولاسیون	WPG (درصد)	الیاف (درصد)	پلی پروپیلن (درصد)	MAPP (درصد)
WPG 0-MAPP 0%	۰	۶۰	۴۰	۰
WPG 0 -MAPP 2%	۰	۶۰	۳۸	۲
WPG 0 -MAPP 3%	۰	۶۰	۳۷	۳
WPG 0 -MAPP 5%	۰	۶۰	۳۵	۵
WPG 4.5%-MAPP 0%	۴/۵	۶۰	۴۰	۰
WPG 4.5% -MAPP 2%	۴/۵	۶۰	۳۸	۲
WPG 4.5% -MAPP 3%	۴/۵	۶۰	۳۷	۳
WPG 4.5% -MAPP 5%	۴/۵	۶۰	۳۵	۵
WPG 7.5%-MAPP 0%	۷/۵	۶۰	۴۰	۰
WPG 7.5% -MAPP 2%	۷/۵	۶۰	۳۸	۲
WPG 7.5% -MAPP 3%	۷/۵	۶۰	۳۷	۳
WPG 7.5% -MAPP 5%	۷/۵	۶۰	۳۵	۵
WPG 17.68%-MAPP 0%	۱۷/۶۸	۶۰	۴۰	۰
WPG 17.68%-MAPP 2%	۱۷/۶۸	۶۰	۳۸	۲
WPG 17.68%-MAPP 3%	۱۷/۶۸	۶۰	۳۷	۳
WPG 17.68%-MAPP 5%	۱۷/۶۸	۶۰	۳۵	۵

آزمون غوطه‌وری و تعیین واکنش‌پذیری: جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامت مواد مرکب چوب پلاستیک مطابق با آیین نامه ۷۰۳۱-۰۴ D استاندارد ASTM مورد بررسی قرار گرفتند. به این منظور پنج نمونه از هر اختلاط انتخاب شده و به مدت ۲۴ ساعت در دما  $103 \pm 2$  درجه سانتی گراد در آون خشک گردیدند. پس از آن وزن و ضخامت نمونه‌های خشک شده اندازه‌گیری شدند و در آب مقطر قرار داده شدند. وزن و ضخامت نمونه‌ها پس از ۲۴ ساعت و مرحله اشباع کامل (۱۵۱۲ ساعت) اندازه‌گیری

شد. درصد جذب آب و اثر بازدارندگی جذب آب (WRE)<sup>۱</sup> در زمان‌های مختلف بر طبق رابطه‌های ۲ و ۳ محاسبه گردیدند:

$$A_t = [(W_t - W_0) / W_0] \times 100 \quad (1)$$

$A_t$  = مقدار جذب آب در زمان غوطه‌وری  $t$  (%),  $W_t$  = وزن نمونه‌ها در زمان غوطه‌وری  $t$  (g),  $W_0$  = وزن خشک نمونه پس از غوطه‌وری (g)

$$WRE = [(A_{unt} - A_{ac}) / A_{unt}] \times 100 \quad (2)$$

WRE = مقدار جذب آب در زمان غوطه‌وری  $t$  (%),  $A_{unt}$  = جذب آب نمونه تیمار نشده (%),  $A_{ac}$  = جذب آب نمونه تیمار شده (%)

واکشیدگی ضخامت و اثر ضد واکشیدگی<sup>۲</sup> با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه گردیدند.

