

بررسی اثر استفاده از پوست ساقه پنبه بر خواص فیزیکی و مکانیکی چندسازه پلی پروپیلن - آرد ساقه پنبه

مهدی عباسیان^{۱*}، اصغر امیدوار^۲، مهدی مشکور^۳ و زینت فرهادی^۴

* نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پست الکترونیک: Abasya.mahdi@yahoo.com

۲- استاد علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- استادیار علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۴- دانش آموخته صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: شهریور ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۲

چکیده

در این مقاله به بررسی امکان ساخت چندسازه ساقه پنبه-پلی پروپیلن با درصدهای مختلف آرد ساقه پنبه پرداخته شده است. تعیین بهترین تیمار به لحاظ خواص فیزیکی و مکانیکی و بررسی اثر استفاده از پوست ساقه پنبه در ساخت چندسازه از اهداف مهم این تحقیق بود. شش تیمار شامل پلی پروپیلن، سه سطح ۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد ساقه پنبه و دو سطح پرکننده (ساقه پنبه با پوست و بدون پوست) تهیه گردید. از ماده جفت کننده مالتیک انیدرید پلی پروپیلن به میزان ۳ درصد وزنی در هر تیمار استفاده شد. عملیات اختلاط و گرانول سازی پلاستیک و آرد ساقه پنبه به وسیله دستگاه اکسترودر دو ماردرانه مدل ۴۸۱۵ انجام گردید. پس از تهیه و برش نمونه‌های آزمون خواص مکانیکی چندسازه‌ها شامل کشش، مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته مطابق استاندارد D-۶۱۰۹ و ASTM D-7031 انجام شد. همچنین آزمون جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مطابق استاندارد D-۵۷۰-۹۸ انجام شد. نتایج نشان داد با افزایش مقدار آرد ساقه پنبه مقاومت کششی و مدول گسیختگی کاهش می‌یابد، در حالی که مدول الاستیسیته خمشی افزایش یافت. به لحاظ عملکرد نیز نوع پرکننده برای مقادیر مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته در سطح ۹۵ درصد اختلاف معنی دار داشت، ولی برای مقاومت کششی اختلاف معنی داری مشاهده نشد. به علاوه اینکه برای مقادیر جذب آب اختلاف معنی داری مشاهده شد. به طوری که بیشترین مقادیر مقاومتی مربوط به تیمار ۴ با ۴۰ درصد الیاف ساقه پنبه با پوست بود.

واژه‌های کلیدی: چندسازه، پلی پروپیلن، ساقه پنبه، خواص مکانیکی، خواص فیزیکی، پوست

مقدمه

انواعی از پلیمرها شامل پلی پروپیلن، پلی اتیلن، پلی ونیل کلراید، پلی استر و ... مورد استفاده قرار می‌گیرند. در سال‌های اخیر استفاده از مواد لیگنوسلولزی غیر چوبی به عنوان تقویت کننده یا پرکننده پلاستیک‌ها مورد توجه بسیاری از محققان قرار گرفته

چندسازه‌های الیاف چوب-پلاستیک مخلوطی از مواد پلیمری و مواد لیگنوسلولزی است که تولید و استفاده از آنها در بیشتر کشورها در حال گسترش است. در تهیه این مواد مرکب

بومی) بیشتر کشت می‌شود (Khajeh pour, 2000). گیاه پنبه یکی از عمده‌ترین گیاهان صنعتی است. این گیاه در هر هکتار ۳ تا ۵ تن ضایعات دارد (Gomes, et al., 1997). طبق آمار وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت پنبه در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ حدود ۱۱۰۰۰۰ هکتار بوده است. استان‌های خراسان رضوی، خراسان جنوبی و گلستان به ترتیب با تولید ۴۲/۸، ۱۳/۶ و ۱۱/۲۶ درصد رتبه‌های اول تا سوم را به خود اختصاص داده‌اند (Statistics of Agriculture. 2009-2010). پوست به‌عنوان یک ماده لیگنوسلولزی از نظر ساختمان، ترکیبات شیمیایی و خواص، تفاوت قابل ملاحظه‌ای با چوب دارد (Tsoumis, 1991). این اختلاف‌ها باعث مصرف محدود آن در فرایندهای متداول صنایع چوب می‌شود و استفاده از آن را با مشکلاتی مواجه می‌کند (Doosthoseini, 2001). با وجود این امکان استفاده از پوست در ساخت مواد مرکب چوب-پلاستیک به شکل آرد (پودر) وجود دارد.

قسمت زیادی از ساقه پنبه را پوست آن تشکیل می‌دهد. در مقایسه با درختان میزان پوست این گیاه بیشتر است. میانگین درصد پوست ساقه پنبه ساحل حدود ۲۵ درصد وزنی ساقه گزارش شده است (Saraeian, et al., 2011). در صورت استفاده از پوست این گیاه در صنایع، شناخت ماهیت فیزیکی و شیمیایی قسمت چوبی و پوست ضروری به نظر می‌رسد.

ویژگی‌های فیزیکی ساقه پنبه

بر مبنای نتایج Saraeian (۲۰۱۱)، میانگین طول الیاف ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل در جدول ۱ ارائه شده است. وی بیان کرد که الیاف ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل، به ترتیب در ردیف الیاف کوتاه و الیاف متوسط قرار می‌گیرند (Saraeian, et al., 2011).

است. طیف وسیعی از مواد لیگنوسلولزی وجود دارند که می‌توانند در ساخت کامپوزیت‌های چوب-پلاستیک مورد استفاده قرار گیرند. از جمله این مواد می‌توان به پسماندهای کشاورزی (الیاف کتان، ذرت، کاه گندم، باگاس، برنج و ...) اشاره نمود (Kord, 2010). مزیت مواد مرکب چوب-پلاستیک در این است که یکی از اجزای تشکیل‌دهنده آنها (ماده چوبی یا لیگنوسلولزی) به‌راحتی از منابع طبیعی به‌دست آمده و این منابع می‌توانند مرتب در طبیعت تجدید شوند (Yang, et al., 2005). به‌طوری‌که استفاده بیشتر از مواد لیگنوسلولزی ممکن است منجر به حفاظت بیشتر از منابع چوبی محدود و استفاده بهینه از ضایعات کشاورزی شود. علاوه بر این عدم حضور مواد سمی در طبیعت مزیت دیگری است که در الیاف شیشه، کربن، تالک و سایر الیاف مصنوعی وجود ندارد (Lee, et al., 2004). امروزه اصلی‌ترین منبع داخلی تأمین ماده اولیه مورد نیاز صنایع چوب و کاغذ، جنگل‌های شمال کشور است. با توجه به کمبود شدیدی که در تأمین ماده اولیه سلولزی وجود دارد، لزوم یافتن و اتکا به مواد اولیه جایگزین برای صنعت چوب و کاغذ و صنایع سلولزی امری ضروری به نظر می‌رسد. از سوی دیگر مسائل زیست‌محیطی بوجود آمده در اثر استفاده از الیاف آلی باعث شده تا الیاف طبیعی بیشتر مورد توجه قرار گیرد. بنابراین استفاده از الیاف طبیعی، بخصوص پسماند گیاهان کشاورزی در تهیه کامپوزیت‌های الیاف طبیعی مطلوب است (Abasyan, et al., 2013). پنبه یکی از مهمترین گیاهان صنعتی است که در اقتصاد کشورهای تولیدکننده آن نقش مهمی دارد. این گیاه بطور طبیعی چندساله است که به‌صورت گیاهی یکساله مورد زراعت قرار می‌گیرد. به‌طور معمول پنبه نیمه درختچه‌ای کوچک با ارتفاع ۶۰ تا ۲۰۰ سانتی‌متر است و دارای ارقام و واریته‌های زیادی است. در کشور ما سه رقم آن (ارقام ساحل، ورامین و

جدول ۱- میانگین ابعاد الیاف پوست و ساقه پنبه

الیاف	طول الیاف (میلی‌متر)	قطر الیاف (میکرومتر)	قطر حفره (میکرومتر)	ضخامت دیواره (میکرومتر)
ساقه پنبه بدون پوست	۰/۷۶	۲۱/۴۹	۱۶	۲/۷۴
پوست	۱/۴۱	۱۷/۲۹	۱۰/۴۸	۳/۶۰

ترکیبات شیمیایی پوست ساقه پنبه

بررسی شیمیایی ساقه پنبه نشان داد که مواد قابل حل در هیدروکسید سدیم یک درصد برای ساقه پنبه بدون پوست و پوست ساقه پنبه ساحل به ترتیب ۲۱/۲۷۵ درصد و ۴۸/۳۵ درصد می باشد. میزان این مواد برای پوست ساقه پنبه بیش از دو برابر ساقه پنبه بدون پوست آن می باشد و مقدار آن در ساقه پنبه بدون پوست همانند یا کمتر از گیاهان چوبی می باشد. همچنین مقدار خاکستر موجود در پوست ساقه پنبه چندین برابر بخش چوبی ساقه می باشد (Saracian, et al., 2011).

