

تأثیر تیمار شیمیائی و درصد فشردگی بر خواص مکانیکی چوب فشرده پالونیا

چکیده

از زمان پیدایش انسان تاکنون، چوب به عنوان یک ماده آلی و اولیه مهم مطرح بوده است، بنابراین حفظ، تجدید و استفاده بهینه از آن، مسئله مورد توجهی می‌باشد. از طرفی، با توجه به موقعیت جنگل در ایران، استفاده از گونه سریع‌الرشد پالونیا، مسیری نوین در صنایع چوب فراهم می‌آورد. اما از سوی دیگر این گونه با داشتن دانسیته کم، از مقاومت‌های پایینی برخوردار است. یکی از راهکارهای پیشنهادی برای افزایش دانسیته این چوب اشباع آن با رزین و فشرده کردن آن است. در این پژوهش تلاش بر این بوده است تا ابتدا با استفاده از پیش‌تیمار، نفوذپذیری و اشباع پالونیا با استفاده از رزین اوره فرمالدئید افزایش یابد سپس فشرده‌سازی انجام گیرد. برای این کار ۲ متغیر نوع پیش‌تیمار و درصد فشردگی که هر کدام دارای دو سطح بودند، تعیین شد. پیش‌تیمار با سدیم کلرید و سدیم هیدروکسید و فشردگی ۴۰ و ۵۰ درصد انجام گرفت. در مجموع تعداد ۷۲ نمونه آماده شد و پس از تولید چوب فشرده، درصد جذب و خواص مکانیکی شامل مقاومت به فشار موازی الیاف، مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته خمشی و مقاومت به ضربه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که خواص مکانیکی بهبود یافته و نمونه‌های پیش‌تیمار شده با سدیم کلرید در هر دو سطح فشردگی ۴۰ و ۵۰ درصد دارای بیشترین مقدار این خواص بودند.

واژگان کلیدی: تیمار شیمیائی، چوب فشرده، ویژگی‌های مکانیکی، رزین اوره فرمالدئید، پالونیا.

محبوبه مهماندوست کتلا^{۱*}
ابوالقاسم خزاعیان^۲

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، ^۲ دانشیار، گروه تکنولوژی و مهندسی چوب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

مسئول مکاتبات:
m.mehmandoost@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۱/۲۵

مقدمه

امروزه به‌وضوح می‌توان حضور چوب را در اطراف خود و اهمیت اقتصادی آن را در زندگی بشری مشاهده نمود. آگاهی از خصوصیات کاربردی و خواص مهندسی چوب برای سهولت در کاربرد مفید و مؤثرتر چوب، کمک شایانی به مهندسان، طراحان و سایر اقشار ذی ربط خواهد کرد. بنابراین، آن‌ها می‌توانند به مشاهدات میدانی خود در

ارتباط با چوب و فراورده‌های حاصل از آن بیافزایند. این مسئله خود پشتوانه مصرف بهتر و پیشرفته‌تر در ساخت سازه‌ها، مصنوعات و محصولات زیبای چوبی و صنایع مرتبط خواهد شد [۱].

بر اساس جمعیت ۷۰ میلیون نفری و با فرض مصرف سرانه ۰/۲ مترمکعب (معادل نصف سرانه دنیا) حدود ۱۰ میلیون مترمکعب کمبود سالانه چوب در کشور وجود دارد

اثر حافظه شکلی^۱ مشهور است و میزان بازگشت آن نیز بازبایی شکل^۲ نامیده می‌شود. برای رفع بازبایی شکل و بازگشت فنری نمونه‌ها می‌توان از روش‌های گوناگونی مانند تیمار حرارتی، تیمار شیمیایی، تیمار گرمایی- مکانیکی استفاده نمود [۳].

تحقیقات گسترده‌ای در زمینه چوب فشرده صورت گرفته است که علاوه بر فشرده‌سازی شامل تیمار حرارتی و تیمارهای شیمیایی چوب نیز بودند. چوب فشرده اولین بار اوایل ۱۹۳۰ در آلمان و با نام تجاری لیگنوستون^۳ تولید شد. این فرآورده در پرس گرم تولید می‌شد و سپس با استفاده از تیمار حرارتی تثبیت می‌گردید. پس از آن چوب فشرده لایه‌ای با نام تجاری لیگنوفول^۴ در آلمان تولید گردید [۵].

فشرده‌سازی چوب پالونیا با استفاده از پرس گرم را Edalat و همکاران (۲۰۰۸) مورد مطالعه قرار دادند. عوامل متغیر در این آزمایش درصد فشردگی و درجه حرارت بود. نتایج نشان داد که با بالا رفتن درصد فشردگی میزان برگشت ضخامت و واکشیدگی ضخامت بیشتر شده، همچنین مقاومت‌های مکانیکی نیز افزایش یافت و تأثیر دما در اغلب موارد معنی‌دار نشد [۴]. در مورد فاکتورهای تأثیرگذار در برگشت‌پذیری چوب پالونیای فشرده‌شده Yuhe و Muehl (۱۹۹۹) پژوهشی انجام دادند. آن‌ها فاکتورهای تأثیرگذار را رطوبت و دمای پرس معرفی کردند و بیان داشتند که با افزایش رطوبت چوب پالونیا تا حدود ۱۴ درصد و افزایش دمای پرس تا ۱۵۰ درجه درصد فشرده‌سازی افزایش می‌یابد، ولی بیشتر از این مقادیر تأثیری در درصد فشرده‌سازی ندارد [۶].

Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) اثرات جهت فشردگی، درصد فشرده‌سازی و تیمار بخار را بر خواص مکانیکی چوب پالونیا مورد بررسی قرار داد. جهت فشردگی در دو سطح شعاعی و مماسی، درصد فشرده‌سازی در سه سطح ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد و تیمار بخارزنی در چهار سطح ۲۵، ۱۳۰، ۱۵۰ و ۱۷۹ درجه سانتی‌گراد طبقه‌بندی و اعمال شد. وی نتیجه گرفت که به‌طور کلی جهت فشردگی

[۲]. در نتیجه با افزایش روزافزون جمعیت و سهم سرانه مصرف چوب و لزوم کاهش برداشت چوب از جنگل‌های طبیعی، نیاز به تأمین چوب از طریق زراعت گونه‌های سریع‌الرشد را اجتناب‌ناپذیر نموده است. اما چوب این درختان به دلیل سریع‌الرشد بودن، دانسیته و در نتیجه مقاومت‌های مکانیکی پائینی دارند که کاربرد آن‌ها را محدود می‌کند. لذا باید اقدامی صورت گیرد تا چوب این درختان برای کاربرد در موارد مورد نظر قابل قبول بوده و از نظر اقتصادی نیز به‌صرفه باشد. فشرده‌سازی چوب از گزینه‌های مناسبی است که دانشمندان از مدت‌ها پیش روی آن مطالعه و تحقیق می‌نمایند. دانسیته مهم‌ترین ویژگی چوب است و افزایش آن سبب افزایش مقاومت‌های مکانیکی می‌گردد [۳].

فشرده‌سازی چوب فرایندی است که در آن بخش اعظم فضاهای خالی یا حفره‌های هوا توسط خود ماده چوبی جایگزین می‌گردد. این عمل را می‌بایست در شرایطی انجام داد که به ساختار سلولی چوب صدمه مکانیکی وارد نشود. به عبارتی، چوب در اثر اعمال بار بیش‌ازحد، دچار شکست می‌گردد، ولی با اعمال شرایطی که در آن از مواد نرم‌کننده چوب یا مواد پلاستیکی‌کننده چوب استفاده می‌شود، می‌توان مقدار زیادی تغییر شکل را با اعمال فشار ثابت به دست آورد. می‌توان قبل از فشرده‌سازی، چوب را با رزین اشباع کرد تا حالت واکشیدگی و همچنین انعطاف و الاستیسیته بیشتر در دیواره سلول ایجاد شود چراکه این موضوع علاوه بر جلوگیری از آسیب به ساختار سلول تحت پرس، باعث افزایش معنادار دانسیته نیز می‌شود. افزایش دانسیته با فشردگی چوب به دست می‌آید ولی اگر پلیمر شدن رزین (که چوب با آن اشباع شده) به‌واسطه دمای پرس، در هنگام اعمال فشار، انجام گیرد، در نهایت دانسیته به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد. چراکه در این صورت علاوه بر ماده چوبی سلول‌ها با رزین نیز پر شده‌اند [۴].

اما چوب به دلیل رفتار الاستیکی که دارد پس از فشردگی شدن، تمایل به بازگشت به شکل اولیه خود دارد یعنی وقتی که فشار برداشته می‌شود و در معرض رطوبت قرار می‌گیرد شکل قبلی خود را باز می‌یابد. این پدیده به

1-Shape memory

2-Set recovery

3-lignostone

4 -lignofol

رزین اوره فرمالدئید مورد استفاده در این پژوهش، با ویژگی‌های مورد نظر برای اشباع چوب (Impregnation) تولید شده بود؛ به این صورت که با کوچک‌تر کردن مولکول‌های آن نفوذ رزین به داخل سلول‌های چوبی تسهیل گردد. این امر باعث رقیق شدن محلول چسب و پایین آمدن غلظت آن شده بود که در عین حال ویژگی‌های دیگر چسب از جمله درصد ماده جامد آن تغییر نکرده و مشابه اوره فرمالدئید معمولی بود. همچنین قابلیت حل شدن در آب، بدون ته‌نشین شدن را دارا بود.

جهت انجام این تحقیق از گونه پالونیا کاشته شده در جنگل آموزشی و پژوهشی دکتر بهرام‌نیا، واقع در جنگل شصت کلاته گرگان استفاده شد. پایه‌های قطع شده به کارگاه صنایع چوب منتقل گردید. در مجموع ۷۲ نمونه سالم از برون چوب پایه‌های قطع شده برای آزمایش انتخاب شدند.

ابعاد نمونه‌ها در آزمون‌های مکانیکی با توجه به استاندارد هر آزمون محاسبه شد. در آزمون‌های مکانیکی ضخامت نهایی نمونه‌های فشار موازی الیاف، خمش و ضربه ۲۰ میلی‌متر است. بنابراین برای محاسبه ضخامت اولیه (قبل از فشردگی) از معادله زیر استفاده شد تا پس از فرآیند فشردگی، ضخامت ۲۰ میلی‌متر مطابق استانداردهای ذکر شده در آزمون به دست آید.

$$T_I = \frac{T_F}{\left(1 - \frac{C}{100}\right)} \quad (1)$$

که در آن:

T_I = ضخامت اولیه، T_F = ضخامت نهایی، و C = فشردگی است.

پس از خشک کردن نمونه‌ها و توزین آن‌ها، محلول‌های پیش تیمار آماده شدند و با توجه به زمان و دمای تعیین شده، پیش تیمار انجام گرفت. پس از آن نمونه‌ها در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۶ ساعت قرار داده شدند تا برای تیمار اصلی یعنی اشباع با رزین آماده شوند. قابل ذکر است که نمونه‌ها پس از خروج از آون توزین شدند و میزان رطوبت به دلیل خروج آب اضافی برای تمام نمونه‌ها مقدار صفر تا یک درصد بود.

برای اشباع از سیلندر اشباع موجود در آزمایشگاه صنایع چوب استفاده شد. نمونه‌ها قبل از اشباع توزین

و درصد فشردگی در مقایسه با دمای بخارزنی بیشترین تأثیر را بر تغییرات ساختاری و ریزساختاری، میزان تخریب و مقاومت‌های مکانیکی چوب پالونیا فشرده داشتند [۷].

Khazaeian و Sekalu (۲۰۱۲) اصلاح شیمیایی چوب پالونیا و فشردگی آن را با هدف بهبود خواص فیزیکی، پسماند فشردگی و شناخت تیمارهای شیمیایی مناسب و موثر در فشردگی برای ثبات ابعادی بهتر، در دو محیط آب‌وهوا انجام داد و برخی ویژگی‌های مکانیکی و تأثیر فاکتورهای نوع رزین، جهت و درصد فشردگی و دما و زمان پرس را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان دادند که تیمار شیمیایی سبب افزایش پسماند فشردگی در پالونیا - شده و مقاومت‌های مکانیکی به جز مقاومت به ضربه را بهبود بخشید [۳].

