

بررسی تغییرات کیفیت سطح گونه‌های چوبی قابل استفاده در صنعت مبلمان با استفاده از بخارات مواد شیمیایی

چکیده

در این پژوهش تاثیر استفاده از بخارات شیمیایی آمونیاک بر کیفیت سطح گونه‌های چوبی قابل استفاده در صنعت مبلمان مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور گونه‌های چوبی چنار، راش، بلوط، توس، ممرز، صنوبر، توت، نراد و سرو را به ابعاد $15 \times 10 \times 2$ میلی‌متر مطابق با استاندارد EN ۹۲۷-۵ بریده شد و به مدت ۲ هفته در اتاق کلیما برای رسیدن به رطوبت تعادل ۱۲ درصد نگهداری شد. سپس تمامی نمونه‌ها به مدت ۳۰ روز در داخل اتاقک آزمون در مجاورت با بخارات آمونیاک نگه‌داری شدند و میزان تغییرات رنگی و زبری سطح چوب پس از ۵، ۸، ۱۵ و ۳۰ روز مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مطالعات رنگ‌سنجی نشان داد که کمترین و بیشترین میزان تغییرات رنگی به ترتیب مربوط به گونه بلوط و صنوبر بود که می‌توان یکی از عوامل موثر آن را وجود مواد استخراجی دانست. با افزایش زمان نگهداری نمونه‌های چوبی در بخار آمونیاک، میزان تغییرات رنگی افزایش یافت ولی بیشترین میزان تغییرات رنگی در ۱۵ روز اول مشاهده گردید. همچنین، در اثر بخاردهی چوب به طور کلی میزان زبری در نمونه‌ها کاهش یافت که بیشترین میزان کاهش زبری در گونه‌های چوبی بلوط، توت و چنار مشاهده گردید.

واژگان کلیدی: آمونیاک، تغییر رنگ، زبری، چوب، بخاردهی.

هادی غلامیان^{۱*}

^۱ استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:

Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۵

مقدمه

یکی از وسایل پر کاربرد در منازل امروزی، مبلمان‌های چوبی می‌باشند. مبلمان‌های چوبی از لحاظ طرح، رنگ، و کاربرد بسیار متنوع بوده و طبقه‌بندی‌های بسیاری برای آنها وجود دارد. رنگ مبلمان یکی از ویژگی‌های ظاهری است که تاثیر قابل توجهی بر انتخاب خریداران مبلمان چوبی می‌گذارد. بر اساس سلیقه مشتری و مصرف‌کننده نهایی می‌توان رنگ چوب مبلمان را تغییر داد [۱]. تغییر رنگ مبلمان‌های چوبی به شیوه‌های مختلفی صورت می‌گیرد که یکی از رایج‌ترین روش‌های تغییر رنگ مبلمان چوبی،

پوشش‌دهی با انواع پوشش‌های شیمیایی نظیر پوشش‌های لاک، آلکیدی (سیلر، کیلر و نیم-پلی استر)، پلی‌یورتان، اکریلیکی و اپوکسی می‌باشد. متأسفانه پوشش‌های رایج و صنعتی، مشکلات زیست محیطی زیادی را در شرایط سرویس و مصرف ایجاد نموده و معضلات بیشماری را برای سلامتی انسان به وجود آورده است، که می‌توان به آلودگی‌های شیمیایی محیط، مشکلات تنفسی و ریوی اشاره نمود [۲]. استفاده از پوشش‌های پایه آب [۳]، نانو پوشش‌ها [۴] و پوشش‌های سبز (گیاهی) [۵] که مشکلات زیست محیطی کمتری دارند در دستور کار جوامع پیشرفته و صنعتی قرار دارد ولی همچنان مشکلات

Weigl و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که بخاردهی آمونیاک می‌تواند یک روش موثر برای جلوگیری از فرسایش سطحی چوب باشد که در نتیجه می‌توان گفت در برخی از گونه‌ها چوبی ثبات رنگی آنها در طولانی مدت افزایش می‌یابد [۱۸]. همچنین نتایج تحقیقات نشان می‌دهد، تغییر رنگ چوب به‌وسیله بخارات آمونیاک در نتیجه تغییرات ترکیبات شیمیایی چوب رخ می‌دهد، نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهد ترکیبات جزئی نیتروژن، واکنش‌های اکسیداسیونی و حضور کانال‌های رزینی یکی از دلایل تغییر رنگ در اثر استفاده از آمونیاک می‌باشد [۱۹].

مطالعات Weigl و همکاران (۲۰۰۹) و Pawlak و Pawlak (۱۹۹۷) نشان داد که سه نوع واکنش شیمیایی بین آمونیاک و چوب رخ می‌دهد: ۱- آمونیاک با گروه‌های کربوکسیلات واکنش می‌دهد و نمک‌های آمونیوم را تشکیل می‌دهد. ۲- آمونیاک با گروه‌های آلدهید و کتون واکنش می‌دهد و ایمین (ترکیب شیمیایی است که یک پیوند دوگانه کربن-نیتروژن دارد) تولید می‌کند. ۳- گروه‌های عاملی استر با تشکیل آمید واکنش نشان می‌دهند [۱۴، ۲۰]. همچنین نتایج تحقیقات Miklečić و همکاران (۲۰۱۲b) و Šprdlík و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) بیان کننده آن است که واکنش‌های بخارات آمونیاک در چوب بیشتر با گروه‌های کربونیل و آروماتیکی همی سلولز-ها و گروه‌های الکی موجود در چوب رخ می‌دهد آنها همچنین وجود مواد استخراجی را از عوامل بسیار تاثیرگذار در تغییرات رنگی اعلام کردند [۲۱، ۲۲]. با توجه به گسترش صنعت مبلمان در کشورمان و افزایش تقاضای خرید جهت استفاده در خانواده‌های ایرانی و از سوی دیگر استفاده از گونه‌های بومی به دلیل خوش‌نقش و نگار بودن آنها در ساخت مبلمان استیل و کلاسیک، بنابراین شناخت و بررسی ویژگی‌های گونه‌های چوبی در تغییر رنگ با استفاده از روش بخاردهی با آمونیاک اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. بنابراین در این پژوهش از تکنیک رنگ‌سنجی $L^*a^*b^*$ یا CLE Lab و تحلیل پارامترهای C^* و h^* جهت اندازه‌گیری و گزارش کیفیت تغییرات رنگی و دستگاه زبری‌سنج و مطالعات ماکروسکوپی جهت ارزیابی