$$S_t = [(T_t - T_0) / T_0] \times 100 \quad (3)$$

$S_t$  = واکشیدگی ضخامت (%),  $T_t$  = ضخامت نمونه در زمان غوطه‌وری  $t$  (mm),  $T_0$  = ضخامت نمونه پیش از غوطه‌وری (mm)

$$ASE = [(S_{unt} - S_{ac}) / S_{unt}] \times 100 \quad (4)$$

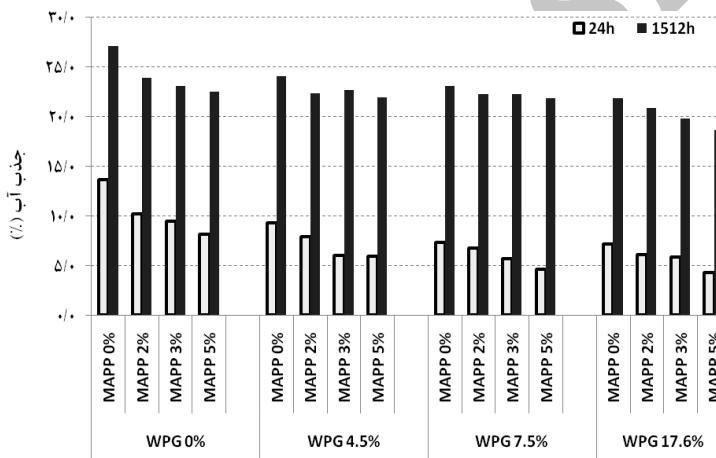
ASE = اثر ضد واکشیدگی (%),  $S_{unt}$  = واکشیدگی ضخامت نمونه تیمار نشده (%),  $S_{ac}$  = واکشیدگی ضخامت نمونه تیمار شده (%)

تهیه تصویر میکروسکوپ الکترونی پوششی<sup>۳</sup> (SEM): به منظور تحلیل بهتر نتایج به دست آمده و مطالعه مرفولوژی ناحیه بینابینی پلیمرها و الیاف، تصاویر الکترون میکروسکوپی تهیه گردیدند. نمونه‌ها با طلا پوشش داده شدند و تصویر آن‌ها با میکروسکوپ الکترونی SEM مدل Philips-XL ۳۰ تهیه گردید. ولتاژ مورد استفاده برای تصویربرداری ۲۰ KV در نظر گرفته شد.

- 1- Water Repellent Effect (WRE)
- 2- Anti-Swelling-Effect (ASE)
- 3- Scanning Electron Microscope (SEM)

## نتایج و بحث

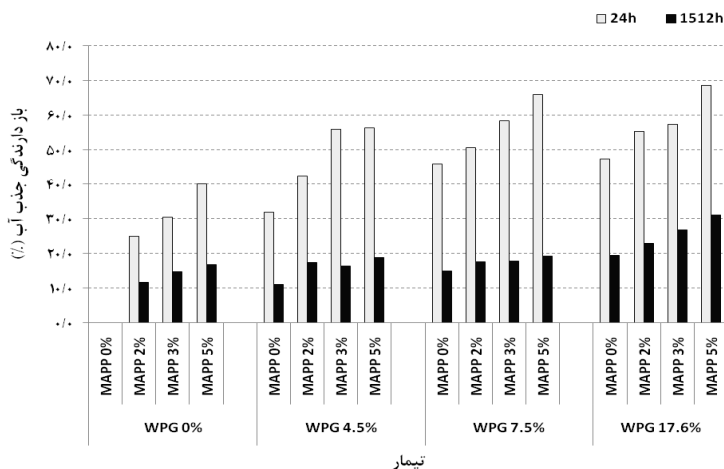
جذب آب نمونه‌های مورد مطالعه پس از ۲۴ و ۱۵۱۲ ساعت غوطه‌وری در آب در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس نتایج مشخص شد که استیله کردن الیاف، تأثیر نسبتاً خوبی در کاهش جذب آب داشت. افزایش شدت تیمار استیلاسیون سبب افت جذب آب در ماده مرکب چوب‌پلاستیک شد. افزایش مقدار سازگارکننده MAPP نیز سبب افت جذب آب گردید. اثر MAPP در کاهش جذب آب نمونه‌های استیله نشده بیشتر و قابل ملاحظه‌تر از نمونه‌های استیله شده بود. استفاده از MAPP، گرچه سبب کاهش جذب آب را در نمونه‌های استیله شده گردید؛ اما این کاهش چندان قابل ملاحظه نبود.



