

جنگل و فرآورده‌های چوب، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۰

ص ۱۳۳-۱۴۵

بررسی ویژگی‌های چندسازه‌های خمیر کاغذ-پلاستیک تولیدشده از باگاس با فرآیندهای مختلف خمیر کاغذسازی

- ❖ علیرضا سوخته‌سرایي؛ دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ سحاب حجازی*؛ دانشیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران
- ❖ لیا جمالی راد؛ استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، کرج، ایران
- ❖ محمد احمدی؛ استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
- ❖ سید بهنام حسینی؛ کارشناس ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

در این پژوهش ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌های پلی‌پروپیلن تقویت‌شده با خمیر کاغذهای شیمیایی سولفیت قلیایی-آنتراکینون، سودا-آنتراکینون و مونواتانول‌آمین-آنتراکینون و همچنین مکانیکی باگاس که با نام چندسازه‌های خمیر کاغذ-پلاستیک شناخت می‌شوند، مطالعه شدند و نتایج حاصل بین چندسازه‌های خمیر کاغذ-پلاستیک و چندسازه‌های تولیدشده با آرد باگاس که به‌عنوان چندسازه‌های چوب-پلاستیک مدنظر قرار می‌گیرند، مقایسه شد. نسبت ماده زمینه (پلی‌پروپیلن) به ماده تقویت‌کننده (خمیر کاغذ) ۵۰ به ۵۰ در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که فرایند تهیه خمیر کاغذسازی به‌طور معنی‌داری مدول الاستیسیته، مقاومت کششی، مقاومت خمشی و مقاومت به ضربه چندسازه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این، چندسازه‌های حاوی خمیر کاغذهای شیمیایی، مقاومت و پایداری ابعاد بیشتر و جذب آب کمتری نسبت به چندسازه‌های حاوی خمیر کاغذهای مکانیکی داشتند. در مقایسه با چندسازه چوب-پلاستیک، جذب آب چندسازه‌های خمیر کاغذ به‌شدت کاهش و پایداری ابعاد آنها افزایش یافت. در کل نتایج نشان‌دهنده بهبود ویژگی‌های مقاومتی و فیزیکی در چندسازه‌های خمیر کاغذ-پلاستیک در مقایسه با چندسازه‌های چوب-پلاستیک است.

واژگان کلیدی: پلی‌پروپیلن، چندسازه، خمیر کاغذ، ماده لیگنوسولولزی، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

رفتار کاملاً متفاوتی نسبت به آرد یک ماده لیگنوسلولزی باشد. در دید کلی، فرایند تولید خمیر کاغذ به سه دسته عمده مکانیکی، نیمه شیمیایی و شیمیایی تقسیم می‌شود که هر یک از این فرایندها خود از نظر ترکیب شیمیایی و ساختار الیاف با یکدیگر متفاوت‌اند. تحقیق درباره تأثیر این تفاوت‌ها در ترکیب و ساختار مواد تقویت‌کننده در نحوه شکل‌گیری و ویژگی‌های چندسازه‌های خمیر کاغذ-پلاستیک نیز می‌تواند درخور توجه باشد. گاسان و بلدزکی (۱۹۹۹) در پژوهشی ویژگی‌های مکانیکی الیاف کنف را با استفاده از تیمار قلیایی بررسی کردند. هم‌کشیدگی الیاف در حین این فراوری تأثیر زیادی بر ساختار الیاف و ویژگی‌های مکانیکی آن مثل مقاومت کششی و مدول کششی داشت [۵]. موهانتی و همکاران (۲۰۰۵) اصلاح سطحی (تیمار قلیایی) دو نوع الیاف کنف را به‌عنوان تقویت‌کننده در چندسازه‌های پلیمری تخریب‌پذیر بررسی کردند و اظهار داشتند که اصلاح سطحی الیاف، مقاومت کششی، خمشی و ضربه را در مقایسه با الیاف تیمارنشده بهبود می‌دهد. همچنین، بررسی‌های میکروسکوپی بهبود چسبندگی الیاف و ماده زمینه پس از اصلاح سطحی الیاف را نشان داد. تغییر در توپوگرافی سطح الیاف (افزایش زبری) و همچنین تشکیل فیبریل‌ها می‌تواند سبب چسبندگی بهتر ماده زمینه و الیاف از طریق افزایش نقاط درگیری مکانیکی الیاف و ماده زمینه و در نتیجه بهبود خواص مکانیکی شود [۶]. تیمار شیمیایی الیاف، سبب افزایش چسبندگی بین سطح الیاف و ماتریس پلیمر می‌شود، به‌طوری که این تیمار سطحی نه‌تنها مورفولوژی سطح الیاف را تغییر می‌دهد، بلکه مقاومت الیاف را زیاد می‌کند که در نهایت موجب ارتقای مقاومت‌های

در سال‌های اخیر استفاده از منابع چوبی و پسماندهای کشاورزی به‌عنوان پرکننده و تقویت‌کننده پلاستیک، پذیرش یافته و تحقیقات بنیادی و کاربردی در زمینه پلاستیک‌های تقویت‌شده با مواد لیگنوسلولزی به‌سرعت در حال رشد است [۱، ۲]. تقویت‌کننده‌های لیگنوسلولزی در مقایسه با تقویت‌کننده‌هایی مانند الیاف شیشه و پرکننده‌های معدنی، دارای مزیت‌های فراوانی از جمله دانسیته کمتر، مقاومت و مدول ویژه بیشتر، مقاومت به سایش بیشتر و سهولت اصلاح سطح الیاف‌اند و به‌طور گسترده‌ای نیز در دسترس‌اند [۳]. همچنین این الیاف ارزان‌ترند و می‌توانند در بسیاری از کاربردهایی که در آنها صرفه‌جویی در هزینه بر خواص مقاومتی محصول ارجح است، جایگزین الیاف مصنوعی شوند [۴]. تاکنون در اکثر مطالعات صورت‌گرفته درباره چندسازه‌های چوب-پلاستیک، از آرد چوب یا آرد سایر ضایعات کشاورزی به‌عنوان فاز تقویت‌کننده استفاده شده است. هدف این تحقیق این است که از الیاف خمیر کاغذ به‌عنوان فاز تقویت‌کننده استفاده شود. در فرایند تولید خمیر کاغذ، به‌علت جداسدن برخی از ساختارهای لیگنوسلولزی و اثر انحلال لیگنین و همی سلولزها، قابلیت دسترسی به الیاف بهبود می‌یابد و سطح ویژه بیشتری فراهم می‌شود. همچنین نسبت طول الیاف به قطر الیاف^۱ در شرایطی که از آرد یک ماده لیگنوسلولزی به‌عنوان فاز تقویت‌کننده در ساخت چندسازه استفاده می‌شود، در مقایسه با استفاده از خمیر کاغذ کاملاً متفاوت است. بنابراین می‌توان پیش‌بینی کرد که خمیر کاغذ دارای

