

بررسی امکان استفاده از آزمون غیرمخرب اسپکتروفتومتری برای شناسایی چوب کشتی صنوبر و چوب فشاری نوئل در چوب آلات تازه بریده شده و خشک شده

زینب فروزان^{۱*}، اصغر طارمیان^۲ و Janin Gerard^۳

*- نویسنده مسئول، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پست الکترونیک: pari_faroozan@yahoo.com

۲- استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- عضو هیئت علمی، مؤسسه تحقیقاتی CRF - INRA, 54280 Champenoux, نانسی، فرانسه

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۱

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۰

چکیده

در این تحقیق امکان استفاده از آزمون غیرمخرب اسپکتروفتومتری و تکنیک (CIELAB) برای شناسایی چوب‌های واکنشی شامل چوب کشتی صنوبر و چوب فشاری نوئل مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور، دو اصله درخت از گونه‌های نوئل (*Picea abies*) و صنوبر (*Populus nigra*) حاوی چوب واکنشی از جنگل آموزشی و پژوهشی مؤسسه تحقیقاتی آنگرف در نانسی فرانسه استحصال شدند. سپس، با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Miniscan EZ عوامل روشنی (L^*) و انعکاس نور ($R\% f(\lambda)$) در دو ناحیه چوب واکنشی و چوب نرمال در دو دامنه رطوبتی سبز و خشک (رطوبت ۱۲٪) اندازه‌گیری شد. نتایج نشان دادند که در رطوبت سبز، چوب فشاری نوئل از روشنی کمتری در مقایسه با چوب نرمال آن برخوردار است و در اثر خشک شدن بر روشنی چوب فشاری افزوده می‌شود. بر خلاف چوب فشاری، چوب کشتی صنوبر در رطوبت سبز از روشنی بیشتری در مقایسه با چوب نرمال آن برخوردار بود و در اثر خشک شدن بر روشنی آن نیز افزوده شد. تفاوت بین عوامل روشنی و انعکاس نور هر دو نوع چوب واکنشی در مقایسه با چوب نرمال آنها در رطوبت سبز بیشتر بود، بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که شناسایی ماکروسکوپی چوب‌های واکنشی در شرایط رطوبت سبز آسانتر از شرایط خشک است.

واژه‌های کلیدی: آزمون غیرمخرب، اسپکتروفتومتری، چوب واکنشی، چوب کشتی، چوب فشاری.

مقدمه

گونه و شرایط خشک کردن است. ناهمگنی در ساختمان آناتومی چوب ممکن است رنگ آن را نیز تحت تأثیر قرار دهد (Perre, 2007). یکی از این نوع ناهمگنی‌ها، تشکیل چوب واکنشی است. چوب واکنشی، چوب غیرنرمالی است که در درختان سوزنی‌برگ تحت عنوان چوب فشاری معمولاً در قسمت زیرین تنه یا شاخه خمیده و در پهن

رنگ چوب به عوامل متعددی، مانند: گونه، سن، مواد استخراجی و جهت الیاف وابسته است و خشک کردن نیز رنگ آن را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Charrier et al., 1995; Burtin et al., 1998; Nishino et al., 1998). شدت تغییر رنگ چوب در اثر خشک شدن وابسته به نوع

روش‌های مذکور، تکنیک رنگ‌آمیزی با سافرانین و آسترابلو برای شناسایی چوب‌کشتی و یا مطالعه‌های میکروسکوپی برای شناسایی چوب‌فشاری نیازمند برش نمونه و تهیه مقاطع میکروسکوپی است که علاوه بر تخریب چوب، زمان‌بر نیز می‌باشند. تکنیک اسپکتروفتومتری (رنگ‌سنجی) یکی از تکنیک‌های غیرمخرب است که می‌توان به کمک آن میزان رنگ را به صورت کمی بر روی سطوح مختلف اندازه‌گیری نمود. در این تحقیق، قابلیت استفاده از آزمون غیرمخرب اسپکتروفتومتری و تکنیک CIELAB برای شناسایی چوب‌های واکنشی مورد بررسی قرار گرفت. برخلاف روش‌های میکروسکوپی، با استفاده از تکنیک رنگ‌سنجی شناسایی چوب‌های واکنشی بدون نیاز به برش و تهیه نمونه مستقیماً بر روی مقطع عرضی گرده‌بینه‌ها و یا بر روی الوارها و چوب‌آلات بریده‌شده و در مدت زمان کم امکان‌پذیر است. همچنین، برخلاف روش‌های میکروسکوپی، بدون نیاز به انتقال چوب به محل آزمایشگاه، شناسایی چوب‌واکنشی در محل یارد یا انبار کارخانه با یک دستگاه اسپکتروفتومتر پرتابل امکان‌پذیر است.

