

بررسی اثر پوشش دهی با شلاک بر ویژگی های آکوستیکی گونه های توت سفید (*Morus alba*) و گردو (*Juglans regia*)

چکیده

در این تحقیق به مطالعه اثر رنگ آمیزی بر ویژگی های آکوستیکی گونه های توت سفید (*Morus alba*) و گردو (*Juglans regia*) با لاک و الکل (شلاک) با روش ارتعاش خمشی اجباری در تیر دو سر آزاد پرداخته شده است. بدین منظور نمونه هایی از هر دو گونه با ابعاد $15 \times 2 \times 140$ میلی متر (طول، عرض، ضخامت) با توجه به استاندارد ISO 3129 تهیه شد. نمونه های آزمونی به مدت سه هفته جهت یکسان سازی رطوبت در محیط کلیماتیزه با شرایط 20 ± 2 سانتی گراد و رطوبت نسبی $65 \pm 5\%$ قرار گرفتند و پس از آن مرحله اول آزمون ارتعاش اجباری به منظور اندازه گیری خواص اولیه ی نمونه های آزمونی صورت پذیرفت. سپس نمونه های هر گونه توسط لاک و الکل پوشش دهی شدند و پس از یکسان سازی رطوبت مجدداً مورد به منظور بررسی اثر پوشش با لاک و الکل در هر گونه مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج حاکی از تغییرات یکسان در جرم ویژه نمونه های هر دو گونه ی توت و گردو در اثر پوشش دهی بود. مدول الاستیسیته، ضریب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک هر دو گونه پس از پوشش دهی با کاهش روبه رو شدند که میزان افت در گونه ی توت بیش از گونه ی گردو بود. دلیل این موضوع تغییرات به وجود آمده در وزن مخصوص نمونه های هر یک از گونه ها پس از پوشش دهی بود که این امر منجر ایجاد تغییرات در فرکانس می گردد؛ که تغییرات فرکانسی در گونه ی توت بیش از گونه ی گردو بود. میرایی ارتعاش در اثر پوشش دهی در هر دو گونه با افزایش روبه رو شد که به دلیل تأثیر الکل در خروج مواد استخراجی و ماهیت و نقش متفاوت این مواد بر مقادیر فاکتور مذکور در گونه ی توت بیش از گونه ی گردو بود.

واژگان کلیدی: ارتعاش اجباری، توت، گردو، رنگ آمیزی، شلاک، ویژگی های آکوستیکی.

مونا حاجی قاسم^۱
بهزاد بازیار^{۲*}
مهران روح نیا^۳

^۱ دانشجوی مقطع کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۲ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران

^۳ استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

bazyar@srbiau.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۴

مقدمه

در عصر حاضر و در سراسر جهان استفاده از چوب در ساخت آلات موسیقی کاربرد بسیار دارد فراوان دارد. چنانکه با وجود پیشرفت های فراوان در صنایع پلیمرهای مصنوعی هنوز در ساخت اکثر سازهای عرف و سازهای

آکوستیک و حتی در ساخت انواع پیانو از گونه های مختلف چوبی استفاده می شود. به عنوان مثال استفاده از چوب هایی چون چوب لاله درختی، گردو، پالیساندر، سرو اسپانیایی، افرا، بلوط، نوئل، رز چوب و غیره را در ساخت گیتار و استفاده از چوب درختانی چون افرا، بید، آبنوس، صنوبر و

گونه نیز همانند دیگر سازها با رنگ‌آمیزی‌های متفاوت صورت می‌پذیرد که در این بین رنگ‌آمیزی با شلاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۱۱]. ایجاد لایه‌ی لاک و الکل بر روی چوب علاوه بر تأثیر بر ویژگی‌های آکوستیکی از آن لحاظ حائز اهمیت است که الکل به‌عنوان حلال برای حذف مواد استخراجی تأثیر به‌سزایی در کیفیت صدای حاصل به‌واسطه‌ی خروج مواد استخراجی دارد [۷ و ۴]. یکی از راه‌های شناخت خواص فیزیکی، مکانیکی و آکوستیکی مواد آزمون‌های غیر مخرب است که با استفاده از این آزمون می‌توان بدون زایل شدن قابلیت مصرف ماده، پی به بسیاری از خواص آن ماده برد [۱۳]. در آزمون غیر مخرب خود محصول را آزمایش می‌کنیم و لازم نیست که تعداد نمونه‌ها زیاد باشد. با این آزمون می‌توان چند پارامتر را هم‌زمان آزمایش نمود و در زمان صرفه‌جویی کرد. با استفاده از آزمون‌های غیر مخرب می‌توان به ساختمان، ابعاد و خواص فیزیکی و مکانیکی، خواص شیمیایی، آکوستیکی و پاسخ‌های دینامیکی و غیره پی برد. در آزمون‌های غیر مخرب هر یک از خواص مذکور دارای اثری خاص می‌باشند [۱۵ و ۱۴]. در بین روش‌های غیرمخرب، روش‌های ارتعاشی آزاد و اجباری در تیر دوسر آزاد^۱ به دلیل سادگی و هزینه‌ی پایین از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشند که در این روش‌ها علاوه بر دستیابی بر خواص مکانیکی چوب از قبیل مدول الاستیسیته و مدول برشی (در روش ارتعاش آزاد) می‌توان خواص آکوستیکی از قبیل میرایی، ضریب آکوستیک و کارایی تبدیل آکوستیک را که از عوامل مهم در کیفیت صدای حاصل از ساز است را در چوب برآورد نمود را محاسبه نمود.

ضریب آکوستیک که از پارامترهای مهم در انتخاب چوب آلات مورد استفاده در صفحات تشدید صدا است عبارت از نسبت مجذور مدول الاستیسیته و مجذور جرم ویژه به توان سه است. کارایی تبدیل آکوستیک نیز همچون ضریب آکوستیک فاکتوری مهم در انتخاب چوب آلات مورد استفاده در ادوات ساز است که این فاکتور نیز عبارت از نسبت ضریب آکوستیک به میرایی است [۱۶ و ۱۶]؛ بنابراین با توجه به موارد ذکر شده هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر پوشش با ماده‌ی لاک و الکل (شلاک)

