

بررسی تأثیر میزان استفاده از خرده کلزا بر روی خواص آکوستیک تخته خرده چوب

هانیه قاسمی^{۱*}، احمد جهان‌تیبیاری^۲، مهران روح‌نیا^۳ و مصطفی کهن‌ترابی^۴

۱- نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

پست الکترونیکی: ghasemi.hanieh@yahoo.com

۲- استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۴- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۳

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹۲

چکیده

با روش ارتعاش خمشی آزاد در تیر دو سر آزاد تأثیر استفاده از درصد‌های مختلف خرده کلزا در ترکیب خرده‌چوب‌های مورد استفاده برای ساخت تخته خرده‌چوب بر ویژگی‌های آکوستیکی آن بررسی شد. تعداد ۳۳ نمونه با هر یک از اختلاط متفاوت خرده - کلزا و خرده‌چوب پهن‌برگان ساخته شده و ویژگی‌های آکوستیک آنها تعیین گردید. نتایج نشان داد که با زیاد شدن مقدار خرده کلزا در ترکیب خرده‌چوب، مدول الاستیسیته ی دینامیک و ضریب آکوستیک تخته‌ها به ترتیب از ۱۲۶۰ MPa و $2/34 \text{ m}^4/\text{s.kg}$ به ۱۵۶۰ و $2/54 \text{ m}^4/\text{s.kg}$ افزایش یافت. در مقادیر کمتر اختلاط خرده کلزا با خرده‌چوب و ایجاد ناهمگنی در بافت تخته‌ها سبب افزایش مقادیر میرایی ارتعاش گردید. اما با افزایش درصد اختلاط خرده کلزا و همگن تر شدن بافت نمونه‌های ساخته شده، میرایی ارتعاش کاهش یافت. همچنین نتایج حکایت از افزایش معنی‌دار کارایی تبدیل آکوستیک در اثر افزایش درصد استفاده از خرده کلزا داشت. با توجه به نتایج می‌توان عنوان کرد که زیاد شدن مقدار خرده کلزا در ترکیب تخته خرده‌چوب باعث بهبود خواص آکوستیکی این محصول نسبت به تخته‌های تولید شده از خرده‌چوب پهن‌برگان شده و محصول تولیدی برای استفاده در سالن‌های آکوستیک مناسب‌تر از تخته‌های ساخته شده از خرده‌چوب پهن‌برگان است.

واژه‌های کلیدی: خرده کلزا، تخته خرده‌چوب، ارتعاش، ویژگی‌های آکوستیکی

مقدمه

و یا جایگزینی با منابع چوبی در ساخت تخته خرده‌چوب استفاده کرد. با توجه به اینکه خرده‌های تولید شده از ساقه‌ی کلزا ضریب فشردگی بالایی دارند، بنابراین استفاده از آن می‌تواند در ساخت تخته‌های با مدول الاستیسیته ی بالا و دارای پتانسیل مصارف تشدید صوت در سالن‌های انعکاس صدا مورد توجه قرار گیرد.

در حال حاضر جهت کنترل کیفی تخته خرده‌چوب از آزمون‌های مخرب طبق دستورالعمل D ۱۰۳۷-۲۰۰۷ آیین‌نامه‌ی ASTM استفاده می‌گردد که انجام آن وقت‌گیر

در دهه اخیر سطح زیر کشت کلزا در جهان و ایران رشد بسیار زیادی داشته است؛ و فرایند کشت و استحصال دانه‌های روغنی آن به تولید زیست‌توده قابل ملاحظه‌ای حاصل از ساقه‌ی آن می‌انجامد. در حال حاضر این ماده کاربرد مناسبی ندارد و هر ساله بعد از برداشت کلزا آتش زده شده و یا بعد از شخم زمین زیر خاک دفن می‌شود (Yousefi et al., 2008). بنابراین به نظر می‌رسد ساقه‌ی کلزا را می‌توان به‌عنوان یک منبع لیگنوسلولزی برای ترکیب

این تحقیق نیز حکایت از همبستگی بسیار مطلوب بین مدول الاستیسیته محاسبه شده از هر دو روش آزمونی داشت. بنابراین به روشنی مشخص است که آزمون‌های دینامیکی با توجه به نوع کاربرد در صنایع مختلف رونق فراوان یافته‌اند. ولی متأسفانه صنعت چوب و فرآورده‌های حاصل از آن همچنان از شیوه‌های سابق و مخرب تبعیت بیشتری می‌نمایند و با وجود این شیوه‌های ابداعی، آزمون‌های غیرمخرب در صنایع چوب جایگاه واقعی خود را پیدا نکرده‌اند. بنابراین در این تحقیق بررسی خواص آکوستیکی و صوتی تخته خرده‌چوب ساخته شده با نسبت‌های مختلف ترکیب خرده ساقه‌ی کلزا با خرده‌چوب صنعتی پهن‌برگان از طریق روش ارتعاش خمشی آزاد در تیر دو سر آزاد بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق از خرده‌چوب صنعتی پهن‌برگان مورد استفاده در کارخانه تخته خرده‌چوب شرکت صنعت چوب شمال-گنبد و کاه کلزا از کشت‌زارهای گرگان و دشت استفاده گردید. از چسب اوره-فرمالدهید ساخت شرکت شیمیایی فارس شیراز، تهیه شده از کارخانه تویان ایران چوب قزوین با مشخصات خلاصه شده در جدول ۱ استفاده شده است.