مواد و روشها

نمونه برداری

از گونه‌های صنوبر (*Populus alba*) و نوئل (*Picea abies*) برای مطالعه استفاده شد. برای این منظور، دو اصله درخت از هر گونه از جنگل آموزشی و پژوهشی مؤسسه تحقیقاتی آنگرف واقع در نانس فرانسه که حاوی چوب‌واکنشی بودند در فصل بهار قطع شد. سپس، سه نمونه تخته به ابعاد

برگ تحت عنوان چوب‌کشتی معمولاً در قسمت فوقانی تنه و یا شاخه خمیده تشکیل می‌شود. چوب‌واکنشی اغلب به عنوان یک عیب محسوب می‌شود و حضور چوب‌واکنشی در چوب‌آلات تأثیر منفی بر خواص کاربردی آنها داشته و کاربرد آنها را برای بعضی از مصارف محدود می‌سازد (Tarmian et Timell, 1986; al., 2009). بنابراین، شناسایی و بررسی حضور چوب‌های واکنشی در گرده‌بینه‌ها و یا چوب‌آلات بریده‌شده مهم است. اخیراً روش‌های مخرب و غیرمخرب متعددی توسط محققان برای شناسایی چوب‌واکنشی به کار گرفته شده است. برای مثال، برای شناسایی چوب‌کشتی از ظاهر درخشان و براق آن (Badia et al., 2005)، تکنیک رنگ‌آمیزی روی-کلر-ید (معرف هرزبرگ) و یا تکنیک رنگ‌آمیزی با سافرانین و آسترا بلو (Dogu & Grabner, 2010) استفاده شده است. در بین روش‌های شناسایی چوب‌فشاری می‌توان به تکنیک تصویربرداری فلورسانس هم‌کانونی (Donaldson et al., 2010)، تصویربرداری میکروسکوپی از طریق انعکاس نور (Duncker & Spiecker, 2009)، طیف‌سنجی FTIR (Altaner et al., 2009) و طیف‌سنجی با اشعه X (Nyström & Kline, 2000) اشاره کرد. نتایج تحقیقات Nyström & Kline (2000) در شناسایی چوب‌فشاری گونه کاج‌زرد جنوبی با استفاده از تکنیک طیف‌سنجی با اشعه X نشان داد که به دلیل میزان رطوبت سبز متناقض تخته‌ها و دامنه‌ی گسترده‌ای از دانسیته، تغییرات دانسیته ناشی از چوب‌فشاری قابل‌شناسایی نبوده و برای شناسایی چوب‌فشاری در شرایط رطوبت سبز موفقیت‌آمیز نیست. اغلب روش‌های ذکر شده برای شناسایی چوب‌واکنشی از چوب‌نرمال بر پایه واکنش رنگی متفاوت آن‌ها استوار بوده است. به طوری که در بین



شکل ۱- دستگاه اسپکتروفوتومتر مورد استفاده

(مدل Miniscan EZ)

ساختار کلی یک دستگاه اسپکتروفوتومتر شامل منبع نور، محفظه نوری با شکل ژئومتری و یا هندسه اندازه‌گیری، آشکارساز و مفسر است. برای اندازه‌گیری رنگ، لنز حساس رنگ‌سنج روی سطح جسم مورد نظر که می‌تواند یک پلاستیک رنگی یا قطعه‌ای چوبی باشد، قرار می‌گیرد. بعد از این مرحله، اپراتور، چشمه نور دستگاه را فعال می‌کند و نور از سطح قطعه منعکس می‌شود و یا عبور می‌کند و داده‌های حاصل به یک پردازشگر منتقل می‌شود. $R(\lambda)$ به طور مستقیم شاخصی از میزان روشنایی (L^* در سیستم CIE Lab) می‌باشد. با توجه به منحنی حساسیت چشم انسان $y(\lambda)$ ، می‌توان Y tristimulus را از معادله زیر محاسبه کرد:

$$Y = \sum_{400}^{700} y(\lambda).E(\lambda).R(\lambda).d_{\lambda} \quad (1)$$

در معادله فوق:

$E(\lambda)$ منبع نور مورد استفاده، $y(\lambda)$ منحنی حساسیت چشم انسان، $R(\lambda)$ منحنی انعکاس برای هر طول موج و $(d\lambda)$ دامنه در نظر گرفته شده برای اندازه‌گیری متوالی است.

$80 \times 40 \times 25 (R \times T \times L)$ از هر دو ناحیه چوب‌واکنشی و نرمال تهیه شد. به عبارت دیگر، از هر ناحیه چوب‌کشی و چوب‌فشاری سه تخته تهیه شد. برای بررسی رنگ چوب‌های واکنشی و نرمال در شرایط سبز، تخته‌ها در یک کیسه پلاستیکی در یک محیط سرد قرار گرفتند تا از خروج رطوبت آنها جلوگیری شود. عملیات رنگ‌سنجی قبل و بعد از خشک کردن برای تخته‌ها اندازه‌گیری شد.