غیره را در ساخت ویولون می‌توان نام برد [۳ و ۲ و ۱]. خواص آکوستیک و صوتی چوب سبب شده است که از این ماده به‌طور ویژه‌ای در ساخت ادوات موسیقی، استودیوهای صوتی و اتاق‌های بدون انعکاس صوت (اتاق مرده) به‌صورت ماسیو و یا ترکیبی (فرآورده‌های چوبی) برای اهداف پژوهشی - علمی و ایجاد مصارف ویژه‌ای استفاده شود و در مصارف ساختمانی به‌عنوان دیوارهای جداکننده، پوشش سقف یا کف اتاق و غیره استفاده می‌شود که علاوه بر خواص استحکامی و مکانیکی این ماده، خواص آکوستیکی نیز مدنظر طراحان است بکار رود [۴ و ۱]. به لحاظ اهمیت ویژه‌ی چوب در ساخت ادوات موسیقی و کاربرد این ماده و فرآورده‌های آن در ساخت این‌گونه محصولات شناخت خواص صوتی و آکوستیکی چوب و حصول اطلاعاتی از عکس‌العمل این ماده در رابطه با خواص آکوستیکی و صوتی چوب پیش‌ازاین توسط محققین متعددی بر روی گونه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است [۹ و ۸ و ۷ و ۶ و ۵ و ۱]. در بیشتر تحقیقات صورت پذیرفته خواص آکوستیک چوب گونه‌های مورد بررسی بدون پوشش‌های متداول به‌کاررفته در ساخت ساز مورد بررسی قرار گرفته است اما باید توجه داشت که پوشش یا مواد پوشاننده‌ای همچون لاک و الکل (شلاک)، به‌منظور زیبایی بخشیدن به ساز از یک‌سو و مهم‌تر از آن مقاوم نمودن نسی ساز به تغییرات رطوبت از مهم‌ترین مراحل در تکمیل ساخت یک ساز است که این موضوع کمتر مورد بررسی قرار گرفته است [۱۱ و ۱۰]. لازم به ذکر است در تحقیقات صورت گرفته، تأثیر تیمارهای صورت گرفته بر روی گونه‌های متفاوت مورد بررسی در بسیاری از موارد کاملاً از یکدیگر مجزا است. به‌طوری‌که به‌عنوان مثال حذف مواد استخراجی در گونه‌ی پرنامبوکو (*Guilandina echinata Spreng L*) سبب افت خواص آکوستیکی این گونه شده است در حالی که این عمل در گونه‌ی افرا پلت (*Acer velutinum L*) سبب ارتقا خواص آکوستیکی شده است [۱۲ و ۵]. دو گونه‌ی توت سفید (*Morus alba*) و گردو (*Juglans regia*) از گونه‌های پرمصرف در ساخت آلات موسیقی سنتی ایرانی می‌باشند که در ساخت سازهایی همچون تار، سه‌تار، سنتور، عود و غیره کاربرد فراوانی دارند. کاربرد این دو

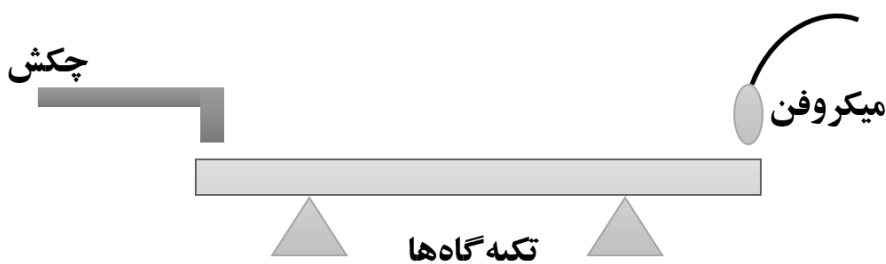
^۱ Free and force vibration in free-free beam methods

و غیره مطابق با استاندارد بین‌المللی Iso 3129 انتخاب شدند. از آنجایی که رطوبت نمونه‌ها به شدت بر روی مدول الاستیسیته و میرایی ارتعاش نمونه‌ها تأثیرگذار است و نیز دمای نمونه‌ها بر روی فرکانس طبیعی آن‌ها تأثیرگذار است، لذا یکسان‌سازی شرایط نمونه‌ها از لحاظ دما و رطوبت ضروری است [۱۷]. از این‌رو نمونه‌ها به مدت سه هفته (۲۱ روز) در محیط و شرایط کنترل‌شده در دستگاه کليماتيزه تحت دما 20 ± 2 سانتی‌گراد و رطوبت نسبی $65 \pm 5\%$ نگهداری شدند و به رطوبت تعادل ۱۲ درصد رسیدند. طی مرحلهٔ آزمون نمونه‌ها برای ثابت بودن شرایط دما و رطوبت به داخل شرایط کنترل‌شده برگردانده می‌شدند. پس از گذشت ۳ هفته از قرارگیری نمونه‌ها در شرایط کليماتيزه تحت آزمون غیر مخرب ارتعاش آزاد در تیرهای دو سر آزاد برای برآورد همبستگی مدهای ارتعاشی و شناسایی و جدا کردن نمونه‌های دارای عیوب پنهان قرار گرفتند. لازم به ذکر است این همبستگی به هرگونه ناهمگنی در چوب حساس است و در سایر تحقیقات برای انتخاب نمونه مورد استفاده قرار می‌گیرد. بعد از انجام این آزمون نمونه‌هایی که دارای همبستگی کمتر از ۰/۹۹ در سه مد اول ارتعاشی بودند از مجموعه کنار گذاشته شدند و نمونه‌هایی که دارای همبستگی بالایی بودند برای ادامه آزمون انتخاب شدند [۱۸]. (شکل ۱).

به‌عنوان پرکاربردترین پوشش‌دهنده‌ی چوب آلات مورد استفاده در ساخت ساز و ادوات چوبی بر خواص آکوستیکی دو گونه‌ی توت سفید و گردو به‌عنوان پرمصرف‌ترین گونه‌های ساخت سازهای ایرانی با روش ارتعاش اجباری در تیر دوسر آزاد است.

مواد و روش‌ها

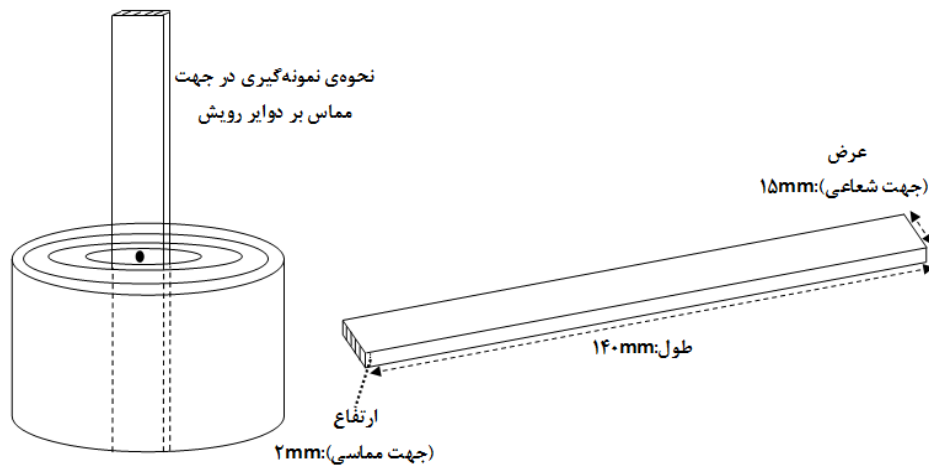
در این مطالعه اندازه‌گیری خواص آکوستیکی و صوتی بر روی چوب ماسیو در دو گونه پرمصرف در مصارف موسیقیایی در ایران یعنی گردو (*Juglans regia*) و توت سفید (*Morus alba*) صورت انجام شد. به دلیل کمبود و محدودیت‌های برداشت این دو گونه در ابتدا تعداد یک گرده‌بینه (بالغ و استوانه‌ای شکل) از هرگونه‌ی توت و گردو از باغات کرج استحصال شد و سپس نمونه‌های شعاعی از درون چوب هر گرده‌بینه به ابعاد $36 \times 2 \times 2$ سانتی‌متر (طول، عرض، ضخامت) تهیه گردید. سپس نمونه‌ها به مدت ۲ هفته در فضای آزمایشگاه تا خشک شدن کامل قرار گرفتند (لازم به ذکر است رطوبت اولیه درون چوب در نمونه‌های گردو $45 \pm 5\%$ و در نمونه‌های توت $52 \pm 5\%$ بود و پس از خشک شدن در دمای محیط به ترتیب به $15 \pm 5\%$ و $18 \pm 5\%$ در گردو و توت رسیدند). پس از این مرحله نمونه‌های کاملاً سالم از لحاظ ظاهری و فاقد هرگونه عیب و ایراد ظاهری مانند ترک، گره، اعوجاج



شکل ۱- انجام آزمون ارتعاش آزاد برای جداسازی نمونه‌های دارای عیوب داخلی [۱۹].

