

ویژگی‌های مکانیکی تخته فیبر نیمه سنگین (MDF) استیله شده

امیر هومن حمصی^۱، مجتبی سلطانی^۲، حبیب الله خادمی اسلام^۳، بهبود محبی^۴

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تیمار استیلاسیون بر روی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته فیبر با وزن مخصوص متوسط صورت گرفت. الیاف صنعتی گونه صنوبر (*Populus nigra L.*) در یک راکتور ویژه اصلاح چوب، تحت دمای ۱۲۰°C با انیدرید استیک، بدون حضور کاتالیست و در طی مدت زمان مختلف با ۴ سطح تیمار (WPG) ۰٪، ۵٪، ۹٪ و ۱۶٪ اصلاح گردید. تخته فیبر با وزن مخصوص متوسط (۷/۱ گرم بر سانتی متر مکعب) و با ضخامت ۱۰ میلی متر، در شرایط فرآیندی، فشار ۳۰ بار، حرارت ۱۸۰ درجه سانتی گراد و زمان پرس ۵ دقیقه، ساخته شد. از تخته‌های ساخته شده نمونه‌های آزمون‌های تهیه گردید و آزمون‌های مقاومت چسبندگی داخلی (IB)، مدول الاستیسیته (MOE) و مدول گسیختگی (MOR) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که تیمار استیلاسیون بر خواص مکانیکی تخته‌های مورد آزمون تأثیر منفی داشته و با افزایش تیمار از میزان مقاومت‌ها کاسته شد.

واژه های کلیدی: استیلاسیون، تخته فیبر با وزن مخصوص متوسط، MOR، MOE، IB

^۱-دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات
^۲-نویسنده مخاطب دانش آموخته گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات. mo_sltly@yahoo.com

^۳-استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

^۴- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس نور. mohebyb@modares.ac.ir

مقدمه

در سال‌های اخیر، بازار مصرف اوراق فشرده چوبی گسترش قابل ملاحظه‌ای یافته است. از دلایل عمده آن مزایای ویژه پانل‌های چوبی، از قبیل نداشتن عیوب متمرکز، یکنواختی خواص کاربردی در سطح پانل، امکان تولید در ابعاد بزرگ‌تر، سطوح صاف با کیفیت مطلوب و سهولت کاربرد می‌باشند. چوب یکی از معدود مواد طبیعی است که انسان از دیر باز بدون اصلاح خواص آن را به‌کار می‌برد اما در سال‌های اخیر جهت استفاده از آنها در مصارف ویژه، چندین روش اصلاحی گسترش یافته است. اصلاح چوب و مواد لیگنوسولزی به‌عنوان دانشی نو در جهان به‌صورت چندجانبه در تلاش است تا چندین مشکل فنی را با انجام یک فرآیند حل نماید، به‌صورتی که با انجام عملیاتی بتوان با تغییر ساختار شیمیایی و فیزیکی به سطح بالاتری از کاربرد رسید. اصلاح شیمیایی چوب، واکنش شیمیایی بین برخی از بخش‌های فعال اجزای تشکیل دهنده چوب (سلولز، همی سلولز و لیگنین)، با یک ماده شیمیایی ساده است که در نهایت منجر به ایجاد پیوند بین چوب و ماده شیمیایی می‌گردد، (لارسون¹، 1998). یکی از روش‌های پرطرفدار در اصلاح چوب، اصلاح شیمیایی است که استیله کردن² یکی از موفق‌ترین روش‌ها در این بین است (محبی 2003). استیله کردن چوب که در طی یک واکنش شیمیایی روی می‌دهد؛ از نوع واکنش‌های استری کردن می‌باشد و گروه‌های عاملی هیدروکسیل (که عامل اصلی جذب آب و تغییر ابعاد چوب می‌باشد) با گروه استیل یک ماده واجد استیل (مانند انیدرید استیک) جایگزین می‌گردد. در نتیجه حذف گروه‌های هیدروکسیلی، رفتارها و ویژگی‌های چوب و فرآورده‌های لیگنوسولزی را تغییر می‌یابد که در نتیجه آن، بهبود دوام طبیعی، تثبیت ابعاد در شرایط مختلف رطوبتی، و... حاصل می‌گردد.

