Archive of SID

فصلنامهٔ علمی – پژوهشی تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران
جلد ۲۹، شماره ۴، صفحه ۶۰۴-۵۹۱، (۱۳۹۳)

ضایعات هرس نخل در تولید تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) در مقیاس نیمه‌صنعتی (Pilot Plant Scale)

حسین حسین‌خانی
– عضو هیئت‌علمی، بخش تحقیقات علوم چوب و فراورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران
پست الکترونیک: hhosseinkhani@yahoo.com

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹۳

چکیده

ایران کشوری وسیع ولی فاقد پوشش جنگلی مناسب است و حدود ۷ درصد کشور توسط جنگل پوشیده شده و بدین دلیل ایران در زمره کشورهایی با پوشش جنگلی کم قرار می‌گیرد. به همین علت همه‌ساله ایران مبادرت به واردات انواع تخته‌های فشرده (نئوپان، تخته چندلا و MDF) می‌نماید. وسعت نخلستان‌های کشور ۲۲۰۰۰۰ هکتار برآورد می‌گردد که چیزی در حدود ۲۰-۲۲ درصد وسعت نخلستان‌های دنیا متعلق به ایران است. به‌منظور برداشت خرما (محصول درخت نخل) با کیفیت مناسب، نخل باید همه‌ساله هرس گردد. هر نخل به‌طور متوسط در حدود ۳۴ کیلو ضایعات حاصل از هرس تولید می‌نماید که با احتساب ۲۰ تا ۲۷ میلیون تنه نخل در کشور حداقل ۲۰۰ هزار تن ماده لیگنوسلولزی که قابلیت استفاده در صنایع تبدیلی ازجمله نئوپان و MDF را دارند، همه‌ساله در کشور قابل دسترس است. در این تحقیق ضایعات هرس نخل به‌عنوان ماده اولیه در ساخت MDF استفاده شد و تخته‌ها در مقیاس نیمه‌صنعتی (Pilot plant scale) در دانشگاه (Gottingem, Germany) ساخته شدند. برای هر متغیر ساخت (زمان بخارزنی در ۲ سطح (۵ و ۸ دقیقه)، دمای بخارزنی در ۲ سطح (۱۳۵ و ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس در ۳ سطح (۱، ۲ و ۳ دقیقه)) تعداد سه تخته ساخته و استاندارد EN برای ارزیابی خواص مکانیکی و فیزیکی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که تقریباً تخته‌های تولیدی حداقل خواص مکانیکی توصیه‌شده توسط استاندارد EN را دارا می‌باشند و در صورت رفع مشکل بالا بودن درصد واکشیدگی ضخامتی تخته‌ها، الیاف ضایعات هرس نخل می‌تواند در صنایع تولید MDF مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تخته فیبر با دانسیته متوسط، ضایعات هرس نخل، زمان بخارزنی، دمای بخارزنی، زمان پرس و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی.

مقدمه

ایران کشوری است که تنها حدود ۷/۵ درصد آن توسط جنگل پوشیده شده و بدین دلیل ایران در زمره کشورهایی با پوشش جنگلی کم (LFCCs) قرار می‌گیرد و از نظر تولید چوب قادر به تأمین مواد اولیه مورد نیاز کارخانه‌های تولیدکننده چوب و کاغذ نیست. همچنین با توجه به سیاست‌های اتخاذ شده از سوی سازمان جنگل‌ها در زمینه حفظ و صیانت از جنگل‌های شمال کشور، میزان نشانه‌گذاری و برداشت چوب در سال‌های گذشته سیر نزولی داشته و برداشت چوب از جنگل‌های کشور کاهش یافته و صنایع چوب و کاغذ کشور با کمبود ماده اولیه روبرو هستند. بنابراین برای تأمین ماده اولیه کارخانه‌های مذکور باید به دنبال منابع دیگری بود.

یکی از این منابع که تاکنون بدان توجه نشده است ضایعات تولید شده از هرس نخل است. وسعت نخلستان‌های کشور

www.SID.ir

Archive of SID

۱۸۵۰۰۰–۲۲۰۰۰۰ هکتار برآورد می‌گردد که چیزی در حدود ۲۰–۲۲ درصد وسعت نخلستان‌های دنیا را شامل می‌شود (Beighi and Jafari, 1998). به‌منظور برداشت خرمای (*Phoenix dectylifera*) با کیفیت مناسب، نخل‌ها باید همه‌ساله هرس شوند. ضایعات حاصل از هرس هر نخل به‌طور متوسط در حدود ۱۷–۳۴ کیلو است که با احتساب ۲۰ تا ۲۷ میلیون تنه نخل موجود در کشور و با احتساب ضریب اطمینان، حداقل ۲۰۰ هزار تن ماده لیگنوسلولزی همه‌ساله در کشور قابل دسترس است که متأسفانه در حال حاضر استفاده صنعتی از این ضایعات (مواد) وجود ندارد.

بر پایه نتایج این تحقیق می‌توان استقرار حداقل دو کارخانه در مناطق جنوبی کشور (استان‌های خوزستان، هرمزگان و یا کرمان) را توصیه نمود. استقرار کارخانه‌های پیشنهادی در کشور، علاوه بر اشتغال‌زایی و جلوگیری از خروج ارز، استفاده از موادی را شامل می‌گردد که تاکنون توجهی بدان نشده و همچنین کاهش فشار بر جنگل‌ها را درپی خواهد داشت. ذکر این نکته ضروریست که قیمت این ماده (ضایعات هرس نخل) از قیمت ماده اولیه متداول (چوب) مورد استفاده در صنایع چوب بسیار پائین‌تر بوده و از جنبه اقتصادی بسیار مناسب‌تر است.

خرما از مهمترین گونه‌های خانواده پالماسه (Palmaceae) بوده و به جنس فینیکس (Phoenix) متعلق است. در این خانواده نزدیک به ۲۰۰ جنس و ۴۰۰۰ گونه وجود دارد (Ruhani و همکاران، ۱۹۹۸) که اغلب در مناطق گرم و مرطوب می‌رویند. نارگیل و نخل‌های روغنی و تزئینی در زمره این خانواده به‌حساب می‌آیند. تقسیم‌بندی نخل از نظر گیاه‌شناسی بشرح جدول ۱ است.

