

ارزیابی ویژگی های چندسازه های چوب پلاستیک ساخته شده از باگاس بعد از هوازیدگی تسریع شده

پیوند دارابی^{۱*}، علی نقی کریمی^۲، محمد آزاد فلاح^۳ و مهدی تجویدی^۴

^۱ دکتری علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۲ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران و استاد انستیتو تحقیقات جنگل و

فراورده های جنگلی تروپیکال (INTROP)، دانشگاه پوترای مالزی

^۳ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

^۴ دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

چکیده

چندسازه چوب پلاستیک (WPCs) ماده مرکبی متشکل از مخلوط چوب (به صورت آرد یا ذره های لیفی) و رزین (ترموست یا ترموپلاستیک) می باشد. این محصول در مصارف ساختمانی و غیر ساختمانی کاربرد بسیار دارد و از سال پیدایش تا کنون مصرف آن روندی رو به رشد داشته است. افزودن آرد چوب درون پلیمر نه تنها باعث بهبود خواص مکانیکی این محصول در مقایسه با پلیمر خالص می شود، بلکه ویژگی شکل پذیری این محصول منجر به افزایش کاربرد آن نیز می شود. با افزایش تقاضا برای این محصول، کاهش برداشت از جنگل ها در پی قوانین حفاظت از جنگل ها و رو به رو شدن تولید کنندگان این صنعت با کمبود ماده اولیه، دیگر مواد لیگنوسولوزی به عنوان جایگزین برای آرد چوب مورد استفاده قرار گرفتند. فرآورده های جانبی محصولات کشاورزی مانند کنف، لیف نارگیل، سبوس برنج و باگاس (پسماند نیشکر پس از استخراج شکر) از جمله مواد لیگنوسولوزی هستند که در ساخت این محصول می توان از آنها به عنوان پرکننده پلیمر استفاده کرد. افزایش مصارف چندسازه چوب پلاستیک (WPC) در محیط بیرون از ساختمان بیش از پیش اهمیت دوام این فرآورده را روشن می سازد. این محصولات هنگامی که به مدت طولانی در معرض اشعه فرابنفش (فرسایش نوری)، باران، برف و آلودگی های جوی بیرون از ساختمان قرار می گیرند، دچار تخریب می شوند که تغییر رنگ و کاهش ویژگی های مکانیکی از مشخصه های این گونه تخریب می باشند. امروزه بسیاری از کارخانه های تولیدی چوب پلاستیک از باگاس به عنوان ماده اولیه استفاده می کنند. محصولات این کارخانه ها در مصارفی چون آلاچیق سازی، رونمای ساختمان و غیره، در رنگ ها و طرح های مختلف مورد استفاده قرار می گیرد. لیکن تا کنون تحقیقی در رابطه با میزان تاثیر هوازیدگی بر روی ویژگی های این سازه ساخته شده از باگاس صورت نگرفته است. در این تحقیق نمونه های پلی اتیلن با چگالی بالا همراه با مخلوط باگاس به صورت رنگی و غیر رنگی، توسط دستگاه تزریق چسب (اکستروژن) به صورت نما رخ (پروفیل) ساخته و به مدت ۱۴۴۰ ساعت تحت تاثیر هوازیدگی تسریع شده قرار گرفتند. شدت تغییر و نوسان شیمیایی و مکانیک و کیفیت سطح نمونه ها پس از هوازیدگی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد استفاده از باگاس به عنوان پرکننده در پلی اتیلن با چگالی بالا می تواند تغییر رنگ ناشی از هوازیدگی را در مقایسه با محصولات دیگر ساخته شده از آرد چوب کاهش دهد. استفاده از رنگدانه درون ترکیبات چندسازه چوب پلاستیک می تواند در برابر هوازیدگی ثبات رنگی را افزایش دهد، هر چند تاثیر مثبتی بر روی ویژگی های مکانیکی نداشته اند.

واژه های کلیدی: هوازیدگی، چندسازه چوب پلاستیک، تغییر رنگ، باگاس و ویژگی های مکانیکی.

مقدمه

تولید فرآورده‌های مرکب چوب پلاستیک^۱ (WPCs) چندین دهه مورد توجه قرار گرفته و با شتابی بالاتر از شتاب رشد دیگر محصولات چوبی و پلاستیکی در بازار جهانی رشد کرده است. با افزایش تقاضا برای این محصول و کمبود آرد چوب برای تولید کنندگان، اغلب دیگر الیاف لیگنوسلولزی (برای مثال الیاف کشاورزی)^۲ به عنوان پرکننده (فیلر) در پلیمر به کار گرفته می‌شوند. از برتری‌های استفاده از این مواد در صنعت چوب پلاستیک می‌توان به سبکی، چگالی، قیمت پایین، سختی ویژه، تجدیدپذیری و تجزیه پذیری بالای محصولات تولیدی اشاره کرد. افزایش موارد مصرف این محصول در فضاهای باز باعث توجه به دوام این محصول شده است. چندسازه چوب پلاستیک دارای لیف طبیعی است و به همین دلیل بر اثر عامل‌های محیطی دچار فرسایش و تخریب می‌شود. چوب پلاستیک هنگامی که در معرض هوازدهی طبیعی قرار می‌گیرد، دچار فرسایش نور (فوتوشیمیایی) می‌شود. این فرسایش باعث ایجاد تغییر و نوسان در ویژگی‌های شیمیایی، فیزیکی و مکانیکی آن می‌شود (دارابی، ۱۳۸۹). بعضی از تاثیرگذاری‌های این تخریب بر محصول با تغییر رنگ، ترد و شکننده شدن ماده و کاهش مدول کشسانی (الاستیسیته) و مقاومت به ضربه مشخص می‌شوند. همانطور که در منابع آمده است افزودن آرد چوب به نوبه خود باعث تسریع این هوازدهی می‌شود (Stark and Matuana 2003). در تحقیقات ثابت شده است که این تخریب ناشی از شکست در ساختار ترکیبات لیگنین رخ می‌دهد. ساختار آروماتیک لیگنین برای شکست به انرژی کمتری نسبت به دیگر ترکیبات کربنی نیاز دارند و همچنین در بین ترکیبات چوب (در نتیجه گروه‌های رنگساز خود) بالاترین جذب اشعه ماوراءبنفش را دارد. لیف‌های طبیعی تولیدی از محصولات جانبی کشاورزی نسبت به پهن‌برگان و سوزنی‌برگان دارای لیگنین کمتری هستند و به همین دلیل انتظار می‌رود در

