

## تأثیر مقدار رطوبت و زمان انبارداری باگاس بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب

مسعود رضا حبیبی<sup>۱\*</sup>، احمد جهان لئیاری<sup>۲</sup> و سعید مهدوی<sup>۳</sup>

\* نویسنده مسئول، استادیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران  
پست الکترونیک: masoudrezahabibi@yahoo.com

۲- استاد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ایران

۳- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۶

### چکیده

در این تحقیق، تأثیر مقدار رطوبت و زمان انبارداری باگاس بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته ساخته شده از آن بررسی شده است. ابتدا برای این منظور از باگاس مغزداپی شده به روش مرطوب و روش انبارداری از نوع عدلبندی استفاده شد. آنگاه از ۴ زمان انبارداری ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ ماه و دو مقدار رطوبت باگاس ۴۵ و ۵۵ درصد استفاده شد. با توجه به این متغیرها، نسبت به ساخت تخته خرده چوب اقدام گردید. همچنین ویژگی‌های شیمیایی باگاس (pH، ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی) تعیین شدند. نتایج اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه و تحلیل آماری شد و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن گروه‌بندی شدند. نتایج نشان داد که با کاهش مقدار رطوبت باگاس، pH و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی باگاس به ترتیب کاهش و افزایش یافته و مقاومت خمشی، مدول الاستیسیته و مقدار واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها بهبود یافته است. با افزایش زمان انبارداری، ویژگی‌های شیمیایی باگاس تمایل به قلیایی شدن داشتند و حداقل مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها در زمان انبارداری ۱/۵ ماه ملاحظه شد. به طوری که با افزایش زمان انبارداری نیز خواص فیزیکی تخته‌ها بهبود یافت.

واژه‌های کلیدی: ماده لیگنوسلولزی، تخته خرده چوب، زمان انبارداری، مقاومت خمشی، رطوبت

### مقدمه

شدن و عصاره‌گیری از ساقه نیشکر به شکل توده لیاف مرطوب و متراکم به صورت ریز تراشه باقی می‌ماند و میزان تولید آن در این استان ۲/۵ تا ۳ میلیون تن در سال بوده است (Tabari, 2012).

نیشکر یک گیاه فصلی است، از این رو برداشت آن در فصول معینی از سال (آبان لغایت فروردین‌ماه) در ایران انجام شده و می‌توان به باگاس تازه دسترسی داشت. در سایر روزهای سال (حدود ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز) دسترسی به

نیشکر یکی از با ارزش‌ترین منابع گیاهی کشاورزی در جهان محسوب می‌گردد. این ارزش نه فقط به علت تولید شکر، بلکه تا حدود زیادی به سبب اهمیت روزافزون محصولات فرعی و صنایع متعدد جانبی آن است که هر روز ابعادش وسیع‌تر و دامنه کاربردش گسترده‌تر می‌گردد. از لحاظ توزیع جغرافیایی، نیشکر تقریباً در استان خوزستان متمرکز است. باگاس، تفاله نیشکر است که پس از فشرده

ویژگی‌های شیمیایی باگاس از جمله pH آن تغییر می‌کند و این امر می‌تواند بر کیفیت اتصال و ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی فراورده مرکب تأثیرگذار باشد.

Kehr و Schilling (۱۹۶۵) در بررسی تأثیر pH چوب بر مقاومت اتصال آن با رزین اوره فرمالدئید در ساخت تخته خرده چوب با انتخاب چوب گونه‌های مختلف پهن‌برگ و سوزنی‌برگ، عنوان کردند که دو گونه از چوب پهن‌برگ به علت pH زیاد، مشکلاتی را در سخت و گیرا شدن رزین به وجود آوردند که با افزودن مقادیر بیشتر سخت‌کننده، برطرف نشد.

Johns و Niazi (۱۹۸۰) در بررسی pH و ظرفیت بافرکنندگی چوب چندین گونه پهن‌برگ و سوزنی‌برگ و تأثیر آن بر زمان ژله‌ای شدن رزین اوره فرمالدئید عنوان کردند که زمان ژله‌ای شدن رزین اوره فرمالدئید به‌طور مستقیم تحت تأثیر pH چوب و به‌طور معکوس تحت تأثیر ظرفیت بافرکنندگی اسیدی قرار دارد.

Kubel و Simatupang (۱۹۹۴) اندازه‌گیری pH سطح چوب پس از خشک‌کردن و تخریب قارچی آن را مورد مطالعه قرار دادند. آنان عنوان کردند که با افزایش زمان و دمای خشک‌کردن و همچنین زمان تأثیر قارچ، مقدار pH سطح چوب کاهش یافته و این امر سبب کاهش مقاومت اتصال بین رزین اوره فرمالدئید و سطح چوب می‌شود.

Xing و همکاران (۲۰۰۴) اثر اسیدیته و کاتالیزور را بر روی زمان ژله‌ای شدن رزین اوره - فرم آلدئید مورد بررسی قرار دادند. این تحقیق نشان داد که پوست درخت، pH کمتر و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی زیادتری را در مقایسه با چوب همان گونه‌ها دارد که این پدیده به علت مواد استخراجی بیشتر پوست است. در سطوح پایین‌تر افزودن کاتالیزور، تأثیر pH ماده خام بر روی زمان ژله‌ای شدن رزین UF مشهود بود و سبب کاهش زمان ژله‌ای شدن رزین شد. همچنین آنان رابطه‌ای بین زمان ژله‌ای شدن رزین و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی ماده خام مشاهده نکردند.

Aydin (۲۰۰۴) اثر فعال‌سازی سطوح چوب برای بهبود

این ماده اولیه امکان‌پذیر نیست. در این راستا واحدهای صنعتی که از باگاس استفاده می‌کنند، به دلیل ضرورت استمرار تولید، نیاز به ذخیره‌سازی این ماده لیگنوسلولزی دارند. دو روش متداول مورد استفاده برای ذخیره‌سازی باگاس، روش خشک یا مرطوب (روش عدل‌بندی) و روش تر می‌باشد (Atchison, 1977).