جدول ۱– تقسیم‌بندی گیاه‌شناسی نخل

- Group:	Spadiciflora
- Order:	Palmea
- Family:	Palmaceae
- Sub-family:	Coryphyoideae
- Tribe:	Phoeniceae
- Genus:	Phoenix
- Species:	*Dactylifera L.*

جدول ۲– اجزاء کامل شاخه خرما

اجزاء	وزن (kg)	درصد نسبت به وزن شاخه	درصد نسبت به کل ضایعات یک نخل
کتاس Katas	۵/۴	۳۰	۱۵/۸۸
لت Lat	۷/۸	۴۳/۳۳	۲۲/۹۴
پیش Pish	۴/۸	۲۶/۶۷	۱۴/۱۲

خرما گیاهی تک‌لپه‌ای و دوپایه است. تنه آن استوانه‌ای و بدون شاخه بوده و حدود ۱۰۰ سال عمر می‌کند. رشد درخت از طریق جوانه انتهایی انجام شده و فاقد لایه زاینده (Cambium) است. شاخه‌ها (برگ‌ها) از طریق جوانه انتهایی رشد کرده و پس از پایان رویش شاخه رشد قطری درخت متوقف می‌گردد و به همین دلیل برگ‌های درخت خرما تنها در انتهای آن قرار دارند. تعداد برگ‌هایی که سالانه در هر درخت می‌رویند متفاوت بوده و بین ۱۸ تا ۲۶ برگ در هر سال در هر درخت متغیر است. این تعداد به سن درخت و همچنین شرایط محیط و خاک متفاوت بستگی دارد (Beighi and Jafari, 1998). به‌طورکلی ضایعات حاصل از هر درخت خرما در سال معادل ۳۴ کیلوگرم (جدول‌های ۲ و ۳) بوده و شکل‌های ۱ و ۲ نمایی از یک درخت هرس نشده و هرس شده را نشان می‌دهند.

جدول ۳– درصد ضایعات هر درخت نخل

اجزاء	مقدار (kg)	درصد نسبت به کل ضایعات یک درخت
شاخه	۱۸	۵۲/۹۴
خوشه	۶	۱۷/۶۵
دسته منتهی به خوشه	۷	۲۰/۵۹
سیس	۳	۸/۸۲
جمع	۳۴	۱۰۰

اگرچه برآوردها بیانگر آن است که هر درخت نخل به‌طور میانگین ضایعاتی معادل ۳۴ کیلوگرم در سال دارد، اما مقادیر ضایعات قابل جمع‌آوری کمتر از مقدار فوق بوده و حداکثر به ۲۵–۲۰ کیلوگرم در سال برای هر اصله نخل محدود می‌گردد و برای کل مناطق خرماخیز کشور مقدار متوسط ضایعات بین ۱۰–۲۰ کیلوگرم در سال برای هر درخت طبیعی و معقول به نظر می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- نخل هرس نشده

شکل ۲- نخل هرس شده

بنابراین حدود ۲۰۰ هزار تن ضایعات هرس نخل که قابلیت استفاده در صنایع فراورده‌های چوبی را دارند همه‌ساله در ایران بدون هرگونه استفاده صنعتی هدر می‌روند (Hosseinkhani *et al.*, 2008). تولید انواع فراورده‌های مرکب چوبی از مواد چوبی و لیگنوسلولزی امکان‌پذیر بوده، اما کیفیت محصول تولیدی باید به دقت و بر اساس استانداردهای بین‌المللی مورد ارزیابی قرار گیرد (Hosseinkhani, 2013).

Jiauying Xu و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی‌ها بر روی تخته فیبرهای ساخته شده از مغز کنف بدون استفاده از چسب عنوان می‌کنند که تخته‌های ساخته شده با الیاف دارای ۳۰ درصد رطوبت از مقاومت‌های مکانیکی و ثبات ابعادی بهتری نسبت به تخته‌های ساخته شده با الیاف دارای ۱۰ درصد رطوبت برخوردار می‌باشند. در تحقیق دیگری، خصوصیات تخته فیبر ساخته شده از الیاف چوب و الیاف حاصل از پسماندهای لیگنوسلولزی کشاورزی که با چسب سویا ساخته شده بودند مورد مطالعه قرار گرفته و نتایج آن نشان داد که با افزایش الیاف مواد لیگنوسلولزی کشاورزی و کاهش الیاف چوب در ترکیب ماده اولیه مورد استفاده، ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده با کاهش معنی‌داری روبرو گردیدند. همچنین تخته‌های ساخته شده با چسبUF دارای مقاومت اتصال بهتری نسبت به تخته‌های ساخته شده با چسب پروتئین سویا بودند (Kuo *et al.*, 1998).

Woodson (۱۹۷۶) در بررسی‌های خود خصوصیات تخته MDF و رابطه آن با جرم ویژه در پهن‌برگان را مورد مطالعه قرار داد. در این بررسی چهار گونه پهن‌برگ در یک دامنه از دانسیته برای ساخت MDF با دانسیته کم و زیاد مورد استفاده قرار گرفتند و مقاومت‌های مکانیکی آنها اندازه‌گیری شد. وی به این نتیجه رسید که افزایش دانسیته چوب و دانسیته الیاف باعث کاهش مدول‌الاستیسیته و مقاومت‌خمشی گردید. درصورتی‌که چسبندگی داخلی از خود تغییرات معنی‌داری نشان نداد. در این آزمایش مقاومت‌های خمشی و کششی با افزایش تراکم، افزایش یافتند.

Tsolov و همکاران (۱۹۸۵) در تحقیقات خود با استفاده از الیاف چوب راش و ضایعات لیگنوسلولزی کشاورزی شامل ساقه شاهدانه، انگور، تنباکو، پنبه، تمشک، ذرت و ساقه آفتابگردان اقدام به ساخت تخته فیبر نمودند. آنها الیاف این ضایعات کشاورزی را با نسبت‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد با الیاف چوب راش مخلوط کرده و از آن تخته‌های آزمایشگاهی ساخته و خواص فیزیکی و مکانیکی آنها را اندازه‌گیری کردند. آنها عنوان کردند که تمام این ضایعات لیگنوسلولزی برای تولید تخته فیبر مناسب هستند اما تخته‌های ساخته شده از الیاف تنباکو و شاهدانه از خواص بهتری برخوردار بوده‌اند. البته در تمامی تخته‌های ساخته شده با افزایش الیاف ضایعات کشاورزی، مقاومت تخته‌ها کاهش یافته است.

Tomimura و همکاران (۱۹۸۷) در مطالعه‌ای که بر روی تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته شده از درختان ۴ تا ۵ ساله گونه آکاسیا (*Acacia mangium*) با استفاده از

www.SID.ir

Archive of SID

چسب‌های اوره فرم آلدئید، اوره، ملامین فرم آلدئید و ایزوسیانات داشتند، عنوان کردند که تخته‌های ساخته شده از گونه چوبی آکاسیا دارای مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته بهتری نسبت به تخته‌های ساخته شده از گونه‌های سوزنی‌برگ داشتند ولی مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها بجز در تخته‌های ساخته شده با چسب ایزوسیانات، در حد مطلوب نبودند. نتیجه این تحقیق نشان داد که گونه چوبی آکاسیا، یک ماده اولیه بسیار خوب برای ساخت MDF است.

Roffael و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی‌های خود بر روی خصوصیات تخته MDF ساخته شده از چوب صنوبرهای جوان (*P. trichocarpa*) به این نتیجه رسیدند که تخته فیبرهای ساخته شده از صنوبر ۱۶ ساله عموماً مقاومت‌های مکانیکی بالاتر و واکشیدگی ضخامت کمتری نسبت به تخته فیبرهای ساخته شده از صنوبرهای ۵ ساله از همان کلن را داشتند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که می‌توان در شرایط مناسب فرایند ساخت، از چوب صنوبر جوان، تخته فیبر MDF با دانسیته پائین و با خصوصیات مقاومتی قابل‌قبول تولید کرد.

