اثر حذف مواد استخراجی بر ویژگی‌های صوتی چوب سرو سیمین (*Cupressus arizonica*)

سهیلا زمانی‌نسب[۱]، امیر لشگری[۲*]، مهران روح‌نیا[۳]، احمد جهان‌لتیباری[۳] و آژنگ تاج‌دینی[۲]

۱) دانشجوی دکتری تخصصی رشته علوم و صنایع چوب و کاغذ، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
۲) دانشیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
رایانامه نویسنده مسئول مکاتبات: amir.lashgari@kiau.ac.ir
۳) استاد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران.
https://doi.org/10.71916/jrnr.2024.10304

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۲

چکیده

در این پژوهش به بررسی اثر آب‌شویی و اتانول-استن‌شویی و همچنین پیش‌تیمار تخمیر بر ویژگی‌های آکوستیک گونه سرو سیمین (*Cupressus arizonica*) پرداخته شد. آزمونه‌ها تحت شرایط پیش‌تیمار با مخمر نان و بدون پیش‌تیمار، مورد آب‌شویی و حذف مواد استخراجی در حلال آلی قرار گرفته و توسط آزمونه ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد مورد آزمون دینامیکی قرار گرفتند. هردو شیوه آب‌شویی و حذف مواد استخراجی توسط حلال آلی کاهش معنی‌دار دانسیته و میرایی ارتعاش را در پی داشت، درحالی‌که مقادیر کارآیی تبدیل آکوستیک از خود افزایش نشان داد. میزان بهبود ویژگی‌های آکوستیکی در اثر اتانول-استن‌شویی بیش از آب‌شویی بود. پیش‌تیمار تخمیر سبب افزایش روند تغییرات در هر دو شیوه آب‌شویی و اتانول-استن‌شویی گردید. مدول‌الاستیسیته دینامیک تحت آبشویی و اتانول استن‌شویی و پیش‌تیمار تخمیر تغییر معنی‌داری از خود نشان نداد. به‌طور کلی آزمون‌های اتانول-استن‌شویی شده تحت پیش‌تیمار تخمیر، بالاترین شاخصه‌های صوتی را از خود به جای گذاشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: ارتعاش، تبدیل آکوستیک، سرو سیمین، صوت، کارایی.

مقدمه

پیشرفت علوم و تکنولوژی در صنعت سبب افزایش مطالعه بر روی چگونگی استفاده بهینه از مواد موجود در طبیعت شده است. در این راستا به نظر می‌رسد منابع تجدیدشونده از اهمیت بیشتری برخوردار باشند (Gan *et al*., 2019a). جنگل و بدنبال آن چوب که از تولیدات جنگل است، به‌عنوان یکی از منابع تجدیدشونده مهم می‌باشد (Gan *et al*., 2019a; Gan *et al*., 2019b). چوب ماده‌ای بی‌مانند است، وجود خلل و فرج، بافت فیبری شکل با ساختمان یاخته‌ای، هرسو نایکسانی و ناهمگنی و به‌دنبال آن وجود جهات سه‌گانه در ساختار، وجه تمایز این ماده ارزنده در مقایسه با پلیمرهای مصنوعی است (Gan *et al*., 2019b). چوب در صنعت کاربردهای فراوانی دارد و پیشرفت فناوری صنعتی هر روز بر موارد کاربردی آن افزوده می‌شود. ویژگی‌های صوتی چوب سبب شده که از این ماده به‌طور ویژه‌ای در ساخت ادوات موسیقی، استودیوهای صوتی و اتاق‌های بدون انعکاس صوت (اتاق مرده) به صورت ماسیو و یا ترکیبی (فرآورده‌های چوبی) استفاده شود (Ghaznavi *et al*., 2013). در مصارف ساختمانی به‌عنوان دیوارهای جدا کننده، پوشش سقف و کف اتاق مورد استفاده قرار می‌گیرد که در این مورد علاوه بر خواص استحکامی و مکانیکی این ماده، خواص آکوستیکی چوب‌ها نیز مد نظر طراحان است (Xu *et al*., 2014). بسیاری از سازندگان سازهای سنتی از

روش‌هایی همچون آب‌شویی، حرارت دادن صفحه چوب و سایر روش‌های سنتی جهت بالا بردن کیفیت صوت چوب‌های مورد استفاده در ساز استفاده می‌کنند. آنها بر این باور هستند که این قبیل تیمارها سبب ارتقا کیفی صوت حاصل از چوب‌آلات می‌گردد (Roohnia *et al*., 2011). در سال‌های اخیر نیز محققین بسیاری به تحقیق در مورد اثر حذف مواد استخراجی محلول در حلال‌های قطبی و غیرقطبی بر ویژگی‌های آکوستیک چوب پرداخته و موفق شدند بین انتخاب بر اساس تجربه و انتخاب بر اساس ویژگی‌های آکوستیک محاسباتی، ارتباط معنی‌داری برقرار نمایند.

Obataya و همکاران (۱۹۹۹) تاثیر استخراج مواد محلول در آب را بر روی خواص آکوستیکی گونه‌ای از نی به نام آراندودوناکس[1] که در صفحه ارتعاش کلارینت کارآیی دارد را در درصدهای رطوبت نسبی متفاوت مورد بررسی قرار دادند. آنها دریافتند که در رطوبت پایین، حضور مواد استخراجی سبب افزایش مدول‌الاستیسیته می‌گردد. این اثر با افزایش درصد رطوبت به دلیل خروج مواد استخراجی محلول در آب کاهش یافت. همچنین مواد استخراجی باعث افزایش قابل ملاحظه دانسیته و اصطکاک داخلی در گونه مورد مطالعه گردید. Minato و همکاران (۲۰۱۰) با بررسی بر روی تاثیر مواد استخراجی بر خواص ارتعاشی گونه مویرانپیرنگا[2] به این نتیجه رسیدند که این گونه فاکتور میرایی خیلی کوچکی دارد و استفاده آن در ساخت آرشه ویولون ایده مناسبی نمی‌باشد. ایشان علت کمبود میرایی ارتعاش در این چوب را وجود مواد استخراجی آن و همچنین وجود موادی چون زاتیلن[3] و لوانگتین[4] که در ترکیبات مواد استخراجی این گونه یافت شده است، دانسته‌اند.