برابر هوازدهی نسبت به دیگر محصولات چوب پلاستیک تولید شده با آرد چوب از خود مقاومت بالاتری نشان دهد. تولید محصولات چوبی و کاغذی از باگاس در ایران در سالهای گذشته رونق چندانی نداشته است و اغلب به عنوان سوخت برای کارخانه‌های تولید شکر مورد استفاده قرار می‌گرفته است. لیکن در چند دهه اخیر با توجه به حجم بالای تولید باگاس و کمبود چوب، وزارت صنایع با اعمال اولویت‌های سرمایه‌گذاری و اعطای تسهیلات سعی در ترغیب تولیدکنندگان در مصرف این محصول کشاورزی داشته است (رشیدی، ۱۳۸۶). امروزه مصرف آن در نئوپان و کاغذسازی رونق دارد و در صنعت چوب پلاستیک نیز وارد شده است. دامنه مصارف باگاس در جهان در مقایسه با ایران بسیار گسترده می‌باشد و از غذای دام گرفته تا تولید ظرف‌های تجزیه پذیر مورد استفاده قرار می‌گیرد. باگاس دارای ۴۶٪ سلولز، ۲۴/۵٪، همی‌سلولز، ۱۹ - ۲۰٪ لیگنین، ۳/۵٪ واکس و چربی، ۲/۴٪ خاکستر، ۲٪ سیلیس و ۱/۷٪ مواد دیگر می‌باشد (Mulinari, Voorwald et al. 2009). تحقیقات نشان داده است استفاده از خمیر پشم شیشه نانو (نانوفایبرباگاس) مقاومت کششی خشک و تر بهتری از خود نشان می‌دهد (Hassan, Mathew et al. 2010). همچنین ساخت چندسازه مرکب از الیاف سلولزی جداشده از باگاس رنگبری شده از فرآیند خمیر کاغذ کرافت همراه با پلاستیک طبیعی نشان داده است، با افزایش میزان الیاف باگاس درون پلیمر طبیعی، مدول یانگ و مقاومت کششی افزایش قابل توجه می‌یابد. افزودن الیاف باگاس به پلیمر طبیعی به نسبت ۵٪ باعث افزایش جذب آب شده، ولی در نسبت‌های بالاتر ترکیب الیاف با پلیمر، این افزایش جذب کاهش می‌یابد. با این وجود افزایش نسبت الیاف باگاس استفاده شده در چندسازه باعث افزایش تجزیه زیستی (بیولوژیکی) آن نیز می‌شود (Bras, Hassan et al. 2010). در آزمایش‌های انجام شده بر روی تخته‌های ساخته شده از اختلاط باگاس/ پلی‌پروپیلن توسط قالب‌گیری تزریقی نشان داده شده است که گازهای متصاعد شده از تخریب گرمایی باگاس در دمای بالاتر از ۱۸۵ درجه سلسیوس، در

¹ Wood Plastic Composite

² Agrofibers

Matuana 2002; Cibulkova, Simon et al. 2005; Muasher and Sain 2006; Stark and Matuana 2006). همچنین بررسی تاثیر استفاده از آرد گونه‌های مختلف چوبی به عنوان پرکننده در پلیمر بر روی تاثیر هوازدهی مورد بررسی قرار گرفته شده است (Fabiya and McDonald 2010). لیکن تاثیر استفاده از الیاف لیگنوسولوزی تولیدی از محصولات کشاورزی مورد بررسی روی میزان هوازدهی مورد بررسی قرار نگرفته است. همچنین قرار گرفتن این محصولات در محیط باز نه تنها با عامل های هوازدهی و تخریب نوری تهدید می‌شود، بلکه با عامل های زیستی نیز تهدید می‌شوند. هوازدهی می‌تواند نقش موثری در تاثیر تخریب زیستی ایفا کند که تاکنون در این رابطه منابع علمی کافی در دسترس نمی‌باشد. در این تحقیق سعی شده است ویژگی های مختلف تخته‌های ساخته شده از باگاس/ پلی اتیلن چگالی بالا پیش و پس از هوازدهی مورد بررسی و ارزیابی قرار گیرد. همچنین بعضی از ویژگی ها مانند کاهش جرم و تغییر رنگ نمونه‌ها هوازده و غیرهوازده پس از قرار گرفتن در معرض قارچ نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق، از باگاس عبور داده شده از الک ۲۰ مش به عنوان پرکننده، پودر پلی اتیلن سنگین (HDPE)^۱ (شرکت LUTENE-X با نام تجاری WE6040)، و رنگدانه قهوه‌ای مسترچ تهیه شده از شرکت فراشیمی ایلام با درجه ۷۱۱۰ استفاده شد.

برای ساخت تخته روش روزن رانی (اکستروژن) در شرایط صنعتی استفاده شد. در ساخت تخته‌ها از دو فرمول ترکیب استفاده شد. نمونه‌های بدون رنگ از مخلوط ۴۹٪ پلی اتیلن و ۴۹٪ آرد باگاس و ۲٪ وزن خشک کل عامل جفت کننده مالئیک انیدرید پلی پروپیلن (MAPP)^۲ و ۱٪ عامل روان کننده استفاده شد. برای ساخت تخته‌های رنگی از مخلوط ۴۷.۵٪ پلی اتیلن و ۴۷.۵٪ آرد باگاس و ۲٪ وزن خشک کل عامل جفت

سیلندر تزریق جمع شده و باعث ایجاد حفره‌های خالی در محصول نهایی می‌شوند. در نتیجه ایجاد این حفره‌ها ویژگی های مکانیکی نیز کاهش پیدا می‌کنند. با افزایش دما از ۱۶۰ درجه تا ۲۶۰ درجه سلسیوس میزان کاهش ویژگی های مکانیکی افزایش می‌یابد (Shibata, Bozlur et al. 2010). با این وجود افزودن ۲۰ درصد وزنی MAPP در ترکیب مواد، مقاومت به ضربه و مقاومت کششی را تا ۳۵ و ۴۵ درصد افزایش می‌دهد. Sousa و همکارانش در سال ۲۰۰۴ نشان دادند که بهترین مقاومت برای تخته‌های ساخته شده از باگاس و پلی استر هنگامی به دست خواهد آمد که در ساخت تخته‌ها از باگاس با ابعاد کمتر از ۲۰ مش استفاده شود و قند و مواد محلول در الکل باگاس پیش از ساخت تخته‌ها استخراج شده باشند (Sousa a, Monteiro a et al. 2004).