خشک کردن تخته‌ها

بعد از رنگ‌سنجی تخته‌های آزمون در شرایط سبز، آزمون‌ها تحت شرایط ثابت و ملایم (دمای $50^{\circ}C$ و رطوبت نسبی ۷۰ درصد) در یک خشک‌کن آزمایشگاهی تا رطوبت‌نهایی ۱۲ درصد خشک شدند و بعد در شرایط خشک‌شده، رنگ‌سنجی روی آزمون‌ها مجدداً انجام شد.

اندازه‌گیری عوامل روشنی L^* و انعکاس نور $R\% f(\lambda)$

برای اندازه‌گیری عوامل روشنی L^* و انعکاس نور $R\% f(\lambda)$ نمونه‌ها، آزمون اسپکتروفوتومتری توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (Miniscan EZ) که نوعی دستگاه طیف‌سنجی است، انجام شد (شکل ۱). به منظور کاهش خطای اندازه‌گیری؛ هر نمونه دوبار اندازه‌گیری شد. تمام اندازه‌گیری‌ها بر روی دو نقطه از مقطع عرضی هر تخته انجام شد. دقت دستگاه اسپکتروفوتومتر XYZ ۰/۰۲ بود. مساحت ناحیه اندازه‌گیری رنگ برابر قطر دیافراگم دستگاه اسپکتروفوتومتر بود. موقعیت اسپکتروفوتومتر بر روی نمونه‌های چوبی توسط دو خط‌کش عمود برهم تنظیم شد و همین موقعیت، قبل و بعد از خشک کردن مورد اندازه‌گیری قرار گرفت.

نتایج

چوب فشاری و چوب نرمال نوئل

نتایج نشان داده‌اند که در هر دو دامنه‌ی رطوبتی، میزان L^* در ناحیه چوب فشاری کمتر از چوب نرمال است (جدول ۱). به عبارتی دیگر، میزان روشنایی در چوب نرمال بیشتر از چوب فشاری است. همچنین، در اثر خشک شدن بر روشنایی هر دو نوع چوب فشاری و نرمال افزوده شده اما افزایش روشنایی در چوب نرمال بیشتر از افزایش آن در چوب فشاری بود (جدول ۱).

در شکل ۲ تغییرات منحنی انعکاس نور، $R\% f(\lambda)$ چوب فشاری و چوب نرمال، در کل طول موج قابل رویت برای انسان (۴۰۰ تا ۷۰۰ nm) ارائه شده است. مقادیر $R\%$ و $DR\%$ نیز برای چوب‌های واکنشی و نرمال در جدول ۲ خلاصه شده است. نتایج عامل $R(\lambda)$ که شاخص روشنایی (L^*) در سیستم CIELAB می‌باشد، نشان‌دهنده‌ی روشنایی بیشتر چوب فشاری و چوب نرمال در شرایط خشک نسبت به حالت مرطوب است.

با در نظر گرفتن Y° برای کاشی سفید استاندارد، ضریب روشنایی (L^* در سیستم CIELAB) را می‌توان با معادله ۲ محاسبه کرد:

$$L^* = 116 (Y/Y^\circ)^{1/3} - 16 \quad (2)$$

به این ترتیب، انعکاس کل نور برابر خواهد بود با:

$$Total\ R\% = \sum_{400}^{700} R(\lambda).d\lambda$$

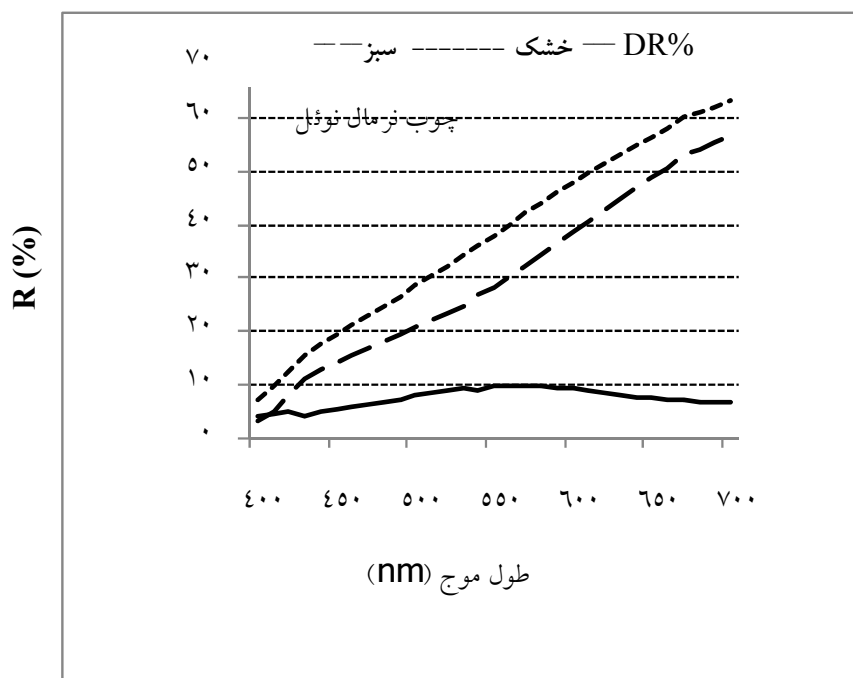
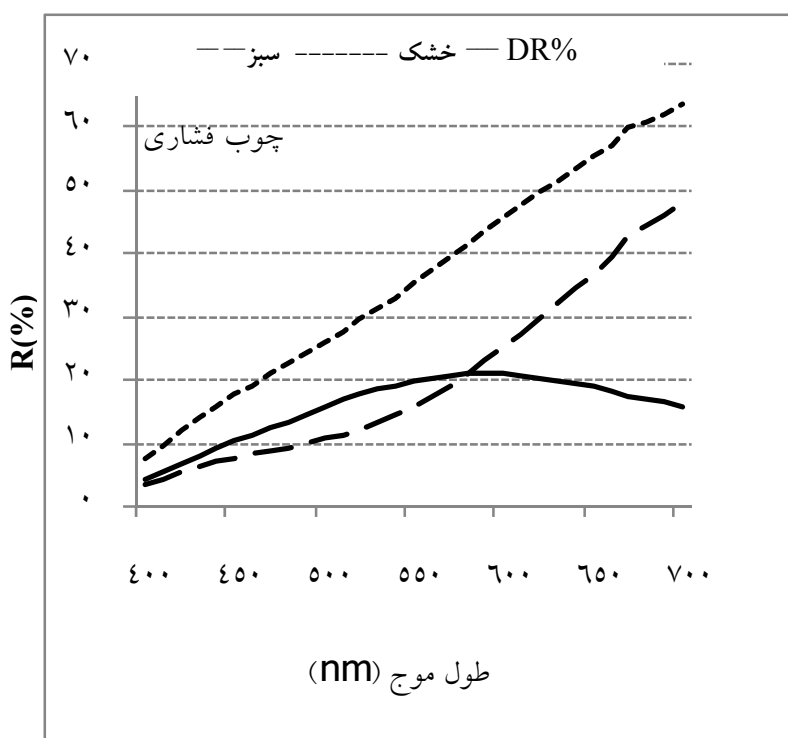
تغییرات انعکاس نور و $R\% f(\lambda)$ در مقابل طول موج برای هر نمونه چوب جداگانه رسم شد. همچنین گرادیان انعکاس نور ($DR\%$) هر نمونه چوب در حالت خشک و مرطوب محاسبه شد. متغیر h^* بر روی هر یک از ناحیه‌های چوب واکنشی و نرمال به صورت مجزا اندازه‌گیری و محاسبه شد. متغیر h_{ab} بر اساس معادله زیر محاسبه شد (معادله ۴):

$$h^* = Arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (4)$$

اندازه‌گیری متغیرهای روشنی L^* و انعکاس نور $R\% f(\lambda)$ با دو تکرار انجام شد.

جدول ۱- مقادیر عوامل L^* ، ΔL^* و h (°) چوب‌های واکنشی نوئل و صنوبر

گونه	نوع چوب	دامنه رطوبتی	$h(^{\circ})$	L^*	ΔL^*
نوئل	چوب فشاری	سبز	۵۶/۱۵	۴۴/۸۹	+۱۷/۲۶
		خشک	۷۰/۴۸	۶۲/۴۴	
صنوبر	چوب نرمال	سبز	۶۳/۰۳	۵۴/۶۵	+۱۹/۴۵
		خشک	۷۸/۵۱	۶۷/۹۵	
	چوب کشتی	سبز	۷۲/۱۹	۶۳/۷۰	+۹/۸۸
		خشک	۸۱/۳۸	۷۳/۳۲	
چوب نرمال	سبز	۷۰/۴۸	۵۶/۴۲	+۱۲/۰۷	
	خشک	۷۸/۶۵	۶۹/۹۲		