در نتایج حاصل از بررسی‌های Labosky و همکاران (۱۹۹۳) آمده است که افزایش فشار بخار محفظه ریفاینر اثر قابل‌توجهی بر مقاومت تخته MDF و خصوصیات ابعادی آن ندارد. درصورتی‌که مقدار مصرف چسب اثر قابل توجهی بر کلیه خصوصیات تخته‌ها دارد؛ به‌طوری‌که مصرف چسب اوره فرم‌آلدئید از ۶ به ۱۲ درصد موجب افزایش ۱۷۴، ۶۸ و ۴۰ درصدی به‌ترتیب در مقاومت چسبندگی داخلی، مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها گردید و از طرف دیگر باعث کاهش ۱۱۳ و ۶۰ درصدی در واکشیدگی ضخامت و جذب آب تخته‌های ساخته شده شد. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که فاکتور مهم دیگری که بر خصوصیات الیاف و تخته‌های ساخته شده تأثیر می‌گذارد، مقدار رطوبت خرده چوب در طی فرایند جداسازی الیاف است.

Okamoto و همکاران (۱۹۹۴) اثرات بخار با فشار بالا را بر روی خصوصیات مکانیکی و فیزیکی تخته‌های MDF و همچنین اثرات تیمار بخارزنی بر روی ترکیبات شیمیایی تخته‌های ساخته شده را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش زمان بخارزنی و همچنین افزایش فشار بخارزنی، ثبات ابعادی تخته‌ها بهبود و خصوصیات مکانیکی آنها کاهش می‌یابد. آنها بیان کردند که در زمان بخارزنی طولانی‌تر و فشار بخار بالاتر، کاهش در همی سلولز و آلفا سلولز مشاهده شد، درصورتی‌که ترکیبات لیگنین تغییر زیادی نیافت.

Faraji (۱۹۹۸) نیز با استفاده از باگاس و در شرایط دمای بخارزنی ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان بخارزنی ۵، ۱۰ و ۱۵ دقیقه، اقدام به ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط به روش خشک کرد. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت‌خمشی، مدول‌الاستیسیته و چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده از باگاس نشان داد که بالاترین میزان در ویژگی‌های ذکر شده مربوط به تخته‌های ساخته شده در شرایط درجه حرارت بخارزنی ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و زمان بخارزنی ۵ دقیقه است.

Kuo و همکاران (۱۹۹۸) در بررسی‌های خود، خصوصیات تخته فیبر ساخته شده از الیاف چوب و الیاف حاصل از ضایعات لیگنوسلولزی فعالیت‌های کشاورزی که با چسب حاصل از سویا ساخته شده بودند را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که با افزایش الیاف مواد لیگنوسلولزی کشاورزی و کاهش الیاف چوب در ترکیب ماده اولیه مورد استفاده، تخته‌های ساخته شده ویژگی‌های مکانیکی ضعیف‌تری را از خود نشان دادند. همچنین تخته‌های ساخته شده با چسب UF دارای مقاومت اتصال بهتری نسبت به تخته‌های ساخته شده با چسب پروتئین سویا بودند. Dix و همکاران (۱۹۹۹) استفاده از چوب صنوبر و اکالیپتوس را در ساخت تخته فیبر MDF مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده از چوب صنوبر تابع نوع کلن نبوده و به سن درخت و شرایط پراکنش آن وابسته است. از نظر مقایسه MDF حاصل از چوب صنوبر با MDF اکالیپتوس، نتایج نشان داد که ویژگی‌های مقاومتی تخته‌های حاصل از الیاف صنوبر تا حدودی بهتر از الیاف اکالیپتوس است و واکشیدگی ضخامتی تخته‌های صنوبر کمتر از تخته‌های اکالیپتوس بود.

Krzysik و همکاران (۱۹۹۹) با استفاده از چوب اکالیپتوس سالینا (*E. saligna*) که در کشور برزیل کشت گردیده بود، با کاربرد ۱۰ درصد چسب UF و ۱/۵ درصد واکس اقدام به ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط کرده و

www.SID.ir

Archive of SID

عنوان نمودند که تمام خواص مکانیکی مورد بررسی تخته‌های ساخته شده از حداقل مورد نیاز استانداردهای اروپا و ANSI-AHA بالاتر بوده است و قابلیت استفاده از الیاف این گونه اکالیپتوس را در صنعت MDF مورد تائید قرار داده، اما انجام تحقیقات بیشتر را در این مورد پیشنهاد کرده‌اند.

Schneider و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقات خود به بررسی تأثیر درجه حرارت بخارزنی بر خواص تخته MDF ساخته شده از الیاف چوب گونه پیسه‌آ و چسب اوره فرم آلدئید پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که درجه حرارت بخارزنی برای تولید خمیر الیاف دارای یک اثر معنی‌دار بر روی واکشیدگی ضخامتی و جذب آب تخته‌ها می‌باشد و تخته‌های ساخته شده از الیاف تولید شده در درجه حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌طورکلی جذب آب و واکشیدگی ضخامتی کمتری از تخته‌های ساخته شده از الیاف تولید شده در دماهای ۱۴۰ و ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد از خود نشان دادند.

Wu-ZhangKang و همکاران (۲۰۰۰) در تحقیقات خود، اقدام به تولید تخته MDF از مخلوط الیاف بامبو و چوب نموده و در این تحقیق تأثیر نسبت الیاف بامبو به چوب نوع الیاف از نظر نرمی و زبری را بر روی خواص تخته‌های ساخته شده مورد بررسی قراردادند. نتایج کلی این تحقیق نشان داد که می‌توان تخته‌هایی با کیفیت بالا از مخلوط الیاف چوب و بامبو تولید نمود. آنان بیان کردند که با افزایش یافتن نسبت الیاف بامبو به چوب، MOR و MOE تخته‌ها افزایش و چسبندگی داخلی آنها کاهش یافته است. آنها همچنین نتیجه گرفتند که کیفیت تخته‌های ساخته شده از الیاف ریز و نرم (الیافی که از منافذ الک با مش بین ۹۰ – ۲۸ عبور کرده بودند) از تخته‌های ساخته شده از الیاف زبرتر (الیافی که از منافذ الک با مش بین ۲۸ – ۵ عبور کرده بودند) به‌طور معنی‌داری بالاتر بود. همچنین Eleoterio و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از الیاف گونه کاج اقدام به تولید MDF با دو دانسیته ۶۰۰ و ۸۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب و میزان چسب در ۴ سطح ۶، ۸، ۱۲ و ۱۴ درصد با هدف ارزیابی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های تولید شده نمودند. نتایج تحقیقات آنان نشان داد که تمام خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها به‌طور معنی‌داری با میزان چسب و دانسیته تخته‌ها رابطه مستقیم دارد.