زیست محیطی و تماس مستقیم انسان با مواد شیمیایی حتی به اندازه کم باز هم وجود دارد [۶]. یکی از روش‌های تغییر رنگ چوب، بخاردهی یا دود دادن آن است، بخاردهی روش سنتی برای تغییر رنگ چوب می‌باشد که از طریق واکنش‌های شیمیایی بین بخارات مواد شیمیایی مختلف و ترکیبات چوب صورت می‌پذیرد. بخاردهی در گونه‌های مختلف چوبی آن‌چنان رنگ چوب را تغییر می‌دهد که حتی تصور می‌شود رنگ طبیعی خود چوب می‌باشد [۷، ۸]. یکی از عوامل مهم و تاثیرگذار در تغییر رنگ چوب، مدت زمان قرارگیری در فضای تیمار و ویژگی‌های چوب می‌باشد و هرچه مدت زمان قرارگیری افزایش یابد، رنگ می‌تواند از قهوه‌ای روشن تا شکلاتی قهوه‌ای یا سیاه تغییر کند [۹]. در طی دوران تحولات سبک‌های هنری و صنایع دستی در اوایل دهه ۱۹۰۰، روش بخاردهی با آمونیاک در بسیاری از کارخانجات تولید مبلمان محبوب و مورد استفاده قرار گرفت [۱۰]. همچنین، به علت نداشتن مسمومیت‌ها و مضرات پوشش‌های رایج فرایند تغییر رنگ چوب با استفاده از روش بخاردهی چوب به تازگی محبوبیت خوبی در میان تولیدکنندگان مبلمان پیدا کرده است. در تکنیک بخاردهی صنعتی، از فرآیندهای نوین و سازگار با محیط زیستی استفاده می‌شود که تغییرات رنگ در سراسر عمق چوب را ایجاد می‌کند و این تغییرات فقط در سطح چوب نباشد [۱۱، ۱۲]. مطالعات محدودی در مورد تغییر رنگ چوب توسط بخاردهی با آمونیاک وجود دارد. طبق تحقیقات انجام شده به طور کلی می‌توان گفت واکنش رنگ چوب بلوط با بخار آمونیاک تنها در حضور اکسیژن صورت می‌پذیرد [۱۳]. Weigl و همکاران (۲۰۰۹a) اثر بخاردهی شیمیایی را بر تغییر رنگ ۳۸ گونه چوبی را مورد بررسی قرار داد، آنها بیشترین تغییر رنگ را در توت سیاه و پایین‌ترین را در گردو سیاه مشاهده نمودند [۱۴]. همچنین، استفاده از روش بخاردهی باعث می‌شود میزان تغییرات رنگی اشعه‌های چوبی نسبت به بافت زمینه چوب بسیار متفاوت باشد [۱۵، ۱۶].

Miklečić و همکاران (۲۰۱۲a) نشان داد چوب بلوط بخاردهی شده توسط آمونیاک نسبت به چوب بلوط تیمار گرمایی شده دارای مقاومت و ثبات رنگی بیشتری نسبت به تابش اشعه ماوراء بنفش می‌باشد [۱۷]. مطالعات

بخاردهی در اتاقک پلاستیکی بسته در حضور هوا در دمای 26 ± 2 درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی 5 ± 25 درصد انجام شد. حجم هوا در داخل محفظه $0/45$ متر مکعب بود. نمونه ها به مدت ۵، ۸، ۱۵ و ۳۰ روز در مجاورت چند ظرف حاوی هیدروکسید آمونیوم 300 میلی لیتر (غلظت 32 درصد) قرار گرفتند. پس از گذشت سیکل های زمانی بیان شده نمونه ها از داخل اتاقک پلاستیکی به مدت ۱ ساعت خارج شده و میزان تغییرات رنگی و میزان زبری سطح نمونه ها مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت پس از پایان دوره 30 روزه مقاطع نمونه ها جهت بررسی میزان عمق تغییرات رنگی برش داده شد و ارزیابی ماکروسکوپی قرار گرفت.

آزمون رنگ سنجی

در این مطالعه از دستگاه رنگ سنج مدل NR110 جهت بررسی میزان رنگ انواع چوب ها و تغییرات رنگی قبل و بعد از بخاردهی با آمونیاک استفاده شد، که در جدول ۱ مشخصات فنی دستگاه ارائه شده است. همچنین از سیستم رنگ سنجی $L^*a^*b^*$ یا CLE Lab جهت اندازه گیری و گزارش کیفیت رنگ استفاده شد (شکل ۱). هر یک از پارامترهای C^* و ΔE^* بر اساس فرمول های زیر محاسبه شد: معادلات ۱ و ۲:

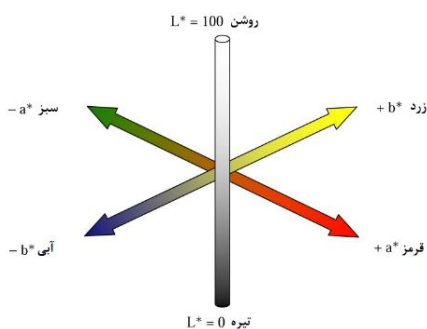
$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta L^*)^2} \quad (1)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (2)$$

L^*, a^*, b^* = مختصات رنگی

ΔE = میزان تغییر رنگ

C^* = شفافیت



شکل ۱- دیاگرام مختصات CLE Lab

میزان زبری سطح چوب و بررسی عمق تغییرات رنگی در مقطع عرضی نمونه های چوبی استفاده شد.

مواد و روش ها

چوب مصرفی

از بازار بزرگ چوب فروشان کرج و جنگل پژوهشی دانشگاه تهران (خیرودکنار) الوارها و گرده بینه های چنار (*Platanus orientalis*)، راش (*Fagus orientalis*)، بلوط (*Quercus castaneifolia*)، توس (*Betula pendula*)، ممرز (*betulus carpinus*)، صنوبر (*Populus nigra L.*)، توت (*Morus alba l.*)، نراد (*Abies alba*) و سرو (*Cupressus arizonica*) خریداری شد و پس از برش های اولیه از چوب درون آنها، تخته هایی به ابعاد $100 \times 20 \times 5$ (طولی \times شعاعی \times مماسی) سانتیمتر برش داده و تا رسیدن به رطوبت 30 درصد در فضای باز نگهداری شدند و سپس برابر با استاندارد EN ۹۲۷-۵ به ابعاد $15 \times 10 \times 2$ (طولی \times شعاعی \times مماسی) سانتیمتر برش داده و به منظور یکسان سازی رطوبت نمونه های آزمونی به مدت 15 روز در اتاق مشروط سازی (کلیما) با شرایط رطوبت نسبی $1 \pm$ 65 درصد و دمای 20 ± 2 درجه سانتیگراد برای رسیدن به رطوبت تعادل 12 درصد نگهداری شدند. سپس قبل از قرارگیری نمونه ها در معرض بخارات آمونیاک سطح آنها با استفاده از دستگاه سنبله لرزان با سنبله 320 به مدت 2 دقیقه پرداخت شد.