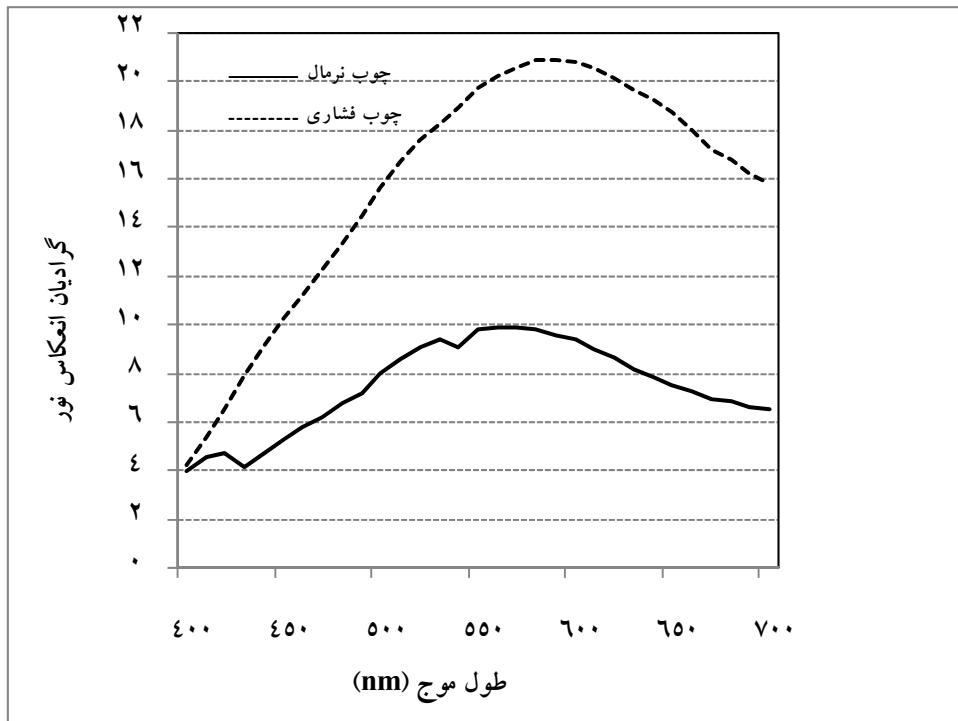
شکل ۲- تغییرات انعکاس نور (R%) چوب فشاری و نرمال نوئیل

جدول ۲- مقادیر عوامل انعکاس نور (R%) و گرادیان انعکاس نور (DR%) برای چوب‌های واکنشی

کل DR%	کل R%	دامنه رطوبتی	نوع چوب	گونه
۴۸۸/۹۲	۶۲۸/۲۸	سبز	چوب فشاری	نوئل
	۱۱۱۶/۲	خشک		
۲۳۰/۴۶	۹۳۷/۹۳	سبز	چوب نرمال	
	۱۱۶۸/۳۹	خشک		
۳۴۸/۹۵	۱۰۰۶/۹۳	سبز	چوب کششی	صنوبر
	۱۳۵۵/۸۸	خشک		
۵۰۴/۷	۷۸۶/۰۸	سبز	چوب نرمال	
	۱۲۹۰/۷۸	خشک		

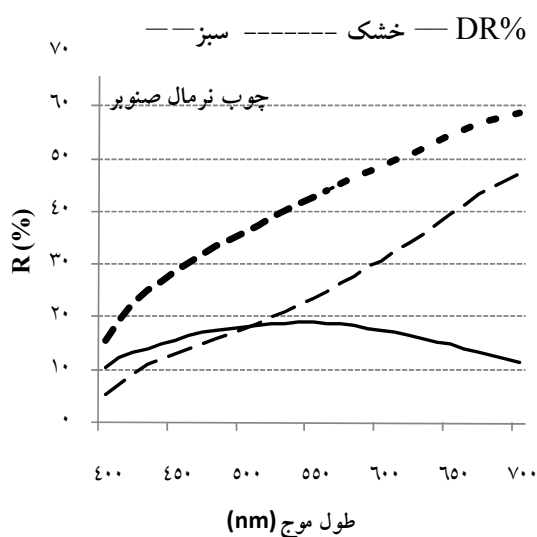
شناسایی ماکروسکوپی چوب فشاری از چوب نرمال با استفاده از عوامل روشنایی و انعکاس نور در شرایط سبز آسانتر از شرایط خشک است.

حداکثر DR% در هر دو نوع چوب در طول موج nm ۵۹۰ رخ داد (شکل ۳). در مورد هر دو عامل R% و L*، تفاوت بین چوب فشاری و نرمال در رطوبت سبز محسوس تر از شرایط خشک بود. به عبارت دیگر،

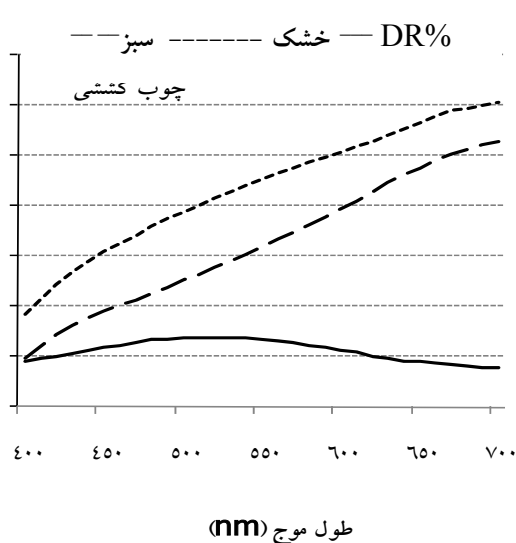


شکل ۳- گرادیان انعکاس نور (DR%) در چوب فشاری و نرمال نوئل

افزایش می‌یابد (جدول ۱). در شکل ۴ تغییرات انعکاس نور ($R\%$) چوب‌کشی و نرمال صنوبر در شرایط رطوبت‌سبز و خشک در مقابل طول‌موج نشان داده شده است. به نحوی که افزایش روشنایی چوب نرمال در اثر خشک‌شدن نسبت به چوب‌کشی بیشتر بود (جدول ۱).