تفاله نیشکر (باگاس) خروجی از کارخانه شکر، به علت وجود شکر باقیمانده و مغز، در طی زمان ذخیره‌سازی، مستعد حمله میکروارگانیسم‌ها، مخمرها و قارچ‌ها بوده و در اثر این فعالیت‌ها، خواص شیمیایی شامل مقدار همی سلولزها و pH آن تغییر می‌کند (Atchison, 1987; Lois et al., 2010; Rangamannar et al., 1993; Ramaswamy et al., 1989; Cusi, 1979; Schmidt and Walter, 1978). بنابراین یکی از اهداف روش‌های انبارداری باگاس کنترل فرآیند تخمیر قند باقیمانده در باگاس است که سبب حفظ کیفیت الیاف می‌گردد. این امر در طی ذخیره‌سازی باگاس به مدت ۶ ماه و یا بیشتر، سبب کاهش بازدهی الیاف به میزان حداقل ۱۰ درصد می‌گردد که بیش از ۷۵ درصد از این مقدار، ناشی از تخمیر قند و تخریب الیاف است. چنانچه ذخیره‌سازی صحیحی انجام نشود، کاهش بازدهی الیاف می‌تواند به ۲۰ تا ۳۰ درصد برسد و تخریب میکروارگانیسمی شدت پیدا کند (Atchison, 1987). عوامل محیطی همانند درجه حرارت در سطح و داخل توده باگاس، pH و میزان اکسیژن (مقدار رطوبت) در داخل توده باگاس بر فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها می‌تواند مؤثر باشد (Ramaswamy et al., 1989). بنابراین استفاده از روش و شرایط مناسب ذخیره‌سازی باگاس، بیش از پیش ضروریست.

یکی از کاربردهای صنعتی الیاف باگاس، تولید تخته خرده چوب و تخته فیبر است. در این رابطه تحقیقات فراوانی در رابطه با استفاده از باگاس برای ساخت تخته خرده چوب انجام شده است (Nikvash et al., 2010; Tabarsa et al., 2011).

همان‌طور که در بالا ذکر شد در طی زمان ذخیره‌سازی،

ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته ساخته شده از آن داشته باشد، این تحقیق باهدف بررسی تأثیر زمان انبارداری به روش عدلبندی و رطوبت اولیه باگاس بر ویژگی‌های کاربردی تخته ساخته شده از آن انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

از باگاس کارخانه نئویان کارون که به روش عدلبندی در دو سطح رطوبتی ۵۵ و ۴۵ درصد (مینا بر اساس وزن‌تر) و ۴ زمان انبارداری ۱/۵، ۳، ۴/۵ و ۶ ماه انبار شده بود استفاده گردید، برای هر گام رطوبتی ۴۸ عدل باگاس تهیه و نمونه‌های مورد نظر در بین عدل‌ها قرار گرفتند. سپس در دوره‌های زمانی مشخص، نمونه برداری از باگاس‌های فوق انجام شد.

### ساخت تخته خرده چوب

پس از انتقال نمونه‌های باگاس از کارخانه نئویان کارون به آزمایشگاه فرآورده‌های مرکب چوبی بخش تحقیقات علوم چوب و کاغذ مجتمع تحقیقاتی البرز، نمونه‌ها با استفاده از خشک‌کن آزمایشگاهی تا رطوبت حدود ۱ درصد خشک و در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی شدند. برای چسب‌زنی باگاس از چسب‌زن آزمایشگاهی استفاده شد و محلول چسب با استفاده از هوای فشرده با باگاس کاملاً مخلوط گردید. ویژگی‌های چسب مورد مصرف در جدول ۱ ارائه شده است. به منظور تشکیل کیک خرده چوب از قالب چوبی به ابعاد ۴۰ × ۴۰ سانتیمتر استفاده و باگاس چسب‌زنی شده به صورت لایه‌های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شد.

اتصالات با چسب اوره فرمالدئید و اثر آن بر خواص تخته لایه را بررسی کردند. برای خشک‌کردن روکش‌ها از دو روش خشک‌کردن در هوای آزاد و خشک‌کردن در کوره استفاده شد. قابلیت تر شدن، زبری و pH سطوح روکش‌ها با توجه به تیمارهای مختلف تعیین گردید. بخشی از نتایج این تحقیق نشان دادند که با افزایش pH سطوح روکش، مقاومت برشی تخته لایه کاهش یافت.

Zare-Hosseiniabadi و همکاران (۲۰۱۰)، به مطالعه خواص تخته فیبر با دانسیته متوسط ساخته شده از باگاس ذخیره شده به دو روش خشک و تر پرداختند. آنان از باگاس تازه و باگاس‌های انبار شده به مدت ۱ تا ۴ ماه استفاده کردند. نتایج حاصل از بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده از باگاس‌های ذخیره شده نسبت به تخته‌های ساخته شده از باگاس‌های تازه نشان داد که فرآیند ذخیره‌سازی سبب بهبود خواص فیزیکی تخته‌ها و تضعیف ویژگی‌های مکانیکی تخته‌ها شده است.

Joonobi و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی تأثیر زمان ذخیره‌سازی (۱ ماه) بر رنگ و ترکیبات شیمیایی تخته خرده حاصل از باگاس پرداختند. نتایج آنان نشان داد که میزان تغییر رنگ در تخته‌های ساخته شده از باگاس ذخیره شده بیشتر از نمونه‌های ذخیره نشده بود. بررسی نوع میکروارگانیزم‌های موجود در نمونه‌های باگاس ذخیره شده نشان داد که بیشترین آنها باکتری‌ها و مخمرها بودند. نتایج حاصل از آنالیز ترکیبات شیمیایی باگاس نشان داد که فرآیند ذخیره‌سازی منجر به کاهش مقدار همی سلولز باگاس شده است.