Roohnia و همکاران (۲۰۱۱) خواص آکوستیکی چوب توت سفید و گردو را پیش و بعد از آب‌شویی به روش سنتی مورد مطالعه قرار دادند. کاهش مواد استخراجی موجب بهبود خواص آکوستیکی در هر دو گونه چوب توت سفید و گردو گشت. Segolpayegani و همکاران (۲۰۱۲) به طور مشابه خروج مواد استخراجی چوب توت سفید را به طور تفکیکی و مرحله به مرحله در حلال‌های قطبی و غیرقطبی و تاثیرات آنها بر خواص دینامیکی آن رصد نمودند. خروج مواد استخراجی محلول در حلال‌های آ

1 Arundodonax
2 Brosimun sp
3 Xanthyletin
4 Luvangetin

بزرگ‌تر شدن فاکتور میرایی شد، درحالی‌که مدو الاستیک ویژه این چوب و همچنین فاکتور آنیزوتروپی آن تغییر معنی‌داری نداشت. Roohnia و همکاران (۲۰۱۵) اثر خروج مواد استخراجی از چوب گونه افرا پلت[5] بر خواص آکوستیک را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از بهبود خواص آکوستیک چوب این گونه در اثر خروج مواد استخراجی بود. Mollaeikandelousi و همکاران (۲۰۱۶) اثر فرآیند حذف مواد استخراجی را در چوب گونه افرا چناری[6] مورد بررسی قرار دادند. ایشان اعلام داشتند حذف مواد استخراجی از چوب این گونه موجب بهبود خواص آکوستیکی آن می‌گردد. Miao و همکاران (۲۰۲۱) اثر استخراج مواد استخراجی از چوب گونه نوئل[7] را با استفاده از آب دیونیزه شده و حلال‌های آلی غیرقطبی مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل حاکی از آن بود که پس از فرآیند خروج مواد استخراجی، فاکتورهای مدول‌الاستیسیته، ضریب آکوستیک و میرایی ارتعاش در چوب گونه مذکور بهبود یافت.

کیفیت مکانیکی چوب، وابسته به دانسیته و سفتی دینامیک چوب است و عمده کیفیت آکوستیکی چوب در حال ارتعاش در صفحات تشدید صدا، وابسته به میرایی ارتعاش و کارآیی تبدیل آکوستیک می‌باشد. بنابراین روشی که دانسیته را کاهش دهد، بدون اینکه سفتی چوب را زایل نماید (و یا حداقل میزان افت کم باشد) و در عین حال باعث کاهش مقادیر میرایی ارتعاش گردد، می‌تواند اصلاح مناسبی باشد (Roohnia, 2019; Wegst 2006). با توجه به عدم نقش ساختمانی اکثر مواد استخراجی در چوب، تخلیه هدفمند و صحیح آن می‌تواند سبب کاهش دانسیته گردد. به علاوه خروج مواد استخراجی در اکثر گونه‌ها سبب کاهش مقادیر میرایی ارتعاش و در نتیجه افزایش مقادیر کارآیی تبدیل آکوستیک می‌شود (Obataya *et al*., 1999; Segolpayegani *et al*., 2012; Roohnia *et al*., 2015). بنابراین انجام پیش‌تیمارهایی از قبیل تخمیر (قبل از فرآیندهای حذف مواد استخراجی با حلال‌های آلی و غیرآلی) می‌تواند سبب خروج بیشتر مواد استخراجی از چوب گردد. مخمر نان بر روی گیاهان، غلات و میوه‌ها یافت می‌شود. اما به‌طور کلی به صورت خالص یافت نمی‌شود، بلکه از تکثیر در شروع‌کننده خمیر

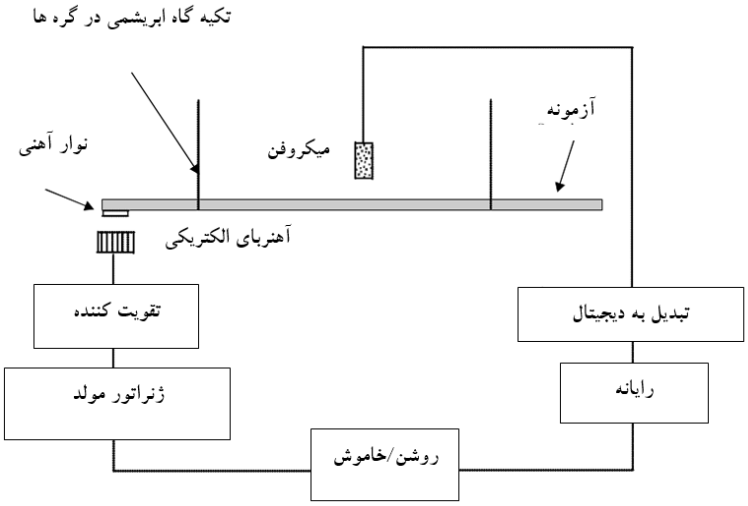
5 Acer velutinum
6 Acer-pseudoplatanus
7 Picea jezoensis var. microsperma

