نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل
جلد بیستم و دوم، شماره چهارم، ۱۳۹٤
http://jwfst.gau.ac.ir

# بررسی امکان اپوکسی دار کردن روغن سویا برای تولید تخته کاه گندم

***کوروش صارمی[۱]، تقی طبرسا[۲]، علیرضا شاکری[۳] و احمد بابا نعلبندی[٤]**

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲]استاد، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳]دانشیار دانشکده علوم، دانشگاه تهران، [٤]استادیار پژوهشگاه صنعت نفت تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰٦/۰۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۰۹/۱٦

## چکیده

**سابقه و هدف:** جنگل‌های ایران قادر به تأمین چوب موردنیاز صنایع چوب کشور از جمله صنعت تخته خرده چوب نمی‌باشند. استفاده از منابع غیر جنگلی از قبیل پسماندهای کشاورزی امری اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. در بین محصولات کشاورزی، گندم از نظر فراوانی در جهان دومین مقام را داراست. ساقه گندم بعد از برداشت محصول به‌عنوان پسماند در مزارع باقی می‌ماند که بخشی از آن برای خوراک دام استفاده می‌شود. در ایران پسماند گندم بیش از ٥٤ درصد پسماندهای محصولات کشاورزی کشور را تشکیل می‌دهد. کاه گندم با توجه به ساختار لیگنوسلولزیک می‌تواند در صنعت تخته خرده چوب مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به ساختار شیمیایی سطح کاه گندم رزین اوره فرم الدیید برای اتصال خرده کاه گندم مناسب نمی‌باشد. از طرف دیگر انتشار کاز فرم الدیید در هنگام تولید و مصرف از دیگر مشکلات این رزین می‌باشد. در این پژوهش، استفاده از رزین طبیعی روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی به‌عنوان چسب بر پایه روغن برای اتصال ذرات کاه گندم در تهیه تخته خرده بررسی و برخی از خواص آن اندازه‌گیری شد.

**مواد و روش‌ها:** در این مطالعه ابتدا روغن سویا با استفاده از اسید فرمیک و آب اکسیژنه اپوکسی‌دارگردید. در مرحله بعد اسید آکریلیک به روغن سویای اپوکسی‌دارشده افزوده گشت و رزین

*مسئول مکاتبه: Ksarami20@gmail.com

روغن سویای اپوکسی‌دارآکریلیکی تهیه شد. خواص رزین حاصل ارزیابی گردید. برای بررسی عملکرد رزین، تخته‌هایی از کاه گندم با مصرف ۸ درصد و ۱۳ درصد از رزین فوق‌الذکر با پرس گرم در حرارت ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد، فشار ۳۰ بار و سه زمان پرس ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه ساخته شدند. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل، مقاومت خمشی، مدول‌الاستیسیته، چسبندگی داخلی، واکشیدگی ضخامتی و جذب آب اندازه‌گیری گردید. اطلاعات حاصله با استفاده از تکنیک تجزیه واریانس به کمک نرم‌افزار SPSS تجزیه و تحلیل گردید.

**یافته‌ها:** نتایج طیف سنجی FTIR نشان داد که پروسه اپوکسی‌دارشدن به‌خوبی انجام شده و گروه‌های اپوکسی به‌خوبی روی روغن سویا قرار گرفته‌اند. بررسی پیشرفت واکنش اسید آکریلیک با روغن سویای آکریلیکی به‌وسیله طیف‌سنجی H-NMR مورد تأیید قرار گرفت. باز شدن حلقه‌های اپوکسی نشانه پیشرفت واکنش بود. نتایج آزمون خواص فیزیکی و مکانیکی نشان داد که در تخته‌های ساخته شده از کاه گندم با رزین روغن سویای اپوکسی‌دارآکریلکی در مقایسه با تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرم الدیید، چسبندگی داخلی، مقاومت خمشی و مدول‌الاستیسیته به‌ترتیب ۱۱۰، ۱۳۷ و ۱۳/٦ درصد افزایش و جذب و واکشیدگی ضخامتی به‌ترتیب ٤٨ و ٦٩ درصد کاهش داشته است. این نتایج نشان‌دهنده عملکرد مناسب رزین روغن سویای اپوکسی‌دارآکریلیکی می‌باشد.

***واژه‌های کلیدی:*** رزین اپوکسی سویای آکریلیکی، تخته‌خرده از کاه گندم، اوره فرمالدهید، اسید فرمیک، آب اکسیژنه

## مقدمه

استفاده از روغن‌های تری‌گلیسیرید طبیعی برای تهیه چسب و مواد کامپوزیتی در چند سال اخیر مورد توجه پژوهش‌گران و صنایع قرار گرفته است. این محصولات، مزایای اقتصادی و زیست‌محیطی نسبت به مواد پایه نفتی دارند و از این‌رو، منبع جایگزین خوبی برای چسب‌های بر پایه نفت هستند (۳ و ۱۷). روغن‌های تری‌گلیسیرید، استر هستند و از یک مولکول گلیسرول به‌همراه ۳ مولکول اسید چرب تشکیل شده، در آب نامحلول‌اند و از منابع حیوانی یا گیاهی به‌دست می‌آیند. اغلب روغن‌ها از اسیدهای چربی تشکیل شده‌اند که تعداد کربن‌های آن‌ها بین ١٤ تا ٢٠ کربن در طول به‌همراه ۰ تا ۳ پیوند دوگانه به ازای هر اسید چرب است (۱۸). از سال ١٩٩٦ روش‌های شیمیایی زیادی برای استفاده

از روغن‌های تری‌گلیسیرید طبیعی به‌عنوان منبعی برای تهیه پلیمرها، چسب‌ها و مواد کامپوزیتی مورد بررسی قرار گرفته است. این محصولات، مزایای اقتصادی (ارزانی) و زیست‌محیطی (تجزیه‌پذیری) نسبت به مواد نفتی داشته و از این جهت، منبع جایگزین خوبی برای این مواد می‌باشند (۱۸).

از عوامل مهمی که بر ویژگی‌های روغن و اسیدچرب تأثیرگذار است، درجه غیر اشباعی است. از آن‌جایی که ویژگی‌های فیزیکی تری‌گلیسیریدها بسته به نوع اسیدهای چرب آن‌ها فرق می‌کند، انتخاب تری‌گلیسیرید مناسب برای دستیابی به پلیمر با ویژگی‌های موردنظر حائز اهمیت است (۹). از رزین‌های طبیعی برای تولید چسب‌های حساس به فشار، الاستومرها و کامپوزیت‌های تقویت شده با الیاف سنتزی و طبیعی استفاده می‌شود. بیش‌ترین روغنی که برای ساخت کامپوزیت‌های بادوام و مقاوم مصرف می‌شود، روغن سویا است (۹ و ۱۸). با توجه به افزایش جمعیت و افزایش مصرف چوب و فرآورده‌های چوبی و همچنین کاهش منابع چوبی در کشورمان، استفاده از پسماندهای کشاورزی در ساخت فرآورده‌های مرکب، چون تخته‌خرده حائز اهمیت فراوانی است. ایران از نظر پوشش جنگلی فقیر بوده و تنها ۷ درصد از اراضی کل کشور از جنگل پوشیده شده است (۱). به‌همین دلیل کمبود مواد اولیه چوبی از مشکلات عمده موجود در صنایع چوب و کاغذ بوده که صنعت تخته‌خرده‌چوب نیز بخشی از آن است. از بین محصولات کشاورزی، از نظر فراوانی در جهان، کاشت گندم دومین مقام را در بین سایر غلات داراست. کاه گندم محصول جانبی اصلی حاصل از برداشت گندم بوده و در حال حاضر بخشی از آن در دامپروری به‌عنوان خوراک دام استفاده می‌شود (۲). همچنین پسماندهای گندم، با مقدار ٥٤ درصد در کل کشور، بیشترین سهم از تولید پسماندهای قابل استحصال را دارا می‌باشد (۱۰ و ١٤). جایگزینی کاه گندم و سایر پسماندهای کشاورزی با مواد اولیه چوبی، می‌تواند راه حلی برای بحران کمبود مواد اولیه چوبی در صنایع باشد. در صنعت تخته‌خرده‌چوب علاوه‌بر مشکل کمبود ماده اولیه مسئله استفاده از رزین‌های نفتی مانند اوره‌فرمالدهید و همچنین سمی و سرطان‌زا بودن ترکیبات فرمالدهید مشکل دیگری است. همچنین به‌دلیل کمبود مواد نفتی در جهان و پایان‌پذیر بودن آن، استفاده از رزین‌های طبیعی به‌عنوان جایگزینی برای رزین‌های نفتی، حائز اهمیت است. رزین‌های طبیعی از گیاهان و حیوانات به‌دست آمده و در تمام جهان قابل دسترس و تجدیدپذیر هستند. استفاده از کاه گندم به‌عنوان ماده اولیه فراوان و رزین طبیعی اپوکسی سویای آکریلیکی به‌عنوان جایگزینی برای رزین سمی و سرطان‌زای اوره‌فرمالدهید، می‌تواند راه حلی هم برای کمبود مواد اولیه چوبی و هم سمی و سرطان‌زا بودن ترکیبات فرمالدهید باشد.

