

تأثیر حضور ضایعات ساقه توتون مخلوط با خرده چوب صنعتی بر پایداری ابعادی و خواص مکانیکی تخته خرده چوب

لعیا جمالی راد^{۱*} و سعید ناروئی^۲

*- نویسنده مسئول، استادیار، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران،

پست الکترونیک: jamalirad@gonbad.ac.ir

۲- کارشناس ارشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبد، ایران

تاریخ دریافت: شهریور ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۷

چکیده

هدف از این تحقیق، بررسی امکان استفاده از ساقه گیاه توتون به همراه خرده چوب صنعتی در صنایع تخته خرده چوب به عنوان یک ماده ضایعاتی که مصرف مشخصی نداشته و دورریز بوده و دارای قیمت پایین می باشد و به دنبال آن کاهش میزان هزینه های تولید از طریق انتخاب این نوع ماده اولیه کم ارزش بوده است. برای این منظور، از ذرات حاصل از ساقه گیاه توتون و خرده چوب صنعتی با نسبت های متفاوت شامل ۱۰۰:۰، ۷۰:۳۰ و ۴۰:۶۰ و با استفاده از دو سطح مصرف چسب ۱۲ و ۱۴ درصد از نوع اوره فرمالدهید (براساس وزن خشک خرده چوب) و زمان پرس ۵ دقیقه برای ساخت تخته خرده چوب در نظر گرفته شد. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته ها شامل واکنش پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب و مقاومت خمشی (MOR)، مدول الاستیسیته (MOE) و چسبندگی داخلی (IB) اندازه گیری و کلیه داده ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که اگرچه افزایش ذرات ساقه توتون منجر به افزایش واکنش پذیری ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب و کاهش مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی گردید اما همه تخته ها حد استاندارد اروپایی (EN) را دارا بودند. افزایش میزان چسب نیز تأثیر معنی داری بر کلیه ویژگی های تخته ها داشت و باعث بهبود خواص گردید. در یک نتیجه گیری کلی و با مقایسه خواص تخته های تولید شده با استاندارد اروپایی (EN) مشخص گردید که با استفاده از ۶۰ درصد ساقه توتون و ۱۲ درصد چسب اوره فرمالدهید می توان تخته خرده چوب با خواص مطلوب تولید نمود. این موضوع نتیجه مثبتی در جهت استفاده از ساقه های گیاه توتون به عنوان یک نوع پسماند کشاورزی که پس از برداشت برگ های آن بر روی زمین باقی می ماند و به دنبال آن جلوگیری از آلودگی های زیست محیطی ناشی از سوزاندن این ترکیبات دارد.

واژه های کلیدی: ضایعات ساقه توتون، رزین اوره فرمالدهید، واکنش پذیری ضخامت، چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی.

مقدمه

تقاضای رو به افزایش محصولات صنایع چوب و کاغذ از سوی دیگر یافتن مواد جایگزین برای صنعت چوب و کاغذ و صنایع وابسته به آن را اجتناب ناپذیر می کند. در این راستا مواد لیگنوسولوزی به دست آمده از پسماندهای کشاورزی به عنوان یکی از مواد جایگزین منابع چوبی جنگلی در ساخت فراورده های چوبی به ویژه تخته خرده چوب مطرح

مشکلات زیست محیطی ناشی از برداشت بی رویه چوب و کمبود این مواد اولیه صنایع چوب و کاغذ، کشور را با بحران های عدیده ای روبه رو کرده و محققان را بر آن داشته تا به دنبال راه حل های اصولی و درازمدت برای تأمین مواد اولیه این صنعت باشند. کمبود منابع چوبی از یکسو و

شدند (Alvarez *et al.*, 2011). استفاده از پسماند کشاورزی به عنوان منابع تجدیدشونده از مهمترین راهکارهایی هست که طی سال‌های اخیر مطرح بوده و موضوع جدیدی نیست و روی آوردن به استفاده از پسماندهای کشاورزی به نظر اجتناب‌ناپذیر می‌رسد. این نکات باعث شده است که در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی بر روی ویژگی‌های فرآورده‌های مرکب چوبی تولیدی به‌ویژه تخته‌خرده‌چوب از پسماندهای کشاورزی مانند ساقه پنبه (Alma *et al.*, 2005)، ساقه گندم (Cheng *et al.*, 2006; Sain and Panthapulakkal, 2004)، فندق (Copur *et al.*, 2008)، پوسته گردو (Pirayesh *et al.*, 2012)، کلزا (Mazhari Mousavi *et al.*, 2013)، کناف (Paridah *et al.*, 2014)، ساقه آفتاب‌گردان (Bektas *et al.*, 2005)، بامبو (Sudinand Swamy, 2006)، باگاس (Tabarsa *et al.*, 2011) و کاه برنج (Zhang *et al.*, 2014) انجام شود. از این رو ضایعات کشاورزی به علت گستردگی، دسترسی آسان، فراوانی، تجدیدشوندگی، مقاومت بالا، چگالی کم، مسائل زیست‌محیطی و اقتصادی به‌عنوان یک جایگزین مناسب مورد توجه قرار می‌گیرند (Sarki *et al.*, 2011). در این راستا Jung Lin و همکاران (۲۰۰۸) امکان استفاده از ضایعات نخل را در ساخت تخته‌خرده‌چوب مورد بررسی قرار دادند. آنان دریافتند که می‌توان از الیاف نخل در ساخت تخته‌خرده‌چوب با ارزش افزوده بدون هیچ‌گونه اثر منفی بر روی خواص تخته حاصل استفاده کرد. Fathy و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی اثر دو نوع چسب ملامین اوره فرمالدهید و اوره فرمالدهید بر خواص کاربردی تخته‌خرده‌چوب ساخته شده از مخلوط کلش برنج و خرده‌چوب صنوبر پرداختند و دریافتند که افزایش کلش برنج به خرده‌چوب‌های صنوبر باعث افزایش جذب آب و واکنشیدگی ضخامت، کاهش مقاومت خمشی و چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده می‌گردد. اما تجزیه و تحلیل آماری و گروه‌بندی میانگین‌ها براساس آزمون دانکن نشان داد که در اغلب موارد افزایش کلش برنج تا میزان ۳۰ درصد اثرهای منفی قابل اغماض برجای می‌گذارد.