1. Aspect ratio

درصد الیاف خمیر کاغذ کرافت با ۴ درصد مالئیک انیدرید پلی پروپیلن به عنوان بهترین تیمار انتخاب شد [۱۰]. این پژوهش به بررسی تأثیرات استفاده از انواع مختلف الیاف خمیر کاغذ حاصل از فرایندهای خمیر کاغذسازی سودا-آنتراکینون، مونواتانول آمین-آنتراکینون، سولفیت قلیایی-آنتراکینون و خمیر شیمیایی- مکانیکی به عنوان تقویت کننده چندسازه‌های چوب-پلاستیک به جای آرد باگاس می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

مواد

در این پژوهش از باگاس مغززدایی شده که از کارخانه پارس تهیه شده بود، به صورت‌های خام و تغییر یافته به عنوان ماده تقویت کننده لیگنوسلولزی استفاده شده است. همچنین پلی پروپیلن مصرفی از نوع ۱۵ ساخت شرکت کیمیا جاوید اصفهان با شاخص جریان مذاب ۳۰-۱۵ گرم بر ۱۰ دقیقه و نقطه ذوب ۱۵۰ درجه سلسیوس به همراه جفت کننده مالئیک انیدرید گرافت شده با پلی پروپیلن نوع PP-G 101 شرکت کیمیا جاوید اصفهان تهیه شد.

روش پژوهش

تولید خمیر کاغذ

در این تحقیق از چهار فرایند سولفیت قلیایی-آنتراکینون، سودا-آنتراکینون، مونواتانول آمین-آنتراکینون و فرایند شیمیایی- مکانیکی برای تولید الیاف استفاده شده است. برای تعیین مقدار لیگنین باقی مانده در خمیر کاغذهای تهیه شده از آزمون عدد کاپا طبق آیین نامه T236 om-99 استاندارد TAPPI

مکانیکی چندسازه‌های چوب-پلاستیک می‌شود. با توجه به اینکه قطبیت الیاف لیگنوسلولزی بسیار زیاد است، تیمار شیمیایی می‌تواند این مشکل را با افزایش چسبندگی بین سطوح الیاف و پلیمر رفع کند [۷]. خادمی اسلام و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی اثر تیمار قلیایی بر ویژگی‌های کششی و مقاومت به ضربه چندسازه پلی پروپیلن- آرد کاه برنج را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که افزایش غلظت هیدروکسید سدیم و زمان تیمار قلیایی، سبب افزایش مقاومت کششی چندسازه نسبت به چندسازه بدون تیمار می‌شود. همچنین افزایش چسبندگی بین الیاف و ماده زمینه و نیز بهبود پیوندهای داخلی آنها سبب کاهش مقاومت به ضربه چندسازه می‌شود [۸]. لی و سین (۲۰۰۳)، از آرد چوب، الیاف خمیر کاغذ کرافت رنگبری شده و الیاف خمیر کاغذ مکانیکی- گرمایی برای تقویت چندسازه‌های چوب-پلاستیک استفاده کردند. نتایج نشان داد چندسازه‌های حاوی ۴۰ درصد الیاف خمیر کاغذ مکانیکی- گرمایی دارای بهترین ویژگی‌های مکانیکی بودند. در کل نتایج حاکی از بالاتر بودن ویژگی‌های مکانیکی چندسازه‌های حاوی الیاف مکانیکی- گرمایی نسبت به چندسازه‌های حاوی الیاف کرافت است که دلیل این برتری به پخش و جهت گیری بهتر الیاف خمیر کاغذ مکانیکی- گرمایی در ماتریس غیرقطبی پلی پروپیلن نسبت به الیاف کرافت رنگبری شده نسبت داده شده است [۹]. بک و پیکرینگ (۲۰۰۸) تأثیر طول الیاف خمیر کاغذ کرافت و کوبش آن بر خصوصیات مکانیکی چندسازه‌های چوب-پلاستیک را بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با کاهش طول الیاف، همه مقاومت‌های مکانیکی چندسازه جز کرنش کاهش می‌یابد. نمونه حاوی ۴۰

دستورالعمل ASTM-D256 استفاده شد. برای ارزیابی مقاومت به سایش چندسازه‌های تولیدشده از دستگاه Pinodisk ساخت ژاپن استفاده شد؛ فشار اعمال‌شده در حین سایش ۳ بار بود.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی

برای اندازه‌گیری پارامتر زاویه تماس از دستگاه زاویه‌سنج^۲ PGX-Goniometer استفاده شد. حجم هر قطره آب برابر ۳/۵ میکرولیتر و مدت زمان اندازه‌گیری نیز ۱۸۰ ثانیه با پنج تکرار بر روی هر نمونه در نظر گرفته شد. برای تعیین پارامتر جذب آب در نمونه‌های ساخته‌شده مورد آزمایش، از یک دوره زمانی ۲ و ۲۴ ساعت بهره گرفته شد و جذب آب نمونه‌ها با ترازوی آزمایشگاهی با دقت ۰/۰۰۱ گرم محاسبه شد. پارامتر میزان واکنشیدگی ضخامت در مرکز و لبه‌ها اندازه‌گیری شد؛ برای اندازه‌گیری ضخامت از کولیس استفاده شد.