با توجه به اینکه شرایط انبارداری باگاس می‌تواند تأثیر بسزایی بر ویژگی‌های باگاس از جمله خواص شیمیایی و

جدول ۱- ویژگی‌های چسب مورد مصرف

pH	گرانروی (ثانیه)	زمان ژله‌ایی شدن (ثانیه)	دانسیته (g/cm <sup>3</sup> )	فرمالدئید آزاد	وضعیت ظاهری
۸	۶۳	۵۶	۱/۲۹۲	حداکثر ۰/۵ درصد	سفید

نمونه‌های باگاس مطابق با دستورالعمل پیشنهادی Johns و Niazi (۱۹۸۰) انجام شد. برای اندازه‌گیری ویژگی‌های فوق از یک دستگاه pH متر مدل Metrohm 691 استفاده شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های این تحقیق با استفاده از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با استفاده از نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل آماری شده و در صورت معنی‌دار شدن اختلاف بین میانگین‌ها، گروه‌بندی میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

### نتایج

جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر عوامل مورد مطالعه بر ویژگی‌های شیمیایی باگاس و خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده از آن را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل آماری، اثر رطوبت و زمان انبارداری بر ویژگی‌های شیمیایی باگاس در سطح اعتماد آماری ۹۹٪ معنی‌دار است و میانگین به همراه گروه‌بندی دانکن آنها در جدول ۳ ارائه شده است. همچنین جدول ۴ میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های ساخته شده با توجه به رطوبت و زمان‌های مختلف انبارداری را نشان می‌دهد.

پس از تشکیل کیک، با استفاده از پرس آزمایشگاهی مدل BURKLE L100 اقدام به فشردن کیک و ساخت تخته‌های آزمایشگاهی گردید. در این تحقیق، جمعاً ۸ تیمار و برای هر تیمار ۳ تخته و در مجموع ۲۴ تخته ساخته شد. سایر متغیرها از جمله دمای پرس ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد، زمان پرس ۶ دقیقه، دانسیته تخته ۰/۷۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب، فشار پرس ۳۰ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، رطوبت کیک خرده چوب ۱۲ درصد، مقدار مصرف چسب ۱۰ درصد، نوع چسب (رزین مایع اوره فرمالدئید) با غلظت ۵۰ درصد و هاردنر ۱/۵ درصد (کلور آمونیوم) ثابت در نظر گرفته شد.

به منظور مشروط‌سازی و یکنواخت‌سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی ۶۵ درصد و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. ویژگی‌های خمشی (مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته)، مقاومت چسبندگی داخلی و واکنش‌دهی ضخامت پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها به ترتیب بر اساس دستورالعمل EN-310، EN-319 و EN-317 تعیین گردید.

### اندازه‌گیری pH و ظرفیت بافرکنندگی

اندازه‌گیری pH و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی

جدول ۲- تجزیه واریانس (سطح معنی‌داری) عوامل مورد بررسی بر ویژگی‌های شیمیایی باگاس، ویژگی‌های فیزیکی و

#### مکانیکی تخته‌ها و مقدار P

منبع تغییرات	مدول الاستیسیته	مقاومت خمشی	مقاومت چسبندگی داخلی	واکشدگی ضخامت ۲ ساعت	واکشدگی ضخامت ۲۴ ساعت	pH	ظرفیت بافرکنندگی اسیدی	ظرفیت بافرکنندگی قلیایی
زمان انبارداری	۰/۲۹۸ <sup>ns</sup>	۰/۱۶۶ <sup>ns</sup>	۰/۰۱۳*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
رطوبت	۰/۰۰۰**	۰/۰۴۹*	۰/۴۰۷ <sup>ns</sup>	۰/۷۰۲ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**
زمان انبارداری × رطوبت	۰/۹۰۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۴۴ <sup>ns</sup>	۰/۷۶۲ <sup>ns</sup>	۰/۴۵۱ <sup>ns</sup>	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**	۰/۰۰۰**

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

جدول ۳- میانگین ویژگی‌های شیمیایی نمونه‌های باگاس با توجه به تغییر رطوبت و زمان انبارداری و گروه‌بندی میانگین‌ها

ظرفیت بافرکنندگی قلیایی (Eq/g)	ظرفیت بافرکنندگی اسیدی (Eq/g)	pH	متغیرهای مورد بررسی
۰/۱۲۱۳	۰/۰۲۲۶	۴/۸۹	۴۵ رطوبت (%)
۰/۰۶۸	۰/۰۰۱۴	۶/۷	۵۵
۰/۰۷۴۷(a)	۰/۰۱۴۷(c)	۵/۶۲(a)	۱/۵
۰/۰۹۳۹(b)	۰/۰۰۷۷(a)	۵/۹۱(b)	۳ زمان انبارداری (ماه)
۰/۱۰۷(c)	۰/۰۱۲۹(b)	۵/۸۴(b)	۴/۵
۰/۱۰۳(c)	۰/۰۱۲۹(b)	۵/۸۱(b)	۶

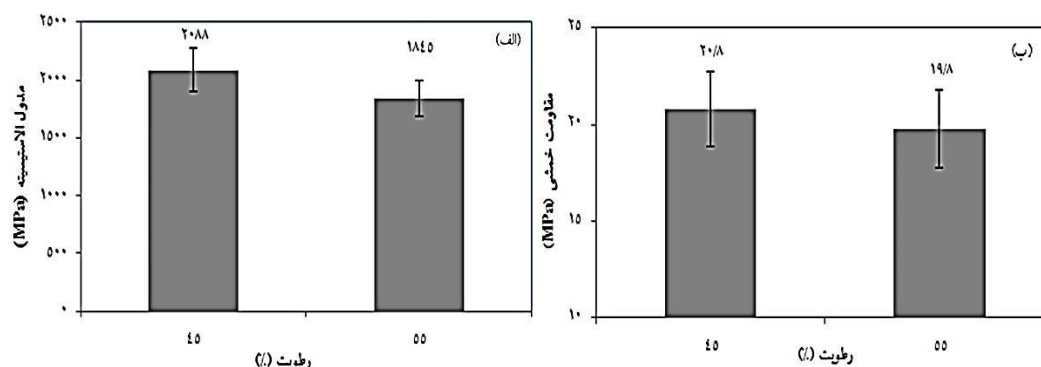
جدول ۴- میانگین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته خرده چوب با توجه به رطوبت و زمان انبارداری