است. با این حال این آزمون‌ها کماکان کاربرد فراوانی در عرصه صنعت تولید تخته خرده‌چوب دارند. ولی تلاش‌های بسیاری برای یافتن روش‌های آسان، ارزان و سریع در مقایسه با شیوه‌های سنتی در حال پیگیری است. آزمون‌های دینامیکی با توجه به نوع کاربرد در صنایع مختلف رونق فراوان یافته‌اند و در بین آزمون‌های غیرمخرب دینامیکی آزمون‌های ارتعاشی به دلیل سادگی، قابلیت انعطاف و سرعت به‌طور گسترده‌ای مورد توجه می‌باشند (Ross and Pellerin., 1994; Ayarkawa et al., 2000) (Alberktas & Vobolis., 2004). همچنین تاکنون در زمینه‌ی ارزیابی غیرمخرب خواص مکانیکی محصولات مرکب چوبی تحقیقات آزمایشگاهی مناسبی از نظر کمی و کیفی انجام شده است. Kazemi Najafi (۲۰۰۲) استفاده از فن فراصوت در تعیین خواص مکانیکی (ثابت‌های الاستیک) تخته خرده‌چوب و راهکارها و روش‌های آماری و مقایسه-ای جهت کنترل کیفی تخته خرده‌چوب را بررسی کرده است. Grundstrom (۱۹۹۸) خواص الاستیک تخته خرده‌چوب را به دو روش فرکانس ویژه و آزمون فراصوتی بررسی کرده و به نتایج بسیار کارآمدی در این زمینه رسیده که حکایت از مناسب بودن این روش‌ها برای بررسی خواص کیفی تخته خرده‌چوب دارد. Fenghu و Xiaodong (۲۰۰۷) به بررسی خواص مکانیکی MDF با استفاده از دو روش ارتعاش طولی و روش استاتیک پرداختند. نتایج حاصل از

جدول ۱- مشخصات رزین اوره-فرمالدهید

زمان ژله‌ای شدن (s)	دانسیته (Kg/m ³)	مواد جامد (%)	pH	ویسکوزیته (s)
۶۷	۱/۲۸۵	۶۳	۷/۵	۴۵

۱۵:۸۵، ۳۰:۷۰، ۴۵:۵۵ و ۱۰۰:۰۰ انتخاب شدند و پس از چسب‌پاشی خرده‌ها با چسب اوره - فرمالدهید به غلظت ۵۰٪ (به میزان ۱۱٪ وزن خشک نمونه‌ها)، کیک تخته خرده‌چوب شکل داده شد و به مدت ۶ دقیقه در دمای ۱۷۵ درجه سانتی‌گراد و فشار ۲۵ بار تحت فشار پرس قرار گرفتند. ابعاد نهایی تخته‌های خروجی از پرس ۱/۵×۴۰×۴۰ سانتی‌متر بود.

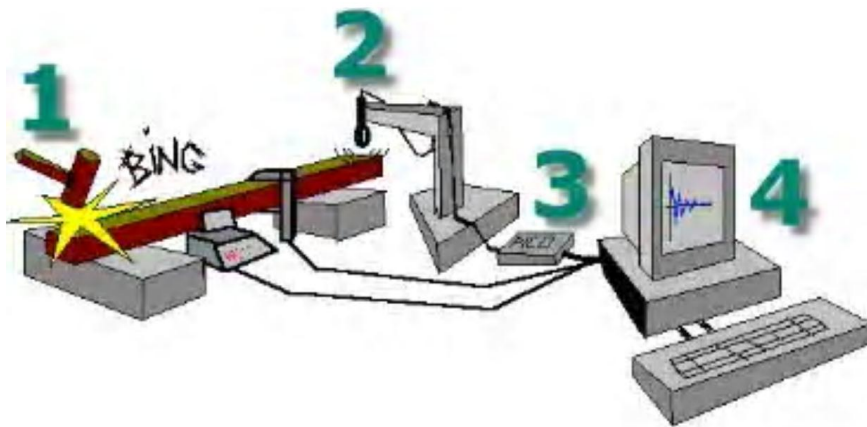
به منظور تهیه نمونه‌های آزمایشی، تخته‌ها پس از رسیدن

کاه کلزا توسط پوشال ساز مدل PZ8 ساخت شرکت Pallmann به خرده کلزا تبدیل شده و همراه با خرده‌چوب‌های پهن‌برگان به آزمایشگاه گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج منتقل شدند. خرده‌چوب‌ها و خرده‌های کلزا در یک خشک‌کن آزمایشگاهی تا رطوبت ۲٪ خشک شدند.

ترکیب خرده کلزا و خرده‌چوب صنعتی با نسبت‌های

(شکل ۱) قرار گرفتند. ضبط اصوات و ذخیره آن توسط نرم افزار Audacity[®] انجام شد و فایل صدا در ارتعاش خمشی توسط سیستم Vibra-F[®] (Roohnia et al., 2007, 2010) با همان فرکانس نمونه برداری قرائت گردید (شکل های ۱ و ۲). با ورود اطلاعات مربوط به ابعاد و وزن نمونه ها، به سیستم تحلیل گر، محاسبات مربوط به خواص آکوستیکی انجام شد.

به رطوبت تعادل محیط، طبق دستورالعمل EN 325-1 ابتدا به فاصله ۱/۵ سانتیمتر از اطراف کناره بری شدند و بعد نمونه ها برای آزمون ارتعاش خمشی آزاد و مطابق با دستورالعمل ASTM C 1548-02 و با ابعاد ۳۰×۵×۱/۵ سانتی متر (طول×عرض×ضخامت) بریده شدند. تعداد ۳۳ نمونه از هر ترکیب خرده کلزا و خرده چوب صنعتی تهیه شده، مورد آزمون ارتعاش خمشی آزاد در تیر دو سر آزاد



شکل ۱- ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد

می شوند که شاخصی برای میزان افت ارتعاش در طول زمان می باشند و توسط روابط زیر محاسبه می گردد.

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \left| \frac{x_1}{x_{n+1}} \right| \quad (3)$$

$$Q = \frac{1}{\tan \delta} \quad (4)$$

در آن: X_1 : بلندی اولیه موج در حال کاهش و X_{n+1} : بلندی n امین موج پس از موج متناظر با X_1 . λ میرایی ارتعاش و Q فاکتور کیفیت است.

در یک مدیوم مرتعش، هر قدر صدا زودتر افت کند، فاکتور کیفیت آن کوچک تر و بعکس فاکتور میرایی آن بزرگ تر است. ضریب آکوستیک (AC)^۱ و کارایی تبدیل آکوستیک (ACE)^۲ که از فاکتورهای مهم آکوستیکی چوب آلات مورد استفاده در صفحات تشدید صدا می باشند توسط روابط ۵ و ۶ محاسبه می شوند.

مدول الاستیسیته ی استاتیک، مطابق با دستورالعمل

ASTM D ۱۰۳۷-۲۰۰۷ تعیین شده است.

