

تأثیر تیمار قلبایی باگاس بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین (MDF)مسعود رضا حبیبی^{۱*}، سعید مهدوی^۲، وحید پزشکی^۳، فرشید نیرومند^۴ و حسین فامیلیان^۵^{۱*} - نویسنده مسئول، استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران،

پست الکترونیک: masoudrezahabibi@yahoo.com

^۲ - دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران^۳ - کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه تهران، مشاور مدیرعامل شرکت لوح سبز جنوب، ایران^۴ - کارشناس صنایع چوب و کاغذ، رئیس بخش توسعه و تحقیق شرکت لوح سبز جنوب، ایران^۵ - کارشناس ارشد صنایع چوب و کاغذ، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: مهر ۱۳۹۹

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۹

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تیمار قلبایی باگاس با هیدروکسید سدیم بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین (MDF) انجام شده است. به این منظور، باگاس مغززدایی شده به روش مرطوب و انبارداری شده به روش تر استفاده شد. عملیات پخت برای تهیه الیاف در یک دیگ پخت ۱۰ لیتری با نسبت وزنی مایع پخت به ماده لیگنوسولوزی ۱۰ به ۱ انجام شد. مقدار مصرف هیدروکسید سدیم ۰، ۴ و ۵ درصد بر اساس وزن خشک باگاس در نظر گرفته شد. درجه حرارت و زمان پخت به ترتیب ۱۷۰ درجه سانتیگراد و ۵ دقیقه بود. برای تصویربرداری از الیاف باگاس حاصل از تیمارهای مختلف، از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین استفاده گردید. مقدار ترکیبات شیمیایی نمونه‌های باگاس شامل هولوسولوز و لیگنین تعیین شد. pH مایع پخت هر یک از تیمارها قبل و پس از فرایند پخت اندازه‌گیری شد. برای ساخت تخته فیبر نیمه سنگین از چسب اوره فرمالدهید استفاده شد. مقدار مصرف چسب فوق ۱۲ درصد (بر اساس وزن خشک الیاف) بود. ویژگی‌های خمشی (مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته)، مقاومت چسبندگی داخلی و خواص جذب آب تخته‌ها به ترتیب بر اساس روش‌های استاندارد EN-310، EN-319 و EN-317 تعیین گردید. نتایج نشان داد در هنگام استفاده از ۴ درصد تیمار قلبایی، کمترین خردشدگی و لهیدگی در الیاف دیده شد. با افزایش مصرف سود، مقدار لیگنین باگاس کاهش و مقدار هولوسولوز افزایش یافت. دانسیته حجمی الیاف با افزایش درصد سود افزایش یافت. حداکثر ویژگی‌های خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها در مقدار مصرف سود ۴ درصد ملاحظه شد. همچنین مقدار واكشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها در مقدار مصرف سود ۴ درصد نیز حداقل بود.

واژه‌های کلیدی: تیمار قلبایی، هیدروکسید سدیم، باگاس، پخت، چسب.

مقدمه

غیرچوبی یکساله امکان‌پذیر است. تنگناهای موجود بر سر تهیه چوب و مواد لیگنوسولوزی به‌منظور تأمین ماده اولیه موردنیاز صنایع چوب از یکسو و حفظ منابع محدود جنگلی تأمین‌کننده از سوی دیگر هر روز اهمیت بیشتری می‌یابد.

تخته فیبر نیمه سنگین ماده مرکبی است که ویژگی‌های آن تا حد زیادی متأثر از اجزاء تشکیل‌دهنده آن است. ساخت این محصول با استفاده از کلیه مواد چوبی و برخی از گیاهان

۳۰-۱ دقیقه برای الیاف کتان انجام شده بود، نشان داد که نتایج بهینه در غلظت هیدروکسید سدیم ۱۶ درصد به دست می آید و غلظت‌های بالای آن منجر به تخریب ساختمان کریستالی و تنها تبدیل جزئی به سلولز II می‌گردد (Borysiak & Garbarczyk, 2003). در اثر تیمار قلیایی قطر فیبرها کاهش و ضریب لاغری افزایش یافته و در واقع پدیده لیفچه‌ای شدن اتفاق می‌افتد (Cao *et al.*, 2006). در نتیجه لیفچه‌ای شدن سطح مؤثر برای اتصال با ماده رزین افزایش یافته و چسبندگی بین مولکولی بهبود می‌یابد که این عمل باعث بهبود خواص مکانیکی و کاهش جذب آب فرآورده‌های مرکب می‌گردد (Selke & Wichman, 2004). در واقع از این طریق سطوح بیشتری در معرض اتصال قرار می‌گیرند. این عمل باعث افزایش مناطق ممکن برای واکنش شده و ترشوندگی الیاف بهبود می‌یابد. بر اساس داده‌های حاصل از تحقیقات (Khan & Alam, 2012)، قلیایی کردن باعث کاهش خاصیت جذب آب الیاف چوبی بامیه، ساقه و خوشه موز شد. Yilmaz (۲۰۱۳) نیز دریافت که با افزایش غلظت و مدت تیمار قلیایی، میزان رطوبت الیاف سبوس ذرت کاهش می‌یابد. کاهش میزان رطوبت، احتمالاً ناشی از کاهش گروه‌های هیدروکسیل است.

Khan و همکاران (۲۰۰۹) دریافتند که در اثر تیمار قلیایی، ویژگی‌های کششی الیاف بامیه کاهش می‌یابد. Yilmaz (۲۰۱۴) نیز گزارش نمود که با افزایش غلظت قلیا، ویژگی‌های کششی الیاف کاهش پیدا می‌کند. علاوه بر این، با افزایش مدت تیمار، نیروی شکست، سفتی کششی و مدول تا حد مشخصی افزایش و بعد در اثر افزایش بیشتر مدت تیمار، کاهش یافت. مواد غیرسلولزی الیاف که در اثر تیمار قلیایی حذف می‌شوند، در مقایسه با سلولز دارای مقاومت و قابلیت کشش پایین‌تری هستند. این مواد نه تنها به توزیع و تحمل تنش (بار) کمکی نمی‌کنند، بلکه منجر به شروع شکاف (ترک) نیز می‌شوند. حذف این مواد غیرسلولزی احتمالاً عامل اصلی افزایش قابلیت کششی الیاف در شرایط قلیایی متوسط است. در تیمارهای طولانی‌مدت، در اثر تخریب زنجیره سلولز، خاصیت کششی به شدت دچار افت می‌شود. Zare-Hosseinabadi و همکاران در سال ۲۰۰۸ به مطالعه

از این‌رو در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی به منظور به‌کارگیری ضایعات حاصل از گیاهان غیرچوبی به‌ویژه باگاس در ساخت فرآورده‌های مرکب چوبی انجام شده است (Kargarfard, 2013). باگاس در حال حاضر به‌عنوان یکی از مهمترین پسماندهای کشاورزی به‌صورت یک امکان بالقوه با خواص فنی ایده‌آل برای استفاده در فرآورده مرکب چوبی مطرح است (Narendra & Yang, 2005). باگاس بر مبنای وزن خشک شامل ۴۳/۶ درصد سلولز، ۳۳/۸ درصد همی-سلولز، ۱۸/۱ درصد لیگنین و ۲/۳ درصد خاکستر است (Rintu & Ashok, 2002).