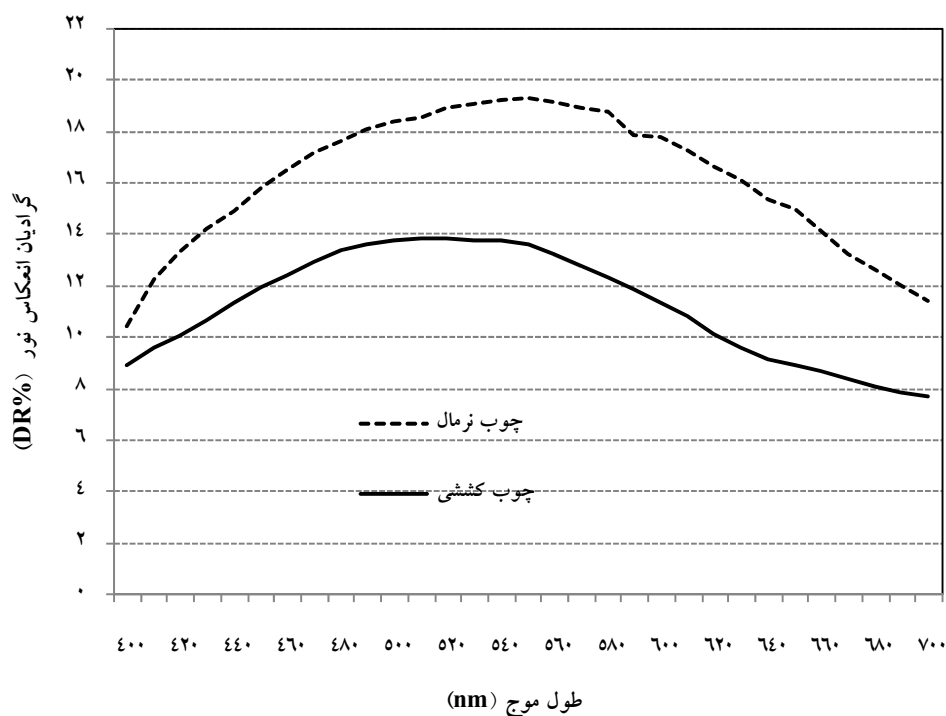
نتایج نشان داد که برخلاف چوب‌فشاری، چوب‌کشی دارای روشنایی بیشتری نسبت به چوب نرمال در حالت مرطوب است (جدول ۱) و همانند آنچه که در چوب‌فشاری و نرمال مشاهده شد، روشنایی چوب‌کشی و نرمال صنوبر نیز در اثر خشک شدن



شکل ۴- تغییرات انعکاس نور ($R\%$) چوب‌کشی و نرمال صنوبر

چوب‌فشاری: $70/48^\circ$). نتایج نشان داد که در اثر خشک شدن، از شدت تفاوت عوامل $R\%$ و L^* بین چوب‌کشی و نرمال کاسته می‌شود. بنابراین، به‌منظور شناسایی چوب‌کشی از روی درخشندگی آن (اندازه-گیری پارامترهای $R\%$ و L^*) بهتر است این شناسایی در چوب‌آلات خیس و تازه بریده شده انجام شود.

میزان حداکثر $DR\%$ برای چوب‌کشی در طول‌موج 520 nm ($DR=13/86$) و برای چوب‌نرمال در طول‌موج 550 nm ($DR=19/31$) به‌دست آمد (شکل ۵). میزان $DR\%$ برای چوب‌کشی و چوب‌فشاری، به‌ترتیب، در طول‌موج 520 و 590 نانومتر حداکثر بود (جدول ۳). این تفاوت بیان‌کننده‌ی علت تفاوت زاویه فام (hue angle) در دو نوع چوب‌واکنشی می‌باشد (چوب‌کشی: $81/38^\circ$ و



شکل ۵- گرادیان انعکاس نور (DR%) در چوب کششی و نرمال صنوبر در شرایط رطوبت سبز و خشک

جدول ۳- حداکثر گرادیان انعکاس نور (DR%) برای چوب‌های واکنشی در طول موج متناظر در برابر زاویه hue