این فن‌آوری نسبتاً نوین در اصلاح چوب، کاغذ و سایر مواد مرکب چوبی مانند تخته‌خرده‌چوب، تخته‌لایه، تخته فیبر و غیره مورد توجه قرار گرفته است (محبی، 2003؛ محبی و میلیتز³، 2002؛ محبی و همکاران، 2003؛ دهاموداران⁴، 2005 و حاجی حسنی، 1384؛ میلیتز و همکاران، 1996؛ قربانی کوکنده و همکاران، 1386؛ محبی، 2008).

برخی از گزارشات حاکی از تاثیر مثبت فرآیند استیلاسیون بر خواص مکانیکی بوده (دری‌هیر⁵، 1964، یانگ کویت⁶ و همکاران، 1996 و یانگ کویت، 2003) و برخی دیگر حاکی از تاثیر منفی این فرآیند بر این خواص می‌باشد (پوپودوپالوس⁷ و همکاران، 2002، چاو⁸ و همکاران، 2003 و راول⁹ و همکاران، 1995). بسیاری از محققین نیز به‌عدم چسبندگی بین ذرات چوب و چسب مورد استفاده اشاره کرده‌اند (ویک¹⁰ و راول، 1990). هدف این تحقیق، بررسی تاثیر فرآیند استیلاسیون بر خواص مکانیکی یک فرآورده مرکب (MDF) می‌باشد.

¹ Larsson
² Acetylation
³ Mohebbi & Militz
⁴ Dhamodaran
⁵ Dreher
⁶ Youngquist et al
⁷ Popodopoulos et al
⁸ Chow et al
⁹ Rowellet al
¹⁰ Vick

مواد و روش ها

الیاف مورد نیاز جهت اجرای پروژه از گونه صنوبر (*Populus nigra L.*) بوده و از شرکت تولیدی تخته فیبر خزر تهیه گردید. در این بررسی شدت استیلایسیون به عنوان عامل متغیر در نظر گرفته شده و در 4 سطح افزایش وزنی (WPG)¹ 0، 5، 9 و 16 درصد مورد بررسی قرار گرفت. سایر عوامل به شرح ذیل ثابت در نظر گرفته شده است:

گونه چوبی: صنوبر (*Populus nigra L.*)؛ نوع و مقدار چسب: چسب اوره فرم آلدهید (UF) به میزان 10% بر اساس وزن خشک؛ رطوبت کیک: 12 درصد؛ فشار پرس: 30 کیلوگرم بر سانتی متر مربع؛ زمان پرس: 5 دقیقه؛ سرعت بسته شدن پرس: 6 میلی متر بر ثانیه؛ دمای پرس: 180 درجه سانتی گراد؛ ضخامت اسمی: 10 میلی متر؛ دانسیته مبنای تخته فیبر 0/7 گرم بر سانتی متر مکعب.

استیلایسیون

جهت استیلایسیون نمونه‌ها، از انیدرید استیک 95% استفاده شد. بدین منظور، الیاف پس از خشک شدن (در حرارت 105 درجه و به مدت 24 ساعت) در راکتور مخصوص اصلاح چوب حاوی انیدرید استیک پیش گرم شده (دمای 85 درجه سانتی گراد) قرار گرفت. سپس دمای محلول به 120 درجه سانتی گراد افزایش یافت تا در زمان‌های مختلف، سطوح مختلف تیمار به دست آید. پس از تیمار نمونه‌ها با آب نسبتاً گرم شسته شدند تا مواد اضافی و بوی تند اسیداستیک از بین برود. سپس نمونه‌های شسته شده در دمای 100 درجه سانتی گراد در گرم‌خانه خشک شدند تا درصد افزایش وزنی آن‌ها طبق رابطه 1 محاسبه گردد.

$$\text{رابطه 1} \quad \text{WPG} = (W_2 - W_1) / W_1 \times 100$$

WPG = افزایش وزن (%)

W_1 = وزن خشک نمونه تیمار نشده (g)

W_2 = وزن خشک نمونه تیمار شده (g)

در جدول 1 شرایط واکنش استیلایسیون جهت رسیدن به سه سطح تیمار 5، 9 و 16 درصد نشان داده شده است.

