



دانشگاه گواران

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل

جلد بیستم، شماره چهارم، ۱۳۹۲

<http://jwfst.gau.ac.ir>

## خواص اوراق فشرده ساخته شده از پاکت نگهداری مواد آشامیدنی (تتراپک)

محراب مدهوشی<sup>۱</sup>، \* هاشم رهامین<sup>۲</sup>، تقی طبر سا<sup>۳</sup> و محمدرضا دهقانی فیروز آبادی<sup>۱</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشجوی دکتری فرآورده‌های چندسازه چوبی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، <sup>۲</sup>آستاد دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۶/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۹/۱۲

### چکیده

هدف از این پژوهش معرفی یک چندسازه جدید به نام فرآورده "تخته‌پاک" ساخته شده از پاکت نگهداری مواد آشامیدنی (تتراپک) می‌باشد. این پاکت‌ها دارای لایه‌های کاغذ کرافت، پلی‌اتیلن سبک و فویل آلومینیومی می‌باشند و به‌طور عموم در صنعت خمیر و کاغذ قابل بازیافت نیستند. برای ساخت تخته‌پاک از فرآیند اختلاط پاکت‌های نام برده با رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌اوره‌فرمالدهید استفاده شد و نمونه‌های شاهد بدون استفاده از رزین ساخته شدند تا فقط از پلی‌اتیلن موجود در ترکیب تتراپک برای گیرایی قطعات استفاده شود و امکان ساخت تخته بدون رزین بررسی گردد. جرم ویژه تخته‌پاک، ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب در نظر گرفته شد. خواص فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها شامل جذب آب، واکنشیدگی ضخامتی، مقاومت خمشی، مدول الاستیسته، مقاومت چسبندگی داخلی و مقاومت به نگهداری پیچ براساس استاندارد EN مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده در سطح اطمینان ۱ و ۵ درصد با استفاده از آزمون فاکتوریل و آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. نتایج نشان داد که می‌توان با تتراپک بدون استفاده از رزین و در اختلاط با رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌اوره‌فرمالدهید تخته‌پاک ساخت و در بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. همچنین براساس نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان کرد که تخته‌پاک به‌دلیل مقاومت‌های فیزیکی خوب، می‌تواند در کاربردهایی مانند دیوارها و سقف‌های کاذب، قفسه و جعبه‌های بسته‌بندی و... که نیاز به مقاومت‌های مکانیکی بسیار زیادی ندارند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: پاکت کاغذی مواد آشامیدنی (تتراپک)، تخته‌پاک، خواص فیزیکی، خواص مکانیکی

\* مسئول مکاتبه: [h\\_rahamin@yahoo.com](mailto:h_rahamin@yahoo.com)

## مقدمه

در چند دهه اخیر، پسماندهای به‌دست آمده از تکنولوژی بسته‌بندی مواد غذایی و مواد آشامیدنی مانند آب میوه‌ها، شیر و... با استفاده از پاکت‌های کاغذی که معمولاً با نام تتراپک<sup>۱</sup> نیز شناخته می‌شوند، سبب تولید زباله بسیار زیاد در سطح جهان شده است. چنان‌که در سال ۲۰۰۶ حدود ۳۱۳۰۰۰ تن از این مواد در بین ۱۲ میلیارد تن مواد بازیافتی در اروپا به چشم می‌خورد (آیرلمیز و همکاران، ۲۰۰۸). حجم بالای این پاکت‌ها در جوامع شهری به‌شدت سبب آلودگی محیط‌زیست شده است (موراتان و گوروم بالباس، ۲۰۰۶). شرکت تتراپک در سال ۱۹۴۴ به‌منظور بسته‌بندی مایعات در کشور سوئد ابداع گردید و امروزه بزرگ‌ترین کمپانی مطرح در صنایع بسته‌بندی مواد آشامیدنی در سراسر جهان است که حدود ۸۰ درصد بازار جهانی را در اختیار دارد و نتایج پژوهش‌های در نقاط مختلف جهان نشان داده است که در سال ۲۰۰۷ بیش از ۱۳۷ میلیارد بسته‌بندی (شامل مواد نوشیدنی و مواد غذایی) با علامت اختصاری تتراپک وجود داشته است (کارکماز و همکاران، ۲۰۰۹).

این پاکت‌ها علاوه بر ۷۵ درصد کاغذ کرافت دارای لایه‌های دیگری مانند ۲۰ درصد پلی‌اتیلن سبک ( $LDPE$ )<sup>۲</sup> و ۵ درصد لایه آلومینیومی نیز در ساختار خود هستند (آیرلمیز و همکاران، ۲۰۰۸). از این‌رو به‌طور عموم بازیافت این مواد در صنعت خمیر و کاغذ بسیار زمان‌بر و پرهزینه خواهد بود، بنابراین از این امر چشم‌پوشی می‌شود و در ایران این مواد همواره به همراه سایر زباله‌های غیرقابل بازیافت، از چرخه بازیافت کنار گذاشته می‌شوند. امروزه در برخی از کشورهای پیشرفته نیز برای جداسازی این لایه‌ها از یکدیگر آزمایش‌هایی مانند فرآیند پیرولیز حرارتی استفاده می‌گردد و این امر نیز زمانی اتفاق می‌افتد که تتراپک به‌مدت بسیار طولانی در مجاورت حرارت پیرولیز (۳۶۰ درجه سلسیوس که سبب باز شدن لایه‌های کاغذ کرافت شده و حرارت ۴۷۵ درجه که سبب جداسازی لایه‌های پلی‌اتیلن از کاعذ کرافت می‌شود) قرار گیرد (کارکماز و همکاران، ۲۰۰۹). این امر نیز مستلزم حرارت‌های بالا است و تا حدودی نیز سبب کاهش خواص فیزیکی و مکانیکی کاغذ کرافت می‌گردد. در اواخر سال ۱۹۷۰ بحث بازیافت مواد به‌عنوان یک امر مهم زیست‌محیطی مطرح شد، به‌طوری‌که در هلند بیش از ۳۰۰ شرکت به‌صورت داوطلبانه همکاری خود با دولت، برای بازیافت مواد را اعلام کردند (ماریس و همکاران، ۲۰۰۵) و از سویی نیز تجارب ۳۵ ساله پژوهش‌ها نشان داده