در این پژوهش، استفاده از رزین طبیعی روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی به‌عنوان چسب بر پایه روغن برای اتصال ذرات کاه گندم در تهیه تخته‌خرده بررسی و برخی از خواص آن اندازه‌گیری شد.

## مواد و روش‌ها

کاه گندم از مزارع کشاورزی استان گلستان به شکل خرمنکوپی شده تهیه و سپس با الک (مش ۲۰)، به ابعاد طولی در حدود ۲ تا ۵ میلی‌متر الک شد. کاه‌ها برای رسیدن به رطوبت ۲ درصد در آون در دمای ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸ تا ۱۰ ساعت قرار گرفتند. روغن سویای خام از کارخانه سویابین استان گلستان تهیه شد. اسیدفرمیک (۹۸-۱۰۰ درصد) و پروکسیدهیدروژن (۳۰ درصد) به‌عنوان واکنشگر در واکنش اپوکسی‌دار شدن استفاده شد. از اکریلیک‌اسید برای ساخت روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی و برای سرعت بخشیدن به واکنش آکریل‌دار شدن از ۱ و ٤ – دی آزوبی سیکلو [۲، ۲، ۲] اکتان به‌عنوان کاتالیزور استفاده شد. برای جلوگیری از پلیمر شدن آکریلیک اسید طی فرآیند ساخت سویای آکریلیکی نیز از هیدروکینون استفاده شد. از بنزوئیل پروکسید به‌عنوان آغازگر واکنش پلیمر شدن رادیکالی و برای کاهش گرانروی رزین از استایرن استفاده شد.

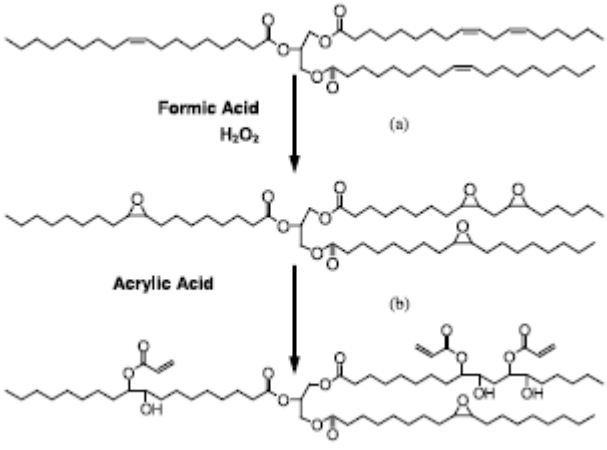
برای تیتراسیون روغن اپوکسی سویا جهت تعیین گروه‌های اپوکسی ۰/۳– ۰/۵ گرم روغن اپوکسی داخل ارلن ۵۰ سی سی ریخته و ۱۰ سی سی کلروبنزن و ۰/۱ میلی‌لیتر یا ۵ قطره از محلول معرف (واکنش‌گر کریستال ویولت) به آن اضافه شد. عمل تیتراسیون به‌وسیله هیدروبرمیک اسید ۰/۱ نرمال که با اسید استیک گلایسیال به حجم رسیده انجام شد تا محلول به رنگ آبی- سبز تبدیل شود و سپس براساس رابطه (۱) مقدار گروه‌های اپوکسی محاسبه شد:

$$\%epoxy = \frac{v \times n \times 1.6}{w_m}$$ رابطه (۱)

که در این معادله، v حجم محلول تیتر مصرف شده، n نرمالیته هیدروبرمیک اسید و wm مقدار روغن اپوکسی مورد استفاده بر حسب گرم است (۱۱).

اپوکسی‌دار کردن روغن سویا برای اولین بار در کشور در آزمایشگاه صنایع جوب و کاغذ دانشگاه منابع طبیعی و کشاورزی گرگان انجام گرفت (۱۳). روغن سویا و اسید فرمیک در بالن ارلن مایر مخلوط می‌شوند. و بعد محلول پروکسید هیدروژن تدریجاً به داخل مخلوط اضافه می‌شود. و بعد از

آن مخلوط سرد شده و به‌وسیله آب شسته می‌شود. دی اتیل اتر برای تسهیل جداسازی فرآورده روغن از فاز آب استفاده می‌شود، فرآورده نهایی با حرارت کمتر از ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد. در ابتدا روغن سویای اپوکسی‌دار شده داخل بشر ریخته شد. در بشری دیگر، اسید آکریلیک ریخته و به آن هیدروکینون و کاتالیزور اضافه شد. با استفاده از همزن مغناطیسی، بشر محتوی اسید آکریلیک و هیدروکینون و کاتالیزور هم زده شد تا ماده‌ای نسبتاً همگن حاصل شود. سپس ترکیب فوق به بشر حاوی روغن سویای اپوکسی‌دار شده اضافه و سپس به داخل حمام آب گرم انتقال داده شد. آب باید همواره در حالت جوش باشد و جهت کنترل دمای آن از دماسنج استفاده شد. روی بشر با فویل آلومینیومی پوشانده شد تا بخار آب به داخل بشر حاوی مواد نفوذ نکند. عمل هم زدن به‌مدت ۱۱ ساعت با همزن مکانیکی ادامه یافت تا در نهایت محصولی عسلی شکل تولید شد. بعد از تولید، محصول، در دمای محیط قرار گرفت تا خنک شود. چگونگی ساخت روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی در شکل ۱ نشان داده شده است.




**شکل ۱- مراحل ساخت روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی: (a): روغن سویا، (b): روغن سویای اپوکسی‌دار شده، (c): روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی (۷).**

Figure 1. Acrylated epoxidized soybean oil steps: (a): Soybean oil, (b): Epoxidized soybean oil, (c): Acrylated epoxidized soybean oil.

برای تعیین ساختار روغن سویای اپوکسی‌دارشده و تأیید صحت انجام عمل اپوکسی‌دار شدن از روش طیف‌سنجی طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) و رزونانس مغناطیسی هسته‌ای (H-NMR)

استفاده شد. ویسکوزیته رزین فوق بر اساس روش ویسکومتری (بروکفیلد) طبق استاندارد ASTM-D1084 با دستگاه VISCO STAR-R RPM 12 معین شد. دانسیته رزین فوق با استفاده از کاپ استیل ۵۰ میلی‌لیتری طبق استاندارد ASTM-D1475 معین شد. متوسط وزن مولکولی Mw توسط آزمون GPC طبق استاندارد ASTM-D 6579-06 شد. هم‌چنین زمان انعقاد رزین طبق استاندارد DIN 6945 اندازه‌گیری شد. به‌منظور بررسی عملکرد چسب، تخته‌هایی از کاه گندم و رزین روغن سویای اپوکسی‌دارشده آکریلیکی با دانسیته ۰/۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب و در ابعاد ۳۰۰×۳۰۰×۱۰ میلی‌متر ساخته شدند. پس از اسپری رزین روی خرده‌های کاه گندم و تشکیل کیک و پیش‌پرس، کیک‌ها در درجه حرارت پرس ۲۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار پرس ۳۰ بار در سه زمان ۸، ۱۰ و ۱۲ دقیقه پرس گرم شدند. جهت‌گیرایی کامل رزین اپوکسی سویای آکریلیکی، تخته‌های ساخته شده بلافاصله بعد از پرس داخل اتوو در دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ ساعت قرار گرفتند. بعد از تیمار حرارتی، تخته‌ها به‌مدت ۲ هفته در شرایط رطوبت نسبی ٦٥-٦٠ درصد و دمای ۲۵-۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. آزمایش خصوصیات مکانیکی تخته‌های ساخته شده شامل چسبندگی داخلی با استاندارد EN-310 و خمش با استاندارد EN-319 و استفاده از ماشین Schenck انجام شد. اندازه‌گیری واکشیدگی ضخامتی و جذب آب براساس استاندارد ۱۹۹۹ TS-EN317 اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از آزمون فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌کمک تکنیک تجزیه واریانس وآزمون دانکن و نرم‌افزار SPSS انجام شد.