بخاردهی با آمونیاک

تعداد 5 عدد نمونه از هر گونه چوبی در معرض بخارات آمونیاک 32 درصد (اطلس شیمی) قرار گرفت و یک نمونه به عنوان نمونه شاهد از هر گونه چوبی نگهداری شد.

جدول ۱- مشخصات دستگاه رنگ سنج

دستگاه NR110	
اندازه دیافراگم	قطر ۴ mm
آشکارساز	لامپ فتوالکترونیک سیلیکونی
مقادیر قابل اندازه گیری	$CIE\ L^*a^*b^*$ ، $CIE\ L^*a^*b^*C^*h^*$ ، $CIE\ L^*a^*b^*$
	CIEXYZ
	$\Delta E^*C^*h^*$ ، $\Delta L^*a^*b^*$ ، ΔE^*ab
منبع نور	D۶۵
ذخیره سازی	۲۰۰۰۰ شماره
طول عمر لامپ	۵ سال یا ۱/۶ میلیون اندازه گیری
وزن	۴۵۰ گرم

اندازه‌گیری زبری

از دستگاه زبری‌سنج مدل SJ-201P ساخت کارخانه Mitutoyo ژاپن جهت اندازه‌گیری میزان تغییرات زبری در اثر بخاردهی مورد استفاده قرار گرفت. مکانیسم کار این دستگاه به این صورت است که دارای دو قسمت اصلی ثابت و متحرک است. در قسمت ثابت، صفحه‌ی نمایش و دیگر اجزاء اصلی دستگاه قرار می‌گیرد و در قسمت متحرک سنسور زبری‌سنج قرار دارد که برای هر بار محاسبه زبری، مسافت ۱۰ میلی‌متر را بر روی سطوح چوب حرکت کرده و نتیجه را گزارش می‌کند. همچنین از پارامترهای Ra، Rz و Rq برای محاسبه زبری در این مطالعه استفاده شد.

$$Ra = \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_n}{2n} \quad \text{معادله ۳:}$$

آزمون آماری

از طرح کاملا تصادفی برای نمونه‌برداری استفاده و با استفاده از نرم‌افزار SPSS، معنی‌داری میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه دانکن در سطح ۵ درصد تجزیه و تحلیل شد. برای تمام آزمون‌ها از ۵ تکرار استفاده گردید.

نتایج و بحث

رنگ‌سنجی

جدول ۲ مقادیر روشنی (L^*)، قرمزی (b^*) و زردی (a^*) را قبل و بعد از ۳۰ روز بخاردهی با آمونیاک برای تمام گونه‌های چوب مورد مطالعه نشان می‌دهد. همچنین،

میزان تغییرات روشنی ΔL^* ، Δa^* ، Δb^* و ΔE^* انواع گونه‌های چوبی بعد از قرارگیری در معرض بخارات آمونیاک به ترتیب در شکل‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد پس از گذشت ۳۰ روز بخاردهی آمونیاک، بیشترین تغییرات مربوط به پارامتر L^* می‌باشد که در تمامی گونه‌های چوبی این مقدار کاهش یافته است. نتایج نشان دهنده آن است که، از روشنی رنگ نمونه‌ها کاسته شده و چوب‌ها تیره‌تر شده‌اند. به ترتیب بیشترین میزان تغییر رنگ در چوب‌های توت، بلوط، ممرز، توس، نراد، راش، سرو و صنوبر مشاهده شد. به عبارت دیگر در اثر بخاردهی میزان روشنی در چوب‌های توت، بلوط، ممرز، توس، نراد، راش، سرو و صنوبر به ترتیب ۵۱، ۲۹، ۱۲، ۱۱، ۱۰، ۹، ۷ و ۴ درصد کاهش یافته است. نتایج تیرگی در گونه بلوط بیشتر از گونه صنوبر می‌باشد [۱۵]. همانطور که شکل ۲ نشان می‌دهد بیشترین میزان تغییرات L^* مربوط به روزهای اول و در دوره‌های ۵ و ۸ روزه مشاهده شد و تقریباً می‌توان گفت پس از ۱۵ روز روند ثابتی را از خود نشان داده است. در میان گونه‌های چوبی گونه‌های بلوط و توت در زمان کوتاه‌تری با آمونیاک واکنش داده است، در حالی که واکنش آمونیاک با گونه‌های دیگر آهسته‌تر رخ داده است. نتایج آزمون آماری نشان داد اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد فقط در گونه توت و بلوط وجود داشت ولی اختلاف معناداری میان دیگر گونه‌های چوبی مشاهده نشد. Hogger و همکاران (۲۰۱۸) و Rousek و همکاران (۲۰۱۵) به نتایج مشابهی دست یافتند [۷، ۹].

که در اثر بخاردهی میزان پارامتر a^* متغییر است و در گونه‌های بلوط و افرا کاهشی و در گونه‌های نوئل و لاریکس افزایشی یا ثابت بوده می‌باشد [۲۱]. همچنین تغییرات پارامتر b^* در اثر بخاردهی نشان می‌دهد در گونه‌های توت، سرو، بلوط، توس، مرمر و راش به ترتیب به میزان ۴۱، ۱۶، ۱۲، ۸، ۵ و ۴ درصد کاهش یافته است که نشان دهنده آن است که تمایل رنگی آنها به آبی بیشتر بوده و در گونه‌های صنوبر، نراد و چنار به ترتیب ۳۲، ۲۸ و ۴ درصد افزایش یافته است که بیان کننده آن است که تمایل رنگی آنها به زردی افزایش یافته است. نتایج آماری پارامتر b^* نشان داد اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد فقط در گونه توت، سرو، بلوط، صنوبر و نراد وجود داشت ولی اختلاف معناداری میان دیگر گونه‌های چوبی مشاهده نشد.