1- Tetra Pak

2- Light Density Poly Ethylene

است که بهداشتی‌ترین و اقتصادی‌ترین راه برای بازیافت زباله‌های شهری تفکیک از مبدا آن می‌باشد (دالن و همکاران، ۲۰۰۶). از این‌رو به‌نظر می‌رسد که با ساخت محصولی با قابلیت کاربرد گسترده از پاکت‌های مصرف شده تتراپک بتوان زمینه بازیافت این زباله‌های غیرقابل مصرف در کشور را فراهم نمود و تا حدودی نیز با ارتقا فرهنگ تفکیک از مبدا این زباله، از شدت آلودگی‌های زیست‌محیطی به‌دست آمده از آن را کاست. از طرفی نیز با توجه به این‌که حدود ۹۵ درصد از مواد اولیه مورد نیاز برای ساخت فرآورده‌های صفحه‌ای چوبی مانند تخته‌خرده‌چوب و *MDF* چوب است (نملی و همکاران، ۲۰۰۸)، استفاده از ضایعات تتراپک در کنار منابع لیگنوسلولزیک غیرچوبی مانند پسماندهای کشاورزی، کاغذ و روزنامه باطله می‌تواند علاوه‌بر کاهش پسماندهای نام برده کمک شایانی نیز در امر صیانت از منابع جنگلی کند.

در سال‌های اخیر در ایران پژوهش‌هایی برای استفاده از بازیافت منابع مختلف سلولزی و کاغذهای باطله در ساخت تخته‌های خرده‌ای برای کمک پاک‌سازی محیط زیست انجام گرفته است که استفاده از مواد باطله سلولزی مانند کاغذ و روزنامه در ساخت چندسازه چوب-پلاستیک (امیدوار و ثابت‌رفتار، ۲۰۰۱) نمونه‌ای از این اقدامات می‌باشد. پژوهش‌های متعددی به‌منظور استفاده از سایر ضایعات سلولزی مانند کارتن کهنه در ساخت فرآورده‌هایی مانند تخته‌خرده‌چوب در کشور انجام شده است، اما هیچ پژوهش علمی مبنی بر استفاده از تتراپک در ساخت چندسازه قابل دسترسی نمی‌باشد و حتی در میان منابع داخلی راه‌کاری برای بازیافت تتراپک در صنایع چوب ارایه نشده است.

نتایج پژوهش رسام (۲۰۰۵) نشان داد که استفاده از الیاف کارتن کهنه در ساخت تخته‌فیبر سخت، سبب بهبود خواص مکانیکی تخته‌ها می‌شود، اما تأثیر نامطلوبی بر جذب آب و واکنشیدگی ضخامتی آن دارد. دوست‌حسینی و همکاران (۲۰۰۷) اعلام کردند که افزایش مقدار کارتن کهنه نسبت به خرده‌چوب صنوبر از ۴۰ درصد به ۶۰ درصد سبب کاهش معنی‌دار مقاومت خمشی و برشی موازی سطح تخته‌خرده‌چوب شده و افزایش معنی‌دار جذب آب و واکنشیدگی ضخامتی بعد از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب را به همراه دارد. نتایج پژوهش اشراقی و همکاران (۲۰۱۱) داد که استفاده از کارتن کهنه با نسبت‌های بیش از ۵۰ درصد نسبت به خرده‌چوب صنوبر سبب کاهش مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تخته‌خرده‌چوب می‌گردد. دوست‌حسینی و عبدالزاده (۲۰۰۹) اعلام کردند که استفاده از الیاف چوب نسبت به الیاف کارتن کهنه در لایه‌های سطحی تخته‌خرده‌چوب، سبب افزایش مقاومت خمشی آن می‌گردد. همچنین

دوست‌حسینی و عبدالزاده (۲۰۱۰) بیان نمودند که اختلاط الیاف چوب و الیاف کارتن کهنه در لایه‌های سطحی تخته‌خرده‌چوب، باعث بهبود کیفیت سطح و کاهش سختی تخته‌ها می‌شود.

موراتان و گوروم‌بالباس (۲۰۰۶) از ترکیب تتراپک با رزین‌های پلی‌وینیل‌استات و اوره‌فرمالدئید، به‌طور جداگانه چندسازه‌ای را ساختند که خواص فیزیکی بهتری در فرآورده به‌دست آمده از اختلاط تتراپک با اوره‌فرمالدئید مشاهده گردید، همچنین با افزایش مقدار رزین‌های نام برده از ۸ درصد به ۱۲ درصد مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته نیز افزایش یافتند. نتیجه این پژوهش نشان داد که به‌دلیل دانسیته کم تعریف شده برای تخته‌ها (۰/۵ گرم بر سانتی‌مترمکعب) تخته‌های ساخته شده دارای مقاومت‌های فیزیکی ضعیفی بوده و در برابر آب دوام کمی از خود نشان داده و متورق می‌شوند.

آیرلمیز و همکاران (۲۰۰۸) با استفاده از تتراپک، پانل‌هایی را ساختند و از ۴ نوع رزین اوره‌فرمالدئید، فنل‌فرمالدئید، ملامین‌اوره‌فرمالدئید و پلی‌اورتان برای روکش کردن پانل‌ها با لایه‌های چوب راش استفاده کردند. نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از رزین‌های متفاوت سبب تغییر معنی‌دار در دانسیته ظاهری تخته‌ها نمی‌گردد، اما خواص تخته‌های روکش شده با پلی‌اورتان به مراتب بهتر است.