محاسبه ی مدول الاستیسیته ی دینامیک حاصل از ارتعاش خمشی نمونه ها مطابق با روابط مندرج در آیین نامه ی ASTM دستورالعمل شماره C 1548 از طریق روابط زیر انجام شد.

$$E = 0.9465 \left(\frac{mf_f^2}{b} \right) - \left(\frac{l^3}{b^3} \right) T \quad (1)$$

$$T = \left(1.000 + 6.585 \left(\frac{t}{l} \right)^2 \right) \quad (2)$$

در آن: E مدول الاستیسیته دینامیک (Pa)، F_f فرکانس

طبیعی n امین مد ارتعاش (Hz)، m جرم نمونه (gr)، b پهنای نمونه (mm)، l طول نمونه (mm) و T ضریب اصلاحی است.

کاهش لگاریتمی ارتعاش (شکل ۲ و رابطه ی ۳) و

فاکتور کیفیت (شکل ۲ و رابطه ی ۴)، به صورت زیر توصیف

1- Acoustical Coefficient

2- Acoustical Converting Efficiency

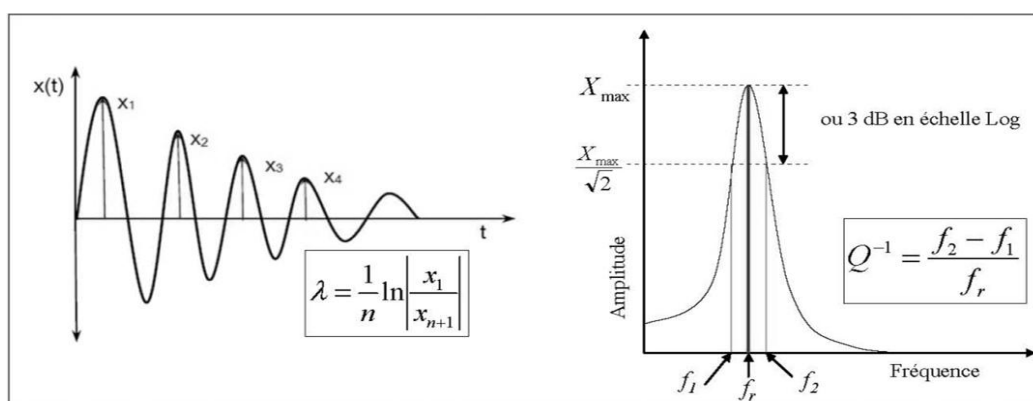
آزمون تجزیه و تحلیل واریانس (جدول ۲) برای تعیین تأثیر میزان استفاده از خرده کلزا بر روی مقادیر مدول الاستیسیته ی استاتیک، مدول الاستیسیته دینامیک، دانسیته، میرایی ارتعاش، فاکتور کیفیت، ضریب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک انجام شد و توسط آزمون دانکن گروه بندی میانگین ها به صورت زیر مجموعه های همگن (جدول ۳) مورد بررسی قرار گرفت. سپس نمودار پراکنده برای مقایسه ی نتایج مدول الاستیسیته ی حاصل از دو روش دینامیک و استاتیک و نمودار ستونی برای بررسی تأثیر میزان استفاده از خرده کلزا بر روی مقادیر میرایی ارتعاش، فاکتور کیفیت، ضریب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک ترسیم شد.

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad (5)$$

$$ACE = \frac{K}{\tan \delta} \quad (6)$$

در آن K ضریب آکوستیک ($m^4/s.kg$)، ACE کارایی تبدیل آکوستیک، E مدول الاستیسیته طولی، ρ جرم ویژه و $\tan \delta$ میرایی ارتعاش است.

برای اندازه گیری جرم ویژه از روش های استاندارد که اغلب غیرمخرب نیز هستند و مبتنی بر مشاهدات تجربی می باشند، استفاده شد.



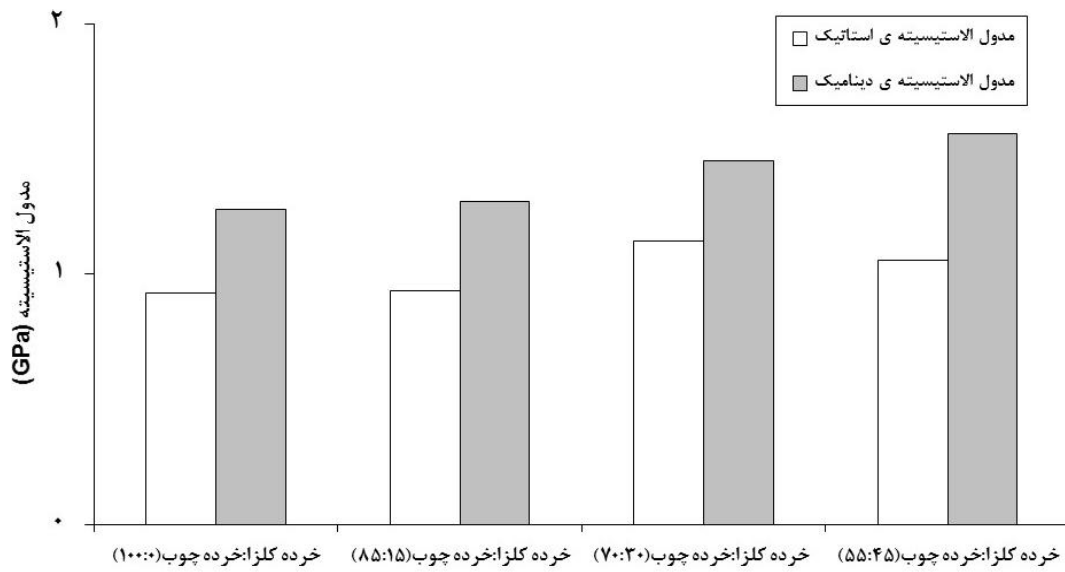
شکل ۲- نمایش فاکتور کاهش: سمت چپ؛ به روش لحظه ای با استفاده از کاهش لگاریتمی λ و سمت راست: به روش فرکانسی

با استفاده از پهنای باند قله بلندی ارتعاش (فاکتور کیفیت Q) (Roohnia and Tajdini, 2007)