در صورتی که ساقه پنبه در صنایع لیگنوسلولزی مورد استفاده قرار گیرد، حذف پوست به دلیل مشکلات پوست کنی و از دست رفتن قسمت زیادی از ساقه مقرون به صرفه نیست. ساقه پنبه در ایران مصرف مشخصی نداشته و یکی از عمده پسماندهای کشاورزی در کشور است. بنابراین با توجه به امکان استفاده از پسماندهای جدید در صنایع سلولزی، شناسایی منابع جدید سلولزی امری ضروریست.

استفاده از ساقه پنبه در صنایع لیگنوسلولزی توسط برخی از محققان مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج (Saracian, et al., 2011) نشان داد که تقریباً نیمی از ترکیبات شیمیایی این ماده از سلولز تشکیل شده است. Kargarfard و همکاران (۲۰۰۶) امکان استفاده از ساقه پنبه همراه با چوب اکالیپتوس را در ساخت تخته خرده چوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد با افزایش درصد ساقه پنبه مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته ها بهبود یافت. با توجه به اینکه استفاده از گونه های با جرم ویژه زیاد مانند چوب اکالیپتوس در ساخت تخته خرده چوب اجتناب ناپذیر می باشد، از این رو به منظور بهبود خواص مکانیکی تخته خرده چوب، استفاده از ساقه پنبه به عنوان یک مکمل در فرایند ساخت توصیه می گردد.

در تحقیق دیگری Ververis و همکاران (۲۰۰۴) به منظور بررسی الیاف حاصل از بقایای محصولات کشاورزی، دریافتند که الیاف حاصل از ساقه پنبه نسبت به الیاف کنف ضریب کشیدگی کمتری دارند اما از انعطاف پذیری خوبی برخوردار هستند و می توانند برای تولید کاغذ روزنامه بسیار

مناسب باشند. Bajwa و همکاران (2011) امکان استفاده از پسماندهای مختلف باگاس و گیاه پنبه^۱ را به عنوان پرکننده سلولزی برای ساخت کامپوزیت های الیاف طبیعی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که پسماندهای گیاه پنبه و گویول باگاس^۲ به عنوان پرکننده های لیگنوسلولزی پتانسیل خوبی برای ساخت کامپوزیت های پلیمری در مصارف غیر ساختمانی دارند. کامپوزیت های ساخته شده از این دو پرکننده به طور معناداری وزن مخصوص کمی داشتند. همچنین تمامی کامپوزیت های ساخته شده از الیاف پسماند پنبه مدول الاستیسیته کم و سختی خوبی داشتند. Yemele و همکاران (۲۰۱۰) اثر گونه، مقدار و اندازه الیاف پوست دو گونه بید سیاه و صنوبر لرزان را بر ویژگی های مکانیکی کامپوزیت های پوست- پلی اتیلن با دانسیته بالا را مورد بررسی قرار دادند. آنان دریافتند که تأثیر مقدار الیاف در مقایسه با اندازه الیاف پوست معنی دارتر بوده است. به طور کلی کامپوزیت های ساخته شده از پوست نسبت به کامپوزیت های ساخته شده از چوب مقاومت کمتری داشتند. Tajvidi و همکاران (۲۰۰۶) کامپوزیت های مختلفی از الیاف طبیعی و پلی پروپیلن تهیه کردند و جذب آب آنها را در طولانی مدت مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که گسترش در ضریب انتشار رطوبت با افزایش زمان قرار گرفتن الیاف در آب افزایش می یابد. Bajwa و همکاران (۲۰۱۱) استفاده از اجزای مختلف گیاه پنبه، به عنوان پرکننده سلولزی برای ساخت کامپوزیت های الیاف طبیعی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که تمامی کامپوزیت های ساخته شده از الیاف پسماند پنبه مدول الاستیسیته کم و سختی خوبی دارند. این کامپوزیت ها در مقایسه با کامپوزیت ساخته شده از چوب ثبات ابعادی کم و واکنش پذیری ضخامت بیشتری داشت.

1-Cotton Gin Trash/Waste

2-guayule bagasse

(نوعی درختچه با برگ های تقریباً قره ای که حاوی مقادیر زیادی لاستیک طبیعی است)

مواد و روش‌ها

پلی پروپیلن

برای ساخت این فراورده مرکب از گرانول پلی پروپیلن (z 30 s)، ساخت شرکت پتروشیمی بندر امام خمینی با شاخص جریان مذاب ۲۵ گرم بر ۱۰ دقیقه استفاده شد.

ساقه پنبه

ساقه گیاه پنبه (رقم ساحل) از مزارع اطراف شهرستان گرگان تهیه شد.

مالئیک انیدرید

مالئیک انیدرید پیونددار شده با پلی پروپیلن، ساخت شرکت کیمیا جاوید به عنوان ماده جفت‌کننده در این تحقیق استفاده شد.

آماده‌سازی مواد اولیه

ساقه گیاه پنبه پس از استحصال و حذف قسمت‌های زائد به دو دسته تفکیک شد. یک دسته شامل ساقه پنبه به

همراه پوست آن و دسته دیگر ساقه بدون پوست بود. سپس به منظور تسریع در عملیات خشک شدن، ساقه‌ها توسط یک خردکن به ذرات کوچک‌تر تبدیل شدند. در این مرحله ذرات مورد نظر به وسیله یک آسیاب به ذرات خردتر تبدیل شدند. به منظور یکنواخت شدن ابعاد، ذرات به صورت جداگانه از دو الک الکتریکی^۱ با مش‌های ۴۰ و ۶۰ عبور کردند و در نهایت ذرات عبور کرده از الک ۲۰ و باقی مانده بر روی الک ۶۰ مش برای ساخت تخته‌ها جمع‌آوری شدند. ذرات فوق قبل از فرایند اختلاط با پلاستیک در یک خشک‌کن آزمایشگاهی به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲ ± ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا به رطوبت زیر ۱ درصد برسند. با توجه به سطوح هر یک از عوامل متغیر (نوع و مقدار ساقه پنبه)، در مجموع ۶ تیمار حاصل شد. درصد وزنی اجزای چندسازه برای تیمارهای آزمایشی در جدول ۲ آمده است. از هر تیمار در سه تکرار، چندسازه ساخته شد و بررسی‌های لازم انجام شد. از این رو در مجموع ۱۸ تخته ساخته شد.

جدول ۲- درصد وزنی اجزای چندسازه در تیمارهای مختلف

تیمارها	آرد لیگنوسولوزی ساقه پنبه با پوست	آرد لیگنوسولوزی ساقه پنبه بدون پوست	پلی پروپیلن	مالئیک انیدرید
T1	۴۰	۰	۵۷	۳
T2	۵۵	۰	۴۲	۳
T3	۷۰	۰	۲۷	۳
T4	۰	۴۰	۵۷	۳
T5	۰	۵۵	۴۲	۳
T6	۰	۷۰	۲۷	۳

روش اختلاط مواد اولیه

ناهمسوگرد مدل ۴۸۱۵ ساخت شرکت برنا پارس مهر، در دمای ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و با سرعت ۴ تا ۶ دور بر دقیقه با هم مخلوط شدند.

ابعاد تخته‌های چوب-پلاستیک مورد نظر (۳۰۰×۲۰۰×۵) میلی‌متر و دانسیته هر تخته یک گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد. بر اساس حجم تخته و دانسیته آن وزن کلی هر تخته ۳۰۰ گرم تعیین شد. در مرحله بعد مواد درون یک دستگاه اکسترودر دو ماردونه

1- Shaker

پرس کردن کیک

دانشگاه گرگان استفاده شد. بدین منظور نمونه‌های آزمون کشش و خمش مطابق با استانداردهای D-۶۱۰۹ و D-7031 تهیه شد.

پردازش آماری داده‌ها

پس از انجام آزمون‌ها و استخراج نتایج به دست آمده از هر آزمون، تجزیه و تحلیل آماری نتایج به صورت زیر توسط نرم افزار SPSS انجام شد. همچنین برای دسته بندی میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده شد و برای تجزیه و تحلیل میانگین‌ها از آزمون فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی استفاده شد.

نتایج

در این بخش میانگین مقاومت‌های مکانیکی برای تمامی تیمارها محاسبه گردید. مقادیر آنها در جدول ۳ و ۴ ارائه شده است.