واکسیدگی ضخامت ۲۴ ساعت (درصد)	واکسیدگی ضخامت ۲ ساعت (درصد)	مقاومت چسبندگی داخلی (MPa)	مقاومت خمشی (MPa)	مدول الاستیسیته (MPa)	زمان انبارداری (ماه)	رطوبت (%)
۳۳/۱ (۲/۸)	۱۶/۳ (۱/۶)	۰/۴۴ (۰/۰۴)	۱۹/۶ (۰/۹)	۲۰۴۹ (۸۷/۳)	۱/۵	۴۵
۲۱/۸ (۱/۸)	۱۳/۶ (۱/۲)	۰/۵۸ (۰/۱۳)	۲۱/۳ (۱/۶)	۲۱۴۵ (۱۳۶/۵)	۳	
۲۲/۰ (۲/۷)	۱۴/۳ (۲/۰)	۰/۵۸ (۰/۰۳)	۲۰/۹ (۱/۸)	۲۰۵۶ (۱۲۵/۵)	۴/۵	
۱۸/۵ (۲/۰)	۱۲/۹ (۱/۵)	۰/۴۵ (۰/۰۴)	۲۱/۰ (۲/۹)	۲۰۹۹ (۳۲۰/۹)	۶	
۳۱/۲ (۱/۴)	۱۶/۲ (۱/۰)	۰/۴۴ (۰/۱)	۱۹/۴ (۱/۱)	۱۸۳۶ (۱۱۹/۶)	۱/۵	۵۵
۲۶/۵ (۲/۸)	۱۴/۴ (۲/۱)	۰/۵۹ (۰/۱۱)	۱۹/۵ (۲/۴)	۱۸۷۳ (۱۵۰/۶)	۳	
۲۲/۸ (۲/۵)	۱۳/۶ (۲/۳)	۰/۵۹ (۰/۰۴)	۲۰/۷ (۲/۰)	۱۷۹۱ (۱۲۸/۷)	۴/۵	
۲۱/۹ (۳/۴)	۱۳/۴ (۱/۲)	۰/۵۴ (۰/۰۹)	۱۹/۹ (۲/۴)	۱۸۸۲ (۲۱۰/۷)	۶	

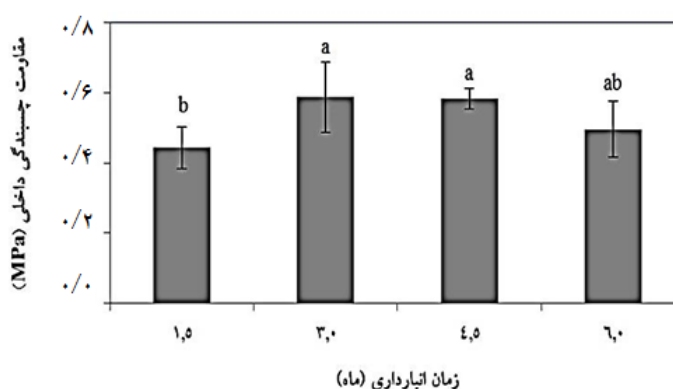
اعداد داخل پرانتز معرف انحراف از معیار است.

حداقل این ویژگی در زمان انبارداری ۱/۵ ماه مشاهده شد (شکل ۲). طبق گروه‌بندی دانکن، ویژگی‌های مذکور در دو گروه جداگانه قرار گرفته‌اند. همچنین حداقل pH و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی به ترتیب مربوط به زمان انبارداری ۱/۵ و ۳ ماه و حداکثر pH و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی به ترتیب مربوط به زمان انبارداری ۳ و ۱/۵ ماه است. همچنین حداقل و حداکثر ظرفیت بافرکنندگی قلیایی به ترتیب مربوط به زمان انبارداری ۱/۵ و ۴/۵ ماه است.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری و تجزیه واریانس ویژگی‌های خمشی (مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی) نشان داد که تأثیر رطوبت ماده اولیه بر ویژگی‌های فوق معنی‌دار است (جدول ۲) و با کاهش رطوبت این ویژگی‌ها کاهش یافته است (شکل ۱ الف و ب). نمونه‌های باگاس در شرایط مذکور از حداقل pH و حداکثر ظرفیت بافرکنندگی برخوردار بودند. بر اساس جدول بالا اثر زمان انبارداری بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها معنی‌دار است و حداکثر مقاومت چسبندگی تخته‌ها در زمان انبارداری ۳ ماه و



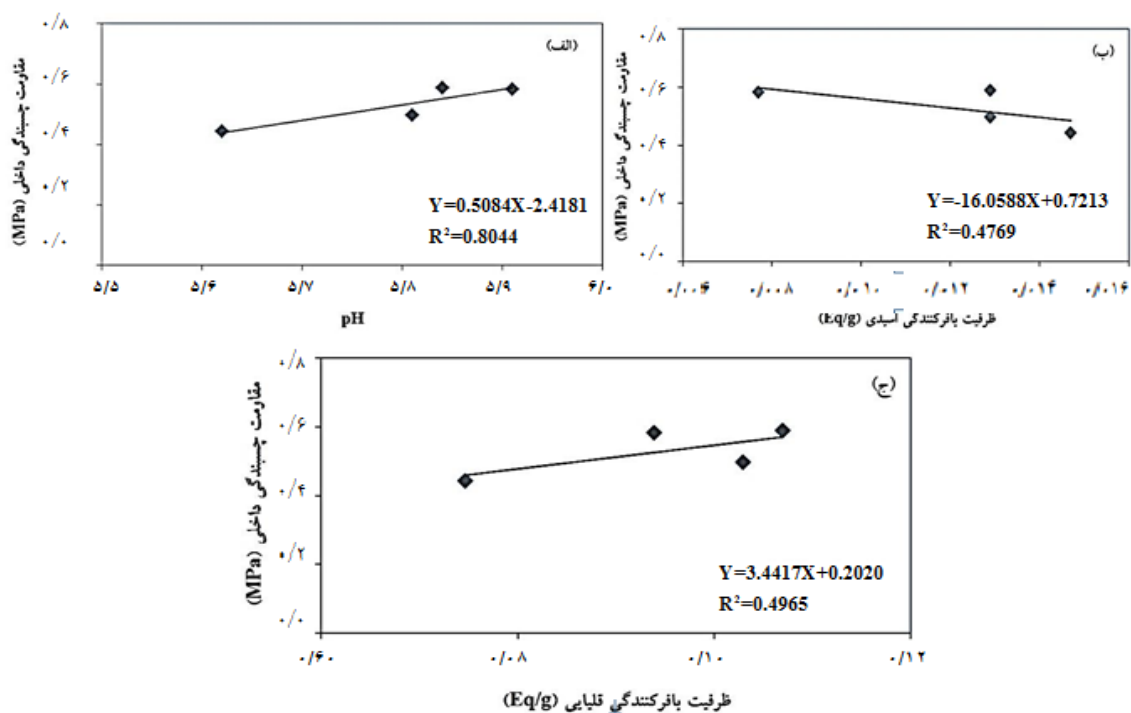
شکل ۱- تأثیر رطوبت باگاس بر الف) مدول الاستیسیته تخته خرده چوب، ب) مقاومت خمشی تخته خرده چوب