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های این بررسی با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل آماری شد و در صورت معنی دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها از روش گروه‌بندی چنددامنه‌ای دانکن برای گروه ندی میانگین‌ها استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های خمیرکاغذهای تولیدی

در این تحقیق برای تولید خمیرکاغذ با فرایندهای خمیرکاغذسازی یادشده پخت‌های متعددی صورت

استفاده شد. سپس باگاس خام و خمیرهای حاصل به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در خشک‌کن قرار گرفت و در ادامه به آرد تبدیل شد. برای تهیه الیاف با اندازه مورد نیاز از الک ارتعاشی با مش ۴۰ و ۶۰ استفاده شد. در ادامه خمیرکاغذها و باگاس خام در دمای ۱۰۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت در آون قرار داده شدند تا رطوبت آنها به کمتر از ۱ درصد برسد.

روش و شرایط ساخت چندسازه‌ها

مقدار الیاف معادل ۵۰ درصد وزن چندسازه و مقدار مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن‌دارشده^۱ به میزان ۳ درصد در نظر گرفته شد. هر تیمار، جداگانه توسط دستگاه اکسترودر مدل Colin-Zk50 با سرعت ۷۰ دور در دقیقه و نقاط دمایی به ترتیب ۱۵۰، ۱۵۵، ۱۶۰، ۱۶۰ و ۱۶۵ درجه سانتی‌گراد ترکیب و پس از سرد شدن، توسط دستگاه آسیاب خرد شد. تیمارها سپس به مدت ۲۴ ساعت در اتو نگهداری شدند در مرحله بعدی توسط دستگاه تزریق با شرایط دمایی ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و سرعت بارگیری ۴۵ دور در دقیقه، فشار ۱۰۰ کیلوگرم بر متر مربع و زمان خنک‌کردن ۸۰ ثانیه، نمونه‌های قابل اندازه‌گیری تهیه شدند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های مکانیکی

برای تعیین مقاومت به کشش، خمش و ضربه نمونه‌ها از دستگاه Instron 4476 طبق دستورالعمل ASTM-D638M-89 (آزمون کشش)، ASTM-D790 (آزمون خمش) با سرعت بارگذاری ۵ میلی‌متر بر دقیقه استفاده شد. همچنین به منظور اندازه‌گیری مقاومت به ضربه از دستگاه SANTAM SIT-20D مطابق با

2. Goniometer

1. MAPP

ساتی‌گراد و زمان ۳۰ دقیقه با قلیابیت ۱۶ درصد خمیر کاغذ بهینه حاصل شد.

خواص مکانیکی چندسازه‌ها

نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های مقاومتی چندسازه‌های الیاف سلولزی- پلی پروپیلن در شکل‌های ۲ تا ۵ خلاصه شده‌اند. هر یک از مقادیر میانگین چهار اندازه‌گیری از چهار نمونه چندسازه است و تجزیه و تحلیل آماری تأثیر نوع الیاف ساخته‌شده با الیاف تیمار شده و تیمار نشده باگاس در جدول ۱ ارائه شده است.

گرفت و در نهایت از هر فرایند یک پخت بهینه انتخاب شد (شکل ۱). معیار بهینه بودن در فرایندهای شیمیایی، عدد کاپای کمتر بود که فرایند مونواتانول آمین در دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۹۰ دقیقه با مقدار ۷۵ درصد مونواتانول آمین، فرایند سولفیت قلیایی-آنتراکینون با درجه حرارت ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان ۹۰ دقیقه با قلیابیت ۱۶ درصد و نسبت سولفیت به هیدروکسید سدیم ۵۰/۵۰ و فرایند سودا-آنتراکینون در شرایط دمایی ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و ۹۰ دقیقه با قلیابیت ۲۰ درصد به ویژگی‌های خمیر کاغذ بهینه منجر شدند. در فرایند CMP در درجه حرارت ۱۶۰ درجه



شکل ۱. بازده قابل قبول و عدد کاپای حاصل از پخت‌های بهینه خمیر کاغذهای مختلف

جدول ۱. تجزیه و تحلیل آماری تأثیر نوع الیاف بر ویژگی‌های مکانیکی چندسازه الیاف سلولزی- پلی پروپیلن (مقدار F و سطح معنی‌دار)

ویژگی متغیر	مدول کششی	مدول خمشی	مقاومت کششی	مقاومت خمشی	مقاومت به ضربه	مقاومت به سایش
نوع فرایند	*۲۱/۸۵	ns۲/۵۱	*۲۲۴/۳۷	*۱۱/۶۱	*۶۹۲/۴۵	*۸/۴۱

سطح معنی‌دار: * ۹۹ درصد، * ۹۵ درصد، ns: معنی‌دار نیست

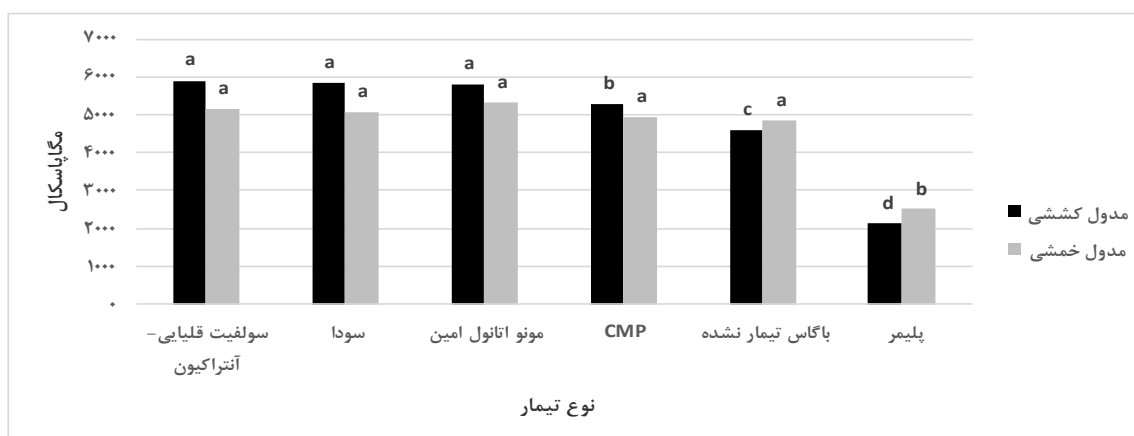
مقدار مدول کششی مربوط به چندسازه حاوی الیاف خمیر کاغذ فرایند سولفیت قلیایی-آنتراکینون (۵۹۰۷ مگاپاسکال)، و کمترین مقدار آن مربوط به باگاس

