



مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

مجله پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد هجدهم، شماره دوم، ۱۳۹۰

www.gau.ac.ir/journals

## تأثیر گرادیان مصرف چسب و زمان پرس بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب ساخته شده از چوب درختان مرکبات

\*ابوالفضل کارگرفرد

استادیار پژوهشی بخش تحقیقات علوم چوب و فرآورده‌های آن، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

تاریخ دریافت: ۸۹/۲/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۲/۱۸

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر گرادیان مصرف چسب بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب و همچنین کاربرد پسماندهای لیگنوسولوزی به‌دست آمده از هرس باغات مرکبات در تولید این محصول انجام شده است. با استفاده از ۴ گرادیان مصرف چسب صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد بین لایه سطحی و میانی (۱۰-۱۰، ۹-۱۱، ۸-۱۲ و ۷-۱۳) و استفاده از ۲ زمان پرس ۴ و ۵ دقیقه، ۲۴ تخته‌خرده‌چوب آزمایشگاهی ساخته شد. ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها اندازه‌گیری و نتایج به‌دست آمده در قالب طرح کامل تصادفی و با استفاده از آزمون فاکتوریل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که تخته‌های ساخته شده با مصرف چسب ۱۱ درصد در لایه سطحی و ۹ درصد در لایه میانی (گرادیان مصرف چسب ۲ درصد)، دارای بیش‌ترین مقاومت خمشی بوده‌اند. همچنین با افزایش گرادیان مصرف چسب، مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته شده بهبود یافته و در گرادیان مصرف چسب ۶ درصد، این ویژگی به حداکثر رسیده است. به‌علاوه، با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد به‌طور معنی‌داری به چسبندگی داخلی تخته‌ها افزوده شده است. با این حال با افزایش بیش‌تر گرادیان مصرف چسب، مقدار چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافته و به حداقل می‌رسد. واکنش‌پذیری ضخامت تخته‌ها نیز با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد در حد معنی‌داری بهبود یافته که با تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌ها در این شرایط هماهنگی دارد.

**واژه‌های کلیدی:** تخته‌خرده‌چوب، چوب مرکبات، گرادیان مصرف چسب، مقاومت خمشی، چسبندگی داخلی

\* مسئول مکاتبه: a\_kargarfard@yahoo.com

## مقدمه

در طی چند سال گذشته همگام با کاهش حجم چوب قابل برداشت از جنگل‌های صنعتی شمال کشور، چندین واحد تولیدکننده محصولات چوبی و کاغذی به‌ویژه در شمال کشور به بهره‌برداری رسیده و تقاضا برای مواد اولیه چوبی را افزایش داده‌اند. واحدهای صنعتی برای فائق آمدن بر کمبود ماده چوبی مورد نیاز از راهکارهای متعددی سود جستند تا بتوانند روند تولید محصول و توانایی رقابتی خود را در بازار حفظ نمایند. یکی از روش‌های تامین ماده چوبی مورد نیاز صنعت تخته‌خرده‌چوب که قادر است طیف وسیعی از مواد لیگنوسلولزی چوبی و غیرچوبی را مورد تغذیه و مصرف قرار دهد، استفاده از مواد لیگنوسلولزی به‌دست آمده از فعالیت‌های باغداری مانند هرس و به‌سازی باغات می‌باشد. هر چند در خلال چند سال اخیر واحدهای تولیدکننده تخته‌خرده‌چوب، به‌تدریج در ترکیب ماده اولیه چوبی مورد استفاده، از چوب‌های جنگلی کاسته و به حجم چوب‌های دست‌کاشت و باغی افزوده‌اند، که این تغییرات بر خواص محصول تولیدی بی‌تأثیر نخواهد بود. یکی از مهم‌ترین منابع چوبی که از پتانسیل مناسبی برای تولید تخته‌خرده‌چوب برخوردار است، پس‌ماندهای لیگنوسلولزی به‌دست آمده از هرس و به‌سازی باغات مرکبات می‌باشد. طبق آمارهای منتشر شده از سوی وزارت جهاد کشاورزی (۲۰۰۶)، بیش از ۲۵۰/۰۰۰ هکتار از باغات کشور زیر کشت درختان مرکبات قرار دارد که سالانه بر اثر عملیات باغداری مانند حذف شاخه‌های زائد، جایگزینی نهال‌های جدید با درختان سال‌خورده، مقادیر متنابهی پس‌ماندهای لیگنوسلولزی بر جای می‌ماند، که استفاده از این پس‌ماندهای لیگنوسلولزی، به‌عنوان ماده اولیه برای تولید تخته‌خرده‌چوب از توجیه اقتصادی مناسبی برخوردار می‌باشد.

از ویژگی‌های کاربردی تخته‌خرده‌چوب، دارا بودن سطحی صاف و فشرده می‌باشد که برای این منظور، از چسب بیش‌تری در لایه سطحی نسبت به لایه میانی استفاده می‌شود. اعمال گرادیان مصرف چسب در فرآیند ساخت با توجه به این‌که خرده‌چوب کم‌تری در لایه سطحی مورد استفاده قرار می‌گیرد از یک‌سو باعث کاهش مصرف چسب گردیده و از سوی دیگر به‌دلیل ایجاد گرادیان رطوبت بین لایه سطحی و میانی کیک خرده‌چوب، بر خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب دارای اثرات متفاوتی می‌باشد که زمینه تحقیقاتی بسیاری از محققان بوده است.