## نتایج و بحث

مقدار گروه‌های اپوکسی روغن سویای اپوکسی‌دار شده بر اساس رابطه (۱) اندازه‌گیری شد و مقدار میانگین آن ٦/۱ درصد وزنی پس از سه مرتبه تکرار به‌دست آمد. مشخصات روغن سویای اپوکسی‌دارشده اندازه‌گیری شد و نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

**جدول ۱- مشخصات روغن سویای اپوکسی‌دار شده.**

Table 1. Epoxidized soybean oil characteristics.

| مشخصات<br>Characteristics | روغن سویای اپوکسی‌دار شده (ESO)<br>epoxidized soybean oil |
|---|---|
| شکل ظاهری<br>Appearance | شیری رنگ<br>Clear |
| وزن مولکولی (g/mol) | در حدود 1050 |
| مقدار گروه اکسیران (%) | 6.1 |
| ویسکوزیته (30◦C,cp) | 410 |
| وزن مخصوص ($25^{\circ}C, g/cm^3$) | 1-0.992 |

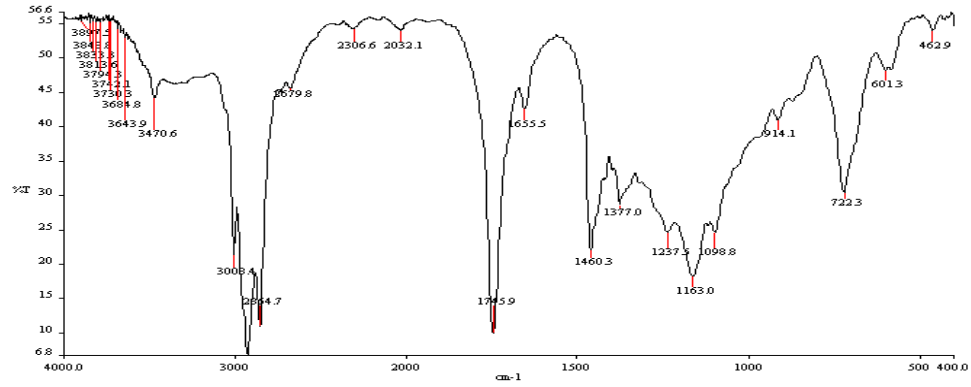
مشخصات رزین سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی اندازه‌گیری شد و نتایج آن در جدول ۲ آمده است.

**جدول ۲- مشخصات اپوکسی سویای آکریلیکی تولید شده.**

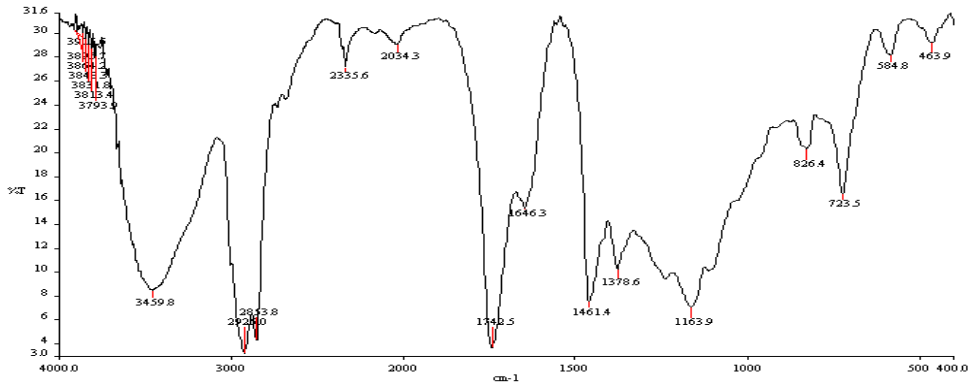
Table 2. Acrylated Epoxidized Soybean Oil characteristics.

| مشخصات<br>Characteristics | روغن سویای اپوکسی‌دارشده آکریلیکی (AESO) |
|---|---|
| شکل ظاهری<br>Appearance | عسلی تیره<br>Honeylike |
| وزن مولکولی (g/mol)<br>Molecular weight (g/mol) | در حدود 1350 |
| ژل تایم (s)<br>Gel time | 150 |
| ویسکوزیته (30◦C,cp)<br>Viscosity (cP) | 1650 |
| وزن مخصوص ($25^{\circ}C, g/cm^3$)<br>Specific gravity (25◦C) | 1.1 |

طیف‌سنجی مادون‌قرمز تری‌گلیسرید (روغن سویای خام) و روغن سویای اپوکسی‌دار شده روغن سویا و روغن سویای اپوکسی‌دار شده (با مقدار اپوکسی ٦/١ درصد) به‌وسیله FTIR برای مشاهده گروه‌های فعال آنالیز شد. شکل ۲ نشان دهنده طیف FTIR برای روغن سویا خام و روغن سویای اپوکسی‌دار شده می‌باشد.




**طیف FTIR برای روغن سویا خام (الف).**




(ب)

**شکل ۲- طیف FTIR برای روغن سویا خام (الف)، روغن سویای اپوکسی‌دار شده (ب).**

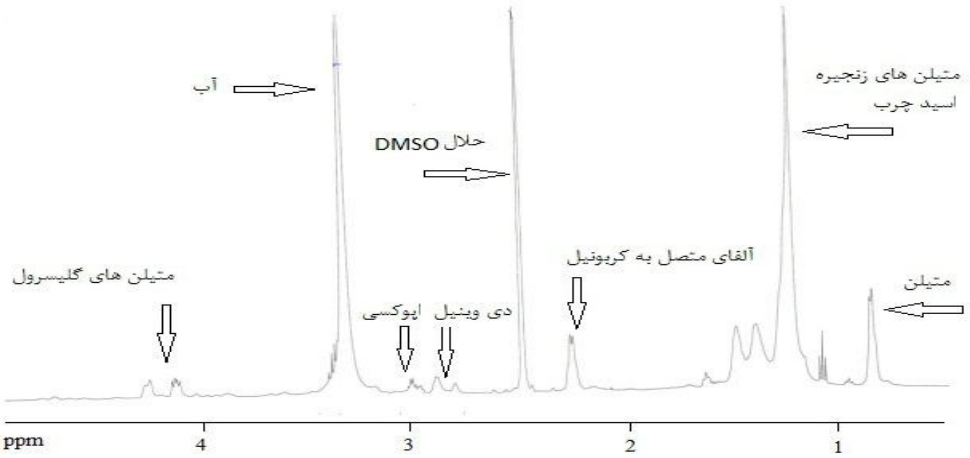
Figure 2. FTIR spectrum of soybean oil (a), (b) Epoxidation soybean oil.

حضور پیک جدید در طیف FTIR روغن سویای اپوکسی‌دار شده در فاصله ۸۲۳ cm-1 تا ۸٤۳ cm-1 نشان‌دهنده گروه‌های اپوکسی می‌باشد که تأیید کننده نتیجه موفقیت‌آمیز واکنش اپوکسی‌دار شدن روغن سویاست (١٦).

یک پیک جدید دیگر در ۳٤٥۹ cm-1 و ۳٤۷۱ cm-1 نشان‌دهنده حضور گروه‌های هیدروکسیل O-H می‌باشد که نشانگر این است که گروه‌های اپوکسی در حین فرایند ممکن است باز شده باشند. واکنش باز شدن حلقه اپوکسی می‌تواند به‌وسیله کاتالیزور اسیدی در حضور آب اتفاق بیفتد (٦). در

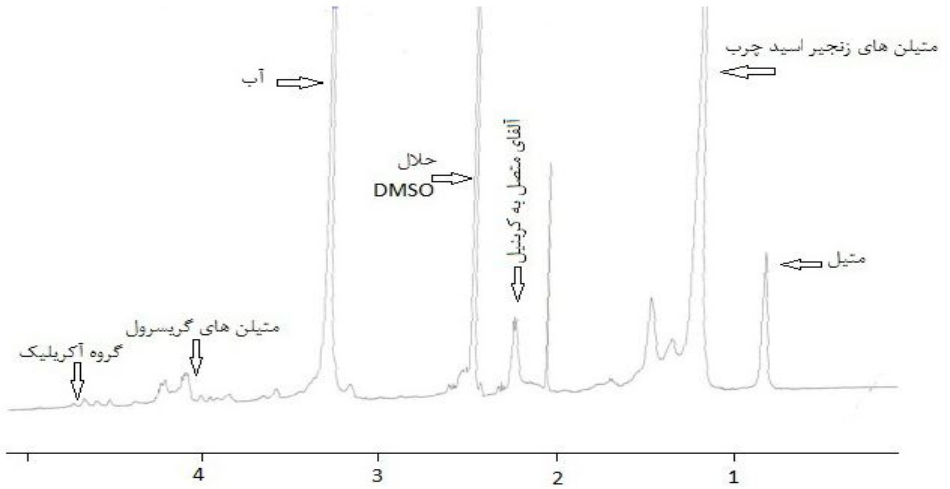
اپوکسی‌دار کردن چون محلول آبی پروکسید هیدروژن استفاده می‌شود در حین واکنش علاوه‌بر محصول نهایی (روغن سویای اپوکسی‌دار شده) واکنش جانبی نیز اتفاق می‌افتد و مقداری آب که چگالتر از محصول نهایی می‌باشد، در زیر فاز محصول نهایی تشکیل می‌شود.

جهت تعیین ساختار اپوکسی سویای آکریلیکی از روش طیف‌سنجی H-NMR استفاده شد که در یک مرحله "روغن سویای اپوکسی‌دار شده" و در مرحله بعد "اپوکسی سویای آکریلیکی" تولید شده مورد آزمایش قرار گرفت. تصاویر مربوط به H-NMR هر دو ترکیب در شکل‌های ۳ و ٤ آورده شده است. با بررسی طیف‌های زیر قرمز AESO با روغن سویای اپوکسی‌دارشده (شکل ۲)، انجام واکنش بین گروه‌های اپوکسی با اسید آکریلیک قابل مطالعه است. در طیف‌های مربوط به AESO در مقایسه با روغن سویای اپوکسی‌دار شده، شدت قله cm-1 ۳٤٦۰ که مربوط به ارتعاش کششی پیوند O-H است، به مقدار زیادی افزایش یافته است. هم‌چنین، شدت قله cm-1 ۱۱٦٤ مربوط به ارتعاش حلقه اپوکسی کاهش یافته است و قله‌های مربوط به پیوند C=CH2 نیز در طول موج ۱٦۱۰ و cm-1 ۱٦۳۰ ظاهر شده‌اند که نشان‌دهنده پیوند آکریلیک روی زنجیر روغن سویای اپوکسی‌دار شده است.