معروف‌ترین مخمرهای نان متعلق به جنس ساکارومایسس است که با نام S. minor نیز شناخته می‌شود (Zamaninasab *et al*., 2023). قارچ‌های موجود برای زیستن به گرما، آب، آلبومین یا مواد نیتروژن‌دار و قندها نیاز دارند. بنابراین پدیده تخمیر می‌تواند ترکیبات قندی آزاد در مواد استخراجی را در عمق چوب به الکل تبدیل نماید و خود الکل حاصله تعدادی مواد آلی دیگر را در خود حل کند و در نهایت در فرآیندهای آب‌شویی و شستشو با الکل–استن، مواد استخراجی از چوب هرچه بهتر تخلیه گردد. با توجه به موارد ذکر شده هدف از انجام این پژوهش بررسی تاثیر فرآیند آب‌شویی (حذف مواد استخراجی محلول در حلال قطبی) و فرآیند حذف مواد استخراجی با اتانول–استن (حذف مواد استخراجی محلول در حلال غیرقطبی) بر خواص آکوستیک گونه سرو سیمین[1] به‌عنوان گونه پر مصرف در ساخت صفحه ساز گیتار آکوستیک پیش و پس از انجام پیش‌تیمار تخمیر (با مخمر نان) می‌باشد.

مواد و روش‌ها

چوب سرو سیمین مورد نیاز از درون چوب یک الوار تجاری تهیه شد و تعداد ٤٠ عدد تیر کوچک شعاعی با ابعاد اسمی ۱۵۰×۱۲×۲ میلی‌متر (طولی، شعاعی و مماسی) از قسمت درون چوب آن استخراج گردید. آزمونه‌ها به مدت زمان سه هفته برای رسیدن به رطوبت تعادل ۱۲ درصد، مطابق با استاندارد بین‌المللی ISO شماره ۳۱۲۹ در اطاق کلیماتیزه با دمای ۱±۲۱ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٥±٦٥ درصد قرار گرفتند. پس از طی مدت مذکور آزمونه‌ها به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های اولیه فیزیکی و آکوستیکی، از اطاق کلیماتیزه خارج و پس از توزین و اندازه‌گیری ابعاد، آزمون ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد بر روی آنها انجام شد. لازم به توضیح است آزمون ارتعاش اجباری توسط سیستم اندی‌تی لب[2] شکل گرفت (شکل ۱) و ضبط صدای حاصل از ارتعاش اجباری توسط نرم‌افزار Cooledit انجام شد. پس از آن آزمونه‌های اولیه به‌صورت تصادفی به دو گروه ۲۰ آزمونه‌ای تقسیم شدند. دسته اول بدون پیش‌تیمار تخمیر در فرآیند حذف مواد استخراجی توسط آب و سپس توسط ترکیب اتانول– استن مورد شستشو قرار گرفتند. پس از هر یک از مراحل آب‌شویی و حذف مواد استخراجی محلول در اتانول– استن، آزمون ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد بر روی آزمونه‌ها صورت پذیرفت. دسته دوم با پیش‌تیمار تخمیر در فرآیند حذف مواد استخراجی توسط آب و سپس توسط ترکیب اتانول– استن مورد شستشو قرار گرفت و پس از اتمام هر یک از فرآیندهای حذف مواد استخراجی، آزمون ارتعاش اجباری به‌منظور اندازه‌گیری ویژگی‌های آکوستیک بر روی آزمونه‌ها صورت پذیرفت. لازم به توضیح است از ابتدا تا انتهای مراحل آزمون در هر دو گروه از آزمونه‌ها، به‌منظور یکسان‌سازی رطوبت و نیل به رطوبت تعادل ۱۲ درصد، آزمونه‌ها پیش از آزمون ارتعاش اجباری به مدت سه هفته در محیط کلیماتیزه با شرایط ذکر شده در قبل، قرار گرفتند. جهت پیش‌تیمار تخمیر نیز از محلول آب با مخمر نان[3] استفاده شد (Zamaninasab *et al*., 2023). به این صورت که آزمونه‌ها تا زمان توقف جوشیدن آب (نشانه مصرف قند محلول در مواد استخراجی)، درون محلول با درصد ترکیب ثابت پودر مخمر و آب قرار گرفتند و پس از آنکه آزمونه‌ها در شرایط محیط خشک شدند، به اطاق کلیماتیزه با زمان و شرایط مذکور منتقل شده و پس از آن ابتدا وزن و ابعاد آنها اندازه‌گیری و سپس مورد آب‌شویی قرار گرفتند. آب‌شویی توسط آب مقطر به مدت ٢٤ ساعت و در دمای ٦٠ درجه سلسیوس بر روی آزمونه‌های دو گروه صورت پذیرفت و فرآیند حذف مواد استخراجی در محلول اتانول–استن (نسبت ترکیب محلول ۳:۱) به مدت ۱۲ ساعت در دمای ٦٠ درجه سلسیوس صورت پذیرفت (Roohnia *et al*., 2015; Farvardin *et al*., 2015).

1 Cupressus arizonica
2 NDT-lab
3 S. minor



شکل ۱. تصویر شماتیک از سیستم آزمون ارتعاش اجباری در تیر دوسر آزاد

در هر یک از مراحل انجام آزمون ارتعاش اجباری در تیر دو سر آزاد، مدول الاستیسیته دینامیک توسط رابطه برنولی محاسبه شد (Bodig & Jayne, 1993).

$$\left(\frac{E}{\rho}\right)_n = \left[\frac{4\pi^2 l^2 f_n^2}{\alpha . m_n^4}\right] \quad \text{رابطه (۱)}$$

f فرکانس طبیعی nامین مد ارتعاش، m با اندیس شماره مد، nامین پاسخ معادله ۱=$cos(m).cosh(m)$ می‌باشد. α پارامتری است که برای جلوگیری از پیچیدگی در رابطه برنولی استفاده شده است (Bodig & Jayne, 1993).