جدول ۱ نشان می‌دهد که تأثیر نوع الیاف بر مدول کششی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بیشترین

میان اجزا در مقایسه با سایر تیمارها به خوبی صورت نگرفته است. حذف لیگنین از سطح الیاف می‌تواند مقاومت حد فاصل در یک چندسازه، مدول کششی و مقاومت چسبندگی داخلی را افزایش دهد [۱۲].

تأثیر نوع الیاف بر مدول خمشی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار نبوده است. بدین معنا که با اعمال تیمارهای شیمیایی متفاوت اختلاف معنی‌داری در مقادیر مدول خمشی مشاهده نشده است. همان‌طور که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، بین چندسازه حاوی الیاف تیمارنشده باگاس با سایر چندسازه‌های حاوی الیاف حاصل از فرایندهای شیمیایی تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود. نمونه سولفیت قلیایی-آنتراکینون با مقدار ۵۱۴۹/۵ مگاپاسکال دارای بیشترین و نمونه باگاس تیمارنشده (۴۸۵۰ مگاپاسکال) و پلیمر (۵۰۴ مگاپاسکال) دارای کمترین مدول خمشی است. با توجه به سفتی زیاد الیاف سلولزی نسبت به ماده زمینه، الیاف استفاده‌شده اجازه تغییر شکل به چندسازه نمی‌دهد که در نتیجه سبب افزایش مدول خمشی چندسازه‌های چوب پلاستیک می‌شود [۱۳].

تیمارنشده (۴۶۰۴ مگاپاسکال) و پلیمر پلی‌پروپیلن (۲۱۳۴/۳ مگاپاسکال) است. با توجه به شکل ۲ بین تیمار سولفیت قلیایی-آنتراکینون، تیمار مونواتانول‌آمین-آنتراکینون و تیمار سودا-آنتراکینون اختلاف معنی‌داری در مدول کششی وجود ندارد. با اجرای تیمارهای شیمیایی مدول الاستیسیته چندسازه افزایش نشان می‌دهد. افزایش مدول الاستیسیته به دلیل اختلاط بهتر الیاف در ماده زمینه است که در اثر تمیز شدن سطح الیاف، حذف ناخالصی‌ها، افزایش زبری سطح، در نتیجه بهبود برهمکنش مکانیکی اجزا و نیز دفییره شدن الیاف طی فرایند تیمار اتفاق می‌افتد [۱۱]. دفییره شدن الیاف، سبب نرم شدن، افزایش سطح مشترک الیاف و ماده زمینه، برهمکنش و اختلاط بهتر این اجزا و در نتیجه افزایش مدول الاستیسیته می‌شود [۷، ۱۰]. تیمار سولفیت قلیایی-آنتراکینون با سایر تیمارها در این زمینه بهتر عمل می‌کند و نتایج بهتری را نشان می‌دهد، در حالی که نتایج مربوط به تیمار الیاف به‌روش CMP به‌علت عدم لیگنین‌زدایی گسترده نشان می‌دهد که برهمکنش

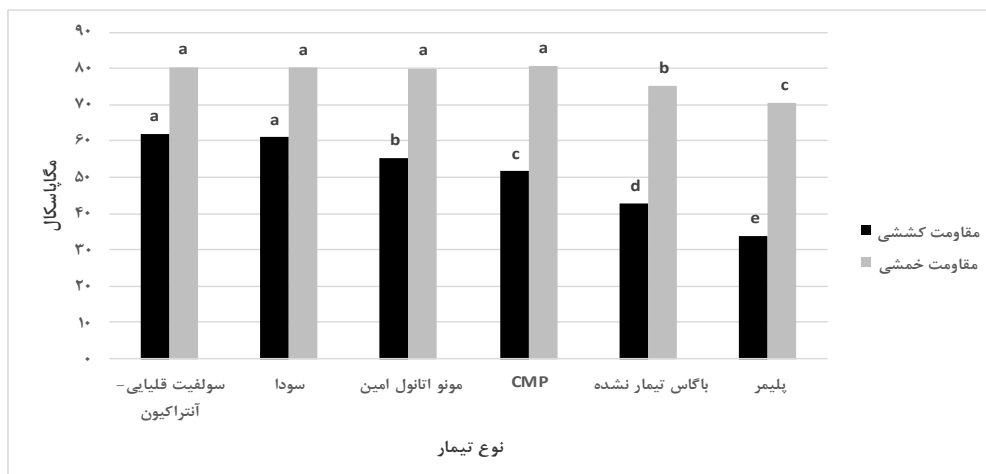


شکل ۲. تأثیر نوع الیاف بر مدول کششی و مدول خمشی (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است)

۹۵ درصد معنی دار بوده است. شکل ۳ نشان می‌دهد که تیمار شیمیایی سبب افزایش مقاومت خمشی چندسازه‌ها شده است و این اختلاف بین نمونه‌های تیمار شده و تیمار نشده معنی دار است، ولی تفاوت مقاومت بین خمیر کاغذهای شیمیایی، و بین خمیر کاغذهای شیمیایی و مکانیکی ناچیز است و اختلاف آن معنی دار نیست. مطابق شکل ۵ بیشترین کمترین مقاومت خمشی به ترتیب در الیاف تیمار شده با فرایند CMP (۸۰/۳۰ مگاپاسکال) و نمونه تیمار نشده باگاس (۷۵/۱۴ مگاپاسکال) و پلی پروپیلن (۷۰/۴۵ مگاپاسکال) دیده شد. حضور لیگنین در ترکیب مواد مرکب چوب-پلاستیک سازگاری و اتصال مواد سلولزی (قطبی) و پلیمر (غیر قطبی) را افزایش می‌دهد و با ایجاد پیوندهای کووالانسی با گروه‌های هیدروکسیل سطوح مواد سلولزی (آرد چوب) برهمکنش و چسبندگی بین ماده لیگنوسلولزی و پلیمر را زیاد می‌کند و در نتیجه انتقال تنش از ماده زمینه (پلیمر) به مواد سلولزی بهتر انجام می‌گیرد و مقاومت خمشی افزایش می‌یابد [۱۵].