به منظور ساخت نهایی تخته‌های چندسازه، از یک پرس آزمایشگاهی OTT با پیستونی به قطر ۲۵ سانتی‌متر و ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی‌متر استفاده شد. کیک آماده شده در زیر پرس به مدت ۳ دقیقه تحت فشار ۳۲ بار و دمای ۱۸۰ درجه سانتی-گراد قرار گرفت. سپس به مدت ۱ دقیقه فشار حذف شد و دما ثابت باقی ماند. پس از این زمان مجدداً کیک تحت فشار ۳۰ تا ۳۵ بار، ۴ دقیقه زیر پرس قرار گرفت. بعد از مرحله اعمال فشار، به منظور جلوگیری از تغییرات ناگهانی و نوسان‌های ضخامتی، تخته بلافاصله در پرس سرد قرار داده شد. برای محاسبه درصد رطوبت تخته، نمونه‌هایی با ابعاد مشخص تهیه شد و وزن آنها به وسیله ترازوی دیجیتالی تعیین گردید.

برش و تهیه نمونه‌های آزمونی

به منظور اندازه‌گیری خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده، از دستگاه آزمون خواص مکانیکی Schenck Trebel

جدول ۳- میانگین نتایج آزمون‌های مکانیکی و فیزیکی

تیمار	آرد	مدول گسیختگی (Mpa)	مدول الاستیسیته (Mpa)	تنش کششی نهایی (Mpa)	جذب آب بعد از ۲ ساعت (%)	جذب آب بعد از ۲۴ ساعت (%)	واکتیدگی ضحامت بعد از ۲ ساعت (%)	واکتیدگی ضحامت بعد از ۲۴ ساعت (%)
T1	ساقه پنبه با پوست	۱۱/۴	۳۳۵/۵۹	۱۶/۷۱	۰/۸۷	۲/۴۲	۰/۹۸	۲/۹۴
T2	ساقه پنبه با پوست	۱۰/۳۵	۳۷۱/۳۵	۱۵/۹۳	۱/۲	۲/۶	۲/۴۷	۳/۱۵
T3	ساقه پنبه با پوست	۸/۷۸	۳۹۲/۵۳	۱۲/۸۳	۲/۰۳	۶/۴۴	۲/۹۵	۴/۴۶
T4	ساقه پنبه بدون پوست	۱۰/۳۶	۴۰۸/۰۶	۱۷/۴۵	۲/۹۳	۸/۱۱	۳/۱۷	۵/۸۴
T5	ساقه پنبه بدون پوست	۹/۶۸	۴۱۲/۸۲	۱۴	۳/۷۵	۱۱/۳۱	۳/۹	۷/۴۴
T6	ساقه پنبه بدون پوست	۷/۹۳	۵۶۶/۳۸	۱۱/۴۶	۶/۳۷	۱۸/۴۹	۷/۸۵	۹/۷۴

آزمون کششی

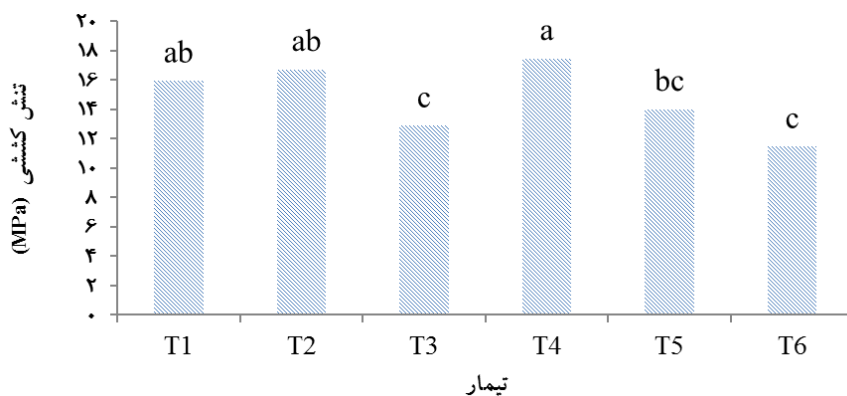
T4 با ۴۰ درصد الیاف ساقه پنبه بدون پوست و کمترین مقاومت کششی (گروه C) مربوط به تیمار T6 با ۷۰ درصد الیاف ساقه پنبه بدون پوست بود. طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اختلاف مقاومت کششی بین تیمارها در سطح ۹۹ درصد معنی دار بوده است.

بر اساس نتایج با افزایش آرد ساقه پنبه، تنش کششی کاهش یافت. با توجه به شکل یک، در مجموع چندسازه‌های به دست آمده از الیاف ساقه پنبه بدون پوست مقاومت کمتری نسبت به چندسازه‌های ساخته شده از الیاف ساقه پنبه با پوست داشتند، اما بیشترین مقاومت کششی (گروه a) مربوط به تیمار

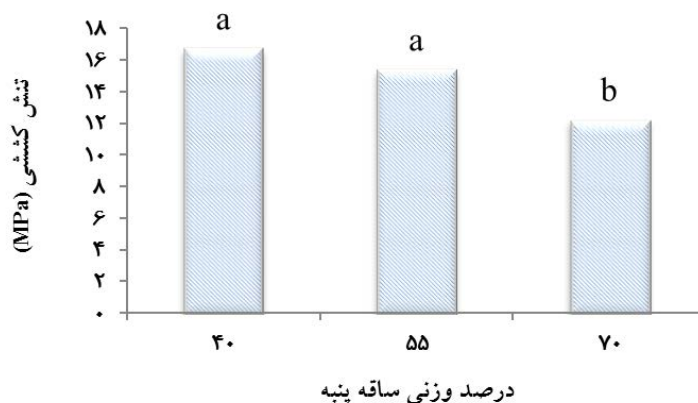
جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس تأثیر نوع ماده لیگنوسولوزی و مقدار وزنی آن بر آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی

منبع تغییرات	تیمار	نوع ماده	درصد اختلاط	اثر متقابل
آزمون	(a)	(b)	(a×b)	
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت	*	*	*	*
واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت	*	*	*	*
جذب آب بعد از ۲ ساعت	*	*	*	*
جذب آب بعد از ۲۴ ساعت	*	*	*	*
مدول گسیختگی	*	*	*	*
مدول الاستیسیته	*	*	*	*
تنش کششی	*	*	*	*

*معنی داری در سطح ۰/۰۵ درصد



شکل ۱- مقایسه تغییرات تنش کششی در بین تیمارها



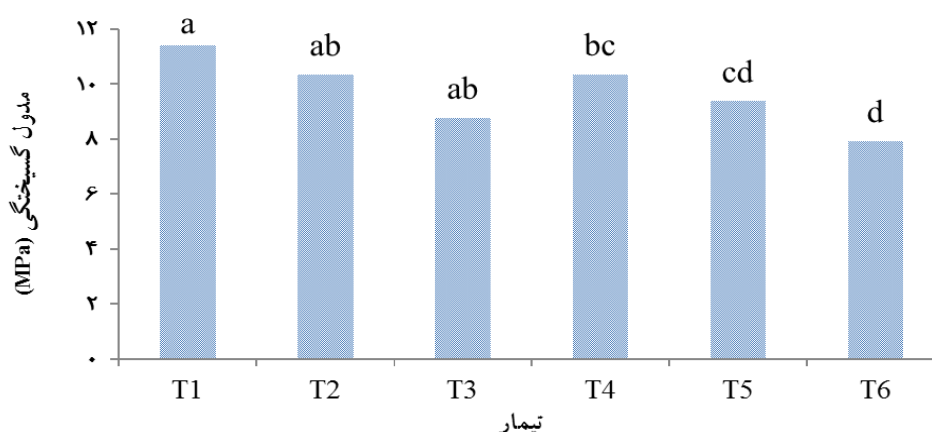
شکل ۲- اثر مستقل مقدار آرد ساقه پنبه بر تنش کششی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، درصدهای مختلف آرد ساقه پنبه (۴۰ درصد، ۵۵ درصد و ۷۰ درصد) و نوع ماده (ساقه پنبه بدون پوست و با پوست) در سطح ۹۵ درصد تأثیر متقابل معنی دار بر مقاومت کششی ندارند.

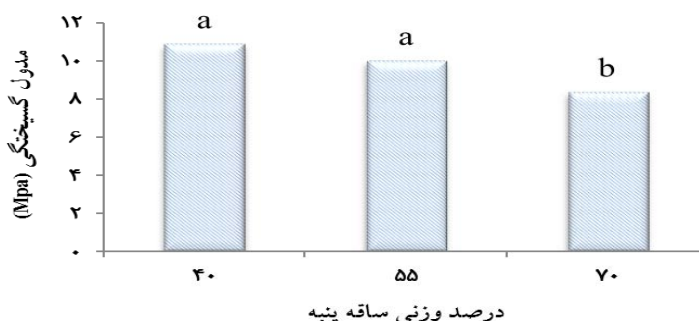
مدول گسیختگی

بر اساس نتایج با افزایش آرد ساقه پنبه، مدول گسیختگی تیمارهای مختلف روند نزولی داشت. با توجه به شکل ۳ بیشترین مدول گسیختگی (گروه a) مربوط به تیمار T1 با ۴۰ درصد الیاف ساقه پنبه با پوست و کمترین مدول گسیختگی (گروه d) مربوط به تیمار T6 با ۷۰ درصد الیاف ساقه پنبه با پوست بوده است.