میرایی حاصل از ارتعاش که شاخصی برای میزان افت ارتعاش در طول زمان است از رابطه زیر محاسبه گردید (Bodig & Jayne, 1993).

$$\lambda = \frac{1}{n} ln \left|\frac{X_1}{X_{n+1}}\right| \quad \text{رابطه (۲)}$$

X_1 بلندی اولیه موج در حال کاهش و X_{n+1} بلندی n امین موج پس از موج متناظر با X_1 .

کارآیی تبدیل آکوستیک (ACE) که از فاکتورهای مهم آکوستیکی چوب‌آلات می‌باشد توسط رابطه زیر محاسبه شد (Roohnia, 2019):

$$ACE = \frac{\sqrt{\frac{E}{\rho^3}}}{\lambda} \quad \text{رابطه (۳)}$$

ACE کارآیی تبدیل آکوستیک ($m^4/s.kg$)، E مدول‌الاستیسیته دینامیک (Pa) حاصل از ارتعاش طولی، ρ جرم ویژه (kg/m^3) و λ میرایی ارتعاش می‌باشد.

همبستگی بین مقادیر حاصل شده از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده شامل: دانسیته، مدول‌الاستیسیته، میرایی ارتعاش و کارآیی تبدیل آکوستیک حاصل از هر مرحله (قبل و بعد از حذف مواد استخراجی محلول در آب و محلول در اتانول- استن، بدون پیش‌تیمار و با پیش‌تیمار تخمیر)، توسط آزمون همبستگی پیرسون و برازش مدل رگرسیونی بررسی شد. مقایسه میانگین‌های هر یک از ویژگی‌های آکوستیکی حاصل از هر مرحله آزمونی (نسبت به آزمونه‌های شاهد) نیز توسط آزمون آماری T test در سطح ۹۵ درصد صورت پذیرفت. درصد تغییرات در مقادیر حاصل از هر یک از فاکتورهای اندازه‌گیری شده نسبت به آزمونه‌های شاهد نیز محاسبه گردید. برای انجام آزمون‌های آماری از نرم‌افزار SPSSVer. 17 و برای رسم نمودار پراکندگی، همبستگی و خط رگرسیون از نرم‌افزار MS ECXEL استفاده شد.

نتایج

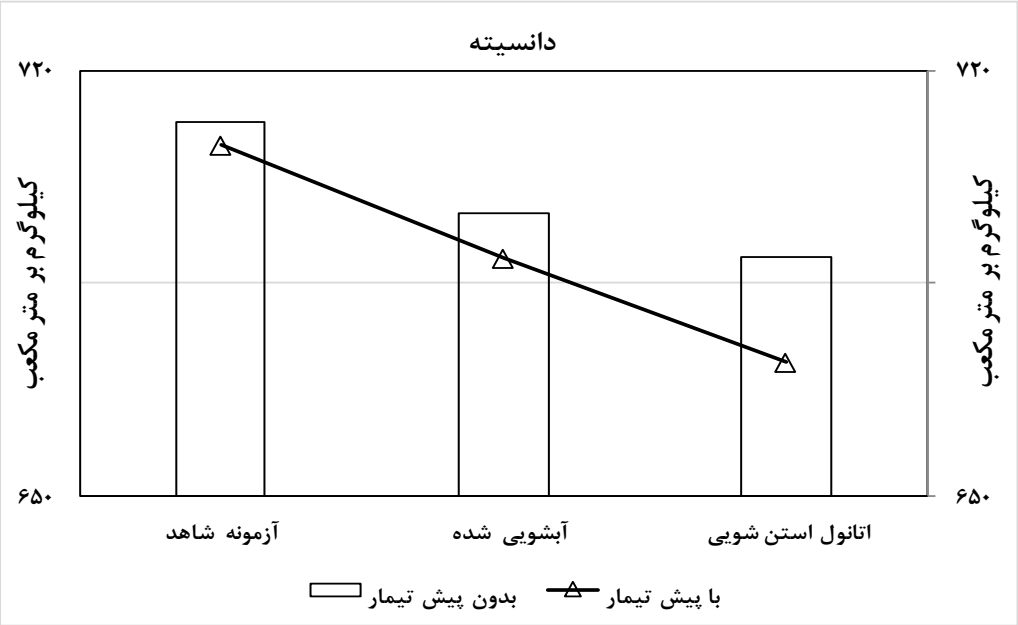
در جدول (۱) مقادیر حاصل از هر یک از فاکتورهای دانسیته، مدول‌الاستیسیته، میرایی ارتعاش و کارآیی تبدیل آکوستیک در آزمونه‌های شاهد و آزمونه‌های پس از آب‌شویی و اتانول-استن‌شویی (پیش تیمار شده و پیش تیمار نشده) آمده است. درصد تغییرات حاصل از هر یک از تیمارهای آب‌شویی و اتانول-استن‌شویی با پیش‌تیمار و بدون پیش‌تیمار نیز در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱. مقادیر کمی ویژگی‌های آکوستیکی