تیمار

شکل ۱- حداکثر مقدار جذب آب چوب‌پلاستیک ساخته شده با الیاف چوب.

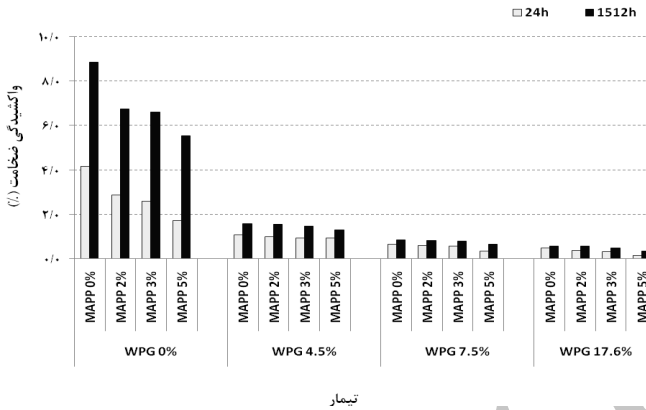
بررسی اثر شدت تیمار استیلاسیون و مقدار سازگارکننده روی بازدارندگی جذب آب مواد مرکب ساخته شده با الیاف استیله شده، نشان دادند که با افزایش شدت تیمار استیلاسیون و مقدار سازگارکننده اثر بازدارندگی جذب آب افزایش می‌یابد (شکل ۲). در نمونه‌های ساخته شده با الیاف استیله شده افزودن سازگارکننده تأثیر چندان بر بازدارندگی جذب آب نداشت.



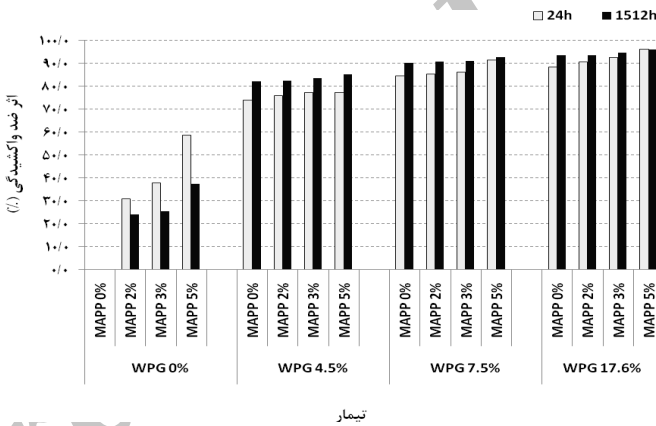
شکل ۲- اثر باز دارندگی جذب آب چوب پلاستیک ساخته شده با الیاف چوب.

حداکثر میزان واكشیدگی ضخامت چوب پلاستیک ساخته شده با تیمارهای مختلف در شکل ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که واكشیدگی ضخامت در نمونه‌های تیمار شده به مقدار قابل ملاحظه‌ای کمتر از چوب پلاستیک تیمار نشده بود. افزایش سازگارکننده MAPP در چوب پلاستیک تیمار نشده سبب کاهش واكشیدگی ضخامت گردید؛ اما در نمونه‌های استیله شده، تفاوتی بین چوب پلاستیک دارای سازگارکننده و بدون سازگارکننده مشاهده نشد. این نکته بیانگر آن بود که استیله کردن الیاف عملکرد MAPP را تحت تأثیر قرار داده است. نتایج نشان دادند که استیله کردن الیاف با شدت ۴/۵ درصد، تأثیر بسیار زیادی بر واكشیدگی ضخامت داشت و افزایش شدت تیمار به بیش از آن سبب افت واكشیدگی ضخامت گردید. اما این افت چندان زیاد نبود.





شکل ۳- حداکثر واکسیدگی ضخامت چوب پلاستیک ساخته شده با الیاف چوب.