میلی‌متر تبدیل شدند لازم به ذکر است که تعداد ۱۵ عدد نمونه از هرگونه برای ادامه‌ی آزمون انتخاب شدند (شکل ۲).

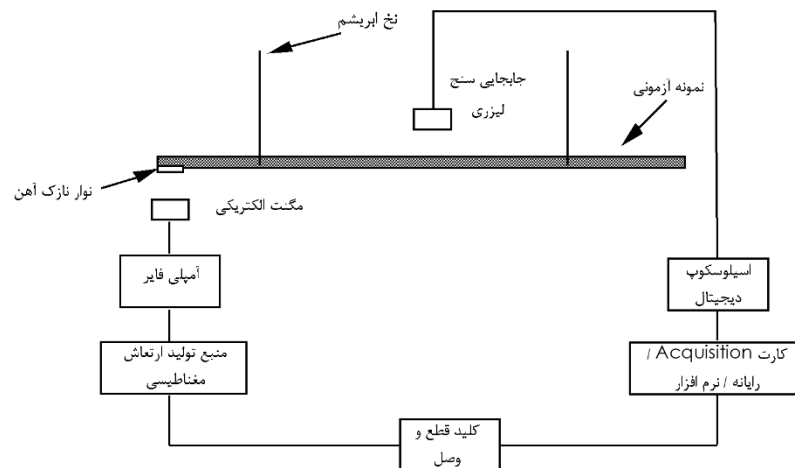
پس از آن نمونه‌هایی که ضریب همبستگی سه مد اول ارتعاش خمشی آن‌ها در هر دو گونه بالای ۰/۹۸ بود به نمونه‌هایی با ابعاد $140 \times 15 \times 2$ (طول، عرض، ضخامت)



شکل ۲- نحوه تهیه نمونه‌های آزمونی جهت آزمون ارتعاش اجباری خمشی

گردو و توت در شرایط کلیماتیزه با شرایط مذکور قرار گرفتند و پس از طی زمان مذکور کلیه نمونه‌ها به‌منظور بررسی خواص آکوستیکی و صوتی تحت آزمون ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد توسط سیستم ارتعاش اجباری قرار گرفتند (شکل ۳). لازم به ذکر است توزین و اندازه‌گیری نمونه‌ها در هر مرحله از آزمون توسط ترازو و کولیس با دقت یک‌صدم صورت پذیرفت.

بر روی نمونه‌های تهیه‌شده سنباده‌زنی ابتدا با سنباده با درجه ۴۰۰ صورت گرفته و پرداخت نهایی جهت پوشش با لاک و الکل صورت پذیرفت (لازم به ذکر است این عمل به این دلیل در این مرحله صورت پذیرفت که نمونه‌ها بعد از مرحله اول آزمون ارتعاش اجباری جهت اندازه‌گیری اولیه‌ی ویژگی‌های آکوستیکی کاهش وزنی به‌واسطه از بین رفتن مواد چوبی نداشته باشند). سپس هر دو گونه



شکل ۳- تصویر شماتیک سیستم آزمون ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد [۲۰].

Audacity® انجام پذیرفته و فرکانس صوتی با نرخ نمونه‌برداری ۴۴۱۰۰ هرتز توسط نرم‌افزار مذکور تنظیم و فایل صدا در ارتعاش خمشی توسط نرم‌افزار Vibra-F® با همان فرکانس نمونه‌برداری قرائت گردید [۱۹].

اندازه‌گیری ویژگی‌های آکوستیکی تحت آزمون ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد توسط سیستم ارتعاش اجباری دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج قرار گرفت. لازم به ذکر است ضبط اصوات و ذخیره‌ی آن توسط نرم‌افزار

$$T = \left(1.000 + 6.585 \left(\frac{t}{l} \right)^2 \right) \quad (3)$$

که در آن: E مدول الاستیسیته ی دینامیک (Pa)، F_f فرکانس طبیعی n امین مد ارتعاش (Hz)، m جرم نمونه (g)، b پهنای نمونه (mm)، l طول نمونه (mm) و T ضریب اصلاحی است.

ضریب آکوستیک (K) که یکی از پارامترهای مهم در برآورد ویژگی آکوستیک یک جسم است و تحت اثر مدول الاستیسیته (E) و جرم ویژه (ρ) است از طریق رابطه ۳ محاسبه می‌گردد [۲۱].

$$K = \sqrt{\frac{E}{\rho^3}} \quad (4)$$

که در آن K ضریب آکوستیک، E مدول الاستیسیته و ρ جرم ویژه چوب است.

کاهش لگاریتمی ارتعاش (λ) مطابق که مطابق شکل ۴ تعریف می‌شود توسط رابطه ۵ محاسبه می‌گردد:

$$\lambda = \frac{1}{n} \ln \left| \frac{x_1}{x_{n+1}} \right| \quad (5)$$

که 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 .

کارایی تبدیل آکوستیک (ACE) نیز که همانند ضریب آکوستیک یکی از فاکتورهای مهم آکوستیکی چوب آلات مورد استفاده در صفحات تشدید در ادوات موسیقی است از طریق رابطه ی ۶ محاسبه می‌گردد [۲۱].

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

همبستگی بین مقادیر حاصل شده از ویژگی‌های آکوستیکی هر دو گونه‌ی توت و گردو قبل و بعد از پوشش دهی توسط آزمون همبستگی پیرسون و برآزش مدل رگرسیونی بررسی شد. مقایسه‌ی میانگین‌های هر یک از ویژگی‌های آکوستیکی مکانیکی نیز توسط آزمون آماری T test صورت پذیرفت. برای انجام آزمون‌های آماری

پس از اندازه‌گیری اولیه‌ی ویژگی‌های آکوستیکی در نمونه‌های اولیه‌ی هر دو گونه‌ی توت و گردو، عمل پوشش دهی بر روی آن‌ها صورت پذیرفت. در عمل لاک و الکل کاری، لاک را در الکل حل می‌کنند و هر چه درجه خلوص آن بالاتر باشد لاک بهتر در الکل حل خواهد شد. رنگ لاک و الکل را در سه مرحله به وسیله قلم‌مو به سطح نمونه‌های هر دو گونه‌ی توت و گردو مالش داده شد (ترکیب شلاک با ترکیب لاک و الکل صنعتی (الکل اتیلیک) حاصل شد).

۱- رنگ بار اول (بوم کردن) برای پر کردن خلل و فرج چوب.

۲- رنگ بار دوم (پوشش) برای ایجاد کردن قشر رنگ روی سطح کار.

۳- رنگ بار سوم (پرداخت) برای صاف کردن روی رنگ ایجاد شده.

سپس نمونه‌ها را به مدت ۴۸ ساعت در هوای آزاد قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند و پس از آن با سنباده درجه ۱۲۰۰ نرم (کاغذ سنباده کارکرده) پرداخت نهایی بر روی نمونه‌های پوشش داده شده با لاک و الکل صورت گرفت. در نهایت نمونه‌ها را به مدت ۳ هفته در اتاق کلیماتیزه با شرایط مذکور در قبل قرار داده و پس از آن آزمون ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد جهت اندازه‌گیری و مشاهده‌ی تغییرات حاصل در اثر پوشش دهی بر روی نمونه‌های هر دو گونه‌ی توت و گردو با کیفیت مذکور در قبل صورت پذیرفت.