**شکل ۳- H-NMR مربوط به روغن سویای اپوکسی‌دار شده.**

Figire 3. H-NMR spectra epoxidation soybean oil.




**شکل ٤- H-NMR مربوط به اپوکسی سویای آکریلیکی.**

Figire 4. H-NMR spectra Acrylated Epoxidized Soybean Oil.

از آنجا که گرانروی رزین در دمای زیاد است، برای کاهش گرانروی آن از استایرن استفاده شد. استایرین (در حضور حرارت و آغازگر) پلیمر شده و تبدیل به پلی استایرین می‌شود و زمانی که به پلی‌استایرین تبدیل شد هیچ خطری برای سلامتی وجود ندارد (٤). مثال بارز لیوان‌های یک بار مصرفی که وجود دارند از پلی استایرین هستند. این عمل کمک می‌کند تا رزین به‌خوبی روی ذرات کاه افشانده و عمل پراکندگی آن به‌خوبی انجام شود. مقدار استایرن مصرف شده برای کاهش گرانروی رزین، ۳۳ درصد وزنی رزین بود که با افزودن آن گرانروی رزین به کمتر از CP ۲۵۰ کاهش یافت. پس از کاهش گرانروی، رزین در مجاورت آغازگر بنزوئیل پراکساید در اثر گرما پلیمر شد.

در جدول ۳ معنی‌دار و یا عدم معنی‌دار بودن اثرات مستقل و متقابل مقدار رزین و زمان پرس بر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده در سطح ۵ درصد نشان داده شده است. اثر مستقل مقدار رزین و زمان پرس بر چسبندگی داخلی معنی‌دار بوده و همچنین اثر متقابل زمان پرس و مقدار رزین معنی‌دار می‌باشد.

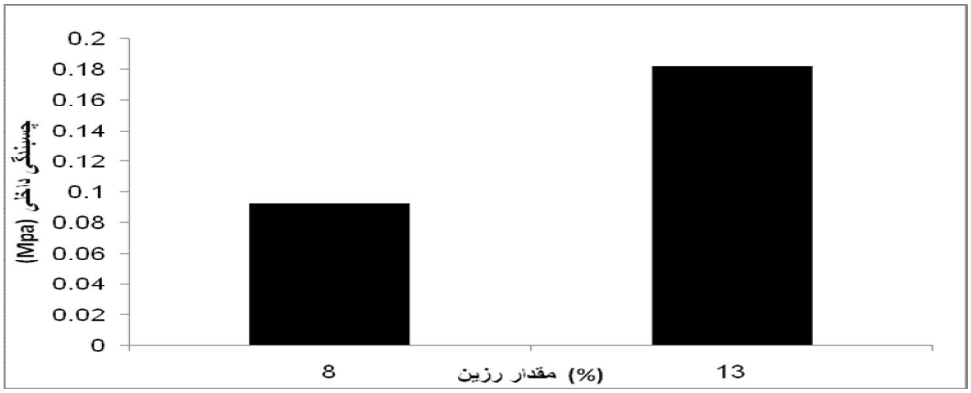
**جدول ۳- تجزیه واریانس اثر متغیرها روی چسبندگی داخلی.**

Table 3. Analysis of Variance of the effect of variables on Internal Bond.

| منبع تغییرات | مجموع مربعات | درجه آزادی | میانگین مربعات | آماره آزمون F | Sig | معنی‌داری |
|---|---|---|---|---|---|---|
| مقدار رزین | 0.036 | 1 | 0.036 | 399.769 | 0/000 | ** |
| زمان پرس | 0.007 | 2 | 0.003 | 37.123 | 0/000 | ** |
| مقدار رزین * زمان پرس | 0.001 | 2 | 0.000 | 4.176 | 0/042 | |
| خطا | 0.001 | 12 | 0.000 | | | |
| مجموع | 0.383 | 18 | | | | |
| مجموع تصحیح | 0.045 | 17 | | | | |

*، ** و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

در شکل ۵ اثر مستقل مقدار رزین بر چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده دیده می‌شود.

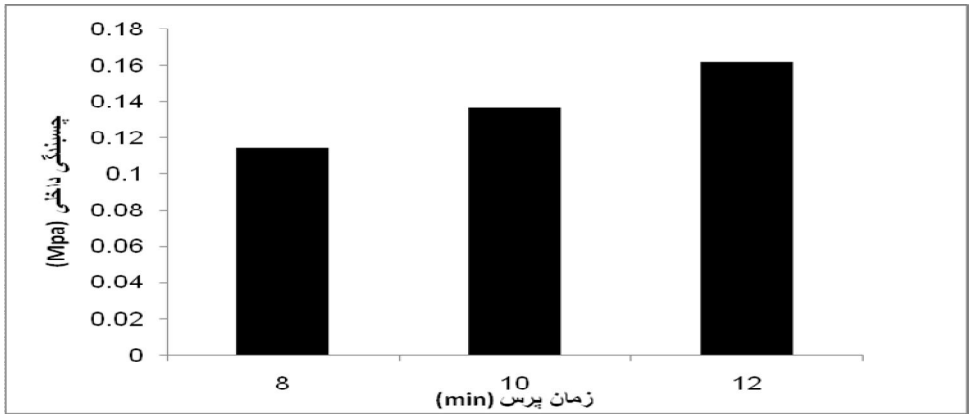



**شکل ۵- اثر مستقل مقدار رزین بر چسبندگی داخلی.**

Figure 5. Effect of amount of resin on Internal Bond.

همان‌طور که در شکل ۵ مشخص است، در مقایسه بین تمام تخته‌های ساخته شده، افزایش مقدار رزین اثر معنی‌داری در افزایش چسبندگی داخلی دارد. چون با افزایش مقدار رزین امکان دربرگیری ذرات کاه توسط رزین افزایش یافته و باعث بهبود کیفیت اتصال می‌شود (۲). در عین حال رزین AESO به‌دلیل ساختار روغنی و غیر قطبی خود، با سطح ذرات کاه سازگار بوده و بر روی آن به

خوبی پخش شده و زاویه تماس بین کاه و رزین روغنی پایین می‌آید (۲ و ۹). حضور لایه مومی می‌تواند دلیل اصلی و عمده کاهش مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی در تخته‌های حاصل از کاه گندم باشد (۱۹). در مقایسه بین تمام تخته‌ها، با توجه به شکل ٦ افزایش زمان پرس، باعث افزایش معنی‌دار چسبندگی داخلی می‌شود. بهبود چسبندگی داخلی با افزایش زمان پرس می‌تواند به‌دلیل گیرایی کامل‌تر رزین در زمان‌های بالاتر باشد. نفوذپذیری پایین ذرات کاه و کند بودن انتقال حرارت از سطح به مغز کیک (۵) باعث می‌شود که انتقال حرارت در زمان‌های پرس پایین به خوبی صورت نگرفته و رزین‌گیرایی کافی حاصل نکند و با افزایش زمان پرس‌گیرایی رزین بهبود یافته و کامل‌تر می‌شود.




**شکل ٦- اثر مستقل زمان پرس بر چسبندگی داخلی.**

Figure 6. Effect of press time on Internal Bond.

در شکل ۷ مقایسه کلی بین چسبندگی داخلی تخته‌های ساخته شده از رزین روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی در دو سطح مقدار رزین و سه سطح زمان پرس مشاهده می‌شود. همان‌طور که در شکل دیده می‌شود، با افزایش زمان پرس و همچنین رزین چسبندگی داخلی نیز افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از تخته‌های ساخته شده با رزین روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی در جدول ٤ آمده است. نتایج حاصل از تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید در جدول ۵ آمده است.

**جدول ٤- خواص تخته‌های ساخته شده با رزین روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی.**

Table 4. Properties of Boards made of Acrilated epoxdised soya oil.