مقادیر		آزمونه‌های شاهد	آب‌شویی	درصد تغییرات نسبت به آزمونه شاهد	اتانول-استن شویی	درصد تغییرات نسبت به آزمونه شاهد
دانسیته (کیلوگرم بر مترمکعب)	۱[۱]	۷۱۱	۶۹۶*	-۲/۳	۶۸۹*	-۳/۲
	۲[۲]	۷۰۸	۶۸۹*	-۲/۷	۶۷۲*	-۵/۱
مدول‌الاستیسیته (گیگاپاسکال)	۱	۱۱/۳۹	۱۱/۱۳	-۲/۲	۱۱/۱۰	-۲/۶
	۲	۱۲/۰۷	۱۱/۸۲	-۲/۱	۱۱/۷۱	-۳/۰
میرایی ارتعاش	۱	۰/۰۰۷۵۵۰	۰/۰۰۷۲۰۲*	-۴/۶	۰/۰۰۷۱۲۱۰*	-۵/۷
	۲	۰/۰۰۸۵۹۶	۰/۰۰۸۰۹۴*	-۵/۸	۰/۰۰۷۸۰۶*	-۹/۲
کارایی تبدیل آکوستیک	۱	۷۶۶/۹	۸۱۸/۷*	+۶/۸	۸۴۲/۰*	+۹/۸
	۲	۶۹۶/۸	۷۵۶/۷*	+۸/۶	۸۱۰/۱*	+۱۶/۳

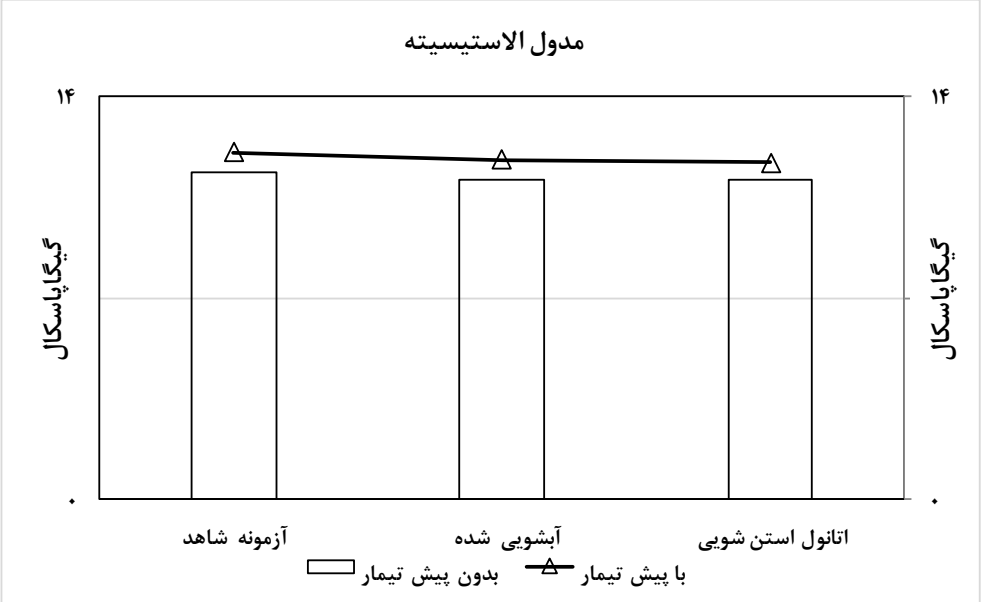
۱: بدون پیش‌تیمار؛ ۲: با پیش‌تیمار؛ *: تغییرات معنی‌داری

در شکل (۲) به مقایسه اثر آب‌شویی و اتانول-استن‌شویی در آزمونه‌های پیش‌تیمار شده و پیش‌تیمار نشده در مقادیر دانسیته پرداخته شده است. هر دو تیمار آب‌شویی و الکل-استن‌شویی باعث کاهش معنی‌دار مقادیر دانسیته در آزمونه‌ها شده است. آزمونه‌های الکل-استن‌شویی شده پیش‌تیمار شده (۵/۱- درصد) نسبت به آزمونه‌های پیش‌تیمار نشده (۳/۲- درصد) افت بیشتری را از خود نشان داده است، درحالی‌که اثر پیش‌تیمار در آب‌شویی چندان محسوس نیست و اختلاف بین آزمونه‌های پیش‌تیمار شده و پیش‌تیمار نشده ۰/٤ درصد می‌باشد.



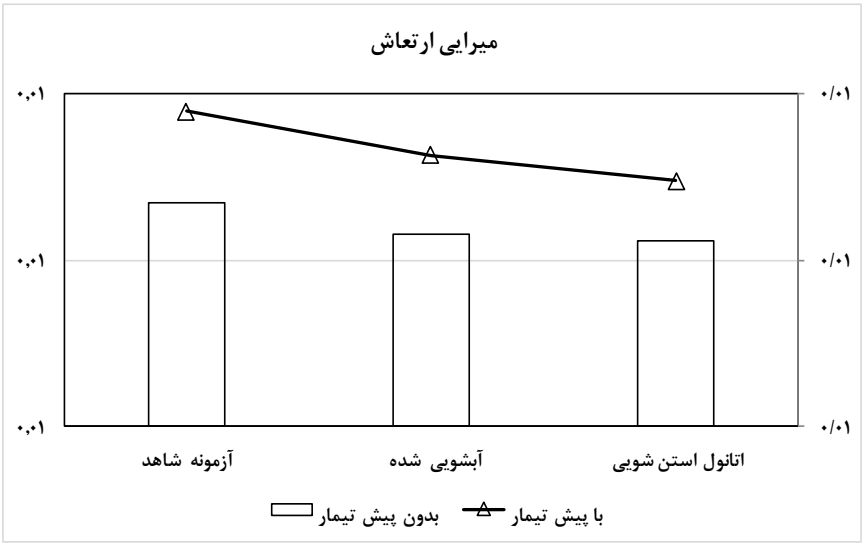
شکل ۲. تاثیر تیمار و پیش‌تیمار بر مقادیر دانسیته

شکل (۳) اثر آب‌شویی و اتانول-استن‌شویی در آزمونه‌های پیش‌تیمار شده و پیش‌تیمار نشده را بر مقادیر مدول‌الاستیسیته به نمایش درآورده است. هر دو تیمار آب‌شویی و الکل-استن‌شویی اثر معنی‌داری بر مقادیر مدول‌الاستیسیته نداشته است. پیش‌تیمار نیز سبب اثر معنی‌دار بر مقادیر حاصل از آزمونه‌های آب‌شویی شده و اتانول-استن‌شویی شده نداشته است.