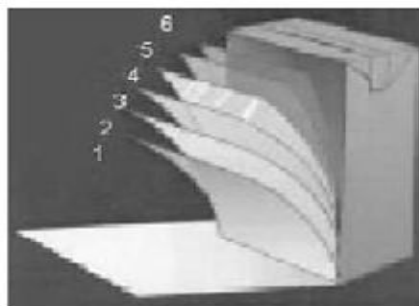
به‌طور عموم برای ساخت چندسازه چوبی باید از پرس گرم با فشار بالا استفاده گردد (بالنس و همکاران، ۲۰۰۱) و برای این منظور بیش‌تر اوقات از رزین‌های اوره‌فرمالدئید ( $UF$ )<sup>۱</sup>، فنل‌فرمالدئید ( $PF$ )<sup>۲</sup> و ملامین‌اوره‌فرمالدئید ( $MUF$ )<sup>۳</sup> استفاده می‌شود (دوست‌حسینی، ۲۰۰۸). انتشار گاز فرمالدئید از رزین‌های نام برده برای سلامتی انسان مضر محسوب می‌شود. بنابراین ساخت تخته بدون استفاده از این چسب‌ها می‌تواند تا حدود زیادی این خطرات را کاهش دهد (آیرلمیز و همکاران، ۲۰۰۸). فرآورده ساخته شده از پاکت‌های بازیافتی تتراپک در این پژوهش، به جهت ساختار و ویژگی‌های متمایزی که دارند تحت عنوان جدید "تخته‌پاک" نام‌گذاری می‌شوند که دارای تأییدیه علمی از سازمان پژوهش‌های علمی و صنعتی کشور می‌باشد. تخته‌پاک هم اشاره به مواد اولیه این تخته‌ها یعنی تتراپک داشته و هم تداعی‌کننده مفهوم پاک‌سازی محیط زیست می‌باشد. شکل ۱ ساختار کلی پاکت‌های تتراپک را نشان می‌دهد. لایه‌های تشکیل‌دهنده تتراپک در مقابله با عناصر فیزیکی مختلف از جمله نور، رطوبت و اکسیژن وظایف متعددی را بر عهده دارند و هر لایه ایفاگر نقش متمایزی در مقاومت‌های مکانیکی آن می‌باشند (جدول ۱).

1- Urea Formaldehyde

2- Phenol Formaldehyde

3- Melanin Urea Formaldehyde

- ۱: پلی اتیلن: ضد آب و ضد باکتری
- ۲: لایه کاغذی: برای افزایش سختی
- ۳: پلی اتیلن: به عنوان لایه اتصال (چسب)
- ۴: آلومینیوم: مقاوم در برابر نفوذ اکسیژن
- ۵: پلی اتیلن سبک: به عنوان لایه اتصال (چسب)
- ۶: پلی اتیلن: مهر و موم کردن محتویات مایع



شکل ۱- ساختار اصلی پاکت نگهداری مواد آشامیدنی (آبریلیمیز و همکاران، ۲۰۰۸؛ بالنس و همکاران، ۲۰۰۱).

جدول ۱- وظایف و مشخصه‌های برخی از مواد استفاده شده در بسته‌بندی‌های ضد عفونی شده تراپک (شرکت تراپک، ۲۰۰۸).

ماده	مقاومت به			چسبندگی	مانع محافظتی		
	ترکیدن	پارگی	سختی		نور	رطوبت	اکسیژن
مقوا (کاغذ کرافت)			*				
فویل آلومینیومی				*	*	*	
پلی اتیلن با دانسیته کم				*	*		

### مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای ساخت تخته‌پاک، از فرآیند اختلاط پاکت‌های بازیافتی تراپک با رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌وره‌فرمالدهید در سطح ۹ درصد (که به‌طور عموم حد میانگین مورد استفاده در ساخت سایر اوراق فشرده چوبی مانند تخته‌خرده‌چوب و تخته‌فیبر نیمه‌سنگین است) و نبود اختلاط با رزین (تیمار شاهد) استفاده گردید تا اثر استفاده یا نکردن از رزین در ساخت تخته‌ها مورد بررسی قرار گیرد. پاکت‌های مورد استفاده در پژوهش، از شرکت سهامی شیر ایران (پگاه گلستان) که به‌عنوان ضایعات و دورریزهای غیرقابل مصرف (به‌دلیل پارگی رول، جذب رطوبت در اثر قرارگیری در اماکن بسیار مرطوب و...) از چرخه کارخانه کنار گذاشته شده بودند تهیه شدند. رزین‌های اوره‌فرمالدهید ( $UF$ ) و ملامین‌فرمالدهید ( $MF$ ) از شرکت چسب‌ساز ساری تهیه شدند و برای ساخت رزین ملامین‌وره‌فرمالدهید ( $MUF$ ) از اختلاط ۵۰ درصد  $UF$  و ۵۰ درصد  $MF$  استفاده شد. خصوصیات رزین  $UF$  و  $MF$  مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۲ آمده است.

نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل جلد (۲۰)، شماره (۴) ۱۳۹۲

جدول ۲- ویژگی‌های رزین‌های اوره‌فرمالدهید (UF) و ملامین‌فرمالدهید (MF) تهیه شده از شرکت چسب‌ساز ساری.

نوع رزین	درصد جامدات	جرم ویژه (گرم بر سانتی‌متر مکعب)	گرانروی (سانتی‌پوآز)	pH در ۲۵ درجه سانتی‌گراد
اوره‌فرمالدهید	۶۴/۶	۱/۲۷	۱۴۹	۷/۶
ملامین‌فرمالدهید	۶۰/۵	۱/۲۵	۴۷	۹/۴

برای ساخت تخته‌ها، ابتدا پاکت‌ها با استفاده از فیچی دستی به ابعاد تقریبی ۵×۵ سانتی‌متر تبدیل شدند. سپس با توجه به نوع تیمار موردنظر، پاکت‌های برش داده شده در دستگاه چسب‌زن دوار قرار گرفته و با استفاده از پیستوله چسب‌پاش، ۹ درصد رزین اوره‌فرمالدهید و یا ۹ درصد رزین ملامین‌اوره‌فرمالدهید بر روی آن‌ها اسپری گردید و برای ساخت نمونه‌های شاهد مرحله چسب‌زنی انجام نگرفت. تخته‌ها با ابعاد آزمایشگاهی ۱×۳۲×۲۸ سانتی‌متر ساخته شدند و برای این منظور از پرس گرم با دمای ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد، فشار ۲۵ بار و دو زمان متغیر ۱۰ و ۱۲ دقیقه استفاده گردید و تیمارهای شاهد در ۱۰ دقیقه پرس شدند. همچنین از ۱۰ درصد کلرید آمونیوم ( $NH_4Cl$ ) به‌عنوان هاردنر برای رزین‌های اوره‌فرمالدهید (UF)، ملامین‌اوره‌فرمالدهید (MUF) استفاده گردید. در جدول ۳ نوع تخته‌های ساخته شده در پژوهش با کدهای مربوط به آن‌ها نشان داده شده است.

