تنظيم برنامه خشك كردن چوب گونه ممرز (*Carpinus betulus*) به ضخامت ۷/۵ سانتيمتر در كوره

فاطمه رفيعي‌كشدلي[۱] و قنبر ابراهيمي*[۲]
[۱] دانش آموخته كارشناسي‌ارشد، دانشگاه تربيت مدرس، ايران
[۲] استاد گروه علوم و صنايع چوب و كاغذ، دانشكده منابع طبيعي، دانشگاه تهران، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۱/۹/۱۱، تاريخ تصويب: ۸۶/۲/۲۵)

چكيده

چوب ممرز به ضخامت اسمي ۷۵ ميليمتر از حوزه آبخيز ملك‌رود رويشگاه لاهيجان با ۳ برنامه T3-B1 (كد عمومي FPL براي اوجاي كوهستاني)، T3-B2 و T4-B2 به‌منظور دستيابي به مطلوب‌ترين برنامه خشك‌كردن كه كيفيت چوب را در حد مطلوب حفظ كند، تا رطوبت نهايي ۲ ± ۸ درصد خشك شد. دماي خشك گام نخست در اين برنامه‌ها به‌ترتيب ۴۴ ، ۴۳ و ۴۴ درجه سانتيگراد و دماي خشك نهايي مورد استفاده به ترتيب ۷۱، ۷۱ و ۸۲ درجه سانتيگراد بود. نوسان ضخامت در بين چوب‌هاي سه بار آزموني كوره كه با برش تجاري تهيه شده بودند، به روش دانكن بررسي شد. نتيجه نشان داد كه در سطح اطمينان ۹۹ درصد، نوسان ضخامت معني‌دار نبوده است. ضخامت ۹۵/۴ درصد چوب‌هاي سه بار آزموني اندازه‌گيري شد كه از ۷۲ تا ۷۸ ميليمتر نوسان داشت. بنابراين تعميم برنامه مطلوب تعيين شده طي اين تحقيق براي خشك‌كردن چوب گونه ممرز به ضخامت ۷۵ ميليمتر توصيه مي‌شود. معايب كماني، انحناء، تاب و ترك‌هاي سطحي تخته‌ها در هر يك از مراحل، اندازه‌گيري شد و تحليل و ارزيابي نتايج از طريق ترسيم نمودارهاي كنترل كيفيت با استفاده از نرم‌افزار Excel نشان داد كه در برنامه‌های اول و سوم نسبت به برنامه دوم در دامنه قابل قبول شاخص حدود كنترل كيفي محاسبه‌شده قرار دارند، ولي برنامه سوم نسبت به خط ميانگين از پراكنش يكنواخت‌تري نسبت به برنامه اول برخوردار است. بنابراين بهترين برنامه براي خشك‌كردن ممرز به ضخامت ۷۵ ميليمتر با كد T4-B2 (FPL) تعيين شد. در صورت نياز به تنش‌زدايي، مدت اين مرحله ۴۰-۲۴ ساعت توصيه مي‌شود.

واژه‌هاي كليدي: ممرز، ضخامت، برنامه كوره، معايب چوب خشك‌كني و تنش‌زدايي

* نويسنده مسئول: تلفن: ۰۲۶۱-۲۲۲۳۰۴۴ فاكس: ۰۲۶۱-۲۲۴۹۳۱۱ E-mail: ebrahimi@nrf.ut.ac.ir