همان طور که در شکل دو مشاهده می شود، با افزایش میزان آرد ساقه پنبه مقاومت کششی کاهش می یابد. این روند کاهش شیبی یکسان داشت. تیمارهای دارای ۴۰ درصد آرد ساقه پنبه بیشترین مقاومت کششی را داشتند. نتایج نشان داد که تأثیر مستقل درصد آرد ساقه پنبه بر مقاومت کششی در سطح ۹۹ درصد معنی دار بوده است. گروه بندی دانکن نشان می دهد که تیمارهای ۴۰ درصد و ۵۵ درصد آرد ساقه پنبه در گروه a و تیمار ۷۰ درصد آرد در گروه b قرار دارد. اگرچه عملکرد نوع ماده در بین تیمارها متفاوت بود، اما نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع ماده بر مقاومت کششی در سطح ۹۵ درصد معنی دار نبود.



شکل ۳- مقایسه تغییرات مدول گسیختگی در بین تیمارها



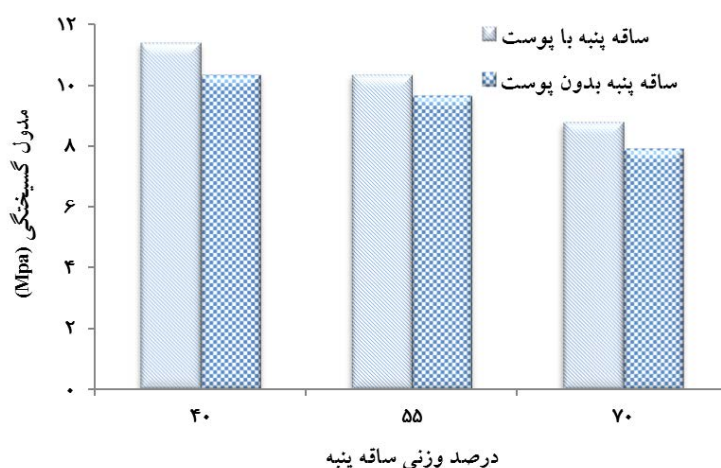
شکل ۴- اثر مستقل مقدار آرد ساقه پنبه بر مدول گسیختگی

درصد معنی دار نیست. در تمامی تیمارها مشاهده شد که چندسازه‌های ساخته شده از الیاف ساقه پنبه با پوست مدول گسیختگی بیشتری نسبت به چندسازه‌های ساخته شده از الیاف ساقه پنبه بدون پوست دارند.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که درصدهای مختلف آرد ساقه پنبه (۴۰ درصد، ۵۵ درصد و ۷۰ درصد) و نوع ماده (ساقه پنبه بدون پوست و با پوست) در سطح ۹۵ درصد تأثیر متقابل معنی دار بر مدول گسیختگی ندارند.

همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش میزان آرد ساقه پنبه میزان مدول گسیختگی کاهش می‌یابد. این اختلاف در سطح ۹۹ درصد معنی دار بود. گروه بندی دانکن نشان داد که تیمارهای ۴۰ و ۵۵ درصد آرد ساقه پنبه در گروه a و تیمار ۷۰ درصد آرد در گروه b قرار دارد. به طوری که بیشترین مدول گسیختگی مربوط به تیمارهای حاوی ۴۰ درصد آرد ساقه پنبه بود.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع ماده بر مدول گسیختگی در سطح ۹۵ درصد معنی دار و در سطح ۹۹

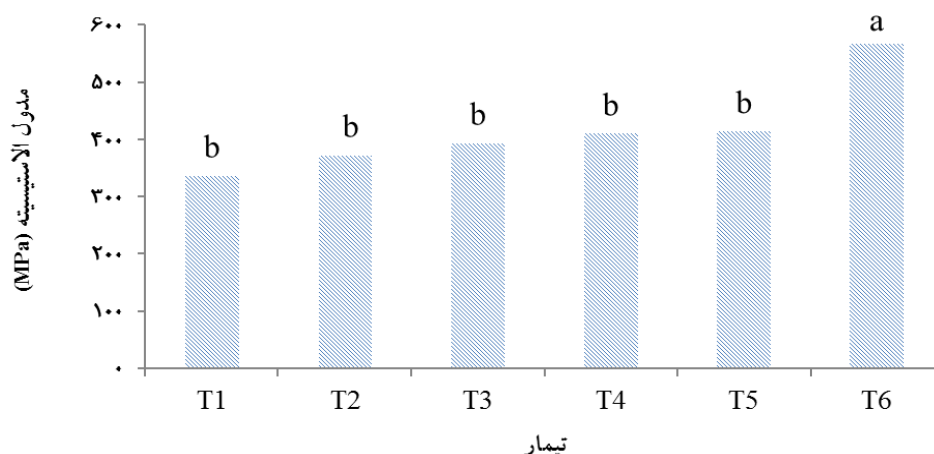


شکل ۵- تأثیر متقابل درصد آرد ساقه پنبه و نوع ماده بر مدول گسیختگی

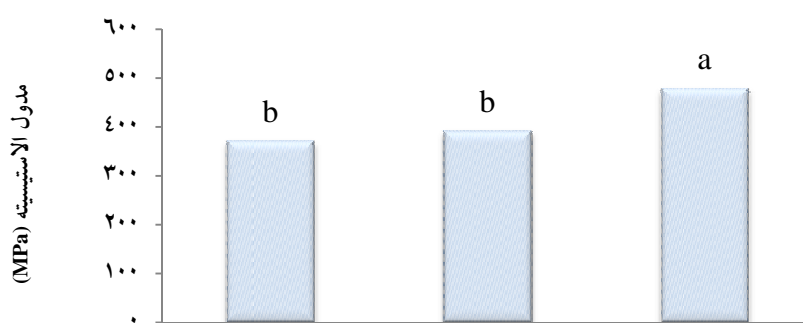
(b) مربوط به تیمار T1 با ۴۰ درصد الیاف ساقه پنبه با پوست بوده است. همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود به لحاظ مقاومتی بین تیمار T6 و سایر تیمارها اختلاف زیادی وجود دارد. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف مقاومتی بین تیمارها در سطح ۹۵ درصد معنی دار است.

مدول الاستیسیته خمشی

بر اساس نتایج با افزایش آرد ساقه پنبه، مدول الاستیسیته روند افزایشی داشت. به طوری که بیشترین میزان مدول الاستیسیته (گروه a) مربوط به تیمار T6 با ۷۰ درصد الیاف ساقه پنبه بدون پوست و کمترین مدول الاستیسیته (گروه



شکل ۶- مقایسه تغییرات مدول الاستیسیته در بین تیمارها



درصد وزنی ساقه پنبه

شکل ۷- اثر مستقل مقدار آرد ساقه پنبه بر مدول الاستیسیته

با سایر تیمارها داشت. افزایش مدول الاستیسیته در تیمار T6 نسبت به سایر تیمارها قابل ملاحظه است. با وجود این نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که درصدهای مختلف آرد ساقه پنبه (۴۰، ۵۵ و ۷۰ درصد) و نوع ماده (ساقه پنبه بدون پوست و با پوست) در سطح ۹۵ درصد تأثیر متقابل معنی دار بر مدول الاستیسیته ندارند.

جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

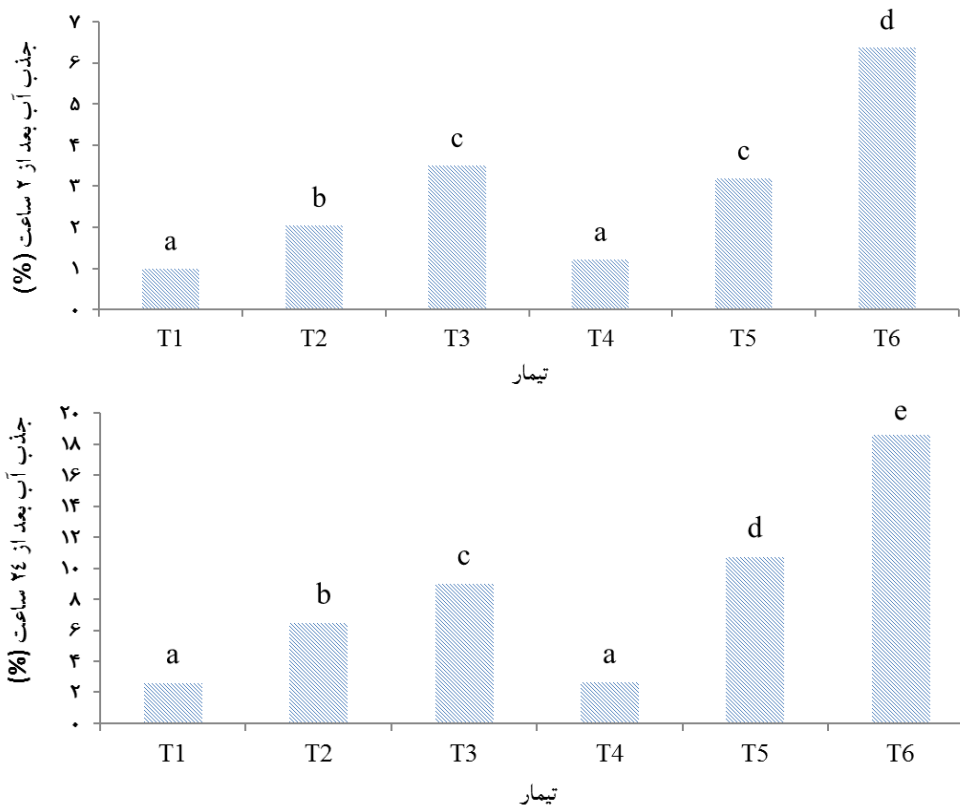
بر اساس نتایج با افزایش آرد ساقه پنبه، جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت تیمارهای مختلف افزایش یافت. این اختلاف در سطح ۹۵ درصد معنی دار بود. با توجه به شکل