پژوهش‌های انجام شده بر روی امکان کاربرد پس‌ماندهای کشاورزی در صنعت تخته‌خرده‌چوب در سال‌های اخیر از طیف وسیعی برخوردار بوده است. نتایج بررسی توسط عنایتی و همکاران

(۲۰۰۹) در مورد امکان استفاده از سرشاخه‌های درختان زردآلو در ساخت تخته‌خرده‌چوب، نشان داده که با افزودن خرده‌چوب درختان زردآلو به خرده‌چوب‌های صنعتی، خواص تخته‌های ساخته شده به‌ویژه مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته بهبود می‌یابد همچنین پژوهش‌های کارگرفرد و همکاران (۲۰۰۷) بر روی استفاده از سرشاخه‌های به‌دست آمده از هرس درختان سیب در ساخت تخته‌خرده‌چوب نشان داده که تخته‌های ساخته شده از این ماده چوبی نسبت به صنوبر از واکنشیدگی ضخامت کم‌تری برخوردار و ویژگی‌های خمشی تخته‌ها با افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب بهبود یافته است در بررسی دیگری، استفاده از پس‌ماند هرس درختان انگور در ساخت تخته‌خرده‌چوب مورد ارزیابی قرار گرفته و نتایج نشان داده است که اضافه نمودن ذرات چوب درخت انگور به مخلوط خرده‌چوب‌های مورد استفاده، باعث افت خواص کیفی و کمی تخته‌ها می‌گردد، با این حال حتی خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌هایی که لایه میانی آن‌ها از ۱۰۰ درصد چوب انگور ساخته شده بود بیش از حداقل مورد نیاز در استاندارد اروپایی بوده است (انتالوس و گریگوریو، ۲۰۰۲). امکان استفاده از مغز کف در لایه میانی تخته‌خرده‌چوب‌های دارای خرده‌چوب‌های صنعتی مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که کاربرد مغز کف تا سطح ۷۵ درصد در لایه میانی تخته‌ها، تأثیر منفی ناچیزی بر ویژگی‌های خمشی و چسبندگی داخلی دارد ولی جذب آب و واکنشیدگی ضخامت افزایش و مقاومت به نگهداری میخ و پیچ تخته‌ها به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با این حال نتایج این بررسی نشان داد که جایگزینی مغز کف در لایه میانی تا ۵۰ درصد مناسب و قابل توصیه است (گریگوریو و همکاران، ۲۰۰۰).

پژوهش‌های انجام شده توسط مسلمی (۱۹۷۴)، نشان داده است که هنگام عمل پرس وجود دو عامل گرما و رطوبت در ذرات خرده‌چوب، باعث افزایش خاصیت پلاستیکی آن‌ها می‌گردد و بنابراین در برابر فشار اعمال شده مقاومت کم‌تری نشان داده و به‌راحتی فشرده می‌شوند. همچنین نتایج بررسی‌های انجام شده توسط مسلمی در سال ۱۹۸۹ نشان داده که استفاده از مقدار چسب بیش‌تر در لایه سطحی نسبت به لایه میانی باعث بهبود ویژگی‌های سطحی و مقاومت خمشی تخته می‌شود. نتیجه یک بررسی نشان داده است اگر مقدار چسب در لایه میانی تخته کاهش یابد، در صورت ثابت ماندن سایر متغیرهای تولید، مقاومت چسبندگی داخلی آن کاهش خواهد یافت (دوست‌حسینی، ۲۰۰۱). در پژوهشی که بر روی تأثیر گرادیان رطوبت کیک خرده‌چوب بر روی ویژگی‌های تخته‌خرده‌چوب انجام شده، مشخص گردید که افزایش گرادیان رطوبت کیک خرده‌چوب باعث بهبود

مدول الاستیسیته تخته‌ها شده است (کارگرفرد و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین در مطالعه‌ای که توسط وزیر (۲۰۰۱) انجام شد، وی با استفاده از دمای پرس ۱۷۰ و ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و سه زمان پرس ۴، ۵ و ۶ دقیقه و ۳ گرادیان رطوبتی صفر، ۲ و ۴ درصد بین لایه سطحی و مغزی کیک اقدام به ساخت تخته‌خرده‌چوب و ثبت منحنی‌های انتقال حرارت در ضخامت کیک نمود، و مشخص شده بهترین تخته‌خرده‌چوب که دارای شرایط بهینه انتقال حرارت و در نتیجه مقاومت‌های مطلوب باشد، در گرادیان رطوبت ۲ درصد، درجه حرارت ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد و زمان پرس ۶ دقیقه به‌دست آمده است. همچنین نتیجه یک پژوهش نشان داده که در صورت استفاده از کاغذهای مرطوب در سطوح کیک خرده‌چوب، سرعت افزایش درجه حرارت مغز ۴ بار سریع‌تر از حالتی است که از یک رطوبت یکنواخت در کیک خرده‌چوب استفاده گردد (هاتا و همکاران، ۱۹۹۰).

در پژوهش دیگری سونگ و الیس (۱۹۹۷) انتقال حرارت، پراکنش عمومی دانسیته، مقاومت اتصال و پایداری ابعاد برای ستون‌هایی از تراشه‌های پرس شده از صنوبر لرزان را به‌منظور شبیه‌سازی چگونگی پدید آمدن دانسیته عمودی در داخل یک تخته تراشه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که به‌طور کلی سرعت بیش‌تر انتقال حرارت به مغز ستون تراشه‌ها با زمان سریع‌تر بسته شدن پرس، رطوبت بیش‌تر تراشه‌های سطحی و تعداد اولیه کم‌تر تراشه‌ها ارتباط داشت و دانسیته‌های لایه سطحی برای زمان بسته شدن کوتاه‌تر و مقدار رطوبت کم‌تر تراشه‌های سطحی، بزرگ‌تر بود. در نتایج به‌دست آمده از بررسی‌های کیسی (۱۹۸۷) نیز آمده است که با افزایش رطوبت لایه‌های سطحی کیک خرده‌چوب از ۶ به ۱۵ درصد، مقدار کاهش ضخامت خرده‌چوب‌های این لایه از ۱۲ به ۲۲ درصد رسیده و مقدار افزایش مدول خمشی دینامیکی نیز از ۱۵ به ۳۰ درصد رسیده است که نشان می‌دهد افزایش رطوبت به‌ویژه در لایه سطحی کیک، تأثیر به‌سزایی در افزایش دانسیته و ویژگی‌های خمشی تخته‌خرده‌چوب بر جای می‌گذارد. وی همچنین نتیجه گرفت که مقدار افزایش مدول الاستیسیته در اثر افزایش رطوبت در لایه سطحی بسیار بالاتر از مقاومت خمشی بوده است.