مقدمه

درختان چوبده به‌صورت سرپا حاوي آب و مواد شيرابه‌اي هستند كه پس از استحصال نيز تا حدي اين رطوبت و مواد غذايي قارچ‌هاي عامل پوسيدگي وكپك در آنها باقی می‌ماند. بيشتر اين آب را بايد از چوب خارج ساخت تا چوب براي مصارف متعدد مساعد شود. وجود اين رطوبت و قندهاي پايه در هنگام مصرف چوب به‌صورت ماسيو يا فراورده‌هاي لايه‌اي, مشكلاتي را ايجاد مي‌كند. اين مشكلات از مواد غذايي و نشاسته‌اي موجود در چوب مرطوب ناشي مي‌شود. چون اين مواد غذايي براي رشد قارچ‌هاي عامل پوسيدگي و باختگي مناسب‌اند و رطوبت موجب دسترسي اين ميكروارگانيسم‌ها به چوب مي‌شود, بنابراين قبل از تبديل صنعتي چوب و مصرف نهايي، اين رطوبت را بايد براي كاهش خسارات خارج ساخت. پيشگيري از اين خسارات با خشك‌كردن چوب ممكن مي‌شود, پس در فرايند توليد محصولات چوبي، مرحله خشك‌كردن چوب بخش اساسي محسوب می‌شود.

اوايل خشك كردن چوب در هواي آزاد صورت می‌گرفت. در هواي آزاد چوب به‌طور طبيعي خشك مي‌شود, اما رطوبت نهايي قابل دستيابي متاثر از رطوبت نسبي هواي محيط است و زمان انجام فرايند خشك شدن اغلب طولاني است, به همين دليل چوب را براي فرايندهاي صنعتي بايد در كوره به‌طور مصنوعي خشک كرد تا رطوبت مورد نظراز بين برود. استفاده از كوره براي خشك كردن چوب، مستلزم مهيا ساختن شرايط متناسب از لحاظ دما و رطوبت نسبي است. اين شرايط را با برنامه تجربي كوره مي‌توان فراهم ساخت. با برنامه تجربي، كيفيت چوب خشك‌شده، مطلوب وضايعات آن حداقل مي‌شود، زيرا خشك كردن سريع يا نادرست چوب معايبي نيز به دنبال دارد كه بر حجم ضايعات تبديل‌هاي بعدي مي‌افزايد.

برنامه متناسب و مطلوب خشك‌كردن بايد بر حسب گونه، ضخامت و نواحي رويشي چوب‌هاي تجاري، به‌طور تجربي (عملي و علمي) تدوين شود، چون شرايط رويشگاهي چوب روي چگونگي خشك شدن آن تاثير دارد و مدت زمان لازم براي خشك‌كردن درست چوب به ضخامت آن بستگي دارد.اين تحقيق براي تدوين بهترين برنامه خشك كردن چوب‌هاي به ضخامت۷۵ ميليمتر گونه ممرز از جنگل‌هاي ملك‌رود (ناحيه لاهيجان) تا رطوبت ۲ ± ۸ درصد انجام شد. علت انتخاب اين گونه, به كاربرد زياد آن در صنايع برمي‌گردد. با معرفي بهترين برنامه براي خشك كردن ممرز، دورريز ناشي از خشك‌كردن نادرست كاهش يافته و كيفيت و دوام فراورده‌هاي توليدشده بهبود مي‌يابد و با مصرف بهينه محصولات چوبي، از شدت بهره‌برداري مي‌توان كاست.

مواد و روش كار

تغيير و تدوين برنامه‌هاي چوب‌خشك‌كني از روش آزمون وخطا تبعيت مي‌كند، ازاين‌رو به علت پيچيدگي و ماهيت متفاوت گونه‌هاي چوبي مختلف در فرايند خشك‌شدن و نيز عوامل بسياري كه در اين زمينه دخالت دارند، تاكنون هيچ‌گونه استاندارد معيني براى تدوين برنامه كوره ارائه نشده است. در منابع و تحقيقات متعدد روش‌هاي مختلفي ارائه شده است، اما در بيشتر آنها توصيه‌هاي تجربه شده آزمايشگاه فراورده‌هاي جنگلي ايالات متحده دراين‌باره مورد توجه واقع مي‌شود. برنامه‌هاي پيشنهادي FPL، محتاطانه كدبندي شدند، بنابراين اندازه معيني از ضخامت هرگونه براى مطلوب ساختن برنامه ضرورت دارد.