در اثر بخاردهی، میزان تغییرات پارامترهای a^* و b^* برای گونه‌های مختلف چوبی متغییر بوده و الگوی یکسانی نداشت. تغییرات پارامتر a^* در اثر بخاردهی نشان می‌دهد، به ترتیب در گونه‌های توت، بلوط، سرو، چنار، مرمر و توس روند نزولی داشته و میزان a^* کاهش یافته است. به عبارت دیگر به ترتیب به میزان ۲۳، ۲۲، ۹، ۵، ۴ و ۰٫۵ درصد کاهشی بوده که نشان‌دهنده آن است که تمایل رنگی آنها به سبزی بیشتر شده است. میزان پارامتر a^* در گونه‌های صنوبر، نراد و راش به ترتیب ۳۳، ۳۰ و ۲ درصد افزایش یافته است که به بیان دیگر تمایل رنگی آنها به قرمزی افزایش یافته است. نتایج آماری پارامتر a^* نشان داد اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد فقط در گونه توت، بلوط، نراد و راش وجود داشت ولی اختلاف معناداری میان دیگر گونه‌های چوبی مشاهده نشد. تحقیقات Miklečić و همکاران (۲۰۱۲b) نیز نشان داد

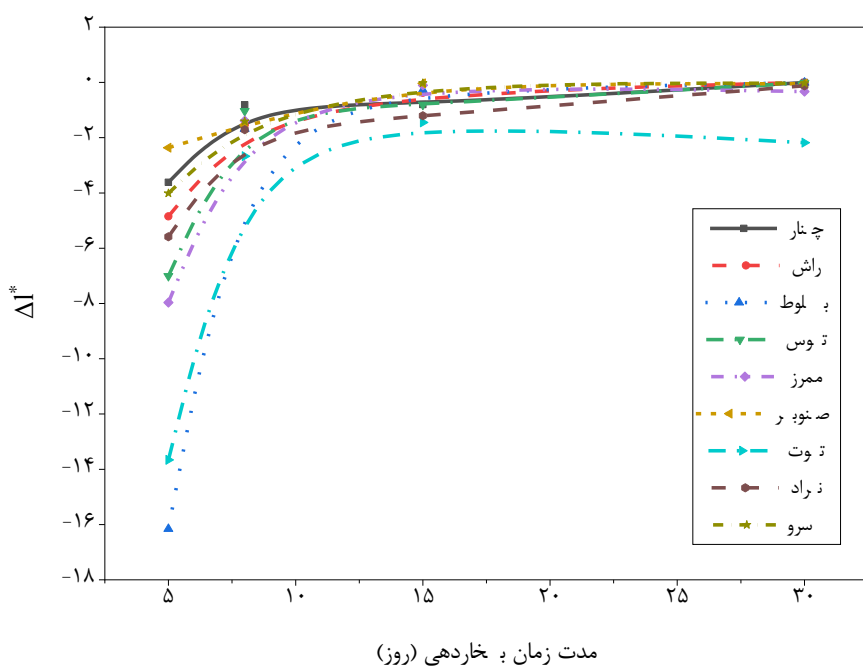
جدول ۲- تغییرات پارامترهای a^* ، b^* و L^* قبل و بعد از ۳۰ روز بخاردهی با آمونیاک

گونه چوبی	قبل از بخاردهی			بعد از بخاردهی		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
چنار	۶۸/۴۱(۱/۱۲)	۹/۰۳(۱/۳۱)	۱۷(۱/۸۱)	۶۳/۱۸(۱/۶۳)	۸/۵۵(۱/۵۱)	۱۷/۷۵(۰/۲۱)
راش	۶۷/۹۴(۰/۰۸)	۱۱/۱۸(۰/۵۱)	۲۱/۱۶(۱/۵۹)	۶۱/۱۷(۰/۷۴)	۱۱/۳۶(۲/۳۲)**	۲۰/۴۰(۰/۳۹)
بلوط	۶۲/۲۹(۰/۱۴)	۹/۱۸(۱/۹۲)	۱۹(۲/۱)	۴۴/۱۶(۱/۵۵)**	۷/۱۲(۰/۳۳)**	۱۶/۸۱(۱/۴۴)**
توس	۷۵/۲۲(۰/۲۱)	۸/۳۶(۰/۴۴)	۱۸/۹۶(۰/۶۲)	۶۶/۳۶(۰/۸۹)	۸/۳۱(۰/۶۹)	۱۷/۳۹(۲/۲۷)
مرمر	۸۰/۱۵(۱/۳۳)	۵/۷۹(۰/۷۱)	۱۶/۸۹(۱/۸۴)	۷۰/۳۷(۰/۴۲)	۵/۵۵(۰/۵۵)	۱۶/۰۷(۱/۳۹)
صنوبر	۸۵/۴۴(۱/۰۸)	۴/۰۸(۲/۲)	۱۳/۵۴(۱/۱۹)	۸۱/۴۶(۰/۶۹)	۵/۴۵(۰/۷۱)	۱۷/۹۳(۱/۵۷)**
توت	۳۸/۷۷(۱/۵)	۶/۶۱(۱/۶)	۱۵/۸۹(۰/۳۸)	۱۸/۸۱(۲/۲۲)**	۵/۱۱(۰/۵۶)**	۹/۳۴(۲/۱۸)**
نراد	۸۷/۳۹(۱/۱۱)	۵/۲۲(۰/۰۷)	۱۷/۴۶(۱/۸۳)	۷۸/۷۶(۱/۲)	۶/۱۸(۰/۷۷)**	۲۲/۳۴(۱/۹۸)**
سرو	۷۷/۶۱(۲/۰۹)	۱۰/۲۰(۲/۵۶)	۲۸/۸۱(۰/۶۶)	۷۲/۱۴(۱/۴۵)	۹/۲۵(۱/۸۹)	۲۵/۴۵(۰/۹۹)**

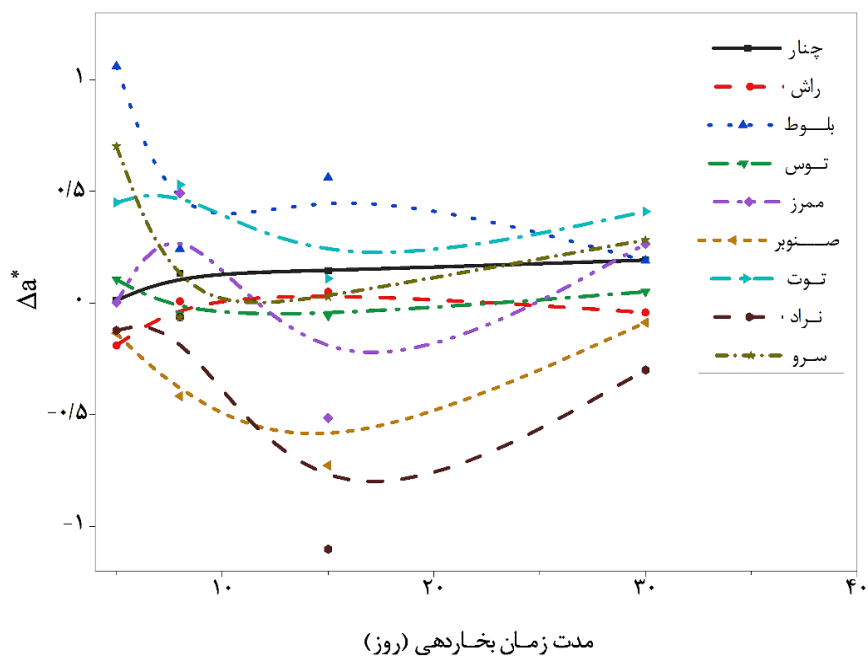
* اعداد داخل پرانتز انحراف معیار و معناداری آزمون می باشد.