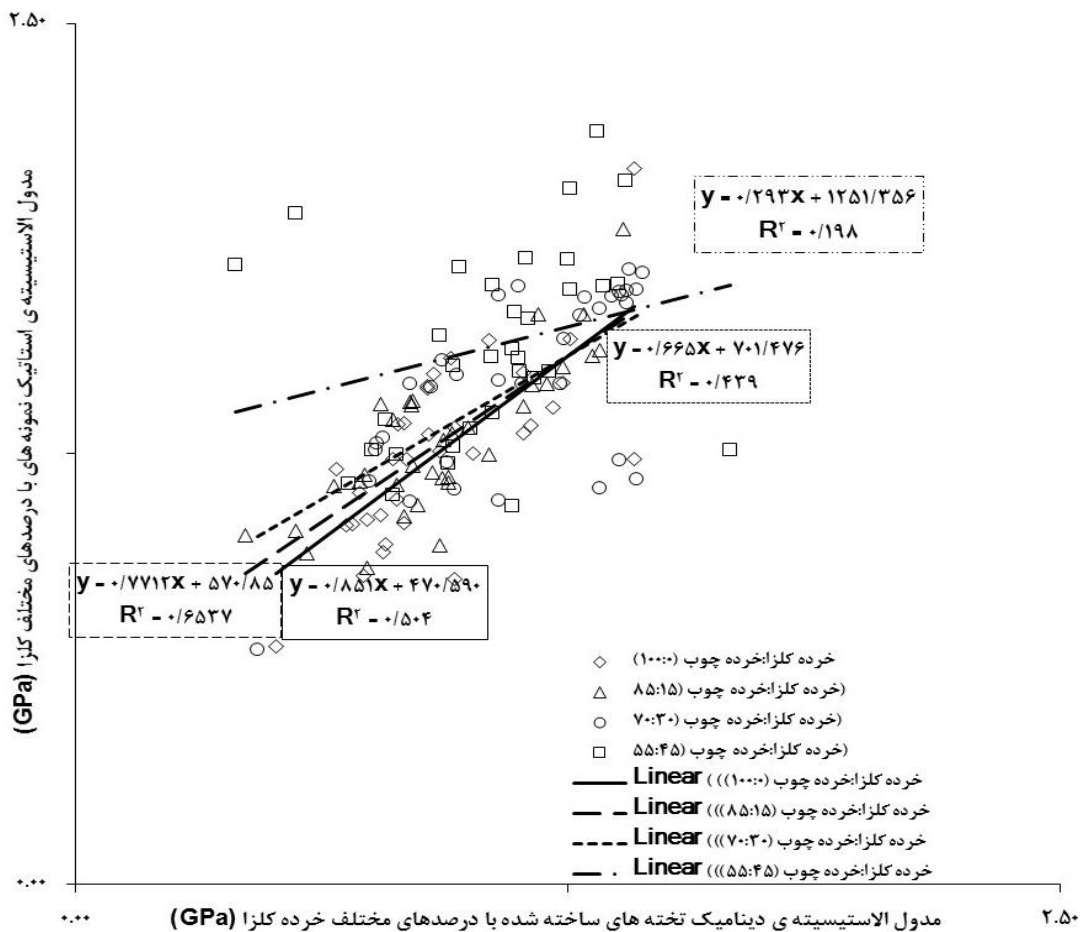
نتایج

معنی داری ندارد؛ اما با افزایش مقدار خرده کلزا در ترکیب خرده چوب در نسبت های ترکیبی ۷۰:۳۰ و ۵۵:۴۵ مقادیر تعیین شده از مدول الاستیسیته در هر دو شیوه ی آزمونی به طور معنی داری افزایش یافته است. ضمن اینکه بین مقادیر نسبت های ۷۰:۳۰ و ۵۵:۴۵ تفاوت معنی داری مشاهده نمی گردد.

شکل ۳ مقادیر مدول الاستیسیته اندازه گیری شده با ارتعاش خمشی آزاد و آزمون استاتیکی تخته خرده چوب ساخته شده با مقادیر مختلف استفاده از خرده کلزا در ترکیب با خرده چوب را نشان می دهد. مدول الاستیسیته دینامیک و استاتیک تخته های ساخته شده از ترکیب خرده کلزا و خرده چوب صنعتی با نسبت های ۱۰۰:۰ و ۸۵:۱۵ تفاوت



شکل ۳- مقایسه مدول الاستیسیته استاتیک و دینامیک در نسبت های ترکیبی متفاوت



شکل ۴- مقایسه ی مدول الاستیسیته ی تعیین شده دو روش استاتیک و دینامیک

جدول ۲- تجزیه واریانس یک طرفه تأثیر ترکیب خرده کلزا و خرده چوب بر روی ویژگی‌های تعیین شده

Sig.	F	میانگین مربعات	درجه آزادی	مجموع مربعات		
./.۰۰۰	۵/۵۵۴	۳۳۱۷۲۴/۱	۳	۹۹۵۱۷۲/۱	بین گروه	مدول الاستیسیته استاتیک
		۵۹۸۳/۹	۱۲۸	۷۶۵۹۴۸۸/۶	درون گروه	
			۱۳۱	۸۶۵۴۶۶۰/۶	کل	
./.۰۰۰	۹/۸۳۲	۶۶۷۲۰۰/۵۲۷	۳	۲۰۰۱۶۰۱/۶	بین گروه	مدول الاستیسیته دینامیک
		۶۷۸۶۱/۲۲۹۷	۱۲۸	۸۶۸۶۲۴۶/۰	درون گروه	
			۱۳۱	۱۰۶۸۷۸۴۸/۰	کل	
. /۵۷۷	. /۶۶۲	. /۰۰۱	۳	. /۰۰۳	بین گروه	دانسیته
		. /۰۰۲	۱۲۸	. /۲۰۳	درون گروه	
			۱۳۱	. /۲۰۶	کل	
. /۰۱۰	۳/۹۳۳	. /۰۰۰	۳	. /۰۰۱	بین گروه	میرایی ارتعاش
		. /۰۰۰	۱۲۸	. /۰۰۷	درون گروه	
			۱۳۱	. /۰۰۸	کل	
. /۰۰۴	۴/۵۸۹	۷۱/۸۴۶	۳	۲۱۵/۵۳۷	بین گروه	فاکتور کیفیت
		۱۵/۶۵۷	۲۷۶	۲۰۰۴/۰۹۵	درون گروه	
			۲۷۹	۲۲۱۹/۶۳۱	کل	
. /۰۰۰	/۱۷۹ ۱۸	۲۸۷/۱۶۳	۳	۸۶۱/۴۴۸	بین گروه	ضریب آکوستیک
		۱۵/۷۹۶	۱۲۸	۲۰۲۱/۹۲۲	درون گروه	
			۱۳۱	۲۸۸۳/۴۱۰	کل	
. /۰۰۶	۴/۲۸۸	۵۲۱/۲۹۹	۳	۱۵۶۳/۶۸۸	بین گروه	کارایی تبدیل آکوستیک
		۱۲۱/۵۸۸	۱۲۸	۱۵۵۵۹/۳۹۳	درون گروه	
			۱۳۱	۱۷۱۲۳/۰۸۱	کل	