استفاده از الیاف لیگنوسلولزی تیمار نشده مشکلاتی از قبیل ناپایداری و تغییر ابعاد ناشی از جذب رطوبت، تخریب توسط عوامل مخرب زنده، تخریب بر اثر نور فرابنفش، اسیدها و بازها دارد. در این زمینه اصلاح چوب و مواد لیگنوسلولزی فناوری نوینی است که اصولاً به تغییر ساختار اساسی آنها می‌پردازد (Ghorbani *et al.*, 2008). تیمار شیمیایی سطحی الیاف طبیعی از اهمیت زیادی برخوردار است و جزء روش‌های کم‌هزینه طبقه‌بندی می‌شود. تیمار قلیایی یکی از متداول‌ترین روش‌های شیمیایی مورد استفاده برای الیافی است که به‌عنوان تقویت‌کننده در چندسازه‌ها استفاده می‌شوند. قلیایی کردن تا حدی باعث حذف لیگنین و تا حدودی حذف همی‌سلولز، موم و روغن پوشاننده سطح دیواره سلولی الیاف می‌شود؛ بنابراین قلیایی کردن به‌وسیله حذف ناخالصی‌ها، چسبندگی سطحی الیاف و برهم‌کنش بهتر الیاف و رزین بهبود پیدا می‌کند و منجر به ایجاد سطحی زبر و خشن می‌شود (Takagi *et al.*, 2005; Albano *et al.*, 2001). به‌طورکلی، تیمار قلیایی روش متداول برای تولید الیاف با کیفیت بالاست (Ray *et al.*, 2001).

تیمار قلیایی الیاف باگاس با هیدروکسید سدیم ۱۰ درصد در زمان ۱ ساعت، می‌تواند منجر به تغییر مورفولوژی فیبرها شود. قطر فیبرها کاهش و سطح فیبرها انحنادار، نامنظم و زبر و در نتیجه تخلخل در سطح ایجاد می‌گردد و این تخلخل ممکن است سبب نفوذ رزین به داخل الیاف و ایجاد چسبندگی بیشتر رزین و الیاف گردد (Bertoti *et al.*, 2008). تیمارهای قلیایی که در غلظت‌های مختلفی در دامنه ۱۰ تا ۲۵ درصد در زمان‌های

میزان گرم شدن و درجه حرارت ماده چوبی و در نتیجه کیفیت الیاف حاصل دارد و متغیر بودن رطوبت ماده اولیه سبب تولید الیاف با کیفیت‌های متفاوت شده و این امر می‌تواند منجر به بروز اثرهای نامطلوب بر خواص تخته‌های تولیدی شود. یکی از راه‌های کاهش خسارت به الیاف در زمان فرایند پالایش، استفاده از تیمارهای قلیایی می‌تواند باشد. این نوع تیمارها منجر به تضعیف اتصالات لیگنین بین الیاف شده و بدین ترتیب انعطاف‌پذیری الیاف افزایش یافته و این امر سبب می‌گردد که در زمان فرایند پالایش، الیاف با صدمات کمتری مواجه شده و سبب بهبود کیفیت محصول می‌شود، همچنین انرژی مصرفی در فرایند پالایش نیز در اثر استفاده از این نوع تیمارها کاهش می‌یابد. از این رو به منظور حفظ کیفیت الیاف در زمان فرایند پالایش، استفاده از سود سوزآور برای تخریب لیگنین به‌عنوان عامل کمکی مدنظر قرار گرفته و هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر تیمار قلیایی (سود سوزآور) باگاس بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین (MDF) است.

مواد و روش‌ها

ماده لیگنوسلولزی

ماده لیگنوسلولزی مورد استفاده در این تحقیق باگاس مغزدرایی شده به روش مرطوب و انبارداری شده به روش تر بود که از کارخانه لوح سبز واقع در جنوب کشور تهیه گردید.

تهیه الیاف و تیمار قلیایی

عملیات پخت برای تهیه الیاف در یک دیگ پخت دو محفظه‌ای ۱۰ لیتری انجام شد. نسبت وزنی مایع پخت به باگاس ۱۰ به ۱ در نظر گرفته شد. از هیدرواکسید سدیم به‌عنوان تیمار قلیایی استفاده گردید. مقدار مصرف هیدرواکسید سدیم ۴ و ۵ درصد وزن باگاس و به‌منظور بررسی تأثیر تیمار قلیایی، یک تیمار نیز بدون سود در نظر گرفته شد. درجه حرارت و زمان پخت نیز به ترتیب ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد و ۵ دقیقه ثابت و رطوبت نمونه‌های باگاس در زمان فرایند پخت ۷۰ درصد بود. پس از فرایند پخت، با استفاده از یک پالایشگر آزمایشگاهی با قطر صفحه ۲۵

خواص تخته فیبر با دانسیته متوسط (MDF) ساخته شده از باگاس ذخیره شده به دو روش خشک و تر پرداختند. آنان برای هر روش از باگاس تازه و باگاس‌های انبارشده به مدت ۱، ۲، ۳ و ۴ ماهه استفاده کردند. برای تهیه الیاف نیز از دو درجه حرارت بخارزنی ۱۷۵ و ۱۸۵ درجه سانتی‌گراد استفاده شد. نتایج آنان نشان داد که با افزایش درجه حرارت بخارزنی و مدت زمان انبار (به‌ویژه برای روش ذخیره‌سازی تر) تأثیرات منفی روی خواص مکانیکی و تأثیرات مثبت روی خواص فیزیکی (جذب آب و واکنشیدگی ضخامت) داشت. البته خواص مکانیکی تخته‌های ساخته شده از باگاس تازه و درجه حرارت بخارزنی ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد بیش از بقیه بود.

Takagi و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیقی تأثیر تیمار قلیایی را بر آرد بامبو به‌منظور بررسی خصوصیات مکانیکی تخته خرده چوب مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که تیمار قلیایی آرد بامبو با سود ۵ درصد باعث بهبود مقاومت خمشی تخته‌های حاصل در حدود ۲۰ درصد می‌شود. دلیل این امر این است که چسبندگی بین آرد بامبو و رزین از طریق تیمار قلیایی افزایش یافته و همچنین کم شدن مقدار لیگنین در سطح بامبو نیز در افزایش مقاومت و بهبود چسبندگی تأثیرگذار بوده است.

Zhang و همکاران (۲۰۱۵) به بررسی تأثیر تیمار سطحی بر ویژگی‌های ساختاری و گرمایی - مکانیکی الیاف بامبو پرداختند. نتایج آنان نشان داد که تیمار قلیایی منجر به حذف موادی از قبیل همی سلولز و لیگنین موجود در الیاف بامبو شده و در نتیجه تیمار قلیایی نقش مهمی را در افزایش پیوند سطحی ایفا می‌نماید.