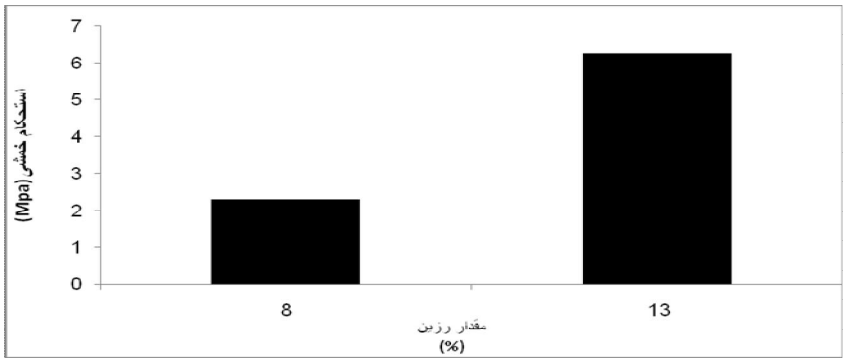
| | IB (MPa) | MOR (MPa) | MOE (MPa) | TS (24H) % | WA(24H) % |
|---|---|---|---|---|---|
| AESO | 0.21 | 8 | 1224.78 | 28.57 | 75.53 |

**جدول ۵- خواص تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید.**

Table 5. Properties of boards made of Urea Formaldehyde.

| | IB (MPa) | MOR (MPa) | MOE (MPa) | TS (24H) % | WA(24H) % |
|---|---|---|---|---|---|
| UF | 0.1 | 3.37 | 1077.5 | 93.38 | 147.47 |

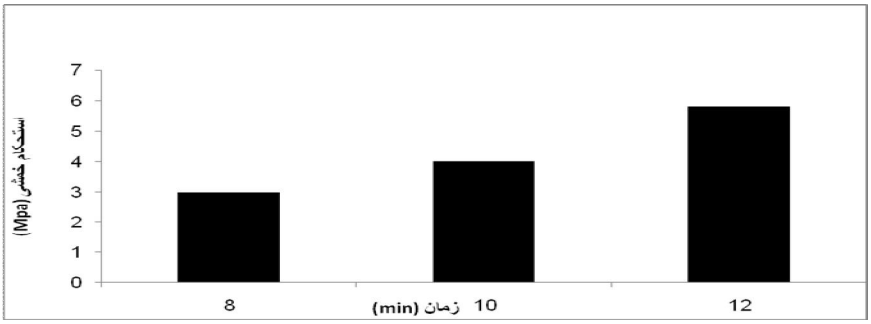
در شکل ۷- اثر مستقل مقدار رزین بر مقاومت خمشی تخته‌های حاصل از رزین دیده می‌شود.




**شکل ۷- اثر مستقل مقدار رزین بر مقاومت خمشی.**

Figure 7. Effect of amount of resin on modulus of rupture.

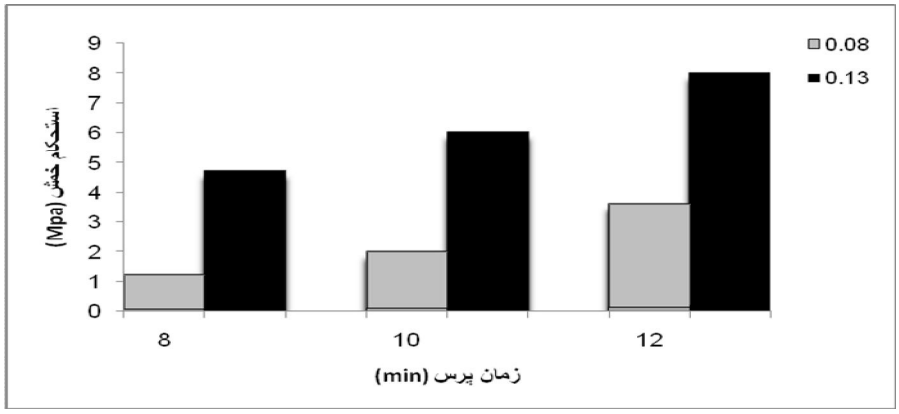
افزایش رزین نیز باعث افزایش مقدار مقاومت خمشی شده و همچنین افزایش زمان پرس نیز باعث بهبود استحکام خمشی می‌شود. لایه مومی سطح کاه می‌تواند دلیل اصلی و عمده کاهش مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی در تخته‌های حاصل از چسب اوره فرمالدهید با کاه گندم باشد (۲ و ۱۹). اما، استفاده از چسب روغنی سازگار با لایه غیرقطبی سطح کاه می‌تواند اثر به‌سزایی بر بهبود استحکام خمشی داشته باشد. به‌دلیل سازگاری رزین غیر قطبی AESO با سطح غیر قطبی ذرات کاه گندم، کیفیت اتصال بین این نوع رزین اثر معنی‌داری بر افزایش مقاومت خمشی دارد. چون با ازدیاد مقدار رزین سطح تماس بین رزین و ذرات کاه افزایش می‌یابد و باعث بهبود کیفیت اتصال می‌شود. در واقع، با افزایش مقدار رزین امکان در برگیری ذرات کاه به وسیله رزین افزایش یافته و باعث بهبود استحکام خمشی می‌شود (۲). در شکل ۸ اثر مستقل زمان پرس بر استحکام خمشی تخته‌های از رزین قابل مشاهده است.




**شکل ۸- اثر مستقل زمان پرس بر مقاومت خمشی.**

Figure 8. Effect of press time on Modulus of Rupture.

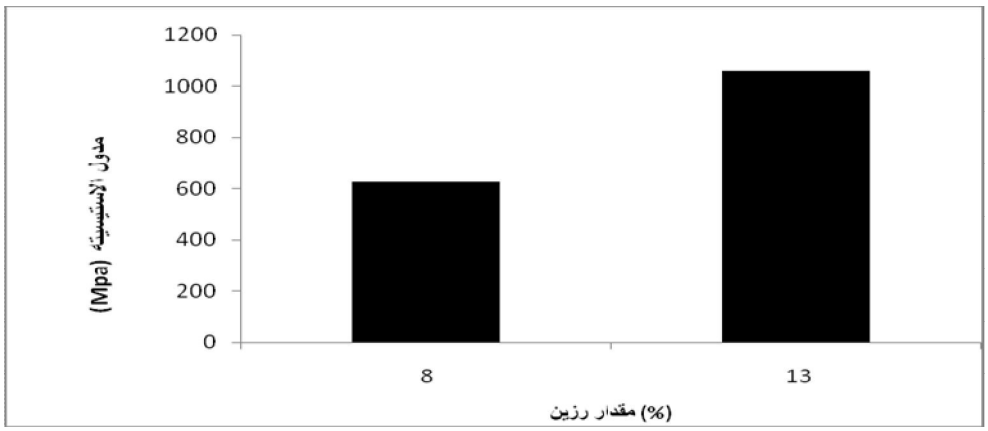
همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود بین زمان پرس ۸ و زمان‌های پرس ۱۰ و ۱۲ دقیقه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. دلیل این موضوع می‌تواند به اتصالات عرضی رزین ارتباط داشته باشد. مقاومت خمشی ارتباط زیادی به کیفیت اتصال موجود در سطح تخته دارد. از آنجایی که سطح کیک به طور مستقیم در معرض حرارت پرس می‌باشد، با افزایش زمان پرس، زمان قرارگیری سطح تخته در معرض حرارت نیز افزایش پیدا می‌کند. بنابراین با افزایش زمان گیرایی رزین در سطح کیک کامل‌تر شده و افزایش مقاومت خمشی حاصل می‌شود. در شکل ۹ اثر متقابل مان پرس و مقدار رزین بر مقاومت خمشی تخته‌های حاصل دیده می‌شود.




**شکل ۹- اثر متقابل زمان پرس و مقدار رزین بر مقاومت خمشی.**

Figure 9. Interaction effect of press time and amount of resin on Modulus of Rupture.

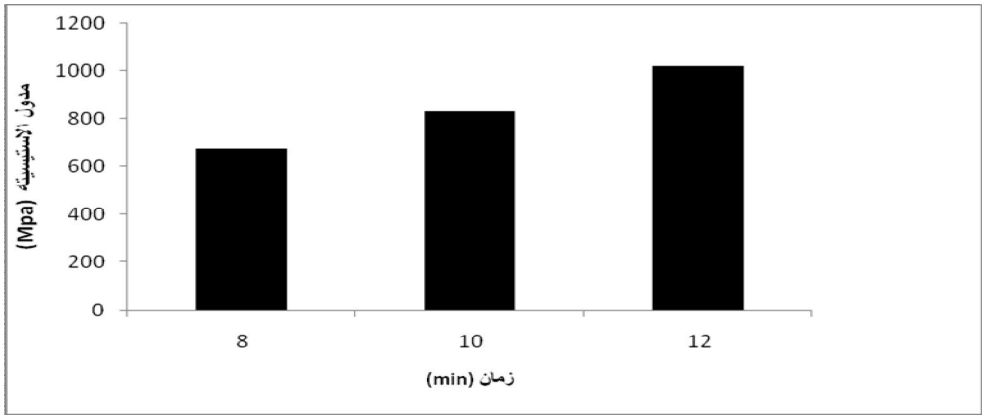
همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، با بیشتر شدن زمان پرس و همچنین مقدار رزین، مقاومت خمشی نیز افزایش می‌یابد. در مقایسه با تخته کاه گندم ساخته شده با رزین روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی (جدول ۳) و چسب اوره فرمالدهید (جدول ٤) که مقدار مقاومت خمشی برای آن ۳/۳۷ MPa گزارش شد، مشخص می‌شود که در تمام زمان‌های پرس با ۱۳ درصد رزین، استحکام خمشی بیشتر است. همان‌طور که در شکل ۹ مشاهده می‌شود، تخته‌های ساخته شده با مقدار ۱۳ درصد رزین و زمان پرس ۱۲ دقیقه بهترین نمونه از لحاظ مقاومت خمشی است. زیرا، با به‌کار بردن ۱۳ درصد رزین سطح تماس بین رزین و ذرات افزایش می‌یابد. همچنین، در زمان پرس ۱۲ دقیقه اتصالات عرضی رزین AESO کامل‌تر شده است. بوکیلون و همکاران (۲۰۰٤) خصوصیات تخته‌خرده کاه گندم ساخته شده با چسب‌های مختلف را مورد بررسی قرار دادند (۲). آن‌ها نتیجه گرفتند که خصوصیات تخته‌های ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید، به‌ویژه چسبندگی داخلی و واکشیدگی ضخامت آن‌ها ضعیف می‌باشد. در حالی‌که خصوصیات تخته‌های ساخته شده با چسب‌های روغنی اپوکسی به‌همراه ذرات کوچک کاه، بسیار قابل قبول و در حد استاندارد هستند. افزایش رزین باعث ازدیاد مقدار مدول‌الاستیسته ظاهری و همچنین افزایش زمان پرس نیز باعث بهبود مدول کشسانی می‌شود. در شکل ۱۰ اثر مستقل مقدار رزین بر مدول الاستیسیته تخته‌های حاصل دیده می‌شود.