در اين تحقيق از روش ابتكاري Boone-Kozlik در انتخاب مواد اوليه آزمايشي از ميان چوب‌هاي تجاري موجود در بازار و روش FPL به‌صورت تلفيقي استفاده شد. مزيت عمده اين دو روش نسبت به روش‌هاي ديگر در تعميم نتايج حاصل از آزمايش بارهاي بعدي يك گونه در سطح تجاري، سهولت اجراي كار و جمع‌آوري اطلاعات جامع در مقياس اجرايي درخصوص شرايط مختلف خشك‌شدن بارهاي متعدد يك گونه و ارائه برنامه‌هاي دقيق‌تر است.

اين روش تلفيقي به اين معناست كه چوب‌هاي موردآزمايش در اين تحقيق از بين چوب‌هايي كه با برش تجاري تهيه مي‌شوند و در اندازه‌هايي كه مصرف‌كنندگان صنايع از آن استفاده مي‌كنند، مهيا شد و از طرفي روند تغييرات تدريجي و اصلاح برنامه‌ها، انتخاب نمونه‌ها و تحليل نهايي مشاهدات مطابق پيشنهاد FPL صورت

پذيرفت تا از لحاظ مقايسه و قضاوت، معيار مطمئني در دست باشد.

تهيه نمونه‌هاي آزمايشي

چوب‌هاي مورد آزمايش با برش‌هاي تجاري و به ضخامت ۷۵ ميليمتر تهيه شد. مقاطع چوب‌ها يك بار بعد از برش و بار ديگر بعد از دسته‌بندي اندود شد. سه بار جور جداگانه كوره تهيه گرديد و بر روي هر يك برنامه جداگانه براي دستيابي به بهترين برنامه اجرا شد. تعداد كل تخته‌هاي هر بار ۱۴۴ عدد بود. در هنگام دسته‌بندي بر روي ۲۵ درصد از تخته‌ها اندازه‌گيري ابعاد و معايب (كماني، انحناى تاب و ترك سطحي) صورت گرفت. تعداد عيوب نيز قبل و بعد از خشك‌شدن تعيين و مقدار تغيير محاسبه شد. مقادير ميانگين ضخامت و پهناي تخته‌ها در هر سه بار اندازه‌گيري شد (جدول ۱).

جدول ۱- ميانگين پهنا و ضخامت تخته‌هاي آزمايشي

شماره بار كوره	پهنا (ميليمتر)	ضخامت (ميليمتر)
۱	۱۴۷	۷۴/۸
۲	۱۴۷	۷۴/۷
۳	۱۴۴	۷۵/۴

نوع برش (مماسي، شعاعي و بينابيني) هر يك از تخته‌ها نيز همزمان تعيين شد تا درصد غالب برش تخته‌هاي هر بار مشخص شود (جدول ۲).

جدول ۲- درصد نوع برش در هر يك از بارها

شماره بار كوره	مماسي %	شعاعي %	بينابيني %
۱	۱۹	۵۶	۲۵
۲	۴۴	۶۱	۲۵
۳	۲۲	۵۳	۲۵

پس از اتمام مراحل دسته‌بندي، رديف بالايی چوب‌ها توسط بلوك‌هاي بتني مهار شد تا مقدار معايب در رديف بالايي كنترل شود.

تهيه نمونه‌هاي كنترل و آزمون‌هاي تعيين رطوبت اوليه چوب‌هاي بار كوره

نمونه‌هاي كنترل به تعداد ۱۲ عدد و به طول ۷۵ سانتيمتر انتخاب شدند، به‌طوري‌كه اين نمونه‌هاي كنترل معرف ميانگين خصوصيات فيزيكي چوب‌هاي بار كوره باشند. نمونه‌هاي كنترل به فاصله ۵۰ سانتيمتر از انتها بريده شد تا اثر خشكي مقاطع حذف شود. برای محاسبه رطوبت اوليه چوب‌ها و نيز رطوبت نمونه‌هاي كنترل از دو آزمونه تعيين رطوبت استفاده شد كه از دو سر نمونه كنترل، بريده شدند. مقدار رطوبت محاسبه‌شده براي بارهاي سه‌گانه به ترتيب برابر با ۳۴، ۳۶ و ۳۶ درصد بود.