پلی اتیلن با چگالی بالا پلیمر ترموپلاستیک مهندسی شده‌ای است که به دلیل قیمت مناسب، ویژگی های مکانیکی خوب و آسانی فرآوری در بسیاری از کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Albano, Karam et al. 2008; Lei, Wu et al. 2007; Li, Hu et al. 2008). ترکیب این ماده غیر قطبی با مواد لیگنوسولوزی قطبی دشواری ناسازگاری را به وجود می‌آورد. برای سازگاری و ایجاد اتصال های قابل قبول بین این دو ماده تیمارهای سطحی مختلف برای الیاف (Karnitz, Gurgel et al. 2007; Liu, Suna et al. 2007; Mulinari, Voorwald et al. 2009; Li, Hu et al. 2008) و مواد افزودنی (Keener, Stuart et al. 2004) بسیاری مورد آزمایش قرار گرفته‌اند.

امروزه چندسازه چوب پلاستیک بیشترین کاربرد را به عنوان کفپوش در محیط باز دارد. به همین دلیل بحث هوازدهی این محصول توجه بسیاری از محققان را به خود معطوف داشته است. تاثیر تثبیت کننده بازدارنده آمین، جاذب‌های فرابنفش، رنگدانه‌ها و تاثیر غلظت‌های مختلف آنها در شرایط گرمایی مختلف بر روی تثبیت نوری، تغییر رنگ و ویژگی های خمشی تخته‌های پلی-اتیلنی با چگالی بالا/ آرد چوب پس از هوازدهی تسریع شده بسیار مورد بررسی قرار گرفته است (Stark and

¹ High Density Polyethylene

² Maleated Polypropylen

and Matuana 2007). این شاخص‌ها از روی نقطه اوج خالص به دست آمده از طیف اصلاح شده نمونه‌ها در قسمت ۱۷۱۵، ۱۰۳۰، و 2915 cm^{-1} برابر فرمول‌های زیر به دست آمد:

$$\text{Wood index} = \frac{I_{1080}}{I_{2915}} * 100$$

$$\text{Carbonyl index} = \frac{I_{1715}}{I_{2915}} * 100$$

طیف چوب در ناحیه 1023 cm^{-1} یک نقطه اوج قوی نشان می‌دهد که مرتبط با ارتعاش کششی C-O سلولز و تغییر شکل اتصال C-O در لیگنین می‌باشد. این نقطه اوج توسط نقطه اوج 2915 cm^{-1} که مربوط به ارتعاش کششی اتصال C-H الکانی گروه متیلین است، عادی می‌شود. در همه منابع نشان داده شده است که شاخص چوب در چرخه هوازدهگی کاهش می‌یابد. در نتیجه این شاخص به عنوان معیاری برای اندازه‌گیری درجه شدت تخریب و میزان چوب باقی مانده در سطح مورد استفاده قرار می‌گیرد. مدول کشسانی نمونه‌ها نیز با آزمون خمشی سه نقطه انجام شد. در پایان از نمونه‌های هوازده و غیر هوازده به مدت ۱۲ هفته برابر استاندارد اروپا (EN 113) تحت تاثیر قارچ پوسیدگی قهوه‌ای (*Coniophora puteana*) قرار گرفتند. پس از ۱۲ هفته نمونه‌ها از محیط کشت خارج شدند و تغییر رنگ و کاهش جرم نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در ازای هر ۲ نمونه از چندسازه مورد نظر، ۱ نمونه چوب کاج نیز به عنوان کنترل میزان فعالیت قارچ در محیط، درون ظرف های آزمایش قرار گرفت.

نتایج و بحث

پس از ۱۴۴۰ ساعت هوازدهگی نمونه‌ها از دستگاه هوازدهگی تسریع شده خارج شدند و آزمون رنگ بار دیگر روی همه نمونه‌ها صورت گرفت. عامل L^* مربوط به روشنی بوده و در چندسازه چوب پلاستیک با گذشت زمان هوازدهگی افزایش پیدا کرد (ΔL + برای بیان روشنی و ΔL - برای بیان تیرگی هستند). در این بررسی با گذشت زمان هوازدهگی L^* نمونه‌ها افزایش پیدا کرد.

کننده مالئیک انیدرید پلی‌پروپیلن (MAPP) ^۱، ۳٪ پیگمنت و ۱٪ عامل روان کننده استفاده شد. مواد پیش از ساخت در پیش مخلوط کن (پریمیکسر) به مدت ۵ دقیقه با شتاب ۳۰۰ rpm در دمای ۱۱۵ درجه به خوبی با هم مخلوط شدند و سپس نمونه‌ها با دستگاه تزریق چسب مخروطی دو مارپیچ گردون که در انتها به دای I شکل متصل بود ساخته شدند. نمونه‌ها پس از خنک شدن در حوض آب برای قرار گیری در دستگاه هوازدهگی تسریع شده بریده شدند. نمونه‌ها یکبار پیش از هوازدهگی و بار دیگر پس از ۱۴۴۰ ساعت هوازدهگی مورد بررسی قرار گرفتند. برای هوازده کردن نمونه‌ها از دستگاه هوا سنجی QUV weatherometer استفاده شد. این دستگاه برابر استاندارد (BS EN ISO 4892-2:2006+A1:2009) عمل می‌کند و نمونه‌ها در چرخه هوازدهگی شامل ۱۰۲ دقیقه نور به تنهایی و به دنبال آن ۱۸ دقیقه نور و پاشش آب به طور همزمان و شدت تابش $41/5 \text{ w/m}^2$ بین طول موج ۳۰۰ و ۴۰۰ نانومتر قرار می‌گیرند. رطوبت در فاصله‌هایی که تنها نور تابیده می‌شود $5 \pm 65\%$ و دمای دیواره (پانل‌های سیاه $3 \pm 60^\circ\text{C}$ تنظیم شده بود. برای سنجش رنگ از دستگاه رنگ‌سنج و سامانه رنگی CIELAB^۲ استفاده شده است. میزان ΔL ، Δa و Δb از تفاوت میزان اولیه و نهایی L ، a و b اندازه گیری شده، به دست آمد و با استفاده از فرمول زیر میزان ΔE (تغییر رنگ) پس از ۱۴۴۰ ساعت محاسبه شد.

$$\Delta E_{ab} = (\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2)^{1/2}$$

FT-IR نمونه‌ها که با استفاده از طیف سنجی Vertex Spectrum 80 در مد انعکاس کل رقیق شده (ATR)^۳ انجام شد، اطلاعاتی در رابطه با گروه‌های فعال در سطح نمونه فراهم کرده است.