تأثیر نوع الیاف بر مقاومت کششی در سطح ۹۵ درصد معنی دار بوده است. به عبارتی با اعمال تیمارهای شیمیایی متفاوت اختلاف معنی داری را در مقادیر مقاومت کششی می‌توان دید. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، چندسازه حاوی الیاف تیمار نشده دارای اختلاف معنی داری با سایر چندسازه‌هاست و پایین‌ترین سطح مقاومت کششی را از خود نشان می‌دهد؛ در حالی که میان ترکیب‌های حاوی الیاف تیمار شده با روش‌های مختلف شیمیایی نیز اختلاف معنی داری مشاهده می‌شود. بهترین مقاومت کششی مربوط به تیمار سولفیت قلیایی - آنتراکینون با مقدار ۶۱/۸۶ مگاپاسکال و کمترین مربوط به چندسازه‌های حاوی الیاف تیمار نشده با مقدار ۴۲/۸۲ مگاپاسکال و پلیمر ۳۳/۹ مگاپاسکال است. لای و ساپوان (۲۰۰۵) با استفاده از تیمار شیمیایی الیاف به بررسی خصوصیات مکانیکی چندسازه‌های ساخته شده از الیاف نارگیل پرداختند و اعلام کردند که با تیمار شیمیایی ۲۵ درصد مقاومت کششی افزایش پیدا کرد [۱۴].

تأثیر نوع تیمار بر مقاومت خمشی در سطح اطمینان

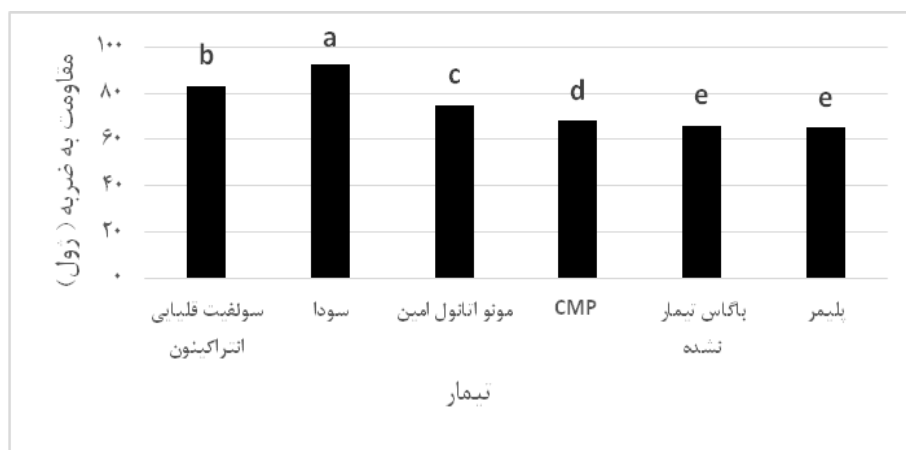


شکل ۳. اثر نوع الیاف بر مقاومت کششی و مقاومت خمشی (حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی دار است)

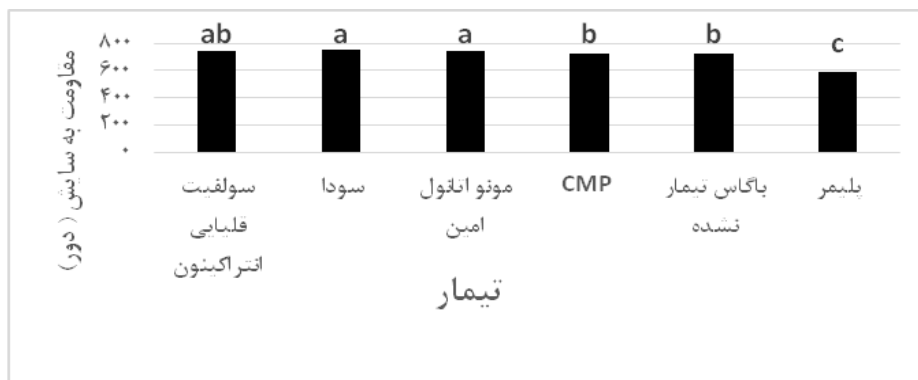
مرزی، و عملکرد اصطکاکی است که موجب بیرون آمدن الیاف از ماده زمینه می‌شود [۱۵].

تأثیر نوع الیاف بر مقاومت به سایش در سطح ۹۵ درصد معنی دار بوده است؛ یعنی در بین فرایندهای مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد اختلاف معنی داری مشاهده شد. با توجه به شکل ۵، اختلاف معنی داری بین پلیمر و تیمارهای مختلف وجود دارد؛ یعنی نوع تیمار هم در این تحقیق بر مقاومت به سایش تأثیرگذار بوده است؛ اما در بین خمیرکاغذهای شیمیایی اختلاف معنی دار دیده نشد.