در فرایند ساخت تخته فیبر نیمه سنگین، با توجه به گرمانرم بودن لیگنین، برای تولید الیاف ماده لیگنوسلولزی در معرض بخار آب داغ با دمای حدود ۱۷۰-۱۷۵ درجه سانتی‌گراد و مدت‌زمان معین حدود ۵ دقیقه قرار می‌گیرد. پس از این مرحله ماده لیگنوسلولزی به سمت دفیراتور هدایت شده و عملیات جداسازی الیاف انجام می‌شود. با توجه به اینکه درجه حرارت بخارزنی نقش مهمی بر کیفیت الیاف داشته و در این راستا میزان رطوبت ماده لیگنوسلولزی در هنگام بخارزنی تأثیر بسزایی بر

(بر اساس وزن خشک الیاف) و با غلظت ۵۵ درصد بود. از کلرید آمونیوم به مقدار ۱/۵ در صد (بر اساس وزن خشک چسب) به عنوان کاتالیزور استفاده شد.

برای چسب زنی الیاف از یک دستگاه چسب زن آزمایشگاهی استفاده شد و محلول چسب با استفاده از هوای فشرده با الیاف کاملاً مخلوط گردید. به منظور تشکیل کیک الیاف از قالب چوبی به ابعاد ۳۵ × ۳۵ سانتیمتر استفاده شد و الیاف چسب زنی شده که به وسیله ترازوی آزمایشگاهی توزین شده بود به صورت لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند. پس از تشکیل کیک الیاف، با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی مدل BURKLE L100 اقدام به فشردن کیک و ساخت تخته‌های آزمایشگاهی گردید. در این تحقیق دمای پرس ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۴ دقیقه، دانسیته تخته ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب و فشار پرس ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع ثابت در نظر گرفته شد.

اندازه‌گیری خواص مکانیکی و فیزیکی

به منظور مشروط‌سازی و یکنواخت‌سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط کلیماتیزه نگهداری گردیدند. نمونه‌های آزمونی مورد نیاز برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی (واکشی‌دگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب) و ویژگی‌های مکانیکی (مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقاومت چسبندگی داخلی) طبق استاندارد EN 326-1 تهیه شد. ویژگی‌های خمشی (مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته)، مقاومت چسبندگی داخلی و خواص جذب آب تخته‌ها به ترتیب بر اساس روش‌های استاندارد EN-310، EN-317 و EN-319 تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش تجزیه واریانس انجام شد. مقایسه و گروه‌بندی میانگین‌ها نیز به کمک آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام گردید. برای پردازش داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نگارش ۱۷ استفاده شد.

سانتیمتر و با دور موتور ۱۴۵۰ دور در دقیقه، نمونه‌ها پالایش و الیاف تهیه شدند. الیاف حاصل پس از خشک شدن در هوای آزاد با استفاده از یک خشک‌کن گردان در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند. سپس الیاف خشک شده در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم به نفوذ رطوبت بسته‌بندی شدند.

بیومتری الیاف

برای تصویربرداری از الیاف باگاس حاصل از تیمارهای مختلف، از میکروسکوپ نوری مجهز به دوربین و بزرگنمایی ۴۰ و ۱۰۰ استفاده گردید. کلیه نمونه‌ها در این قسمت به صورت تصادفی انتخاب شدند.

تعیین دانسیته حجمی الیاف

برای تعیین دانسیته حجمی الیاف حاصل از تیمارهای مختلف، بر اساس روش Jahan Latibari و همکاران (۲۰۱۳) از یک قالب چوبی به ابعاد ۱۰ × ۱۰ × ۱۰ سانتیمتر استفاده شد.

تعیین ترکیبات شیمیایی باگاس

ترکیبات شیمیایی نمونه‌های باگاس شامل مقدار هولوسولوز بر اساس روش Browning و مقدار لیگنین بر اساس استاندارد Tappi Method T 222 om-06 حاصل از تیمارهای مختلف تعیین گردید.

تعیین pH مایع پخت و pH الیاف

pH مایع پخت هر یک از تیمارها قبل و پس از فرایند پخت اندازه‌گیری شد. علاوه بر این pH الیاف باگاس حاصل از تیمارهای مختلف نیز بر اساس روش Johns و Niazi (۲۰۰۷) تعیین گردید. برای اندازه‌گیری pH از یک دستگاه pH متر مدل Metrohm 691 استفاده شده است. قبل از هر اندازه‌گیری، pH متر با استفاده از محلول بافر ۴ و ۷ تنظیم شده است. پس از آن اندازه‌گیری‌ها انجام گردید.