از اطلاعات به دست آمده از این طیف سنجی شاخص‌هایی چون شاخص چوب و شاخص کربونیل برابر روش مورد استفاده Stark و Matuana محاسبه شد (Stark

¹ Maleated Polypropylen

² Commission International Emission

³ Attenuated Total Reflectance (ATR)

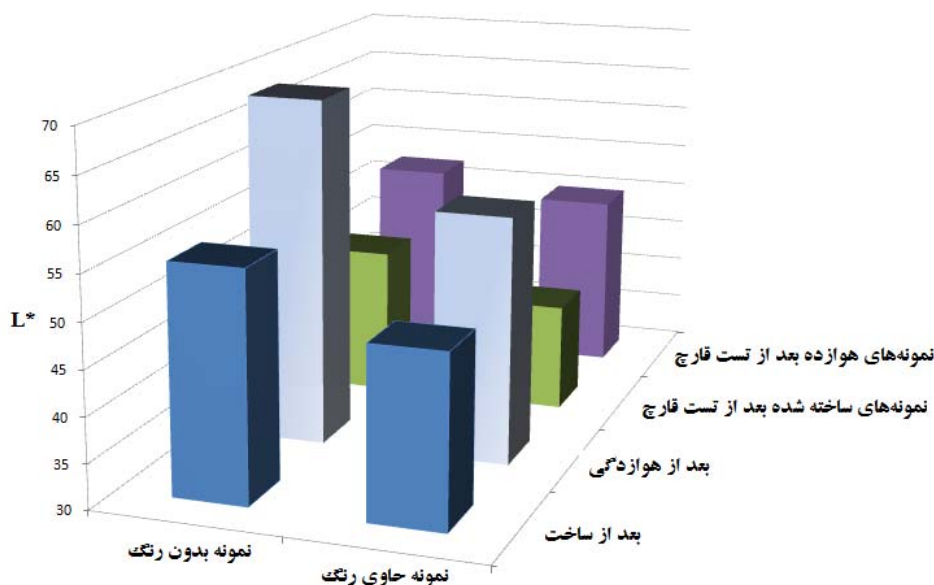
دیده می‌شود (Du, Wang et al. 2010).

در مرحله بعد نمونه‌های هوادیده و غیر هوادیده به مدت ۱۲ هفته تحت شرایط آزمایشگاهی در معرض قارچ پوسیدگی قهوه‌ای قرار گرفتند. پس از مدت یاد شده نمونه‌ها خارج و میزان کاهش جرم و میزان تغییر رنگ هر کدام از نمونه‌ها اندازه‌گیری شد.

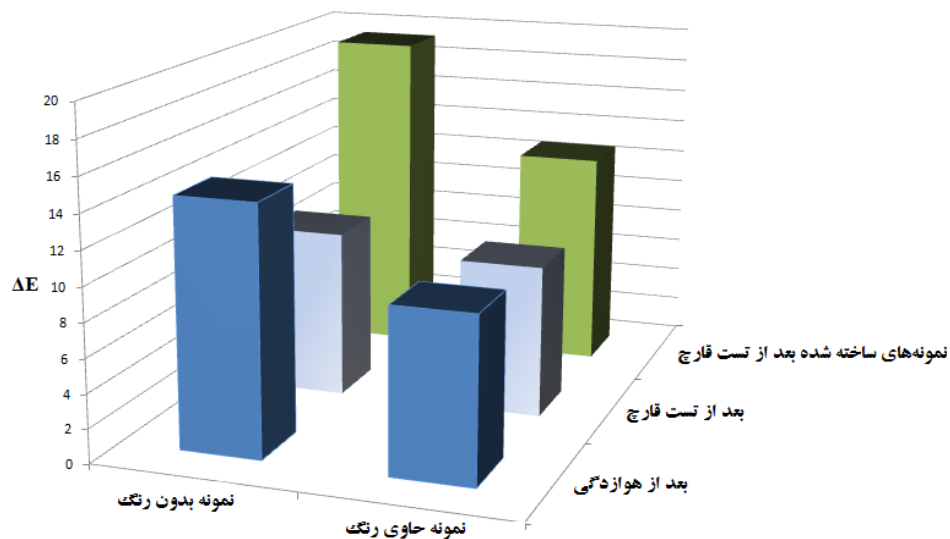
در این آزمون از ۱۰ تکرار برای هر گروه صورت گرفت (جدول ۱). پس از این آزمون سطح سفید نمونه‌های هوادیده که توسط قارچ مورد حمله قرار گرفته بود منجر به تغییر رنگ این نمونه‌ها از رنگ سفید به زرد شد. با اندازه‌گیری تغییر رنگ کلی نمونه‌ها (شکل ۲)، با وجود اینکه تغییر رنگ اجتناب ناپذیر به نظر می‌رسد ولی نمونه‌های هوادیده دارای رنگ نسبت به نمونه‌های بدون رنگ تغییر رنگ کمتری از خود نشان دادند. که این مطلب نیز می‌تواند تأییدی بر گفته‌های پیشین باشد که افزودن رنگ به درون مستریج با کاهش دادن تخریب نوری می‌تواند تخریب‌های ناشی از آن را نیز کاهش دهد.

مقادیر a^* و b^* با گذشت زمان نسبت به پیش از هوازگی کاهش نشان دادند. در رابطه با اندازه‌گیری Δb مشخص شده است که با افزایش زمان هوازگی این میزان، به دلیل تبدیل گروه‌های پاراکینون به هیدروکینونی در الیاف لیگنوسلولزی، کاهش می‌یابد.