Rassam و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از خرده‌های ساقه ذرت و خرده‌چوب صنعتی، تخته‌خرده‌چوب ساختند. نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش زمان پرس سبب بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی محصول شده است. همچنین با افزایش مصرف خرده‌های حاصل از ساقه ذرت، ویژگی‌های خمشی و چسبندگی داخلی به ترتیب افزایش و کاهش یافت. از سوی دیگر افزایش مصرف چسب نیز سبب بهبود کلیه خواص تخته‌ها گردید. Ergun و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی ساخت تخته‌خرده‌چوب سه لایه از ساقه گوجه فرنگی پرداختند. متغیرهای این تحقیق، دانسیته با سه سطح (۰/۵۳، ۰/۶۳ و ۰/۷۳)، نوع چسب در دو سطح اوره فرمالدهید و ملامین فرمالدهید و با مقادیرهای (۱۰ و ۸) و (۱۰ و ۱۲) به ترتیب در لایه مرکزی و لایه رویی بودند. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها با افزایش دانسیته و مقدار چسب افزایش یافته است. در حالی که مقاومت کششی عمود به سطح تخته‌ها در هر نوع تیمار متفاوت بوده است. به‌طور کلی ساقه گوجه فرنگی می‌تواند به‌عنوان یک ماده خام در ساخت تخته‌خرده‌چوب برای کاربردهای عمومی استفاده شود. Latibari و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی استفاده از ضایعات چوبی شهری در تولید تخته‌خرده‌چوب به این نتیجه رسیدند که خرده‌چوب‌های تولید شده از ضایعات چوبی شهری مانند ضایعات چوب کاج و چنار و همچنین ضایعات هرس درختان انگور از قابلیت خوبی به‌عنوان ماده اولیه لیگنوسلولزی ارزان‌قیمت برخوردار بوده و می‌تواند به‌صورت خالص یا مخلوط با یکدیگر و یا مخلوط با خرده‌چوب از مخلوط پهن‌برگان شمال ایران در تولید این محصول به‌کاربرده شود. Moya و همکاران (۲۰۱۵) چسبندگی داخلی تخته‌خرده‌چوب‌های ساخته شده از مخلوط سرشاخه‌های نخل روغنی و برگ آناناس و خرده‌چوب را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که با افزایش مقدار مصرف چسب از ۶ به ۸ درصد مقدار چسبندگی داخلی این نوع تخته‌ها افزایش می‌یابد، به‌نحوی که با افزایش مقدار مصرف چسب امکان ساخت

سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳ میزان تولید توتون و تنباکو کشور حدود ۲۴۰۰۰ تن برآورد شده است که برابر ۰/۰۳ درصد از کل میزان تولید محصولات زراعی و ۰/۱۸ درصد از کل میزان تولید محصولات صنعتی می‌باشد و استان بوشهر در تولید توتون و تنباکو کشور با ۳۲/۲۲ درصد در جایگاه نخست قرار گرفته است. استان‌های هرمزگان با ۲۳/۸۹، گلستان با ۲۰/۷۲، خراسان رضوی با ۵/۷۲ و کردستان با ۵/۲۸ درصد به ترتیب رتبه‌های دوم تا پنجم را به خود اختصاص داده‌اند. پنج استان مزبور جمعاً ۶۳/۸۳ درصد تولید توتون و تنباکو کشور را دارند. استان آذربایجان غربی با ۹۷ تن تولید (۰/۴۱ درصد)، کمترین میزان تولید توتون و تنباکو در کشور را به خود اختصاص داده است (Agricultural Statistics, 2015).

از این رو با توجه به تولید حجم بالای محصولات زراعی از جمله گیاه توتون به‌ویژه در شمال کشور و به‌دنبال آن تولید مقادیر زیادی از پسماند (ساقه‌های باقیمانده بر روی خاک) باید به دنبال راهی برای استفاده مفید از این نوع ضایعات و جلوگیری از سوزاندن آنها بود. بنابراین در این تحقیق استفاده از پسماندهای حاصل از ساقه گیاه توتون به‌صورت مخلوط با خرده‌چوب صنعتی همراه با مقادیر متفاوت مصرف رزین اوره فرمالدهید و ارزیابی تأثیر آن بر پایداری ابعادی و خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش از ماده لیگنوسلولزی ساقه توتون واریته ویرجینیا از مزارع اطراف شهرستان علی‌آباد کتول واقع در استان گلستان استفاده شد. همچنین خرده‌چوب صنعتی مورد نیاز از کارخانه صنعت چوب شمال واقع در شهرستان گنبد تهیه شد. در این تحقیق خرده‌چوب صنعتی درشت (با ضخامت ۱/۵-۰/۸ میلی‌متر) تهیه گردید (شکل ۱ و ۲).

تخته‌هایی با نسبت ترکیبی ۹۰:۱۰ (خرده‌چوب: ضایعات) وجود داشته و دارای چسبندگی داخلی مناسبی می‌باشند. در این میان گیاه توتون یا تنباکو (*Nicotiana tobacom L.*) یکی از منابع غیرچوبی ایران است که به خانواده بادنجانیان (*Solanaceae*) تعلق داشته که بارزترین واریته آنها کوکر ۳۴۷، بارلی، ویرجینیا و پی اچ وی است که حدود ۲۰ هزار هکتار از اراضی شمال کشور، خوزستان و کرمانشاه به کشت آنها اختصاص دارد که اغلب کشاورزان پس از برداشت برگ (تنباکو) ساقه آن را می‌سوزانند و یا در اثر شخم زدن آن را در زیر خاک مدفون می‌نمایند. درحالی‌که طبق مطالعات انجام شده ویژگی‌های مورفولوژیکی و شیمیایی این گیاه به سایر پهن‌برگان مشابه بوده، در نتیجه می‌تواند منبع مناسبی برای تولید فراورده‌های لیگنوسلولزی باشد (Shakhes *et al.*, 2011). ترکیبات اصلی ساقه توتون شامل: هولوسلولز ۶۷/۶ درصد، آلفاسلولز ۳۷/۵ درصد، لیگنین ۱۹/۵ درصد و خاکستر ۷/۳ درصد است (Usta *et al.*, 1990). از این رو با توجه به درصد بالای سلولز در ترکیب آن می‌توان به استفاده مفید از آن در صنعت چوب و کاغذ امیدوار بود. در این میان جدول ۱ میزان تولید توتون در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۴ را نشان می‌دهد. در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳، سطح توتون و تنباکو کشور حدود ۱۰ هزار هکتار برآورد شده است که برابر ۰/۰۹ درصد از کل محصولات زراعی و ۲/۳۱ درصد از کل سطح برداشت محصولات صنعتی می‌باشد و اراضی با کشت آبی ۱۰۰ درصد می‌باشد. استان گلستان با ۲۷/۸ درصد از کل اراضی توتون و تنباکو در کشور، مقام اول را داشته و استان‌های بوشهر با ۲۰/۱۱، هرمزگان ۱۸/۰۴، مازندران با ۱۰/۳۹ و کردستان با ۵/۷ درصد به ترتیب در سطح توتون و تنباکو کشور رتبه‌های دوم تا پنجم را دارند. پنج استان مزبور ۸۲/۰۴ درصد اراضی برداشت شده توتون و تنباکو در کشور را به خود اختصاص داده و ۱۷/۹۶ درصد از بقیه استان‌ها برداشت شده است. استان فارس با ۵۰ هکتار سطح برداشت شده (۰/۵ درصد)، کمترین سطح برداشت توتون و تنباکو در کشور را به خود اختصاص داده است. همچنین در