مواد و روش‌ها

تأثیر دو فاکتور نوع پیش تیمار و درصد فشردگی مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به مطالعات و نتایج تحقیقات انجام شده، ۲ پیش‌نیاز برای انجام این بخش انتخاب شد: پیش تیمار با سدیم کلرید با غلظت ۱ درصد و سدیم هیدروکسید با غلظت ۲ درصد و شرایط پیش تیمار ثابت و در دمای ۲۰ درجه و زمان ۴ ساعت انجام شد. ۲ سطح فشردگی ۴۰ درصد و ۵۰ درصد نیز در جهت شعاعی در نظر گرفته شد (جدول ۱). قابل ذکر است که برای هر تیمار ۴ تکرار در نظر گرفته شد تا در نهایت علاوه بر درصد جذب رزین، مقاومت‌های مکانیکی شامل مدول گسیختگی، مدول الاستیسیته، مقاومت فشار موازی الیاف و مقاومت به ضربه اندازه‌گیری شود. نمونه‌های شاهد نیز تهیه شدند، تفاوت نمونه‌های شاهد با سایر نمونه‌ها در این است که آن‌ها قبل از اشباع با رزین، پیش تیمار نشده‌اند.

جدول ۱- تیمارهای آزمایش (نوع پیش تیمار و درصد فشردگی)

تیمارها	پیش تیمار	فشردگی (%)
۱	سدیم کلرید	۴۰
۲	سدیم کلرید	۵۰
۳	سدیم هیدروکسید	۴۰
۴	سدیم هیدروکسید	۵۰

این بخش به ضخامت نهایی رسیدند. فشار در این قسمت ۳۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بود.

۴- مرحله فشار ثابت بدون تغییر در حجم نمونه به منظور تثبیت فشردگی: با باز کردن شیر تخلیه بدون باز شدن صفحات پرس، به مدت ۳ دقیقه فشار کاهش یافته و به صفر می‌رسد.

۵- مرحله باز شدن صفحات پرس

پس از عملیات فشردسازی نمونه‌ها به مدت ۲ ساعت در دسیکاتور قرار داده شدند تا دمای آن‌ها به تدریج کاهش یابد و عمل گیرایی به‌طور مطلوبی صورت پذیرد و عیوبی در چوب ایجاد نشود. در این تحقیق علاوه بر میزان جذب رزین، خواص مکانیکی از قبیل مدول الاستیسیته، مدول گسیختگی و مقاومت به فشار موازی الیاف با دستگاه آزمون مکانیکی و مقاومت به ضربه با دستگاه آزمون ضربه (آونگ چکشی) واقع در آزمایشگاه مکانیک مورد ارزیابی قرار گرفتند.

برای تعیین مقاومت خمشی از استاندارد ISO 3133-1975 پیروی شد. ابعاد نمونه استاندارد در این آزمون ۳۰۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر و طول دهانه ۲۲۰ میلی‌متر است و بار در وسط دهانه اعمال می‌شود. قبل از بارگذاری ابعاد نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. همچنین بر طبق استاندارد ISO 3787-1976 نمونه‌هایی به ابعاد ۶۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر جهت تعیین مقاومت فشار موازی الیاف آزمایش شدند. و برای تعیین مقاومت به ضربه از استاندارد DIN 52189 استفاده شد، نمونه‌هایی به ابعاد ۳۰۰×۲۰×۲۰ میلی‌متر آماده شدند و به‌طور عمودی و در نتیجه اعمال ضربه به‌وسیله یک آونگ چکشی مورد آزمون قرار گرفتند.

برای این پژوهش از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سطح آماری ۵ درصد استفاده شد و تجزیه واریانس داده‌ها در قالب طرح‌های چندعاملی به‌صورت اثرات فاکتورهای ثابت آنالیز شد و مقایسه میانگین نتایج به‌دست آمده با آزمون توکی به‌وسیله نرم‌افزار Minitab صورت گرفت.

نتایج و بحث

مقاومت به فشار موازی الیاف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر آن است که اثر مستقل پیش‌تیمار در سطح آماری ۵ درصد

شدند. فرآیند اشباع به طریق بتل (سلول پر اصلاح‌شده) انجام شد با این تفاوت که خلأ نهایی اعمال نشد. پس از اشباع برای کاهش رطوبت، نمونه‌ها در داخل آون با حرارت ۳۰°C قرار داده شدند تا آب موجود از نمونه‌ها خارج شود. (رزین اوره فرمالدئید در آب به‌صورت محلول درآمده بود). نکته قابل توجه اینکه حرارت باید به‌گونه‌ای باشد که موجب پلیمریزاسیون رزین نشود زیرا این فرآیند باید در مرحله پرس ایجاد شود تا دانسیته چوب افزایش یابد. درانتهای این مرحله و قبل از فشردسازی ضخامت دقیق نمونه‌ها توسط کولیس دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ اندازه‌گیری شد.

میزان جذب نمونه‌های اشباع‌شده از طریق رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$R = \frac{W_b - W_a}{W_a} \times 100 \quad (2)$$

که در آن :

R = میزان جذب، W_a = وزن نمونه قبل از اشباع و W_b = وزن نمونه بعد از اشباع (پس از خروج آب اضافی) است.

برای فشردسازی از یک پرس OTT آلمانی با قطر سیلندر ۲۶ سانتی‌متر استفاده گردید. ابعاد مفید صفحات پرس ۵۰×۵۰ سانتیمتر مربع است. فشردسازی در جهت شعاعی انجام شد. برای انجام فشردسازی از شابلون ۲۰ میلی‌متری برای درصد فشردگی ۴۰ و ۵۰ درصد استفاده شد. ضخامت نمونه‌ها برای ۴۰ درصد فشردگی ۳۴ mm و برای ۵۰ درصد فشردگی ۴۰ mm بود.