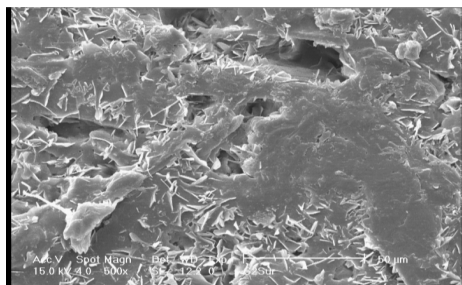


شکل ۴- اثر ضد واکسیدگی چوب پلاستیک ساخته شده با الیاف چوب.

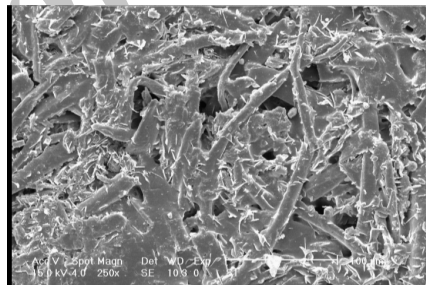
اثر ضد واکسیدگی تیمارهای مختلف چوب پلاستیک در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج نشان دادند که با تیمار استیلایسون، به میزان قابل توجهی این اثر افزایش پیدا کرد. استیلایسون الیاف با شدت تیمار ۴/۵ درصد سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در ثبات ابعاد چوب پلاستیک شد؛ اما افزایش شدت تیمار به بیش از این مقدار، دیگر تاثیر زیادی بر تغییر ثبات ابعاد نداشت. استفاده از MAPP تأثیر بسیار ناچیزی در افزایش ثبات ابعاد داشت. از نتایج چنین بر آمد که استیله کردن الیاف در ثبات ابعاد، اثر گذارتر از استفاده از MAPP بود.

بررسی سطح نمونه‌های چوب‌پلاستیک در تیمارهای مختلف: شکل ۵ سطح چوب‌پلاستیک را در تیمارهای مختلف استیلاسیون و همراه با حضور یا عدم حضور سازگارکننده را نشان می‌دهد. بر اساس بررسی الکترون میکروسکوپی بر روی نمونه‌های چوب‌پلاستیک استیله نشده که در آن‌ها هیچ‌گونه سازگارکننده‌ای به کار نرفته بود، منافذ و فضاهای خالی زیادی در درون نمونه‌ها مشاهده شد (شکل ۵-الف). اما استفاده از سازگارکننده MAPP سبب کاهش تخلخل در نمونه گردید و پوشش بهتری از پلاستیک در سطح نمونه دیده شد (شکل ۵-ب).

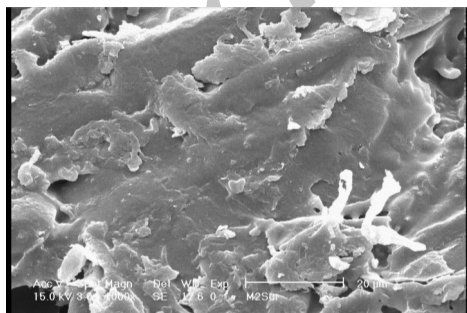
بررسی سطح نمونه‌های چوب‌پلاستیک که استیله شده بودند؛ ولی در آن‌ها از سازگارکننده MAPP استفاده نشده بود، نشان داد که افزایش شدت تیمار استیلاسیون، سبب کاهش تخلخل در نمونه‌های چوب‌پلاستیک می‌گردد (شکل ۵-ج). استفاده از سازگارکننده در چوب‌پلاستیک استیله شده، همراه با کاهش تخلخل و پوشش مناسب‌تری از پلاستیک بر روی سطح نمونه بود (شکل ۵-د).