جدول ۱- میزان تولید توتون در سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۹۴ (آمارنامه کشاورزی)

سال زراعی	سطح (هکتار)			تولید (توتون)		
	آبی	دیم	جمع	آبی	دیم	جمع
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۴۹۷۵	۳۴۳۹	۸۴۱۴	۷۱۳۶	۴۵۰۴	۱۱۶۴۰
۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۰۱۹۴	۶۲۹	۱۰۸۲۳	۱۵۹۹۰	۷۱۳	۱۶۷۰۳
۱۳۸۷-۱۳۸۸	۶۰۸۵	۱۹۰۸	۷۹۹۳	۷۲۰۷	۱۶۱۹	۸۸۲۶
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۸۸۸۱	۷۰۵	۹۵۸۶	۱۳۴۱۹	۷۲۶	۱۴۱۴۵
۱۳۸۹-۱۳۹۰	۹۷۶۱	۲۴۶۹	۱۲۲۳۰	۱۷۰۷۹	۲۱۵۳	۱۹۲۳۲
۱۳۹۰-۱۳۹۱	۱۰۷۶۵	۱۴۸	۱۰۹۱۳	۱۹۵۶۲	۳۲۲	۱۹۸۸۴
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۸۹۱۳	۳۹۹	۹۳۱۲	۱۸۵۸۰	۳۴۷	۱۸۹۲۷
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۱۰۵۹۴	۹۵	۱۰۶۸۹	۱۸۹۳۰	۱۰۹	۱۹۰۳۹
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۹۹۸۰	۰	۹۹۸۰	۲۳۵۸۶	۰	۲۳۵۸۶



شکل ۱- ساقه‌های توتون تبدیل شده به ابعاد کوچک‌تر (سمت راست)، ساقه‌های توتون باقیمانده بر روی زمین‌های کشاورزی (سمت چپ)



شکل ۲- ذرات ساقه توتون (سمت راست)، ذرات خرده چوب صنعتی (سمت چپ)

و پس از آن چسب وزن شده مربوط به هر اختلاط پس از آماده سازی، به داخل مخزن پیستوله ریخته شده و عملیات چسب زنی با پیستوله انجام گردید. تشکیل کیک در مرحله دوم پس از چسب زنی خرده چوب ها انجام شد. ابتدا خرده چوب های چسب زنی شده به طور یکنواخت به درون قالب ریخته شده و بعد توسط یک صفحه نئویان چوبی که به اندازه سطح داخل قالب با ابعاد ۴۰×۴۰ سانتی متر تهیه شده بود روی کیک با وزنه، فشار ایجاد گردید تا عملیات پیش پرس یا پرس سرد انجام شود. عملیات پرس به وسیله پرس گرم آزمایشگاهی مدل S.W.P 100 واقع در آزمایشگاه دانشگاه گنبد انجام شد. در این تحقیق با توجه به عوامل متغیر ماده چوبی، میزان مصرف چسب و در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار در مجموع ۱۸ تخته آزمایشگاهی ساخته شد. پس از پایان مرحله پرس به منظور مشروط سازی و یکنواخت سازی رطوبت تخته ها و همچنین متعادل سازی تنش های داخلی، تخته های ساخته شده به مدت دو هفته در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند. پس از تهیه الگوی برش تخته ها، تهیه نمونه های آزمونی شامل چسبندگی داخلی براساس استاندارد EN 319، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه ها براساس استاندارد EN 310 و واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه وری در آب براساس استاندارد EN 317 انجام شد. سپس آزمایش های فیزیکی و مکانیکی بر روی نمونه های تهیه انجام شد. نتایج حاصل از این تحقیق با تخته های تیپ ۱، تیپ ۲ و تیپ ۳ طبق استاندارد اروپایی EN312 مورد مقایسه قرار گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج به دست آمده با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس انجام و میانگین داده ها با استفاده از آزمون دانکن (DMRT) مقایسه و گروه بندی شد.

چسب اوره فرمالدهید مورد نیاز به صورت مایع از شرکت صنعت چوب شمال تهیه شد. مایع رزین تهیه شده بدون هیچ گونه ماده افزودنی از قبیل پرکننده، کاتالیزور و غیره بوده و دارای مقدار مواد جامد ۶۳ درصد بوده است (جدول ۲). از نمک کلرید آمونیوم پودری ساخت شرکت مرک (Merk) آلمان به عنوان سخت کننده رزین اوره فرمالدهید و به میزان ۲ درصد وزن خشک چسب نیز استفاده شد. ساقه های توتون پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از یک دستگاه خردکن چکشی آزمایشگاهی به ذرات قابل استفاده در ساخت تخته خرده چوب تبدیل شدند. برای رساندن رطوبت به ساقه توتون تهیه شده به میزان مورد نیاز (۸-۶ درصد)، خرده ها داخل آون آزمایشگاهی با دمای ۸۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد و با کنترل مرحله ای رطوبت خرده چوب ها، رطوبت آنها در حدود ۸ درصد کنترل و بعد برای جلوگیری از تبادل رطوبتی با هوای محیط، بلافاصله در کیسه های نایلونی ضخیم و غیر قابل نفوذ بسته بندی شدند. عوامل متغیر شامل دو سطح مصرف چسب ۱۲ و ۱۴ درصد (براساس وزن خشک خرده چوب مصرفی) و اختلاط ذرات ساقه توتون با خرده چوب صنعتی در سه سطح با نسبت های (۱۰۰:۰، ۷۰:۳۰، ۴۰:۶۰) بود. سایر عوامل شامل وزن مخصوص تخته ۰/۷ گرم بر سانتی متر مکعب، ضخامت تخته ۱۶ میلی متر، مدت زمان پرس ۵ دقیقه و دمای پرس ۱۶۰ درجه سانتی گراد برای تمام تیمارها ثابت در نظر گرفته شده است. به منظور چسب زنی ابتدا مقادیر خرده چوب صنعتی درشت و ذرات ساقه توتون با توجه به نوع تیمار و درصد اختلاط، به طور جداگانه به وسیله ترازوی دیجیتال توزین شده و بعد با یکدیگر مخلوط شده و با دست همزده شدند تا مخلوط همگنی به دست آید. این مخلوط همگن را وارد مخزن چسب زن آزمایشگاهی کرده

جدول ۲- مشخصات چسب اوره فرمالدهید مورد استفاده در این تحقیق

ویژگی	ماده جامد (%)	دانسیته (g/cm ³)	ویسکوزیته (cp)	زمان ژله ای شدن (s)	pH
مقدار	۶۳	۱/۲۸	۴۵	۴۶-۴۸	۸

نتایج

ویژگی‌های مکانیکی شامل مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و چسبندگی داخلی در جدول ۳ آورده شده است.