همچنین در نتایج به‌دست آمده از یک بررسی توسط کثیر (۱۹۷۹) آمده است که افزایش یافتن مقدار کلی رطوبت کیک و افزایش مقدار رطوبت سطح کیک، درصد واکنش‌دهی ضخامت را کاهش می‌دهد. وی دلیل آن را پلاستیکی شدن خرده‌چوب‌ها به‌دلیل به‌کار بردن رطوبت می‌داند که یک فشردگی دائمی و کاهش در مقدار برگشت ضخامتی تخته ایجاد می‌کند. بنابراین با توجه به پژوهش‌های انجام شده، این مطالعه با هدف بررسی امکان استفاده از چوب مرکبات به‌دست آمده از

هرس باغات به عنوان ماده اولیه برای تولید تخته خرده چوب و همچنین، بررسی تأثیر افزایش گرادپان مصرف چسب (که باعث افزایش رطوبت لایه سطحی و کاهش مقدار مصرف کل چسب می شود) بر ویژگی های فیزیکی و مکانیکی تخته های ساخته شده به انجام رسیده است.

### مواد و روش ها

در این بررسی چوب مرکبات از حومه شهرستان بابل در استان مازندران تهیه گردید. پس از انتقال چوب های بالا به آزمایشگاه با استفاده از یک خردکن غلطکی از نوع Pallmann X 430-120PHT به قطعات کوچک تر تبدیل و سپس با استفاده از یک آسیاب حلقوی آزمایشگاهی از نوع Pallmann PZ8 به خرده های چوب قابل استفاده در ساخت تخته خرده چوب تبدیل شدند. پس از حذف خرده های چوب بسیار ریز و بسیار درشت که مناسب ساخت تخته خرده چوب نبودند، رطوبت خرده چوب ها به وسیله یک خشک کن آزمایشگاهی تا سطح ۱ درصد، کاهش داده شد و در کیسه های پلاستیکی مقاوم به نفوذ رطوبت، بسته بندی و برای ساخت تخته های آزمایشگاهی نگهداری شدند.

برای چسب زنی خرده چوب ها از یک دستگاه چسب زن آزمایشگاهی استفاده شد و محلول چسب با استفاده از هوای فشرده با خرده چوب ها کاملاً مخلوط گردید. به منظور تشکیل کیک خرده چوب از یک قالب چوبی به ابعاد ۳۵×۳۵ سانتی متر استفاده شده و خرده چوب های چسب زنی شده که به وسیله ترازوی آزمایشگاهی توزین شده بود به صورت لایه های یکنواخت در داخل قالب پاشیده شدند. در این بررسی گرادپان مصرف چسب بین لایه های سطحی و میانی تخته یک عامل متغیر بود و بنابراین خرده چوب های لایه سطحی به میزان ۴۰ درصد و لایه میانی به میزان ۶۰ درصد وزن کل کیک خرده چوب به طور جداگانه چسب زنی گردیدند.

پس از تشکیل کیک خرده چوب، با استفاده از یک پرس آزمایشگاهی از نوع BURKLE L100 اقدام به ساخت تخته های آزمایشگاهی هم سان گردید. در این پژوهش، با توجه به در نظر گرفتن دو عامل متغیر شامل گرادپان مصرف چسب در ۴ سطح صفر، ۲، ۴ و ۶ درصد (مصرف چسب ۱۰، ۱۰ و ۱۱ و ۹، ۱۲ و ۸ و ۱۳ و ۷ درصد به ترتیب در لایه سطحی و میانی کیک خرده چوب) و دو زمان پرس ۴ و ۵ دقیقه و در نظر گرفتن ۳ تکرار برای هر تیمار در مجموع ۲۴ تخته آزمایشگاهی با استفاده از دمای پرس ۱۷۵ درجه سانتی گراد، دانسیته ۰/۷ گرم بر سانتی متر مکعب، فشار پرس ۳۰ کیلوگرم بر سانتی متر مربع و مصرف ۱ درصد کلرید آمونیوم در لایه میانی تخته به عنوان کاتالیزور (بر اساس وزن خشک چسب)

ساخته شده است. بعد از پایان مرحله پرس، به منظور مشروط‌سازی و یکنواخت‌سازی رطوبت تخته‌ها و همچنین متعادل‌سازی تنش‌های داخلی، تخته‌های ساخته شده به مدت ۱۵ روز در شرایط آزمایشگاهی (رطوبت نسبی  $65 \pm 1$  درصد و درجه حرارت  $20 \pm 3$  درجه سانتی‌گراد) نگهداری گردیدند.

تهیه نمونه‌های آزمون برای تعیین ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها مطابق استاندارد EN 326-1 اروپا انجام گردید. مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته براساس استاندارد EN310، مقاومت چسبندگی داخلی براساس استاندارد EN319 و واکنش ضخامت بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب براساس استاندارد EN317 تعیین گردید. بعد از انجام آزمایش‌های مکانیکی و فیزیکی بر روی نمونه‌های تهیه شده، تجزیه و تحلیل نتایج در قالب طرح کامل تصادفی با استفاده از آزمون فاکتوریل انجام شد و به کمک تکنیک تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌دار بین تیمارها مورد بررسی قرار گرفت و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار با استفاده از آزمون دانکن گروه‌بندی شدند.

## نتایج

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌های ساخته شده در جدول ۱ آورده شده است. همچنین دانسیته خشک و رطوبت تخته‌ها قبل از انجام آزمایش‌های مکانیکی و فیزیکی اندازه‌گیری و در جدول ۲ قابل مشاهده است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی تخته‌های آزمون.