عامل	چوب کششی	چوب فشاری
Hue (° زاویه Hue)	۸۱/۳۸	۷۰/۴۸
حداکثر اختلاف انعکاس نور در طول موج (nm)	۵۲۰nm	۵۹۰nm
	(/۱۳/۸۶)	(/۲۰/۸۳)

بحث

R% در چوب فشاری در مقایسه با چوب نرمال کمتر است. با توجه به نتایج تحقیقات متعدد مبنی بر این که چوب- فشاری حاوی لیگنین بیشتری است (Timell, 1986)؛ بنابراین یکی از دلایل اصلی روشنی کمتر چوب فشاری می‌تواند ناشی از وجود میزان لیگنین بالا در این نوع چوب واکنشی باشد. به طور کلی در اثر لیگنین بالا چوب- فشاری نور بیشتری جذب می‌کند. ضخامت بیشتر دیوار

در تحقیق حاضر، از آزمون غیرمخرب اسپکتروفتومتری برای اندازه‌گیری عوامل روشنایی (L^*) و انعکاس نور (R%) دو نوع چوب واکنشی (چوب فشاری نوئل و چوب کششی صنوبر) در مقایسه با چوب نرمال آنها در دو حالت سبز و خشک استفاده شد. به طور کلی نتایج نشان داد که در هر دو دامنه رطوبتی مقادیر L^* و

سلول‌های تراکتیدی در چوب‌فشاری از دلایل دیگر کاهش L^* در این چوب است. بنابراین با افزایش ضخامت دیوار سلول‌ها در چوب، نور کمتری توسط آن پخش می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق با نتایج Warensjö (۲۰۰۳) مطابقت دارد. برخلاف نتایج به‌دست آمده برای چوب‌فشاری، نتایج نشان داد که در هر دو شرایط رطوبت‌سبز و خشک‌شده، چوب‌کشی صنوبر در مقایسه با چوب نرمال آن از روشنی بیشتری برخوردار است و مقادیر L^* و $R\%$ در چوب‌کشی بیشتر بود. از این رو میزان روشنایی بالاتر چوب‌کشی احتمالاً به دلیل وجود لایه‌ژلاتینی در دیواره سلولی فیبرهاست. دلیل اصلی این مشاهدات مربوط به وجود میزان سلولز و همی‌سلولز بیشتر در لایه‌ژلاتینی می‌باشد. سایر محققان نیز دریافتند که چوب‌کشی از درخشندگی بیشتری در مقایسه با چوب نرمال برخوردار است (Badia *et al.*, 2005; Tarmian *et al.*, 2009). با وجود این، برخلاف چوب‌کشی درختان مناطق معتدله، رنگ تیره‌تر چوب‌کشی در برخی از چوب‌های گرمسیری نیز گزارش شده است (Keey *et al.*, 2000; Wenger, 1984). در مجموع، نتایج نشان داد که بین عوامل (R) و (L^*) هر دو نوع چوب‌واکنشی و چوب‌نرمال معادل آنها در هر دو دامنه رطوبتی تفاوت محسوسی وجود دارد. با این حال، در شرایط رطوبت‌سبز این تفاوت‌ها بیشتر بود؛ به عبارت دیگر شناسایی هر دو نوع چوب‌واکنشی از چوب‌نرمال آنها در شرایط رطوبت‌سبز آسانتر است. برخلاف نتایج تحقیقات Nyström&Kline (۲۰۰۰) مبنی به عدم امکان شناسایی چوب‌فشاری گونه کاج زرد جنوبی در شرایط رطوبت‌سبز با استفاده از طیف‌سنجی با اشعه X، تحقیق حاضر نشان داد که با استفاده از تکنیک رنگ‌سنجی

شناسایی چوب‌فشاری گونه نوئل تحت شرایط رطوبت-سبز امکان‌پذیر بوده و حتی با سهولت بیشتری در مقایسه با شرایط خشک انجام می‌شود. بنابراین، استفاده از آزمون غیرمخرب اسپکتروفتومتری و اندازه‌گیری فقط یکی از عوامل L^* و R در مقطع عرضی چوب‌آلات تازه بریده شده برای شناسایی چوب‌های واکنشی صنوبر و نوئل پیشنهاد می‌شود. با توجه به این که چوب‌های واکنشی در درختان با شدت‌های متفاوتی تشکیل می‌شوند، بنابراین استفاده از آزمون غیرمخرب اسپکتروفتومتری برای طبقه‌بندی چوب‌های واکنشی از لحاظ شدت واکنشی بودن برای تحقیقات بعدی پیشنهاد می‌شود.