جدول ۳- نوع تخته‌های ساخته شده و کدهای مربوط به آن‌ها.

نوع تخته	تعداد	زمان پرس (دقیقه)	کد مربوطه
بدون رزین (شاهد)	۴	۱۰	C
ساخته شده با اوره‌فرمالدهید	۴	۱۰	A <sub>۱</sub>
	۴	۱۲	A <sub>۲</sub>
ساخته شده با ملامین‌اوره‌فرمالدهید	۴	۱۰	B <sub>۱</sub>
	۴	۱۲	B <sub>۲</sub>

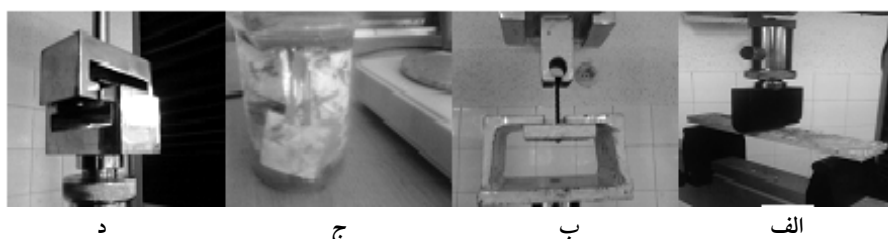
در شکل ۲ نمونه‌های از مراحل برش و تبدیل پاکت‌ها و تخته‌های ساخته شده نشان داده شده است.



الف ب ج

شکل ۲- تبدیل تراپک به ذرات کوچک تر (الف)، تبدیل تخته پاک به ابعاد مورد نیاز برای انجام آزمون‌ها (ب) و تخته پاک برش داده شده (ج).

تعیین خواص فیزیکی و مکانیکی: آزمون‌های واکنش‌پذیری ضخامتی، جذب آب، خمش استاتیک سه‌نقطه‌ای، مدول الاستیسیته، مقاومت به نگهداری پیچ و مقاومت چسبندگی داخلی با استفاده از استانداردهای EN مورد بررسی قرار گرفتند. خواص خمشی نمونه‌ها براساس استاندارد (EN 310, 1993)، آزمون‌های واکنش‌پذیری ضخامتی و جذب آب (۲ و ۲۴ ساعت) مطابق با استاندارد (EN 317, 1993)، مقاومت چسبندگی داخلی براساس استاندارد (EN 319, 1993) و مقاومت به نگهداری پیچ در راستای عمود بر سطح تخته‌ها مطابق با استاندارد (EN 320, 1993) بررسی شدند. تجزیه و تحلیل نتایج به‌دست آمده با استفاده از آزمون فاکتوریل و آزمون چنددامنه‌ای دانکن در قالب طرح‌های کاملاً تصادفی و با بهره‌گیری از نرم‌افزار SPSS انجام گرفت. اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر خصوصیات فیزیکی و مکانیکی تخته‌ها با استفاده از تجزیه واریانس در سطح اطمینان ۹۵ درصد و ۹۹ درصد مشخص شد.



الف ب ج د

شکل ۳- نمونه‌ای از آزمون‌های فیزیکی و مکانیکی انجام گرفته بر روی تخته پاک (الف: مقاومت خمشی، ب: مقاومت به نگهداری پیچ، ج: جذب آب و واکنش‌پذیری ضخامتی و د: مقاومت چسبندگی داخلی).

### نتایج

با توجه به اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی تیمارهای مختلف، معنی‌دار بودن و یا غیرمعنی‌داری خواص نام برده در سطح مورد بررسی قرار گرفت (جدول‌های ۴ و ۵).

جدول ۴- تجزیه واریانس خواص مکانیکی تخته‌های آزمونی.

منبع تغییرات	مقاومت خمشی (Mpa)	مدول الاستیسیته (Mpa)	مقاومت به نگرهداری پیچ (N)	مقاومت چسبندگی داخلی (Mpa)
نوع تخته براساس رزین (A)	۱۶/۲۶۳	۳۹۳۶۴/۵۵۴	۱۰۰۵۳/۰۹۲	۴/۷۹۴
درصد رزین (B)	۵/۹۴۷	۲۱۲۳۵۱/۵۷۷	۱۹۵۹۸/۵۱۶	۶/۸۷۱
زمان پرس (C)	۳۴/۰۴۷	۶۲۹۵/۲۳۲	۲۹۹۶۶/۲۰۷	۰/۰۰۱
A×B	۸/۳۷۵	۴۱۱۹۶/۴۸۳	۲۸۶۶۰/۸۰۳	۰/۹۲۲
A×C	۶/۶۸۲	۶۶۳۷۷۲/۷۵۲	۳۲۱۷/۲۷۶	۰/۳۵۴
B×C	۱۶/۶۸۷	۷۹۷۶۱۴/۲۱۴	۳۹۴۴/۱۵۴	۱/۶۲۸
A×B×C	۰/۱۴۸	۱۱۴۲۴۵۶/۳۵۵	۱۳۹۶۷/۱۰۳	۲/۵۲۸

\* معنی‌دار در سطح ۵ درصد و \*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

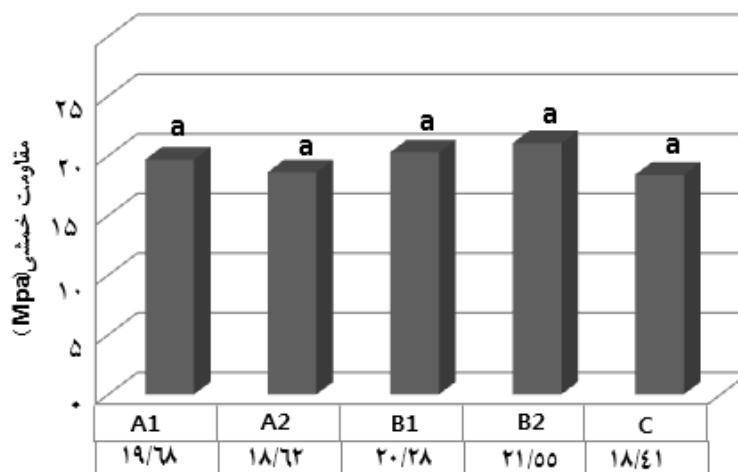
جدول ۵- تجزیه واریانس خواص فیزیکی تخته‌های آزمونی.