ساخت تخته

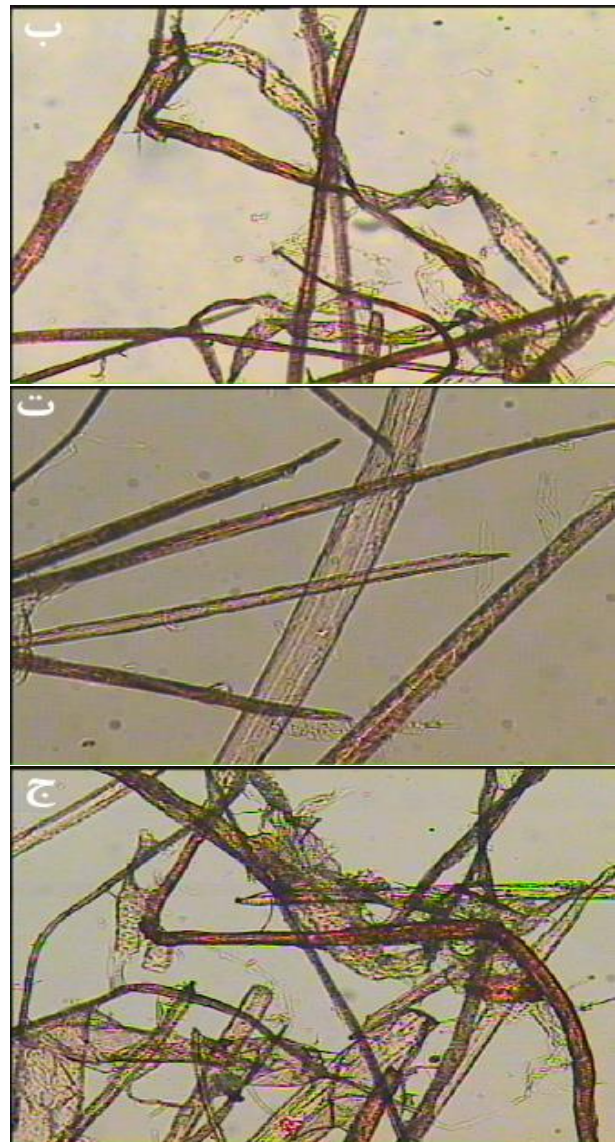
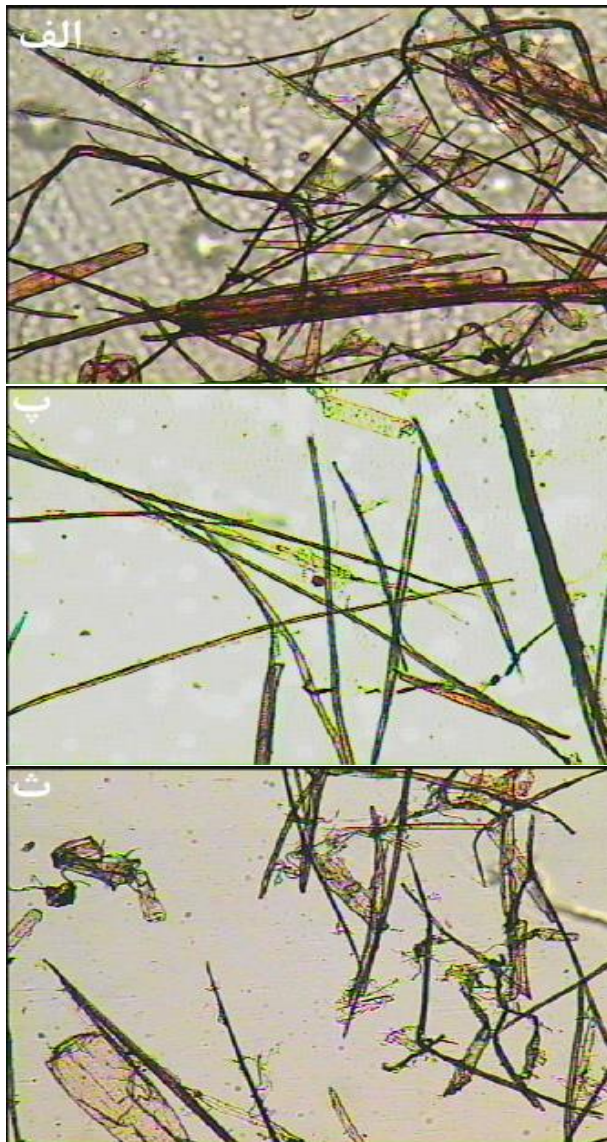
برای ساخت تخته فیبر نیمه سنگین از چسب اوره فرمالدهید استفاده شد. مقدار مصرف چسب فوق ۱۲ درصد

نتایج

تصاویر میکروسکوپ نوری

در این تحقیق بررسی ساختار الیاف با میکروسکوپ نوری انجام شد. با استفاده از تصاویر به دست آمده (بزرگنمایی ۴۰ و ۱۰۰) از میکروسکوپ نوری می توان میزان لهیدگی و خردشدگی الیاف حاصل از تیمارهای مختلف را مشاهده نمود (شکل ۱).

شکل ۱ (الف و ب) نشان می دهد در اثر تیمار بخار آب، الیاف تا حدودی دچار صدمات آناتومیکی و مکانیکی می شوند و با ۴ درصد تیمار قلیایی کمترین خردشدگی و لهیدگی در الیاف ایجاد شده است (شکل ۱ پ و ت)، البته هر چه مقدار تیمار قلیایی بیشتر می شود (۵ درصد) خردشدگی، لهیدگی و تخریب سطحی الیاف افزایش می یابد (شکل ۱ ث و ج).



شکل ۱- الیاف باگاس تحت تأثیر بخار آب، بزرگنمایی ۴۰ (الف)، بزرگنمایی ۱۰۰ (ب)، الیاف باگاس تحت تأثیر ۴ درصد تیمار قلیایی، بزرگنمایی ۴۰ (پ)، بزرگنمایی ۱۰۰ (ت)، الیاف باگاس تحت تأثیر ۵ درصد تیمار قلیایی، بزرگنمایی ۴۰ (ث)، بزرگنمایی ۱۰۰ (ج)

pH، ترکیبات شیمیایی و دانسیته حجمی

حجمی الیاف نشان داد که اثر مقدار سود بر ویژگی‌های مذکور معنی‌دار بوده است. به طوری که با افزایش مصرف سود، مقدار درصد لیگنین باگاس کاهش و مقدار درصد هولوسولوز افزایش یافته است (جدول ۱). همچنین با افزایش مصرف سود، دانسیته حجمی الیاف افزایش یافته است (جدول ۱).

نتایج حاصل از pH مایع پخت، قبل و پس از فرایند پخت در جدول ۱ نشان داده شده است. جدول ۱، pH الیاف حاصل از تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس ترکیبات شیمیایی (هولوسولوز و لیگنین) و دانسیته

جدول ۱- مقادیر pH مایع پخت، قبل و پس از فرایند پخت، درصد ترکیبات شیمیایی (هولوسولوز و لیگنین)، دانسیته حجمی و pH

الیاف حاصل از تیمارهای مختلف

مقدار سود	pH مایع پخت	ترکیبات شیمیایی		پس از فرایند پخت	قبل از فرایند پخت	pH الیاف
		هولوسولوز	لیگنین			
۰	۴/۱۷	۶۶/۶۴c	۱۸/۵۱a	۲۰/۱۷b	۶/۵۷	
۴	۵/۹۱	۷۲/۵۱b	۱۷/۴۳b	۲۱/۳۵b	۶/۶	
۵	۶/۳	۷۷/۷۶a	۱۶/۲۹c	۲۲/۶۸a	۶/۶۱	

حروف انگلیسی کوچک معرف گروه‌بندی دانکن است.

ویژگی‌های خمشی

به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۵ درصد سود (۱۳۷۰ مگا پاسکال) است (شکل ۲). افزایش و بهبود ویژگی ذکر شده با توجه به ۴ درصد تیمار قلیایی نسبت به نمونه بدون تیمار قلیایی برای مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته به ترتیب حدود ۱۸/۹ و ۱۱ درصد است.