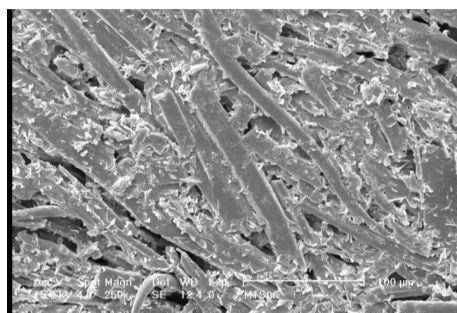
WPG 0%- MAPP 2% (ب)



WPG 0%- MAPP 0% (الف)



WPG 17.68%- MAPP 2% (د)



WPG 17.68%- MAPP 0% (ج)

شکل ۵- تصاویر الکترون میکروسکوپی سطح چوب‌پلاستیک در تیمارهای مختلف.

در تحلیل نتایج می‌توان گفت که در چوب‌پلاستیک، میزان جذب آب با افزایش شدت تیمار استیلاسیون کاهش می‌یابد. در بیان دلیل این کاهش، می‌توان گفت که در طی واکنش استیلاسیون، گروه‌های آب‌گریز استیل موجود در انیدرید استیک جایگزین گروه‌های هیدروکسیل الیاف گردیده‌اند و به دلیل ماهیت آب‌گریزی‌شان، جذب آب الیاف را کاهش داده‌اند (راول، ۲۰۰۶؛ محبی و حاج حسنی، ۲۰۰۵؛ محبی و حاج حسنی، ۲۰۰۸). افزایش مقدار سازگارکننده MAPP سبب کاهش جذب آب گردید. MAPP با کاهش انرژی سطحی الیاف چوب و هم‌چنین با نزدیک کردن انرژی سطحی آن به انرژی سطحی پلی‌پروپیلن سبب ترشوندگی بهتر الیاف چوب توسط پلی‌پروپیلن می‌شود که نتیجه آن افزایش چسبندگی در فاز میانی پرکننده و ماده زمینه پلیمری و هم‌چنین افزایش روانی ماده زمینه پلیمری است که هر دو عامل با از بین بردن فضاهای خالی سبب افزایش چسبندگی مواد مرکب چوب‌پلاستیک دارای سازگارکننده می‌شوند (کلیوزوف، ۲۰۰۷؛ آرلیز و همکاران، ۲۰۰۵). استفاده از MAPP سبب سازگاری بین دو فاز قطبی (الیاف چوب) و غیرقطبی (پلی‌پروپیلن) می‌شود و لایه‌های مرزی ضعیف را از بین می‌برد و در نتیجه سبب بهبود چسبندگی و کاهش فضاهای بین سطحی این مواد می‌گردد و جذب آب را کاهش می‌دهد (بنگتسون و همکاران، ۲۰۰۵؛ دمیر و همکاران، ۲۰۰۶؛ تیونگ و همکاران، ۱۹۹۹).

افزایش سازگارکننده سبب افزایش پیوندهای استری بین گروه‌های هیدروکسیل آزاد الیاف چوب و بخش انیدرید MAPP می‌گردد. بر اثر بلوکه شدن گروه‌های هیدروکسیل، میزان جذب آب در چوب‌پلاستیک‌های دارای سازگارکننده، نسبت به چوب‌پلاستیک‌های بدون سازگارکننده افزایش می‌یابد (آدیکاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ یانگ و همکاران، ۲۰۰۷؛ دمیر و همکاران، ۲۰۰۶؛ ماتوانا و همکاران، ۲۰۰۱).