با توجه به شکل ۸ مشاهده می شود، با افزایش میزان آرد ساقه پنبه میزان مدول الاستیسیته افزایش می یابد. این اختلاف در سطح ۹۵ درصد معنی دار بود. گروه بندی دانکن نشان داد که تیمارهای حاوی ۷۰ درصد آرد در گروه a و تیمارهای ۴۰ و ۵۵ درصد آرد در گروه b قرار دارند.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع ماده بر مدول الاستیسیته در سطح ۹۵ درصد معنی دار و در سطح ۹۹ درصد معنی دار نیست. به لحاظ عملکرد نوع ماده (ساقه پنبه بدون پوست و با پوست) تمامی تیمارهای حاوی آرد ساقه پنبه بدون پوست مقاومت بیشتری نسبت به تیمارهای دارای ساقه پنبه با پوست داشتند. البته اختلاف مقاومتی برای تیمارهای T1 تا T5 بسیار اندک بود؛ و T6 اختلاف زیادی

کمترین مقدار جذب آب بعد از ۲ ساعت (گروه a) مربوط به تیمار T1 با ۴۰ درصد الیاف ساقه پنبه با پوست بوده است.

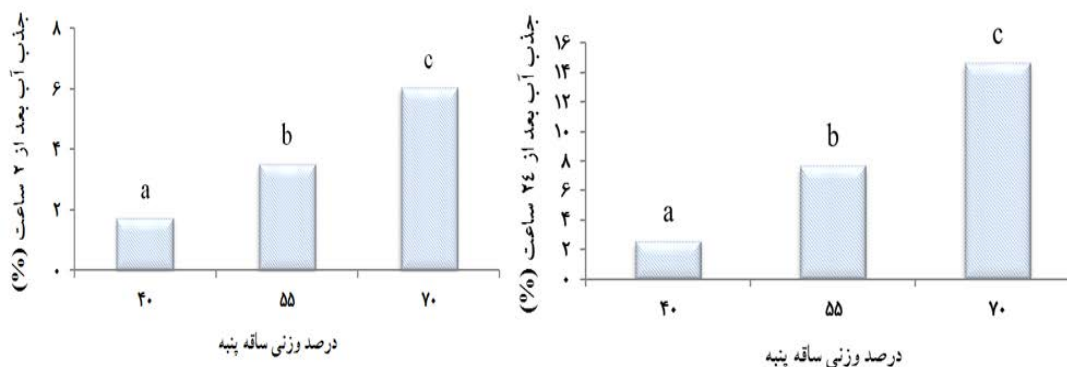
۱۰ بیشترین مقدار جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت مربوط به تیمار T6 با ۷۰ درصد الیاف ساقه پنبه بدون پوست و



شکل ۸- مقایسه تغییرات جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت در بین تیمارها

معنی دار بود. گروه بندی دانکن نشان می دهد که تیمار ۴۰٪ آرد ساقه پنبه در گروه a، تیمار ۵۵٪ آرد ساقه در گروه b و تیمار ۷۰٪ آرد ساقه در گروه c قرار دارد.

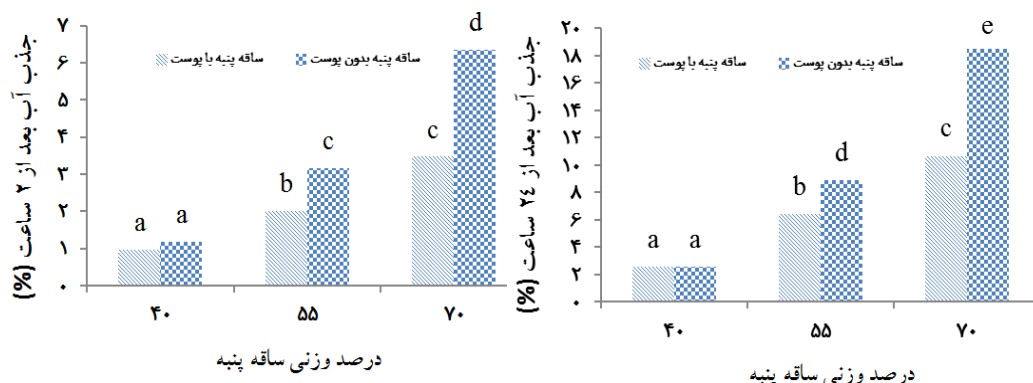
همان طور که در شکل ۱۱ مشاهده می شود، با افزایش میزان آرد ساقه پنبه میزان جذب آب نمونه های آزمونی بعد از ۲ ساعت افزایش می یابد. این اختلاف در سطح ۹۵ درصد



شکل ۹- تأثیر مستقل درصد آرد ساقه پنبه بر جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس مشخص شد که درصد‌های مختلف آرد ساقه پنبه (۴۰٪، ۵۵٪ و ۷۰٪) و نوع ماده (ساقه پنبه بدون پوست و با پوست) در سطح ۹۵٪ دارای تأثیر متقابل معنی‌دار بر جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت می‌باشند.

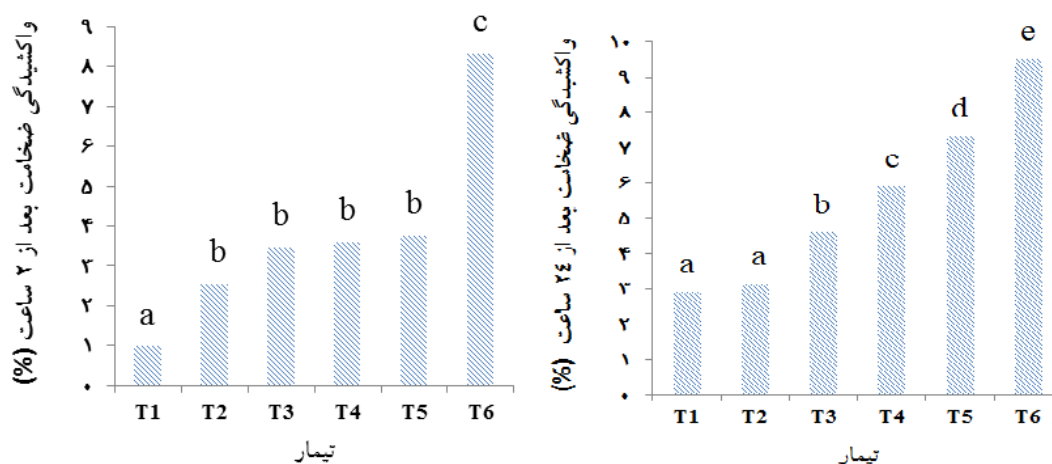
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع ماده بر جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت در سطح ۹۵٪ معنی‌دار می‌باشد. همچنین در مورد نوع ماده، تمامی تیمارهای حاوی ساقه پنبه با پوست جذب آب کمتری نسبت به تیمارهای به دست آمده از ساقه پنبه بدون پوست داشتند.



شکل ۱۰- تأثیر متقابل درصد آرد ساقه پنبه و نوع ماده بر جذب آب بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

تیمار T6 با ۷۰ درصد لیاف ساقه پنبه بدون پوست و کمترین مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت (گروه a) مربوط به تیمار T1 با ۴۰ درصد لیاف ساقه پنبه با پوست بوده است.