می‌باشند که به طور کلی در اثر بخاردهی تیره‌تر، سبزر و آبی‌تر از قبل از بخاردهی می‌باشند. که با نتایج آزمایشات Miklečić و همکاران (۲۰۱۲a) مطابقت دارد. همچنین می‌توان گفت مطابق با مطالعات طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) Miklečić و همکاران (۲۰۱۲b) و Šprdlík و همکاران (۲۰۱۶) این تغییرات رنگی مرتبط به واکنش‌های گروه‌های کربونیل و آروماتیکی همی سلولزها و گروه‌های الکلی می‌باشد، آنها همچنین وجود مواد استخراجی را از عوامل بسیار تاثیرگذار در تغییرات رنگی اعلام کردند [۲۱، ۲۲].

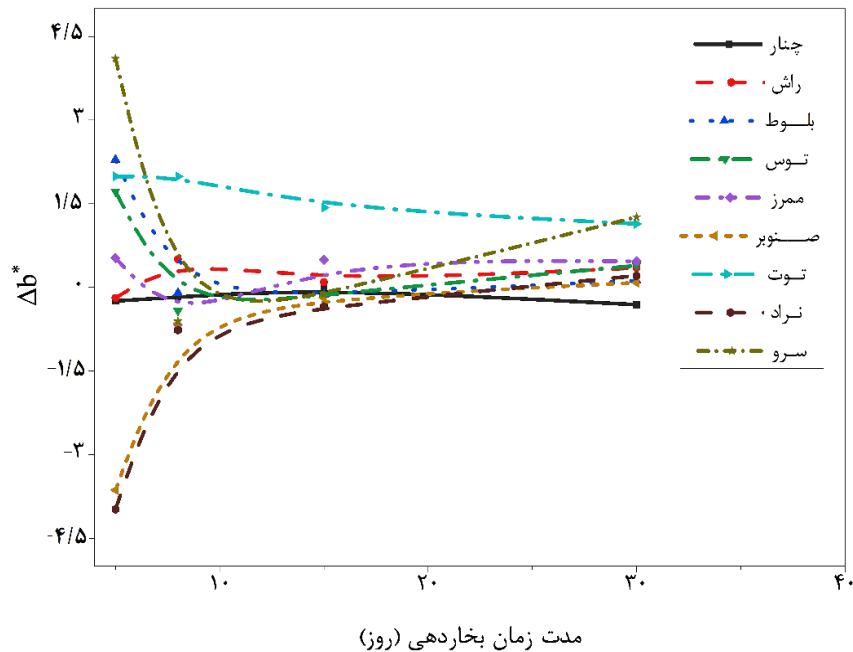
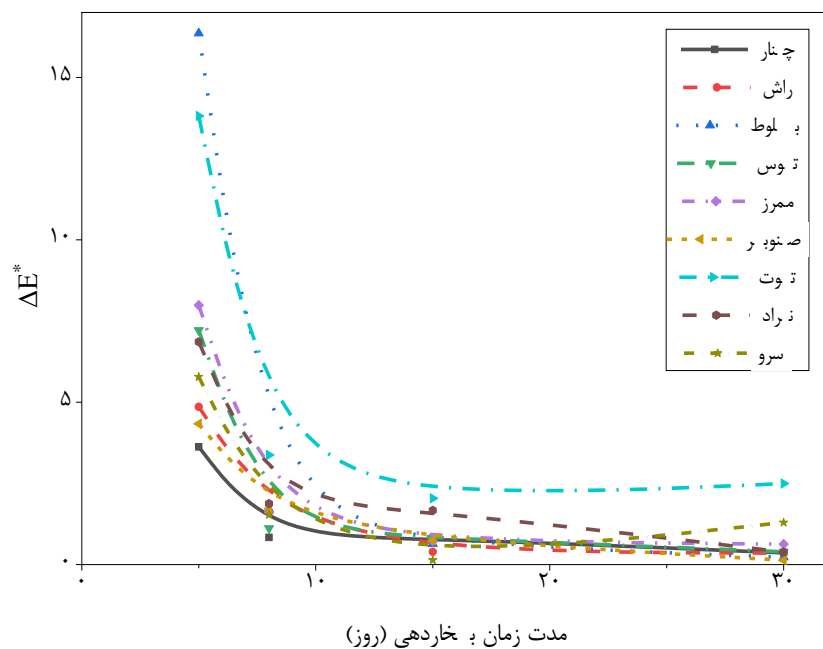
همانطور که در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است، مقدار پارامترهای a^* و b^* پس از گذشت ۱۵ روز روند ثابت‌تری را از خود نشان می‌دهد که نشان دهنده آن است که همانند پارامتر روشنی (L^*) بیشترین تغییرات در روزهای اولیه رخ داده است و پس از گذشت چند روز روند ثابتی را طی نموده است. در شکل ۵ میزان تغییرات رنگی (ΔE) قبل و بعد از بخاردهی نسبت به نمونه‌های شاهد نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که به طور کلی نمونه‌هایی که دارای مواد استخراجی نسبتاً بیشتری نسبت به دیگر گونه‌ها می‌باشند تغییرات رنگی بیشتری را از خود نشان داده‌اند که گونه‌های توت و بلوط از مهمترین آنها



شکل ۲- میزان تغییرات ΔI^* در اثر بخاردهی با آمونیاک



شکل ۳- میزان تغییرات Δa^* در اثر بخاردهی با آمونیاک

شکل ۴- میزان تغییرات Δb^* در اثر بخاردهی با آمونیاکشکل ۵- میزان تغییرات ΔE^* در اثر بخاردهی با آمونیاک

های صنوبر، نراد و سرو به ترتیب به میزان ۳۲، ۲۸ و ۱۰ درصد افزایش یافته است. فاکتور اشباع بودن (c^*) شفافیت یا کدری رنگ را نشان می‌دهد که به عبارت دیگر با کاهش آن میزان شفافیت افزایش (توت، توس، بلوط، ممرز، راش و چنار) و با افزایش آن میزان کدری (صنوبر،

در جدول ۳ میزان تغییرات فاکتورهای c^* و h^* قبل و بعد از ۳۰ روز قرارگیری نمونه‌ها در شرایط بخاردهی نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد میزان c^* در گونه‌های چوبی توت، توس، بلوط، ممرز، راش و چنار به ترتیب به میزان ۳۸، ۳۱، ۱۳، ۶، ۳ و ۲ درصد کاهش یافته و گونه-

۴، ۳ و ۰/۶ افزایش یافته است. به عبارت دیگر فام رنگی گونه‌های توت، توس، راش، صنوبر و نراد از حالت زردی به قرمزی نزدیکتر شده است و گونه‌های سرو، بلوط، ممرز و چنار فام رنگی زردی را برای خود انتخاب نموده‌اند. نتایج آزمون آماری نشان داد اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد فقط در گونه توت و سرو وجود داشت ولی اختلاف معناداری میان دیگر گونه‌های چوبی مشاهده نشد.