به‌طورکلی واکنشیدگی بالا چندسازه‌های چوبی به‌دلیل پراکنش و چسبندگی ضعیف ذرات چوبی در ماتریس پلیمری می‌باشد. در چندسازه‌ها با افزایش مقدار سازگارکننده به‌دلیل بهبود سازگاری بین پلیمر و الیاف چوبی سرعت واکنشیدگی کاهش می‌یابد (آدیکاری و همکاران، ۲۰۰۸؛ ماتوانا و همکاران، ۲۰۰۱). با افزایش شدت تیمار استیلاسیون، گروه‌های آب‌گریز استیل موجود در انیدرید استیک به‌تدریج جایگزین گروه‌های هیدروکسیل الیاف می‌شوند و به‌دلیل ماهیت آب‌گریزی‌شان، جذب آب را کاهش می‌دهند. در نتیجه واکنشیدگی ضخامت کاهش می‌یابد. از طرفی، هرچه میزان جایگزینی گروه‌های آبدوست هیدروکسیل (OH) با گروه‌های استیل بیشتر باشد؛ به‌دلیل کاسته شدن از تعداد

گروه‌های هیدروکسیل، گروه‌های عاملی کمتری وجود خواهند داشت تا با مولکول‌های آب پیوند برقرار نمایند. در نهایت جذب آب و واکنشیدگی ضخامت‌ی کاهش خواهند یافت. بنابراین، با افزایش شدت تیمار استیل‌اسیون، میزان گروه‌های هیدروکسیل نیز کمتر می‌شود و جذب آب و واکنشیدگی ضخامت‌ی نیز کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند (راول، ۲۰۰۶؛ محبی و حاج‌حسینی، ۲۰۰۵؛ محبی و حاج‌حسینی، ۲۰۰۸).

در حضور سازگارکننده واکنشیدگی ضخامت‌ی نیز کاهش می‌یابد. در واقع سازگارکننده با افزایش چسبندگی بین دو ماده باعث ثبات ابعادی بیشتر می‌گردد (لو و همکاران، ۲۰۰۵؛ تیونگ و همکاران، ۱۹۹۹). نتایج بررسی‌های الکترون میکروسکوپی نیز مبین بهتر شدن چسبندگی بین الیاف و بسپار بود. همچنین بر اثر استیل‌اسیون، فضاهای بین فازی کاهش نشان داد و ساختار متخلخل کم‌تر شد. در واقع این تصاویر تأیید کردند که استیل‌اسیون بر ساختار فیزیکی چندسازه چوب‌پلاستیک نیز مؤثر بوده است و توجه‌کننده رفتار آب‌گریزی این چندسازه می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

از نتایج این بررسی چنین برآمد که استیل‌اسیون الیاف موجب کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت‌ی در چندسازه چوب‌پلاستیک گردید. افزایش شدت تیمار استیل‌اسیون سبب افت جذب آب و واکنشیدگی ضخامت‌ی در ماده مرکب چوب‌پلاستیک شد. از سوی دیگر، افزایش مقدار سازگارکننده MAPP نیز سبب افت جذب آب گردید. اثر MAPP در کاهش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت‌ی نمونه‌های استیل‌نشده بیش‌تر و قابل ملاحظه‌تر از نمونه‌های استیل‌شده بود. از بررسی الکترون میکروسکوپی سطح نمونه‌های چوب‌پلاستیک، چنین برآمد که افزایش شدت تیمار استیل‌اسیون نقش مطلوبی در کاهش تخلخل چوب‌پلاستیک دارد و استفاده از سازگارکننده نیز این تأثیر را افزایش می‌دهد. هم چنین استفاده از سازگارکننده، پوشش پلاستیک را بر روی الیاف بهبود می‌بخشد و در صورت استفاده از تیمار استیل‌اسیون، این پوشش را بسیار بهتر می‌کند.