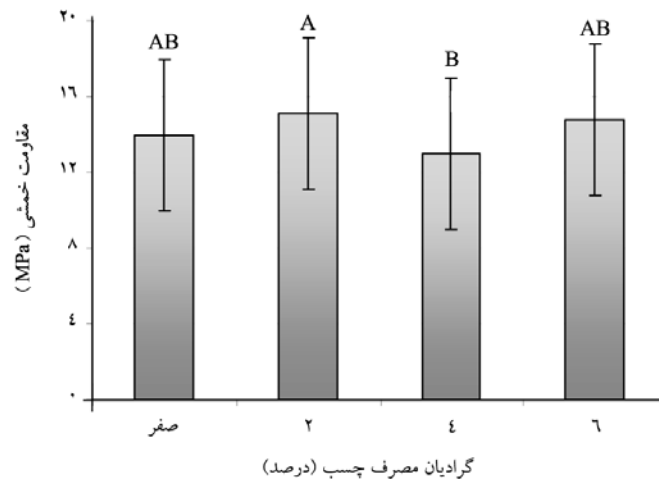
منبع تغییرات	درجه آزادی	مقاومت خمشی (F)	مدول الاستیسیته (F)	چسبندگی داخلی (F)	واکنش ضخامت (F)	واکنش ضخامت (F)
گرادیان مصرف چسب	۳	۴/۹۰۹**	۱۰/۷۲۱**	۹/۹۷۹**	۷/۷۲۰**	۲۴/۲۴۰**
زمان پرس	۱	۲/۲۹۵ <sup>n.s</sup>	۱/۴۰۱ <sup>n.s</sup>	۲/۰۷۶۵ <sup>n.s</sup>	۱/۰۵۰۵ <sup>n.s</sup>	۰/۰۰۱۰ <sup>n.s</sup>
گرادیان مصرف چسب × زمان پرس	۳	۱/۳۵۴ <sup>n.s</sup>	۱/۴۹۹ <sup>n.s</sup>	۱/۰۸۶۲ <sup>n.s</sup>	۶/۲۹۳**	۱۳/۹۴۶**

\*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد، \* معنی‌دار در سطح ۵ درصد، <sup>n.s</sup> غیر معنی‌دار.

جدول ۲- نتایج به دست آمده از اندازه‌گیری رطوبت و دانسیته تخته‌های ساخته شده تحت شرایط مختلف.

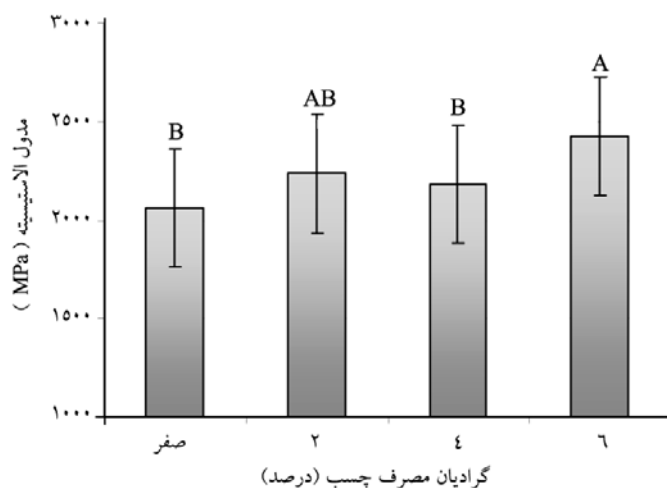
گرادیان چسب (درصد)	صفر	۲	۴	۵	۶
زمان پرس (دقیقه)	۴	۵	۴	۵	۵
رطوبت (درصد)	۵/۷۳	۶/۱۷	۵/۹۵	۵/۴۵	۶/۲۸
دانسیته خشک (گرم بر سانتی‌مترمکعب)	۰/۶۲۸	۰/۶۳۱	۰/۶۱۹	۰/۶۲۳	۰/۶۲۸

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، زمان پرس هیچ‌گونه اثر معنی‌داری بر ویژگی‌های مکانیکی و فیزیکی نداشته ولی اثر گرادیان مصرف چسب بر مقاومت خمشی در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بوده است به‌طوری‌که با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد، مقاومت خمشی تخته‌ها بهبود یافته و تخته‌های ساخته شده با مصرف چسب ۱۱ درصد در لایه سطحی و ۹ درصد در لایه میانی دارای بالاترین مقاومت خمشی بوده‌اند. گروه‌بندی میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن نیز مقاومت خمشی تخته‌های ساخته شده با گرادیان مصرف چسب ۲ درصد را در گروه A و از نظر آماری بالاتر از سایر تیمارها قرار داده است (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر گرادیان مصرف چسب بر مقاومت خمشی.

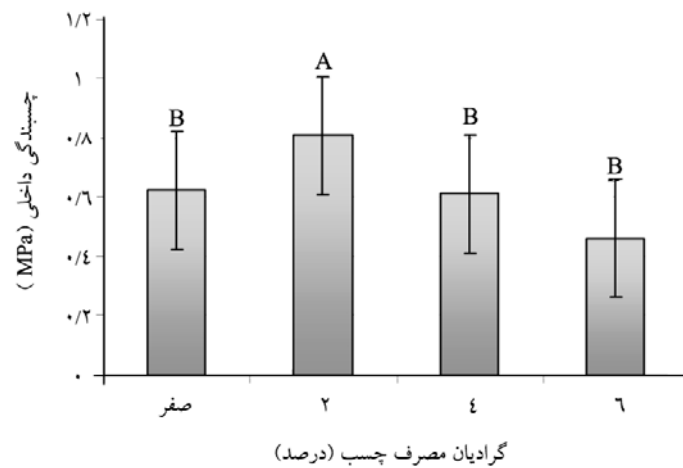
همچنین اثر گرادیان مصرف چسب بر مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته شده در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار بوده و با افزایش گرادیان مصرف چسب، مدول الاستیسیته تخته‌ها بهبود یافته است و تخته‌های ساخته شده با مصرف چسب ۱۳ درصد در لایه سطحی و ۷ درصد در لایه میانی دارای بالاترین مدول الاستیسیته بوده و طبق آزمون دانکن در گروه A قرار گرفته است. در حالی‌که مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته شده با مصرف ۱۰ درصد چسب در هر دو لایه سطحی و میانی با حداقل مقدار در گروه B جدول آزمون دانکن قرار گرفته‌اند (شکل ۲).