مقادیر میانگین ویژگی فیزیکی شامل واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب و

جدول ۳- میانگین خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های آزمونی

مقدار اختلاط ذرات ساقه توتون/خرده صنعتی (درصد)	مصرف چسب (درصد)	واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت (درصد)	واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت (درصد)	مقاومت خمشی (مگاپاسکال)	مدول الاستیسیته (مگاپاسکال)	چسبندگی داخلی (مگاپاسکال)
۱۰۰/۰	۱۲	۷	۱۱/۱۹	۱۷/۶۳	۲۳۲۲/۳	۱/۱۸
۱۰۰/۰	۱۴	۵/۹۲	۸/۳۴	۲۰/۰۷	۲۴۵۵/۲	۱/۳۷
۷۰/۳۰	۱۲	۸/۲۸	۱۲/۵۵	۱۴/۷۳	۲۱۶۴/۹	۰/۸۹
۷۰/۳۰	۱۴	۶/۶۸	۹/۰۹	۱۵/۶۸	۲۲۳۸/۷	۱/۱۱
۴۰/۶۰	۱۲	۷/۵۱	۱۳/۴	۱۱/۸۷	۱۷۲۵/۷	۰/۸۵
۴۰/۶۰	۱۴	۶/۸۷	۱۱/۵۵	۱۳/۰۱	۱۷۴۳/۱	۰/۹۱
P1*				۱۱/۵		۰/۲۴
P2*				۱۳	۱۶۰۰	۰/۳۵
P3*			۱۴	۱۴	۱۹۵۰	۰/۴۵

*P1، P2 و P3: معیارهای مربوط به استاندارد EN اروپا می‌باشند.

واکنشیدگی ضخامت

مطابق با جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون و مقدار مصرف چسب بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها دارای اختلاف معنی‌داری نیست. به طوری که با افزایش مقدار ذرات ساقه توتون به خرده‌چوب صنعتی مورد استفاده، مقدار واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها افزایش یافته است، ولی این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبوده و در گروه‌بندی جدول دانکن، همگی در گروه a قرار گرفته‌اند. با افزایش مقدار مصرف چسب از ۱۲ به ۱۴ درصد واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها کاهش یافته، یعنی افزایش مقدار مصرف چسب تأثیر مثبتی بر

واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها داشته و باعث بهبود پایداری ابعادی آنها شده است (شکل ۳). مطابق با جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون و مقدار مصرف چسب بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود کمترین مقدار واکنشیدگی ضخامت مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۱۰۰ درصد خرده‌چوب صنعتی (نمونه‌های شاهد) با مصرف ۱۴ درصد چسب و بیشترین مقدار واکنشیدگی ضخامت مربوط به تخته‌های ساخته شده با ۶۰ درصد ذرات ساقه توتون به همراه ۴۰ درصد خرده‌چوب صنعتی با مصرف

ساعت مشاهده شده است. یعنی افزایش مقدار مصرف چسب باعث چسبندگی بهتر بین خرده چوب‌ها و بهبود پایداری ابعادی این نوع تخته‌ها شده است. یعنی با افزایش مقدار مصرف چسب، می‌توان واکشیدگی ضخامت تخته‌ها را به مقدار بیشتری کاهش داد و پایداری ابعادی تخته‌ها را در حد مناسب و مطلوب نگه داشت و این می‌تواند راهکاری برای استفاده بیشتر از این نوع ضایعات در این صنعت باشد. این بدان معنی است که می‌توان به مصرف این نوع پسماندهای ضایعاتی نگاه مثبتی داشت.

۱۲ درصد چسب می‌باشد و با کاسته شدن از مقدار خرده چوب صنعتی مقدار واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌ها افزایش یافته است (شکل ۴)، ولی همه تخته‌ها دارای واکشیدگی ضخامتی در حد استاندارد اروپا می‌باشند. تأثیر مقدار مصرف چسب بر واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها نشان داد که بالاترین مقدار واکشیدگی ضخامت در شرایط استفاده از ۱۲ درصد چسب مشاهده می‌شود. درحالی‌که در شرایط استفاده از مقدار چسب ۱۴ درصد برای ساخت تخته‌ها، حداقل واکشیدگی ضخامت ۲۴

جدول ۴- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر میزان واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب

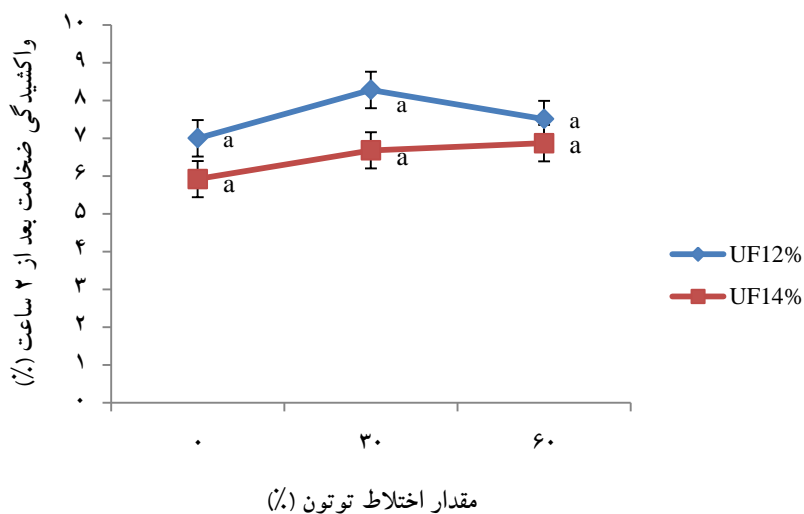
(P)	(F)	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۲۹ ^{ns}	۱/۳۶	۰/۹۳۹۴۰۵۵۶	۱/۸۷۸۸۱۱۱۱	۲	A (مقدار اختلاط توتون)
۰/۰۱ [*]	۷/۹۴	۵/۵۰۰۱۳۸۸۹	۵/۵۰۰۱۳۸۸۹	۱	C (مصرف چسب)
۰/۲۵ ^{ns}	۱/۵۶	۱/۰۷۸۱۰۵۵۶	۲/۱۵۶۲۱۱۱۱	۲	A×C
		۰/۶۹۲۷۲۲۲۲	۸/۳۱۲۶۶۶۶۷	۱۲	خطای آزمایش
			۱۷/۸۴۷۸۲۷۷۸	۱۷	کل