منبع تغییرات	جذب آب (درصد)		واکشیدگی ضخامتی (درصد)	
	۲ ساعت	۲۴ ساعت	۲ ساعت	۲۴ ساعت
نوع تخته براساس رزین (A)	۰/۷۹۷	۲/۲۶۸	۰/۱۲۱	۰/۲۶۷
درصد رزین (B)	۰/۲۷۱	۰/۷۷۹	۰/۰۵۱	۰/۰۸۸
زمان پرس (C)	۰/۰۶۰	۰/۲۶۳	۰/۰۱۰	۰/۰۲۰
A×B	۰/۲۱۷	۰/۴۶۷	۰/۰۳۱	۰/۰۹۴
A×C	۰/۰۱۱	۰/۲۵۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳
B×C	۰/۰۱۸	۰/۲۵۸	۰/۰۲۵	۰/۰۱۷
A×B×C	۰/۰۰۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳

\* معنی‌دار در سطح ۵ درصد و \*\* معنی‌دار در سطح ۱ درصد.

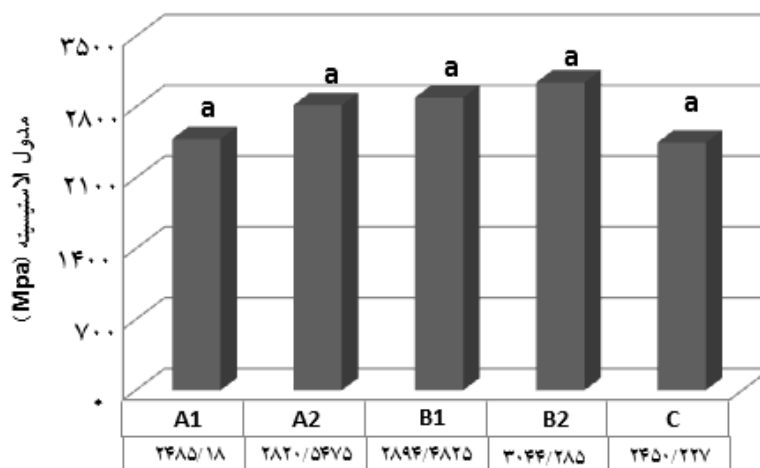
**مقاومت خمشی:** تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر در سطح اطمینان ۹۹ درصد نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴) و براساس گروه‌بندی دانکن، تخته‌های آزمونی تیمارهای مختلف از نظر مقاومت خمشی در یک گروه قرار دارند (شکل ۴).





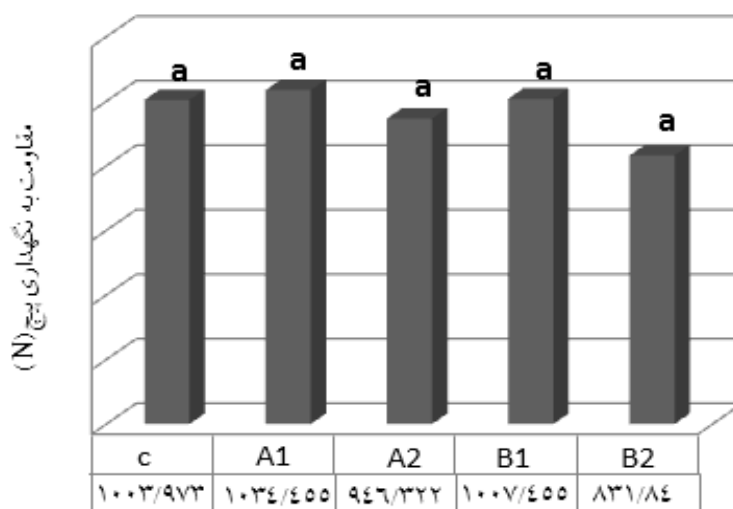
شکل ۴- تأثیر حضور و نوع رزین و زمان‌های مختلف پرس بر مقاومت خمشی تخته‌پاک.

مدول الاستیسیته: نتایج مربوط به تجزیه واریانس تأثیر عوامل مستقل و متقابل مختلف بر مدول الاستیسیته نیز نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۴) و براساس گروه‌بندی دانکن، تخته‌های آزمونی تیمارهای مختلف در یک گروه قرار دارند (شکل ۵).



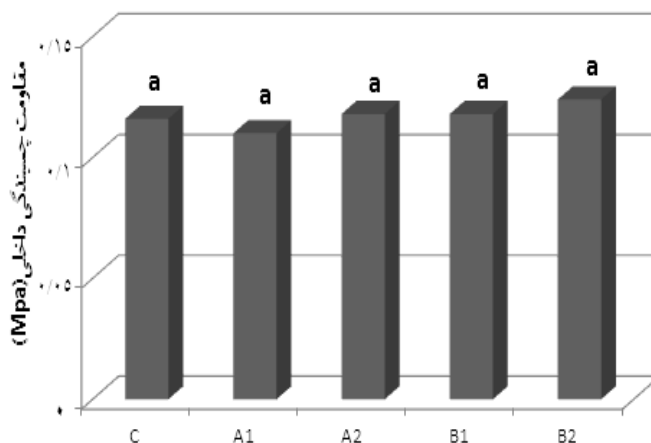
شکل ۵- تأثیر حضور و نوع رزین و زمان‌های مختلف پرس بر مدول الاستیسیته تخته‌پاک.

مقاومت به نگهداری پیچ در جهت عمود بر سطح: تجزیه واریانس مربوط به اثر مستقل و اثر متقابل عوامل متغیر نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین مقاومت به نگهداری پیچ در جهت عمود بر سطح تخته‌های تیمارهای مختلف وجود ندارد (جدول ۴) و براساس گروه‌بندی دانکن، تخته‌های آزمایشی تیمارهای مختلف از نظر مقاومت به نگهداری پیچ در یک گروه قرار دارند (شکل ۶).