شکل ۲- تأثیر گرادیان مصرف چسب بر مدول الاستیسیته.

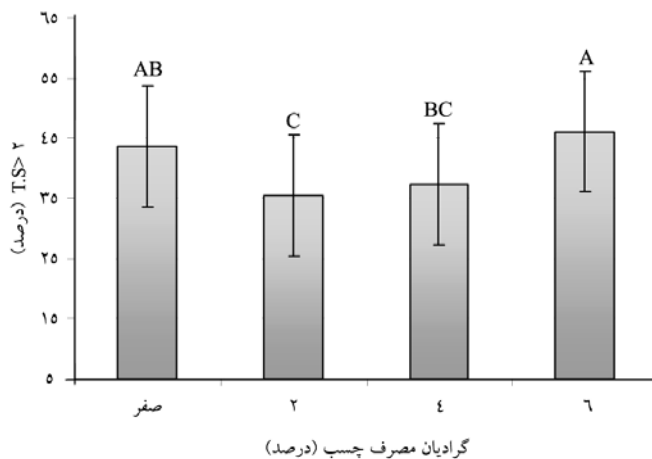
نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس اثر گرادیان مصرف چسب بر چسبندگی داخلی تخته‌ها نشان داد که با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد به‌طور معنی‌داری به چسبندگی داخلی تخته‌ها افزوده شده است. به‌طوری‌که مقدار آن از  $0/623$  مگاپاسکال در شرایط استفاده از گرادیان صفر درصد به  $0/810$  مگاپاسکال در شرایط استفاده از گرادیان ۲ درصد رسیده و سپس با افزایش گرادیان مصرف چسب به‌طور معنی‌داری از چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده کاسته شده است (شکل ۳). گروه‌بندی میانگین‌ها به‌وسیله آزمون دانکن نیز چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده را با گرادیان‌های مختلف مصرف چسب در دو گروه مستقل قرار داده است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌گردد در شرایط استفاده از ۱۱ درصد چسب در لایه سطحی و ۹ درصد در لایه میانی، چسبندگی داخلی تخته‌ها با بالاترین مقدار در گروه A، و در شرایط استفاده از سایر گرادیان‌های مصرف چسب، چسبندگی داخلی تخته‌ها با کم‌ترین مقدار در گروه B جدول دانکن قرار گرفته‌اند. از سوی دیگر هر چند با افزایش زمان پرس از ۴ به ۵ دقیقه مقدار چسبندگی داخلی از  $0/594$  به  $0/659$  مگاپاسکال افزایش یافته، ولی این تغییرات از نظر آماری معنی‌دار نبوده است.





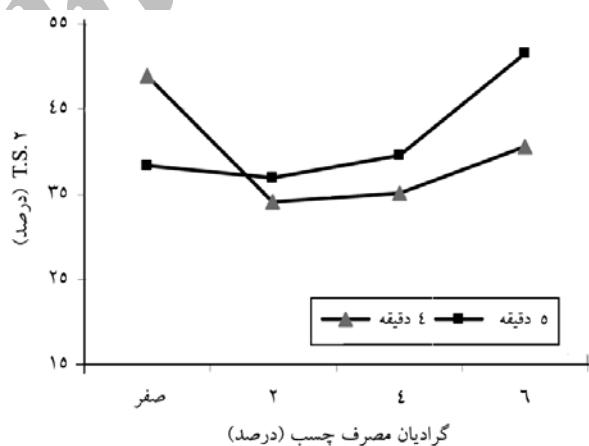
شکل ۳- تأثیر گرادیان مصرف چسب بر چسبندگی داخلی.

همچنین نتایج نشان داد که زمان پرس اثر معنی‌داری بر واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌ها نداشته است ولی اثر گرادیان مصرف چسب بر این ویژگی معنی‌دار بوده و با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد بین لایه‌های سطحی و میانی، واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت در سطح معنی‌داری بهبود یافته و از ۴۳/۶۵ به ۳۵/۵۰ درصد کاهش یافته است. ولی با افزایش گرادیان مصرف چسب از ۲ به ۴ و ۶ درصد مقدار واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت روندی افزایشی به خود گرفته است (شکل ۴). گروه‌بندی میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن نیز واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌های ساخته شده در گرادیان‌های مختلف مصرف چسب را در دو گروه مستقل و دو گروه بینابینی قرار داده است. به طوری که در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب ۲ درصد، واکشیدگی ضخامت ۲ ساعت تخته‌ها با حداقل مقدار در گروه C، و در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب ۶ درصد با حداکثر مقدار در گروه A جدول دانکن قرار گرفته‌اند.



شکل ۴- تأثیر گرایان مصرف چسب بر واکنش‌دهی ضخامت ۲ ساعت.