تأثیر نوع الیاف بر مقاومت به ضربه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار بوده است. مقاومت به ضربه بدون فاق نشان‌دهنده مقاومت ماده در برابر ایجاد شکست است. بنابراین زیاد بودن این مقاومت نشان‌دهنده انرژی جذب‌شده بیشتر است. با توجه به شکل ۴، بیشترین مقاومت به ضربه مربوط به فرایند سودا-آنتراکینون برابر با ۹۲/۲۵ ژول، و کمترین مقاومت به ضربه مربوط به نمونه حاصل از باگاس تیمارنشده و پلیمر به ترتیب با ۶۵/۸۷ و ۶۵ ژول است. مقاومت به ضربه مواد متأثر از فاکتورهای متعددی نظیر سفتی تقویت‌کننده، ماهیت منطقه لایه



شکل ۴. اثر نوع الیاف بر مقاومت به ضربه (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی دار است)



شکل ۵. اثر نوع الیاف بر مقاومت به سایش (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی دار است)

خواص فیزیکی چندسازه‌ها

نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی چندسازه‌های الیاف سلولزی- پلی‌پروپیلن در شکل‌های ۶ و ۷ خلاصه شده است. هر یک از مقادیر میانگین چهار اندازه‌گیری از چهار نمونه چندسازه است که تجزیه و تحلیل آماری تأثیر نوع الیاف ساخته شده با الیاف تیمار شده و تیمار نشده باگاس در جدول ۲ ارائه شده است.

با توجه به اینکه تیمار شیمیایی به افزایش درگیری‌های مکانیکی و چسبندگی الیاف سلولزی با ماتریس پلیمر منجر می‌شود، به کارگیری الیاف سلولزی در چندسازه‌های چوب-پلاستیک سبب افزایش مقاومت به سایش چندسازه می‌شود. همچنین وجود لیگنین در چندسازه، موجب مقاومت به سایش کم می‌شود که اعمال تیمار شیمیایی روی الیاف با خروج لیگنین، تأثیر منفی لیگنین بر مقاومت به سایش را رفع می‌کند [۱۶].

جدول ۲. تجزیه و تحلیل آماری تأثیر نوع الیاف بر ویژگی‌های فیزیکی چندسازه الیاف سلولزی- پلی پروپیلن (مقدار F و سطح معنی‌دار)

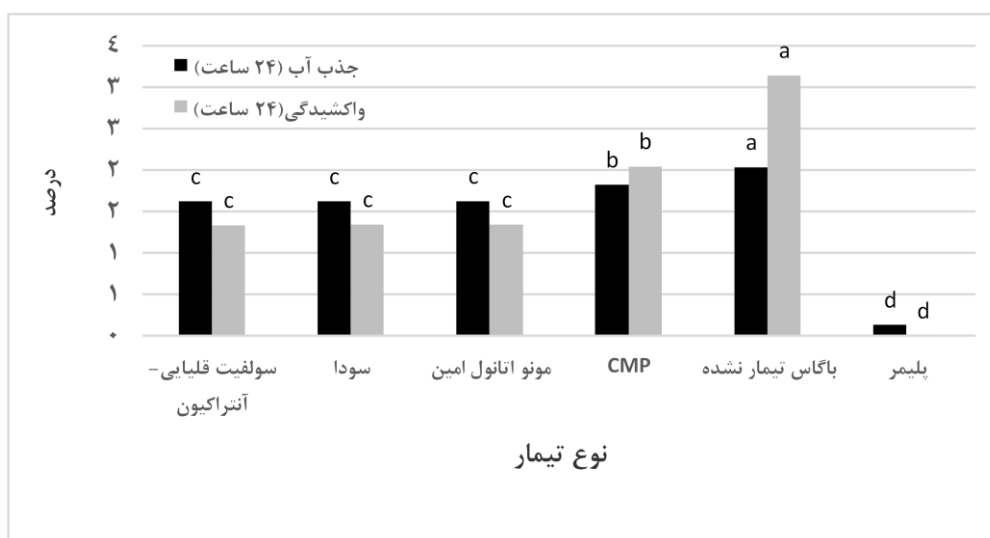
ویژگی متغیر	جذب آب (۲۴ ساعت)	واکسیدگی ضخامت (۲۴ ساعت)	زاویه تماس
نوع فرایند	۱۴۷۳۰/۲۵	۳۹۴۱۹/۳۳	۴۸/۷۸

سطح معنی‌دار: ** ۹۹ درصد، * ۹۵ درصد، NS: معنی‌دار نیست.

خمیر کاغذهای شیمیایی کمتر است. ویژگی‌های شیمیایی الیاف از نظر جذب آب نیز عامل مؤثر دیگری است [۱۷، ۱۸].

اثر نوع الیاف بر واکسیدگی ضخامت در طی ۲۴ ساعت بین تیمارهای مختلف در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. به علت حضور زیاد همی سلولزها در فرایند CMP و همچنین بلورینگی ضعیف در CMP، این فرایند تغییر ابعاد بیشتری را در بین الیاف تیمار شده نشان داد. بر اساس شکل ۶ چندسازه‌های حاوی الیاف تیمار نشده با مقدار ۳/۱۴ درصد بیشترین، و چندسازه‌های حاوی خمیر کاغذ سولفیت قلیایی- آنتراکینون ۱/۳۳ درصد کمترین واکسیدگی ضخامت را در ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب داشتند. تیمار شیمیایی به دلیل حذف همی سلولزها و افزایش بلورینگی الیاف، سبب کاهش واکسیدگی چندسازه‌ها می‌شود [۱۹].