جدول ۳- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی مقادیر اندازه‌گیری

شده‌ی مدول الاستیسیته ی استاتیک

زیرمجموعه برای آلفا=۰.۰۵		تیمار
۲	۱	
-	۹۲۴/۹۳۰.۶	خرده کلزا: خرده چوب (۱۰۰:۰)
-	۹۳۳/۳۱۷.۰	خرده کلزا: خرده چوب (۸۵:۱۵)
۱۰۵۶/۲۰۹۷	-	خرده کلزا: خرده چوب (۷۰:۳۰)
۱۱۳۲/۱۲۷۶	-	خرده کلزا: خرده چوب (۵۵:۴۵)
. /۲۱۰	. /۸۸۹	Sig

جدول ۴- آزمون همگن بودن واریانس

Sig.	درجه آزادی ۲	درجه آزادی ۱	Levene آماری	
۰/۳۴۵	۱۲۸	۳	۱/۱۱۷	مدول الاستیسیته استاتیک
۰/۵۳۴	۱۲۸	۳	۰/۵۳۴	مدول الاستیسیته دینامیک
۰/۴۸۴	۱۲۸	۳	۰/۸۲۲	دانسیته
۰/۵۳۷	۱۲۸	۳	۰/۷۲۸	میرایی ارتعاش
۰/۷۹۰	۱۲۸	۳	۰/۳۴۹	فاکتور کیفیت
۰/۰۸۱	۱۲۸	۳	۲/۲۹۴	ضریب آکوستیک
۰/۱۳۴	۱۲۸	۳	۱/۸۹۴	کارایی تبدیل آکوستیک

در شکل ۴ مقادیر مدول الاستیسیته تعیین شده از ارتعاش خمشی آزاد در مقایسه با مقادیر حاصل از آزمون استاتیک نشان داده شده است. در تمام نسبت‌های خرده‌چوب همبستگی مناسبی بین مدول الاستیسیته حاصل از ارتعاش خمشی آزاد و آزمون استاتیک وجود دارد.

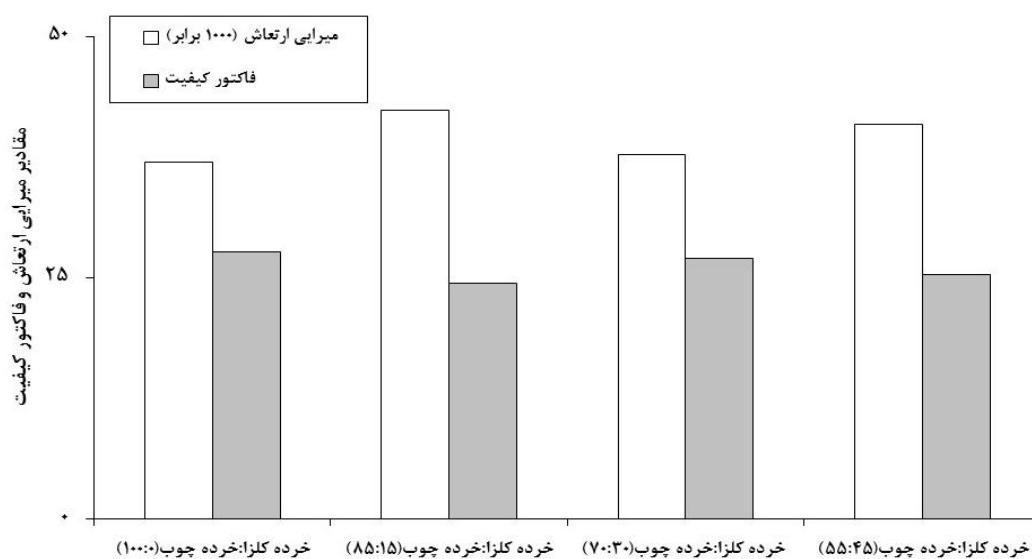
جدول ۵- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی مقادیر برآورد شده‌ی میرایی ارتعاش

زیرمجموعه برای آلفا=۰.۰۵			تیمار
۳	۲	۱	
-	-	۰/۳۶۹۶	خرده کلزا: خرده‌چوب (۱۰۰:۰)
-	۰/۳۷۷۱	۰/۳۷۷۱	خرده کلزا: خرده‌چوب (۷۰:۳۰)
۰/۴۰۹۲	۰/۴۰۹۲	-	خرده کلزا: خرده‌چوب (۵۵:۴۵)
۰/۴۲۳۲	-	-	خرده کلزا: خرده‌چوب (۸۵:۱۵)
۰/۴۴۶	۰/۰۸۰	۰/۶۸۱	Sig

در شکل ۵ تغییرات حاصل در مقادیر محاسبه شده‌ی میرایی ارتعاش و فاکتور کیفیت در مقادیر مختلف استفاده از خرده کلزا و خرده‌چوب نشان داده شده است. کمترین مقادیر مربوط به میرایی ارتعاش و بیشترین مقادیر مربوط به فاکتور کیفیت، از ترکیب خرده کلزا و خرده‌چوب صنعتی با نسبت ۱۰۰:۰ به دست آمده است. بین میرایی ارتعاش و فاکتور کیفیت تخته خرده‌چوب ساخته شده با ترکیب ۷۰:۳۰ تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. بیشترین مقادیر حاصل از میرایی ارتعاش و کمترین مقادیر حاصل از فاکتور کیفیت، از نسبت ترکیبی ۸۵:۱۵ (خرده کلزا نسبت به خرده‌چوب) حاصل گردیده است.