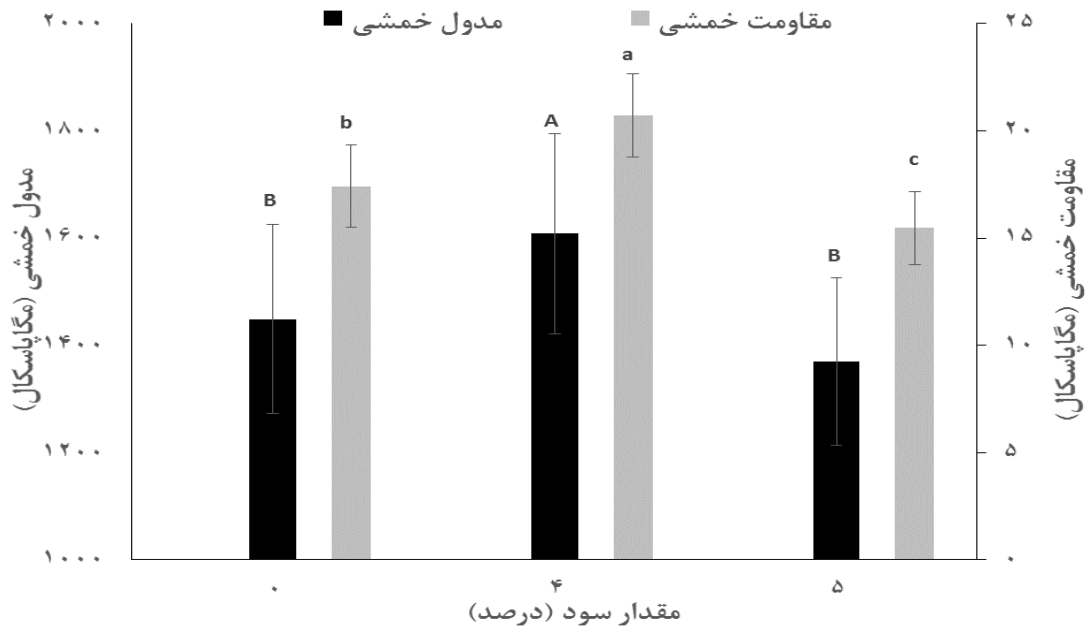
مقاومت چسبندگی داخلی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس چسبندگی داخلی تخته فیبر با دانسیته متوسط نشان داد که اثر مقدار سود بر این ویژگی معنی‌دار است و با افزایش مقدار سود تا ۴ درصد ابتدا این ویژگی افزایش و بعد با افزایش ۵ درصدی سود این مقاومت کاهش می‌یابد. طبق گروه‌بندی آزمون دانکن، حداکثر ویژگی ذکر شده که در گروه a قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۴ درصد سود (۰/۳۴ مگا پاسکال) و حداقل آن که در گروه b قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۵ درصد سود (۰/۱۶ مگا

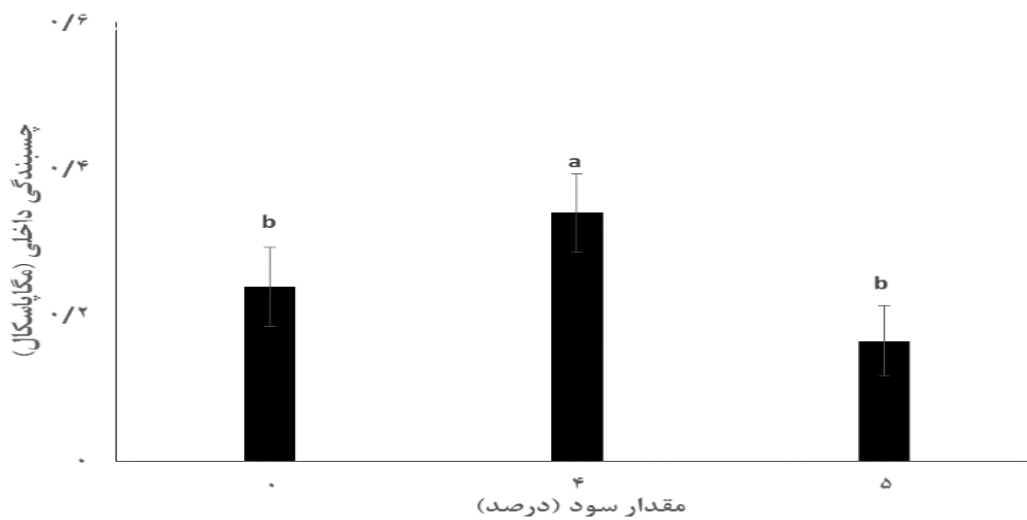
نتایج حاصل از تجزیه واریانس ویژگی‌های خمشی (مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته) تخته فیبر با دانسیته متوسط نشان داد که اثر مقدار سود بر ویژگی‌های خمشی معنی‌دار است و با افزایش مقدار سود تا ۴ درصد ابتدا این ویژگی‌ها افزایش و بعد با افزایش ۵ درصدی سود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته کاهش می‌یابد (شکل ۲). طبق گروه‌بندی آزمون دانکن، حداکثر مقاومت خمشی که در گروه a قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۴ درصد سود (۲۰/۷۱ مگا پاسکال) و حداقل آن که در گروه c قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۵ درصد سود (۱۵/۴۶ مگا پاسکال) است (شکل ۲). همچنین مطابق گروه‌بندی آزمون دانکن، حداکثر مدول الاستیسیته که در گروه a قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۴ درصد سود (۱۶۰۸ مگا پاسکال) و حداقل آن که در گروه b قرار گرفته مربوط

بدون تیمار قلیایی برای مقاومت چسبندگی داخلی حدود ۴۱/۷ درصد است.

پاسکال) است (شکل ۳). افزایش و بهبود ویژگی ذکر شده با توجه به ۴ درصد تیمار قلیایی نسبت به نمونه



شکل ۲- تأثیر مقدار مصرف سود بر مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته MDF



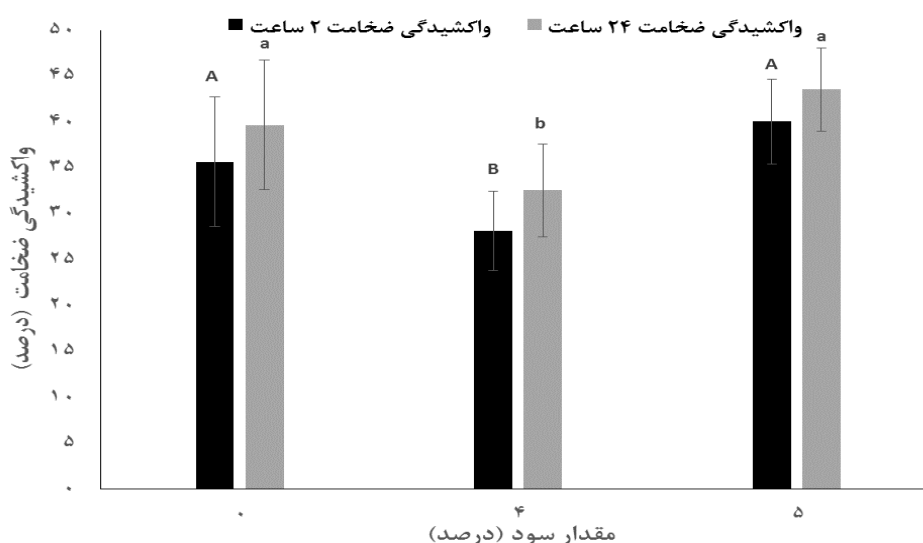
شکل ۳- تأثیر مقدار مصرف سود بر چسبندگی داخلی تخته MDF

متوسط نشان داد که اثر مقدار سود بر ویژگی‌های مذکور معنی‌دار است و با افزایش مقدار سود تا ۴ درصد ابتدا این ویژگی کاهش (بهبود) و بعد با افزایش ۵ درصدی سود این

واکسیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت نتایج حاصل از تجزیه واریانس واکسیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته فیبر با دانسیته

تخته‌های ساخته شده از تیمار ۵ درصد سود (۴۳/۶ درصد) و حداقل آن که در گروه b قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۴ درصد سود (۳۲/۶ درصد) است (شکل ۳). کاهش و بهبود ویژگی ذکر شده با توجه به ۴ درصد تیمار قلیایی نسبت به نمونه بدون تیمار قلیایی برای واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب به ترتیب حدود ۲۷ و ۲۱/۸ درصد است.