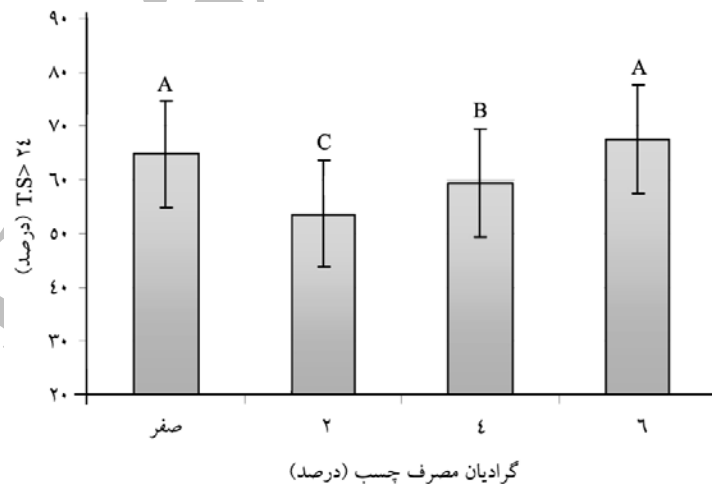
همچنین نتایج نشان داد که تأثیر متقابل گرایان مصرف چسب و زمان پرس بر واکنش‌دهی ضخامت ۲ ساعت در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. به طوری که با افزایش گرایان مصرف چسب و زمان پرس واکنش‌دهی ضخامت ۲ ساعت تخته‌ها بهبود یافته است و در شرایط استفاده از گرایان مصرف چسب ۲ درصد و زمان پرس ۴ و ۵ دقیقه، واکنش‌دهی ضخامت ۲ ساعت با حداقل مقدار در گروه C و در شرایط استفاده از گرایان مصرف چسب ۶ درصد و زمان پرس ۵ دقیقه با حداکثر مقدار در گروه A جدول دانکن قرار گرفته‌اند (شکل ۵).



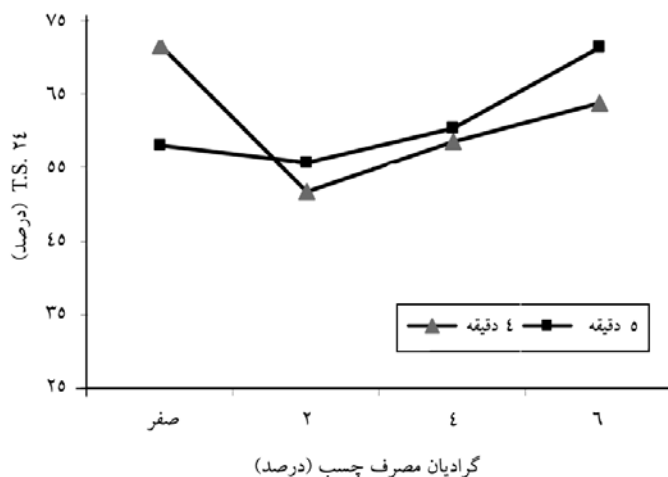
شکل ۵- اثر متقابل گرایان مصرف چسب و زمان پرس بر واکنش‌دهی ضخامت ۲ ساعت.

نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس تأثیر مستقل گرادیان مصرف چسب بر واکنش پذیری ضخامتی ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته شده نشان می‌دهد که با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد بین لایه‌های سطحی و میانی واکنش پذیری ضخامتی ۲۴ ساعت تخته‌ها در سطح معنی‌داری بهبود یافته و از ۶۴/۷۸ به ۵۳/۶۳ درصد کاهش یافته است.

گروه‌بندی میانگین‌ها به وسیله آزمون دانکن نیز واکنش پذیری ضخامتی ۲۴ ساعت تخته‌های ساخته شده در گرادیان‌های مختلف مصرف چسب را در سه گروه مستقل قرار داده است همان‌طور که در شکل ۶ مشاهده می‌گردد در شرایط گرادیان مصرف چسب ۲ درصد، واکنش پذیری ضخامتی ۲۴ ساعت تخته‌ها با حداقل مقدار در گروه C، و در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب صفر و ۶ درصد، با حداکثر مقدار در گروه A جدول دانکن قرار گرفته‌اند. همچنین نتایج نشان داد که تأثیر متقابل گرادیان مصرف چسب و زمان پرس بر واکنش پذیری ضخامتی ۲۴ ساعت تخته‌ها در سطح اعتماد ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. به طوری که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب ۲ درصد و زمان پرس ۴ دقیقه، واکنش پذیری ضخامتی ۲۴ ساعت تخته‌ها با حداقل مقدار در گروه D و در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب صفر درصد و زمان پرس ۴ دقیقه با حداکثر مقدار در گروه A جدول دانکن قرار گرفته‌اند.



شکل ۶- تأثیر گرادیان مصرف چسب بر واکنش پذیری ضخامتی ۲۴ ساعت.



شکل ۷- اثر متقابل گرادینان مصرف چسب و زمان پرس بر واکنشیدگی ضخامت ۲۴ ساعت.

## بحث

در این بررسی با توجه به این نکته که افزایش گرادینان مصرف چسب بین دو لایه سطحی و میانی یک خرده‌چوب از صفر به طرف ۶ درصد باعث کاهش مصرف کل چسب و افزایش رطوبت لایه سطحی می‌شود، در نتایج مشاهده گردید که با افزایش گرادینان مصرف چسب، از صفر به ۲ درصد مقاومت خمشی تخته‌ها بهبود یافته است و تخته‌های ساخته شده با مصرف چسب ۱۱ درصد در لایه سطحی و ۹ درصد در لایه میانی دارای بالاترین مقاومت خمشی بوده‌اند. هر چند مقاومت خمشی تخته‌ها در گرادینان مصرف چسب ۶ درصد نیز دارای اختلاف معنی‌داری با گرادینان مصرف چسب ۲ درصد نمی‌باشد. همچنین با افزایش گرادینان مصرف چسب، مدول الاستیسیته تخته‌های ساخته شده بهبود یافته و در گرادینان مصرف چسب ۶ درصد، این ویژگی تخته‌ها به حداکثر رسیده است. افزایش مصرف چسب در لایه سطحی باعث ایجاد دو پدیده می‌گردد. با افزایش مقدار مصرف چسب در لایه سطحی مقدار چسب قرار گرفته بر روی سطوح خرده‌چوب‌ها افزایش یافته و با زیاد شدن نقاط اتصال بین ذرات خرده‌چوب در لایه سطحی، مقاومت اتصال افزایش و ضمن بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته تخته‌ها، باعث ایجاد سطحی صاف و یکنواخت‌تر می‌گردد. از سوی دیگر با افزایش مقدار مصرف چسب در لایه سطحی، مقدار رطوبت یک خرده‌چوب در این لایه بالا رفته که این پدیده باعث نرم شدن خرده‌چوب‌ها شده و فشردگی آن‌ها را آسان‌تر می‌سازد که در افزایش و بهبود