جرم ویژه نمونه‌ها بر اساس رابطه‌ی زیر اندازه‌گیری شد:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

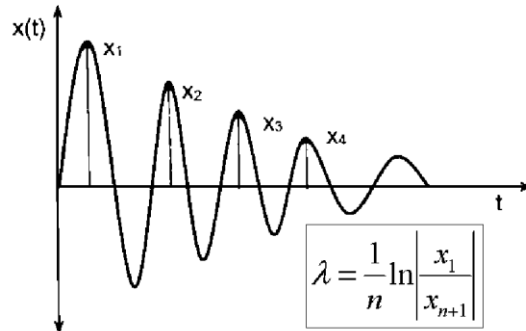
که در آن m جرم نمونه آزمونی و v حجم نمونه آزمونی است

مدول الاستیسیته دینامیکی با توجه به استاندارد ASTM 1548-02 که برای مواد سخت دیرگداز نوشته شده است، و از روی فرکانس مد اول ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد مورد محاسبه قرار می‌گیرد [۲۰].

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

رگرسیون از نرم‌افزار MS EXCEL استفاده گردید.

از نرم‌افزار SPSS Ver. 11.5 و برای رسم نمودار و خط



شکل ۴- نمایش فاکتور کاهش: سمت چپ به روش لحظه‌ای با استفاده از کاهش لگاریتمی λ

نتایج و بحث

دو گونه اثر منفی بر خواص آکوستیکی داشته است که میزان و بررسی این اثرات در ادامه توسط نمودارها مورد مقایسه قرار می‌گیرد.

در جدول ۱ مقادیر عددی حاصل از آزمون آکوستیکی گونه‌های توت و گردو قبل و بعد از پوشش‌دهی با لاک و الکل آورده شده است. به‌طور کل عمل پوشش‌دهی در هر

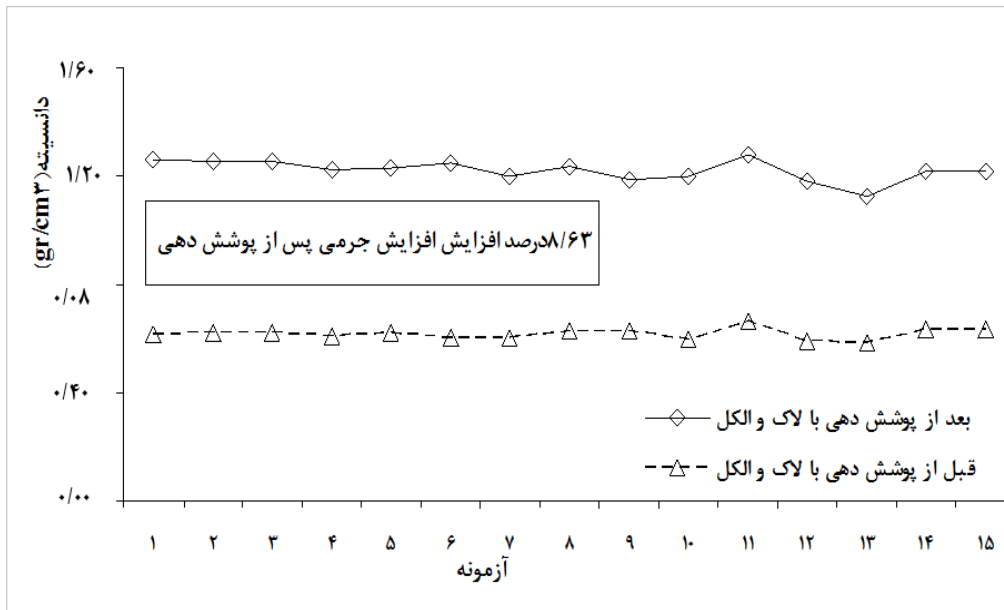
جدول ۱- مقادیر آکوستیکی اندازه‌گیری شده از گونه‌های توت و گردو قبل و بعد از پوشش‌دهی با لاک و الکل

کارایی تبدیل آکوستیک $m^4s^{-1}kg^{-1}$		میرایی ارتعاش		ضریب آکوستیک $m^4/s.kg$		مدول الاستیسیته Gpa		جرم ویژه gr/cm^3		گونه
AS ²	BS ¹	AS ²	BS ¹	AS ²	BS ¹	AS ²	BS ¹	AS ²	BS ¹	شرایط
۳۱۹/۵۳	۴۵۵/۴۲	۰/۰۲۱۳	۰/۰۱۵۴	۵/۸۸	۶/۰۲	۱۳/۱۰	۱۳/۴۳	۰/۷۸	۰/۷۲	گردو
۱۷۰/۲۱	۳۹۹/۶۱	۰/۰۳۳۰	۰/۰۱۴۵	۵/۰۲	۵/۴۲	۵/۴۶	۶/۰۳	۰/۶۲	۰/۵۸	توت

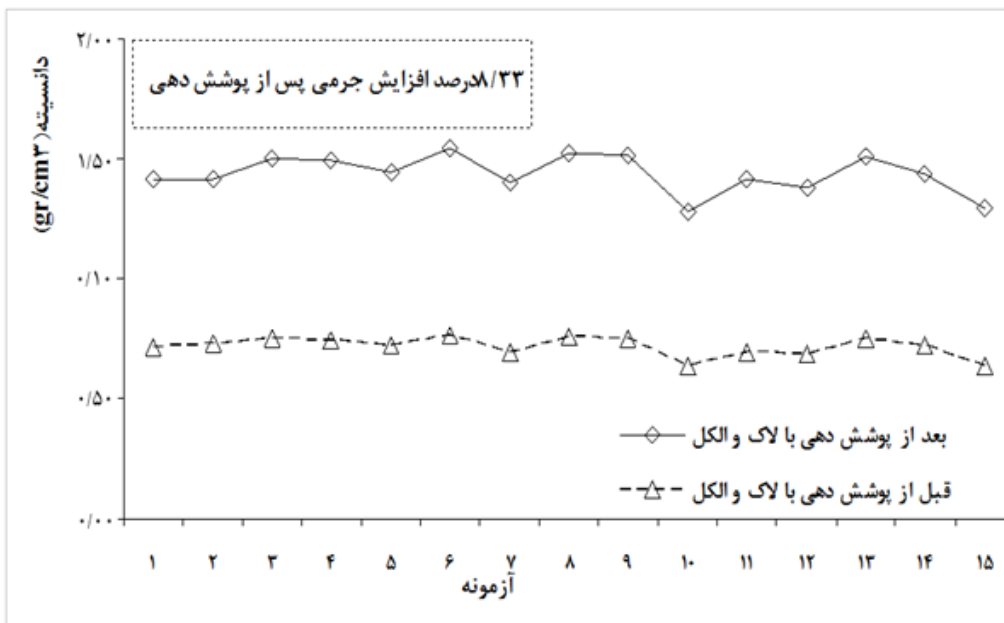
BS¹: قبل از پوشش با لاک و الکل - AS²: بعد از پوشش با لاک و الکل

پیرسون همبستگی معنی‌داری بین مدول الاستیسیته محاسبه‌شده در نمونه‌ها قبل و بعد از پوشش‌دهی مشاهده شد. ضمن اینکه مقایسه میانگین‌های مقادیر حاصل حاکی از آن است که پوشش‌دهی در هر دو گونه سبب کاهش مقادیر گردیده است که در این بین گونه توت با افت بیشتری در مقادیر مدول الاستیسیته نسبت به گونه‌ی گردو است.