Kargarfard و همکاران (۱۳۸۲) به بررسی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته شده از چوب صنوبر در سه زمان بخارزنی (۱۵، ۲۰ و ۲۵ دقیقه) و با استفاده سه زمان پرس (۴، ۵ و ۵ دقیقه) و دو مقدار چسب ۹ و ۱۱ درصد پرداختند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقاومت‌خمشی، مدول‌الاستسیته و مقاومت‌چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده نشان داد که در شرایط زمان بخارزنی ۱۵ دقیقه، زمان پرس ۵ دقیقه و مصرف چسب۹ و ۱۱ درصد خواص فوق‌الذکر نسبت به تیمارهای دیگر در حد مطلوبی قرار داشت. با افزایش زمان بخارزنی، چسبندگی داخلی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها کاهش یافت و رابطه مستقیم بین این خواص با زمان پرس مشاهده گردید. البته واکشیدگی ضخامت تخته‌ها بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب در شرایط زمان بخارزنی ۱۵ دقیقه و زمان پرس ۶ دقیقه به حداقل کاهش یافت.

Tozluoglu و Akgul (۲۰۰۸) در تحقیقات خود به بررسی امکان استفاده از پوسته بادام‌زمینی برای تولید MDF پرداخته و نتیجه گرفتند درصورتی‌که به الیاف چوب تا ۳۰ درصد الیاف پوسته بادام‌زمینی اضافه گردد، خواص مکانیکی تخته‌های تولیدی به‌استثنای چسبندگی داخلی در حد استاندارد اروپایی خواهند ماند و با افزایش بیش از این مقدار، مقاومت‌خمشی و مدول‌الاستیسیته تخته‌ها کاهش یافته و به حداقل استاندارد نمی‌رسند. همچنین Copur و همکاران (۲۰۰۸)، امکان استفاده از پوسته فندق در تولید MDF را مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفتند که اضافه کردن بیش از ۱۰ درصد الیاف پوست فندق به الیاف چوب، افت ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده به زیر سطح استاندارد را درپی خواهد داشت.

Paridah و همکاران (۲۰۰۹) خصوصیات مکانیکی MDF ساخته شده از مغز و پوست کنف با چسب‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند. نتایج بررسی آنان نشان داد، با افزایش مقدار مغز کنف به ۱۰۰ درصد، مدول‌گسیختگی، مدول‌الاستسیته و چسبندگی داخلی تخته‌ها افزایش یافته و واکشیدگی ضخامت و نیز جذب آب آنها کاهش یافته است.

www.SID.ir

Archive of SID

مواد و روش‌ها

هدف این بررسی ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط از ضایعات هرس نخل در مقیاس نیمه‌صنعتی (Pilot Plant Scale) بود. عوامل متغیر شامل زمان بخارزنی، دمای بخارزنی و زمان پرس بوده است و سطوح در نظر گرفته شده برای هر یک از گونه‌های مورد تحقیق بشرح زیر است:

۱- زمان بخارزنی در ۲ سطح (۵ و ۸ دقیقه)
۲- دمای بخارزنی در ۲ سطح (۱۳۵ و ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد)
۳- ۳ زمان پرس ۱، ۲ و ۳ دقیقه برای پرس تخته‌ها

دیگر عوامل ساخت شامل موارد زیر ثابت در نظر گرفته شده است:

- نوع چسب (اوره فرمالدئید)
- مقدار چسب ۱۰٪
- پارافین ۲٪
- کاتالیزور (NH_4Cl) ۱٪
- رطوبت کیک الیاف ۱۲٪
- سرعت بسته شدن پرس در سطح ۴/۵ میلی‌متر بر ثانیه
- فشار پرس برابر ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع
- جرم مخصوص تخته ۰/۷۰ گرم بر سانتی‌مترمکعب
- ضخامت اسمی تخته ۱۰ میلی‌متر

اندازه‌گیری ابعاد الیاف

به‌منظور اندازه‌گیری ابعاد الیاف، نمونه‌هایی مطابق با روش Franklin (۱۹۵۴) تهیه شدند. طول، قطر، قطر حفره و ضخامت دیواره سلولی ۳۰ عدد فیبر سالم و بدون شکستگی اندازه‌گیری شد. با توجه به داده‌های به‌دست‌آمده میانگین طول فیبر ۱/۲۲ میلی‌متر، ضخامت دیواره سلولی ۵/۷۷ میکرون و ضریب لاغری ۳۸/۴ اندازه‌گیری شد (جدول ۴). براساس نتایج به‌دست‌آمده، ضایعات نخل دارای الیافی کوتاه هستند، هرچند در مقایسه با دیگر مواد غیرچوبی (بامبو و شاه دانه) دارای ویژگی‌های پائین‌تری هستند، اما وضعیت آنها تا حدودی نزدیک به ویژگی‌های الیاف پهن‌برگان می‌باشد.

جدول ۴- ابعاد فیبر نخل

ضریب لاغری (L/D)	ضخامت دیواره سلولی (µm)			حفره سلولی (µm)			قطر فیبر (µm)			طول فیبر (mm)		
	mean	Max.	Min.	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه	میانگین	بیشینه	کمینه
۳۸/۴	۵/۷۷	۱۱/۵۳	۲/۵۳	۲۰/۵۸	۴۸/۷۲	۲/۵۷	۳۱/۸	۵۳/۴۸	۵۱/۲۰	۱/۲۲	۲/۳	۰/۷۲

آماده‌سازی الیاف

در این بررسی ضایعات هرس نخل از استان خوزستان تهیه و پس از حمل به آزمایشگاه، با استفاده از یک خردکن غلطکی آزمایشگاهی از نوع Pallmann، تبدیل به چیپس گردیدند. چیپس‌ها تحت شرایط زیر (جدول ۵) در Fraunhofer Wilhelm-Klauditz Institut Holzforschung کشور آلمان پالایش و تبدیل به الیاف شدند. الیاف پالایش‌شده پس از خشک شدن (رطوبت حدود ۱ درصد)، در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم به نفوذ رطوبت، بسته‌بندی و برای ساخت تخته نگهداری شدند.

ساخت تخته‌ها تحت عوامل متغیر و در مقیاس نیمه‌صنعتی در دانشگاه Gottingen کشور آلمان انجام شد (شکل ۳) که از شرح مراحل کار به علت طولانی بودن آن صرف‌نظر می‌گردد.

جدول ۵- شرایط پخت ضایعات هرس نخل

دور در دقیقه (min)	۳۰۰۰
فشار (bar)	۳/۲
درجه حرارت (°C)	۱۳۵ و ۱۴۵
زمان بخاردهی (دقیقه)	۵ و ۸
ورود مواد (1/min)	۱۲/۷
فاصله صفحات ریفاینر (mm)	۰/۲

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۳- نمایی از پایلوت نیمه‌صنعتی تولید تخته فیبر با دانسیته متوسط

در این بررسی از ترکیب ۳ متغیر در سطوح مختلف ۱۲ تیمار حاصل شد که برای هر تیمار ۳ تکرار در نظر گرفته شد که درمجموع ۳۶ تخته در مقیاس نیمه‌صنعتی ساخته شد. بعد از پایان مرحله پرس، به‌منظور مشروط سازی و یکنواخت سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی ۱ ± ۶۵ درصد و درجه حرارت ۳ ± ۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند.