ns: عدم معنی‌داری * : معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد

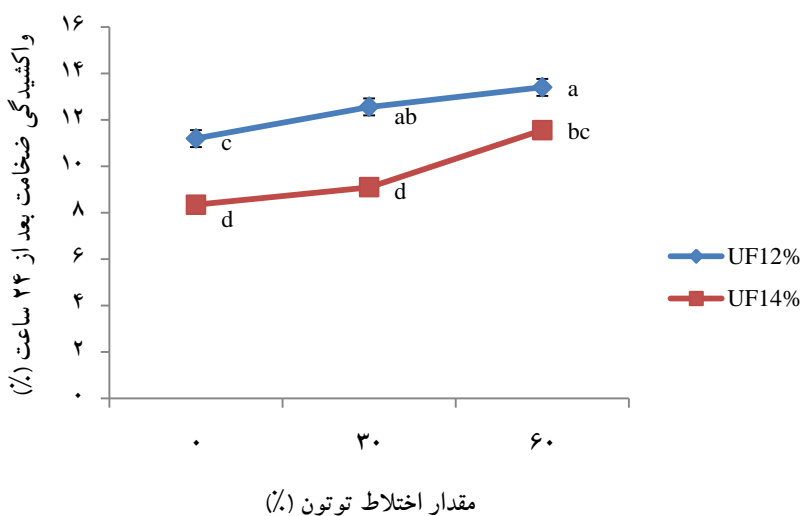
جدول ۵- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر میزان واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

(P)	(F)	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۰ ^{**}	۱۴/۰۶	۵/۵۷۴۹۰۵۵۶	۱۱/۱۴۹۸۱۱۱۱	۲	A (مقدار اختلاط توتون)
۰/۰۰۰ ^{**}	۸۴/۰۲	۳۳/۳۲۰۰۰۵۵۶	۳۳/۳۲۰۰۰۵۵۶	۱	C (مصرف چسب)
۰/۰۰۰ ^{**}	۱۶/۷۱	۶/۶۲۵۵۰۵۵۶	۱۳/۲۵۱۰۱۱۱۱	۲	A×C
		۰/۳۹۶۵۷۷۷۸	۴/۷۵۸۹۳۳۳۳	۱۲	خطای آزمایش
			۶۲/۴۷۹۷۶۱۱۱	۱۷	کل

** : معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



شکل ۳- اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون با خرده چوب صنعتی و مقدار چسب بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب



شکل ۴- اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون با خرده چوب صنعتی و مقدار چسب بر واکنشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب

۹۵ درصد معنی دار است. با توجه به شکل‌ها مشخص می‌شود که با افزایش مقدار ذرات ساقه توتون تا ۶۰ درصد، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها کاهش می‌یابد. همان‌طور که در شکل‌های ۵ و ۶ مشاهده

مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته مطابق با جدول‌های ۶ و ۷ اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون و مقدار مصرف چسب بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته شده در سطح اطمینان

ذرات ساقه توتون مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها کاهش یافت اما مقدار مصرف چسب ۱۴ درصد نسبت به ۱۲ درصد نیز عملکرد بهتری بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها داشته است که این تغییرات در شکل‌های ۵ و ۶ محسوس است و به عبارتی این افزایش مقدار مصرف چسب باعث افزایش اتصالات ذرات مصرفی شده است.

می‌شود با مصرف ۳۰ درصد مقدار ذرات ساقه توتون به همراه ۱۴ درصد مصرف چسب اوره فرمالدهید بهترین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بعد از نمونه‌های شاهد (صفر درصد ذرات ساقه توتون) حاصل می‌گردد. همچنین با مصرف ۶۰ درصد مقدار ذرات ساقه توتون به همراه ۱۴ درصد مصرف چسب نیز مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته در حد مطلوبی به دست آمده است و مناسب می‌باشد. بدان معنی که اگرچه با افزایش مقدار

جدول ۶- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقاومت خمشی

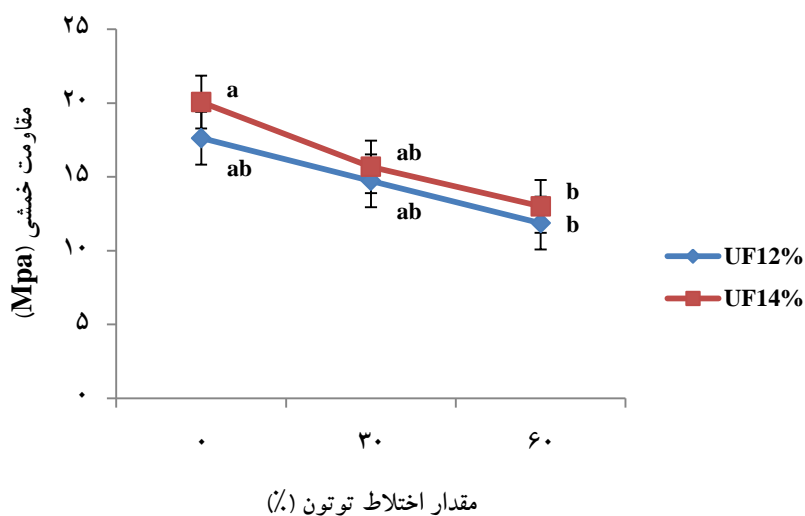
(P)	(F)	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۱*	۶/۴۵	۶۱/۹۵۵۲۶۶۷	۱۲۳/۹۱۰۵۳۳۳	۲	A (مقدار اختلاط توتون)
۰/۳۲ ^{ns}	۱/۰۸	۱۰/۳۲۰۹۳۸۹	۱۰/۳۲۰۹۳۸۹	۱	C (مصرف چسب)
۰/۰۴*	۷/۰۹	۶۸/۰۹۹۴۹۱۶	۱۳۶/۱۹۸۹۸۳۳	۲	A×C
		۹/۵۹۹۱۵۵۶	۱۱۵/۱۸۹۸۶۶۷	۱۲	خطای آزمایش
			۳۸۵/۶۲۰۳۲۲	۱۷	کل

*: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد ns: عدم معنی‌داری

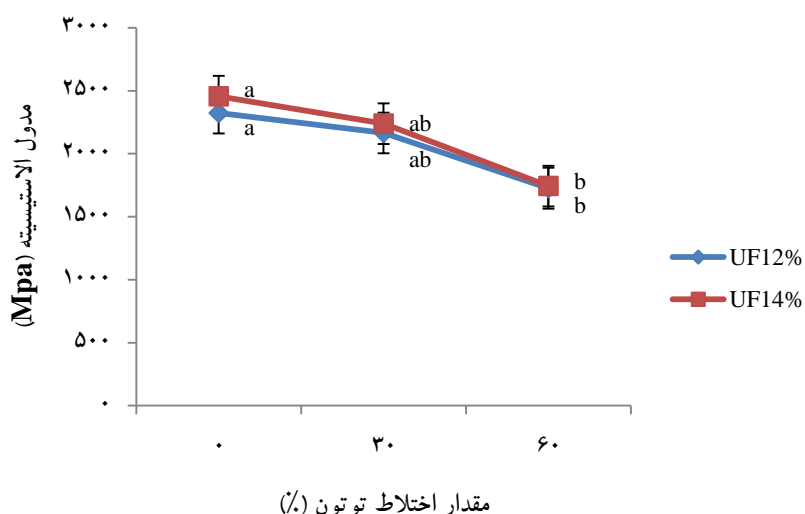
جدول ۷- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مدول الاستیسیته