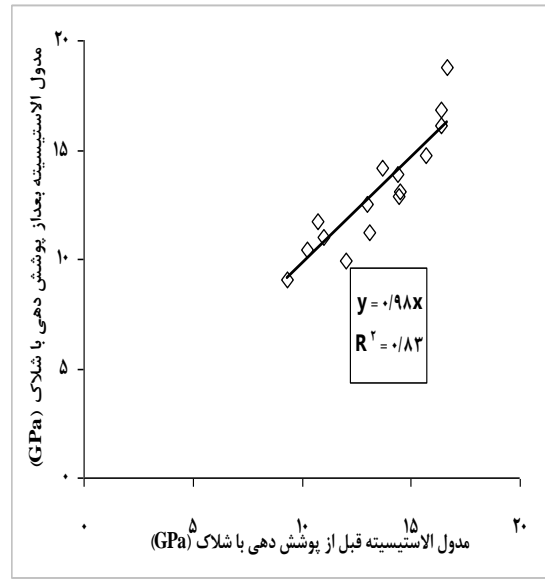
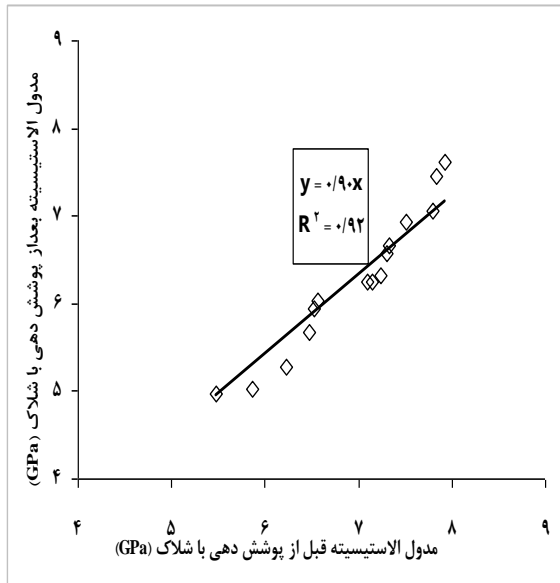
در شکل‌های ۵ و ۶ تأثیر پوشش‌دهی با ماده لاک و الکل بر مقادیر جرم ویژه مورد بررسی قرار گرفته است. مطابق با نتایج حاصل از هرگونه جرم ویژه در هر دو گونه پس از پوشش‌دهی با شلاک افزایش معنی‌داری در سطح ۹۵ درصد اطمینان از خود به نمایش گذارده‌اند. شکل ۷ مقادیر محاسبه‌شده مدول الاستیسیته قبل و بعد از پوشش‌دهی با لاک و الکل در دو گونه‌ی توت (۷-الف) و گردو (۷-ب) ملاحظه می‌گردد. با استفاده از آزمون



شکل ۵- تغییرات جرم ویژه در اثر پوشش دهی با لاک و الکل در گونه توت



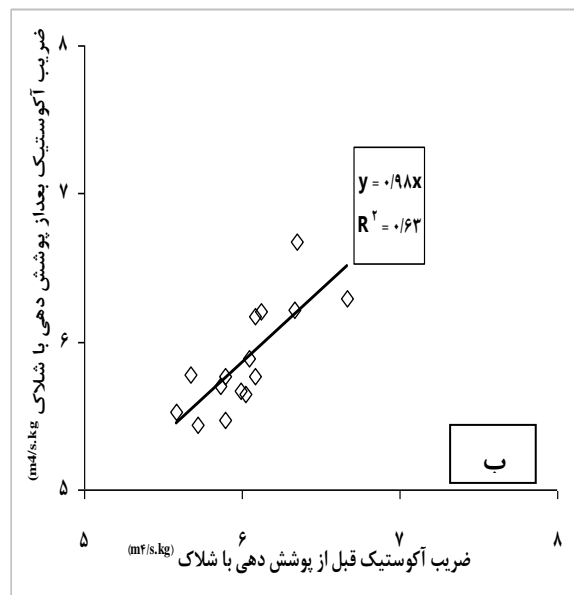
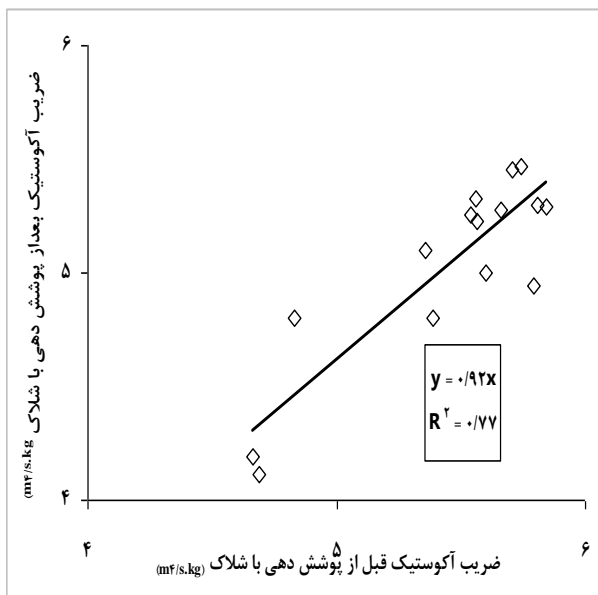
شکل ۶- تغییرات جرم ویژه در اثر پوشش دهی با لاک و الکل در گونه گردو



شکل ۷- تغییرات مدول الاستیسیته در اثر پوشش دهی با لاک و الکل در گونه توت (الف) و گردو (ب)

بالاتری برخوردار می‌گردد [۱]. توسط آزمون پیرسون همبستگی معنی‌داری بین مدول الاستیسیته محاسبه شده در نمونه‌ها قبل و بعد از پوشش دهی مشاهده گردید. ضمن اینکه مقایسه میانگین‌های مقادیر حاصل حاکی از آن است که پوشش دهی هر دو گونه سبب کاهش در مقادیر مذکور گردیده است که در این مورد نیز گونه توت با افت بیشتری در مقادیر ضریب آکوستیک نسبت به گونه گردو است.

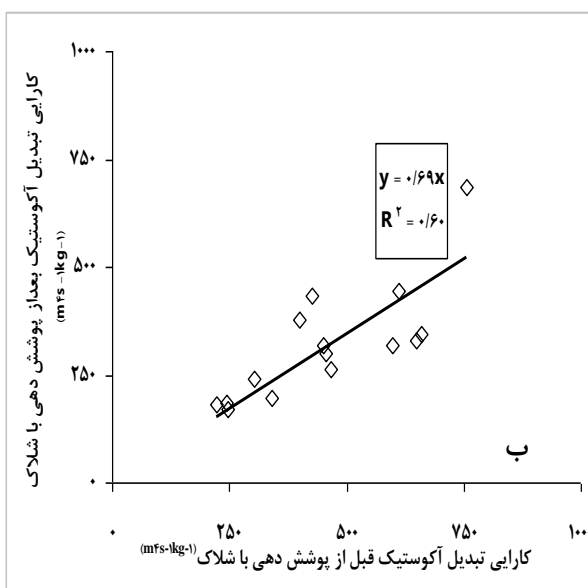
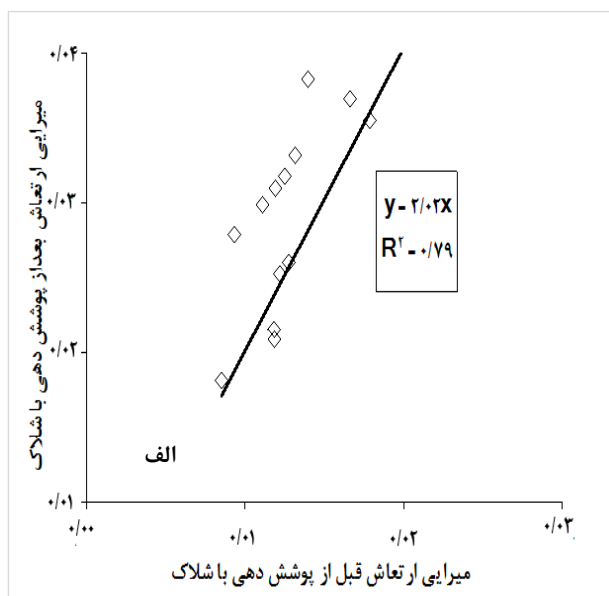
در شکل ۸ مقادیر محاسبه شده ضریب آکوستیک قبل و بعد از پوشش دهی با لاک و الکل در دو گونه‌ی توت (الف) و گردو (ب-۸) ملاحظه می‌گردد. ضریب آکوستیک ویژگی آکوستیکی‌ای است که تحت تأثیر مدول الاستیسیته و جرم ویژه چوب است و مطابق با تئوری هر چه مقادیر مدول الاستیسیته بالاتر و در عوض مقادیر جرم ویژه پایین‌تر باشد این پارامتر آکوستیکی از مقادیر