تهیه نمونه‌های آزمونی برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها با استفاده از یک دستگاه اره گرد انجام شده است. تخته‌ها ابتدا کناره‌بری شده و بعد مطابق استاندارد DIN-68763 (شکل ۴) نمونه‌های تعیین مقاومت‌خمشی (MOR) و مدول‌الاستیسیته (MOE)، مقاومت‌چسبندگی داخلی (IB) و واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب ($T.S_{۲}$ و $T.S_{۲۴}$) تهیه گردیدند (جدول ۶).

B1						
	D1		**D2**	**I1**		
B2						
D3	**I2**	**I3**		**I4**	**D4**	
B3						
I5		**D5**	**I6**	**D6**		
	D7	**I7**	**D8**		**I8**	

شکل ۴- الگوی برش نمونه‌های آزمونی برای اندازه‌گیری خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها (B1- B3، خمش استاتیک، D1-D8 دانسیته و واکشیدگی ضخامتی و I1-I8 چسبندگی داخلی)

سپس برای انجام آزمایش‌های مکانیکی از ماشین Zwick/Roell - T1 FR010TH A50 استفاده گردید. بعد از انجام آزمایش‌های مکانیکی و فیزیکی، نتایج حاصل در قالب طرح کامل تصادفی تحت آزمایش‌های فاکتوریل با سه متغیر و با استفاده از آزمون دانکن (DMRT) و به کمک تکنیک تجزیه واریانس مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. با استفاده از این روش آماری تأثیر مستقل و متقابل هر یک از عوامل متغیر بر خواص مورد مطالعه در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۵ درصد مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- ابعاد و تعداد نمونه‌های آزمونی در هر تکرار و تیمار

نوع آزمایش	ابعاد (mm)			تعداد نمونه در هر تکرار	تعداد نمونه در هر تیمار	منبع
	طول	عرض	ضخامت			
مقاومت‌خمشی (MOR) و مدول‌الاستیسیته (MOE)	۲۵۰	۵۰	۱۰	۳	۹	EN 310
مقاومت‌چسبندگی داخلی (IB)	۵۰	۵۰	۱۰	۸	۲۴	EN 319
واکشیدگی ضخامتی (T.S)	۵۰	۵۰	۱۰	۸	۲۴	EN 317
دانسیته	۵۰	۵۰	۱۰	۸	۲۴	EN 323

نتایج

مقاومت‌خمشی

تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت شامل زمان بخارزنی، دمای بخارزنی و زمان پرس بر مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده اندازه‌گیری و میانگین‌های حاصل در جدول شماره ۷ آورده شده است. تأثیر مستقل فاکتورهای متغیر (زمان بخارزنی، دمای بخارزنی، زمان پرس) و تأثیر متقابل زمان بخارزنی و دمای بخارزنی در سطح اعتماد ۹۹ درصد و همچنین تأثیر متقابل زمان بخارزنی و زمان پرس در سطح اعتماد ۹۵ درصد بر مقاومت‌خمشی تخته‌ها معنی‌دار بود.

جدول ۷- میانگین مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده (واحد: **MPa**)

زمان بخارزنی (دقیقه)	دمای بخارزنی (درجه سانتی‌گراد)	زمان پرس (دقیقه)		
		۱	۲	۳
۵	۱۳۵	۲۶/۶۳	۲۵/۸۰	۲۵/۸۱
	۱۴۵	۲۶/۷۶	۲۶/۶۴	۲۵/۵۲
۸	۱۳۵	۲۵/۶۶	۲۴/۹۷	۲۰/۵۲
	۱۴۵	۱۸/۷۲	۱۸/۹۷	۱۶/۳۲

تأثیر زمان بخارزنی بر مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است و با افزایش زمان بخارزنی، این ویژگی در تخته‌ها کاهش یافته است. به‌طوری‌که بالاترین مقاومت‌خمشی تخته‌ها با ۲۶/۷۶ مگاپاسکال در زمان بخارزنی ۵ دقیقه حاصل شده است که در گروه‌بندی دانکن در گروه A قرار گرفت. ولی با افزایش زمان بخارزنی از مقاومت‌خمشی تخته‌ها کاسته شده و در زمان بخارزنی ۸ دقیقه، به ۱۶/۳۲ مگاپاسکال کاهش یافته است.

تأثیر دمای بخارزنی بر مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده نیز در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بوده و با افزایش دمای بخارزنی از مقاومت‌خمشی تخته‌ها کاسته شده است. به‌طوری‌که با افزایش دمای بخارزنی از ۱۳۵ به ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد، مقدار مقاومت‌خمشی از ۲۴/۹۰ به ۲۲/۱۵ مگاپاسکال رسید. همچنین تأثیر متقابل زمان بخارزنی و دمای بخارزنی بر مقاومت‌خمشی تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بود، به‌طوری‌که حداکثر مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده در زمان بخارزنی ۵ دقیقه و دمای بخارزنی از ۱۳۵ و ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد (گروه A آزمون دانکن) و حداقل مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده در شرایط زمان بخارزنی ۸ دقیقه و دمای بخارزنی از ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد حاصل شده است که در گروه‌بندی آزمون دانکن در گروه C قرارگرفته‌اند.

تأثیر زمان پرس نیز بر مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده معنی‌دار بوده است و با افزایش زمان پرس از مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده کاسته شده است. به‌طوری‌که بالاترین مقاومت‌خمشی تخته‌ها در شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از زمان پرس ۱ و ۲ دقیقه به‌ترتیب با ۲۴/۴۴ و ۲۴/۱۰ مگاپاسکال (گروه A آزمون دانکن) و حداقل مقاومت‌خمشی تخته‌ها در شرایط استفاده از زمان پرس ۳ دقیقه با ۲۲/۰۴ مگاپاسکال (گروه B آزمون دانکن) حاصل شده است. همچنین تأثیر متقابل زمان بخارزنی و زمان پرس بر مقاومت‌خمشی تخته‌ها معنی‌دار بوده است، به‌طوری‌که در زمان بخارزنی ۵ دقیقه با افزایش زمان پرس، تغییرات معنی‌داری در مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده مشاهده نمی‌گردد و همه میانگین‌ها در گروه A آزمون دانکن قرار دارند. درحالی‌که در زمان بخارزنی ۸ دقیقه، با افزایش زمان پرس، از مقاومت‌خمشی تخته‌ها در سطح معنی‌داری کاسته شده است. به‌طوری‌که مقدار مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده در زمان پرس ۱ دقیقه با ۲۲/۱۹ مگاپاسکال (گروه B آزمون دانکن) به ۱۸/۴۲ مگاپاسکال (گروه C آزمون دانکن) در زمان پرس ۳ دقیقه رسیده است.