ویژگی‌های خمشی به‌ویژه مدول الاستیسیته تخته‌ها در گرادیان چسب ۶ درصد به حداکثر رسیده، مؤثر بوده است. در این راستا پژوهش‌های انجام شده توسط کیسی (۱۹۸۷) نیز نشان داد که افزایش رطوبت اثر مثبتی بر بهبود مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته دارد که این روند در مورد مدول الاستیسیته با افزایش رطوبت لایه سطحی از شدت بیش‌تری برخوردار بوده که وی دلیل آن را حداقل مقاومت مکانیکی و حداکثر انعطاف‌پذیری خرده‌چوب‌ها تحت شرایط گرما و رطوبت زیاد بیان داشته است که اثر زیادی بر روی افزایش مدول الاستیسیته دارد.

نتایج این بررسی نشان داد که با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد به‌طور معنی‌داری به چسبندگی داخلی تخته‌ها افزوده شده به‌طوری‌که مقدار آن از ۰/۶۲۳ مگاپاسکال در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب صفر درصد به ۰/۸۱۰ مگاپاسکال در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب ۲ درصد رسیده است. در گرادیان مصرف چسب ۲ درصد، به‌رغم مصرف ۹ درصد چسب در لایه میانی و کاهش نقاط اتصال بین ذرات در این لایه نسبت به مصرف چسب ۱۰ درصد (گرادیان مصرف چسب صفر درصد)، به‌دلیل افزایش رطوبت کیک خرده‌چوب در لایه سطحی به‌دلیل مصرف ۱۱ درصد چسب در این لایه، باعث می‌گردد که سرعت انتقال حرارت از سطح به مغز کیک افزایش یافته و همین امر موجب سخت شدن مطلوب چسب و ایجاد اتصالات کارآمد شده و در پی آن چسبندگی داخلی تخته‌ها افزایش می‌یابد. نتیجه یک پژوهش نشان داده است که در صورت استفاده از کاغذهای مرطوب در سطوح کیک خرده‌چوب، سرعت افزایش درجه حرارت مغز ۴ بار سریع‌تر از حالتی است که از یک رطوبت یکنواخت در کیک خرده‌چوب استفاده گردد (هاتا و همکاران، ۱۹۹۰). با این‌حال با افزایش گرادیان مصرف چسب از ۲ به ۴ و ۶ درصد، مقدار چسبندگی داخلی تخته‌ها کاهش یافته است که دلیل آن کاهش مقدار مصرف چسب در لایه میانی می‌باشد. زیرا به‌رغم تأثیر مثبت افزایش سرعت انتقال حرارت از سطح تخته به لایه میانی بر اثر افزایش گرادیان مصرف چسب، به‌دلیل کاهش زیاد مقدار چسب مصرفی در لایه میانی چسبندگی داخلی کاهش می‌یابد.

نتایج همچنین نشان داد که اثر گرادیان مصرف چسب بر واکنشیدگی ضخامتی ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌ها معنی‌دار بوده و با افزایش گرادیان مصرف چسب از صفر به ۲ درصد بین لایه‌های سطحی و میانی، واکنشیدگی ضخامتی ۲ و ۲۴ ساعت در سطح معنی‌داری بهبود یافته است که با تغییرات چسبندگی داخلی تخته‌ها در این شرایط هماهنگی دارد. زیرا با افزایش چسبندگی داخلی و ایجاد اتصالات کارآمد بین خرده‌چوب‌ها به‌ویژه در لایه میانی، واکنشیدگی ضخامت نیز کاهش یافته و هماهنگی با چسبندگی

داخلی تخته‌ها بهبود می‌یابد (گریگوریو و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین اثر متقابل گرادیان مصرف چسب و زمان پرس بر واكشیدگی ضخامتی ۲ و ۲۴ ساعت تخته‌ها معنی‌دار بوده و در شرایط استفاده از گرادیان مصرف چسب ۲ درصد و زمان پرس ۴ دقیقه، واكشیدگی ضخامتی تخته‌ها به حداقل رسیده است. در گرادیان مصرف چسب ۲ درصد به دلیل ایجاد گرادیان رطوبتی مناسب در ضخامت کیک خرده‌چوب به تبع افزایش مصرف چسب در لایه سطحی، باعث می‌گردد انتقال حرارت به لایه میانی به نحو مطلوبی انجام گرفته و اتصالات به وجود آمده بین ذرات خرده‌چوب در این لایه کارآمد بوده و در زمان پرس ۴ دقیقه، بخار آب موجود در لایه میانی به تدریج از لبه‌های تخته خارج شود و به همین دلیل واكشیدگی ضخامتی تخته‌ها در این شرایط بهبود می‌یابد (کارگرفرد و همکاران، ۲۰۰۵).