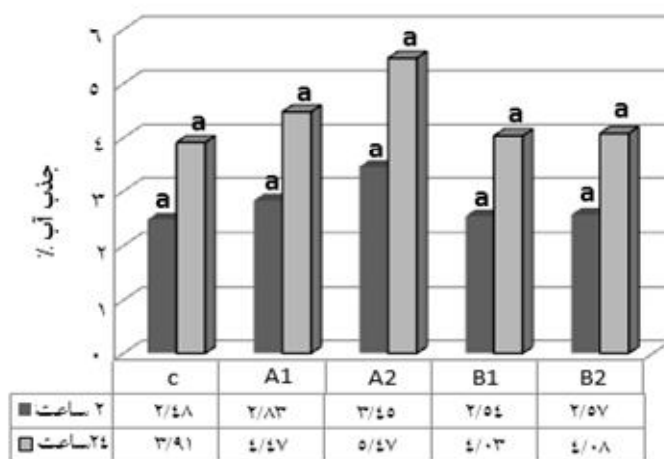
شکل ۶- تأثیر حضور و نوع رزین و زمان‌های مختلف پرس بر مقاومت به نگهداری پیچ تخته‌پاک.

مقاومت چسبندگی داخلی: نتایج مربوط به تجزیه واریانس اثر مستقل و متقابل عوامل متغیر بر مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌ها نیز نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود ندارد (جدول ۴) و تخته‌ها براساس گروه‌بندی دانکن در یک گروه قرار دارند (شکل ۷).



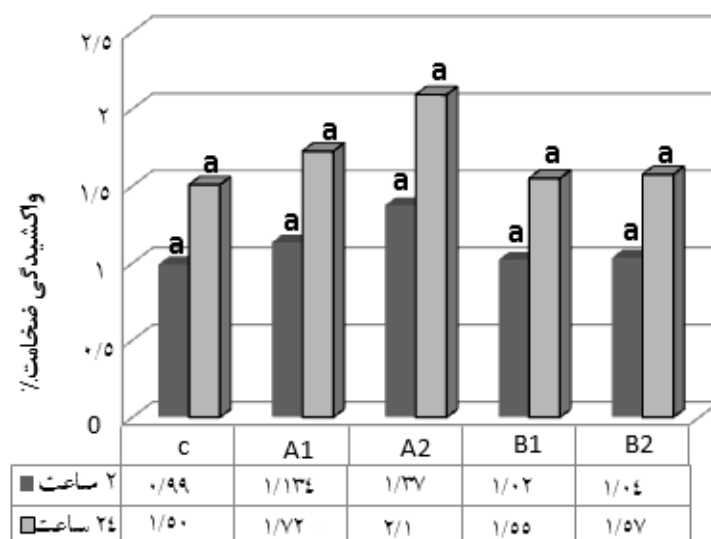
شکل ۷- تأثیر حضور و نوع رزین و زمانهای مختلف پرس بر مقاومت به نگهداری پیچ تخته پاک.

جذب آب پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب: نتایج نشان داد که میزان جذب آب “تخته پاک” در حد بسیار کمی است. تجزیه واریانس مقادیر جذب آب نمونه‌ها پس از ۲ ساعت و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب نیز نشان داد که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۵) و نمونه‌ها از نظر گروه‌بندی در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۸).



شکل ۸- تأثیر حضور و نوع رزین و زمانهای مختلف پرس بر جذب آب تخته پاک.

واکسیدگی ضخامتی پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب: افزودن رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌اوره‌فرمالدهید سبب افزایش واکسیدگی ضخامتی تخته‌پاک گردیده است اما این افزایش براساس تجزیه واریانس انجام شده در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار نیست (جدول ۵). واکسیدگی ضخامتی نیز همانند جذب آب، در تخته‌های ساخته شده با رزین اوره‌فرمالدهید دارای بیش‌ترین مقدار پس از ۲ و ۲۴ ساعت غوطه‌وری در آب است و در این میان تخته‌های ساخته شده در ۱۲ دقیقه بیش‌ترین میزان واکسیدگی ضخامتی را به خود اختصاص داده‌اند، هم‌چنین کم‌ترین میزان واکسیدگی ضخامتی نیز مربوط به تیمار شاهد می‌باشد (شکل ۹).



شکل ۹- تأثیر حضور و نوع رزین و زمان‌های مختلف پرس بر واکسیدگی ضخامتی تخته‌پاک.

### بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده از این پژوهش می‌توان بیان نمود که امکان ساخت چندسازه تخته‌پاک از پاکت‌های تتراپک بدون استفاده از رزین و هم‌چنین با استفاده از رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌اوره‌فرمالدهید وجود دارد و پلی‌اتیلن موجود در بافت این پاکت‌ها در هنگام فرآیند پرس گرم، ذوب شده و نقش ماده چسبنده در تخته را ایفا می‌کند. از سویی نیز اختلاف معنی‌داری در بین

مقاومت‌های فیزیکی و مکانیکی تیمارهای مختلف مشاهده نگردید که بارزترین دلیل برای این امر را می‌توان به نفوذ ناموفق رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌وره‌فرمالدهید در تخته‌ها نسبت داد، چون در هنگام ساخت تخته‌ها مشاهده گردید که تقریباً بیش‌ترین مقدار رزین‌های اسپری شده بر روی پاکت‌ها در زمان پرس گرم درصدد خروج از بافت تخته‌ها به بیرون می‌باشند که این امر را نیز می‌توان به ترکیب غیرقطبی و طبیعت آب‌گریز بودن پلی‌اتیلن موجود در تتراپک نسبت داد، به طوری که می‌توان گفت احتمالاً چسبندگی ایجاد شده در تخته‌های ساخته شده با رزین‌های اوره‌فرمالدهید و ملامین‌وره‌فرمالدهید نیز در اثر ذوب شدن پلی‌اتیلن اتفاق افتاده است که با خروج سریع رزین‌های نام برده از تخته‌ها در هنگام فرآیند پرس گرم همراه بوده است. به هر حال می‌توان تفاوت نداشتن تیمارهای شاهد با تیمارهای ساخته شده با رزین را یک نکته مثبت دانست چرا که ۱۵-۱۰ درصد هزینه تمام شده چندسازه مرسوم مانند تخته‌خرده‌چوب‌ها مربوط به هزینه تمام شده رزین مورد مصرف آن می‌باشد (دوست‌حسینی، ۲۰۰۸).