مدول‌الاستیسیته

تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت شامل زمان بخارزنی، دمای بخارزنی و زمان پرس بر مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده اندازه‌گیری و میانگین‌های حاصل در جدول شماره ۸ آورده شده است. تأثیر مستقل زمان بخارزنی در سطح اعتماد ۹۵ درصد و مقدار رزین در سطح اعتماد ۹۹ درصد بر مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده معنی‌دار بود. همچنین تأثیر متقابل زمان بخارزنی و زمان پرس در سطح اعتماد ۹۹ درصد بر مدول‌الاستیسیته تخته‌ها معنی‌دار بوده است.

جدول ۸- میانگین مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده (واحد: MPa)

زمان بخارزنی (دقیقه)	دمای بخارزنی (درجه سانتی‌گراد)	زمان پرس (دقیقه)		
		۱	۲	۳
۵	۱۳۵	۲۲۷۶	۲۲۵۷	۲۲۵۰
	۱۴۵	۲۶۰۹	۲۴۵۵	۲۴۶۷
۸	۱۳۵	۲۴۵۱	۲۴۷۸	۲۵۰۵
	۱۴۵	۲۴۵۹	۲۴۵۴	۲۵۳۵

نتایج به‌دست‌آمده برای مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده نشان داد که تأثیر زمان بخارزنی بر این ویژگی معنی‌دار بوده است و با افزایش زمان بخارزنی این ویژگی در تخته‌های ساخته شده بهبود یافته است. به‌طوری‌که بالاترین مقدار مدول‌الاستیسیته با ۲۴۸۰ مگاپاسکال مربوط به تخته‌های ساخته شده از الیاف تهیه شده در زمان بخارزنی ۸ دقیقه و حداقل مقدار مدول‌الاستیسیته با ۲۳۸۶ مگاپاسکال مربوط به تخته‌های ساخته شده از الیاف تهیه شده در زمان بخارزنی ۵ دقیقه است. تأثیر دمای بخارزنی بر مدول‌الاستیسیته تخته‌ها نیز معنی‌دار بوده و با افزایش دمای بخارزنی، مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده افزایش یافته است. به‌طوری‌که با افزایش دمای بخارزنی از ۱۳۵ به ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد، MOE تخته‌ها از ۲۳۶۹ به ۲۴۹۶ مگاپاسکال رسیده است. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر متقابل زمان بخارزنی و دمای بخارزنی مدول‌الاستیسیته تخته‌ها معنی‌دار بوده است. به‌طوری‌که در هر دو زمان بخارزنی ۵ و ۸ دقیقه با افزایش دمای بخارزنی مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده بهبود یافته است. بااین‌حال حداقل مدول‌الاستیسیته تخته‌ها در زمان بخارزنی ۵ دقیقه و دمای بخارزنی ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد (گروه B آزمون دانکن) و حداکثر مدول‌الاستیسیته تخته‌ها در سایر شرایط زمان بخارزنی و دمای بخارزنی حاصل شده است که در گروه‌بندی آزمون دانکن در گروه A قرارگرفته‌اند.

چسبندگی داخلی

تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت بر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده اندازه‌گیری و میانگین‌های

www.SID.ir

Archive of SID

حاصل در جدول شماره ۹ آورده شده است. تأثیر مستقل زمان بخارزنی و تأثیر متقابل زمان بخارزنی و دمای بخارزنی در سطح اعتماد ۹۹ درصد بر چسبندگی داخلی تخته‌ها معنی‌دار بود.

جدول ۹- میانگین چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده (واحد: MPa)

زمان بخارزنی (دقیقه)	دمای بخارزنی (درجه سانتی‌گراد)	زمان پرس (دقیقه)		
		۱	۲	۳
۵	۱۳۵	۰/۸۵	۰/۹۳	۰/۵۸
	۱۴۵	۰/۷۸	۰/۸۱	۰/۷۶
۸	۱۳۵	۰/۵۶	۰/۳۱	۰/۶۴
	۱۴۵	۰/۵۳	۰/۴۴	۰/۷۲

نتایج حاصل از تجزیه واریانس چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده نشان داد که تأثیر مستقل زمان بخارزنی بر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده معنی‌دار است و با افزایش زمان بخارزنی، میزان چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافته است. به‌طوری‌که با افزایش زمان بخارزنی از ۵ به ۸ دقیقه، مقدار چسبندگی داخلی تخته‌ها از ۰/۷۸ به ۰/۵۳ مگاپاسکال رسیده است. همچنین تأثیر متقابل زمان بخارزنی و دمای بخارزنی بر چسبندگی داخلی تخته‌ها معنی‌دار بوده است و طبق جدول گروه‌بندی دانکن میانگین‌های حاصل از تأثیر متقابل زمان بخارزنی و دمای بخارزنی بر چسبندگی داخلی در دو گروه مجزا و یک گروه بینابینی قرار گرفته است. به‌طوری‌که حداقل چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده در شرایط استفاده از زمان بخارزنی ۸ دقیقه و دمای بخارزنی از ۱۳۵ درجه سانتی‌گراد، با ۰/۳۷ مگاپاسکال در گروه C جدول دانکن و حداکثر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده در شرایط استفاده از زمان بخارزنی ۵ دقیقه و دمای بخارزنی از ۱۳۵ به ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد، با ۰/۸۱ و ۰/۸۷ مگاپاسکال در گروه A جدول دانکن قرارگرفته است.

واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت

تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های ساخته شده اندازه‌گیری و میانگین‌های حاصل در جدول ۱۰ آورده شده است. تأثیر مستقل زمان بخارزنی در سطح اعتماد ۹۹ درصد بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌ها معنی‌دار بود.

جدول ۱۰- میانگین درصد واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های ساخته شده

زمان بخارزنی (دقیقه)	دمای بخارزنی (درجه سانتی‌گراد)	زمان پرس (دقیقه)		
		۱	۲	۳
۵	۱۳۵	۱۷/۰۸	۱۵/۹۷	۱۷/۲۰
	۱۴۵	۱۷/۲۶	۱۸/۱۲	۱۷/۸۵
۸	۱۳۵	۱۵/۳۱	۱۴/۳۶	۱۳/۵۵
	۱۴۵	۱۴/۰۸	۱۵/۵۹	۱۴/۰۱

نتایج حاصل از تجزیه واریانس واکشیدگی ضخامت بعد از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌های ساخته شده نشان داد که تنها عامل زمان بخارزنی بر این ویژگی در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار است. به‌طوری‌که حداقل مقدار واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت با ۱۳/۵۵ درصد در تخته‌های ساخته شده با الیاف بخارزنی شده در زمان ۸ دقیقه و حداکثر مقدار واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت با ۱۸/۱۲ درصد در تخته‌های ساخته شده با الیاف بخارزنی شده در زمان ۵ دقیقه حاصل شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت

تأثیر مستقل و متقابل متغیرهای ساخت بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته شده اندازه‌گیری و میانگین‌های حاصل در جدول شماره ۱۱ آورده شده است. تأثیر مستقل زمان بخارزنی در سطح اعتماد ۹۹ درصد بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌ها معنی‌دار بود.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس واکشیدگی ضخامت بعد از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌های ساخته شده نشان داد که تنها عامل زمان بخارزنی بر این ویژگی در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار است. به‌طوری‌که حداقل مقدار واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت با ۱۸/۹۵ درصد در تخته‌های ساخته شده با الیاف بخارزنی شده در زمان ۸ دقیقه و حداکثر مقدار واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت با ۲۳/۷۵ درصد در تخته‌های ساخته شده با الیاف بخارزنی شده در زمان ۵ دقیقه حاصل شده است.