بر اساس نتایج با افزایش آرد ساقه پنبه، واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت افزایش یافت. این اختلاف در سطح ۹۵٪ معنی‌دار بود. با توجه به شکل ۱۳ بیشترین مقدار واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت مربوط به



شکل ۱۱- مقایسه تغییرات واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت در بین تیمارها

آزمونی بعد از ۲ و ۲۴ ساعت افزایش می‌یابد. این اختلاف در سطح ۹۵٪ معنی‌دار بود. گروه‌بندی دانکن نشان می‌دهد که

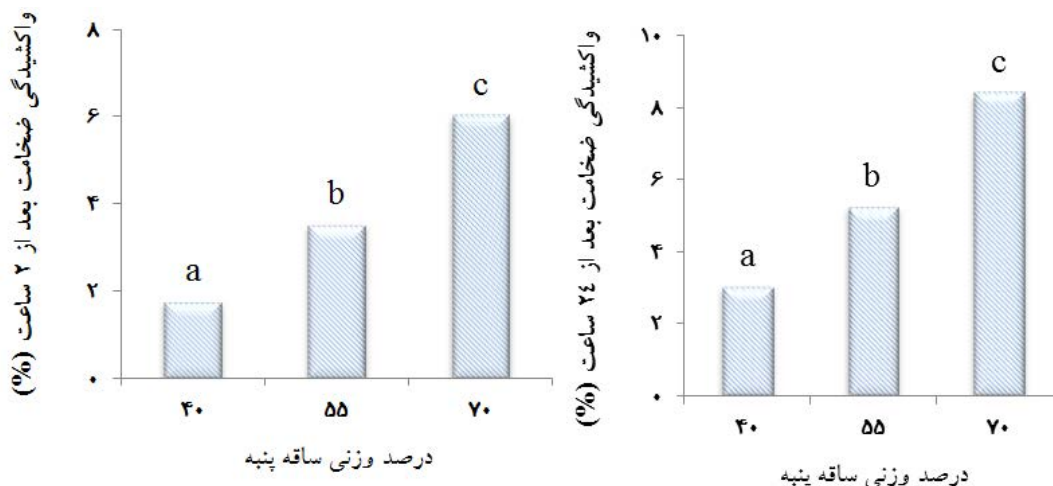
همان‌طور که در شکل ۱۴ مشاهده می‌شود، با افزایش میزان آرد ساقه پنبه میزان واکشیدگی ضخامت نمونه‌های

کمتری نسبت به تیمارهای به دست آمده از ساقه پنبه بدون پوست داشتند.

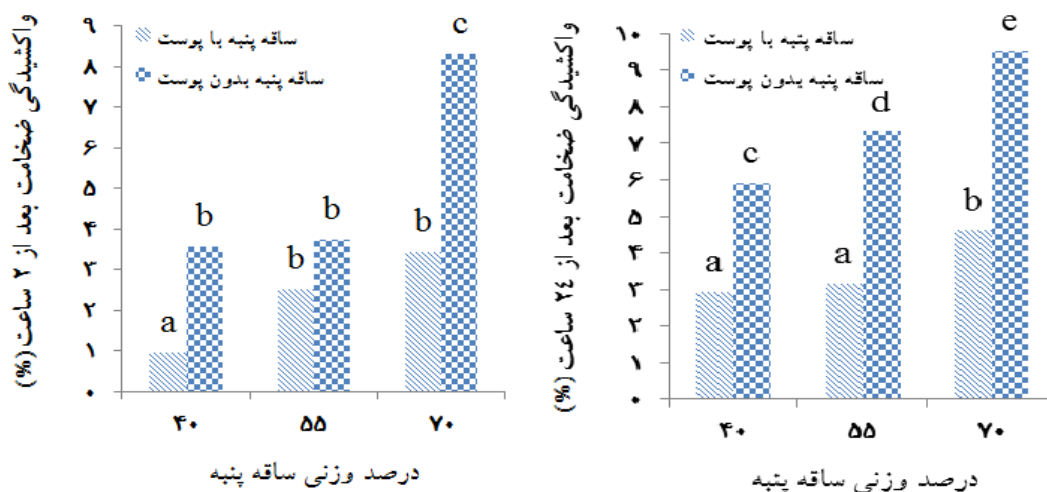
بر اساس نتایج مشخص شد که درصدهای مختلف آرد ساقه پنبه (۴۰٪، ۵۵٪، و ۷۰٪) و نوع ماده (ساقه پنبه بدون پوست و با پوست) دارای تأثیر متقابل معنی-دار بر واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت می باشند.

تیمار ۴۰٪ آرد ساقه پنبه در گروه a، تیمار ۵۵٪ آرد ساقه در گروه b و تیمار ۷۰٪ آرد ساقه در گروه c قرار دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نوع ماده بر واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت در سطح ۹۵٪ معنی دار می باشد. همچنین در مورد نوع ماده، تمامی تیمارهای حاوی ساقه پنبه با پوست واكشیدگی ضخامت



شکل ۱۲- اثر مستقل مقدار آرد ساقه پنبه بر واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت



شکل ۱۳- تأثیر متقابل درصد آرد ساقه پنبه و نوع واكشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت

جدول ۵- درصد اهمیت ویژگی‌های مکانیکی در محاسبه معادلات نرمال‌سازی

الگو (درصد)	خواص فیزیکی و مکانیکی
۳۰	مقاومت کششی (X۱)
۱۸	مدول گسیختگی (X۲)
۱۵	مدول الاستیسیته (X۳)
۱۳	جذب آب بعد از ۲ ساعت (X۴)
۸	جذب آب بعد از ۲۴ ساعت (X۵)
۱۱	واکشدگی بعد از ۲ ساعت (X۶)
۵	واکشدگی بعد از ۲۴ ساعت (X۷)
۱۰۰	مجموع

با داشتن میانگین کل هر یک از خواص مکانیکی، معادله نرمال‌سازی برای داده‌ها با استفاده از رابطه ۱ بشرح زیر به‌دست آمد:

رتبه‌بندی تیمارهای آزمایش به روش امتیازدهی از طریق معادله نرمال‌سازی

برای مقایسه تیمارهای آزمایشی از نظر مجموع ویژگی‌های مورد بررسی در محصول نهایی، انجام معادلات نرمال‌سازی ضروریست. بدیهی است در صورتی که فقط یک تیمار آزمایشی از بیشترین مقادیر خواص یا صفات مورد بررسی در محصول نهایی برخوردار باشد، آنگاه مقایسه تیمارهای آزمایشی مفهومی نداشته و تیمار آزمایشی مذکور به‌عنوان بهترین تیمار انتخاب می‌شود. در عمل وقوع چنین موردی بسیار نادر بوده، از این رو استفاده از محاسبات نرمال‌سازی برای تعیین بهترین تیمار آزمایشی ضرورت می‌یابد. برای تعیین بهترین تیمار از نظر خواص مکانیکی، ضرایب نرمال‌سازی محاسبه شد. در محاسبه ضرایب مذکور، درصد اهمیت هر یک از خواص فیزیکی و مکانیکی بشرح زیر در نظر گرفته شد.

رابطه ۱

$$Y=0/0468737 X_1+0/0319785 X_2+0/941372 X_3-0/00031725 X_4-0/0005430X_5-0/00029986 X_6-0/000412353 X_7$$

جدول ۶- میانگین نتایج آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی چندسازه‌ها

T۶	T۵	T۴	T۳	T۲	T۱	تیمارها	ویژگی‌ها
۱۱/۴۶	۱۴	۱۷/۴۵	۱۲/۸۳	۱۵/۹۳	۱۶/۷۱		مقاومت کششی (MPa)
۷/۹۳	۹/۶۸	۱۰/۳۶	۸/۷۸	۱۰/۳۵	۱۱/۴		مدول گسیختگی (MPa)
۵۶۶/۳۸	۴۱۲/۸۲	۴۰۸/۰۶	۳۹۲/۵۳	۳۷۱/۳۵	۳۳۵/۵۹		مدول الاستیسیته (MPa)
۶/۳۷	۳/۷۵	۲/۹۳	۲/۰۳	۱/۲	۰/۸۷		جذب آب بعد از ۲ ساعت (%)
۱۷/۴۹	۱۱/۳۱	۸/۱۱	۶/۴۴	۲/۶	۲/۴۲		جذب آب بعد از ۲۴ ساعت (%)
۷/۸۵	۳/۹	۳/۱۷	۲/۹۵	۲/۴۷	۰/۹۸		واکشدگی بعد از ۲ ساعت (%)
۹/۷۴	۷/۴۴	۵/۸۴	۴/۴۶	۳/۱۵	۲/۹۴		واکشدگی بعد از ۲۴ ساعت (%)

بر اساس معادله ۱ امتیاز تعلق گرفته به هر یک از تیمارها بشرح جدول ۵ رتبه‌بندی شد.