به هر حال استفاده از ضایعات و دورریزهای تتراپک می‌تواند یکی از بهترین راه‌های بازیافت این مواد از زباله‌های شهری باشد و با توجه به مشاهده‌های پژوهش می‌توان بیان نمود که استفاده از این پاکت‌ها می‌تواند سبب تولید محصولی جدید با خصوصیات فیزیکی و مکانیکی قابل رقابت و حتی دارای برخی خواص کاربردی برتر در قیاس با تخته‌خرده‌چوب ساخته شده در کشور باشد (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه برخی از خصوصیات تخته‌پاک با تخته‌خرده‌چوب صنعتی.

خواص مقاومتی	تخته‌پاک	تخته‌خرده‌چوب*
مقاومت خمشی (MPa)	۱۹/۶۱	۱۷/۶۴
واکشیدگی ضخامتی (درصد)	۱/۷	۱۵
جذب آب (درصد)	۴/۳۳	۵۰

\* (شرکت نئویان خلخال، ۲۰۱۱)

اما براساس حداقل مقاومت‌های تعریف شده برای چندسازه تخته‌فیبر نیمه‌سنگین در استاندارد EN مشاهده می‌گردد که تخته‌پاک در مقایسه با این چندسازه دارای مقاومت‌های فیزیکی بسیار بالاتری است که استفاده از این چندسازه در اماکن خارج از ساختمان را راحت و گسترده می‌کند (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه برخی از خصوصیات تخته‌پاک با تخته‌فیبر نیمه‌سنگین براساس استاندارد EN

مقاومت	مقاومت خمشی	مدول الاستیسیته	مقاومت به نگهداری پیچ (N)	مقاومت چسبندگی داخلی (Mpa)	واکشدگی ضخامت (درصد)	فرآورده
۲۸	۲۲۰۰	۵۰۰	۰/۵	۱۰	تخته‌فیبر نیمه‌سنگین	
۱۹/۶	۲۷۳۰	۷۶۴	۰/۱۱۴	۱/۷	تخته‌پاک	

همان‌گونه که جدول ۷ نشان می‌دهد، مقاومت خمشی و مقاومت چسبندگی داخلی تخته‌پاک در حد کم‌تر از استاندارد تعریف شده برای فرآورده تخته‌فیبر نیمه‌سنگین است، که احتمالاً می‌توان مقاومت چسبندگی داخلی را با کاهش ابعاد پاکت‌های برش خورده از ۵ سانتی‌متر به ابعاد کوچک‌تر تا حدودی بهبود بخشید، چرا که در این شرایط تخته ساخته شده تا حدی از حالت لایه‌ای خارج شده و به شکل همسان در می‌آید و مشکل از هم جداشدگی لایه‌های پاکت‌ها که عامل اصلی ضعف مقاومت چسبندگی تخته‌های ساخته شده تا مقدار زیادی مرتفع می‌گردد. اما به نظر می‌رسد که مقاومت خمشی این فرآورده تا حدود زیادی می‌تواند با روکش کردن آن افزایش پیدا کند، چرا که روکش کردن چندسازه‌های چوبی یکی از راه‌های افزایش مقاومت خمشی آن‌ها می‌باشد (دوست‌حسینی، ۲۰۰۸).

از طرفی نیز مشاهده می‌شود که تخته‌پاک در مقایسه با تخته‌های ساخته شده با اختلاط خرده‌چوب با موادی مانند کارتن کهنه دارای خواص فیزیکی کاملاً برتری است، به‌گونه‌ای که واکشدگی ضخامتی پس از ۲۴ ساعت با افزایش میزان کارتن کهنه از ۲۵ درصد به ۷۵ درصد به ترتیب از ۲۴/۱۵ درصد به ۳۰/۳۴ درصد افزایش پیدا کرده است (اشراقی و همکاران، ۲۰۱۱) و یا این‌که استفاده از الیاف کارتن بازیافتی به همراه الیاف چوب در ساخت تخته‌فیبر سخت به روش تر بر خلاف بهبود خواص مکانیکی تخته تأثیر نامطلوبی بر جذب آب و واکشدگی ضخامتی آن نشان داده است (رسام، ۲۰۰۵).

در تنها مورد مشابه استفاده از تتراپک در ساخت تخته که در کشور ترکیه توسط آیریلیمیز و همکاران (۲۰۰۸) انجام گرفته است، میانگین جذب آب و واکشدگی ضخامت در تخته‌های بدون روکش به ترتیب ۸ درصد و ۱ درصد بوده است که تقریباً مشابه با اعداد به‌دست آمده در این پژوهش می‌باشد. اما میانگین مقاومت خمشی و مدول الاستیسیته به‌دست آمده در پژوهش آیریلیمیز و همکاران به ترتیب ۲۱/۳ و ۱۹۴۵/۸ نیرو بر میلی‌مترمکعب می‌باشد که در مقایسه این پژوهش دارای مقاومت خمشی تقریباً برابر و مدول الاستیسیته کم‌تری است.

در کل می‌توان گفت که ساخت تخته از ضایعات تتراپاک امری معقول برای بازیافت این ماده از زباله‌های شهری در سطح کشور به نظر می‌رسد که این امر علاوه امکان تولید محصول جدید "تخته‌پاک" با ماده اولیه ارزان و فراوان موجود در زباله‌های شهری ایران اسباب کاهش آلودگی‌های فیزیکی محیط‌زیست را نیز در کشور فراهم خواهد کرد.