## منابع

1. Abdul Khalil, H.P.S., Ismail, H., Ahmad, M.N., Ariffin, A., and Hassan, K. 2001. The Effect of Various Anhydride Modifications on Mechanical Properties and Water Absorption of Oil Palm Empty Fruit Bunches Reinforced Polyester Composites. *Polymer International*. Vol. 50: 395-402.
2. Adhikary, K.B., Pang, S., and Staiger, M.P. 2008. Long-term Moisture Absorption and Thickness Swelling Behavior of Recycled Thermoplastics Reinforced with *Pinus radiata* sawdust, *Chemical Engineering Journal*. Vol. 142 (2): 190-198.
3. American Society for Testing and Materials, ASTM D 7031-04., 2004. Standard Guide for Evaluating Mechanical and Physical Properties of Wood-Plastic Composite Products.
4. Arbelaiz, A., Fernandez, B., Cantero, G., Llano-Ponte, R., Valea, A., and Mondragon, I. 2005. Mechanical Properties of Flax fiber/Polypropylene Composites. Influence of Fiber/Matrix Modification and Glass Fiber Hybridization, *Journal of Composites*. Vol. 36: 1637-1644.
5. Bengtsson, M., Gatenholm, P., and Oksman, K. 2005. The Effect of Cross linking on the Properties of Polyethylene/Wood Flour Composites. *Composites Science and Technology*. Vol. 65: 1468-1479.
6. Bledzki, A.K., and Faruk, O. 2003. Wood Fiber Reinforced Polypropylene Composites: Effect of Fiber Geometry and Coupling Agent on Physico-Mechanical Properties. *Applied Composite Materials*. Vol. 10: 365-379.
7. Chowdhury, J.A., and Wolcott, M.P. 2007. Compatibilizer Selection to Improve Mechanical and Moisture Properties of Extruded Wood-HDPE Composites. *Forest Products Journal*. 57 (9): 46-53.
8. Demir, H., Atikler, U., Balkose, D., and Tihminlioglu, F. 2006. The Effect of Fiber Surface Treatments on the Tensile and Water Sorption Properties of Polypropylene-Luffa Fiber Composites; *Composites Part A*. Vol. 37: 447-456.
9. Dominkovics, Z., Dányádi, L., and Pukánszky, B. 2007. Surface Modification of Wood Flour and its effect on the properties of pp/wood Composites. *Composites Part A*. Vol. 38: 1893-1901.
10. Espert, A., Vilaplana, F., and Karlsson, S. 2004. Comparison of Water Absorption in Natural Cellulosic Fibers from Wood and One-year Crops in Polypropylene Composites and its Influence on Their Mechanical Properties. *Composites Part A*. Vol. 35: 1267-1276.
11. Kazemi, Najafi, S., Kiaeifar, A., Tajvidi, M., and Hamidinia, E. 2007. Water Absorption Behavior and Thickness Swelling Rate of Composites from Sawdust and Recycled Plastics. *Journal of Reinforced Plastic and Composites*. Vol. 26 (3): 341-348.
12. Klyosov, A.A. 2007. *Wood Plastic Composites*. John Wiley and Sons. New Jersey. 192-193.