جدول ۱۱- میانگین درصد واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته شده

زمان بخارزنی (دقیقه)	دمای بخارزنی (درجه سانتی‌گراد)	زمان پرس (دقیقه)		
		۱	۲	۳
۵	۱۳۵	۲۲/۷۸	۲۲/۲۵	۲۲/۶۹
	۱۴۵	۲۲/۹۹	۲۳/۴۴	۲۳/۷۵
۸	۱۳۵	۲۰/۳۶	۱۹/۱۴	۱۹/۲۹
	۱۴۵	۱۹/۳۴	۱۹/۹۸	۱۸/۹۵

بحث

در این بررسی با استفاده از فیبر ضایعات هرس نخل و با استفاده از ۳ زمان پرس (۱، ۲ و ۳ دقیقه)، ۲ زمان بخارزنی (۵ و ۸ دقیقه) و ۲ دمای بخارزنی (۱۳۵ و ۱۴۵ درجه سانتی‌گراد) اقدام به ساخت تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) در مقیاس نیمه‌صنعتی (Pilot plant) گردید. از ترکیب عوامل فوق ۱۲ ترکیب شرایط به وجود آمد و برای هر ترکیب ۳ تخته و درمجموع ۳۶ تخته ساخته شد. نتایج حاصل از آزمایش‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده با استفاده از طرح آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفته و میانگین‌ها با استفاده از جدول آزمون دانکن گروه‌بندی گردیدند.

نتایج حاصل از تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده نشان داد که تأثیر زمان بخارزنی بر مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده معنی‌دار بوده و با افزایش زمان بخارزنی، این ویژگی در تخته‌ها کاهش یافته است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد در زمان بخارزنی طولانی‌تر (۸ دقیقه) میزان صدمات وارده به الیاف در اثر عمل بخارزنی در حد معنی‌داری نسبت به زمان بخارزنی کوتاه‌تر (۵ دقیقه) بالاتر بوده و باعث افت مقاومت‌خمشی تخته‌ها شده است. تأثیر زمان پرس نیز بر مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده معنی‌دار بوده است و با افزایش زمان پرس از مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده کاسته شده است. اعمال زمان پرس بیشتر، با هدف رساندن دمای مناسب به مغز کیک الیاف برای سخت شدن ذرات چسب در این قسمت انجام شده، درصورتی‌که زمان پرس بیش از اندازه افزایش یابد، تخریب حرارتی اتصالات سطح تخته‌ها آغاز شده و باعث کاهش مقاومت‌خمشی می‌گردد. نتایج به‌دست‌آمده با نتایج تحقیقات انجام شده توسط Rauch (۱۹۸۴) منطبق است.

همچنین تأثیر متقابل زمان بخارزنی و زمان پرس بر مقاومت‌خمشی تخته‌ها معنی‌دار بوده، به‌طوری‌که در زمان بخارزنی ۸ دقیقه و با افزایش زمان پرس، از مقاومت‌خمشی تخته‌ها در سطح معنی‌داری کاسته شده است. در زمان بخارزنی ۸ دقیقه چون الیاف تهیه شده نسبت به زمان بخارزنی ۵ دقیقه دچار صدمات بیشتری می‌گردند، بنابراین نسبت به زمان پرس حساسیت بیشتری

www.SID.ir

Archive of SID

از خود نشان داده و مقاومت‌خمشی تخته‌های ساخته شده با این الیاف با افزایش زمان پرس با کاهش معنی‌داری روبرو می‌شوند.

نتایج به‌دست‌آمده برای مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده نشان داد که تأثیر مقدار چسب بر مدول‌الاستیسیته تخته‌ها معنی‌دار بوده و با افزایش دمای بخارزنی، مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده افزایش یافته است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده نشان داد که تأثیر مستقل زمان بخارزنی بر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده معنی‌دار است و با افزایش زمان بخارزنی، میزان چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافته است. آسیب‌دیدگی الیاف در زمان طولانی‌تر بخارزنی، باعث می‌شود که الیاف با کاهش طول مواجه شده و افزایش فیبرهای آسیب‌دیده و به‌تبع آن افزایش سطح ویژه الیاف موجب می‌گردد که در واحد سطح، ذرات چسب کمتری قرار گرفته و چسبندگی داخلی تخته‌ها را با افت روبرو کند.

نتایج این بررسی همچنین نشان داد که واکشیدگی ضخامت تخته‌ها با افزایش زمان بخارزنی بهبود یافته و حداقل آن در تخته‌های ساخته شده با الیاف تهیه شده در زمان بخارزنی ۸ دقیقه مشاهده گردیده است. خروج بیشتر مواد آب‌دوست از مهمترین عوامل کاهش واکشیدگی تخته‌ها محسوب می‌گردد. نتایج یک بررسی توسط Zhong Rong و همکاران (۱۹۹۶) بر روی سازوکار واکنش خود چسبندگی در فرایند تولید تخته فیبر به‌وسیله روش اسپکتروسکوپی مادون‌قرمز نشان داده است که در طی جداسازی الیاف، سلولز، همی سلولزها و لیگنین به‌طور جزئی آسیب‌دیده و زنجیره‌های آنها کوتاه می‌شود، این کاهش درجه پلیمر شدن می‌تواند در طی پرس گرم منجر به تشکیل کوپلیمرها گردد. افزایش گروه‌های هیدروکسیل بعد از جداسازی الیاف، در طی پرس گرم به شکل پیوندهای هیدروژنی در می‌آید و باعث می‌شود الیاف به هم چسبیده مقاوم شوند. آنها دریافتند که بعد انجام پرس گرم، افزایش در گروه کربنیل آب‌گریز و کاهش در هیدروکسیل آب‌دوست به وجود می‌آید که می‌تواند توصیف توانایی ضد آب و واکشیدگی مطلوب تخته‌های تولیدی باشد.

در پایان، می‌توان چنین نتیجه گرفت که ویژگی‌های مکانیکی تخته‌های ساخته شده از ضایعات هرس نخل، از حداقل مقادیر توصیه‌شده توسط استاندارد EN بالاتر بوده و در صورت استفاده از چسب‌های سنتزی دیگر (MUF و ...) به‌منظور کاهش درصد واکشیدگی تخته‌ها، می‌توان استفاده از الیاف ضایعات هرس نخل را به‌عنوان ماده اولیه به صنایع کشور توصیه نمود.