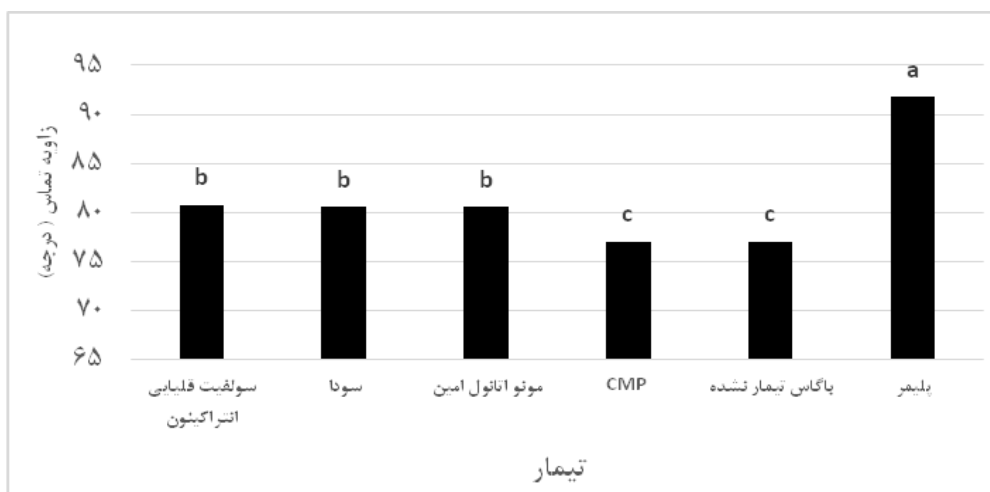
اثر نوع الیاف بر جذب آب در طی ۲۴ ساعت غوطه‌وری بین تیمارهای مختلف در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است. شکل ۶ نشان‌دهنده اختلاف بین تیمارهای مختلف است. بیشترین جذب آب مربوط به نمونه باگاس تیمار نشده (۲/۰۳ درصد) و کمترین میزان جذب مربوط به تیمار مونواتانول‌آمین- آنتراکینون، تیمار سولفیت قلیایی- آنتراکینون و تیمار سودا- آنتراکینون با ۱/۶۲ درصد بوده است. همی سلولزها نقش اساسی در جذب رطوبت و واکسیدگی ابعاد در مواد لیگنوسلولزی دارند. دسترس پذیری الیاف چوبی عامل مهمی در جذب آب چندسازه است [۱۷]. هنگامی که چسبندگی مناسبی بین الیاف و ماده زمینه وجود داشته باشد امکان نفوذ آب به ناحیه سطح مشترک و الیاف کمتر خواهد بود [۷] و در نتیجه جذب آب الیاف و تأثیر منفی آن بر خواص مکانیکی چندسازه نیز جزئی‌تر خواهد بود؛ به همین علت جذب آب چندسازه‌های ساخته شده با



شکل ۶. اثر نوع الیاف بر واکشی‌دگی ضخامت و جذب آب در مدت ۲۴ ساعت غوطه‌وری (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است)

تأثیر نوع الیاف بر پارامتر زاویه تماس در سطح ۹۵ درصد رابطه معنی‌دار نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۷، بیشترین زاویه تماس مربوط به پلیمر (۹۰/۷۵) و چندسازه تولیدشده با خمیرکاغذ سولفیت-قلیایی-آنتراکینون (۸۰/۷۵) و کمترین زاویه تماس مربوط به باگاس تیمارنشده (۷۶/۷۵) و چندسازه تهیه‌شده با خمیرکاغذ CMP

است. مواد لیگنوسولوزی به‌علت دارا بودن ترکیبات آبدوست تشکیل‌دهنده آن به‌ویژه همی سلولزها و سلولز به‌شدت نم‌پذیرند، اما از آنجا که همی سلولزها تأثیر مهمی در جذب آب دارند و در تیمارهای شیمیایی همی سلولزها به‌مقدار زیادی حذف شده‌اند، این تیمارها زاویه تماس بیشتری نسبت به باگاس تیمارنشده از خود نشان دادند [۲۰].



شکل ۷. اثر نوع الیاف بر زاویه تماس (حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار است)

نتیجه گیری

بر پایه نتایج، بهترین مدول کششی مربوط به چندسازه ساخته شده با الیاف تیمارشده به روش سولفیت قلیایی - آنتراکینون به مقدار ۵۹۰۷ مگاپاسکال و کمترین آن در میان الیاف مربوط به باگاس تیمارنشده به مقدار ۶/۴۶۰ مگاپاسکال است؛ چندسازه ساخته شده با الیاف تیمارشده به روش سولفیت قلیایی - آنتراکینون نسبت به چندسازه تهیه شده از باگاس تیمارنشده و پلی پروپیلن خالص به ترتیب ۱۲۸/۲۲ و ۲۷۶/۸۰ درصد افزایش مدول کششی را نشان می دهد. بیشترین مقاومت کششی نیز در چندسازه تولیدشده با خمیر کاغذ سولفیت قلیایی - آنتراکینون به عنوان فاز تقویت کننده به مقدار ۶۱/۸۶ مگاپاسکال، و کمترین آن در نمونه باگاس تیمارنشده با ۴۲/۸۲ مگاپاسکال بوده است. چندسازه ساخته شده با الیاف تیمارشده به روش سولفیت قلیایی - آنتراکینون نسبت به چندسازه تهیه شده از باگاس تیمارنشده و پلی پروپیلن خالص به ترتیب ۱۴۶/۳۶ و ۱۸۹/۱۱ درصد از نظر مقاومت کششی افزایش نشان می دهد. در مدول خمشی بیشترین مقدار مربوط به تیمار سولفیت قلیایی - آنتراکینون با مقدار ۵۱۴۹/۵ مگاپاسکال و کمترین مقدار مربوط به باگاس تیمارنشده با ۴۸۴۵/۶۶ مگاپاسکال است که چندسازه ساخته شده با الیاف تیمارشده به روش سولفیت قلیایی - آنتراکینون نسبت به چندسازه تهیه شده از باگاس تیمارنشده، ۱۰۶/۲۷ درصد افزایش نشان می دهد. علاوه بر این، چندسازه‌های حاوی الیاف تیمارشده با فرایند CMP بیشترین مقاومت خمشی و