سطح نمونه‌های هوادیده به کلی سفید شده و در آزمون رنگ در اندازه‌گیری روشنی (L^*) به کلی افزایش روشنی مشهود می‌باشد (شکل ۱). درجه روشنی در نمونه‌های دارای رنگدانه کمتر بود و با محاسبه اختلاف روشنی پیش و پس از هوازگی نشان داده شده که ΔL در نمونه‌های دارای رنگدانه ۸/۶۶ و در نمونه‌های بدون رنگدانه ۱۳/۴۸ بود. نتایج به دست آمده برابر با نتایج بودند که UD و همکارانش پس از آزمون سه رنگ متفاوت گرفتند. آنان نشان دادند که میزان اکسیداسیون سطحی نمونه‌های آرد چوب/پلی‌اتیلن چگالی بالایی که رنگ شده بودند نسبت به نمونه‌های شاهد کمتر است. در نتیجه تخریب ناشی از هوازگی نیز در این نمونه‌ها کمتر



شکل ۱- تغییر در درجه روشنی نمونه‌ها رنگی و بدون رنگ پس از هر مرحله آزمون.



شکل ۲- تغییر رنگ کلی نمونه‌ها پس از هر مرحله آزمون.

جدول ۱- میزان کاهش جرم در نمونه‌های چندسازه باگاس/پلیمر و نمونه‌های کنترل چوب کاج

نمونه	کاهش جرم	
	چوب کاج	غیرهوازده
نمونه‌های بدون رنگ	۶۲/۵۰	۱۶/۰
	۱۵/۶۷	۳۲/۰
	۳۳/۶۵	۳۱/۰
	۹۲/۵۵	۴۷/۰
	۲۲/۶۳	۱۸/۰
	۲۶/۶۷	۱۶/۰
	۷۰/۶۷	۲۸/۰
	۸۲/۶۵	۱۹/۰
	۴۴/۶۵	۲۹/۰
	۶۰/۴۵	۲۱/۰
میانگین	۲۶/۰	۱۹/۰
نمونه‌های دارای رنگ	۸۹/۶۵	۷۰/۰
	۷۱/۶۲	۶۳/۰
	۳۸/۶۳	۵۵/۰
	۴۰/۶۵	۵۳/۰
	۷۱/۶۴	۶۹/۰
	۰۰/۶۶	۷۶/۰
	۳۲/۳۰	-
	۶۷/۵۳	-
	-	-
	-	-
میانگین	۶۴/۰	۶۳/۰

آزمایش یاد شده نمونه‌های بدون لایه سطحی تغییر رنگی برابر ۴۲ نشان دادند.

با وجود آنکه در بالا نشان داده شد که افزودن رنگ به درون مسترچ با کاهش دادن تخریب نوری می‌تواند تخریب‌های ناشی از آن را نیز کاهش دهد ولی در رابطه با کاهش جرم ناشی از تاثیر قارچ این مطلب صادق نبوده و نمونه‌های دارای رنگ میزان کاهش بیشتری نسبت به نمونه‌های بدون رنگ از خود نشان دادند (جدول ۱). با این وجود تغییرات کاهش جرم بسیار جزئی بود. این در حالی است که سعی شد برای همه نمونه‌ها چند سازه چوب پلاستیک شرایط تخریبی یکسانی در نظر گرفته شود و در میان آزمون انجام شده نمونه‌های چوب کاج به عنوان شاهدی برای ارزیابی میزان شدت تخریب درون هر ظرف آزمون در کنار نمونه‌های آزمایشی قرار گرفتند. نمونه‌های چندسازه درون دو ظرفی که نمونه‌های چوب شاهد آنها به دلیل مناسب نبودن شرایط، کاهش حجم کمتری در مقایسه با دیگر نمونه‌ها از خود نشان دادند، از آزمون حذف شدند. در نتیجه می‌توان بر تغییرات جزئی نیز استناد کرد. با وجود اینکه در نمونه‌های رنگی زیاد مشهود نمی‌باشد ولی نمونه‌های هوادیده کاهش حجم بیشتری از خود نشان دادند. در کل میزان کاهش حجم از ۱٪ کمتر بود. اما لازم به یادآوری است که مدت زمان ۱۲ هفته برای چوب پلاستیک زمان آغاز پوسیدگی منظور می‌شود و با گذشت زمان امکان افزایش میزان تخریب ناشی از قارچ بیشتر است. بسیاری از مراجع آزمون آزمایشگاهی را برای محصول چوب پلاستیک ناکافی دانستند. زیرا در محیط باز شرایط دیگر نیز به کمک قارچ‌های زیانبار آمده و باعث افزایش تخریب ناشی از عامل های زیستی می‌شود. همان طور که نتایج نشان می‌دهند هوادیدگی می‌تواند تخریب ناشی از قارچ را تسریع کردند، به جز مواردی که در آن هوادیدگی شدید باعث جداشدن الیاف از سطح شده و الیاف در دسترس برای تغذیه قارچ‌ها کمتر بوده اند مانند نمونه‌های رنگی. با بررسی طیف‌های مربوط به پیش و پس از ۱۴۴۰ ساعت هوازدهی در همه نمونه‌ها در ناحیه cm^{-1} ۱۰۲۴ که مربوط به ارتعاش های اتصال های C-O در