منابع مورد استفاده

- Altaner, C.M., Tokareva, E.N., Wong, J.C.T., Hapca, A.I., McLean, J.P. and Jarvis, M.C., 2009. Measuring compression wood severity in spruce. *Wood Science and Technology*, 43(3-4): 279-290.
- Badia, M.A., Mothe, F., Constant, T. and Nepveu, G., 2005. Assessment of tension wood detection based on shiny appearance for three poplar cultivars. *Annals of Forest Science*, 62(1): 43-49.
- Burtin, P., Jay-Allemand, C., Charpentier, J.P. and Janin, G., 1998. Natural wood colouring process in *juglans sp.* (*juglans nigra*, *juglans regia*, and hybrid *juglans nigra* NG 23 x *juglans regia*) depends on native phenolic compounds accumulated in the transition zone between sapwood and heartwood. *Trees*, 12: 258-264.
- Charrier, B., Janin, G., Haluk, J.P. and Mosedale, J.R., 1995. Colour and chemical characteristics of moon rings in oak wood. *Holzforchung*, 49(4): 287-292.
- CIE (1986). *Colorimetry*. 2nd edn. Central Bureau of Commission Internationale de l'Eclairage, Vienna, Austria, 1986. Publication No. CIE 15.2.
- Dogu, A.D., Grabner, M., 2010. A staining method for determining severity of tension wood. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(5): 381-392.
- Donaldson, L., Radotić, K., Kalauzi, A., Djikanović, D. and Jeremić, M., 2010. Quantification of compression wood severity in tracheids of *Pinus radiata* D. Don using confocal fluorescence imaging and spectral deconvolution. *Journal of Structural Biology*, 169(1): 106-115.

- Tarmian, A., Remond, R., Faezipour, M., Karimi, K. and Perré, P., 2009. Reaction wood drying kinetics: Compression wood in *Picea abies* and tension wood in *Fagus sylvatica*. *Wood Sci. Technol*, 43: 113-130.
- Tarmian, A., Sepeher, A., Rahimi, S., 2009. Drying Stress and Strain in Tension Wood: A Conventional Kiln Schedule to Efficiently Dry Mixed Tension/Normal Wood Boards in Poplar. *Drying Technology*, 27 (10): 1033-1040.
- Timell, T.E. 1986. *Compression Wood in Gymnosperms*. Springer, Berlin, 2150 p.
- Warensjö, M., 2003. *Compression Wood in Scots Pine and Norway Spruce—Distribution in Relation to External Geometry and the Impact on the Dimensional Stability in Sawn Wood*; Doctoral thesis, Swedish University of Agricultural Science, Department of Forest Products and Markets.1-36.
- Wenger, K.F. 1984. *Forestry Handbook*, 2nd ed. New York, Wiley, 1360p.
- Duncker, P., Spiecker, H., 2009. Detection and classification of Norway spruce compression wood in reflected light by means of hyperspectral image analysis. *IAWA Journal*, 30(1): 59–70. - Keey, R.B., Langrish, T.A.G. and Walker, J.C.F., 2000. *Kiln-Drying Of Lumber*. Springer, Berlin, 326p.
- Nishino, Y., Janin, G., Chanson, B., Detienne, P., Gril, J. and Thibaut, B., 1998. Colorimetry of wood specimens from French Guiana. *Wood Science* , 44: 3-8.
- Nyström, J., Kline, D.E., 2000. Automatic classification of compression wood in green southern yellow pine. *Wood and Fiber Science* , 32: 301-310.
- Onnerud, H., 2003. Lignin structures in normal and compression wood Evaluation by thioacidolysis using ethanethiol and methanethiol. *Holzforshung*, 57: 377-384.
- Perre, P., 2007. *Fundamentals Of Wood Drying*. European cost A.R.Bo.LOR, Nancy France, 366p.

Possibility of using non-destructive spectrophotometry to detect the poplar tension wood and spruce compression wood in freshly cut and dried timbers

Foroozan, Z.^{1*}, Tarmian, A.² and Gerard, J.³

1*- Corresponding Author, M.Sc., student, Department of Wood and Paper Science and Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. Email: pari_faroozan@yahoo.com

2- Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

3- Senior Research Director, CRF - INRA, 54280 Champenoux, France

Received: Nov., 2011

Accepted: May, 2012

Abstract

In this study, the possibility of using spectrophotometry and CIELAB technique to detect reaction woods in poplar tension wood and spruce compression wood was examined. Thus, two sample trees of spruce (*Picea abies*) and poplar (*Populus nigra*) containing reaction wood were felled in a forest belonging to ENGREF (the National Engineering School of Forestry close to Nancy in France). Then lightness (L*) and reflectance (R) parameters in reaction wood and normal wood both in green and dry conditions were measured. The results showed that in the green condition, the spruce compression wood had less lightness than the normal wood and the lightness of compression wood increased as a result of drying. The difference between the lightness and reflectance parameters of the two types of reaction woods and those of their corresponding normal woods was statistically significant in the green condition. Consequently, it can be concluded that the macroscopical detection of reaction wood is easier in the green condition than in the dry samples.

Key words: Nondestructive test, spectrophotometry, reaction wood, tension wood, compression wood.