جدول 1- شرایط واکنش استیلایسیون

شدت تیمار استیلایسیون WPG %	دما (درجه سانتی گراد)	زمان تیمار (ساعت)
5	120	1
9	120	3
16	120	6

¹ Weight Percent Gain

ساخت تخته‌های آزمونی

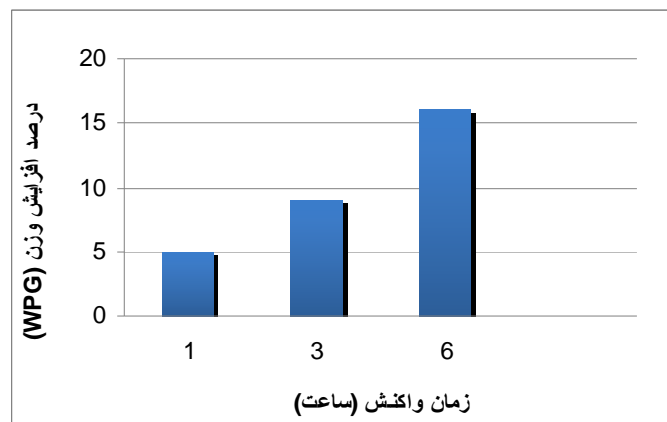
از الیاف مذکور در هر سطح تیمار تعداد 4 تخته آزمونی به ابعاد 35×35 سانتی‌متر مربع تهیه گردید. قابل ذکر است، پس از اعمال پرس داغ، تخته‌ها تحت فشار یک پرس سرد، خنک گردیدند.

تهیه نمونه‌های آزمونی

جهت متعادل نمودن نمونه‌های آزمونی، تخته‌ها در شرایط رطوبت 65 ± 5 درصد و دمای 20 ± 2 درجه سانتی‌گراد به مدت 14 روز نگهداری شدند. سپس مطابق استاندارد DIN-68754 نمونه‌های تعیین مدول گسیختگی¹، مدول الاستیسیته² و مقاومت چسبندگی داخلی تهیه گردیدند و آزمون‌های مورد نظر به وسیله یک دستگاه آزمون مکانیکی استاندارد با سرعت بارگذاری $1/2 \text{ mm/min}$ انجام پذیرفت.

نتایج

استیلاسیون - افزایش وزن ناشی از استیله شدن در چوب و الیاف مواد لیگنوسولوزی امری اثبات شده است و در بسیاری از گزارش‌ها از شاخص مزبور استفاده شده است. در شکل 1 اثر زمان واکنش بر درصد افزایش وزن (WPG) نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد با افزایش زمان تیمار، شدت واکنش استیلاسیون افزایش می‌یابد.

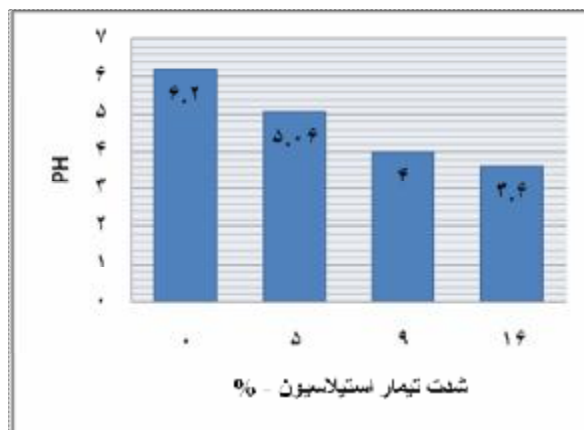


شکل 1- تاثیر زمان واکنش بر شدت افزایش وزن

جهت بررسی دقیق‌تر و اطمینان از واکنش، آزمون طیف سنجی زیر قرمز (FTIR) انجام پذیرفت که در شکل 2 مشاهده می‌گردد.

¹ Modulus of Rupture

² Modulus of Elasticity



شکل 4 تاثیر شدت تیمار استیلاسیون بر اسیدیته الیاف

مقاومت چسبندگی داخلی تخته (IB)

آزمایش مقاومت در مقابل کشش عمود بر سطح تخته یا چسبندگی داخلی تخته¹ (IB) به عنوان شاخصی از اتصال بین الیاف می باشد. از مشاهدات این آزمایش علاوه بر تعیین کیفیت اتصال داخلی چسب، برای مقایسه تخته ها تحت بار کشش عمود بر سطح نیز استفاده می گردد. در زمان مصرف تخته ها، در اتصال قطعات دیگر بر سطح تخته فیبر، ضروری است که در این حالت کشش عمود بر سطح یا ترکیبی از تنش ها به وجود آید. بنابراین به منظور شناخت عملکرد چسب در به وجود آوردن اتصال بین الیاف و چسب و مشخص کردن کیفیت و قدرت اتصال بین چسب و الیاف، به ویژه در لایه های میانی تخته، اندازه گیری و تجزیه و تحلیل چسبندگی داخلی اجتناب ناپذیر است.