در کل بسیاری از محققان با افزودن مواد اضافه به درون مخلوط مواد تشکیل دهنده چندسازه چوب پلاستیک سعی بر کاهش تغییر رنگ ناشی از تخریب نوری آن داشتند. موادی مانند جاذب‌های ماوراءبنفش و تثبیت کننده‌های نوری، که نه تنها هزینه نهایی تولید را بالا می‌برند بلکه نتایج قابل قبولی هم به همراه نداشتند. با مقایسه نتایج به دست آمده از آزمون کنونی با دیگر تحقیقات، تغییر رنگ کلی تخته‌های باگاس/پلیمر عاری از رنگدانه ($\Delta E=14/48$) میزانی کمتر از دیگر تحقیقات همانند نشان داد. برای مثال، ۱۲۰۰ ساعت هوازدهی بر روی تخته‌های ساخته شده از ۳۱٪ پلی‌اتیلن چگالی بالا با ۵۸٪ آرد چوب، ۸٪ تالک، ۲٪ استئارات مس (zinc stearate) و ۱٪ واکس (ethylene bistearamide) در برابر هوازدهی با لامپ زنون، ΔE برابر ۳۰ و برای لامپ UVA تغییر رنگ کلی برابر ۱۷ نشان داد (Fabiya, McDonald et al. 2008). تنها میزان تغییر رنگ کلی (ΔE) نزدیک به نتایج ۵۰٪ باگاس / ۵۰٪ پلی-اتیلن با چگالی بالا را Fabiya و همکارانش برای چندسازه ساخته شده از PVC در برابر لامپ UVA به دست آوردند (Fabiya and McDonald 2010). لیکن در همان تحقیق هنگامی که نمونه‌ها در معرض لامپ زنون قرار گرفت، ΔE به نزدیک ۴۱٪ رسید. Matuana و همکارانش برای کاهش اثر هوازدهی در ساخت نمونه‌های چوب پلاستیک خود از دستگاه‌های جدید کواکسترودر استفاده کردند و در لایه سطحی که به عنوان روکشی از تخته زیری محافظت می‌کرد از پلی‌اتیلن خالص همراه با جاذب‌های اشعه ماوراءبنفش استفاده کردند (Matuana, Jin et al. 2011). با این وجود برای نمونه‌ها بدون لایه سطحی پلی‌اتیلنی، ΔE پس از ۱۳۹۲ و ۱۹۵۲ ساعت هوازدهی به ترتیب برابر ۳۰ و ۳۲ بود. Stark و همکارانش در تحقیق همانند بر روی تخته‌های تشکیل شده از ۵۰٪ آرد چوب juniper، ۴۴٪ پلی‌اتیلن چگالی بالا و ۶٪ روان کننده لایه‌ای دارای فرمول‌های مختلفی از تثبیت کننده‌های نوری امتحان کردند. آنان کمترین میزان تغییر رنگ را برای نمونه‌هایی با لایه بیرونی دارای تثبیت کننده‌های نور برابر ۱۸/۲ به دست آوردند. در

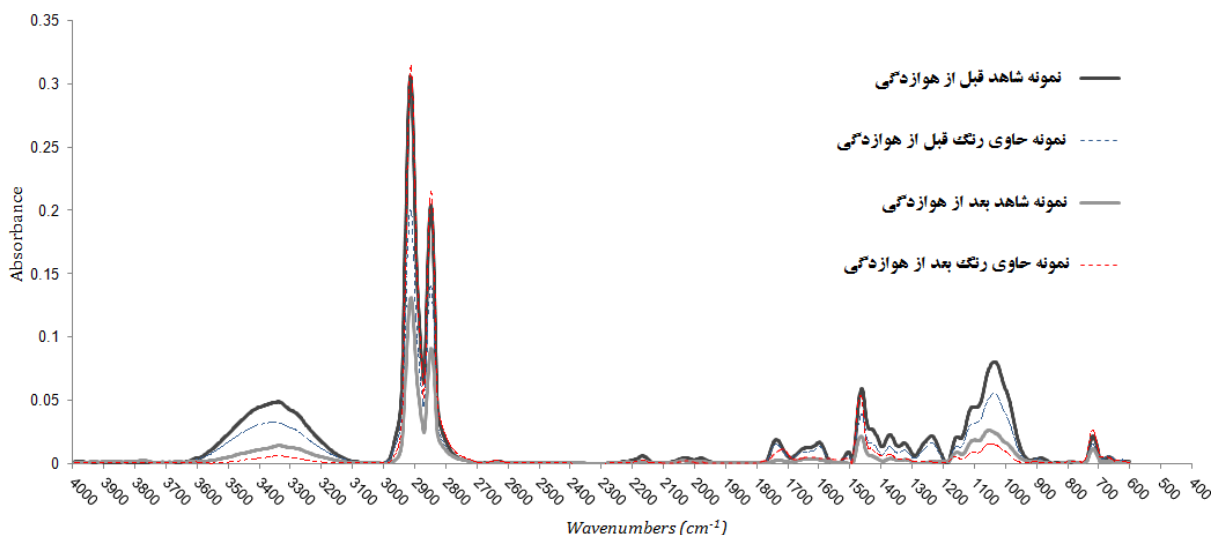
که بر روی نقطه اوج مربوطه تاثیر گذاشته اند که در فرآیند تخریب نوری تسریع شده با پاشش آب از روی سطح شسته می شوند. در رابطه با شاخص کربونیل در مراجع نشان داده شده است که در آغاز هوادیدگی این شاخص به شدت افزایش پیدا می کند ولی در بعضی موارد نشان داده شده است که با افزایش زمان هوادیدگی کاهش می یابد. تشکیل گروه های کربونیلی در اثر هوادیدگی نشانه اکسیداسیون در سطح است. در این تحقیق نمونه های رنگی و غیر رنگی کاهش شاخص کربونیل را پس از ۱۴۴۰ ساعت هوادیدگی نشان می دهند. در نمونه های رنگی این شاخص کمتر از نمونه های بدون رنگ کاهش می یابد. این خود تاکید بر اثر رنگدانه ها در پدیده اکسیداسیون سطحی است. به این معنا که با وجود افزایش میزان شسته شدن الیاف از روی سطح، همچنان مقادیر بسیاری از گروه های کربونیل درون سطح نمونه های رنگی موجود می باشد.

سلولز و لیگنین است کاهش دیده شد (شکل ۳). با محاسبه شاخص چوب و کربونیل در کل نمونه ها، مشخص شد شاخص چوب پس از هوادیدگی کاهش پیدا کرده است. با این وجود نکته قابل توجه این بود که برای نمونه های بدون رنگ این کاهش ۳۰٪ بود و برای نمونه های رنگی این کاهش به ۸۰٪ رسید. از این حالت می توان دو نتیجه گیری کرد:

- حضور رنگدانه ها شاید بتواند درصد تخریب نوری سطح را کاهش دهد لیکن نمی تواند بر روی تخریب الیاف لیگنوسلولزی و در نتیجه شسته شدن آنها از روی سطح تاثیر بگذارد و چه بسا آنرا تشدید کند

- در شکل ۳ با توجه به نقطه اوج های مرتبط به مواد لیگنوسلولز (۳۱۰۰ تا ۳۶۰۰، ۱۰۲۴ تا ۱۰۳۰ cm^{-1}) تفاوتی بین طیف مربوط به نمونه های بدون رنگ و رنگی پیش از هوادیدگی دیده می شود که می تواند ناشی از تداخل رنگدانه در میزان جذب طیف باشد.

در نتیجه امکان این مطلب وجود دارد که این کاهش شدید ناشی از تخریب خود رنگدانه ها درون ماده باشند



شکل ۳- طیف های FT-IR تهیه شده از سطح نمونه های هوادیده به مدت ۱۴۴۰ ساعت.