شکل ۸- تغییرات ضریب آکوستیک در اثر پوشش دهی با لاک و الکل در گونه توت (الف) و گردو (ب)

بعد از پوشش‌دهی مشاهده گردید. ضمن اینکه مقایسه میانگین‌های مقادیر حاصل حاکی از آن است که پوشش‌دهی هر دو گونه سبب افزایش در مقادیر مذکور گردیده است که در این مورد نیز گونه توت با افزایش بسیار بیشتری در مقادیر میرایی ارتعاش نسبت به گونه‌ی گردو است.

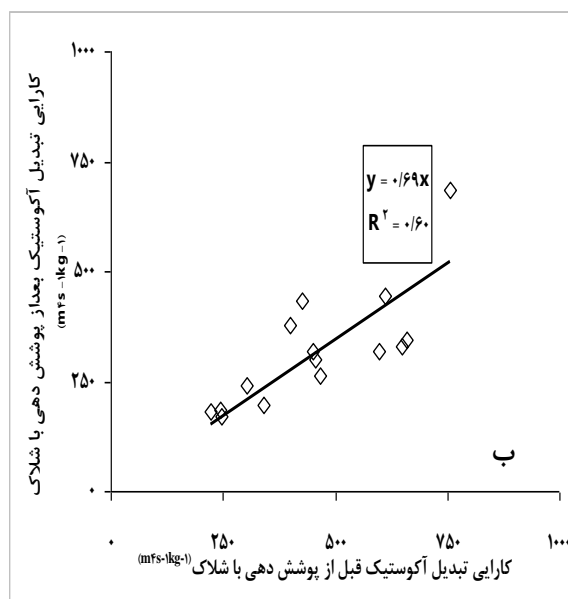
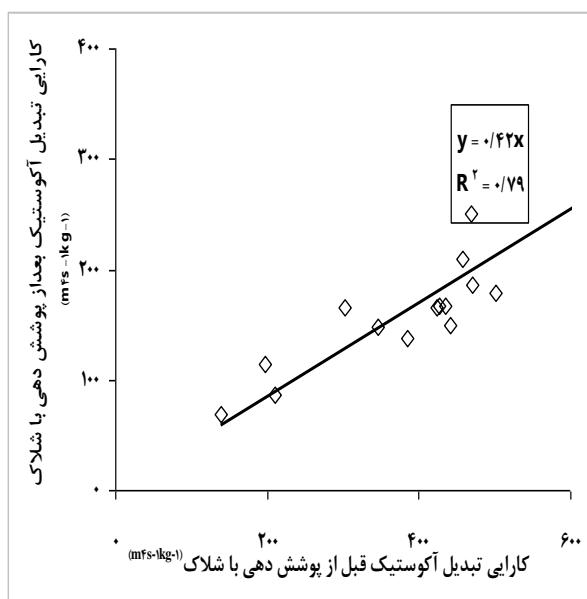
در شکل ۹ مقادیر محاسبه‌شده میرایی ارتعاش قبل و بعد از پوشش‌دهی با لاک و الکل در دو گونه‌ی توت (۹-الف) و گردو (۹-ب) ملاحظه می‌گردد. میرایی ارتعاش نیز از جمله خواص آکوستیکی در چوب است که معیار انتخاب چوب در بسیاری از آلات موسیقیایی است [۶ و ۱۵]. توسط آزمون پیرسون همبستگی معنی‌داری بین مقادیر میرایی ارتعاش اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها قبل و



شکل ۹- تغییرات میرایی ارتعاش در اثر پوشش‌دهی با لاک و الکل در گونه توت (الف) و گردو (ب)

و بعد از پوشش‌دهی مشاهده گردید. ضمن اینکه مقایسه میانگین‌های مقادیر حاصل حاکی از آن است که پوشش‌دهی هر دو گونه برعکس فاکتور میرایی ارتعاش سبب کاهش در مقادیر مذکور گردیده است که در این مورد نیز گونه توت با کاهش بسیار بیشتری در مقادیر کارایی تبدیل آکوستیک ارتعاش نسبت به گونه‌ی گردو است.

شکل ۱۰ مقادیر محاسبه‌شده کارایی تبدیل آکوستیک قبل و بعد از پوشش‌دهی با لاک و الکل در دو گونه‌ی توت (۱۰-الف) و گردو (۱۰-ب) را به نمایش درآورده است. کارایی تبدیل آکوستیک فاکتوری مهم و در واقع اصلی‌ترین فاکتور در انتخاب چوب آلات در ساخت ادوات موسیقیایی است که با میرایی ارتعاش رابطه‌ی عکس دارد [۲۲ و ۱]. توسط آزمون پیرسون همبستگی معنی‌داری بین مقادیر کارایی تبدیل آکوستیک اندازه‌گیری شده در نمونه‌ها قبل و



شکل ۱۰- تغییرات کارایی تبدیل آکوستیک در اثر پوشش دهی با لاک و الکل در گونه توت (الف) و گردو (ب)

بسیار متأثر از تغییرات ابعادی و مواد متشکله آن ماده است [۲۳ و ۲۴]. همان طور که پیش از این گفته شد در تهیه پوشش دهنده‌ی شلاک از ترکیب لاک و الکل استفاده گردید. الکل به عنوان حلال مواد استخراجی در بسیاری از تحقیقات مورد استفاده قرار گرفته است و اثر در هر گونه متفاوت است [۱۲ و ۷ و ۵ و ۴]. با توجه به ضخامت کم نمونه‌ها در حین پوشش دهی (به طوری که الکل از طرف دیگر نمونه‌ها در حین پوشش دهی خارج می‌گردد)، مواد استخراجی محلول در الکل را از درون چوب خارج می‌نماید؛ بنابراین در مرحله‌ی پس از پوشش دهی به واسطه‌ی تغییر در مواد متشکله‌ی چوب باعث تغییرات در قابلیت جذب، پخش و عبور صدا می‌گردد که این پدیده تأثیر مستقیم بر روی فرکانس نمونه‌های آزمونی می‌گذارد که در این بین هر چند شناسایی ماهیت مواد استخراجی هر دو گونه بر روی خواص آکوستیک جزو دامنه و اهداف تحقیق حاضر نیست (که البته در تحقیقات پیشین توسط Minamoto و همکاران در سال ۲۰۱۰ و Segolpayegani و همکاران در سال ۲۰۱۲ تأثیر منفی خروج مواد استخراجی بر خواص آکوستیکی بر روی گونه-ی توت نقش با ارائه‌ی جزئیات مواد و در مورد گونه‌ی گردو تأثیر مثبت خروج مواد استخراجی بر روی خواص