سیکل پرس در فرآیند فشردسازی شامل ۵ مرحله است:

- ۱- مرحله بسته شدن دهانه پرس بدون اعمال فشار
- ۲- مرحله تماس صفحات پرس با سطوح نمونه‌ها و گرم شدن نمونه‌ها به مدت ۶ دقیقه (زمان موردنیاز برای رسیدن حرارت به مغز نمونه‌ها): سطوح چوب بدون فشردشدن با صفحات پرس تماس داشتند. دمای صفحات پرس طبق مطالعات اولیه ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شده است. این محدوده دمایی با توجه با آستانه تخریب حرارتی چوب تعیین شده است.

۳- مرحله اعمال فشار (فشردسازی) همراه با کاهش حجم نمونه. این مرحله ۱۲ دقیقه بود. نمونه‌ها در

سلول‌ها وارد می‌شود و هر چه در یک سطح مقطع معین ماده چوبی زیاد باشد، این مقاومت نیز افزایش می‌یابد. چوب پالونیا به دلیل ساختار نیمه بخش‌روزنه‌ای از دو قسمت چوب بهاره و پاییزه تشکیل شده است که سلول‌های این دو ناحیه از لحاظ آناتومیکی متفاوت‌اند و به خاطر این تفاوت چوب بهاره و پاییزه تحت بار موازی با الیاف رفتار متمایزی از یکدیگر نشان می‌دهند [۸]. در هنگام فشرده‌سازی به دلیل افزایش نسبت سطح مقطع جدار سلول به سطح مقطع کل سلول، در نتیجه مقاومت چوب افزایش می‌یابد. همچنین چوب بهاره بیشتر از چوب پاییزه فشرده می‌شود و سلول‌ها در جهت اعمال نیرو متراکم می‌شوند. پژوهش‌های Sekalu و Khazaeian (۲۰۱۲)، و Shams و Yano (۲۰۰۹) این نتیجه را تأیید می‌کند [۳ و ۹].

معنی‌دار شده است ولی اثر مستقل درصد فشردگی و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نیست (شکل ۱ و ۲). می‌توان این‌طور بیان کرد که پیش‌ تیمار با سدیم کلرید نسبت به سدیم هیدروکسید نتیجه بهتری داشته چراکه باعث بهبود و یکنواختی در فشردگی شده و در نهایت مقدار مقاومت به فشار موازی الیاف را افزایش داده است (شکل ۳).

با توجه به میانگین مقدار مقاومت به فشار موازی الیاف، در مقایسه تیمارهای ۱ و ۲ (نمونه‌های پیش تیمار شده با سدیم کلرید در ۲ سطح فشردگی ۴۰ و ۵۰ درصد) با تیمارهای شاهد (نمونه‌های پیش تیمار نشده در ۲ سطح فشردگی ۴۰ و ۵۰ درصد) تفاوت معنی‌دار وجود دارد. مقاومت چوب در برابر فشار به دلیل ساختمان آنیزوتروپ چوب در جهات مختلف طولی و عرضی متفاوت است. در فشار موازی الیاف، نیرو به‌طور عمود بر مقطع

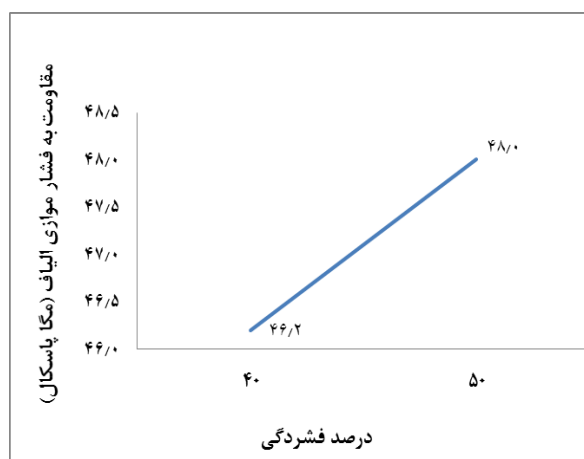
جدول ۲- میزان جذب رزین* (درصد)

پیش تیمار	میانگین جذب رزین (%)
بدون پیش تیمار	۱۰۰
سدیم کلرید	۱۳۰
سدیم هیدروکسید /	۱۱۰

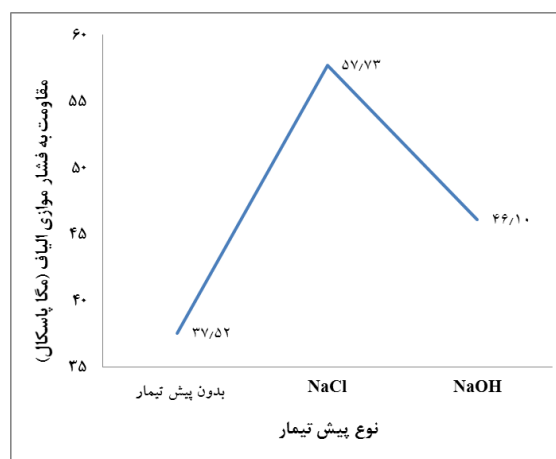
* اثر مستقل درصد جذب رزین، در هر دو ماده پیش تیمار، در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شد.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس متغیرها در آزمون‌های مکانیکی