جدول ۷- رتبه‌بندی چندسازه‌های حاصل از الیاف ساقه پنبه

رتبه	مجموع	واکشیدگی بعد از ۲۴ ساعت (%)	واکشیدگی بعد از ۲ ساعت (%)	جذب آب بعد از ۲۴ ساعت (%)	جذب آب بعد از ۲ ساعت (%)	مدول الاستیسیته (MPa)	مدول گسیختگی (MPa)	مقاومت کششی (MPa)	تیمار
۲	۰/۱۵۹۴۵	۰/۰۰۰۴۱۲۳	۰/۰۰۰۲۹۹	۰/۰۰۰۵۴۳۰	۰/۰۰۰۳۱۷۲	۰/۱۴۱۲۰۵	۰/۰۰۵۷۵۶	۰/۰۱۴۰۶۲	T1
۴	۰/۱۵۷۸۴	۰/۰۰۰۴۰۵۷	۰/۰۰۰۶۹۹	۰/۰۰۰۵۳۵۷	۰/۰۰۱۰۵۴۸	۰/۱۴۳۴۸۵	۰/۰۰۰۴۷۹۸	۰/۰۱۲۳۱۰۳	T2
۶	۰/۱۵۷۳۷۲۰	۰/۰۰۰۵۵۹۷	۰/۰۰۰۸۱۴	۰/۰۰۱۲۹۳۱	۰/۰۰۱۴۵۳۳	۰/۱۴۳۴۸۵	۰/۰۰۴۰۰۷	۰/۰۰۹۶۹۸۷	T3
۱	۰/۱۵۶۳۹	۰/۰۰۰۷۰۲۱	۰/۰۰۰۸۳۸	۰/۰۰۱۵۶۰۱	۰/۰۰۱۸۲۵۶	۰/۱۴۷۴۹۳	۰/۰۰۴۲۴۸	۰/۰۱۲۵۸۸۶	T4
۳	۰/۱۵۸۹۶۶	۰/۰۰۰۹۰۷۰	۰/۰۰۱۰۴۶	۰/۰۰۲۲۰۶۲	۰/۰۰۲۳۸۵۴	۰/۱۵۰۹۹۴	۰/۰۰۴۲۴۸	۰/۰۱۰۲۴۱۴	T5
۵	۰/۱۵۷۷۸	۰/۰۰۰۸۹۴۳	۰/۰۰۱۵۸۹	۰/۰۰۲۷۲۲۵	۰/۰۰۲۳۳۰۴	۰/۱۵۶۳۶۶	۰/۰۰۲۶۲۷	۰/۰۰۶۳۲۷۷	T6

پلیمر می‌باشد.

با توجه به این موضوع که مدول الاستیسیته الیاف لیگنوسلولزی بیشتر از پلیمر خالص است و مقدار مدول الاستیسیته مواد مرکب بستگی به مدول اجزای تشکیل‌دهنده آن دارد. بنابراین به نظر می‌رسد با افزایش درصد آرد ساقه پنبه در هر تیمار، مدول الاستیسیته هم افزایش می‌یابد. نتایج به‌دست آمده برای مدول الاستیسیته چندسازه‌ها با نتایج تحقیق Mirmehdi و Omidvar (2011) مطابقت داشت.

بررسی نوع ماده برای مقاومت کششی نشان داد که چند-سازه‌های حاصل از پوست ساقه پنبه به لحاظ مقاومتی عملکرد نسبتاً بهتری دارند. دلیل آن را می‌توان بیشتر بودن طول و ضریب کشیدگی الیاف پوست عنوان کرد؛ اما نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که چندسازه‌های حاصل از الیاف ساقه پنبه با پوست و بدون پوست به لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری ندارند. بررسی نوع ماده برای مدول گسیختگی نشان داد که استفاده از پوست ساقه پنبه باعث افزایش مدول گسیختگی می‌شود. به نظر می‌رسد که الیاف پوست دارای لیگنین زیاد و مواد استخراجی متنوعی می‌باشند که برخی از آنها می‌توانند نقش جفت‌کنندگی را بین پلی‌پروپیلن غیرقطبی و الیاف ساقه پنبه ایفا نمایند. وجود این مواد ممکن است ضمن بهبود پراکنش مواد لیگنوسلولزی در ماتریس پلیمری، باعث بهبود سازگاری بین الیاف ساقه پنبه و پلی‌پروپیلن شوند و در پی آن اتصال بین ماتریس و پرکننده تقویت شود. نتایج Kazemi Najafi و Azimi Delarestaghi (2011) با نتایج این تحقیق مشابهت داشت. آنها اعلام کردند افزایش درصد پوست در مواد مرکب باعث می‌شود که مقاومت خمشی به‌طور معناداری افزایش یابد. بر اساس نتایج استفاده از پوست ساقه پنبه باعث کاهش مدول الاستیسیته در چندسازه‌ها شد. نظر به اینکه بین مدول الاستیسیته مواد مرکب و اجزای آنها رابطه مستقیم وجود دارد و مدول الاستیسیته پوست تقریباً ۵۰ درصد مدول الاستیسیته چوب است (Niklas, 1998). بنابراین احتمالاً مدول الاستیسیته اجزای تشکیل‌دهنده چندسازه بر

با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی حاصل از تیمارهای مختلف، معادله نرمال‌سازی محاسبه شد و بهترین تیمار آزمایشی از نظر مجموع ویژگی‌های مکانیکی تعیین شد. نتایج حاصل از معادله نرمال‌سازی نشان داد که تیمارهای T1، T2، T3، T4، T5 و T6 به ترتیب در رتبه‌های ۱ تا ۶ قرار گرفته‌اند. از بین چندسازه‌های حاصل از آرد ساقه پنبه و پلی‌پروپیلن تیمار T4 دارای بیشترین امتیاز بود که دارای ۶۰ درصد پلاستیک و ۴۰ درصد ساقه پنبه بدون پوست می‌باشد. تیمار T1 با اختلاف بسیار کم در رتبه دوم امتیازدهی قرار گرفت.

بحث

هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر نوع ماده لیگنوسلولزی و درصد وزنی آرد ساقه پنبه بر خواص مکانیکی چندسازه‌های ساخته شده از ساقه پنبه و پلی‌پروپیلن بود. بر اساس نتایج با افزایش آرد ساقه پنبه در چندسازه‌ها مقادیر تنش کششی و مدول گسیختگی به‌طور معنادار کاهش یافت، در حالی که مقادیر مدول الاستیسیته افزایش یافت. در مورد مقاومت کششی و مدول گسیختگی، اصولاً در مواد مرکب چوب-پلاستیک با مقادیر بیشتر الیاف، پلاستیک نقش چسب را برای اتصال ذرات چوبی به هم ایفا می‌کند. در صورت استفاده از مقادیر کم پلاستیک چسبندگی الیاف با ماده زمینه ضعیف می‌شود، در پی آن کارایی انتقال تنش از ماده زمینه به الیاف کاهش می‌یابد. بنابراین وقتی درصد پلاستیک در چندسازه کم می‌شود، مقاومت‌های مکانیکی کاهش می‌یابد. Karimi و همکاران (2004) و Mirmehdi و Omidvar (2011) در گزارشی مشابه این نتایج را گزارش کردند. آنها گزارش کردند که افزایش استفاده از پرکننده لیگنوسلولزی باعث کاهش مقاومت کششی شده است. از سوی دیگر علت کاهش مدول گسیختگی به ماهیت شیمیایی مواد تشکیل‌دهنده کامپوزیت بستگی دارد. تحقیقات Rowell و همکاران (1998) نشان داد که مقاومت خمشی مواد مرکب تابعی از مقدار درصد پرکننده و چگونگی اتصال پرکننده و ماتریس

وجود دارند. علاوه بر این درصد خاکستر موجود در پوست چندین برابر ساقه بدون پوست است. از آنجایی که الیاف پوست ساقه پنبه دانسیته کمتری نسبت به خود ساقه دارند، از این رو این پتانسیل را دارند تا در مرحله پرس گرم تحت فشار پرس فشرده تر شوند و چندسازه‌هایی مترکم با خلل و فرج اندک تولید نمایند. بنابراین چندسازه‌های حاصل از این الیاف در ساختار خود فضاهای خالی کمی دارند و هنگامی که در معرض رطوبت قرار می‌گیرند، آب به سختی در آنها نفوذ و جریان می‌یابد. این موضوع باعث می‌شود چندسازه‌های حاصل از پوست برگشت ضخامت و جذب آب کمتری نسبت به دیگر چندسازه‌ها داشته باشند. علاوه بر این مقدار مواد استخراجی پوست بسیار بیشتر از ساقه آن است، میزان مواد استخراجی غیر قابل حل در آب برای پوست ساقه پنبه بیش از دو برابر ساقه آن است. بنابراین انتظار می‌رود جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در تیمارهای به‌دست آمده از ساقه پنبه با پوست کمتر از تیمارهای حاصل از ساقه پنبه بدون پوست باشد. همچنین درصدهای مختلف آرد ساقه پنبه (۴۰٪، ۵۵٪ و ۷۰٪) و نوع ماده (ساقه پنبه بدون پوست و با پوست) در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای تأثیر متقابل معنی‌دار بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامت می‌باشند. نتایج Azimi Delarestaghi و Kazemi Najafi (۲۰۱۱) نشان داد که حضور پوست در چندسازه، باعث می‌شود جذب آب و واکنشیدگی ضخامت کوتاه‌مدت مواد مرکب کاهش یابد.