اجراي برنامه‌ها

ابتدا برنامه T3-B1 (برنامه پيشنهادي FPL براي گونه اوجاي كوهستاني (Ulmus carssifolia) به علت قرابت جرم ويژه) بر روي چوب‌هاي آزمايشي بار اول كوره اجرا شد(جدول ۳)، آنگاه پس از تحليل نتايج بار اول، چوب‌هاي بار دوم با برنامه T3-B2 و سپس بار سوم با برنامه T4-B2 خشك شد، تا نتايج خشك شدن با هر يك از برنامه‌ها

مشخص و مقايسه شود. دماي خشك اوليه در برنامه‌ها به ترتيب ۴۴، ۴۳ و ۴۴ درجه سانتيگراد و دماي خشك نهايي برنامه‌ها ۷۱، ۷۱ و ۸۲ درجه سانتيگراد بود، كه براساس برنامه اجرا شد.

به‌منظور تعيين شرايط جديد برنامه به هنگام خشك‌شدن، نمونه‌هاي كنترل روزانه توزين شد و اجراي برنامه‌ها تا رسيدن رطوبت نمونه‌هاي كنترل به مقدار متوسط ۲ ± ۸ درصد ادامه يافت. در پايان اجراي برنامه‌ها، تيمار متعادل‌سازي اجرا و سپس تنش‌هاي باقيمانده در چوب بار كوره روي نمونه‌هاي كنترل ارزيابي شد. برحسب مورد، تنش‌زدايي انجام شد. تا بهترين زمان تنش‌زدايي با توجه به ميزان برگشت عيب برون سختي شاخك‌هاي آزمونه تنش بعد از تنش‌زدايي نسبت به قبل از آن معلوم شود.

جدول ۳- برنامه اجرا شده براي سه بار كوره

بار اول – برنامه **T3-B1**		
رطوبت چوب (%)	دماي خشك (درجه سانتيگراد)	اختلاف دماي خشك و تر
بالاي ۳۵	۴۳	۲
۳۵	۴۳	۲
۳۰	۴۹	۳
۲۵	۵۴	۵
۲۰	۶۰	۱۴
۱۵	۷۱	۲۸
متعادل‌سازي ۴۶ ساعت - تنش‌زدايي ۴۸ ساعت		
بار دوم – برنامه **T3-B2**		
بالاي ۳۵	۴۳	۲
۳۵	۴۳	۳
۳۰	۴۹	۶
۲۵	۵۴	۸
۲۰	۶۰	۱۷
۱۵	۷۱	۲۸
متعادل‌سازي ۲۴ ساعت - تنش‌زدايي ۴۸ ساعت		
بار سوم – برنامه **T4-B2**		
بالاي ۳۵	۴۴	۳
۳۵	۴۴	۴
۳۰	۴۹	۶
۲۵	۵۵	۸
۲۰	۶۰	۱۶
۱۵	۸۲	۲۷
متعادل‌سازي ۲۴ ساعت - تنش‌زدايي ۴۰ ساعت		

تهيه آزمونه گراديان رطوبتي

در پايان اجراي هر برنامه و پس از تـنش‌زدايـي، ۱۲ عـدد آزمونه گرادیـان رطـوبتي تهيـه شـد تـا وضـعيت تغييـرات رطوبت در ضخامت تختهـا تعيـين شـود و بهتـرين زمـان تنش زدايي با توجه به نتايج آزمونه‌هاي تنش به‌دست آيد.