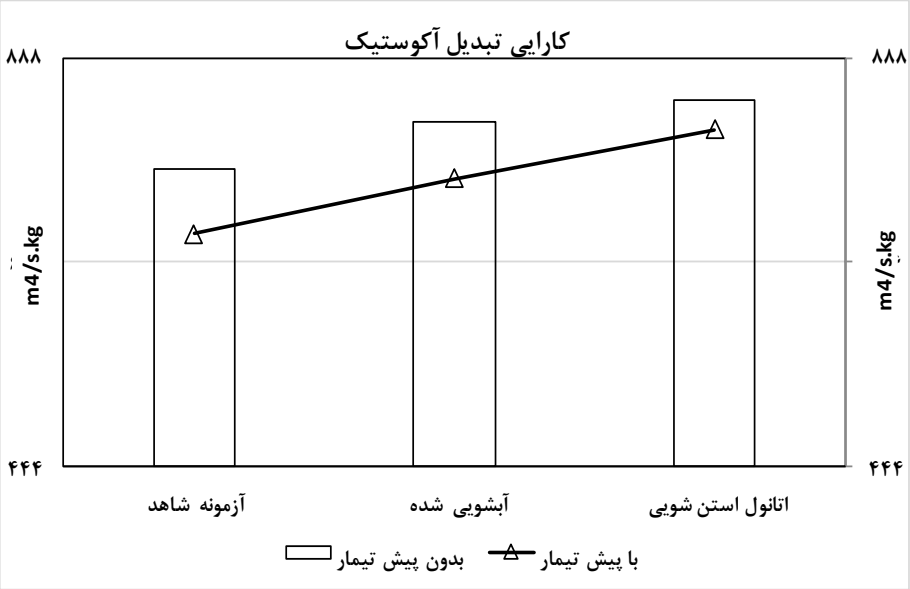
شکل ۳. تاثیر تیمار و پیش‌تیمار بر مقادیر مدول‌الاستیسیته

در شکل (٤) به مقایسه تغییرات میرایی ارتعاش در اثر آب‌شویی و اتانول-استن‌شویی در آزمونه‌های پیش‌تیمار شده و پیش‌تیمار نشده پرداخته شده است. هر دو تیمار آب‌شویی و الکل-استن‌شویی باعث کاهش معنی‌دار مقادیر میرایی ارتعاش در آزمونه‌ها شده است. نتایج حاکی از افت بیشتر مقادیر میرایی ارتعاش در الکل-استن‌شویی (۵/۸- درصد) نسبت به آب‌شویی (٤/٦- درصد) می‌باشد. ضمن اینکه پیش‌تیمار تخمیر در هر دو شیوه آب‌شویی (۵/۷- درصد) و اتانول-استن‌شویی (۹/۲- درصد) سبب افت بیشتر مقادیر میرایی ارتعاش شده است.



شکل ٤. تاثیر تیمار و پیش‌تیمار بر مقادیر میرایی ارتعاش

کارآیی تبدیل آکوستیک آزمونه‌های آب‌شویی شده و اتانول-استن‌شویی شده نیز به طور معنی‌داری از خود افزایش نشان داده است (شکل ۵). همان‌طور که در جدول (۱) و شکل (۵) ملاحظه می‌شود آب‌شویی ٦/۸ درصد و اتانول-استن‌شویی ۹/۸ درصد مقادیر حاصل از این فاکتور را افزایش داده است. اجرای پیش‌تیمار تخمیر نیز روند صعودی مقادیر کارآیی تبدیل آکوستیک را در آب‌شویی به ۹/۸ درصد و در اتانول-استن‌شویی به ١٦/٣ درصد رسانده است.