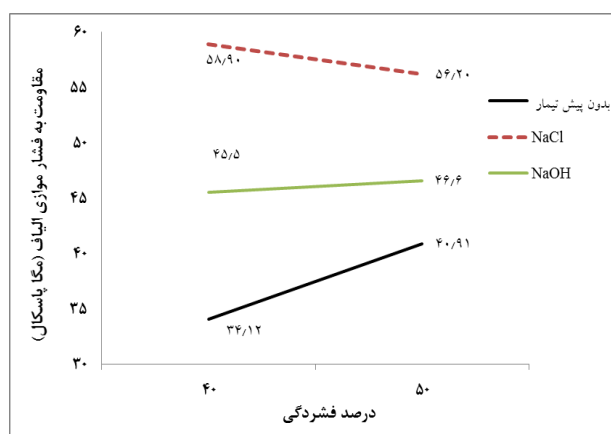
آزمون‌های مکانیکی	منبع تغییرات	میانگین مربعات	F	معناداری در سطح ۰/۰۵
مقاومت به فشار موازی الیاف	پیش تیمار	۱۶۴۶/۰۲	۱۹/۸۶	۰/۰۰۰
	درصد فشردگی	۱۹/۷۳	۰/۴۸	۰/۴۹۹
	پیش تیمار × درصد فشردگی	۸۶/۵۷	۱/۰۴	۰/۳۷۲
مدول گسیختگی (MOR)	پیش تیمار	۳۹۵/۹۴	۳/۵۲	۰/۰۵۱
	درصد فشردگی	۲۹۲/۴۶	۵/۲۰	۰/۰۳۵
	پیش تیمار × درصد فشردگی	۱۸/۶۸	۰/۰۱۷	۰/۸۴۸
مدول الاستیسیته خمشی (MOE)	پیش تیمار	۷۰۵۰۵۱۱	۴/۱۱	۰/۰۳۴
	درصد فشردگی	۶۹۶۵۳۹۱	۸/۱۲	۰/۰۱۱
	پیش تیمار × درصد فشردگی	۶۰۹۷۳۱	۰/۳۶	۰/۷۰۶
مقاومت به ضربه	پیش تیمار	۱۷۷/۲۷	۴/۵۸	۰/۰۲۵
	درصد فشردگی	۹۸۸/۱۷	۵۱/۰۸	۰/۰۰۰
	پیش تیمار × درصد فشردگی	۱۳۴/۱۴	۶/۹۳	۰/۰۰۶



شکل ۲- اثر مستقل درصد فشردگی در مقاومت به فشار موازی الیاف



شکل ۱- اثر مستقل پیش تیمار در مقاومت به فشار موازی الیاف



شکل ۳- اثر متقابل پیش تیمار و درصد فشردگی در مقاومت به فشار موازی الیاف

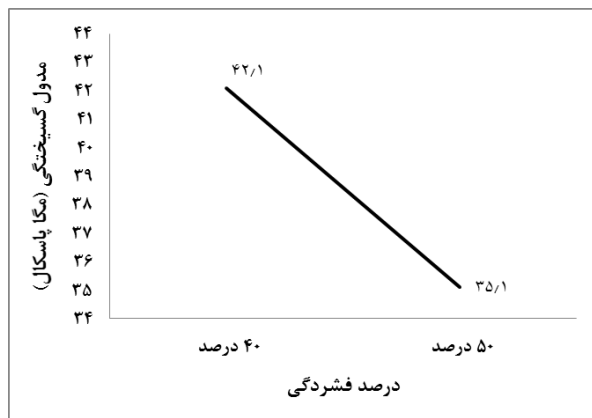
این موضوع در فشردسازی ۵۰ درصد بیشتر وجود داشت. بنابراین شکست سلولی می‌تواند دلیل کاهش مقاومت باشد (شکل ۶). با افزایش درصد فشردسازی تخریب ساختار چوب نیز افزایش یافته و باعث شد که افزایش خواص مکانیکی کمتر از حد انتظار باشد [۷].

پژوهش‌های Edalat و همکاران (۲۰۰۸) و Mohammadi و همکاران (۲۰۱۱) این نتیجه را تأیید می‌کند. چراکه به دلیل فشردگی و کاهش حجم، دانسیته افزایش می‌یابد و مدول الاستیسیته و مقاومت خمشی نیز به‌طور مستقیم با دانسیته ارتباط دارد. در نتیجه همگام با افزایش فشردگی تا قبل از وقوع شکست در دیواره‌ها، مقاومت‌های مکانیکی افزایش می‌یابد [۴].

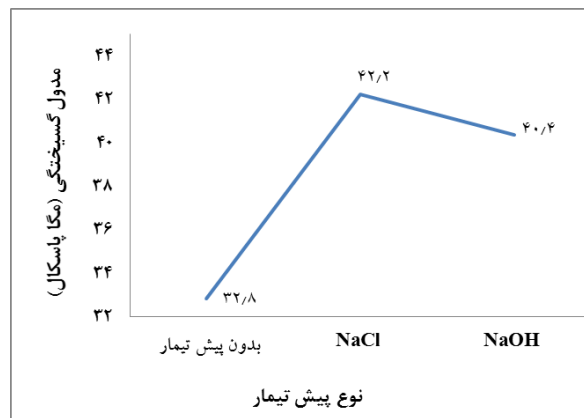
مدول گسیختگی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر آن است که اثر مستقل درصد فشردگی و پیش تیمار در سطح آماری ۵ درصد معنی‌دار شده است ولی اثر متقابل آن‌ها معنادار نیست (شکل ۴ و ۵). همچنین اثر پیش تیمار سدیم کلرید با سایر سطوح متفاوت است. می‌توان این‌طور بیان کرد که فشردگی ۴۰ درصد با ساختار همگن‌تر نتیجه بهتری نسبت به ۵۰ درصد ارائه داده است. چرا که از مشکلات فشردسازی برگشت ضخامت^۱ پس از آزادسازی فشار پرس و تخریب ساختار چوب فشرد شده است که