(P)	(F)	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۴**	۸/۶۶	۶۸۱۶۸۹/۸۱۶	۱۳۶۳۳۷/۶۳۱	۲	A (مقدار اختلاط توتون)
۰/۵۸ ^{ns}	۰/۳۲	۲۵۱۱۰/۴۰۵	۲۵۱۱۰/۴۰۵	۱	C (مصرف چسب)
۰/۰۵*	۸/۸۸	۶۹۹۲۴۵/۷۰۴	۱۳۹۸۴۹۱/۴۰۹	۲	A×C
		۷۸۷۱۲/۳۲۷	۹۴۴۵۴۷/۹۲۷	۱۲	خطای آزمایش
			۳۷۳۱۵۲۹/۳۷	۱۷	کل

*: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد **: معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد ns: عدم معنی‌داری



شکل ۵- اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون با خرده چوب صنعتی و مقدار چسب بر مقاومت خمشی



شکل ۶- اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون با خرده چوب صنعتی و مقدار چسب بر مدول الاستیسیته

چسبندگی داخلی

مقدار کاهش مقاومت، با افزایش میزان مصرف چسب جبران شده و بهبود یافته است (شکل ۷). همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود با افزایش میزان مصرف ذرات ساقه توتون، چسبندگی داخلی تخته‌ها دارای شیب کاهشی می‌باشد. از سوی دیگر شکل ۷ نشان می‌دهد که افزایش مقدار مصرف چسب از ۱۲ به ۱۴ درصد، تأثیر مثبتی بر چسبندگی داخلی

مطابق با جدول ۸ اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون و مقدار مصرف چسب بر چسبندگی داخلی تخته‌خرده‌چوب در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار است. به‌طوری‌که با افزایش مقدار مصرف ذرات ساقه توتون از صفر به ۶۰ درصد، چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافته است اما این

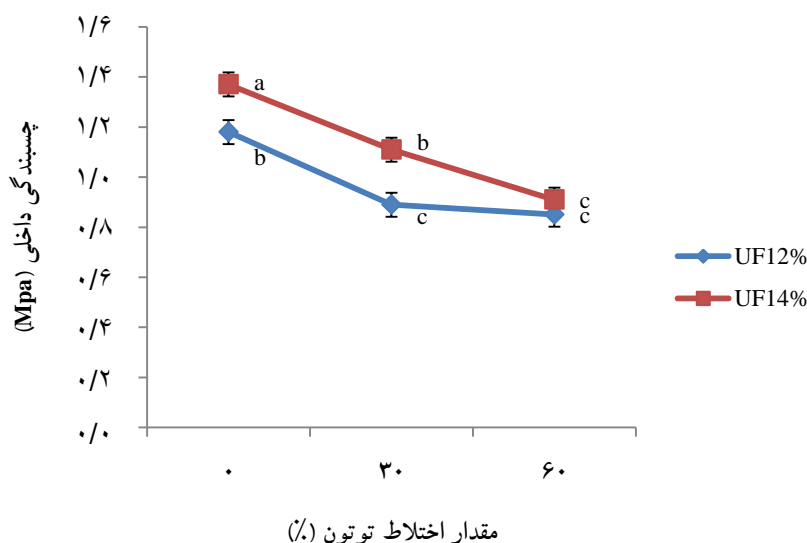
تخته‌های ساخته شده با همه تیمارها آن است که چسبندگی داخلی همه تخته‌ها بیشتر از حد استاندارد اروپا می‌باشد و بسیار مناسب هستند.

تخته‌ها داشته است، یعنی افزایش میزان مصرف چسب نیز حتی می‌تواند تأثیر منفی حضور این نوع از پسماندهای کشاورزی را تعدیل کند. نکته قابل توجه در رابطه با

جدول ۸- آنالیز واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر چسبندگی داخلی

(P)	(F)	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
۰/۰۰۰**	۳۶/۲۶	۰/۲۵۰۰۱۶۶۷	۰/۵۰۰۰۳۳۳۳	۲	A (مقدار اختلاط توتون)
۰/۰۰۲**	۱۵/۳۵	۰/۱۰۵۸۰۰۰۰	۰/۱۰۵۸۰۰۰۰	۱	C (مصرف چسب)
۰/۰۰۰**	۴۵/۴۱	۰/۳۱۳۱۳۳۳۳	۰/۶۲۶۲۶۶۶۷	۲	A×C
		۰/۰۰۶۸۹۴۴۴	۰/۰۸۲۷۳۳۳۳	۱۲	خطای آزمایش
			۱/۳۱۴۸۳۳۳۳	۱۷	کل

***: معنی دار در سطح اطمینان ۹۹ درصد



شکل ۷- اثر متقابل اختلاط ذرات ساقه توتون با خرده‌چوب صنعتی و مقدار چسب بر چسبندگی داخلی

بحث

الاستیسیته تخته‌ها کاهش یافت. زیرا ساقه‌های گیاهان دارای مقادیر بیشتری خاکستر (مواد معدنی) می‌باشند که سطح بیرونی ساقه را پوشانده است. خرده‌های ساقه این گیاهان در ساخت تخته‌های مرکب، علاوه بر داشتن سطح ویژه بالا، به دلیل داشتن این مواد معدنی، منجر به کاهش اتصال مناسب بین ذرات در تخته‌ها شده و چسبندگی داخلی

در این پژوهش از ذرات ساقه توتون به همراه خرده‌چوب صنعتی و مقدار مصرف چسب ۱۲ و ۱۴ درصد اقدام به ساخت تخته‌خرده‌چوب گردید. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که با افزایش مقدار ذرات ساقه توتون تا ۶۰ درصد، چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی و مدول