شکل ۵. تاثیر تیمار و پیش‌تیمار بر مقادیر کارآیی تبدیل آکوستیک

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نقش غیرساختمانی مواد استخراجی، کاهش دانسیته بر اثر هر دو تیمار همانند تحقیقات نتایج حاصل از تحقیقات پیشین بدیهی بود (Roohnia *et al.*, 2015; Segplpayegani *et al.*, 2012). در این بین، در آزمونه‌های پیش‌تیمار نشده، اثر اتانول–استن‌شویی بیش از اثر آب‌شویی بود. نتیجه حاصل را می‌توان به ماهیت شیمیایی مواد استخراجی گونه سرو سیمین و انحلال بیشتر این مواد در ترکیب اتانول–استن نسبت داد. نتیجه‌ای که Segolpayegani و همکاران (۲۰۱۲)، Roohnia و همکاران (۲۰۱۵) و ملایی‌کندلوسی (۱۳۹٤) نیز به‌ترتیب در مورد گونه‌های توت سفید، افرا پلت و افرا چناری گزارش داده‌اند. اثر پیش‌تیمار در اتانول–استن‌شویی باعث افت بیشتر مقادیر دانسیته، نسبت به آزمونه‌های بدون پیش‌تیمار اتانول–استن–شویی شده و آب‌شویی شده است (Segolpayegani *et al.*, 2012; Roohnia *et al.*, 2015). این مورد را می‌توان به خروج بیشتر مواد استخراجی از آزمونه‌ها در اثر پیش‌تیمار با مخمر از یک‌سو و از سوی دیگر به قابلیت انحلال بیشتر مواد استخراجی حذف شده در اتانول–استن نسبت داد، چرا که پیش از این نیز صداقت و همکاران (۱۳۹٤) نیز اعلام نمودند که قندها و ترکیبات آروماتیکی بیشترین درصد مواد استخراجی گونه سرو سیمین در اثر حذف با اتانول را دارا هستند. با توجه به نقش غیرساختاری اغلب مواد استخراجی در ساختمان چوب و همچنین شرایط آزمون که در فشار اتمسفر و دمای کم صورت پذیرفت، بدون تغییر ماندن مقادیر مدولالاستیسیته، دور از انتظار نبود. پیش از این نیز سایر محققین از جمله ملایی کندلوسی (۱۳۹٤) Segolpayegani و همکاران (۲۰۱۲)، Roohnia و همکاران (۲۰۱۵)، Miao و همکاران (۲۰۲۱) و همچنین Zamaninasab و همکاران (۲۰۲۳) نتایج مشابه تحقیق حاضر را در مورد مدول‌الاستیسیته دینامیک گزارش داده بودند. میرایی ارتعاش یکی از مهم‌ترین شاخصه‌های چوب‌آلات مورد استفاده در سازهای موسیقی می‌باشد.

مطابق با تئوری، هرچه میرایی ارتعاش چوبی کمتر باشد، آن چوب جهت استفاده در صفحات تشدید صدا مناسب‌تر می‌باشد (Roohnia, 2019). نتایج تحقیقات پیشین حاکی از تاثیر متفاوت خروج مواد استخراجی بر مقادیر میرایی ارتعاش می‌باشد. به‌طوری‌که Matsunaga و همکاران (۱۹۹۹) و Segolpayegani و همکاران (۲۰۱۲) افزایش مقادیر میرایی ارتعاش در اثر خروج مواد استخراجی گونه‌های پرنامبوکو[1] و توت سفید را گزارش داده‌اند. در مقابل نیز Roohnia و همکاران (۲۰۱۵)، Mollaeikandelosi و همکاران (۲۰۱٦) و Zamaninasab و همکاران (۲۰۲۳) نیز اعلام نمودند که خروج مواد استخراجی چوب گونه‌های افرا پلت، افرا چناری و گردو سبب کاهش معنی‌دار مقادیر میرایی ارتعاش می‌گردد. همین اثر متفاوت باعث شده است که برخی از محققین

1 Guilandina echinata

اجرای تیمارهایی که سبب خروج مواد استخراجی از چوب می‌گردد را نه تنها مفید ندانند، بلکه اجرای آن را مضر دانسته و آن را وابسته به ماهیت مواد استخراجی گونه بیان کنند (Matsunaga *et al*., 1999; Zamaninasab *et al*, 2023).

در تحقیق حاضر، خروج مواد استخراجی سبب کاهش معنی‌دار مقادیر میرایی ارتعاش گردید که در این بین، اجرای پیش‌تیمار قبل از اتانول–استن‌شویی بیشترین تاثیر را بر مقادیر از خود به جای گذاشت. بنابراین می‌توان گفت ماهیت مواد استخراجی موجود در گونه سرو سیمین تاثیر منفی در خواص صوتی آن دارد. کارآیی تبدیل آکوستیک نه تنها به‌عنوان اصلی‌ترین معیار در انتخاب چوب‌آلات با مصرف ادوات موسیقی معرفی شده (Roohnia, 2019)، بلکه به‌عنوان معیاری دقیق از وضعیت داخلی چوب از نظر وجود معایبی همچون گره و ترک معرفی شده است (کهن‌ترابی و همکاران ۱۳۹۹؛ Kohantorabi *et al*., 2015; Kohantorabi *et al*., 2020). پیش از این نیز در چوب گونه‌های افراپلت، افرا چناری و گردو روند افزایشی فاکتور مذکور در اثر آب‌شویی و الکل–استن‌شویی گزارش شده بود (Roohnia *et al*., 2015; Mollaeikandelousi *et al*., 2016; Zamaninasab *et al*., 2023). نتایج این تحقیق نیز ضمن تایید تحقیقات پیشین بیانگر آن است که پیش‌تیمار با مخمر سبب افزایش روند صعودی مقادیر کارآیی تبدیل اکوستیک به دنبال خروج بهتر و بیشتر مواد استخراجی، پس از آب‌شویی و اتانول–استن‌شویی می‌گردد. بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده میتوان گفت الکل–استن‌شویی آزمونه‌های سرو سیمین نسبت به آب‌شویی آنها اثر مثبت بیشتری بر کارآیی تبدیل آکوستیک دارد. ضمن اینکه اجرای پیش‌تیمار با مخمر سبب ارتقا بیشتر ویژگی‌های آکوستیکی در هر دو روش آب‌شویی و اتانول–استن‌شویی می‌گردد.

منابع

صداقت، ا.، عبدالخانی، ع. و خدائیان‌چگینی، ف. (۱۳۹٤) استخراج و خالص‌سازی لیگنان زیست فعال ماتایی رزینول موجود در گره‌های گونه سرو سیمین (Cupressus arizonica). صنایع چوب و کاغذ ایران، ٦(۲): ۳۲۵–۳۳۱.

کهن‌ترابی، م.، حمصی، ا.م.، طلایی‌پور، م.، روح نیا، م. و بازیار، ب. (۱۳۹۹) اثر ناهمگنی مصنوعی دانسیته بر مدول‌برشی دینامیک چوب بلوط بلند مازو (Quercus castaneifolia). تحقیقات منابع طبیعی تجدیدشونده، ۱۱(۲): ٤٥–٥۲.