جدول ۶- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی مقادیر برآورد شده‌ی فاکتور کیفیت

زیرمجموعه برای آلفا=۰.۰۵			تیمار
۳	۲	۱	
-	-	۲۴/۴۲۴۶	خرده کلزا/خرده‌چوب (۸۵:۱۵)
-	۲۵/۲۷۲۱	۲۵/۲۷۲۱	خرده کلزا/خرده‌چوب (۵۵:۴۵)
۲۶/۹۶۸۵	۲۶/۹۶۸۵	-	خرده کلزا/خرده‌چوب (۷۰:۳۰)
۲۷/۶۱۲۷	-	-	خرده کلزا/خرده‌چوب (۱۰۰:۰)
۰/۵۱۰	۰/۰۸۴	۰/۳۸۶	Sig



شکل ۵- مقایسه‌ی میرایی ارتعاش و فاکتور کیفیت در نسبت‌های ترکیبی متفاوت

جدول ۷- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی مقادیر برآورد شده‌ی ضریب آکوستیک

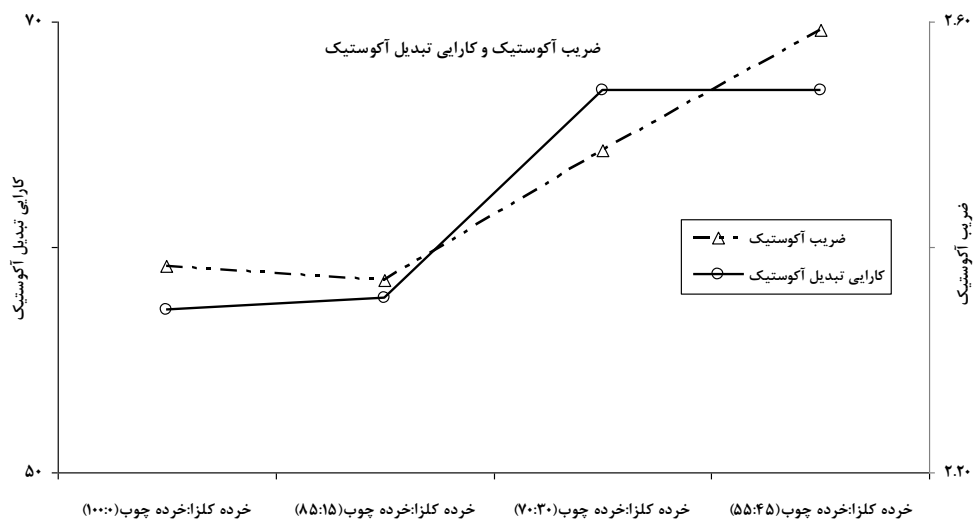
زیرمجموعه برای آلفا=۰.۰۵			تیمار
۲	۱		
-	۲/۳۴		خرده کلزا/خرده چوب (۱۰۰:۰)
-	۲/۳۶		خرده کلزا/خرده چوب (۸۵:۱۵)
۲/۵۴	-		خرده کلزا/خرده چوب (۷۰:۳۰)
۲/۵۳	-		خرده کلزا/خرده چوب (۵۵:۴۵)
۰/۱۲۱	۰/۶۴۱		Sig

جدول ۸- آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای گروه‌بندی مقادیر برآورد شده‌ی کارایی تبدیل آکوستیک

زیرمجموعه برای آلفا=۰.۰۵			تیمار
۳	۲	۱	
-	-	۵۸/۵۳	خرده کلزا/خرده چوب (۸۵:۱۵)
-	۵۹/۱۵	۵۹/۱۵	خرده کلزا/خرده چوب (۱۰۰:۰)
۶۴/۳۰	۶۴/۳۰	-	خرده کلزا/خرده چوب (۷۰:۳۰)
۶۹/۶۳	-	-	خرده کلزا/خرده چوب (۵۵:۴۵)
۰/۳۸۱	۰/۰۶۰	۰/۸۲۰	Sig

خرده چوب با نسبت‌های: ۷۰:۳۰ و ۵۵:۴۵ مقادیر محاسبه شده این ویژگی‌ها به طور معنی‌داری افزایش یافته است. کمترین مقادیر کارایی تبدیل آکوستیک از ترکیب خرده کلزا و خرده چوب صنعتی با نسبت: ۸۵:۱۵ حاصل شده است، در حالی‌که در سایر نسبت‌های خرده کلزا با خرده چوب مقدار این فاکتور به طور معنی‌داری افزایش داشته است.

تغییرات حاصل در مقادیر محاسبه‌شده‌ی ضریب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک در تخته‌های ساخته شده با استفاده از مقادیر متفاوت خرده کلزا و خرده چوب در شکل ۶ نشان داده شده است. بین ضریب آکوستیک تخته‌های ساخته شده از ترکیب خرده کلزا و خرده چوب صنعتی با نسبت‌های: ۱۰۰:۰ و ۸۵:۱۵ تفاوت معنی‌داری مشاهده نمی‌شود؛ اما با افزایش مقدار استفاده از خرده کلزا در ترکیب



شکل ۶- مقایسه‌ی ضریب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک تخته‌های ساخته شده با مقادیر متفاوت خرده کلزا

نسبت بیشتر خرده کلزا را می‌توان به فشردگی بیشتر این نمونه‌ها نسبت داد. در پژوهش‌های دیگری به تأثیر مثبت گونه‌های سبک در ساخت تخته خرده چوب و افزایش ضریب فشردگی تخته تأکید شده است (Wang and Sun, 2002). نتایج حاصل از دو روش آزمونی ارتعاش خمشی و استاتیک در برآورد مدول الاستیسیته نیز با یکدیگر همبستگی خوبی داشته‌اند (شکل ۴). به طوری‌که در تحقیقات پیشین نیز همبستگی بین دو روش مذکور گزارش گردیده بود که نتایج حاصل از این تحقیق نیز مبین همین امر است (Roohnia and Tajdini, 2007; Liang and Feng, 2007.; Divos and Tanaka, 2005; Yang et al., 2008). صدایی که از ارتعاش چوب ساطع می‌شود، یا از یک منبع بیرونی به چوب برخورد می‌کند و آن را مرتعش می‌سازد، به مرور میرا می‌شود که ناشی از مصرف انرژی آکوستیکی ارتعاش آن است. انرژی آکوستیکی به دو روش مصرف می‌شود: یکی جذب صوت که به مصرف مقابله با