بلورین پلی اتیلن می باشند (Stark and Matuana 2004; Muasher and Sain 2006). این نواحی برای نمونه های رنگی پس از هوادیدگی در مقایسه با پیش از هوادیدگی

در ناحیه های دیگر مانند $718, 1462, 1714 \text{ cm}^{-1}$ افزایش نقطه اوج به روشنی قابل دیدن است (شکل ۳). نقطه اوج ناحیه $1474, 730 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به بخش

صورتی که برای آزمایش کنونی نمونه شاهد تنها ۱۰٪ کاهش مقاومت پیدا کرد. بر پایه نتایج آزمایش موجود، آنان نیز تغییراتی در بهبود کاهش مدول کشسانی پس از هوازگی مشاهده نکردند بلکه برای رنگ قرمز مانند رنگ قهوه‌ای استفاده شده در آزمایش موجود کاهش مدول بیشتر از نمونه شاهد بود.

نتیجه‌گیری

درجه تغییر رنگ (ΔE) پس از ۱۴۴۰ ساعت هوازگی در نمونه‌های شاهد از نمونه‌های رنگی بیشتر بود. به این معنا که افزودن رنگدانه بر روی کنترل تغییر رنگ ناشی از هوازگی تاثیرگذار بوده است. علاوه بر آن نتایج به دست آمده از روش اکستروود با استفاده از باگاس به عنوان پرکننده در پلیمر برتری‌های بسیاری نسبت به آرد چوب دارد که می‌توان به طور دقیق‌تر مورد بررسی قرار بگیرد. یکی از این برتری‌ها دامنه تغییر رنگ پائین در برابر هوازگی است. با وجود کاهش تخریب نوری ناشی از هوازگی در حضور رنگدانه‌های موجود درون تخته‌ها، جداشدن الیاف لیگنوسولوزی از سطح همچنان در سطح گسترده‌ای رخ می‌دهد. افزایش میزان کریستالیتی پلیمر در نتیجه هوازگی تسریع شده، به ویژه در تخته‌های رنگی باعث افزایش تردی تخته‌ها می‌شود که در نهایت منجر به افت مدول کشسانی می‌شود. در آینده می‌توان با افزودن تثبیت کننده‌های نوری یا جاذب‌های اشعه ماوراءبنفش بر تاثیرگذاری‌های مثبت رنگدانه بر روی تثبیت نوری افزود و با تحقیقات بیشتر روی عیب‌های آن از جمله کاهش مدول کشسانی پس از هوازگی راه حل مناسب‌گزینه‌ش شود.

بسیار افزایش پیدا کرده که نشان دهنده افزایش درجه بلورینه شدن پلیمر در نتیجه تخریب نوری آن در این نمونه‌هاست. با انجام آزمایش خمشی سه نقطه درصد کاهش در مدول کشسانی اندازه‌گیری شده پس از هوازگی برای نمونه‌های رنگی در مقایسه با نمونه‌های بدون رنگ بیشتر بود. این در حالی است که برای نمونه‌های بدون رنگ پیش از هوازگی میانگین مدولی کشسانی حدود ۴۲۱۱ MPa و برای نمونه‌های رنگی این میانگین کمی بیشتر برآورد شد (۴۵۲۱ MPa). با این وجود درصد کاهش مدول کشسانی برای نمونه‌های رنگی پس از هوازگی تسریع شده بیشتر از نمونه‌های بدون رنگ بود. در کل، نتایج به دست آمده از آزمایش‌های انجام شده بر روی ویژگی‌های مکانیکی در مقایسه با دیگر تحقیقات بسیار مورد قبول بود. برای مثال Fuentes Talavera و همکارانش در سال ۲۰۰۶ از پلی‌اتیلن چگالی بالا و باگاس به روش پرس صفحه‌ای نمونه‌های آزمایشی به دست آوردن و تاثیر متغییرهایی مانند زمان، دما پرس و درصد اختلاط باگاس با پلیمر را روی ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های به دست آمده سنجیدند (Fuentes Talavera, Silva Guzm'an et al. 2007). آنان بهینه‌ترین شرایط را از درصد اختلاط ۴۰/۶۰ (باگاس/پلیمر)، دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس و زمان ۱۲ دقیقه داشتند (۱۴۹۲±۱۵۸ MPa). در رابطه با رنگ نیز Zheng و همکارانش در سال ۲۰۰۶ با استفاده از اصلاح سطحی اتصال‌های باگاس/PVC با اسید بنزولیک سعی بر افزایش ویژگی‌های مکانیکی داشتند (Zheng, Cao et al. 2007). آنان با قالب فشرده نمونه‌های خود را با اختلاط ۲/۳ پلیمر به آرد چوب ساختند و در ساخت آن از ۳ رنگ مختلف استفاده کردند. نمونه‌های شاهد آنها بعد از ۲۰۰۰ ساعت هوازگی کاهش ۲۱/۲ درصدی نشان دادند. در

منابع

- ۱- دارابی، پیوند؛ حمیده عبدالزاده؛ علی نقی کریمی؛ سید احمد میرشکرایی؛ کاظم دوست حسینی. (۱۳۸۹). تاثیر استیلایسیون و آنتی‌اکسیدان بر روی هوازگی چوب پلاستیک توسط طیف‌بینی FTIR. دوفصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، جلد ۲۵، شماره ۱، شماره صفحه ۷۰-۷۹
- ۲- رشیدی، مژگان. (۱۳۸۶). تولید مقوا از باگاس. مجله صنایع چوب و کاغذ، شماره ۳۶، شماره صفحه ۶۴-۶۵