نتیجه‌گیری

همان طور که در نتایج ملاحظه گردید جرم ویژه‌ی نمونه‌ها در اثر پوشش دهی با شلاک در هر دو گونه توت و گردو افزایش یافت که این میزان افزایش در هر دو گونه به یک میزان صورت پذیرفت. افزایش جرم ویژه در طی افزایش جرمی نمونه‌ها امری بدیهی به شمار می‌آید [۱۷]. با توجه به میزان یکسان افزایش جرم ویژه در هر دو گونه بر اثر پوشش دهی با شلاک انتظار می‌رفت که میزان تغییرات در مدول الاستیسیته نیز پیرو جرم ویژه چوب به یک میزان در هر دو گونه توت و گردو از خود کاهش نشان بدهند ولی در عمل و در نتایج حاصل این امر حاصل نگردید. به طوری که مقادیر مدول الاستیسیته در اثر پوشش دهی در گونه‌ی توت با افت بیشتری نسبت به گونه‌ی گردو روبرو گردید؛ بنابراین به نظر می‌رسد علاوه بر جرم ویژه که به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل در اندازه‌گیری مدول الاستیسیته دینامیک عامل دیگری دخیل باشد. مطابق با تئوری، صدای ایجاد شده در اجسام از جمله چوب در هنگام ارتعاش، دچار جذب، پخش و عبور می‌گردند که این عامل تأثیر مستقیم بر روی فرکانس حاصل از ارتعاش دارد. از طرف دیگر صدای حاصل شده از هر ماده از جمله چوب و در نتیجه فرکانس حاصل از آن

و کارایی تبدیل آکوستیک از مهم‌ترین معیارهای جهانی جهت انتخاب چوب آلات در ساخت ساز می‌باشند [۲۱] و ۱]. ضریب آکوستیک در هر دو گونه با کاهش روبه‌رو شد که دلیل این امر با توجه به توضیحاتی که در مورد مدول الاستیسیته و جرم ویژه بیان شد بدیهی است. از طرفی کارایی تبدیل آکوستیک نیز در اثر پوشش‌دهی با شلاک کاهش چشمگیری در هر دو گونه از خود به نمایش گزارده‌اند که این میزان افت در گونه‌ی توت بیشتر از گونه‌ی گردو بود (یک‌سوم مقادیر اولیه در گونه‌ی توت) که دلیل این امر نیز کاهش بیشتر مقادیر مدول الاستیسیته و افت بیشتر میرایی ارتعاش در گونه‌ی توت نسبت به گونه‌ی گردو با توجه به دلایل ذکر شده است.

بنابراین با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان ادعان داشت که پوشش‌دهی (رنگ‌آمیزی) در دو گونه‌ی توت و گردو سبب افت در خواص آکوستیکی می‌گردد که البته با توجه به تحقیقات پیشین به‌طور کل پوشش‌دهی و رنگ‌آمیزی با هر ماده‌ای بر روی چوب موجب تأثیر منفی بر خواص آکوستیک چوب می‌گردد [۳۱ و ۳۰ و ۲۹ و ۱۱]. در این بین گونه‌ی توت با افت بیشتری در خواص ذکر شده روبه‌رو است که دلیل این موضوع را همان‌طور که بیان شد می‌توان به اثر متفاوت مواد استخراجی هر یک از گونه‌های توت و گردو نسبت داد؛ بنابراین از آن جهت که پوشش‌دهی جهت دستیابی به اهدافی چون مقاومت نسبی به رطوبت، زیبایی و غیره امری اجتناب‌ناپذیر است، کاربرد مطالعه بر روی پوشش‌دهنده‌های دیگر جهت کاربرد در دو گونه‌ی مورد آزمون به‌ویژه گونه‌ی توت پیشنهاد می‌گردد.

آکوستیکی این گونه توسط Roohnia و همکاران در سال ۲۰۱۱ با ذکر ماهیت مواد استخراجی گونه‌ی گردو توسط Jahan Latibari و Hashemi در سال ۲۰۱۱ بیان شده است [۲۸ و ۲۵ و ۹ و ۷]، اما به نظر می‌رسد این مواد استخراجی تأثیر بیشتری در قابلیت جذب، پخش و عبور گونه‌ی توت نسبت به گردو داشته است. این موضوع را می‌توان با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از میرایی ارتعاش شفاف‌تر بیان نمود. در نتایج حاصل مقادیر میرایی ارتعاش در هر دو گونه‌ی توت و گردو افزایش یافت که این افزایش در گونه‌ی توت بیشتر از گونه‌ی گردو بود. در مطالعات پیشین بر روی گونه‌ی هم‌خانواده‌ی توت سفید، (مویرانپیرانگا^۱ (*Brosium sp.*)) حذف مواد استخراجی باعث افزایش میرایی ارتعاش به‌واسطه‌ی حذف دو ماده‌ی لوانگتین^۲ و زایلنتیلین^۳ گردید در صورتی که حذف مواد استخراجی در گونه‌ی گردو (*Juglans regia*) باعث بهبود میرایی ارتعاش گردیده است [۲۵ و ۹]؛ بنابراین علاوه بر اثر مجزای پوشش‌دهی در کاهش و افزایش مدول الاستیسیته و میرایی ارتعاش [۲۷ و ۲۶ و ۵]، مواد استخراجی و ماهیت این مواد تأثیر متفاوتی بر هر یک از دو گونه‌ی توت و گردو داشته است به‌طوری‌که خارج شدن این مواد از هر یک از دو گونه تأثیر متفاوتی بر روی جذب، پخش و عبور صدا دارد؛ بنابراین تأثیر ماهیت مواد استخراجی بر روی ویژگی‌های آکوستیکی بر روی هر گونه متفاوت است که این موضوع در مورد مقایسه‌ی دو گونه‌ی توت و گردو مبین آن است که گونه‌ی توت واکنش منفی‌تری نسبت به پوشش‌دهی با لاک و الکل به‌واسطه تأثیر هم‌زمان لاک و خروج مواد استخراجی توسط الکل نسبت به گونه‌ی گردو دارد [۲۵ و ۱۳]. ضریب آکوستیک

منابع

- [1] Wegst, U. K. G., 2006. Wood for sound. American Journal of Botany, 93(10): 1439-1448.
- [2] Akitsu, H., Norimoto, M., Morook, T. and Rowell, RM., 1993. Effect of humidity on Vibrational properties of chemically modified wood. Wood and fiber science, 25(3): 250-600.