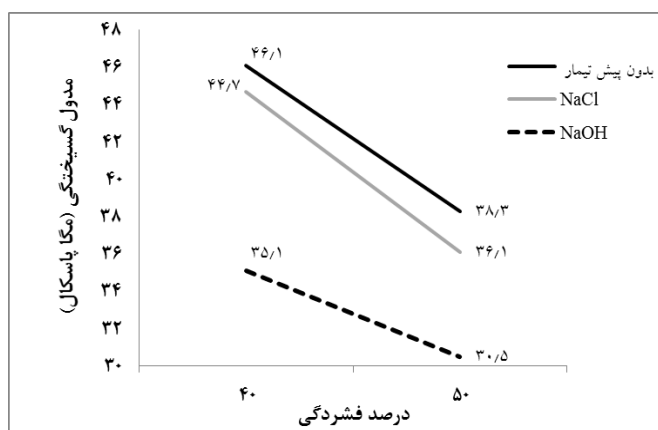
^۱ - Springback



شکل ۵- اثر مستقل درصد فشردگی در مدول گسیختگی



شکل ۴- اثر مستقل پیش تیمار در مدول گسیختگی



شکل ۶- اثر متقابل پیش تیمار و درصد فشردگی در مدول گسیختگی

مدول الاستیسیته خمشی

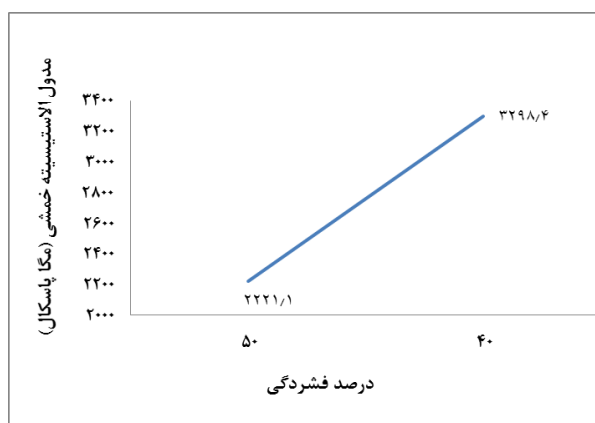
نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر آن است که اثر مستقل درصد فشردگی و پیش تیمار در سطح آماری ۵ درصد معنی دار شده است ولی اثر متقابل آن‌ها معنادار نیست (شکل ۷ و ۸). می‌توان این‌طور بیان کرد که پیش تیمار با سدیم کلرید باعث بهبود و یکنواختی در فشردگی شده و فشردگی ۴۰ درصد نیز به دلیل عدم گسیختگی و حفظ ساختار سلولی چوب نتیجه بهتری نسبت به ۵۰ درصد ارائه داده است، که در نهایت مقدار مدول الاستیسیته خمشی را افزایش داده است. همانند مدول گسیختگی در فشردگی ۵۰ درصد، شکست سلولی و همچنین برگشت ضخامت و کاهش دانسیته می‌تواند دلیل کاهش مقاومت باشد (شکل ۹).

با توجه به میانگین مقدار مدول گسیختگی، در مقایسه تیمارهای مختلف تفاوت معنادار وجود ندارد.

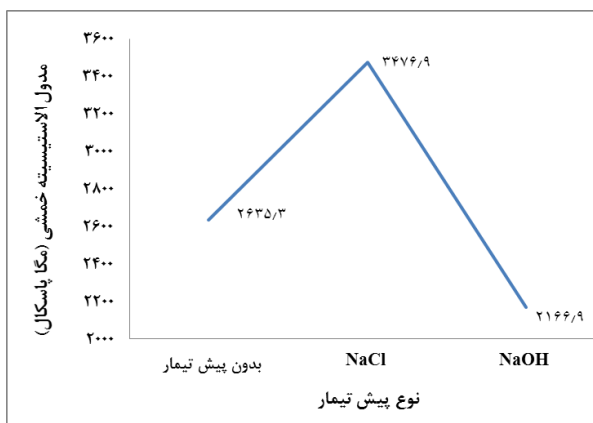
Chui و Tabarsa (۱۹۹۷) در بررسی اثر پرس گرم بر روی ویژگی‌های نوئل سفید، به مدول گسیختگی بالایی دست یافتند. آن‌ها در بررسی خود دمای پرس را عامل موثر در افزایش مدول گسیختگی اعلام کردند. در تحقیق‌های جداگانه‌ای که توسط Morsing (۱۹۹۷)، Navi و Girardet (۲۰۰۰)، Heger و همکاران (۲۰۰۴) و Welzbacher و همکاران (۲۰۰۵) انجام دادند، مدول گسیختگی تحت تیمارهای مختلف گرمایی و حرارتی در فشردگی به روش مکانیکی افزایش یافت که آن را به افزایش دانسیته نسبت دادند. (به نقل از Sekalu و Khazaeian, ۲۰۱۲) [۳]

پیش تیمار و نیز خروج نامناسب گاز فرمالدئید آزاد شده، برگشت ضخامت بیشتری داشت و تخریب ساختار و دیواره سلولی بیشتری روی داد؛ نهایتاً مدول الاستیسیته خمشی آن نسبت به نمونه‌های پیش تیمار نشده کاهش یافت. مطالعات Shams و Yano (۲۰۰۹) تا حدودی این موضوع را تأیید می‌کند.

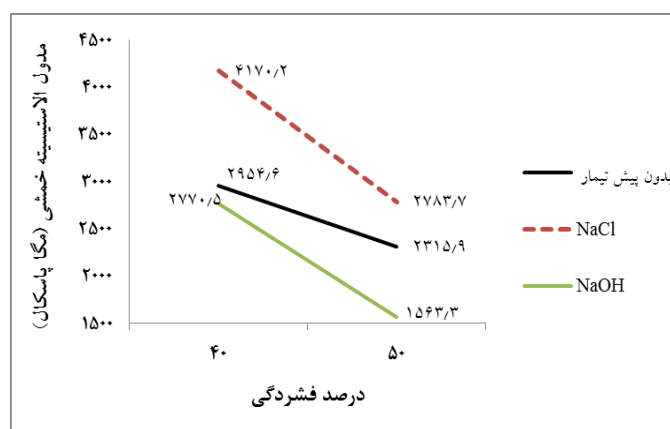
اما از سوی دیگر به دلیل ماهیت شیمیایی و قلیایی سدیم هیدروکسید، که باعث حالت واکنشیدگی سلول‌های چوبی می‌شود، پیش تیمار با این محلول اگرچه موجب افزایش میزان جذب در اشباع با رزین نسبت به نمونه‌های شاهد خواهد شد، اما در انتها، نمونه تحت پرس به دلیل انجام واکنش‌های مخرب احتمالی بین رزین و ماده