منابع مورد استفاده

- Abasyan, M., Omidvar, A., Mashkur, M. 2013. The Effect of Type and Filler content on the Water absorption Properties of Cotton Stalk Flour - Polypropylene Composite. The Second National Conference on Planning and Environmental Protection. Haamedan, 24 Mordad.
- Bajwa, S. G., Bajwa, D. S., Holt, G., Coffelt, T. and Nakayama, F. 2011. Properties of thermoplastic composites with cotton and guayule biomass residues as fiber fillers. *Industrial Crops and Products*, 33: 747-755
- Doosthoseini, K. 2001. Production technology and

روی مدول الاستیسیته خود چندسازه تأثیرگذار بوده و چند-سازه‌های حاوی آرد ساقه پنبه بدون پوست نسبت به چند-سازه‌های حاصل از آرد ساقه پنبه با پوست مدول الاستیسیته بیشتر دارند. علاوه بر این، مدول الاستیسیته در چندسازه متأثر از دانسیته ذرات تشکیل دهنده آن می‌باشد؛ کم بودن دانسیته ماده اولیه منجر به افزایش خواص الاستیک در فراورده نهایی می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از جدول تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر نوع و مقدار ماده بر مدول گسیختگی و مدول الاستیسیته معنی‌دار است، اما اثر متقابل این دو عامل بر روی مقاومت‌های فوق معنی‌دار نبود. استفاده از مقادیر زیاد آرد ساقه پنبه باعث افزایش مدول الاستیسیته چندسازه شد. بنابراین به‌نظر می‌رسد حضور مقادیر زیاد الیاف ساقه پنبه بدون پوست نسبت به پلاستیک در تیمار T6 باعث شده است تا الیاف به خوبی الاستیسیته بودن خود را نشان دهند و چند-سازه‌ای با مدول الاستیسیته زیاد تولید شود. در واقع بالا بودن مدول الاستیسیته ساقه پنبه بدون پوست از یکسو و کم بودن مقادیر پلاستیک در چندسازه‌های حاوی ۷۰ درصد الیاف از سوی دیگر باعث شده تا پلاستیک نتواند الیاف را کپسوله نماید.

بر اساس نتایج با افزایش آرد ساقه پنبه، جذب آب و واکنشیدگی ضخامت در تیمارهای مختلف روند افزایشی داشت. بیشترین مقدار جذب آب و واکنشیدگی ضخامت مربوط به تیمار T6 با ۷۰ درصد الیاف ساقه پنبه بدون پوست و کمترین مقدار آن مربوط به تیمار T1 با 40 درصد الیاف ساقه پنبه با پوست بوده است. در مجموع در چند-سازه‌های حاصل از ساقه پنبه با پوست نسبت به چندسازه‌های حاصل از ساقه پنبه بدون پوست جذب آب و واکنشیدگی ضخامت بسیار کمتر بود. علت آن را می‌توان تفاوت در ساختار شیمیایی پوست و بخش چوبی ساقه پنبه دانست. پوست دارای لیگنین و مواد استخراجی متنوعی است، برخی از این ترکیبات آب‌گریز باعث غیرفعال و هیدروفوب شدن سطح مواد لیگنوسولوزی می‌شود. از سوی دیگر ترکیبات آبدوست نظیر سلولز در پوست ساقه پنبه کمتر

- Shakeri, A. 2011 Investigation on the Mechanical Properties of Polyethylene/Date Palm Wood Flour Composite: The Effect of Filler Content and Type. *Journal of Wood & Forest Science and Technology*, 18(4): 77-92. (In Persian)
- Niklas, K.J., 1998. The mechanical role of bark, *American Journal of Botany*, 86: 465-469
- Rowell R.M., Young R.A., and Rowell J.K., paper and composites from agro-based resources, 1945.
- Saraeian, A.R. and Shoub Chari, H. 2011. Investigation on the Fiber Biometry and Chemical Compounds of Bast and without Bast Stalk of Cotton Stalk Sahel Variety. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 3 (1): 91-102. (In Persian)
- Statistics of Agriculture. 2009-2010. Publications of Ministry Agriculture.
- Tsoumis, G., 1991. Science and Technology of wood. Structure, Properties, Utilisation. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Ververis, C., Georghiou, K., Christodoulakis, N., Santas. P. and Santas, R., 2004 Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production, industrial crops and products, 19: 254-262.
- Yang, H.S., Kim, H.J., Park, H.J., Lee, B.J., and Hwang, T.S., 2005. Water absorption behavior and mechanical properties of Lignocellulosic filler polyolefin biocomposite, *Journal of Composite Structure*, (72): 429-437
- Yemele, M.C.N Ahmad Koubaa, A., A., Soulounganga, P., Wolcott, M. 2010 Effect of bark fiber content and size on the mechanical properties of bark/HDPE composites. *Composite Part A: Applied Science and Manufacturing* 41(1): 131-137
- application of compressed wood panels. Tehran University Press, 648p. (In Persian)
- Gomez, R.S., Wilson, P.N., Coates W.E., and Fox R.W., 1997. Cotton(Gossypium) plant residue for industrial fuel. *Ind. Crop. Prod*, (7): 1-8
- Kargarfard, A., Nourbakhsh, A. and Golbabaee, F. 2006. Investigation on utilization of cotton stalk in particleboard production. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*. 21 (2): 95-104. (In Persian)
- Karimi, A.N., Roohani, M., Parsapajouh, D. and Ebrahimi, Gh. 2004. A Study of Feasibility of use of Lignocellulosic, Bagasse and Kenaf Fibers in the Manufacture of Fiber-Polypropylene Composite. *Iranian Journal of Natural Resources*, 57(3): 491-506. (In Persian)
- Kazemi Najafi, S. and Azimi Delarestaghi, A. 2011. Effect of Beech bark Content on Physical and Mechanical Properties of Bark Flour-Polypropylene Composites. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 26 (4): 811-823. (In Persian)
- Khajeh pour, M.R. 2000. Industrial Plants. Iranian Academic Center for Education, Culture & Research Isfahan University Branch. 564p
- Kord, B., Kord, B., Pur abasi, S. and Kyayefar, A. 2010. The Effect of Content and Type of Reinforced Lignocellulosic Material on the Physical and Mechanical Characteristics Wood-Plastic Composite. *Journal of Sciences and Technical of Natural Resources*. 20 (3): 57-68. (In Persian)
- Lee, S.Y., Yang, H.S., Kim, H.J., Leong, C.S., Lim, B.S., and Lee, J.N. 2004. Creep behavior and manufacturing parameter of wood flour filled polypropylene composite. *Composite structure*, 65: 3-4. 459-469
- Mirmehdi, S.M., Omidvar, A., Madhoushi, M. and

Investigating the Effect of Cotton Stalks Bark on Physical and Mechanical Properties of Cotton Stalk Flour- Polypropylene Composite

M. Abasyan^{1*}, A. Omidvar², M. Mashkur³ and Z. Farhadi⁴

1*-Corresponding author, M.Sc., Student of Wood industries, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, Iran, Email: Abasyan.mahdi@yahoo.com

2-Professor, Department of Wood and Paper science &Technology, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, Iran

3-Asistant Professor, Department of Wood and Paper science &Technology, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, Iran

4-M.Sc., Wood industries, Faculty of Natural Resources, University of Gorgan, Iran.

Received: April, 2013 Accepted: Sep., 2014

Abstract

This study seeks to investigate the possibility of producing polypropylene composite- cotton stalk flour with various percentages of cotton stalk flour. Determining the best treatment in terms of physical and mechanical properties and exploring the effect of using cotton stalks in the production of the composites were among the major objectives of this study. Six treatments consisting of Polypropylene, 40, 55 and 70 percent level of cotton stalks and two fillers (cotton stalks with and without barks) were developed. Maleic anhydride modified polypropylene (3% wt) was applied to each treatment. The mixing and granulation of the plastic and cotton silk flour was carried out using twin screw extruder model 4815. After preparing and shearing of samples, the mechanical properties of composites including tensile strength, rupture modulus and elasticity modulus were calculated in accordance with D-6109 and ASTM D-7031 standards. In addition, water absorption and thickness swelling tests were performed according to D-570-98 standard. The results showed that an increase in the flour of cotton stalk reduced the tensile strength and rupture modulus on the one hand, and increased the bending elasticity modulus on the other hand. In terms of the performance of the filler, there was a significant difference between values of rupture modulus and elasticity modulus at 95% level whereas this difference was not significant for tensile strength. Moreover, this difference was significant for values of water absorption and thickness swelling. The maximum tensile strength belonged to T4 with 40 percent of cotton stalk bark fibers.

Keywords: Composites, polypropylene, cotton stalk, mechanical properties, physical properties, bark.