ویژگی افزایش می‌یابد. طبق گروه‌بندی آزمون دانکن، حداقل واکنشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت غوطه‌وری در آب که در گروه b قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۴ درصد سود (۲۸/۱ درصد) و حداکثر آن که در گروه a قرار گرفته مربوط به تخته‌های ساخته شده از تیمار ۵ درصد سود (۴۰/۱ درصد) است (شکل ۴). همچنین مطابق گروه‌بندی آزمون دانکن، حداکثر واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب که در گروه a قرار گرفته مربوط به



شکل ۴- تأثیر مقدار مصرف سود بر واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت تخته MDF

(Hosseinzadeh, 1994).

بحث

نتایج حاصل از تأثیر مصرف سود بر مقدار درصد هولوسولوز و لیگنین باگاس نشان داد که با افزایش مصرف سود، مقدار درصد لیگنین باگاس کاهش و مقدار درصد هولوسولوز آن افزایش یافته است. این امر از یکسو ناشی از این است که به‌طور کلی تمایل واکنش سود با لیگنین بیشتر از تمایل واکنش سود با پلی‌ساکاریدها است. از سوی دیگر، همی‌سلولزها در شرایط اسیدی نسبت به شرایط خنثی، سریع‌تر و شدیدتر تخریب می‌شوند. همچنین به‌طور کلی قلیایی کردن منجر به کاهش مقدار لیگنین شده و با انحلال پکتین و حذف روغن‌ها، واکس‌ها و ناخالصی‌های سطح الیاف نسبت به سلولز افزایش می‌یابد (Le Trodec et al., 2010; Yilmaz et al., 2014; Yilmaz, 2013).

تیمار قلیایی یکی از کاربردی‌ترین تیمارهای شیمیایی است. اهمیت تیمار الیاف به‌وسیله قلیا شکستن پیوندهای هیدروژنی و افزایش سطح ویژه است. تیمار قلیایی روش متداول برای تولید الیاف با کیفیت خوب است (Ray et al., 2001). در پیش تیمار قلیایی، محلول سود سوزآور یک درصد با متورم کردن ماده سلولزی پیوندها و اتصالات بین الیاف را سست می‌کند و لیفی کردن مکانیکی آن را آسان می‌سازد. نتایج حاصل از pH مایع پخت پس از فرایند پخت، حکایت از کاهش آن دارد. کاهش این عامل می‌تواند در اثر تبدیل عامل‌های الکلی (OH) مستقر بر روی زنجیره‌های هولوسولوز و تا حد اندکی زنجیره‌های سلولز به عامل اسیدی (COOH) باشد (Jahan Latibari &

متحمل خسارت خواهند شد، از این رو میزان خسارت وارده به الیاف می‌تواند تأثیر بسزایی بر خواص فیزیکی و مکانیکی محصول نهایی داشته باشد.

نتایج نشان داد با افزایش مصرف سود تا مقدار ۴ درصد مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها به‌طور معنی‌داری افزایش یافته است، در حالی که با افزایش مقدار سود تا ۵ درصد به شدت از مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته کاسته شده است. این تغییرات نشان‌دهنده آن است که مقدار سود ۴ درصد برای تهیه الیاف با کیفیت مناسب که توانایی درهم‌رفتگی و ایجاد اتصال کارآمد را داشته باشند، کافی است. در تیمار مذکور مقدار لیگنین الیاف اندکی کاهش یافته و بدین ترتیب الیاف نرم‌تر شده و در زمان فرایند پالایش با صدمات کمتری مواجه شده‌اند که در تصاویر میکروسکوپ نوری (شکل ۴) به‌وضوح این مورد مشخص است، از این رو این امر منجر به بهبود ویژگی‌های خمشی تخته‌ها شده است. از سوی دیگر افت شدید ویژگی‌های خمشی در تخته‌های ساخته شده با الیاف تهیه شده در مقدار سود ۵ درصد گویای این مطلب است که الیاف در زمان فرایند پالایش، دچار خسارت و افت کمی و کیفی شده‌اند و این امر در تصاویر میکروسکوپ نوری به‌وضوح نشان داده شده است. به‌طوری‌که با افزایش مصرف سود به مقدار ۵ درصد، میزان حذف لیگنین الیاف افزایش یافته و این امر منجر به دسترسی بیشتر الیاف شده است، در این حالت، ضربات ایجادشده توسط پالایشگر سبب افزایش صدمات به الیاف شده است (Kargarfard *et al.*, 2005). از سوی دیگر تحقیقات برخی محققان نشان داده است در صورتی که تیمار قلیایی ماده لیگنوسلولزی به‌طور صحیح انجام شود، ویژگی‌های مقاومتی الیاف بهبود خواهد یافت و این امر می‌تواند نقش بسزایی در بهبود ویژگی‌های مقاومتی محصول نهایی داشته باشد (Yilmaz *et al.*, 2014; همچنین Yilmaz, 2013; Jonoobi *et al.*, 2011). به‌طور کلی در اثر تیمار قلیایی، هیدروکسید سدیم با گروه‌های هیدروکسیل همی‌سلولز و سلولز واکنش می‌دهد و باعث لیفچه‌ای شدن، کاهش قطر الیاف و افزایش ضریب ظاهری شده و این امر می‌تواند منجر به بهبود مقاومت خمشی و

نتایج حاصل از تأثیر مصرف سود بر دانسیته حجمی الیاف نشان داد که با افزایش مصرف سود، ویژگی مذکور افزایش یافته است. معمولاً دانسیته الیاف پیش تیمار شده با هیدرواکسید سدیم زیاد است. این امر می‌تواند به دلیل بیشتر بودن دانسیته ذاتی سلولز و همی‌سلولز نسبت به لیگنین باشد (Zhand *et al.*, 2013). همچنین به‌طور کلی قلیایی کردن باعث کاهش میزان لیگنین شده و مقدار نسبت سلولز الیاف افزایش می‌یابد (Yilmaz *et al.*, 2014; Yilmaz, 2013). در نمونه‌های شاهد که دارای حداقل دانسیته حجمی الیاف است، شاهد حداکثر مقدار درصد لیگنین هستیم. زیاد بودن لیگنین موجب می‌شود که الیاف از انعطاف‌پذیری حداقلی برخوردار بوده، در نتیجه به‌خوبی نتوانند روی هم قرار گرفته و بافت خلل و فرج‌داری را تشکیل داده که منجر به کاهش دانسیته حجمی الیاف می‌گردد. از سوی دیگر در نمونه‌های حاصل از ۵ درصد سود که دارای حداکثر دانسیته حجمی هستند، شاهد حداقل مقدار درصد لیگنین هستیم. به‌نحوی که با کاهش لیگنین، انعطاف‌پذیری الیاف افزایش یافته، در نتیجه به‌خوبی می‌توانند روی هم قرار گرفته و بدین ترتیب دانسیته حجمی الیاف افزایش یافته است. همچنین با توجه به شکل ۵، میزان خرد-شدگی و لهیدگی نمونه مذکور نسبت به نمونه‌های حاصل از سایر تیمارها بیشتر است و این امر نیز سبب افزایش دانسیته حجمی نمونه ذکر شده نسبت به سایر نمونه‌ها شده است.