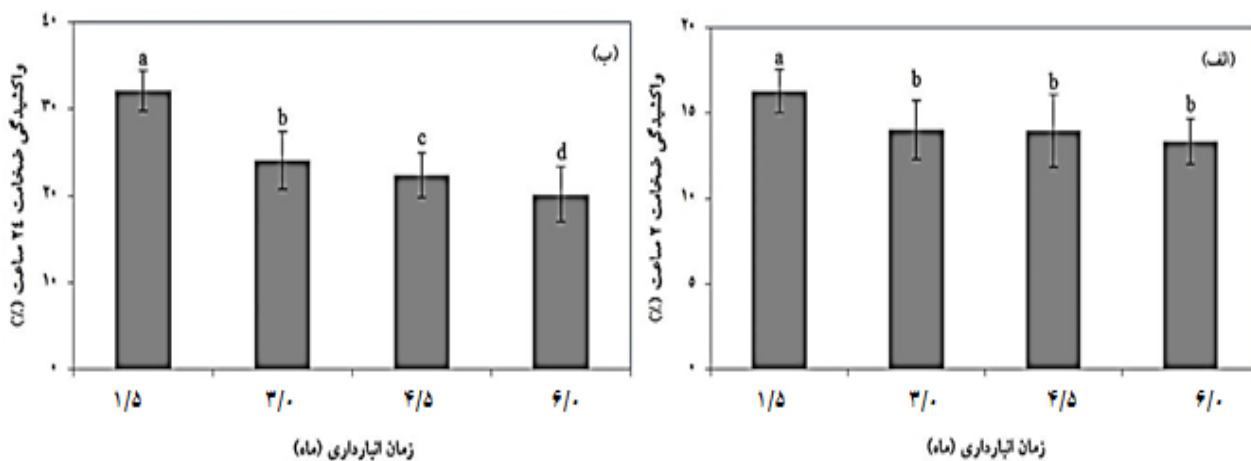
شکل ۲- تأثیر زمان انبارداری باگاس بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب

شکل ۳ روند تغییرات مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب در اثر تغییر pH (الف)، ظرفیت بافرکنندگی اسیدی (ب) و ظرفیت بافرکنندگی قلیایی (ج) نمونه‌های باگاس را نشان می‌دهد. ضرایب همبستگی (R) هریک از آنها به ترتیب ۰/۹، ۰/۶۹ و ۰/۷ محاسبه شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری تأثیر عوامل مورد بررسی بر واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد که اثر زمان انبارداری بر ویژگی‌های مذکور معنی‌دار است و با افزایش زمان فوق، ویژگی‌های مذکور کاهش یافت (شکل ۴ الف و ب)، به طوری که حداقل و حداکثر ویژگی‌های فوق به ترتیب در زمان‌های انبارداری ۶ و ۱/۵ ماه ملاحظه شد. بر اساس گروه‌بندی دانکن نیز ویژگی‌های مذکور در زمان انبارداری ۱/۵ ماه نسبت به سایر زمان‌های انبارداری، در گروه جداگانه‌ای قرار گرفته است. همچنین اثر رطوبت بر واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب معنی‌دار است و با کاهش رطوبت، ویژگی فوق کاهش می‌یابد (شکل ۵). اثر متقابل رطوبت و زمان انبارداری بر واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نیز معنی‌دار بوده است. به طور کلی، این ویژگی در تخته‌های ساخته شده با باگاس با رطوبت ۴۵ درصد نسبت به ۵۵ درصد، به طور معنی‌داری کمتر بود. همچنین با افزایش زمان انبارداری، ویژگی مذکور کاهش یافت. به طوری که حداقل واکنشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب مربوط به رطوبت ۴۵ درصد و زمان انبارداری ۶ ماه است (شکل ۶).

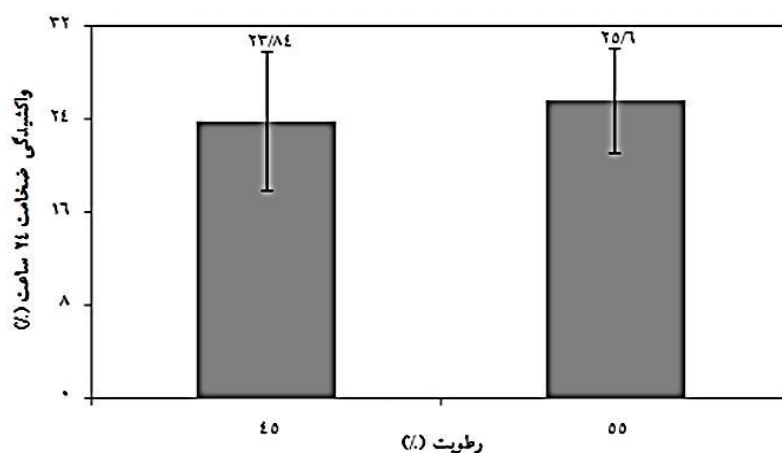
شکل ۳ روند تغییرات مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب در اثر تغییر pH (الف)، ظرفیت بافرکنندگی اسیدی (ب) و ظرفیت بافرکنندگی قلیایی (ج) نمونه‌های باگاس را نشان می‌دهد. ضرایب همبستگی (R) هریک از آنها به ترتیب ۰/۹، ۰/۶۹ و ۰/۷ محاسبه شد. نتایج تجزیه و تحلیل آماری تأثیر عوامل مورد بررسی بر واکنشیدگی ضخامت تخته‌ها پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد که اثر زمان انبارداری بر ویژگی‌های مذکور معنی‌دار است و با افزایش زمان فوق، ویژگی‌های مذکور کاهش یافت (شکل ۴ الف و ب)، به طوری که حداقل و حداکثر ویژگی‌های فوق به ترتیب در زمان‌های انبارداری ۶ و ۱/۵ ماه ملاحظه شد. بر اساس گروه‌بندی دانکن نیز ویژگی‌های مذکور در زمان انبارداری