نراد و سرو) افزایش یافته است. نتایج آزمون آماری نشان داد اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد فقط در گونه توت، توس، بلوط، صنوبر و نراد وجود داشت ولی اختلاف معناداری میان دیگر گونه‌های چوبی مشاهده نشد. همچنین، نتایج پارامتر h^* (فام) نشان داد که در اثر بخاردهی میزان آن در گونه‌های توت، توس، راش، صنوبر و نراد به ترتیب به میزان ۹، ۲، ۰/۶، ۰/۴ و ۰/۱ کاهش و گونه‌های سرو، بلوط، ممرز و چنار به ترتیب به میزان ۶،

جدول ۳- تغییرات پارامترهای c^* و h^* قبل و بعد از ۳۰ روز بخاردهی با آمونیاک

گونه چوبی	قبل از بخاردهی		بعد از بخاردهی	
	h^*	c^*	h^*	c^*
چنار	۶۲/۱۲(۰/۴۲)	۱۸/۸۱(۰/۱۳)	۶۲/۱۲(۰/۴۲)	۱۹/۲۶(۰/۱۲)
راش	۶۲/۲(۰/۶۴)	۲۳/۱۶(۰/۱۹)	۶۲/۲(۰/۶۴)	۲۳/۹۲(۱/۱۱)
بلوط	۶۴/۶۴(۰/۷۷)	۱۸/۲۹(۰/۳۵)**	۶۴/۶۴(۰/۷۷)	۲۱/۱۷(۰/۰۹)
توس	۶۵/۹۱(۱/۸۱)	۱۹/۲۸(۰/۶۱)**	۶۵/۹۱(۱/۸۱)	۲۸/۲۳(۰/۳۵)
ممرز	۷۱/۳۲(۱/۳۲)	۱۶/۷۸(۰/۴)	۷۱/۳۲(۱/۳۲)	۱۷/۸۳(۰/۵۷)
صنوبر	۷۳/۱۷(۰/۴۵)	۱۸/۷۴(۰/۱۷)**	۷۳/۱۷(۰/۴۵)	۱۴/۱۵(۱/۵۲)
توت	۳۳/۶۹(۰/۵۵)	۱۰/۶۳(۱/۵۵)**	۳۳/۶۹(۰/۵۵)	۱۷/۲۱(۰/۴۴)
نراد	۷۳/۳۷(۱/۸۹)	۲۳/۳۶(۱/۱۷)**	۷۳/۳۷(۱/۸۹)	۱۸/۲۳(۱/۹۷)
سرو	۶۴/۴۱(۰/۴۴)	۲۵/۹(۱/۷۹)	۶۴/۴۱(۰/۴۴)	۲۳/۶۳(۰/۶۰)









بخاردهی میزان پارامترهای زبری Ra ، Rz و Rq در طول زمان تغییر کرده و نشان دهنده آن است که میزان زبری کاهش یافته است که علت آن نرم شدن بافت چوب در اثر مجاورت با بخار آمونیاک می‌باشد، که با نتایج مطالعات Weigl و همکاران (۲۰۰۷) مطابقت دارد [۱۸]. به ترتیب بیشترین میزان کاهش زبری در چوب‌های سرو، توت، بلوط، راش، چنار، ممرز، نراد، توس و صنوبر مشاهده شد. به عبارت دیگر در اثر بخاردهی میزان زبری این چوب‌ها به ترتیب ۴۹، ۴۴، ۴۳، ۴۲، ۴۰، ۳۴، ۲۸، ۲۰ و ۱۵ درصد کاهش یافته است. همانطور که شکل ۶ نشان می‌دهد بیشترین میزان تغییرات زبری مربوط به روزهای اول و در دوره‌های ۵ و ۸ روزه مشاهده شد و تقریباً می‌توان گفت پس از ۱۵ روز روند ثابتی را از خود نشان داده است. نتایج آزمون آماری نشان داد اختلاف معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۹ درصد فقط در دوره‌های ۵ و ۸ روزه در گونه‌های سرو، توت، بلوط، راش، چنار و ممرز مشاهده شد ولی اختلاف معناداری میان گونه‌های چوبی نراد، توس و صنوبر مشاهده نشد.

در جدول ۴ میزان تغییرات رنگی قبل و بعد از ۳۰ روز بخاردهی با آمونیاک در مقطع عرضی برخی گونه‌ها نشان داده شده است. نتایج میکروسکوپی نشان داد میزان تغییرات رنگی در سطح نمونه‌ها به صورت یکسان بود. پس از برش عرضی نمونه‌ها، مشاهده گردید که تغییرات رنگی تا عمق چوب رخ داده و نسبت یکسانی داشته است. بنابراین نتایج نشان می‌دهد تغییرات رنگی بسیار یکسان و یکنواخت در سطح و عمق چوب ایجاد شده است که با نتایج آزمایشات Hogger و همکاران (۲۰۱۸) و Pařil و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت دارد [۷، ۸].

آزمون زبری

در شکل ۶ به ترتیب میزان تغییرات فاکتورهای زبری Ra ، Rz و Rq در طی قرارگیری نمونه‌های چوبی در شرایط بخاردهی نشان داده شده است. پارامتر Ra مقدار زبری را مشخص می‌کند و از نتایج این فاکتور در این تحقیق استفاده شده است. نتایج نشان داد که، در اثر