بحث

مدول الاستیسیته دینامیک، میرایی ارتعاش و فاکتور کیفیت تخته خرده چوب‌های ساخته شده با نسبت‌های مختلف خرده کلزا و خرده چوب پهن برگان تعیین شده و مقایسه گردیده است. بین مدول الاستیسیته دینامیک و خصوصیات مکانیکی محصولات رابطه‌ای خطی وجود دارد، بنابراین به این دلیل بیشتر محققان با استفاده مدول الاستیسیته ی تعیین شده از طریق آزمون‌های غیرمخرب، در مورد خصوصیات مقاومتی مواد اعلام نظر کرده‌اند (Wang et al., 2008). طبق نتایج این بررسی، با افزایش استفاده از خرده کلزا در ترکیب چوب مقادیر مدول الاستیسیته افزایش یافته است. در اثر استفاده‌ی زیادتر از خرده‌های کلزا که دارای جرم ویژه کمتری هستند ضریب فشردگی یک خرده چوب افزایش می‌یابد و این عامل مهمی در افزایش ویژگی‌های خمشی تخته‌های ساخته شده است؛ بنابراین افزایش مدول الاستیسیته دینامیک در نمونه‌های با

تخته‌های ساخته شده که میرایی ارتعاش کوچک‌تری دارند از مقادیر فاکتور کیفیت بزرگ‌تری برخوردار هستند.

ضریب آکوستیک یکی از پارامترهای مهم در برآورد ویژگی آکوستیکی یک جسم است که تحت تأثیر دو عامل مدول الاستیسیته (E) و جرم ویژه (G) قرار دارد. هرچه مقدار این ضریب در چوب و فراورده‌های آن زیاد باشد آن محصول برای استفاده در صفحات آکوستیکی مناسب‌تر است. نتایج این بررسی نشان داد با افزایش استفاده از خرده کلزا در ساخت تخته‌ها، مقادیر ضریب آکوستیک نیز افزایش یافت که این موضوع را می‌توان به افزایش مقادیر مدول الاستیسیته در اثر افزایش استفاده از خرده کلزا و از طرف دیگر ثابت ماندن دانسیته‌ی تخته‌ها در سطوح مختلف استفاده از خرده کلزا نسبت داد.

کارایی تبدیل آکوستیک نیز مانند ضریب آکوستیک یکی از فاکتورهای مهم آکوستیکی در استفاده از این گونه محصولات در مصارف آکوستیکی است که با میرایی نسبت عکس دارد. فاکتور مذکور در واقع اصلی‌ترین و مهمترین معیار در انتخاب یک محصول در مصارف آکوستیکی است (Roohnia et al., 2011). هرچند کمترین مقادیر میرایی ارتعاش در تخته‌هایی حاصل شد که در آنها از خرده کلزا استفاده نگردیده بود، ولی همان‌طور که در نتایج مشاهده گردید مقادیر کارایی تبدیل آکوستیک با افزایش درصد استفاده از خرده کلزا با افزایش روبه‌رو شد. پیش از این نیز تأثیر مثبت مقادیر مدول الاستیسیته‌ی بالا در کمرنگ نمودن اثر منفی میرایی ارتعاش گزارش گردیده بود (Wesgt, 2006). در این تحقیق نیز افزایش درصد استفاده از خرده کلزا سبب افزایش مقادیر مدول الاستیسیته در نمونه‌های آزمونی گردید که به نظر می‌رسد این افزایش توانسته است بر اثر منفی افزایش میرایی غلبه نماید و سبب افزایش کارایی تبدیل آکوستیک به‌عنوان مهمترین معیار در انتخاب محصولات آکوستیکی گردد.

با توجه به نتایج این تحقیق می‌توان گفت که ساخت تخته خرده‌چوب از اختلاط خرده‌چوب و خرده کلزا سبب بهبود خواص مکانیکی و آکوستیکی محاسبه شده از طریق روش ارتعاش آزاد در تیر دو سر آزاد در تخته‌ها می‌گردد. ضمن اینکه استفاده بیشتر از خرده کلزا در ساخت تخته‌ها سبب افزایش این‌گونه خواص نسبت به تخته‌های ساخته

اصطکاک داخلی می‌رسد و نتیجه آن آزاد شدن گرماسست و دیگر اینکه به محیط بازتاب می‌کند. میزان میرایی ارتعاش بستگی به دانسیته، بافت، رطوبت (با افزایش رطوبت میرایی افزایش می‌یابد)، مد ارتعاش و غیره دارد. در ساخت سالن‌های انعکاس صدا، ماده‌ای انتخاب می‌شود که اصطکاک داخلی کمتر و بازتاب صوتی بیشتر داشته باشد و بعکس؛ بنابراین در ساخت سالن‌های با خاصیت جذب صوت (عیق صدا) از موادی استفاده می‌گردد که اصطکاک داخلی بیشتر و بازتاب صوتی کمتر داشته باشد. همان‌طور که در نتایج بیان گردید بین دانسیته‌ی تخته‌های ساخته شده با مقادیر مختلف خرده کلزا تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید، بنابراین با یکسان بودن دانسیته و ثابت بودن سایر شرایط ساخت در تمامی نمونه‌های ساخته شده می‌توان تغییرات به وجود آمده در این فاکتور را مرتبط با مقادیر متفاوت خرده کلزا (بافت محصول) دانست. کمترین مقادیر مربوط به این فاکتور هنگامی حاصل می‌گردد که از خرده کلزا در ساخت نمونه‌ها استفاده نشده باشد. هنگامی که به میزان ۱۵٪ از خرده کلزا به همراه ۸۵٪ خرده‌چوب استفاده شد، بیشترین مقادیر این فاکتور در بین نمونه‌های ساخته شده مشاهده گردید. در نسبت‌های ترکیبی ۷۰:۳۰ و ۵۵:۴۵ تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید و مقادیر فاکتور میرایی در مقایسه با نسبت ترکیبی ۸۵:۱۵ کاهش یافت. علت این امر می‌تواند ایجاد بافت ناهمگن و متفاوت در هریک از نسبت‌های ترکیبی خرده کلزا و خرده‌چوب باشد. هنگامی که از ترکیب ۸۵:۱۵ استفاده شد، بافت نمونه‌های ساخته شده از ناهمگنی بیشتری نسبت به سه ترکیب دیگر برخوردار بود (به دلیل اختلاف زیاد بین مقادیر استفاده از خرده کلزا و خرده‌چوب)؛ که این موضوع سبب اصطکاک داخلی بیشتر در نمونه‌های ساخته شده با درصد کمتر خرده کلزا و در نتیجه میرایی ارتعاش بیشتر در نمونه‌ها گردید. در تحقیقات پیشین نیز اثر منفی ایجاد بافت ناهمگن در تیرهای چوبی بر روی فاکتور میرایی ارتعاش مورد بررسی قرار گرفته بود (Kohantorabi et al., 2012). نتایج حاصل از این تحقیق نیز حکایت از آن داشت که میزان افزایش میرایی ارتعاش با میزان ناهمگنی ایجاد شده در محصول ارتباط مستقیم دارد. فاکتور کیفیت (رابطه‌ی ۵) با میرایی ارتعاش نسبت عکس دارد؛ بنابراین با توجه به توضیح ارائه شده در مورد نتایج حاصل از میرایی ارتعاش،