الیاف حاصل از فرایند سودا - آنتراکینون بیشترین مقاومت به ضربه را دارند؛ از نظر مقاومت خمشی با مقدار ۸۰/۶۵ مگاپاسکال نسبت به باگاس تیمارنشده ۱۰۷/۳۳ درصد و از نظر مقاومت به ضربه با مقدار ۹۲/۲۵ ژول نسبت به باگاس تیمارنشده ۱۳۹/۴۶ درصد افزایش دیده می شود. براساس نتایج ویژگی‌های فیزیکی چندسازه‌ها، بیشترین جذب آب در مدت ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب، متعلق به نمونه باگاس تیمارنشده با ۲/۰۲ درصد، و کمترین جذب آب در ترکیب حاوی الیاف تیمارشده به روش سودا با ۱/۶۲ درصد است که ۸۰/۱۹ درصد نسبت به نمونه باگاس تیمارنشده کاهش نشان می دهد. در واکنشیدگی ضخامت نیز نمونه تیمارنشده باگاس با ۳/۱۴ درصد در ۲۴ ساعت بیشترین واکنشیدگی را داشت و کمترین تغییر بعد ضخامت در ۲۴ ساعت در ترکیب حاوی الیاف تیمارشده با فرایند سولفیت قلیایی - آنتراکینون به مقدار ۱/۳۱ درصد مشاهده شد، که ۴۱/۷۱ درصد نسبت به نمونه تهیه شده از باگاس تیمارنشده کاهش دارند. به طور کلی به کارگیری خمیر کاغذ به جای آرد ماده لیگنوسلولزی سبب افزایش برهمکنش الیاف - پلیمر، افزایش سطح اتصالات و تغییر خواص الیاف می شود و در نهایت تأثیر بسزایی در افزایش ویژگی‌های مکانیکی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی چندسازه‌ها دارد. تحقیقاتی مجزا با هدف بررسی ویژگی‌های حرارتی چندسازه‌های حاصل از خمیر کاغذ در مقایسه با چندسازه تهیه شده از آرد ماده لیگنوسلولزی ضرورت دارد.

References

- [1]. Zahedi, M., Tabarsa, T., Madhoushi, M., and Shakeri, A.R. (2013). Effect of nanoclay (Montmorillonite) on the physical-mechanical properties of polypropylene / wood flour composites. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 20(3): 95-110.
- [2]. Buzarovska, A., Bogoeva, G., Grozfanov, A., Avella, M., and Gentile, G. (2009). Potential use of rice straw as filler in eco-composite materials. *Australian Journal of Crop Science*, 1(2): 37-42.
- [3]. Kord, B. (2009). Improvement of practical properties of wood polymer composite with nanoclay particles. *Journal of Materials Engineering*, 1(4): 369-377.
- [4]. Froozanfar, R., Sukhtesarie, A., and Noroozi, E. (2011). The management of leavings in cellulosic industries (case study). The 5th National Conference & Exhibition on Environmental Engineering. Nov. 19-23 Tehran.
- [5]. Gassan, J., and Bledzki A.K. (1999). Alkali treatment of jute fibers: relationship between structure and mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 71(2): 623-629.
- [6]. Mohanty, A.K., Khan, M.A., and Hinrichsen, G. (2005). Surface modification of jut and its influence on performance of biodegradable jute- fabric / biopol composite. *Composites Science and Technology*, 60: 1115-1124.
- [7]. Li, x., Tabi, L., and Panigrahi, S. (2007). Chemical treatment of natural fiber for Use natural fiber-reinforced composites: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 15 (1): 25-33.
- [8]. Khademi Eslam, H., Kargar, M., Bazayar, B., and Hedjazi, S. (2010). Investigation on the effect of alkali treatment of the rice straw on mechanical properties of rice straw flour-polypropylene composites. *Journal of Renewable Natural Resources*, 1(2):84-97.
- [9]. Li, H., and Sain, M. (2003). High stiffness natural fiber-reinforced hybrid polypropylene composites. *Polymer-Plastic Technology and Engineering*, 42 (5): 853-862.
- [10]. Beg, M.D.H., and Pickering, K.L. (2008). Mechanical performance of Kraft fibre reinforced polypropylene composites: Influence of fibre length, fibre beating and hygrothermal ageing, *Journal of Composites: Part A*, 39:1748-1755.
- [11]. Lee Y, H., Sain, M., Kuboki, T., and Park, C.B. (2009). Extrusion foaming of nano-clay filled wood fiber composites for automotive applications. *Journal of Material and Manufacturing*, 1(1):641-647.
- [12]. Niaraki, P., Jahan Latibari, A., Roohnia, M., and Tajdini, A. (2014). The influence of fiber lignin content on mechanical properties of wood fiber-polypropylene composites, *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 29(1):1-11.
- [13]. Ghofrani, M., Pishan, S., Mohammadi, M., and Omidi, H. (2011). Study of physical and mechanical properties of wood-plastic composites using rice husk / waste HDPE. *Journal of Environmental Sciences*, 9(1): 99-112.
- [14]. Lai, Y., and Sapuan, S.M. (2005). Mechanical and properties of coconut Coir Fiber-Reinforced polypropylene Composites. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 44(2):619-632.
- [15]. Behrooz, R., Younesi Kordkheili, H., and Kazemi Najafi, S. (2011). Use of kraft lignin as compatibilizer in wood flour-polypropylene composites. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26 (3):454-465.
- [16]. Sukhtesaraie, A., Noroozi, E., and Ahmadi, M. (2014). Production and evaluation of cellulosic fiber- Plastic composites Properties, *Journal of Nano World*, 37: 43-57.

- [17]. Basiji, F., Safdari, V., Latibari, A., and Nourbakhsh, A. (2010). Effect of fiber length on mechanical properties of wood composite plastic (Polypropylene). *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 25(2):187-200.
- [18]. Gyoung Gwon, J., Lee, S., Chun, S.J., Doh, G., and Kim J. (2010). Effect of chemical treatments of wood fibers on the physical strength of polypropylene based composites. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 27(2):651-657.
- [19]. Kannan, R., Sasitharan, N., and Mat, J. (2012). The effect of sodium hydroxide on water absorption and biodegradability of low density polyethylene (LDPE/sugarcane bagass) composites. *Canadian Journal on Mechanical Sciences & Engineering*, 3(1):19-24.
- [20]. Talavera, J.F., Guzmán, J.A., Richter, H.G., Dueñas, R., and Quirarte, J.R. (2007). Effect of production variables on bending properties, water absorption and thickness swelling of bagasse/plastic composite boards. *Industrial Crops and Products*, 26(1):1-7.