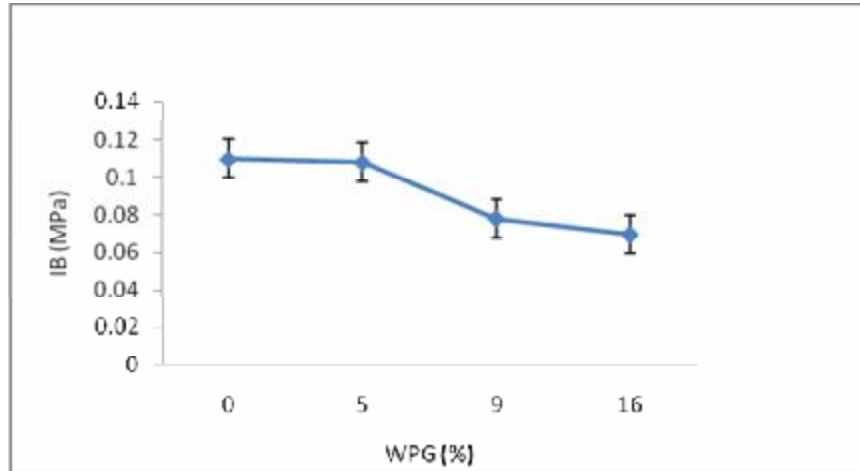
تجزیه و تحلیل داده های حاصل از اندازه گیری چسبندگی داخلی مبین تاثیر استیلاسیون بر این ویژگی می باشد، به نحوی که بر اثر تیمار استیلاسیون بین چسبندگی داخلی تخته های تیمار نشده و استیله شده، اختلاف معنی داری در سطح اعتماد آماری 95% مشاهده می گردد (جدول 2).

جدول 2- تجزیه واریانس تاثیر تیمار استیلاسیون بر چسبندگی داخلی (IB)

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	عدد P
استیلاسیون	3	/018	/006	3/067	/035
اشتباه	56	/111	/002		
کل	59	/130			

¹ Internal Bonding

در شکل 5 کاهشى بودن روند تغییرات مقاومت چسبندگی داخلی با افزایش شدت استیلاسیون مشاهده می‌گردد. گزارش‌های متعددی مبین کاهش مقاومت چسبندگی داخلی، با افزایش شدت استیلاسیون می‌باشد.



شکل 5 - تاثیر استیلاسیون بر چسبندگی داخلی

مدول گسیختگی (MOR)¹:

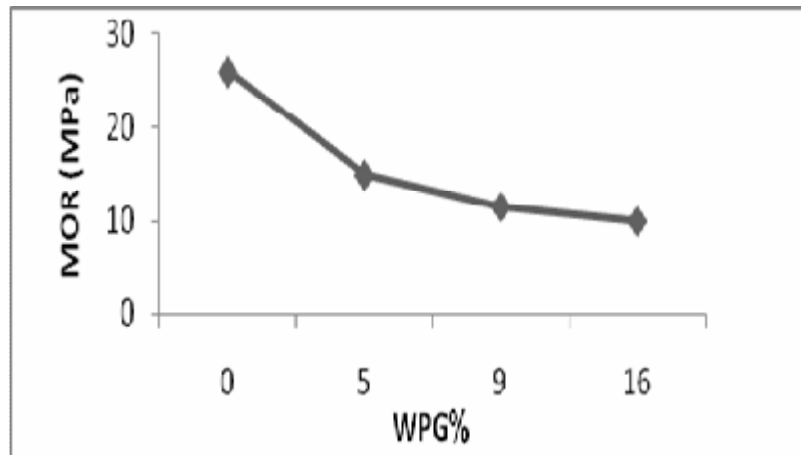
از بررسی جدول آنالیز واریانس مربوط به مدول گسیختگی، مشخص گردید که تاثیر فرآیند استیلاسیون بر این فاکتور، در سطح اعتماد 99% معنی‌دار بوده است (جدول 3).