که نتایج این تحقیق نشان داد ویژگی‌های مکانیکی همه تیمارها با مصرف ۱۲ و ۱۴ درصد چسب بالاتر از حد استاندارد EN اروپا بوده و در حد مطلوب حفظ شد. همچنین با افزایش مقدار ذرات ساقه توتون در تخته خرده‌چوب، واکنش‌پذیری ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب افزایش یافت. زیرا بخش زیادی از این نوع پسماندها را کربوهیدرات‌ها تشکیل داده و سهم حضور لیگنین کمتر می‌باشد. از این رو با توجه به طبیعت آب‌دوست بودن این نوع ترکیبات (Iswanto *et al.*, 2014) به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل بیشتر، توانایی جذب آب و به‌دنبال آن واکنش‌پذیری ضخامت افزایش می‌یابد (Akgiil *et al.*, 2010). در نتیجه افزایش ترکیبات پارانشیمی واقع در قسمت مغزی ساقه‌های توتون و به‌دنبال آن افزایش سهم حضور آنها در این نوع فرآورده، باعث تضعیف پایداری ابعادی تخته‌ها می‌گردد. اما در مقابل افزایش مقدار مصرف چسب منجر به بهبود پایداری ابعادی تخته‌ها و کاهش واکنش‌پذیری ضخامت آنها شد. یعنی افزایش مقدار مصرف چسب از سطح ۱۲ به ۱۴ درصد باعث چسبندگی بهتر بین ذرات خرده‌چوب و جبران پایداری ابعادی این نوع پانل‌ها شده است. اگرچه با مصرف ۱۲ درصد چسب به همراه این نوع مواد ضایعاتی نیز پایداری ابعادی تخته‌ها بیشتر از حد استاندارد اروپا نبود. از این رو اگر مسائل اقتصادی مد نظر باشد می‌توان استفاده از این نوع مواد ضایعاتی را به همراه مصرف کمتر چسب (۱۲ درصد) نیز پیشنهاد نمود بدون آنکه پایداری ابعادی تخته‌ها آسیبی خارج از محدوده استاندارد دیده باشد. نتایج تحقیقات انجام شده توسط Ntalos و Grigoriou (۲۰۰۲) بر روی استفاده از پسماندهای هرس درختان انگور در ساخت تخته‌خرده‌چوب نیز نشان می‌دهد که اضافه نمودن ذرات چوب درخت انگور به مخلوط خرده‌چوب‌های مورد استفاده برای ساخت تخته، باعث افت ویژگی‌های تخته می‌گردد ولی با این حال حتی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌هایی که لایه میانی آنها از ۱۰۰ درصد چوب انگور ساخته شده بود بیش از حداقل مورد نیاز در استاندارد EN اروپا بوده است. در این تحقیق نیز

را در تخته کاهش می‌دهد (Han, 2001) که Rangavar و همکاران (۲۰۱۱) در زمینه بررسی امکان استفاده از پسماند ساقه کلزا در ساخت تخته‌خرده‌چوب و Xiaqun (۲۰۰۳) در تحقیقات خود در ساخت تخته‌خرده‌چوب با استفاده از ساقه برنج و چسب اوره فرمالدهید نیز نتایج مشابهی را اعلام نمودند. اما نکته قابل توجه این تحقیق این بود که همه تخته‌های ساخته شده دارای چسبندگی داخلی مطلوب و بهتر از حد استاندارد اروپا بودند (مقادیر استاندارد چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته برای تخته‌خرده‌چوب‌هایی با ضخامت ۱۶ میلی‌متر و مناسب مصارف عمومی داخل ساختمان (P1) و تخته‌خرده‌چوب‌های مناسب مصارف داخلی از جمله مبلمان (P2) و برای استفاده در شرایط مرطوب (P3) در جدول ۳ آورده شده است)؛ از این رو این موضوع می‌تواند نتیجه امیدبخشی در امکان استفاده بیشتر از این نوع پسماندها در ساخت تخته‌خرده‌چوب باشد، بدون آنکه خواص مکانیکی تخته‌ها آسیب جدی خارج از حد استاندارد ببینند. همچنین افزایش مقدار مصرف چسب از ۱۲ به ۱۴ درصد، تأثیر مثبتی بر افزایش ویژگی‌های مکانیکی تخته‌ها داشته است. یعنی افزایش مقدار مصرف چسب، اثر منفی حضور این نوع پسماندهای کشاورزی را بر ویژگی‌های مکانیکی تخته‌ها جبران نموده است. زیرا قرار گرفتن مقدار بیشتری از چسب بر روی خرده‌چوب‌ها در اثر افزایش مصرف آن در ساخت تخته‌خرده‌چوب موجب شده است که تخته‌های حاصل دارای کیفیت چسبندگی بهتر و مطلوب‌تری شده و به تبع آن مقاومت اتصال بین خرده‌چوب‌ها نیز افزایش و خواص مکانیکی تخته‌ها بهبود یابد. در این راستا در نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده توسط Papadopoulos و همکارانش (۲۰۰۴) به‌منظور کاربرد ذرات بامبو در تولید تخته‌خرده‌چوب نیز آمده است که تخته‌های ساخته شده از این ماده لیگنوسلولزی با مصرف ۱۰ درصد چسب می‌تواند در داخل ساختمان استفاده شود، ولی برای بهبود ویژگی‌های تخته و تولید تخته‌هایی که دارای استاندارد ANSI باشند، باید مصرف چسب به ۱۴ درصد افزایش یابد. اما همان‌طور

- Ergun, G., Birol, U. and Beyhan, K., 2009. Chemical composition of toma (*Solanum copersicum*) stalk and suitability in the particleboard production, *Journal of Environmental Biology*, 30(5):731-734.
- Fathy, L., Faezipour, M. and Bahmani, M., 2010. Effect of UF and MUF resins on the practical properties of particleboard produced from rice straw and aspen particles. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 25(2):321-331.
- Han, G., 2001. Development of high-performance Reed and Wheat straw composite Panels, *WOOD RESEARCH*, 88:19-39.
- Iswanto, A.H., Azhar, I., Supryanto, A. and Susilowanti, A., 2014. Effect of resin type. Pressing temperature and time on particleboard properties made from sorghum bagasse. *Agriculture, Forestry and Fisheries*, 3(2):62-66.
- Jung Lin, C., 2008. Manufacturing particleboard panels from betel palm (*Areca catechu* Linn.), *Science Direct, Journal of Materials Processing Technology*, 197(1-3):445-448.
- Jahan Latibari, A., Golbabaei, F., Tamjidi, A., Sobhani, B. and Raofkia A., 2013. Investigation on the utilization of urban wood residues in the production of particleboard. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28(1):109-122.
- Mazhari Mousavi, S.M., Hosseini, S.Z., Resalati, H., Mahdavi, S. and Rasooly Garmaroody, E., 2013. Papermaking potential of rapeseed straw, a new agricultural-based fiber source. *Journal of Cleaner Production*, 52:420-424.
- Moya, R., Camacho, D., Soto F.R. and Mata-Segreda, J., 2015. Internal bond of particleboards made of three wood species mixture with empty fruit bunch of *Elaeis guineensis*, leaves of *Ananas comosus* or tetra park. *Journal of Agricultural Science*, 4(6):241-247.
- Ntalos, G.A. and Grigoriou, A.H., 2002. Characterization and utilization of vinepruning as a wood substitute for particleboard production. *Industrial Crops and Products*, 16 (1):59-68.
- Papadopoulos, A.N., Hill, C.A.S., Gkaraveli, A., Ntalos, G.A. and Karastergiou S.P., 2004. Bamboo chips (*Bambusa Vulgaris*) as an alternative lignocellulosic raw materials for particleboard manufacture. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 62(1):36-39.
- Pirayesh, H., Khazaeian, A. and Tabarsa, T., 2012. The potential for using walnut (*Juglans regia* L.) shell as a raw material for wood-based particleboard manufacturing. *Composites B*, 43:3276-80.
- Paridah, M.T., Juliana, A.H., El-Skekeil, Y.A., Jawaid, M. and Alothman, O.Y., 2014. Measurement of تمامی تیمارها برای واکنش‌دهی ضخامت حد استاندارد EN اروپا (P3) را دارا بودند. از این رو به‌طور کلی و با استناد به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان نتیجه‌گیری کرد که ذرات حاصل از گیاه ساقه توتون با داشتن میزان هلو سلولز بالا (Usta *et al.*, 1990) قابلیت استفاده در صنایع سلولزی را داشته و از نظر ترکیبات شیمیایی دارای قابلیت بالایی در تأمین مواد اولیه سلولزی می‌باشد و می‌تواند مانند سایر گونه‌های چوبی به‌عنوان یک ماده اولیه مناسب و ارزان قیمت برای تولید تخته‌خرد چوب مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج حاصل، استفاده از ۶۰ درصد ذرات ساقه توتون و ۴۰ درصد خرد چوب صنعتی و مقدار مصرف ۱۲ درصد چسب، برای تولید تخته‌هایی با خواص فیزیکی و مکانیکی استاندارد را می‌توان پیشنهاد نمود.