در یک نتیجه‌گیری کلی، این بررسی نشان می‌دهد که چوب مرکبات می‌تواند به عنوان یک ماده لیگنوسلولزی مناسب برای تولید تخته‌خرده‌چوب مورد استفاده قرار گیرد. و شرایط اپتیمم برای ساخت تخته‌خرده‌چوب با ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی مطلوب از آن استفاده از گرادیان مصرف چسب ۲ درصد و زمان پرس ۴ یا ۵ دقیقه است. با این حال نتایج بیانگر آن است که به رغم این‌که سطح ویژگی‌های خمشی و چسبندگی داخلی تخته‌ها از حد استاندارد اروپا (EN 312) بالاتر می‌باشد ولی مقادیر به دست آمده برای واكشیدگی ضخامتی تخته‌ها در حد استاندارد نبوده و لازم است در فرآیند تولید تخته‌خرده‌چوب از چوب مرکبات، استفاده از واكس و مواد ضدآب به اندازه کافی مورد نظر قرار گیرد. همچنین استفاده از ماده چوبی مکمل مانند چوب انواع صنوبرها می‌تواند در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌های تولیدی از چوب مرکبات مؤثر باشد.

## منابع

1. Agricultural Statistics Year Book. 2006. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Deputy of Planing and Economic Affairs, Bureau of Statistics and Information Technology, 155p. (In Persian)
2. Casey, L.J. 1987. Changes in wood-flake properties in relation to heat, moisture and pressure during flakeboard manufacture. M.Sc. Thesis. Virginia State University, Blacksburg, Virginia, 162p.
3. Doosthoseini, K. 2001. Wood Composite Materials: Manufacturing, Applications. Volume 1: Fundamentals. Tehran University Press, 648p. (In Persian)
4. Enayati, A.A., Reisi, M. and Edalat, H.R. 2009. Investigation of Physical and Mechanical Properties of Particleboard Made From Apricot Pruning and Industrial Wood Particles. Iran. J. Wood and Paper Sci. Res. 24: 2. 244-253. (In Persian)

5. European Standard EN 326-1. 1993. Wood based panels, Sampling, cutting and inspection. Sampling and cutting of test pieces and expression of test results.
6. European Standard EN 310, European Standardization Committee. 1996. Wood based panels, determination of modulus of elasticity in bending and bending strength., Brussell.
7. European Standard EN 317, European Standardization Committee. 1996. Particleboards and fiberboards, determination of swelling in thickness after immersion., Brussell.
8. European Standard EN 319, European Standardization Committee. 1996. Wood based panels, determination of tensile strength perpendicular to plane of the board., Brussell.
9. European Standard EN 312, European Standardization Committee. 2003. Particleboards specifications, requirements for general purpose boards for use in general conditions., Brussell.
10. Grigoriou, A., Passialis, C. and Voulgaridis, E. 2000. Experimental Particleboards From Kenaf Plantations Grown In Greece. *Holz als Roh-und werkstoff*, 58: 5. 309-314.
11. Hata, T., Kawai, S. and Sasaki, H. 1990. part 2: Computer Simulation of temperature behavior in particle mat during hot-pressing and steam-injection pressing. *Wood Sci. Technol.* 24: 65-78.
12. Kargarfard, A., Hossienzadeh, A., Dosthossine, K., Jahan Latibari, A. and Nourbakhsh, A. 2005. The Effect Of Mat Moisture Content Gradient On Physical & Mechanical Properties of Particleboard. *Iran. J. Wood and Paper Sci. Res.* 20: 1. 93-108. (In Persian)
13. Kargarfard, A., Hossienzadeh, A., Nourbakhsh, A., Dosthossine, K. and Niknam, F. 2007. Utilization of apple wood pruning in particleboard production. *Pajouhesh-va-Sazandegi J. In Natur. Resour.* 73: 27-32. (In Persian)
14. Kasir, W.A. 1979. Influence of processing variable on the vertical gradient and properties of particleboard. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, 137p.
15. Moslemi, A.A. 1974. Particleboard. Vol. 2. Technology. Carbondale III Sothern Illinois Univ. Press, 380p.
16. Moslemi, A.A. 1989. Fiber and Particleboard. Bonded with Inorganic Binder. *Forest Product. Res. Soc. Madison, Wisconsin*, Pp: 155-171.
17. Ntalos, G.A. and Grigoriou, A.H. 2002. Characterization and utilization of vine Pruning as a wood substitute for particleboard production. *Ind. crops and products J.* 16: 59-68.
18. Song, D. and Ellis, S. 1997. Localized properties in flakeboard: A simulation using stacked flakes. *Wood and Fiber Sci. J.* 29: 4. 353-363.
19. Vziri, M. 2001. The Influence of Particleboard Production Condition On Heat Transfer During Press Cycle. M.Sc. Thesis, Natural Resources Faculty, Tehran University, 130p. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology*, Vol. 18(2), 2011  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **The Effect of Resin Gradient and Press Time on The Physical and Mechanical Properties of Particleboard Produced from Citrus Tree Wood**

**\*A. Kargarfard**

Research Assistant Prof., Wood and Forest Products Science Research Division,  
Research Institute of Forests and Rangelands  
Received: 2010/05/03; Accepted: 2011/03/09

### **Abstract**

The purpose of this research was to examine the influence of resin consumption gradient and press time on the physical and mechanical properties of particleboard produced from citrus tree residues. Four resin consumption gradients; 0, 2, 4 and 6% difference between surface and core layers (10-10%, 11-9%, 12-8% and 13-7%) and two press times of 4 and 5 minutes were applied and totally 24 laboratory boards were produced. The mechanical and physical properties of boards were measured and the results were analyzed using ANOVA method. The results showed that applying the resin consumption gradient of 2%, the MOR of the boards was improved. However, MOE of the boards increased as the resin consumption gradient increased and the maximum was observed at 6% resin gradient. The results indicated that at resin consumption gradient of 2%, higher IB was reached which was significantly different compared to other resin gradients, but at higher resin consumption gradients lower IB was measured. The thickness swelling of the boards showed irreversible behavior to IB of the boards and as the resin consumption raised to 2%, lower thickness swelling was observed which was significantly different with other resin consumption gradients and further improvement was not observed at higher resin gradients.

**Keywords:** Particleboard, Citrus tree, Resin gradient, MOR, Internal bonding

---

\* Corresponding Author; Email: [a\\_kargarfard@yahoo.com](mailto:a_kargarfard@yahoo.com)