13. Lu, J., Wu, Q., and Negulescu, I.I. 2005. Wood-Fiber/High-Density-Polyethylene Composites: Coupling Agent Performance. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 96: 93–102.
14. Marcovich, N.E., Reboredo, M.M., Aranguren, M.I. 1998. Dependence of the Mechanical Properties of Wood Flour–Polymer Composites on the Moisture Content. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 68: 2069–2076.
15. Matuana, L.M., Balatinecz, J.J., Sodhi, R.N.S., and Park, C.B. 2001. Surface Characterization of Esterified Cellulosic Fibers by XPS and FTIR Spectroscopy. *Wood Sci. Technol.* Vol. 35 (3): 191–201.
16. Mechraoui, A., Riedl, B., and Rodrigue, D. 2007. The Effect of Fibre and Coupling Agent Content on the Mechanical Properties of Hemp/Polypropylene Composites. *Composite Interfaces*. Vol. 14: 837–848.
17. Mohebby, B., Hadjassani, R. 2008. Moisture Repellent Effect of the Acetylation on Poplar Fibers. *J., Agri. Sci. Tech.*, Vol. 10: 157–163.
18. Mohebby, B., and Hadjassani, R. 2005. Moisture Repellent Effect of the Acetylation on Poplar Fibers. 2<sup>nd</sup> European Conference on Wood Modification. 6-7th Oct., Göttingen, Germany.
19. Rowell, R.M. 2006. Chemical Modification of Wood: A Short Review. *Wood Material Science and Engineering*. Vol. 1: 29–33.
20. Shi, Q.S., and Gardner, D.J. 2006. Hygroscopic Thickness Swelling Rate of Compression Molded Wood Fiber and Wood Fiber/Polymer Composite. *Composites Part A*. Vol. 37: 1276–1285.
21. Sreekala, M.S., Kumaran, M.G., Joseph, S., Jacob, M., and Thomas, S. 2000. Oil Palm Fibre Reinforced Phenol Formaldehyde Composites: Influence of Fibre Surface Modifications on the Mechanical Performance. *Applied Composite Materials*. Vol. 7: 295–329.
22. Tjong, S.C., Xu, Y., and Meng, Y.Z. 1999. Composites Based on Maleated Polypropylene and Methyl Cellulosic Fiber: Mechanical and Thermal Properties. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 72: 1647–1653.
23. Tajvidi, M., and Ebrahimi, G. 2003. Water Uptake and Mechanical Characteristics of Natural Filler-Polypropylene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 88: 941–946.
24. Tajvidi, M., Kazemi Najafi, S., and Moteei, N. 2006. Long-Term Water Uptake Behavior of Natural Fiber/Polypropylene Composites. *Journal of Applied Polymer Science*. Vol. 99: 2199–2203.
25. Tserki, V., Zafeiropoulos, N.E., Simon, F., and Panayiotou, C. 2005. A Study of the Effect of Acetylation and Propionylation Surface Treatments on Natural Fibres. *Composites Part A*. Vol. 36: 1110–1118.
26. Yang, H.S., Wolcott, M.P., Kim, H.S., Kim, S., and Kim, H.J. 2007. Effect of Different Compatibilizing Agents on the Mechanical Properties of Lignocellulosic Material Filled Polyethylene Bio-Composites. *Composite Structures*. Vol. 79: 369–375.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 18(4), 2012*

*http://jwsc.gau.ac.ir*

## **Water Absorption and Dimensional Stability of Polypropylene/Acetylated Wood Fiber**

**P. Fallah-Moghadam<sup>1</sup> and \*B. Mohebbi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>M.Sc. of Wood and Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran, <sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Wood and Paper Sciences, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: 2009-6-21; Accepted: 2011-6-7

### **Abstract**

Influences of the wood fiber acetylation as well as the compatibilizer MAPP on water absorption, thickness swelling and dimensional stability of acetylated wood/polypropylene composites (WPCs) were the main concerns of this research. Wood fibers were acetylated with acetic anhydride without using any catalyst to achieve weight percent gains (WPGs) of 4.5, 7.5 and 17.6%. The acetylated fibers were mixed with MAPP (0, 2, 3 and 5%) and matrix polymer polypropylene (PP) to prepare samples of the WPCs. The samples were made at 180°C with a hot press. Tests specimens were cut and soaked in the water for 1512 hours to determine the water absorption, the thickness swelling, the anti-swelling as well as the water repellent effects in the acetylated WPCs. The interfaces between acetylated wood fibers and the polypropylene were studied with a scanning electron microscope. Results revealed that acetylation of the wood fibers reduced significantly the water absorption and the thickness swelling in the WPCs. Addition of the MAPP decreased those properties as well. However, influence of the fiber acetylation was more effective than that of the MAPP. Electron microscopy of the interfaces showed reduction of micro-gaps in the WPCs and also improved interfaces between matrix polymer (PP) and the wood fiber. It was also revealed that the acetylated WPCs had smooth surfaces.

**Keywords:** Acetylation; Compatibilizer MAPP; Dimensional stability; Water absorption; Wood plastic composites (WPCs)

---

\*Corresponding Author; Email: mohebbiyb@modares.ac.ir