**شکل ۱۰- اثر مستقل مقدار رزین بر مدول‌الاستیسیته.**

Figure 10. Effect of amount of resin on Modulus of Elasticity.

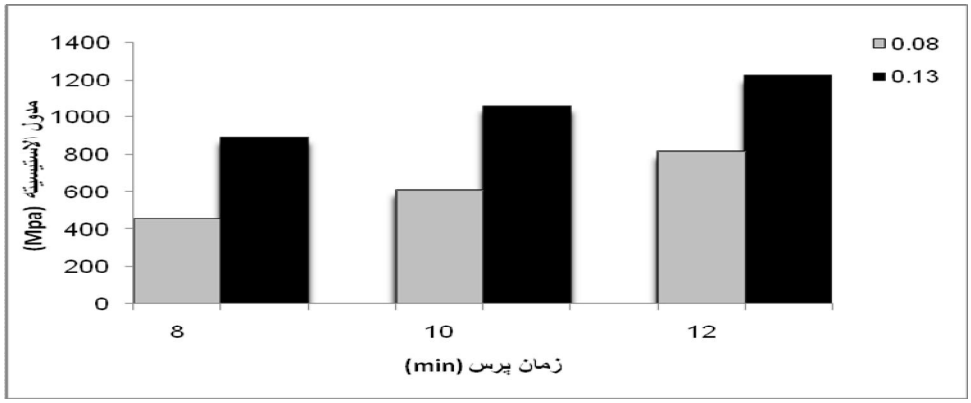
همان‌طور که در شکل ۱۰ مشخص است، در مقایسه بین تمام تخته‌های ساخته شده افزایش مقدار رزین اثر معنی‌داری در افزایش مدول‌الاستیسیته دارد. چون با افزایش مقدار رزین سطح تماس بین رزین و ذرات کاه افزایش یافته و باعث بهبود کیفیت اتصال می‌شود (۲). همان‌طور که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود بین هر سه زمان پرس اختلاف معنی‌داری وجود دارد. دلیل این موضوع می‌تواند به گیرایی رزین ارتباط داشته باشد. از آنجایی که سطح کیک به‌طور مستقیم در معرض حرارت پرس می‌باشد، با افزایش زمان پرس، زمان قرارگیری سطح تخته در معرض حرارت نیز افزایش پیدا می‌کند. بنابراین با افزایش زمان‌گیرایی رزین در سطح کیک کامل‌تر شده و افزایش مدول‌الاستیسیته حاصل می‌شود.




**شکل ۱۱- اثر مستقل زمان پرس بر مدول‌الاستیسیته.**

Figure 11. Effect of press time on Modulus of Elasticity.

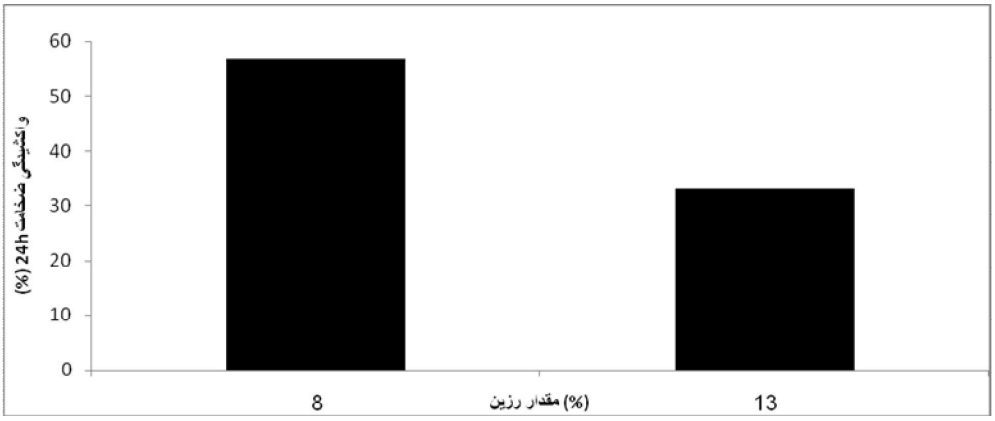
در شکل ۱۲ مقایسه کلی بین مدول‌الاستیسیته تخته‌های ساخته شده از رزین AESO در دو سطح مقدار رزین و سه سطح زمان پرس مشاهده می‌شود. همان‌طور که دیده می‌شود، با افزایش زمان پرس و همچنین مقدار رزین رزین مدول کشسانی خمشی نیز افزایش می‌یابد.




**شکل ۱۲- اثر متقابل زمان پرس و مقدار رزین بر مدول‌الاستیسیته.**

Figure 12. Interaction Effect of press time and amount of resin on modulus of Elasticity.

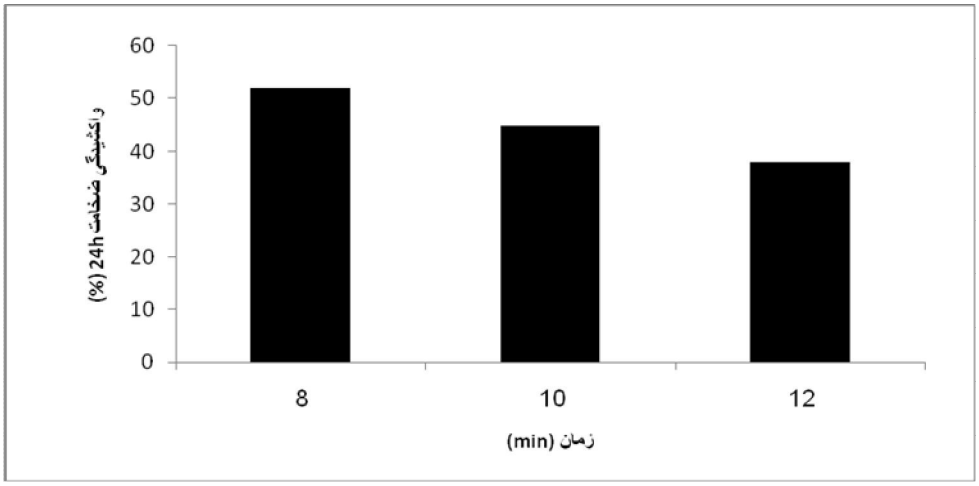
در مقایسه با تخته کاه گندم ساخته شده با رزین روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی (جدول ۳) و چسب اوره فرمالدهید (جدول ٤) که مقدار مدول‌الاستیسیته برای آن MPa ۱۰۷۷/۵ گزارش شد، مشخص می‌شود که در تمام زمان‌های پرس با ۱۳ درصد رزین، مدول کشسانی خمشی بیشتر است. در شکل ۱۳ اثر مستقل مقدار رزین بر واکشیدگی ضخامت در ۲٤ ساعت را نشان می‌دهد.




**شکل ۱۳- اثر مستقل مقدار رزین بر واکشیدگی ضخامت در ۲٤ ساعت.**

Figure 12. Effect of amount of resin on Thickness Swelling after 24 hours.