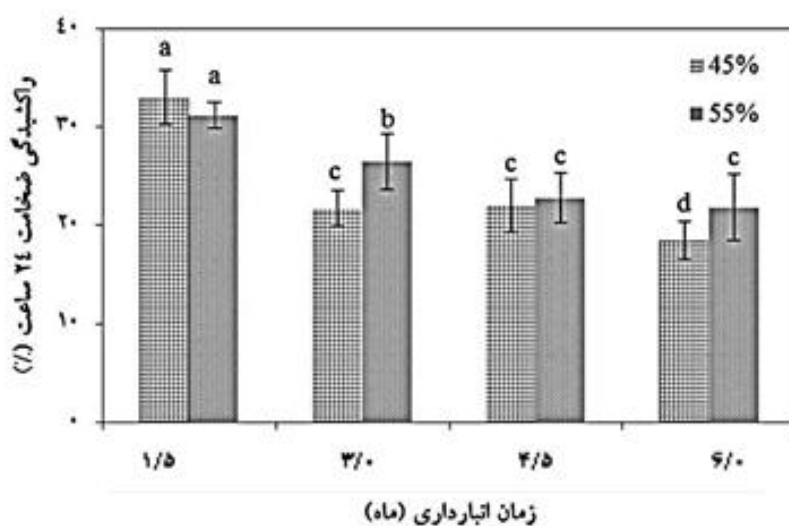
شکل ۳- روند تغییرات مقاومت چسبندگی داخلی تخته خرده چوب با توجه به الف) pH، ب) ظرفیت بافرکنندگی اسیدی، ج) ظرفیت بافرکنندگی قلیایی



شکل ۴- تأثیر زمان انبارداری باگاس بر واكشیدگی ضخامت پس از ۲ ساعت (الف)، پس از ۲۴ ساعت (ب)



شکل ۵- تأثیر رطوبت باگاس بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت



شکل ۶- تأثیر رطوبت و زمان انبارداری باگاس بر واکشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت

## بحث

ماده لیگنوسولوزی است، بنابراین هرگونه تغییر کاهش دهنده مقاومت ماده اولیه و مقاومت اتصال، اثر منفی بر کیفیت محصول نهایی دارد. از جمله ویژگی‌های تأثیرگذار شیمیایی ماده لیگنوسولوزی، pH و ظرفیت بافرکنندگی است که نقش مهمی در فرآیند سخت شدن چسب اوره فرمالدئید دارد (Xing et al., 2004; Johns and Niazi, 1980). دو ویژگی مذکور، بر چگونگی و زمان ژله‌ای شدن چسب تأثیرگذار بوده و می‌توانند نقش کندکننده یا تسریع‌کننده ژله‌ای شدن چسب را داشته باشند. با توجه به اینکه فرآیند تشکیل اتصال خرده‌چوب با رزین اوره فرمالدئید در شرایط

باگاس در طی ذخیره‌سازی، به علت وجود شکر و مغز در معرض حمله میکروارگانیسم‌ها، مخمرها و قارچ‌ها بوده که نتیجه این امر کاهش کیفیت و بازدهی الیاف و بروز تخریب‌های فیزیکی و شیمیایی است (Lois, 1982; Schmidt and Walter, 1978). با توجه به اینکه مقاومت‌های مکانیکی فرآورده‌های مرکب متأثر از مقاومت مکانیکی اجزاء تشکیل دهنده و کیفیت اتصال بین اجزاء می‌باشد و کیفیت اتصال ماده لیگنوسولوزی و چسب نیز متأثر از عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی



اسیدی به‌عنوان شاخصی از توانایی ماده لیگنوسلولوزی در آزاد کردن اسید بوده و با تأثیر بر سرعت سخت شدن رزین اوره فرمالدئید، سبب بهبود کیفیت اتصال در خط چسب شده است. البته بین ظرفیت بافرکنندگی قلیایی باگاس با توجه به رطوبت و ویژگی‌های مذکور رابطه‌ای مشاهده نشد. در این زمینه Johns و Niazi (۱۹۸۰) عنوان کردند که زمان ژله‌ای شدن چسب اوره فرمالدئید به‌طور مستقیم تحت تأثیر pH و به‌طور معکوس تحت تأثیر ظرفیت بافرکنندگی اسیدی قرار دارد. در تحقیق مشابه دیگری که توسط Xing و همکاران (۲۰۰۴) انجام شد، حکایت از عدم وجود رابطه بین زمان ژله‌ای شدن چسب اوره فرمالدئید و ظرفیت بافرکنندگی داشت.

در اثر تغییر زمان انبارداری، مقدار تغییرات pH در محدوده حداقل ۵/۶۲ تا ۵/۹۱ و تغییرات ظرفیت بافرکنندگی اسیدی در محدوده بین ۷ تا ۱۲ میلی اکووالانت هیدروکسید سدیم یک نرمال مورد نیاز برای خنثی کردن اسید موجود در یک گرم ماده لیگنوسلولوزی و تغییرات ظرفیت بافرکنندگی قلیایی در محدوده بین ۷۴ تا ۱۰۷ میلی اکووالانت اسیدسولفوریک یک نرمال مورد نیاز برای خنثی کردن قلیای موجود در یک گرم ماده لیگنوسلولوزی، متغیر بوده است. نتایج حاصل از تأثیر زمان انبارداری بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها نشان داد که حداقل و حداکثر ویژگی فوق به‌ترتیب در زمان‌های انبارداری ۱/۵ و ۳ ماه ملاحظه شد. در زمان انبارداری ۱/۵ ماه، نمونه‌های باگاس از حداقل pH و ظرفیت بافرکنندگی قلیایی (شاخصی از قابلیت ماده لیگنوسلولوزی در جذب اسید چسب) و حداکثر ظرفیت بافرکنندگی اسیدی برخوردار بودند. بدین ترتیب عوامل فوق سبب شده که زمان ژله‌ای شدن چسب اوره فرمالدئید کاهش یافته و سرانجام فرایند تر کردن و نفوذ چسب به داخل ماده لیگنوسلولوزی با اختلال مواجه شده و قابلیت تشکیل اتصال با کیفیت کاهش یافته و ویژگی مذکور تضعیف شده است (Johns and Niazi, 1980; Kubel and Simatupang, 1994).