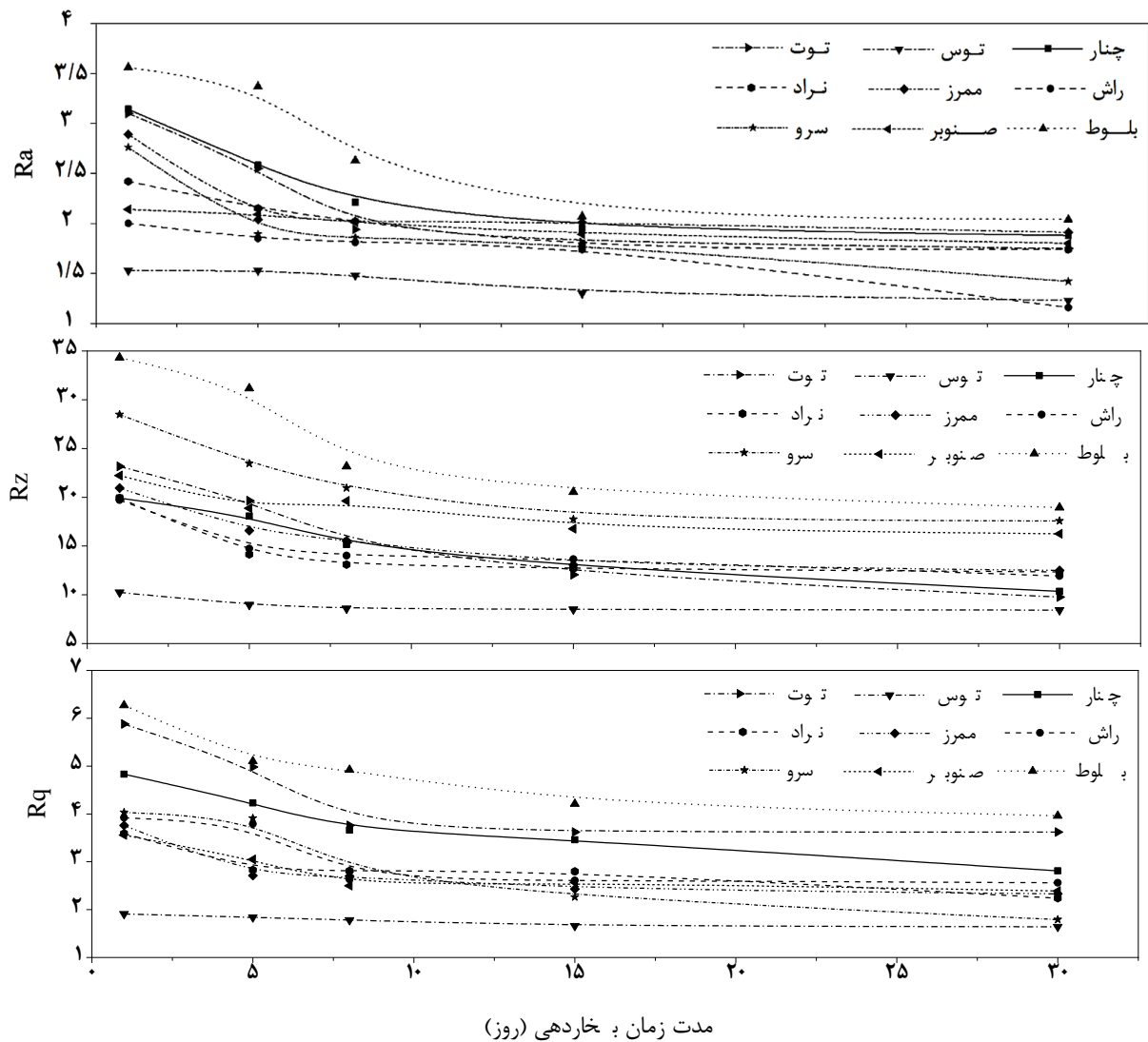
جدول ۴- تصاویر ماکروسکوپی تغییرات رنگی قبل و بعد از ۳۰ روز بخاردهی با آمونیاک

گونه چوبی	مقطع عرضی	
	قبل	بعد
بلوط		
توس		
ممرز		
توت		

نتیجه‌گیری

نتایج بخاردهی چوب‌های پهن‌برگ و سوزنی‌برگ نشان داد که بخارات آمونیاک در اثر واکنش با مواد استخراجی و پارانشیمی چوب تغییرات رنگی زیادی را در بافت چوب ایجاد نموده است که با مطالعات Hogger و همکاران (۲۰۱۸) و Rousek و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد [۷، ۹]. همچنین، بیشترین تغییرات رنگی مربوط به گونه‌های چوبی است که درصد مواد استخراجی بیشتری (بلوط، توت، سرو) نسبت به سایر گونه‌ها داشته و کمترین تغییر رنگی مربوط به گونه صنوبر می‌باشد، این مسئله حاکی از آن است که مواد استخراجی می‌تواند یکی از عوامل مهم در تغییر رنگ باشد زیرا میزان مواد استخراجی در صنوبر بسیار کم بوده، که مطابق با تحقیقات Miklečić و

همکاران (۲۰۱۲b) می‌باشد [۲۱]. در اثر بخارات آمونیاک ترکیبات جزئی نیتروژن، واکنش‌های اکسیداسیونی و حضور کانال‌های رزینی باعث تغییر رنگ در سطح چوب‌ها شده است. همچنین، گروه‌های عاملی استر در اثر واکنش تشکیل آمید داده و گروه‌های آلدهید و کتونی تولید شده و آمونیاک با گروه‌های کربوکسیلات واکنش می‌دهد و نمک‌های آمونیوم را تشکیل می‌دهد. در میان پارامترهای رنگ‌سنجی (L^* ، a^* و b^*) فقط میزان L^* (روشنی) در اثر بخاردهی در تمامی گونه‌های چوبی کاهش یافت که نشان دهنده آن است که بیشترین تاثیر بخاردهی بر تیرگی و روشنایی چوب‌ها می‌باشد تا قرمزی و زردی آنها.



شکل ۶- میزان تغییرات زبری در اثر بخاردهی با آمونیاک در طی ۳۰ روز

باشد، زیرا میزان تغییرات رنگی و زبری پس از آن تقریباً ثابت شده و مقرون به صرفه نمی‌باشد مبلمان ساخته شده و یا چوب‌های برش خورده در معرض بخاردهی قرار داشته باشند. پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آینده تاثیر بخاردهی در شرایط خلاء یا فشار بالا و همچنین تاثیر هوازدهی در تغییرات رنگی آنها در صورت استفاده در مبلمان شهری مورد بررسی قرار گیرد.

تقدیر و تشکر

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند که از معاونت پژوهشی دانشگاه تهران جهت حمایت مالی از طرح پژوهشی تشکر و قدردانی نمایند.