منابع مورد استفاده

- Alma, M.H., Kalaycıođlub, H., Bektas, I. and Tutus, A., 2005. Properties of cotton carpel-based particleboards. *Industrial Crops and Products*, 22(2):141-149.
- Akgül, M., Güler, C. and Çöpür, Y., 2010. Certain physical and mechanical properties of medium density fiberboards manufactured from blends of corn (*Zea mays indurata* Sturt.) stalks and pine (*Pinus nigra*) wood. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34:197-206.
- Alvarez, C., Rojano, B., Almaza, O., Rojas, O.J. And Ganán, 2011. P. Self-bonding boards from plantain fiber bundles after enzymatic treatment: adhesion improvement of lignocellulosic products by enzymatic pre-treatment. *Journal Polymer Environmental*, 19: 182-188.
- Bektas, I., Güler, C., Kalaycıođlu, H., Mengeloglu, F. and Nacar M., 2005. The manufacture of particleboards using sunflower stalks (*Helianthus annuus* L.) and poplar wood (*Populus alba* L.). *Journal of Composite Materials*, 39:467-73.
- Cheng, E., Sun, X. and Karr, G.S., 2004. Adhesive properties of modified soybean flour in wheat straw particleboard. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35(3):297-302.
- Copur, Y., Guler, C., Tascıođlu, C., Tozluođlu, A., 2008. Incorporation of hazelnut shell and husk in MDF production. *Bioresource Technology*, 99:7402-7406.

- Promising Lignocellulosic Materials For Pulp And Paper industry. *BioResources*, 6(4):4481-4493.
- Sarki, J., Hassan, S.B., Aigbodion, V.S. and Oghenevweta J.E., 2011. Potential of using coconut shell particle fillers in eco-composite materials. *Journal of Alloys Compound*, 509:2381-2385.
- Tabarsa, T., Ashori, A. and Gholamzadeh, M., 2011. Evaluation of surface roughness and mechanical properties of particleboard panels made from bagasse. *Composites: Part B*, 42(5):1330-1335.
- Usta, M., Kirci, H. and Eroglu, H., 1990. Soda-Oxygen pulping of corn (*Zea mays indurata*sturt). In: *Tappi Pulping Conference: Toronto, Ontario, Canada, Proceeding Book*, 1:307-312.
- Xiaqun, M., Enzhicheng, A., 2003. Physical properties of medium density wheat straw particleboard using different adhesive. *Industrial crop and products*, 18:47-53.
- Zhang, L. and Hu, Y., 2014. Novel lingo cellulosic hybrid particleboard composites made from rice straws and coir fibers. *Materials and Design*, 55:19-26.
- mechanical and physical properties of particleboard by hybridization of Kenaf with rubber wood particles. *Measurement*, 56:70-80.
- Rangavar, H., Rasam, G., and Aghagolpour, V., 2011. Investigation on the Possibility of Using Canola Stem Residues for Particleboard manufacturing. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 18(1):91-104.
- Rassam, G., Azadifard, M., Kargarfard, A. and Fazeli, F., 2014. Investigation the possibility of particleboard manufacture using corn stalks. , *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 28(4):609-623.
- Sain, M. and Panthapulakkal, S., 2006. Bioprocess preparation of wheat straw fibersand their characterization. *Industrial Crops and Products*, 23(1):1-8.
- Sudin, R. and Swamy, N., 2006. Bamboo and wood fiber cement composites for sustainable infrastructure regeneration. *Materials Science*, 41(21):6917-6924.
- Shakhes, J.A.B., Marandi, M., Zeinaly, F., Saraian, A., and Saghafi, T., 2011. Tobacco Residuals As

Effect of tobacco stalk residues in mixture with industrial wood particle on the dimensional stability and mechanical properties of particleboard

L. Jamalirad^{1*}, S. Narouie²

1- Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, GonbadKavous University, Gonbad, I.R. Iran, Email: jamalirad@gonbad.ac.ir

2- Master of Science, Department of Wood and Paper Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, GonbadKavous University, Gonbad, I.R. Iran.

Received: Sep., 2018

Accepted: Feb., 2019

Abstract

The purpose of this study was to investigate the possibility of using tobacco stalk residues and industrial wood particles in particleboard industry. For this purpose, the tobacco stalk and industrial wood particles at different mixture ratios of 0:100, 30:70 and 60:40 were used. The amount of adhesive used were selected at 12% and 14% (based on the dry weight of the particles) and the press time of 5 minutes was used for board making. Physical and mechanical properties including thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water and bending strength (MOR), modulus of elasticity (MOE) and internal bonding (IB) were measured and all data were statistically analyzed. According to the results, the increase in tobacco stalk particles resulted in increased thickness swelling after 2 and 24 hours immersion in water and reduced bending strength, modulus of elasticity and internal bonding, but all boards had a European standard (EN). Increasing the amount of resin also had a significant effect on all the properties of the boards and improved the properties. In a general conclusion, considering European standard (EN), suitable boards with the desired properties can be produced using 60% tobacco stalk and 12% urea formaldehyde resin. This is a positive result of using tobacco stalk as a type of agricultural residue and, consequently, the prevention of environmental pollution caused by the burning of these compounds.

Keywords: Tobacco stalk waste, urea formaldehyde resin, thickness swelling, internal bonding, bending strength.