شکل ۸- اثر مستقل درصد فشردگی در مدول الاستیسیته خمشی



شکل ۷- اثر مستقل پیش تیمار در مدول الاستیسیته خمشی



شکل ۹- اثر متقابل پیش تیمار و درصد فشردگی در مدول الاستیسیته خمشی

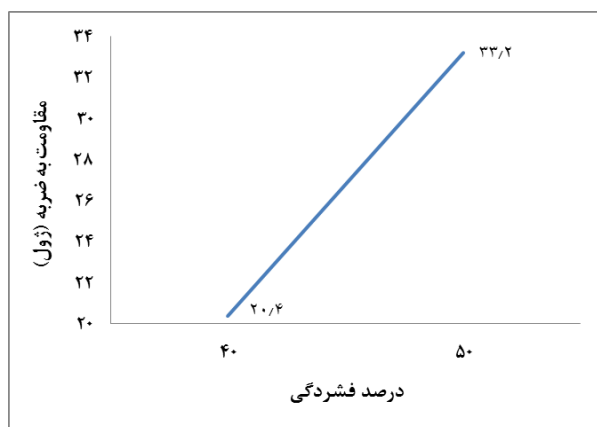
مقاومت به ضربه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۳) بیانگر آن است که اثرات مستقل و متقابل پیش تیمار و درصد فشردگی معنادار می‌باشند (شکل ۱۰ و ۱۱). می‌توان این‌طور بیان کرد که پیش تیمار باعث بهبود این ویژگی

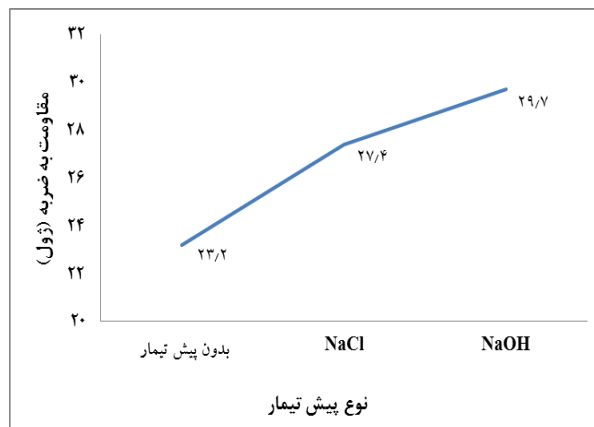
با توجه به میانگین مقدار مدول الاستیسیته خمشی، در مقایسه تیمار شماره ۱ (نمونه‌های پیش تیمار شده با سدیم کلرید در سطح فشردگی ۴۰ درصد) با تیمار شماره ۴ (نمونه‌های پیش تیمار شده با سدیم هیدروکسید در سطح فشردگی ۵۰ درصد) تفاوت معنادار وجود دارد.

با توجه به میانگین مقدار مقاومت به ضربه، در مقایسه تیمار شماره ۴ (نمونه‌های پیش‌تیمار شده با سدیم هیدروکسید در سطح فشردگی ۵۰ درصد) با تیمار شاهد و سایر تیمارها به‌غیر از تیمار شماره ۲ (نمونه‌های پیش‌تیمار شده با سدیم کلرید در سطح فشردگی ۵۰ درصد) تفاوت معنادار وجود دارد. به نظر می‌رسد به دلیل برگشت ضخامت بیشتر چوب با تیمار سدیم هیدروکسید، فشردگی حداکثر به افزایش فشردگی و کاهش برگشت ضخامت چوب در این تیمار کمک کرده و نتیجه بهتری داده است. بنابراین، این تیمار در درصدهای فشردگی بالاتر نتیجه بهتری خواهد داد.

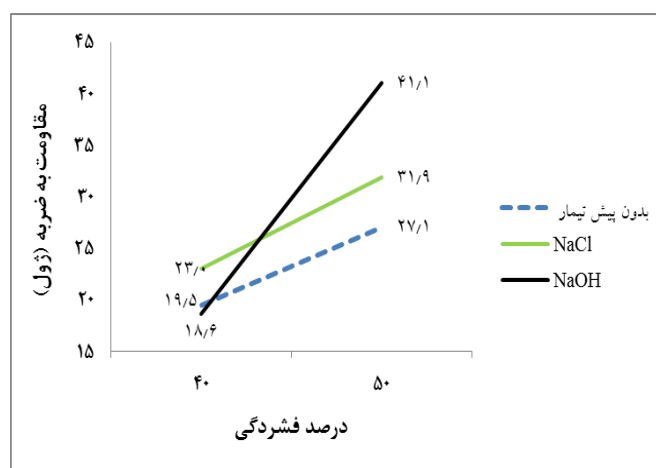
مکانیکی شده و فشردگی بیشتر (۵۰ درصد) نیز نتیجه بهتری خواهد داشت (شکل ۱۲). افزایش دانسیته در اثر بیشتر شدن میزان فشردگی می‌تواند عاملی برای افزایش مقاومت به ضربه باشد [۴]. در واقع مقاومت به ضربه از جمله رفتار دینامیکی چوب است. ضربه تقریباً شبیه خمش تدریجی است با این تفاوت که در ضربه چوب به‌طور آبی و در مدت کوتاه تحت تأثیر نیرو قرار می‌گیرد. چوبی که در مقابل ضربه مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهد قدرت جذب انرژی بیشتری را دارد. مقاومت به ضربه به‌صورت کار لازم برای شکستن نمونه تحت بار ضربه‌ای تعریف می‌شود [۸].



شکل ۱۱- اثر مستقل درصد فشردگی در مقاومت به ضربه



شکل ۱۰- اثر مستقل پیش تیمار در مقاومت به ضربه



شکل ۱۲- اثر متقابل پیش تیمار و درصد فشردگی در مقاومت به ضربه

ارزیابی شود.