نتایج حاصل از روند تغییرات مقاومت چسبندگی داخلی

اسیدی اتفاق می‌افتد. از این‌رو آگاهی از pH و ظرفیت بافرکنندگی ماده لیگنوسلولوزی، منجر به درک بهتری از اثر ماده اولیه بر سرعت گیرایی و سخت شدن رزین اوره فرمالدئید می‌شود. در صورتی که به این مهم توجه نگردد، خط چسب یا به‌صورت کامل پلیمریزه نشده و یا زودتر از زمان مورد نظر پلیمریزه می‌شود. در اثر وقوع هر دو حالت مذکور، کیفیت اتصال کاهش خواهد یافت. از این‌رو برای دستیابی به مقاومت اتصال با کیفیت مناسب، باید انتخاب چسب و شرایط پرس کردن (درجه حرارت و زمان پرس) محصول را با توجه به pH تنظیم کرد (Xing et al., 2004).

در اثر تغییر رطوبت، تغییرات pH باگاس در محدوده حداقل ۴/۸۹ تا ۶/۷۱ و تغییرات ظرفیت بافرکنندگی اسیدی در محدوده برابر حداقل ۱ تا ۲۲ میلی اکووالانت هیدروکسید سدیم یک نرمال مورد نیاز برای خنثی کردن اسید موجود در یک گرم ماده لیگنوسلولوزی و تغییرات ظرفیت بافرکنندگی قلیایی در محدوده بین ۶۸ تا ۱۲۱ میلی اکووالانت اسیدسولفوریک یک نرمال مورد نیاز برای خنثی کردن قلیایی موجود در یک گرم ماده لیگنوسلولوزی، متغیر بوده است. از سوی دیگر نتایج حاصل از تأثیر رطوبت باگاس بر ویژگی‌های خمشی (مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته) و واکنش‌دهی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب تخته‌ها، حکایت از بهبود ویژگی‌های مذکور در رطوبت ۴۵ درصد نسبت به ۵۵ درصد دارد. این نتیجه ناشی از pH بیشتر نمونه‌های باگاس در رطوبت ۵۵ درصد نسبت به رطوبت ۴۵ درصد است. قلیایی بودن شدید باگاس با رطوبت ۵۵ درصد نسبت به ۴۵ درصد، باعث کاهش سرعت سخت شدن رزین اوره فرمالدئید و افت کیفیت اتصال بین چسب و ماده لیگنوسلولوزی در شرایط ثابت شده است. در این زمینه Kehr و Schilling (۱۹۶۵) در رابطه با تأثیر pH بر کیفیت مقاومت اتصال، نتایج مشابهی را گزارش کردند. همچنین ظرفیت بافرکنندگی اسیدی باگاس با رطوبت ۴۵ درصد بیشتر از ۵۵ درصد تعیین شد. از این‌رو، این ویژگی نیز توانسته است که سبب بهبود ویژگی‌های مذکور گردد. زیرا ظرفیت بافرکنندگی

توسط چسب اوره فرمالدئید وجود نداشته است (Aydin, Johns and Niazi, 1980; 2004). از سوی دیگر و با افزایش زمان انبارداری، ویژگی مذکور با توجه به هر دو مقدار رطوبت کاهش یافت که علت این امر ناشی از تخریب ساختار سلولز و به ویژه همی سلولزهای باگاس در اثر فعالیت میکروارگانیسم‌ها بوده که منجر به کاهش گروه‌های هیدروکسیل و سرانجام ویژگی آب‌دوستی تخته‌ها شده است (Zare-Hosseiniabadi et al., 2010).

#### نتیجه‌گیری

در این مطالعه اثر رطوبت و زمان انبارداری باگاس بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب ساخته شده از آن بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان داد که رطوبت و زمان انبارداری باعث تغییر ویژگی‌های شیمیایی (pH، ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی) باگاس می‌شود و تغییرات مذکور بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته خرده‌چوب ساخته شده از آن تأثیرگذار است.

با توجه به اینکه خواص مکانیکی کلیه تخته‌های حاصل از باگاس‌های انبارداری شده به روش عدل‌بندی، بیش از مقادیر ذکر شده در استاندارد ملی ایران تعیین شده است. از این رو استفاده از روش فوق برای انبارداری باگاس توصیه می‌گردد. همچنین، برای صرفه‌جویی در مصرف انرژی در قسمت خشک‌کن، می‌توان از باگاس با مقدار رطوبت ۵۵ درصد نیز برای انبارداری به روش عدل‌بندی استفاده کرد.

#### سپاسگزاری

این تحقیق با همکاری شرکت نئوپان کارون انجام شده است. از این رو از مدیران وقت شرکت مذکور، آقایان مهندس فتحی (مدیرعامل شرکت نئوپان کارون)، مهندس جهرمی (مدیر کارخانه)، مهندس طبری (مدیر پروژه) و مهندس عرفانی (مدیر کنترل و کیفیت) تشکر و قدردانی می‌گردد.

با توجه به ویژگی‌های شیمیایی باگاس نشان داد که میزان تغییرات ویژگی مذکور با توجه به pH از ضریب همبستگی نسبتاً بالایی (۰/۹) در مقایسه با ظرفیت بافرکنندگی اسیدی و قلیایی باگاس برخوردار است. در این زمینه برخی از محققان عنوان کرده‌اند که بین زمان ژله‌ای شدن چسب با مقدار pH و ظرفیت بافرکنندگی رابطه وجود داشته و برخی دیگر عنوان کرده‌اند که زمان ژله‌ای شدن چسب، فقط متأثر از مقدار pH می‌باشد (Johns and Niazi, 1980; Xing et al., 2004). لازم به ذکر است که روند تغییرات مقاومت چسبندگی داخلی با توجه به مقدار pH، حکایت از افزایش ویژگی مذکور با افزایش مقدار pH داشت. در این زمینه Xing و همکاران (۲۰۰۶) نتیجه مشابهی را گزارش کردند. آنان علت این امر را ناشی از طولانی بودن زمان پرس عنوان کردند.