- Kohantorabi, M. Ghaznavi, M. Roohnia, M. Tajdini, A. Kazemi Najafi, S. 2012. The effect of joint type on acoustical properties of jointed beams. 6(4);117-128.
- Liang, S. Q. and Feng, F. (2007). Comparative study on three dynamic modulus of elasticity and static modulus of elasticity for lodgepole pine lumber, *Journal of Forestry Research* 18(4), 309-312.
- Roohnia M, Tajdini A, Manouchehri N (2011) Assessing wood in sounding boards considering the ratio of acoustical anisotropy. *NDT&E International*. 44, 13-20.
- Roohnia, M. Tajdini, A. 2007, Study on the Possibility of Mechanical Measurements on Wood Using Free Vibration Method in comparison with the Static and Forced Vibration Methods. *Journal of Agriculture science Islamic Azad University, Science and Research Branch*. 13(4):1017-1027
- Roohnia, M. Behnam, B. Hossein, MA. Alavi-Tabar, SE. Tajdini, A. Manouchehri, N. 2010. Evaluating the modulus of elasticity of Arizona cypress wood using Iranian forced system. *Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources*. 5(2): 61-73.
- Ross R.J, Pellerin R.F. (1994) *Nondestructive Testing Assessing Wood Members in Structures*. USDA Society Review.
- Wang D, Sun XS (2002). Low density particleboard from wheat straw and corn pith. *Industrial Crops and Products* Vol 15: 43-50.
- Wegst UGK (2006) Wood For Sound, *American Journal of Botany* 93(10): 1439-1448.
- Wang S, Chen J, Tsai M, Lin C & Yang T (2008) Grading of Softwood Lumber Using Non-destructive Techniques, *Journal of Material Processing Technology*. 208:149-158
- Yang TH, Wang SY, Lin CJ, Tsai MJ (2008) Evaluation of the Mechanical Properties of Douglas-fir and Japanese Cedar Lumber and its Structural Glulam by Nondestructive Techniques. *Construction and Building Materials*. 22:487- 493.
- Yousefi, H. Enayati, A.A. Faezipour, M. and Sadatnejad, H. 2008, The effect of steaming time and resin content on MDF made from canola straw. *Iranian Journal of Wood and Paper Science Research*. 23(2): 149-156

شده از خرده چوب یهن برگان می گردد؛ بنابراین می توان با کاربرد ضایعات کلزا در ساخت این تخته ها علاوه بر استفاده ی بهینه از ضایعات کشاورزی، محصولی با خواص آکوستیکی مناسب برای کاربرد در سالن های تشدید صدا تولید نمود.

منابع مورد استفاده

- Alberktas D, Vobolis J (2004) Modeling and Study of Glued Panel. *Materials Science (medziagotyra)*. Vol. 10(4). 370-373
- ASTM Standards (2002) Standard Test Method for Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio of Refractory Materials by Impulse Excitation of Vibration, Designation C1548. 7p.
- ASTM Standards (2007) Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials, Designation D1037. 30p.
- Ayarkwa J, Hirashima Y, and Sasak Y (2000) Predicting Modulus of Rupture of Solid and Finger-Jointed Tropical African Hardwoods Using Longitudinal Vibration. *Forest Products Journal*. Vol. 51(1). 85-92.
- DIN Standards (1993) Wood-based panels; determination of dimensions of test pieces. Designation En-325-1. 5p.
- Divos F, Tanaka T, (2005) Relation Between Static and Dynamic Modulus of Elasticity of Wood. *Acta Silv. Lign. Hung.*, No.1 :105-110.
- Fenghu W, Xiaodong, Z (2007) Applications of wavelet transformation in the nondestructive test of medium density fiberboard., *Frontiers of Forestry in China*. NO (2)2: 227-230.
- Grundström F (1998) Non-destructive Testing of Particle Board with Ultra Sound and Eigen Frequency Methods. Master of Science Thesis, Institute of Skellefteå, ISSN 1402-1617.
- Kazemi Najafi, S. (2002). Mechanical Properties of Particleboard by Ultrasonic Technique, *Ph.D. Thesis*, Tehran University Iran, 127pp.

Investigating the effect of canola particles on acoustic properties of particleboard

H. Ghasemi^{1*}, A. Jahan-Latibari², M. Roohnia³ and M. Kohantorabi⁴

1*-Corresponding Author, M.Sc., Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran, Email:Ghasemi.hanieh@yahoo.com

2- Professor, Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

3-Associate Prof., Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

5-M.Sc., Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Received: June, 2013

Accepted: June, 2014

Abstract

The effect of the application of different contents of canola particles in the production of particleboard on its acoustic properties were determined using free vibration on free-free bars procedure. 33 samples from each combination of canola and wood particles were prepared and the acoustical properties were determined. Results showed that as the content of canola particles in the mixture of the particles increases, the modulus of elasticity and acoustic coefficient of boards increases from 1260 MPa and 2.34 m⁴/s.kg to 1560 MPa and 2.54 m⁴/s.kg respectively. At the lower content of canola particles in the particles mixture, because of inhomogeneity, damping factor increased but by increasing the content of canola particles more homogeneous boards was obtained and damping factor decreased. Also, results showed that significant increase in acoustic coefficient efficiency was reached by increasing the content of canola particles. Therefore as the results revealed, incorporating more canola particles in the particleboard mixture, acoustic properties of particleboard improves and the product can be used in acoustic environments, halls and etc.

Key words: Canola particles, particleboard, vibration, acoustical properties.