بر اساس مشاهدات، پیش تیمارها باعث بهبود نفوذپذیری و افزایش میزان جذب رزین در فرایند اشباع شدند؛ بنابراین، همان طور که گفته شد افزایش میزان جذب رزین موجب منعطف شدن دیواره سلولی در هنگام فشردگی می شود، همچنین پلیمر شدن رزین تحت پرس، افزایش دانسیته ی بیشتری را به دنبال خواهد داشت. در نهایت دانسیته ی بیشتر باعث بهبود ویژگی های مکانیکی چوب می شود. نتایج به دست آمده بیانگر این نکته است که نمونه های پیش تیمار شده با هر دو ماده سدیم کلرید و سدیم هیدروکسید علاوه بر میزان جذب رزین بیشتر (جدول ۲)، تقریباً در تمامی موارد در آزمون های مکانیکی نتایج بهتری نیز ارائه دادند.

با توجه به بررسی و تحلیل های انجام گرفته ۲ تیمار شماره ۱ و ۲ دارای شرایط ایده آل بودند. تیمار شماره ۱ یعنی نمونه های پیش تیمار شده با سدیم کلرید و ۴۰ درصد فشردگی نسبت به شماره ۲ یعنی نمونه های پیش تیمار شده با سدیم کلرید و ۵۰ درصد فشردگی، دارای میانگین مقادیر بیشتری در فشار موازی الیاف، مدول الاستیسیته خمشی و مدول گسیختگی بود. همچنین تیمار شماره ۲ دارای میانگین مقادیر بیشتری در مقاومت به ضربه و نیز میزان جذب رزین نسبت به تیمار شماره ۱ بوده ولی هیچ کدام در آنالیز تفاوت معناداری نشان ندادند.

همچنین در مقایسه تیمار شماره ۲ (نمونه های پیش تیمار شده با سدیم کلرید در سطح فشردگی ۵۰ درصد) با تیمار شماره ۳ (نمونه های پیش تیمار شده با سدیم هیدروکسید در سطح فشردگی ۴۰ درصد) و تیمار شاهد در سطح فشردگی ۴۰ درصد تفاوت معنادار وجود دارد.

بر اساس پژوهش Sekalu و Khazaeian (۲۰۱۲)، افزایش درصد فشردگی سبب افزایش دانسیته و در نتیجه افزایش مقاومت به ضربه شده است. در فشردگی نیروی فشاری به طور عرضی بر چوب اعمال و منجر به کاهش ضخامت می شود. بنابراین کاری انجام شده است و انرژی این کار توسط چوب جذب شده و به صورت تغییر شکل در چوب باقی مانده است. هر چه این تغییر شکل بیشتر باشد، نشان می دهد که انرژی جذب شده توسط چوب بیشتر بوده است [۳].

نتیجه گیری

در پژوهش پیش رو مهم ترین هدف مورد مطالعه، تولید چوب فشرده پالونیا پس از اشباع آن با رزین است. از آنجاکه پالونیا جزء چوب های سخت اشباع و نفوذناپذیر دسته بندی می شود، برای فرایند اشباع نیاز به پیش تیمار دارد که بر اساس مطالعات قبلی تعیین شدند. پس از اشباع، پروسه فشردگی با دو سطح فشردگی ۴۰ و ۵۰ درصد انجام گرفت تا در انتها خواص مکانیکی فرآورده

مراجع

- [1] Sadatnejad, S.H., Tajvidi, M. and Yosefi, H., 2008. Effect of longitudinal compression to bulk cell wall on mechanical properties of steamed treated of beach wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 23(2): 191-199. (In Persian)
- [2] Omidvar, A., 2009. Textbook of Wood-polymer composite, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Publication, Gorgan, 120 p. (In Persian)
- [3] Sekalu, M. and Khazaeian, A., 2012. The effect of chemical modification with phenol formaldehyde and compression on mechanical properties of Paulownia Wood. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 3(1): 13-28. (In Persian)
- [4] Edalat, H.R., Tabarsa, T. and Reisi, M., 2008. Densification of Paulownia wood by using of hot-press. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 23(2): 136-148. (In Persian)

-
- [5] Kollman, F.P., Kuenzi, E.W. and Stamm, A.J., 1975. Principle of wood science and Technology, Vol. 2, Wood based materials. 1st Ed., Springer-verlag, New York, Heidelberg, Berlin, 703 p.
- [6] Yuhe, Ch., and Muehl, J.H., 1999. Factors of affecting the spring back of compressed Paulownia wood. Journal of Forestry research, 10(3): 168-172.
- [7] Mohammadi, M., Tabarsa, T. and Tasooji, M., 2011. Effect of static densification of treated paulownia wood on relationship between strength and density. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 26(3): 592-604. (In Persian)
- [8] Bodig, J. and Jayne, BA., 1982. Mechanics of Wood and Wood Composites. Van Nostrand Reynold Compony, New York. ISBN 442008228.
- [9] Shams, M.D., and Yano, H., 2009. A new method for obtaining high strength PF resin impregnated wood composites at low pressing pressure. Journal of tropical forest science, 21(2): 175-180.

The effect of chemical treatment and compression percent on mechanical properties of Paulownia compressed wood

Abstract

Since human creation up to now, wood has been discussed as an important organic material, therefore its maintain and optimum usage is a considerable problem. From one hand, with due attention to condition of forest in Iran, using fast growing specie Paulownia provides new way in wood industries. But from other hand, this specie with low density has low strength. One of the suggested ways to increase density of this wood is its impregnation by resin and to compress it. In this research it is tried to increase the penetrability and impregnation of Paulownia by using urea formaldehyde resin at first pretreatment and then compression should be done. In order to perform this process, two variables pretreatment and compression percent were defined that each of them had two levels. The pretreatment was performed by NaCl and NaOH and 40, 50% compression. Totally, 72 samples were prepared and after producing the compressed wood, the absorption percent and mechanical properties were evaluated which included compression parallel to grain, modulus of rupture, modulus of elasticity in bending and impact strength. The results showed that the provided mechanical properties and pretreatments samples with NaCl had most values of these properties in 40 and 50% compression levels.

Keywords: chemical treatment, compressed wood, mechanical properties, urea formaldehyde resin, paulownia.

M. Mehmandoost^{1*}
A. Khazaecian²

¹ M.Sc., ² Associate Prof., Department of Wood Engineering and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Corresponding author:
m.mehmandoost@gmail.com

Received: 2013.06.30
Accepted: 2014.02.14