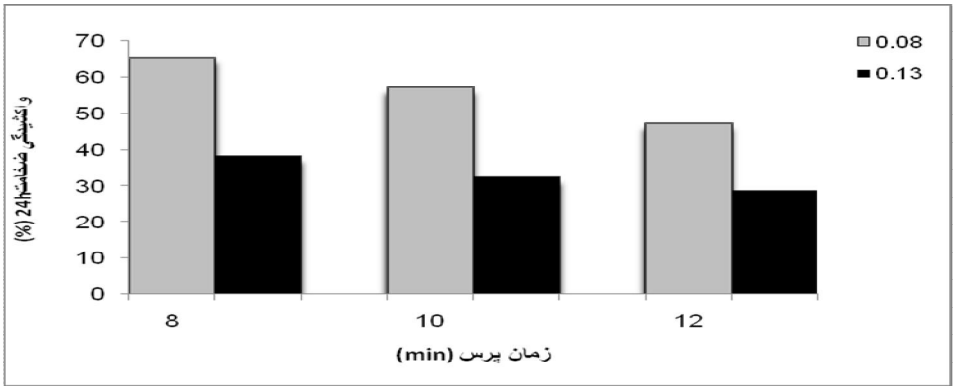
طبق نتایج، با افزایش مقدار رزین میزان واکشیدگی ضخامت از ٦٥/٦٦ به ۲۸/۵۷ درصد کاهش می‌یابد. رزین AESO به‌دلیل ساختار غیر قطبی و همچنین سازگاری با سطح ذرات کاه گندم، اتصال خوبی با این ذرات ایجاد می‌کند. با افزایش مقدار رزین، سطح تماس بین رزین و ذرات کاه گندم بیشتر شده و باعث بهبود کیفیت اتصال می‌شود و اتصال محکم بین ذرات و رزین باعث کاهش واکشیدگی ضخامت می‌شود. در شکل ١٤ مشاهده می‌شود، با افزایش زمان پرس واکشیدگی ضخامت سیر نزولی دارد. با افزایش زمان پرس، پخت رزین کامل‌تر شده و اتصالات عرضی ایجاد شده بهبود می‌یابند. بهبود اتصالات باعث کاه واکشیدگی ضخامت می‌شود.




**شکل ١٤- اثر مستقل زمان پرس بر واکشیدگی ضخامت در ٢٤ ساعت.**

Figure 14. Effect of press time on thickness swelling after 24 hours.

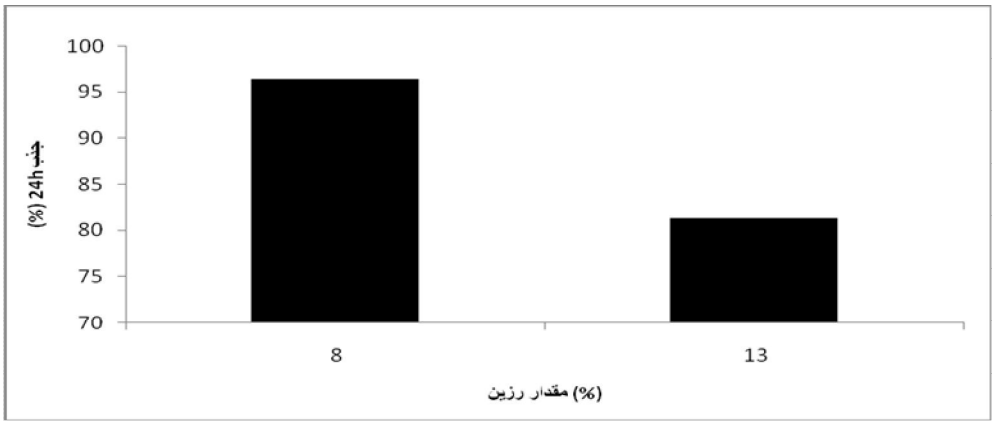
در شکل ۱۵ مقایسه کلی بین واکشیدگی ضخامت ٢٤ ساعت تخته‌های ساخته شده از رزین AESO در دو سطح مقدار رزین و سه سطح زمان پرس مشاهده می‌شود. همان‌طور که دیده می‌شود، با افزایش زمان پرس و همچنین مقدار رزین، واکشیدگی ضخامت ٢٤ ساعت کاهش می‌یابد.




**شکل ۱۵- اثر متقابل زمان پرس و مقدار رزین بر واکشیدگی ضخامت در ۲٤ ساعت.**

Figure 15. Interaction effect of press time and amount of resin on Thick Swelling after 24 hours.

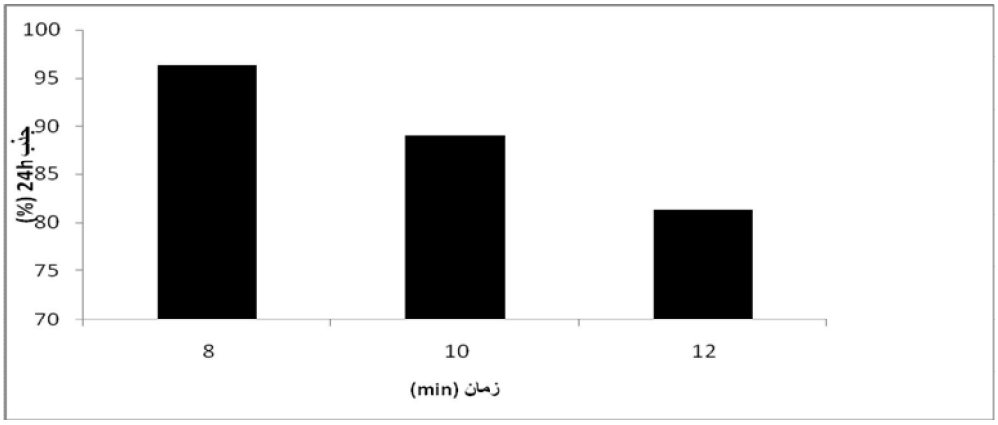
در مقایسه با تخته کاه گندم ساخته شده با رزین روغن سویای اپوکسی‌دارشده آکریلیکی (جدول ۳) و چسب اوره فرمالدهید (جدول ٤) که مقدار واکشیدگی ضخامت برای آن ۹۳/۳۸ درصد گزارش شد، مشخص می‌شود که در تمام زمان‌های پرس با ۸ و ۱۳ درصد رزین، مقدار واکشیدگی ضخامت تخته‌ها کمتر از چسب اوره فرمالدهید است. در شکل ۱٦ اثر مستقل مقدار رزین بر جذب آب در ۲٤ ساعت رطوبتی تخته‌های حاصل دیده می‌شود.




**شکل ۱٦- اثر مستقل مقدار رزین بر جذب آب در ۲٤ ساعت.**

Figure 16. Effect of amount of resin on water absorption after 24 hours.

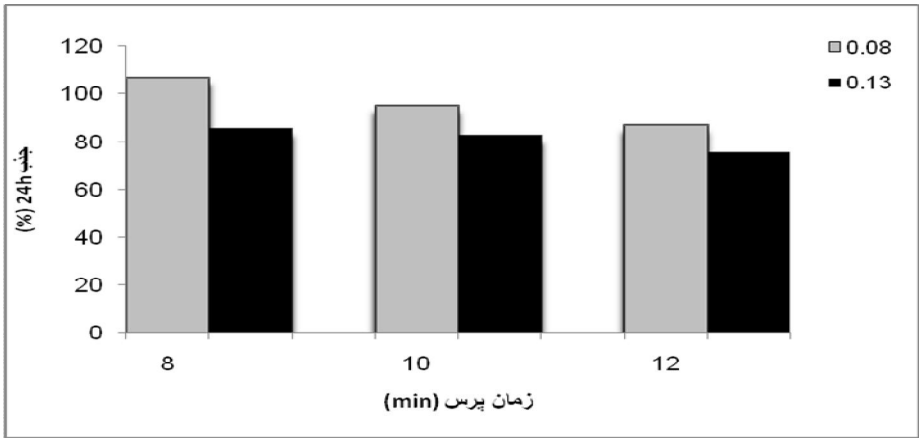
با افزایش مقدار رزین، سطح تماس بین رزین و ذرات کاه گندم بیشتر شده و باعث بهبود کیفیت اتصال می‌شود و اتصال محکم بین ذرات و رزین باعث کاهش جذب آب می‌شود. در شکل ۱۷ مشاهده می شود، با افزایش زمان پرس جذب آب، سیر نزولی دارد. اثر مستقل زمان پرس بر جذب آب ٢٤ ساعت تخته های ساخته شده از رزین AESO در سطح ۵ درصد احتمال معنی‌دار بوده و با افزایش زمان پرس در سه سطح ۸ ۱۰ و ۱۲ دقیقه جذب آب ٢٤ ساعت به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. دلیل آن می‌تواند بهبود پخت رزین در زمان‌های بیشتر پرس باشد.




**شکل ۱۷- اثر مستقل زمان پرس بر جذب آب در ٢٤ ساعت.**

Figure 17. Effect of press time on water absorption after 24 hours.

در شکل ۱۸ مقایسه کلی بین جذب آب ٢٤ ساعت تخته‌های ساخته شده از رزین AESO در دو سطح مقدار رزین و سه سطح زمان پرس مشاهده می‌شود. همان‌طور که دیده می‌شود، با افزایش زمان پرس و همچنین مقدار رزین، جذب آب ٢٤ ساعت نیز کاهش می‌یابد.




**شکل ۱۸- اثر متقابل زمان پرس و مقدار رزین بر جذب آب در ۲٤ ساعت.**

Figure 18. Interaction effect of press time and amount of resin on water absorption after 24 hours.