- 3- Albano, C., A. Karam, et al. (2005). "Thermal, mechanical, morphological, thermogravimetric, rheological and toxicological behavior of HDPE/seaweed residues composites." *Compos Struct* 71: 282–8.
- 4- Bras, J., M. L. Hassan, et al. (2010). "Mechanical, barrier ,and biodegradability properties of bagasse cellulose whiskers reinforced natural rubber nanocomposites " *Industrial Crops and Products* 32(3): 627-633
- 5- Cibulkova, Z., P. Simon, et al. (2005). "Antioxidant Activity Of p- Phenylenediamines Studied By DSC ". *Polymer Degradation And Stability* 87: 479-486.
- 6- Du, H., W. Wang, et al. (2010). "Effects of pigments on the UV degradation of wood-flour/HDPE composites." *Journal of Applied Polymer Science* 118(2): 1068–1076.
- 7- Fabiyi, J. S. and A. G. McDonald (2010). "Effect of wood species on property and weathering performance of wood plastic composites." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 41(10): 1434-1440.
- 8- Fabiyi, J. S. and A. G. McDonald (2010). "Physical Morphology and Quantitative Characterization of Chemical Changes of Weathered PVC/Pine Composites." *J Polym Environ* 18: 57–64.
- 9- Fabiyi, J. S., A. G. McDonald, et al. (2008). "Wood plastic composites weathering: Visual appearance and chemical changes." *Polymer Degradation and Stability* 93(8): 1405-1414.
- 10- Fuentes Talavera, F. J., J. A. Silva Guzmán, et al. (2007). "Effect of production variables on bending properties, water absorption and thickness swelling of bagasse/plastic composite boards " *Industrial_Crops and Products* 26.
- 11- Hassan, M. L., A. P. Mathew, et al. (2010). Nanofibers from bagasse and rice straw: process optimization and properties, *Wood Sci Technol*.
- 12- Karnitz, J. O., L. Gurgel, et al. (2007). "Adsorption of heavy metal ion from aqueous single metal solution by chemically modified sugarcane bagasse." *Bioresource Technol* 98: 1291–7.
- 13- Keener, T., R. Stuart, et al. (2004). "Maleated coupling agents for natural fibre composites." *Composites A* 35: 357–62.
- 14- Lei, Y., Q. Wu, et al. (2007). "Preparation and properties of recycled HDPE/natural fiber composites." *Composites A* 38: 1664–74.
- 15- Li, Y., C. Hu, et al. (2008). "Interfacial studies of sisal fiber reinforced high density polyethylene (HDPE) composites." *Composites A* 39: 570–8.
- 16- Liu, C., R. Suna, et al. (2007). "Chemical modification of ultrasound-pretreated sugarcane bagasse with maleic anhydride." *Ind Crops Prod* 26: 212–9.
- 17- Matuana, L. M., S. Jin, et al. (2011). "Ultraviolet weathering of HDPE/wood-flour composites coextruded with a clear HDPE cap layer." *Polymer Degradation and Stability* 96: 97-10۶
- 18- Muasher, M. and M. Sain (2006). "The efficacy of photostabilizers on the color change of wood filled plastic composites." *Polymer Degradation and Stability* 91(5): 1156-1165.
- 19- Mulinari, D. R., H. J. C. Voorwald, et al. (2009). "Sugarcane bagasse cellulose/HDPE composites obtained by extrusion." *Composites Science and Technology* 69 214–219.
- 20- Shibata, S., R. M. Bozalur, et al. (2010). "Effects of injection temperqtue on mechanical properties of bagasseépolypropylene injection moldin g composites." *BioResoures* 5(4): 2097-2111.
- 21- Sousa a, M. V. d., S. N. Monteiro a, et al. (2004). "Evaluation of pre-treatment, size and molding pressure on flexural mechanical behavior of chopped bagasse–polyester composites." *Polymer Testing* 23: 253–258.
- 22- Stark, N. M. and L. M. Matuana (2002). Photostabilization of wood flour filled HDPE composites. *Annual Technical Conference, Society of Plastics Engineers*. 60 (2): 2209–2213.
- 23- Stark, N. M. and L. M. Matuana (2003). "Ultraviolet weathering of photostabilized HDPE/wood flour composites." *J. Appl. Polym. Sci.* 90(10): 2609–2617.
- 24- Stark, N. M. and L. M. Matuana (2004). "Surface chemistry changes of weathered HDPE/wood-flour composites studied by XPS and FTIR spectroscopy." *Polymer Degradation and Stability* 86(1): 1-9.

- 25- Stark, N. M. and L. M. Matuana (2006). "Influence of photostabilizers on wood flour-HDPE composites exposed to xenon-arc radiation with and without water spray." *Polymer Degradation and Stability* 91(12): 3048-3056.
- 26- Stark, N. M. and L. M. Matuana (2007). "Characterization of weathered wood-plastic composite surfaces using FTIR spectroscopy, contact angle, and XPS." *Polymer Degradation and Stability* 92(10): 1883-1890.
- 27- Zheng, Y., D. Cao, et al. (2007). "Study on the interface modification of bagasse fibre and the mechanical properties of its composite with PVC." *Composites Part A*: 38: 20–5.

Properties Evaluation of High Density Polyethylene Composite Filled with Bagasse after Accelerated Weathered

P. Darabi^{*1}, A. N. Karimi², M. Azadfallah³ and M. Tjvidi⁴

Abstract

Wood plastic composites (WPCs) are produced from a mixture of wood (in different sizes) and resin (thermoset or thermoplastic). This product has many applications as structural and non-structural materials and since its emerge in market its use received an increasing trend. Adding wood flour to polymer not only improves its mechanical properties compared to net polymer, but also leads to products with moldability characteristics. With increasing demand of WPCs and reduction in forest harvest according to new protecting law of forestry, and lack of raw materials for producers, other lignocelluloses materials replace wood flour. Agricultural by-products such as hemp, coir, rice husk and bagasse (residual from sugar cane extraction) are the examples that can be used in WPCs. As the outdoor application of Wood Plastic Composites (WPCs) becomes more widespread, the resistance of its products against weathering, particularly ultraviolet (UV) light becomes more concerned. When WPCs are exposed to outdoor, ultraviolet (UV) light, rain, snow and atmospheric pollution, they will be degraded which is marked by color fade and loss in mechanical properties. Nowadays many manufactures of WPCs use bagasse as a raw material. Their production in different color and shapes are used as arbors and pergolas and also as decorative applications for outdoor uses. However, so far there has been no research done on the effects of weathering on composites made from bagasse. In present study, composites from bagasse and high density polyethylene, with and without pigments in master batch, have been made through extrusion. Then samples were exposed to accelerated weathering for 1440h. After this period of time samples were removed and their chemical, mechanical and surface qualities were studied. The results have shown that using bagasse as filler can relatively reduce the discoloration of weathered samples. Moreover, adding pigments to WPCs can increase colorstability, while it would cause higher loss in mechanical properties.

Keywords: Weathering, Wood plastic composite, Discoloration, Bagasse, FTIR Spectroscopy, Mechanical properties.

* Corresponding author: Email: peivanddarabi@yahoo.com