نتايج

تغييرات رطوبت در بار كوره و دماي برنامه‌ها

پس از تعيين رطوبت جاري هر نمونه كنترل گام برنامه بر اساس ميانگين رطوبت نمونه‌هاي كنترل تعيين شـد. رونـد كاهش ميانگين كل و ميانگين مرطوب‌ترين و خشـك‌تـرين نمونه‌هـاي كنتـرل درحـين خشـك‌شـدن و نيـز چگـونگي تغييرات دماهاي خشك و تر برنامه‌هاي سه‌گانه بـه هنگـام اجراي آنها در منحني شـكل‌هـاي ۱ ، ۲ و ۳ ترسـيم شـده است. با توجه به منحني در بـار اول نـرخ خشـك‌شـدن در اوايل و اواسط و اواخر دوره چـوب خشـك‌كنـي بـه ترتيـب ۴۰،۷۱ و ۱۲ درصد و در بار دوم ۷۲، ۴۶ و ۱۵ درصد و در بار سوم ۷۳، ۴۸ و ۱۴ درصد است. ملاحظه مي‌شود كـه بـا افزايش زمان خشك‌شدن و كاهش رطوبت، از سرعت خروج رطوبت از چوب كاسته شده است و بايد دما را براي خـروج بيشتر رطوبت افزايش داد.

تغييرات معايب

پس از تعيين مقدار تغييرات اعوجاج و ترك‌هاي سـطحي در قبل و بعد از خشك شدن هر طبقـه از چـوب‌هـايي كـه اندازه‌گيري بر روي آنها صورت گرفته (درمجموع ۶ رديف) به عنوان يك جامعه آماري فرض شد تا با استفاده از قوانين آماري و نرم‌افزار Excel تعيين حدود قابل قبول براي آنهـا و الگوي تغييرات اين عيوب مشخص شود. براي اين منظـور از نمودارهاي بازرسي مشخصه كمـي (نمـودار X) اسـتفاده شد. با ترسيم اين نمودارهـا مشـخص شـد كـه در بـار دوم تغييرات عيوب تاب و ترك‌هاي سـطحي در حـدود كنتـرل آماري قرار ندارد. تمامي تغييـرات عيـوب در مراحـل اول و سوم در دامنه آماري قابل قبول قرار دارند، ولي بار سـوم از پراكنش يكنواخت‌تري درحواشي خـط ميـانگين برخـوردار است.

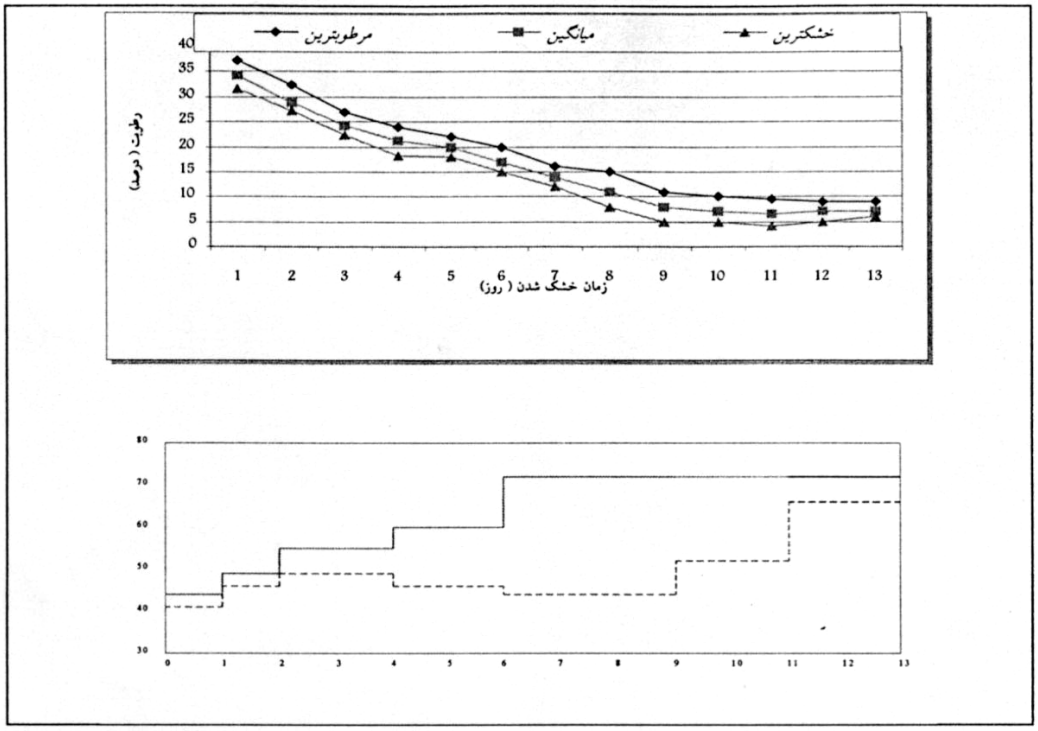
وضعيت تعداد معايب ايجـادشـده در هـر يـك از بارهـاي خشك‌شده نيز با استفاده از نمودارهـاي بازرسـي مشخصـه كيفي (نمودار C) تحليل شد. براي اين منظور تعداد معايب در هر طبقه شـمارش شـد (اشـكال ۴، ۵ و ۶) . بـا ترسـيم نمودار C و مقايسه شكل‌ها با يكديگر، معلوم مي‌شود كه بار سوم از نظر پراكنش نقاط در اطراف خط ميانگين نسبت به مراحل اول و دوم از پراكنش بهتري برخوردار است، هرچند در هر سه بار پراكنش نقاط در داخل حدود كنتـرل آمـاري قرار دارد.