از نتایج آزمون زبری می‌توان نتیجه‌گیری نمود که، بیشترین کاهش میزان زبری در میان گونه‌های چوبی مربوط به گونه‌های سرو، توت و بلوط بود و کاهش زبری آنها به دلیل واکنش بهتر و بیشتر بخارات آمونیاک با مواد استخراجی می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج تحقیقات Šprdlík و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از تکنیک طیف-سنجی مادون قرمز می‌توان گفت که از عوامل اصلی و تاثیرگذار در تغییرات رنگی و کاهش زبری، واکنش بخارات آمونیاک با مواد استخراجی چوب و تغییر در ماهیت گروه-های کربونیل همی‌سلولز و گروه‌های الکلی چوب می‌باشد [۹، ۲۲]. بر اساس نتایج به دست آمده می‌توان نتیجه-گیری نمود جهت بهینه‌سازی با رویکرد اقتصادی، بهترین زمان نگهداری جهت تغییر خواص سطحی ۱۵ روز می-

- [1] Mazandarani, M., 2014. Color and resin technology. Pishro publications, 750p.
- [2] Ghofrani, M. and khojasteh khosro, S., 2013. The Effect of Wood Surface Finishing Quality on the Adhesion Strength of Clear Coat. *Journal of Color Science and Technology*, 1412-1425.
- [3] Veronovski, N., Verhovsek, D. and Godnjavec, J., 2013. The influence of surface-treated nano-TiO₂ (rutile) incorporation in water-based acrylic coatings on wood protection. *Wood Sci Technol*, 47: 317-328.
- [4] Profili, J., Levasseur, O., Koronai, A., Stafford, L. and Gherardi, N., 2017. Deposition of nanocomposite coatings on wood using cold discharges at atmospheric pressure. *Surface & Coatings Technology*, 309. 729-737.
- [5] Bussey, D., Perinab, V., Jonesa, F. and Cechc, V., 2018. Effect of chemical modification on the mechanical properties of plasma-polymerized organosilicones. *Prog Org Coat*, 119: 85-90.
- [6] Gholamiyan, H., Tarmian, A. and Pourtahmasi, K., 2018. Microscopic investigation on the effects of wood surface modification with sol-gel method on the quality of polyurethane and alkyd coatings. *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 8:4. 509-520.
- [7] Hogger, H., Bauer, K., Höllbacher, E., Gierlinger, N., Konnerth, J., W.G. H and Herwijnen, V., 2018. Time-dependent ammonia emissions from fumed oak wood determined by micro-chamber/thermal extractor (μ CTE) and FTIR-ATR spectroscopy. *Holzforschung*. Acceptant 2018-07-06.
- [8] Pařil, P., Brabec, M., Maňák, O., Rousek, R., Rademacher, P., Čermák, P. and Dejmal, A., 2014. Comparison of selected physical and mechanical properties of densified beech wood plasticized by ammonia and saturated steam. *European Journal of Wood and Wood Products*, 72(5):583-591.
- [9] Rousek, R., Rademacher, P., Brabec, M., Dejmal, A., Hornicek, S., Baar, J. and Sprdlik, V., 2015. Beech wood modification with ammonia gas – improved properties. *Pro Ligno*, 11:230-238.
- [10] Rodel, K. 1999. Fuming with ammonia, In: *Finishes & Finishing Technique*, The Taunton Press Inc., Newtown, CT, USA.
- [11] Weigl, M., Müller, U., Wimmer, R. and Hansmann, C., 2012. Ammonia vs. thermally modified timber-comparison of physical and mechanical properties, *Eur. J. Wood Prod*, 70(1-3), 233-239.
- [12] Čermák, P. and Dejmal, A., 2013. The effect of heat and ammonia treatment colour response of oak wood (*Quercus robur*) and comparison of some physical and mechanical properties. *Maderas-Ciencia Tecnol*. 15(3): 375-389.
- [13] Tinkler, C. K., 1921. Fumed oak and natural brown oak, *Biochem. J.* 15(4), 477-486.
- [14] Weigl, M., Kandelbauer, A., Hansmann, C., Pöckl, J., Müller, U. and Grabner, M., 2009a. Application of natural dyes in the coloration of wood,” In: *Handbook of Natural Colorant*, T. Bechtold, and R. Mussak (eds.), Willey and Sons Ltd, UK.
- [15] Peipher, J., 2010. Fumed wood rich in color and in history. (<http://www.premiercb.com/blog/2010/09/fumed-wood/>).
- [16] Pařil, P., Brabec, M., Rousek, R., Maňák, O., Rademacher, P., Čermák, P. and Dejmal, A., 2013. Physical and mechanical properties of densified beech wood plasticized by ammonia. *Pro Ligno*, 9(4):195-202.
- [17] Miklečić, J., Kaša, A. and Jirouš-Rajković, V., 2012a. Colour changes of modified oak wood in indoor environment, *Eur. J. Wood Prod*, 70(1-3), 385-387.

- [18] Weigl, M., Pöckl, J., Müller, U., Pretzl, H. and Grabner, M., 2007. UV-resistance of ammonia treated wood, 3rd European Conference on Wood Modification, Hill, C. A. S., Jones, D., Militz, H., and Ormondroyd, G. A. (eds.), 15-16 October, Cardiff, UK.
- [19] Weigl, M., Pöckl, J. and Grabner, M., 2009b. Selected properties of gas phase ammonia treated wood. *Eur. J. Wood Prod*, 67(1), 103-109.
- [20] Pawlak, Z. and Pawlak, A.S., 1997. A review of infrared spectra from wood and wood components following treatment with liquid ammonia and solvated electrons in liquid ammonia, *Appl. Spectrosc. Rev*, 32(4), 349-383.
- [21] Miklečić, J., Španić, N. and Jirouš-Rajković, V., 2012b. Wood color changes by ammonia fuming. *BioResources*, 7(3):3767-3778.
- [22] Šprdlík, V., Brabec, M., Mihailović, S. and Rademacher, P., 2016. Plasticity increase of beech veneer by steaming and gaseous ammonia treatment. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 18(1): 91- 98.

Investigating the changes in the surface quality of common species in furniture industry using chemical vapors

Abstract

In this research, the effect of ammonia chemical vapors on the quality of surface wood species of common species in the furniture industry was evaluated. For this purpose, species of *Platanus orientalis*, *Fagus orientalis*, *Quercus castaneifolia*, *Betula pendula*, *betulus carpinus*, *Populus nigra*, *Morus alba l*, *Abies alba*, and *Cupressus arizonica* were cut with accordance to 5-927 EN standard ($15 \times 10 \times 2$ mm) and all samples were then transferred to conditioning room (EMC 12%) for 2 weeks. Then, all samples were stored in the test chamber for 30 days, and then the amount of color changes and roughness were evaluated after 5, 8, 15 and 30 days. The results of colorimetric studies showed that the highest and the lowest color variations were related to *Quercus castaneifolia* and *Populus nigra* species, which can be considered as one of the most effective factors in extracting materials. By increasing the storage time of wooden samples in ammonia vapor, color changes increased, but the highest color variation was observed in the first 15 days. Also, after ammonia fuming, roughness was reduced in samples, with the greatest reduction in roughness observed in species of *Quercus castaneifolia*, *Morus alba l* and *Platanus orientalis* currant.

Keywords: ammonia, discoloration, roughness, wood, fuming.

H. Gholamiyan^{1*}

¹ Assistant Prof., Department of wood and paper science & technology, Faculty of natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:

Hadi_gholamiyan@ut.ac.ir

Received: 2018/08/19

Accepted: 2018/10/27