مقدار واكشیدگی ضخامت تخته خرده‌چوب متأثر از برآیند ویژگی‌های آب‌دوستی ماده لیگنوسلولزی و مقاومت اتصال چسب است. تغییرات مقدار واكشیدگی ضخامت تخته خرده‌چوب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب با توجه به زمان انبارداری نشان داد که به طور کلی با افزایش زمان انبارداری، این ویژگی‌ها بهبود یافت. ظاهراً با افزایش زمان مذکور، به دلیل فعالیت میکروارگانیسم‌ها، تغییراتی در ساختار سلولز و به ویژه همی سلولزهای باگاس اتفاق افتاده است که منجر به کاهش گروه‌های هیدروکسیل ماده لیگنوسلولزی و در نتیجه سبب کاهش ویژگی‌های آب‌دوستی تخته‌ها شده است (Zare-Hosseiniabadi et al., 2010). نتایج حاصل از اثر متقابل رطوبت و زمان انبارداری بر مقدار واكشیدگی ضخامت پس از ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نشان داد که به طور کلی مقدار ویژگی فوق برای تخته‌های ساخته شده از باگاس با رطوبت ۴۵ درصد نسبت به ۵۵ درصد کمتر بود. همان‌طور که قبلاً ذکر گردید، باگاس با رطوبت ۵۵ درصد نسبت به رطوبت ۴۵ درصد، دارای مقدار pH بیشتر و ظرفیت بافرکنندگی اسیدی کمتری بود. البته در شرایط فوق، اسید کافی برای ایجاد اتصال کارآمد

evaluation of sugar cane bagasse storage in bales system. *Journal of Applied Research and Technology*, 8(3): 365-375.

- Lois, J., 1982. Storage of Bagasse for Derivatives Industries. Monograph, Editorial Científico-Técnica, 15 p.
- Nikvash, N., Kraft, R., Kharazipour, A. and Euring, M., 2010. Comparative properties of bagasse, canola and hemp particle boards. *European Journal of Wood and Wood Products*, 68(3): 323-327.
- Rangamannar, G., Michelsen, J., Rangan, S.G., 1993. Improved wet bulk storage of bagasse for newsprint pulp production: Part one; TAPPI pulping conference, 391-395.
- Ramaswamy, V., Ramanathan, T., Venkataraman, T. S., 1989. Role of fungi in the biodegradation of wet pile stored bagasse under tropical conditions. In *Pulping Conference (USA)*, 803-806.
- Schmidt, O., Walter, K., 1978. Succession and activity of microorganisms in stored bagasse. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 5(1): 69-77.
- Tabarsa, T., Ashori, A. and Gholamzadeh, M., 2011. Evaluation of surface roughness and mechanical properties of particleboard panels made from bagasse. *Composites Part B: Engineering*, 42(5): 1330-1335.
- Tabari, F., 2012. Bagasse as a resource with potential which lost. The first national congress of plan supply of raw materials and the development of wood and paper Industry in 1404. Iran, 157-171.
- Xing, C., Zhang, S. Y., and Deng, J., 2004. Effect of wood acidity and catalyst on UF resin gel time. *Holzforschung*, 58(4): 408-412.
- Xing, C., Zhang, S.Y., Deng, J., Riedl, B. and Cloutier, A., 2006. Medium-density fiberboard performance as affected by wood fiber acidity, bulk density, and size distribution. *Wood Science and Technology*, 40(8): 637-646.
- Zare-Hosseiniabadi, H., Faezipour, M., Jahan-Latibari, A., and Enayati, A. 2010. Properties of medium density fiberboard made from wet and dry stored bagasse. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 10: 461-470.

## منابع مورد استفاده

- Atchison, J. E., 1977. Making Bagasse Available; XVI Congress of ISSCT. South Africa, 54-66.
- Atchison, J. E., 1987. Bagasse in Pulp and Paper Manufacture. 3th edition, TAPPI, Atlanta, 22-66.
- Aydin, I., 2004. Activation of wood surfaces for glue bonds by mechanical pre-treatment and its effects on some properties of veneer surfaces and plywood panels. *Applied Surface Science*, 233(1): 268-274.
- Cusi, D. S., 1979. Storage and conservation of bagasse; Non-wood plant fiber pulping progress report 10, TAPPI press, Atlanta, 132 p
- 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.
- Joonobi, M., Salehpour, S., Araznia, Z., & Hamzeh, Y., 2016. Investigation on the effect of storage time on color and chemical compositions of Bagasse particleboard. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*, 31(1): 55-66.
- Johns, W.E., Niazi, K.A., 1980. Effect of pH and buffering capacity of wood on the gelation time of urea-formaldehyde resin. *Wood and Fiber Science*, 12(4): 255-263.
- Kubel, H., Simatupang, M. H., 1994. Determination of the change in surface PH of dried and fungus-attacked veneer of Norway spruce and poplar with a surface electrode and a calorimetric method. *Holz-als-Roh-Und- Werkstoff*, 54(4): 272-278.
- Keher, E., Schilling, W., (1965). Studies on the suitability of various species and categories of wood for particleboard manufacture. *Holz Technol. Dresden*, 6(40): 225-232.
- Lois-Correa, J., Flores-Vela, A., Ortega-Grimaldo, D., & Berman-Delgado, J., (2010). Experimental

## The effect of bagasse moisture content and storage time on particleboard physical and mechanical properties

M.R. Habibi<sup>1\*</sup>, A. Jahan Latibari<sup>2</sup> and S. Mahdavi<sup>3</sup>

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- Prof., Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, karaj, Iran

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

Received: May, 2017

Accepted: Oct., 2017

### Abstract

This study was carried out to investigate the effect of bagasse storage time and moisture content on the physical and mechanical properties of particleboard. For this purpose, wet debarked bagasse was used and samples were stored in bales. Four storage times (1.5, 3, 4.5 and 6 months) and two moisture content (45% and 55%) were investigated and after predetermine times, particleboards were made. Bagasse chemical properties (pH, acid and alkaline buffering capacity) were also determined. The mechanical and physical properties of the boards were measured and statistically analyzed using factorial experiment and complete randomized design. Then, Duncan multiple range test was used for grouping of the averages. The results revealed that at lower bagasse moisture content, the sample pH and acid buffering capacity were decreased and increased, respectively. Boards bending properties and thickness swelling after 24 hours immersion in water were improved. At longer storage time, the bagasse tends to be alkaline, and the minimum of board internal bond strength was obtained after 1.5 month storage time. The physical properties of boards were improved with increasing of storage time.

**Keywords:** Lignocellulosic material, particleboard, storage time, bending properties, moisture.