قابل ذکر است که براساس استاندارد ۷۴۱۶ ملی ایران، حداقل مقاومت خمشی برای برخی از اوراق فشرده چوبی مانند تخته فیبر ۱۵ نیرو بر میلی‌مترمکعب (۱۵۳ کیلوگرم نیرو بر سانتی‌مترمربع) تعیین شده است که تخته‌پاک دارای مقاومت خمشی بالاتر از حد نام برده است و با توجه به مقاومت‌های فیزیکی بسیار خوب این فراورده می‌توان گفت که این فراورده می‌تواند حداقل در مصارف خارج از اماکن مسکونی و در کاربردهایی مانند دیوارها و سقف‌های کاذب، قفسه و جعبه‌های بسته‌بندی و... که نیاز به مقاومت‌های مکانیکی بسیار زیادی ندارند به راحتی مورد استفاده قرار گیرد.

### سپاسگزاری

از مدیرعامل محترم شرکت پگاه گلستان برای همکاری و مساعدت در تهیه پاکت‌های تتراپاک برای ساخت تخته‌پاک سپاسگزاری می‌نمائیم.

### منابع

1. Ayrlimis, N., Candan, Z. and Hizioglu, S. 2008. Physical and Mechanical Properties of Cardboard Panels Made from Used beverage Carton with Veneer Overlay. *Materials and Design*, 29: 1897-1903.
2. Buelens, M., Denoray, P., Kiernan, M. and Melin, A. 2001. What Happens To Used Beverage Cartons? Tetra Pak® Brochure, Pp: 5-15.
3. Dalen, L., Vukicevie, S., Meijer, J. and Lagerkvist, A. 2006. Comparison of Different Collection System for Sorted Household Waste in Sweden. *Waste Management*, 27: 1298-1305.
4. Doosthoseini, K. and Abdolzadeh, H. 2008. Investigation of the feasibility of utilization of wood fiber and old corrugated container in surface layers of three-layer particleboard and their effect on properties of particleboard. *J. For. Wood Prod. (JFWP), Iran. J. Natur. Resour.* 62: 2. 181-189.
5. Doosthoseini, K. and Abdolzadeh, H. 2010. Investigation on the feasibility of utilization wood and OCC fiber on the surface layer of particleboard and their effects on surface hardness and roughness. *Iran. J. Wood Pap. Sci. Res.* 25: 1. 62-69.

6. Doosthoseini, K., Charmahali, M. and Pudinepur, M.A. 2007. Possibility of using old corrugated container (OCC) for improvement of surface quality of particleboard. *J. Iran. Natur. Res.* 60: 3. 1001-1011.
7. Doosthoseini, K. 2008. Wood composite materials manufacturing and application. Tehran University, Press, 648p.
8. EN 310. 1993. Wood Based Panels, Determination of Bending Strength and Modulus of Elasticity.
9. EN 317. 1993 Particleboard. Determination of Swelling in Thickness after Immersion of Water.
10. EN 319. 1996. Wood based panels, Determination of tensile strength perpendicular to panel of the board.
11. EN 320. 1993. Fiberboards; Determination of Resistance To Axial Withdrawal Of Screws.
12. Eshraghi, A., Khademi Eslam, H., Nourbakhsh, A. and Bazayr, B. 2011. Investigation of applying the old corrugated container (OCC) and aspen chips in particleboard production. *Iran. J. Wood Pap. Sci. Res.* 26: 1. 138-158.
13. Korkmaz, A., Yanik, J., Brebu, M. and Vasile, C. 2009. Pyrolysis of the Tetrapak, *Waste Management*, 29: 2836-2841.
14. Mark, J. 2000. Paper and Paperboard Packaging Technology, Kirwan Consultant in Packaging Technology London, UK.
15. Maryse, M.H., Chappin, M., Hekkert, P. and Van Duin, R. 2005. Decomposition Analysis of Dutch Beverage Packaging Waste an Analysis of Material Efficient Innovations. *Recycling*, 43: 209-229.
16. Murathan, A. and Gurum, B.M. 2006. Manufacturing Low Density Boards from Waste Cardboards Containing Aluminium. *Materials and Design*, 28: 2215-2217.
17. Nemli, G., Yildiz, S. and Gezer, E.D. 2008. The Potential for Using the Needle Litter of Scotch Pine (*Pinussylvestris*) as a Raw Material for Particle Board Manufacturing. *Bioresour Technol.* 99: 6054-8.
18. Omidvar, A. and Sabetraftar, H. 2001. An Investigation Of Manufacture Wood Fiber/ Polyester Composite Using Recycle Newspaper, *Iran. J. Natur. Resour.* 53: 187-198.
19. Rasam, G. 2005. investigation on possibility of fiberboard manufacturing from old corrugated container and wood fibers, PhD Thesis, Department of Natural Resources, Tehran University, Karaj, 168p.
20. Tetra Pak-Development in Brief, © Tetra Pak. Code 9704en. 2008-06.
21. [Http://www.Neopanekhalkhal.Com/Production.Htm](http://www.Neopanekhalkhal.Com/Production.Htm).





Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 20 (4), 2014*  
<http://jwfst.gau.ac.ir>

## **Properties of composites made from beverage carton (Tetrapak)**

**M. Madhoushi<sup>1</sup>, \*H. Rahamin<sup>2</sup>, T. Tabarsa<sup>3</sup>  
and M.R. Dehghani Firouzabadi<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Associate Prof., Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>Ph.D. Student of Wood Composite Products, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, <sup>3</sup>Professor, Faculty of Wood and Paper Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 09/18/2012; Accepted: 12/03/2013

### **Abstract**

The aim of this study was introduction of a novel composite namely “Pakboard” made of beverage carton (Tetrapack containers). These containers are composed of Kraft paper, LDPE and aluminum foil that usually are not recyclable in Pulp and paper industry. Hence, for production of the composite, the containers were mixed with UF and MUF resins. The reference was the composites made of paper container of beverages without resin. The composites density kept at 1 g/cm<sup>3</sup>. The physical and mechanical properties of the composites were determined following EN Standard. The data were analyzed as a factorial design by SPSS software at 95 and 99 confidence levels. The results showed that the resultant composites did not have significant difference with reference ones. It can be concluded that this kind of clean and waste bade composite with acceptable mechanical and physical properties can be used in applications like concealed ceilings, shelves and packaging industry that do need not so much strength.

**Keywords:** Beverage carton (Tetrapak containers), Pakboard, Physical and mechanical properties

---

\* Corresponding Author; Email: [h\\_rahamin@yahoo.com](mailto:h_rahamin@yahoo.com)