با توجه به اینکه اسیدیته ماده لیگنوسلولزی تأثیر بسزایی بر زمان زله‌ای شدن چسب اوره فرمالدهید داشته و می‌تواند خواص فیزیکی و مکانیکی محصول ساخته شده را تحت تأثیر قرار دهد، از این رو در این تحقیق مقادیر pH الیاف حاصل از تیمارهای مختلف پس از فرایند پالایش تعیین گردید (شکل ۹). بر اساس شکل یادشده، مقدار ویژگی مذکور به‌طور میانگین برای تیمارها حدود ۶/۶ تعیین شد.

ویژگی‌های تخته فیبر نیمه سنگین همانند سایر فراورده‌های مرکب متأثر از اجزاء سازنده آن است. از سوی دیگر، ویژگی‌های اجزاء آن نیز متأثر از شرایط فرایند است. با توجه به اینکه در فرایند ساخت تخته MDF، برای تهیه الیاف از پالایشگر استفاده می‌شود و در زمان فرایند مذکور الیاف

ضخامت را شاهد هستیم. زمانی که از تیمار قلیایی تا سطح ۴ درصد استفاده می‌شود الیاف به صورت سالم جدا شده و در این حالت چسبندگی داخلی تخته‌ها افزایش یافته و به تبع آن منجر به بهبود پایداری ابعادی و کاهش واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها می‌شود. افزایش درصد تیمار قلیایی تا ۵ درصد به دلیل اینکه میزان خردشدگی و لهیدگی الیاف در زمان فرایند پالایش افزایش یافته است، از این رو سطح ویژه الیاف افزایش یافته و این امر منجر به افت مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها شده و به دنبال آن شاهد افزایش مقدار واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها هستیم.

لازم به ذکر است که به طور کلی تیمار قلیایی می‌تواند از طریق خروج ناخالصی‌های طبیعی و مصنوعی (لیگنین، موم و ...) منجر به کاهش ویژگی‌های آب‌دوستی الیاف شود (Selke & Wichmann, 2004). به طوری که با تخریب و خارج شدن لیگنین و به تبع آن درگیر شدن سایت‌های OH زنجیره‌های همی سلولز با همی سلولز و با زنجیره سلولز، خواص آب‌دوستی الیاف کاهش می‌یابد. در صورتی که شدت تیمار قلیایی افزایش یابد، به دلیل تخریب و شکسته شدن زنجیره‌های همی سلولز، شاهد ایجاد سایت‌های جدید OH بر روی زنجیره‌های مذکور خواهیم بود و این امر منجر به افزایش خواص آب‌دوستی الیاف خواهد شد (Jahan Latibari & Hosseinzadeh, 1994).

نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از سود به مقدار ۴ درصد، می‌تواند منجر به بهبود خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین شود.

منابع مورد استفاده

- Albano, C., Ichazo, M., González, J., Delgado, M. and Poleo, R., 2001. Effects of filler treatments on the mechanical and morphological behavior of PP+ wood flour and PP+ sisal fiber. *Materials Research Innovations*, 4(5-6): 284-293.
- Bertoti, A., Luporini, S. and Azevedo Esperidi, M., 2008. Effects of acetylation in vapor phase and mercerization on the properties of sugarcane fibers. *Carbohydrate Polymer*, 77(1): 20-24.
- Borysiak, S. and Garbarczyk, J., 2003. Applying the

مدول الاستیسیته شود (Zhang et al., 2015).

مقاومت چسبندگی داخلی تخته فیبر با دانسیته متوسط نشان‌دهنده کیفیت اتصال چسب در لایه میانی تخته است. نتایج نشان داد با افزایش مصرف سود تا مقدار ۴ درصد مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافته است، در حالی که با افزایش مقدار سود به ۵ درصد به شدت از مقاومت چسبندگی داخلی کاسته شده است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده شد زمانی که تنها از آب داغ برای نرم شدن الیاف استفاده می‌شود الیاف تا حدودی دچار صدمات آناتومیکی و مکانیکی می‌شوند. در صورتی که استفاده از سود به مقدار ۴ درصد، منجر به جدا شدن سالم الیاف شده است که در بهبود ویژگی مقاومتی مذکور تأثیر بسزایی داشته است (Bertoti et al., 2008). از سوی دیگر استفاده از سود به مقدار ۴ درصد سبب حذف موم‌ها، چربی‌ها و ... از سطوح الیاف می‌شود (Mishra et al, 2001). این امر می‌تواند در افزایش کارایی رزین تأثیرگذار باشد.

با افزایش مقدار مصرف سود (۵ درصد) میزان خسارت وارده به الیاف در زمان فرایند پالایش افزایش یافته است، از این رو الیاف دچار خردشدگی و لهیدگی شده‌اند. به همین دلیل نیز شاهد حداکثر دانسیته حجمی در تیمار مذکور هستیم. این امر نشان‌دهنده این است که سطح ویژه الیاف افزایش یافته است. از این رو هنگام چسب‌زنی، با توجه به افزایش سطح ویژه الیاف، چسب مقدار سطح کمتری از سطوح الیاف را پوشش داده و بدین ترتیب ویژگی فوق کاهش یافته است.

تغییر ابعاد فرآورده‌های مرکب لیگنوسلولزی در اثر جذب و دفع آب، متأثر از برآیند ویژگی‌های آب‌دوستی ماده لیگنوسلولزی و مقاومت اتصال چسب است. نتایج نشان داد با افزایش مصرف سود تا مقدار ۴ درصد واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌ها به طور معنی‌داری کاهش یافته است، در حالی که با افزایش مقدار سود به ۵ درصد واکنشیدگی ضخامت ۲ و ۲۴ ساعت افزایش یافته است. همان‌طور که ذکر شد الیاف در اثر استفاده از آب داغ تا حدودی دچار صدمات آناتومیکی و مکانیکی می‌شوند که در این حالت باعث کاهش چسبندگی داخلی تخته‌ها و به دنبال آن افزایش واکنشیدگی