ملائی‌کندلوسی، م.، روح‌نیا،م. و نعیمیان، ن. (۱۳۹٤) بررسی مقدماتی ویژگی‌های آکوستیک چوب افرا پلت. جنگل و فرآورده‌های چوب، ٦۸(٤): ۹٥۹–۹۷۰.

Bodig, J. and Jayne, B.A. (1993) Mechanics of wood and wood composite. New York: Van Nostrand Reihold, 736p.

Farvardin, F., Roohnia, M. and Lashgari, A. (2015) The effect of extractives on acoustical properties of Persian silk wood (Albizia julibrissin). Maderas Ciencia y Tecnología, 17(4): 749-758.

Gan, W., Chen, C. and Kim, H.T. (2019a) Single-digit-micrometer thickness wood speaker. Nat Commun, 10(1):1–8.

Gan, W., Chen, C. and Wang, Z. (2019b) Dense, self-formed char layer enables a fire - retardant wood structural material. Advanced Functional Materials, 29(14): 1807444.

Ghaznavi, M., Rostamisani, A., Roohnia, M., Jahanlatibari, A. and Yaghmaeipour, A. (2013) Traditional varnishes and acoustical properties of wooden soundboards. Science International, 12(1): 401-407.

Kohantorabi, M., Hemmasi, A.M., Talaeipour, M., Roohnia, M. and Bazyar, B. (2020) Effect of artificial inhomogeneity of density and drilling on dynamic properties developed by poplar block species (Populus Nigra) jointed with oak wood (Quercus Castaneifolia) Beams. BioResources, 15(3): 4711-4726.

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.

Matsunaga, M., Minato, K. and Nakatsubo, F. (1999) Vibrational property changes of spruce wood by impregnation with water-soluble extractives of pernambuco (Guilandina echinata Spreng.). Journal of Wood Science, 45(6): 470-474. DOI: 10.1007/BF00776458/

Miao, Y.Y., Li, R., Qian, X.-D., Yin, Y.-X., Yang, Y., Jin, X.-L., Lin, B., Liu, Y.-X. and Liu, Z.-B. (2021) Effect of extraction on the acoustic vibrational properties of Picea jezoensis var. microsperma (Lindl.). Annals of Forest Science, 78(24): 1-13.

Roohnia, M., Kohantorabi, M. and Tajdini, A. (2015) Maple wood extraction for a better acoustical performance. European Journal of Wood and Wood Products, 73(1): 139-142.

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.

Wegst, U.K.G. (2006) Wood for sound. American Journal of Botany, 93(10): 1439-1448.

Xu, W., Wu, Z. and Zhang, J. (2014). Effects of species and growth ring angles on acoustic performance of wood as resonance boards. Wood Fiber Sciense, 46(3): 412–420.

Zamaninasab, S., Lashgari, A., Roohnia, M., Jahan-Latibari, A. and Tajdini, A. (2023) Fermentation pretreatment and extraction's effect on the acoustic properties of walnut wood (Juglans regia). BioResources, 18(3): 5085-5095.

Minato, K., Konka, Y., Bremaud, I., Suzuki, S. and Obataya, E. (2010) Extractives of Muirapiranga (Brosimun sp.) and its effects on the vibrational properties of wood. Journal of Wood Science, 56(1): 41-46.

Obataya, E., Umezawa, T., Nakatsubo, F. and Norimoto, M. (1999) The effect of water-soluble extractives on the acoustic properties of reed (Arundo donax L.). Holzforschung, 53(1): 63-67.

Roohnia, M. (2019) Wood: Vibration and acoustic properties. In: Reference module in materials science and materials engineering (19th Ed.), Elsevier Inc., Amsterdam, Netherlands, pp: 1-13.

Roohnia, M., Hashemi-Dizaji, S.F., Brancheriau, L., Tajdini, A., Hemmasi, A.H. and Manouchehri, N. (2011) Effect of soaking process in water on the acoustical quality of wood for traditional musical instruments. BioResources, 6(2): 2055-2065.

Effect of removing extractives on the acoustic properties of cypress wood (*Cupressus arizonica*)

Soheila Zamaninasab[1], Amir Lashgari[2*], Mehran Roohnia[3], Ahmad Jahan-Latibari[3], and Ajang Tajdini[2]

1) Ph.D. Student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2) Associate Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran. *Corresponding author email: amir.lashgari@kiau.ac.ir
3) Professor, Department of Wood and Paper Science and Technology, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

Date of Submission: 2023/09/26 Date of Acceptance: 2024/01/02

Abstract

In this research, the effect of the soaking process and ethanol-acetone washing as well as fermentation pre-treatment in Cypress wood (*Cupressus arizonica*) on acoustic properties has been investigated. The samples were subjected to pre-treatment with bread yeast and without pre-treatment, washing with water and removal of extractives in organic solvent and subjected to dynamic test by forced vibration test in the free-free beam. Both methods of soaking process and ethanol-acetone washing resulted in a significant decrease in the density and vibration damping, while the values of acoustic conversion efficiency showed an increase. The amount of improvement of acoustic properties due to ethanol-acetone washing was more than water washing. The fermentation pre-treatment increased the changes in both water washing and ethanol-acetone washing methods. The dynamic modulus of elasticity did not show any significant change in water washing, ethanol-acetone washing and fermentation pretreatment. In general, the ethanol-acetone washed samples under fermentation pretreatment left the highest acoustic indices.

Keywords: ACE, Cypress wood, Sound, Treatment, Vibration.