در مقایسه با تخته کاه گندم ساخته شده با رزین روغن سویای اپوکسی‌دار شده آکریلیکی (جدول ۳) و چسب اوره فرمالدهید (جدول ٤) که مقدار جذب آب برای آن ۱٤۷/٤۷ درصد گزارش شد، مشخص می‌شود که در تمام زمان‌های پرس با ۸ و ۱۳ درصد رزین، مقدار جذب آب تخته‌ها کمتر از تخته‌های ساخته شده از چسب اوره فرمالدهید است.

## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش می‌توان به‌طور کلی نتیجه گیری کرد که خصوصیات تخته‌خرده‌کاه ساخته شده از رزین AESO با مقدار ۱۳ درصد رزین و زمان پرس ۱۲ دقیقه نسبت به تخته خرده کاه ساخته شده با چسب اوره فرمالدهید مقاومت‌های بهتری را نشان می‌دهد که مهم‌ترین دلیل آن رزین‌های مورد استفاده قطبی محلول در آب چون اوره فرمالدهید به‌خاطر لایه نازک مومی غیرقطبی در سلول‌های اپیدرمی (بشره) خارجی‌ترین سلول‌های سطح کاه باعث چسبندگی ضعیف بین ذرات کاه و رزین اوره فرمالدهید می‌شوند (۲ و ۱۵). رزین AESO با ساختاری غیر قطبی و روغنی به‌دلیل پیوند محکم با ذرات کاه، خلل و فرج موجود در تخته کمتر شده و تخته‌های حاصل انسجام بیشتری دارند و به تبع آن مقاومت‌ها افزایش پیدا می‌کند. همچنین باید به دنبال راه حلی برای افزایش مقدار گروه‌های اپوکسی (٦,۱ درصد) که نسبت به روغن سویای اپوکسی‌دارشده صنعتی (که حداقل

مقدار گروه‌های اپوکسی آن ٦,٥ درصد) بود. همچنین باید توجه داشت که این نوع تخته کاملاً طبیعی بوده و به‌دلیل استفاده از رزین روغنی طبیعی و همچنین کاه گندم به‌عنوان مواد اولیه، یک ماده کاملاً طبیعی است و مشکل زیست محیطی ندارد. از طرفی دیگر نبود ترکیب فرمالدهید در ساختار رزین روغنی AESO نیز از دیگر مزایای آن به حساب می‌آید. این رزین بدون انتشار کوچکترین گاز فرمالدهید می‌تواند خود تحولی بزرگ در صنعت تخته‌خرده‌چوب باشد.

## منابع


1.Azizi, Kh., and Tabarsa, T. 2006. Investigation the use of a mixture of wheat straw and wood chips for making wooden panels, M.Sc. Thesis. 124p.

2.Boquillon, N., Gerard, E., and Uwe, S. 2004. Properties of wheat straw particle boards bonded with different types of resin. Journal Wood Science, 50: 230-235.

3.Campanella A., La Scala, J.J., and Wool, R.P. 2008. Fatty Acid-based Monomer as a Replacement for Styrene in the Production of Triglyceride-based Polymers, 12th Annual Green Chemistry and Engineering Conference, Washington, 25-27 Jun, 2008.

4.Campanella, A., John, J., Scala, L., and Wool, R.P. 2009. The Use of Acrylated Fatty Acid Methyl Esters as Styrene Replacements in Triglyceride-based Thermosetting Polymers. Polymer Enginering and Science, 2009: 49: 2384-2392.

5.Chunping, D., Wayne, W., and Juwan, J. 2004. Comparison of the pressing behaviour of wood particleboard and strawboard. Wood Sci, Technol. 38: 529-537.

6.Honghai, D., Liting, Y., Bo, L., Aihua, Y., and Guang, SH. 2007. Studies on the kinetics of epoxidation of soybean oil, School of Chemistry and Environment, South China Normal University Guang Zhou 510631, China, 2007.

7.Jue, L., t Khot, SH. 2005. Richard P. Wool*New sheet molding compound resins from soybean oil. Synthesis and characterization, Polymer 46 (2005), Department of Chemical Engineering and Center for Composite Materials, University of Delaware, ACRES Program, Newark, DE 19716-3144, USA.

8.Liu, Z.M., Wang, F.H., and Wang, X.M. 2004. Surface structure and dynamic adhesive wettability of wheat straw. Wood and Fiber Sci, 36: (2): 239-249.

9.Lu, J., and Wool, R.P. 2007. Sheet Molding Compound Resins from Soybean Oil: Thickening Behavior and Mechanical Properties, Polym. Eng. Sci, 47: 1469-1479.

10.Madhoushi, M., Hashemi Khebreh, M., Kamkar, B. 2008. Investigation on the quantity of agricultural wastes of Golestan province in order to use for its wood-

plastic industry, The 1st Iranian Conference on Supplying Raw Materials and Development of Wood and Paper Industries, Gorgan University, 127-134. (In Persian)
11. Official and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, 5th ed., AOCS, Champaign, IL, 1997 (Method Cd 9-57).
12. Particleboards and Fibreboards-Determination of Swelling in Thickness after Immersion in Water, TS-EN317, 1999.
13. Saremi, K., and Tabarsa, T. 2012. Epoxidation of soybean oil (For the production of adhesives in industrial wood and paper). Patent certificate. Office of Registrar of Companies and industrial property one page.
14. Tabarsa, T. 2002. New potential industries using agricultural waste cellulosic in Golestan Province. Research project report Golestan Province of Industries and Mines. 85p.
15. Tasooji, M., Tabarsa, T., Mohammadi, A., and Zainali, F. 2008. Investigation of the effect of Urea-formaldehyde and melamine-formaldehyde mixture on wheat straw particleboard manufacturing, The 1st Iranian Conference on Supplying Raw Materials and Development of Wood and Paper Industries, Gorgan University. Conference Proceeding. 124-130.
16. Vlcek, T. 2006. Petrovic ZS Optimization of the chemo enzymatic epoxidation of soybean oil. J. Am Oil ChemSoc, 83: 247.
17. Wool, R.P., and Khot, S. 2001. Bio-based Resins and Natural Fibers, ASM Handbook 21, Ohio, USA, 184-192.
18. Wool, R.P., Kusefoglu, S., Palmese, G., Khot, S., and Zhao, R. 2000. High Modulus Polymers and Composites from Plant Oils, US Pat. 6121398.
19. Zhang, Y., Lu, X., Pizzi, A., and Delmotte, L. 2003. Wheat straw particleboard bonding improvements by enzyme pretreatment. Holz als Roh- und wekstoff, 61: 49-54.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 22 (4), 2015*
*http://jwfst.gau.ac.ir*

# Investigation on introducing epoxy in soy oil for producing wheat straw board

***K. Saremi[1], T. Tabarsa[2], A. Shakeri[3] and A. Baba Nalbandi[4]**
[1]M.Sc. Student, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Associate Prof., Faculty of Science, University of Tehran, [4]Assistant Prof., Tehran Petroleum Industry Research Center
Received: 08/28/2012 ; Accepted: 12/7/2015

## Abstract

**Background and aims:** Iran forests are unable to supply required wood for wood industries including particleboard industry. Therefore, using of non-forest resources such as agricultural residuals is inevitable. Among agricultural products, wheat from quantity point of view is at the second category. After harvesting, wheat stem as agricultural residual is left in the farms in which part of it is used for animal feeding. IN Iran, wheat residual forms more than 54% of all agricultural residuals. Regarding chemical structure of wheat straw, urea formaldehyde resin is not suitable for bonding of wheat straw particles. On the other hand, formaldehyde emission during production and use is another problem. In this study, application of natural resin of Acrilated epoxidized soya oil (AESO) as a resin for bonding wheat straw particles in producing particleboard was investigated and some of its properties were evaluated.

**Method and materials:** In this study, first soya oil was epoxidized using formic acid and hydrogen peroxide. Then, Acrylic acid was added to epoxidized soya oil so ASEO resin was made. AESO resin properties were evaluated. In order to study resin performance, some boards were manufactured from wheat straw and AESO resin (8 and 13%) using hot press with temperature of 200degree centigrade, press pressure of 30 bar and press time of 8,10 and 12 minutes. Physical and Mechanical properties such as Modulus Of Rupture (MOR), Modulus Of Elasticity (MOE), Internal Bond (IB), Thickness Swelling (TS) and Water Absorption were measured. Collected data was analyzed using Analysis of Variance and SPSS software.

**Results:** FTIR results showed that epoxdizing process was conducted successfully so epoxy groups were stationed on soya oil. Investigation on progress of reaction of acrylic acid with epoxidized soya oil was proved by H- NMR technique. Opening of epoxy rings was an indication of progress, Results of physical and mechanical evaluation of board properties showed that regarding boards made from wheat straw and UF resin, Wheat straw boards made using AESO resin had better properties so that IB,MOR and MOE improved 110, 137 and 13.6 percent and WA and TS enhanced 48 and 69 percent. These results are an indication of suitable performance of AESO resin.

***Keywords:*** Acrylic Epoxidized Soy Oil resin, Wheat Straw particle boards, Urea formaldehyde, Formic acid, Hydrogen peroxide

*Corresponding author: Ksarami20@gmail.com