جدول 3- تجزیه واریانس تاثیر تیمار استیلاسیون بر مدول گسیختگی

منابع تغییرات	درجه آزادی	مجموع مربعات	میانگین مربعات	مقدار F	عدد P
استیلاسیون	3	2381/725	793/908	34/651	/000
اشتباه	56	1283/056	22/912		
کل	59	3664/781			

در (شکل 6) روند تغییرات مدول گسیختگی، با افزایش شدت استیلاسیون مشاهده می‌گردد. روند این تغییرات به شدت نزولی بوده، با افزایش شدت تیمار استیلاسیون، مدول گسیختگی کاهش می‌یابد. تحلیل این داده‌ها نشان می‌دهد، با افزایش شدت تیمار مدول گسیختگی کاهش می‌یابد. این در حالی است که اختلاف میانگین‌ها در سطوح تیمار 9% و 16% معنی‌دار نمی‌باشد، اما افت قابل توجه و معنی‌داری بین سطوح تیمار شاهد (صفر درصد) و تیمار ضعیف (5 درصد) با تیمارهای شدید (9 و 16 درصد) مشاهده می‌گردد.

¹ Modulus of Rupture



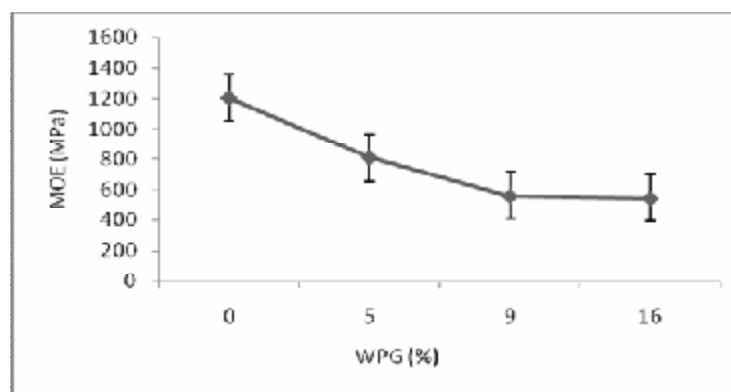
شکل 6- تاثیر استیلایسیون بر مدول گسیختگی

در جدول 4 تجزیه واریانس تاثیر تیمار استیلایسیون بر مدول الاستیسیته نشان داده شده است. نتایج نشان داد، اختلاف میانگین‌ها در سطح اعتماد 99% معنی دار بوده است.

جدول 4- تجزیه واریانس تاثیر تیمار استیلایسیون بر مدول الاستیسیته

عدد P	مقدار F	میانگین مربعات	مجموع مربعات	درجه آزادی	منابع تغییرات
/000	23/109	1438937/906	4316813/719	3	استیلایسیون
		62267/625	3486987/016	56	اشتباه
			7803800/735	59	کل

در شکل 7 روند تغییرات مدول الاستیسیته، با افزایش شدت تیمار نشان داده شده است. این شکل نشان می‌دهد، فرآیند استیلایسیون بر مدول الاستیسیته تاثیر معنی داری داشته، باعث کاهش آن می‌شود.



نمودار 7- تاثیر استیلایسیون بر مدول الاستیسیته

بحث

با توجه به نتایج به دست آمده، تخته ساخته شده از الیاف استیله شده دارای مقاومت پایین تری نسبت به نمونه شاهد می باشد. در این راستا می توان تحلیل ذیل را محتمل دانست :

یکی از مهم ترین علت های کاهش مقاومت را می توان کاهش گروه های هیدروکسیلی (OH) در اثر عمل جایگزینی گروه استیل با آنها دانست که در طی فرآیند استیلاسیون اتفاق می افتد (در نمودار FTIR در شکل 2 به خوبی می توان شاهد این جایگزینی بود). این نکته زمانی اهمیت بیشتری پیدا می کند که بدانیم کاهش گروه های هیدروکسیل می تواند از میزان چسبندگی رزین اوره فرم آلدهید بکاهد (رودکاین¹، 1950). کاهش ظرفیت چسبندگی بین الیاف می تواند در کاهش مقاومت ها نقش اساسی داشته باشد.

نکته دیگر که توجه به آن ضروری به نظر می رسد، حساسیت رزین اوره فرم آلدهید به میزان اسیدیته الیاف می باشد. همان طور که در شکل 3 از مکانیسم واکنش استیلاسیون پیداست، ماده اسید استیک به عنوان محصول جانبی واکنش، تولید می گردد که باعث کاهش pH و در نتیجه افزایش اسیدیته می شود. روند افزایشی این فرآیند را با افزایش استیلاسیون در نمودار شکل 4 مشاهده می کنیم. این روند نیز باعث سخت شدن² زود هنگام بخشی از چسب گردیده از ظرفیت چسبندگی می کاهد. در مشاهدات ویک و راول (1990) نیز این موارد گزارش گردیده است.