- Storage Time on Physical & Mechanical Properties of Produced Particleboard. *Journal of Natural Environment, Iranian Journal of Natural Resources*, 65(4): 453-460.
- Khan, G.M. and Alam, M., 2012. Thermal characterization of chemically treated coconut husk fibre. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 37: 20–26.
- Khan, G.A., Shaheeruzzaman, M., Rahman, M.H., Razzaque, S.A., Islam, M.S. and Alam, M.S., 2009. Surface modification of okra bast fiber and its physico-chemical characteristics. *Fibers and polymers*, 10(1): 65-70.
- Le Troedec, M., Sedan, D., Peyratout, C., Bonnet, J. P., Smith, A., Guinebreteiere, R. and Krausz, P., 2008. Influence of various chemical treatments on the composition and structure of hemp fibres. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 39(3): 514-522.
- Mishra, S., Misra, M., Tripathy, S., Nayak, S. and Mohantray, A., 2001. Potentiality of pineapple leaf fiber as reinforcement in PALF-Polyester composite: Surface modification and mechanical performance. *Journal of reinforced plastic and composite*, 20(4): 321-334.
- Narendra, R. and Yang, Y., 2005. Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *Trends in Biotechnology*, 23(1): 22-27.
- Ray, D., Sarkar, B., Rana, A. and Bose, N., 2001. Effect of the alkali treated jute fibers on composite properties. *Bulletin of materials science*, 24(2): 129-135.
- Rintu, B. and Ashok, P., 2002. Bio-industrial application of sugarcane bagasse. a technology perspective. *International Sugar Journal*, 104: 64-67.
- Selke, S. and Wichman, I., 2004. Wood fiber/polyolefin composites. *Composite Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35(3): 321-326.
- Takagi, H., Takura, R. and Ochi, SH., 2005. Mechanical properties of green composite made from starch-based biodegradable resin and bamboo powder. *Journal of Material Science*, 3: 33-38.
- Tappi Standards, Acid-insoluble lignin in wood and pulp, Tappi Method T 222 om-06, Tappi Press, Atlanta, GA, 2006.
- Yılmaz, N.D., 2013. Effects of enzymatic treatments on the mechanical properties of corn husk fibers. *J Journal of the Textile Institute*. 104(4): 396 – 406.
- Yılmaz, N.D., Çalışkan, E. and Yılmaz, K., 2014. Effect of xylanase enzyme on mechanical properties of fibres extracted from undried and dried corn husks. *Indian Journal of Fibre and Textile Research*, 39: 60 – 64.
- WAXS method to estimate the super molecular structure of cellulose fibers after mercerization. *Fibers Textiles Eastern Europe*, 11(5): 104-106.
- Browning, B.L., 1967. *Methods of wood chemistry. Volumes I & II.* John Wiley & Sons, Incorporated, New York, 498p.
- Cao, Y., Shibata, S., and Fukumoto, I., 2006. Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fibre before and after alkali treatments. *Composite Part A: Applied Science and Manufacturing*, 37(3): 423-429.
- EN 310. 1993. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength. European Standardization Committee. Brussels.
- EN 317. 1993. Particle boards and fiber boards, determination of swelling in thickness after immersion. European Standardization Committee. Brussels.
- EN 319. 1993. Particle boards and fiber boards, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board. European Standardization Committee. Brussels.
- Ghorbani, M., Doosthoseini, A., Karimi, N. and Mohebbi, B., 2008. Investigation on the effect of wood particles acetylation on heat transfer during press and Mechanical properties of particleboard. *Journal of the Iranian Natural Resources*, 61(1): 163-174. (In Persian).
- Jahan Latibari, A. and Hosseinzadeh, A., 1994. Pulp production technology (alkaline process). Forestry and Rangeland Research Institute, Ministry of Jihad, 320p.
- Jahan Latibari, A., Golbabaie, 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. (In Persian).
- Johns, W.E. and Niazi, K.A., 2007. Effect of pH and buffering capacity of wood on the gelation time of urea-formaldehyde resin. *Wood and fiber science*, 12(4): 255-263.
- Jonoobi, M., Harun, J., Tahir, P.M., Shakeri, A., SaifulAzry, S. and Makinejad, M.D., 2011. Physicochemical characterization of pulp and nanofibers from kenaf stem. *Materials Letters*, 65(7): 1098-1100.
- Kargarfard, A., Hosseinzadeh, A., Nourbakhsh, A. and Khajeh, Kh., 2005. Investigation on medium density fiberboard (MDF) properties produced from poplar wood (*P.nigra*). *Pajouhesh & Sazandegi*, 68: 38-47. (In Persian).
- Kargarfard, A., 2013. The Effect of Cotton Stalks

- properties of semi-chemical NSSC wheat straw pulp. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 28(2): 366-380. (In Persian).
- Zhang, X., Wang, F. and Keer, L.M., 2015. Influence of surface modification on the microstructure and thermo-mechanical properties of bamboo fibers. Materials, 8(10): 6597-6608.
- Zare-Hosseiniabadi, H., Faezipour, M., Jahan-Latibari, A. and Enayati, A., 2008. Properties of Medium Density Fiberboard Made from Wet and Dry Stored Bagasse. J. Agric. Sci. Technol 10: 461-470.
- Zhand, S., Masoudifar, M., Saraeian, A.R. and Ghasemiyani, A., 2013. Effect of alkaline pre-treatment on physical, optical and mechanical

The effect of Bagasse alkaline treatment on medium density fiberboard properties

M.R. Habibi¹, S. Mahdavi², V. Pezeshki³, F. Niromand⁴ and H. Familian⁵

1*-Corresponding author, Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: masoudrezahabibi@yahoo.com

2-Associate Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

3-M.Sc., Advisor to Managing Director of Loh Sabz Jonoob Company, Iran

4-Specialist and Head Research and Development,, Loh Sabz Jonoob Company,Iran

5-Specialist, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Received: June, 2020

Accepted: Oct., 2020

Abstract

This study was carried out to investigate the effect of bagasse alkaline treatment using sodium hydroxide on medium density fiberboard (MDF) properties made from bagasse. For this purpose, Depithed bagasse from wet storage was used. Heat treatment was done in 10 liters digester with liquor to bagasse ratio of 10 to 1. Sodium hydroxide dosage was selected at 0%, 4% and 5% based on oven dry weight of bagasse. Cooking time and temperature were 5 min and 170 °C, respectively. Fiber morphology of prepared bagasse was determined using an optical microscope. Chemical components including holocellulose and lignin contents were also determined. Liquor pH was measured before and after cooking. Urea formaldehyde (UF) resin was used as binder for MDF production. UF Resin content was 12% based on oven dried weight of bagasse. Bending properties (MOR & MOE), internal bonding and thickness swelling of the boards were determined based on EN-310, EN-319 and EN-317 standards, respectively. The results showed that the minimum fibers cutting and crushing were obtained using 4% alkaline treatments. Lignin content decreased by increasing of sodium hydroxide content, but holocellulose content increased. Also increasing of sodium hydroxide dosage resulted in increasing the bulk density. The maximum MOR, MOE and internal bonding of the boards were obtained at 4% sodium hydroxide dosage. Thickness swelling after 2 and 24 hours immersion of the boards was minimal at 4% sodium hydroxide dosage.

Keywords: Alkaline treatment, hydroxide sodium, bagasse, cooking, resin.