پیشنهادها

برای تحقیقات بعدی پیشنهاد می‌گردد به موضوعات زیر نیز پرداخته شود:

- تحقیق بر روی افزایش مقاومت‌های مکانیکی تخته‌ها
- تحقیق بر روی دیگر اتصال‌دهنده‌های غیر سنتزی (گچ، سیمان، خاک رس و ...)
- اثر قارچ‌ها و حشرات بر روی تخته‌ها
- تحقیق بر روی میزان تصعید فرمالدئید از تخته‌ها و مقایسه نتایج با استانداردهای بین‌المللی

منابع مورد استفاده

-Akgul, M. ; Tozluoglu, A., 2008. Utilizing peanut husk *(Arachis hypogaea L.)* in the manufacture of medium density fiberboards. Bioresource Technology J. 99 (2008). 5590-5594.

-Beighi, B. and Jafari, F.A., 1998. Research Report on the use of palm products in the industry. First step is to identify areas prone palm. Industry Directorate General of Kerman province.

-Dix, B.; Thole, V. Martuzky, R., 1999. Poplar and eucalyptus wood as raw material for wood-based panels in industrial end uses of fast-grown species: 93-102 (Stefano Berti Nicola. Macehioni. Martino, Negri Emanuela, Rachelli. Edt).

-Eleoterio, JR.; Tomazello-Filho, M.; Bortoletto-Junior, G., 2000. Mechanical and physical properties of MDF panels of different densities and resin content.Departamento de Engenharia, Fundacao Universidade de Blumenau, CEP 89012-900, Blumenau (SC), Brazil. Ciencia-Florestal. 2000, 10: 2, 75-90; 16 ref.

-Franklin, G. L., 1954. The preparation of woody tissues for microscopic. For. Prod. Res. Lab. {cf. also: The preparation of wood for microscopic examination. For. Prod. Res. Lab. Lft. 40 (1951)}

www.SID.ir

Archive of SID

-Paridah, MT., Hafizah, AW. and Azmi, I., 2009. Banding properties and preformance of multi-layerd kenaf board. Journal of tropical forest science.Vol. 21(2): pp. 122 -133.

-Rauch, W., 1984. Temperature and vapor pressure courses during particleboard production and their influence on board properties. Holz-als-roh-und-werkstoff 42: 281-286(German).

-Roffael, E., Dix, D., Khoo, KC., Ong, CL., Lee, TW., 1992. Medium Density Fiberboard (MDF) from young poplar (P. trichocarpa) of different properties. Holzforschung J.46(2).163-170.

- Ruhany, I., 1998. Dates. 292 pages. Press Publishing Centre University, Tehran.

-Schneider, T., Roffael, E., Dix, B., 2000. The effect of pulping process (TMP and CTMP) and pulping conditions on the physical and technological properties of medium density fiberboard (MDF). Holz-als-Roh-und-Werkstoff. 2000, 58:1-2,123-124.

-Tomimura, Y., Khoo. KC., Suzuki, I., 1987. Manufacture of medium density fiberboard from Malaysian Acacia mangium. Mokuzia Gakkaishi Journal of the Japan wood Research Society 33(4). 335-338. 3 ref.

-Tsolov, V., 1985. Boards from beech fibers and agricultural wastes. Gorsko stopanstvo Gorska promishleoost 41(6): 15-17

-Wu-ZhangKang, Zhang-Hong, J., Huang-Su Tong; Yuan-YongSheng; Wu-ZK; Zhang-HJ; Huang-SY; Yuan-YS. 2000. Effect of manufacturing technology on properties of MDF from bamboo and wood.China - Wood – Industry. 2000, 14:3, 7-10; 4 ref.

-Zhong Rong, C., Hao Peng, Y., Wehli, G., 1996. Studies on bonding mechanism of dry - process binderless. China - Wood - Industry. 10: 3-6. 5ref.

-Hosseinkhani, H., 2013. Studies on Date Palm (*Phoenix dactylifera L.*) Pruning Residues and its suitability for MDF production. Sierke VERLAG. ISBN-13:978-3-86844-6

-Hosseinkhani, H., 2008. Using palm pruning waste in the production of medium density fiberboard (MDF). Research Institute of Forests and Rangelands

-Kargarfard, A., Asareh, H. and Nourbakhsh, A., 2003. Evaluation of the use of wood species Eucalyptus succeeded in making medium density fiberboard (MDF). Research Institute of Forests and Rangelands.

-Jiauying Xu, Widyorini, R., Yamauchi, H., Kawai, S., 2006. Development of binderless fiberboard from kenaf core. Journal of Wood Science. (45), 1070-1077

-Krzysik, M., Youngquist, A., Muehi, H., Franca, F., 1999. Medium density fiberboard plantation – grown *Eucalyptus Saligna*. International conference on effective utilization of plantation of plantation timber; 1999 may 21-23; Forest Prod. Assoc.: pp. 156 – 160.

-Kuo, M., Adams, D., mayers, D., Curry, D., Heemstra, H., Smith, J.L., Bian, Y., 1998. Properties of wood/agricultural fiberboard bonded with soybeam-based adhesive. Forest Product J.48 (2): 71-75.

-Labosky, P., Jr. RD Yobp, JJ., Janowiak, PR., Blakenho, M., 1993. Effect of steam Pressure refining and resin levels on the properties of UF-boarded red maple MDF. Forest product J.43 (11-12)82-88. 28 ref.

-Okamoto, H., Sano, S., Kawai, S., Okamoto, T., Sasaki, H., 1994. Production of dimensionally stable mediumdensity fiberboard by use of high - pressure steam pressure. Mokazai Gakkaishi 40 (4): 380-389.

www.SID.ir

Archive of SID

MDF production from date palm pruning residues in pilot plant scale

H. Hosseinkhani

-Faculty member, Department of Wood Science and its products, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran
Email: hhosseinkhani@yahoo.com

Received: Aug., 2014 Accepted: Dec., 2014

Abstract

Iran is not rich in forest land and only 7.5 per cent of country is covered by forest. Therefore Iran has to import wood based panel annually. It is estimated that 100.000.000 Date Palms trees covered an area at about 770.000 hectares around world, and Iran has got 220.000 ha. Because of several reasons Date palm trees should be pruned and each tree produce 10-20 kg residues annually. In this study, for making boards Date Palm pruning residues as raw material and employed UF resin as the binder. Steaming time (5 and 8 Min.), steaming temperature (135 and 145^{o}C) and press time (1, 2 and 3 Min.) were used as variable factors and three boards were made in Pilot plant scale for each combination of variables. Samples of all made boards were tested by the methods of EN to obtain mean values of bending strength, and internal bond strength (I.B). In addition samples of each type of board were tested for thickness swelling after soaking in water for 2 hours and 24 hours respectively.The results of this study show clearly that boards have higher mechanical properties than the MDF property requirements which are recommended by EN standard.

Keywords: Medium density fiberboard, date palm, steaming time, steaming temperature, press time, physical and mechanical properties.

www.SID.ir