قابل ذکر است کاهش گروه های هیدروکسیل (که خاصیت قطبی دارند) در طی فرآیند استیلاسیون، و جایگزینی آنها با گروه های استیل (که ماهیت غیر قطبی دارند)، باعث کاهش خاصیت ترشوندگی الیاف تیمار شده و در نتیجه عاملی در راستای عدم نفوذ رزین به داخل الیاف و آغشتگی سطحی الیاف باشد. این نتایج با بررسی های (چاو و همکاران، 2003) و (یوستا و سیرین³، 2002) و (راول و همکاران، 1995) و (پوپودوپالوس و همکاران، 2002) مطابقت دارد.

نتیجه گیری

این تحقیق نشان داد که فرآیند استیلاسیون باعث کاهش خواص مکانیکی تخته فیبر با وزن مخصوص متوسط گردیده است. این کاهش ناشی از تغییر در ماهیت الیاف و تغییر رفتار بین چسب و الیاف تیمار شده می باشد. بنابراین توصیه می گردد، در ساخت فرآورده های مرکب با الیاف استیله شده، از چسب های غیر قطبی و پروسه های متفاوت در ساخت تخته (طراحی شده با توجه به ماهیت الیاف) استفاده شود.

¹ Rudkin

² Curing

³ Usta & Serin

منابع :

1. محبی، ب، 1383، استیلاسیون چوب و مواد لیگنوسلولوزی، دومین همایش علمی دانشگاه و صنعت چوب خراسان 22-25 اردیبهشت
2. Chow, P. , Z. Boo, J. A. Youngquist, R. M. Rowell, J. H. Muehl & A. M. Krzysisk, 1996. Properties of hardboards made from acetylated Aspen and southern pine, Wood and Fiber Science, 20 (2), pp: 252-258.
3. Dhamodaran ,T.K.,2005: Chemical modification of rubber wood by acetylation and its effect on dimensional stability and physical and mechanical properties; tropical wood properties and processes; p5.01
4. Dreher, W. A. , I. S. Goldstein & G. R. Cramer, 1964. Mechanical properties of acetylated wood. Forest products Journal: 66-68.
5. Larsson, P.B. , 1998. Acetylation of solid wood: Ph. D. thesis; Chalmers University of Technology, Göteborg; Sweden: p. 67
6. Militz, H., Beckers E.P.J., 1994. Process for acetylation solid wood. European patent Application 85850268. 5.
7. Mohebbi, B. & H. Militz, 2002. Soft rot decay in acetylated wood: Microcalorimetry: Chemical and anatomical changes in decayed wood: Int. Research group on wood preservation, Document No. IRG/WP 02-40231.
8. Mohebbi, B. 2003. Biological attack of acetylated wood. Ph. D. thesis. Göttingen university, Göttingen, P. 147.
9. Mohebbi, B. 2008. Application of ATR infrared Spectroscopy in Wood Acetylation ,Journal of Agricultural Science and Technology; Vol 10 : 253-259
10. Papadopoulos A.N, E. Traboulay ; 2002: Dimensional stability of OSB made from acetylated fir strands ;Holzforschung ; 60 : 84-87
11. Rowell, R. M, 1995. Chemical modification of agro-resources for property enhancement. In: paper and composites from agro-based resources.
12. Rudkin, A.W., 1950. The role of hydroxyl group in the gluing of wood Austral J Appl sci 1. pp:270-283.
13. Usta, M. & Z. Serin, 2002. The effects of acetylation on some properties of medium density fiberboards. The fourth European panel products symposium, North wales conference, Liandudno UK. The Biocomposites centre.
14. Vick, C. B. & R. M. Rowell, 1990. Adhesion bonding of acetylated wood. USDA Forest service, Forest Products Laboratory, USA, Vol. 10 No. 4.
15. Youngquist J.A., A. Krzysik & R.M. Morrell; 1986: Dimensional stability of acetylated aspen flakeboard; Wood & Fibre Science; 18(1): 90-98.
16. Youngquist J.A , I.B.Sachs , R.M.Rowell ; 2003 : Adhesive bonding of acetylated aspen flakes, Part 2.Effects of emulsifiers on phenolic resin bonding ; International journal of Adhesion and adhesives ;vol 8:197-200