¹ Muirapiranga

² Luvangetin

³ Xanthyletin

- [3] Aramaki, M., Bailleres, H., Brancheriau, L., Kronland-martinet, R. and Ystad, S., 2007. Sound quality assessment of wood for xylophone bars. *Journal of acoustical society of America*, 121(4): 2407-2420.
- [4] Roohnia, M., Kohantorabi, M. and Tajdini, A., 2015. Maple wood extraction for a better acoustical performance. *European Journal of Wood and Wood Products*. 73:139-142.
- [5] Obataya, E., Ono, T., Norimoto, M. 2000. Vibrational properties of wood along the grain. *Journal of Materials Science*, 35: 2993-3000.
- [6] Rujinirun, C., Phinyocheep, P., Prachyabrued, W. and Laemsak, N., 2005. Chemical treatment of wood for musical instruments. Part I: Acoustically important properties of wood for the Ranad (Thai traditional xylophone). *Wood Science and Technology*, 39: 77-85.
- [7] Segolpayegani, A., Brémaud, I., Gril, J., Thevenon, M.F. and Pourtahmasi, K., 2012. Effect of extractions on dynamic mechanical properties of white mulberry (*Morus Alba*). *Journal of Wood Science*, 58 (2):153-162.
- [8] Bremaud, I., Nadine, A, Minato, K., Grill, J. and Bernard Tiabaut, B., 2010. Effect of extractives on vibrational properties of African Padauk (*Pterocarpus soyauxii* Taub.). *Wood Science and Technology*, 45(3): 461-472.
- [9] Roohnia, M., Hashemi-dizaji, SF., Brancheriau, L., Tajdini, A. and Manouchehri, N., 2011a. Effect of soaking process in water on the acoustical quality of wood for traditional musical instruments. *BioResources*, 6(2):2055-2065.
- [10] Khaleghi, R., 1991. Comments Iranian traditional music. Nashr no publishing. Tehran. 448 pp. (In Persian)
- [11] Binesh, T., Brief history of Persian music. 1997. University of the Arts. Tehran. 191pp. (In Persian)
- [12] Matsunaga, M., Obataya, E. Minamoto, K. and Nakatsubo, F., 2000. Working mechanism of adsorbed water on the vibrational properties of wood impregnated with extractives of pernambuco (*Guilandina echinata* Spreng.). *Journal of Wood Science*, 46: 122–129.
- [13] Brancheriau, L, Bailleres, H., Detienne, P., Kronland, R. and Metzger, B., 2006. Classifying Xylophone bar materials by perceptual signal processing and wood anatomy analysis. *Annals of Forest Science*. 63:73-81.
- [14] 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*, 51(1): 85-92.
- [15] Alberktas, D. and Vobolis, J., 2004. Modeling and Study of Glued Panel. *Materials Science (Medziagotyra)*, 10 (4): 370-373.
- [16] Obataya E. and Norimoto, M., 1995. Acoustic properties of cane (*Arundo donax* L.) used for reeds of woodwind instruments. I. The relationships between vibrational properties and moisture contents of cane (in Japanese). *Mokuzai Gakkaishi*, 41:289-292.
- [17] Ebrahimi, G. 2015. *Mechanics of Wood and Wood Composite*, 5th Ed., Tehran University Publication, Tehran, 712 p. (In Persian)
- [18] Roohnia, M., Kohantorabi, M., Jahan Latibari, A., Tajdini, M. and Ghaznavi, M., 2012. Nondestructive assessment of glued joints in timbers applying vibration-based methods. *European Journal of Wood and Wood Products*, 70: 791-799
- [19] Roohnia, M. Doosthosseini, K. Kademieslam, H. Gril, J. Bremaud, I., 2006, Study on Variations of Specific Modulus of Elasticity and Shear Moduli in Arizona Cypress Wood, using Vibration Method, *Iranian Journal of Natural Resources*, 59(4): 921-933. (In Persian)

- [20] Standard test method for evaluating Dynamic Young's Modulus, Shear Modulus, and Poisson's Ratio of Refractory Materials by Impulse Excitation of Vibration. Annual Book of ASTM Standards, C1548 2002
- [21] Roohnia, M., Tajdini, A. and Manouchehri, N., 2011b. Assessing wood in sounding boards considering the ratio of acoustical anisotropy. *NDT&E International*. 44: 13-20.
- [22] Kohantorabi, M., Hossein, M.A, Shahverdi, M. and Roohnia, M., 2015. Vibration Based NDT Methods to Verify Wood Drying Efficiency. *Drvna Industrija*, 66 (3): 221-228.
- [23] Harris, Cyril M., 1998, *Shock and vibration handbook* (6th Edition), 2009. McGraw-Hill, New York. 1168 pp.
- [24] Brancheriau, L., 2011. Corrections for Poisson effect in longitudinal vibrations and shearing deformations in transverse vibrations applied to a prismatic orthotropic body. 205-223. Ed: Galloway, A., *Mechanical Vibrations: Types, Testing and Analysis*, Nova Science Publishers. 412pp.
- [25] Minato, K., Konaka, Y., Bremaud, I., Suzuki, S. and Obataya, E., 2010. Extractives of *muirapiranga* (*Brosium* sp.) and its effect on the vibrational properties of wood. *Journal of Wood Science*, 56: 41-46.
- [26] Ghaznavi, M., Rostamisani, A., Roohnia, M., Jahanlatibari, A. and Yaghmaeipour, A., 2013. Traditional Varnishes and Acoustical Properties of Wooden Soundboards. *Science International*, 1 (12): 401-407.
- [27] Tsoumis, G., 2006. Chemical Composition and Ultrastructure of Wood. In: *Science and Technology of Wood*, Tsoumis, G. (Ed.). Van Nostrand Reinhold, New York, pp: 42-46.
- [28] Hashemi, SKH. And Latibari, AJ. 2010. Evaluation and identification of walnut heartwood extractives for protection of poplar wood. *BioResources*, 6 (1): 59-69.
- [29] De Moura, L.F. and Hernandez, RE., 2005. Evaluation of Varnish (OPV) coating performance for two surfacing methods on sugar maple wood. *Wood Fiber Science*, 37: 355-366.
- [30] Schleske, M., 1998. On the acoustical properties of violin Varnish (OPV). *Catgut Acoustic Society Journal*, 3: 27-43.
- [31] Lazzari, M. and Chiantore O., 1999. Drying and oxidative degradation of linseed oil. *Polymer Degradation Stability*, 65: 303-313.

The effect of shellac as coating material on acoustic properties in white mulberry wood (*Morus alba*) and walnut wood (*Juglans regia*)

Abstract

In this study, the effect of coating with lacquer (Shellac) on acoustic properties was investigated by forced flexural vibration in free-free beam in white mulberry (*Morus alba*) and walnut wood (*Juglans regia*). For this purpose, the samples of both species with dimensions of $2 \times 15 \times 140$ mm (length, width, height) were prepared according to ISO 3129 standard. The samples of both species for integrated humidity were kept in a climatic chamber for three weeks in climatic system ($20 \pm 2^\circ\text{C}$ and $65 \pm 5\%$ RH) and then the first step of forced vibration test for measuring basic properties of the both test samples were performed on them. White mulberry and walnut wood were coated by Shellac (lacquer) and samples of both species were kept again in a climatic chamber for three weeks for integrated humidity. The results showed equal variations in the specific gravity in both coated samples of white mulberry and walnuts. The modulus of elasticity, acoustic coefficient and acoustical conversion efficiency values after coating were reduced in both species. However, the drop in values was greater in mulberry than walnut. The reason behind this was related to a change in the specific gravity in both species after coating with Shellac, in a way that change in frequency in mulberry wood was more than walnut. Damping vibration was increased under the effect of coating in both species. That's because the different effect of alcohol to dissolve extractives in mulberry and walnut wood and different nature and role of these substances in each species. This change in damping factor in mulberry was more than walnut wood.

Key words: force vibration, mulberry, walnut, shellac, acoustic properties.

M. Hajighasem¹

B. Bazyar^{2*}

M. Roohnia³

¹ M.Sc. student, Department of wood and paper science and technology, Science and research branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Assistant prof., Department of wood and paper science and technology, Science and research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

³ Professor, Department of wood and paper science and technology, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

Corresponding author:
bazyar@srbiau.ac.ir

Received: 2017/04/19

Accepted: 2017/08/15