تغييرات گراديان رطوبتي و زمان تنش‌زدايي

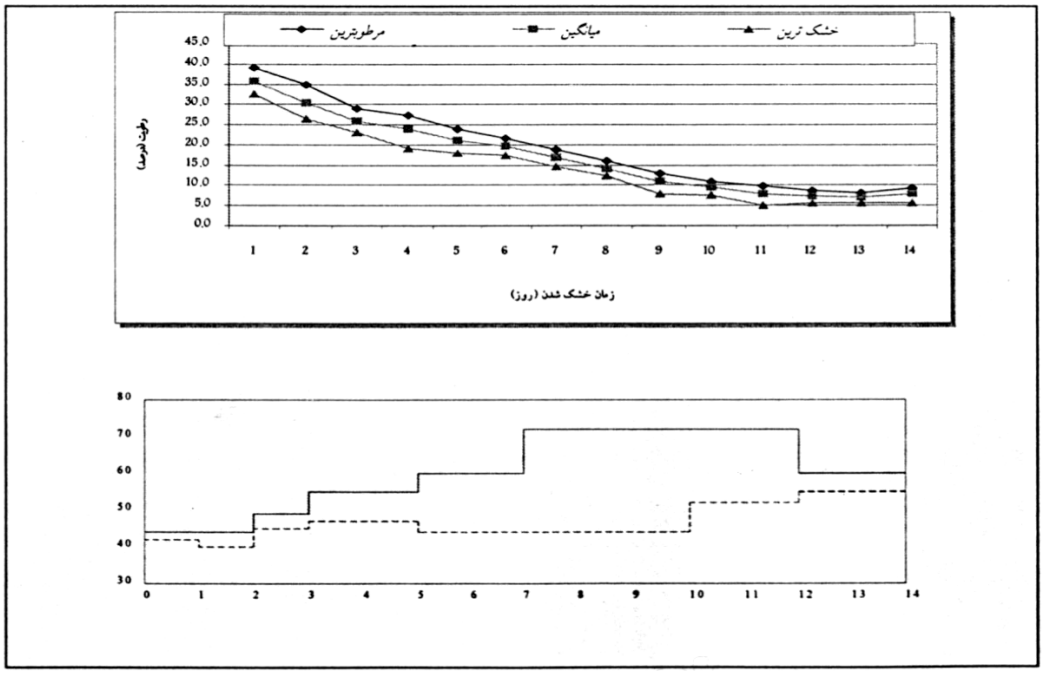
با توجه به وضعيت شاخك‌هاي آزمونه‌هـاي تـنش معلـوم شد كه برگشت شاخك‌هاي داراي پديده برون‌سـختي پـس از ۴۰ ساعت رضايت‌بخش است. وضعيت گراديـان رطوبـت در ضخامت چـوب‌هـاي بارهـاي آزمـوني (شـكل ۷) نشـان مي‌دهد كه تنش‌زدايـي بـه مـدت ۴۰ سـاعت در بـار سـوم نتيجه بهتري نسبت به دو بار ديگر دارد.

بحث

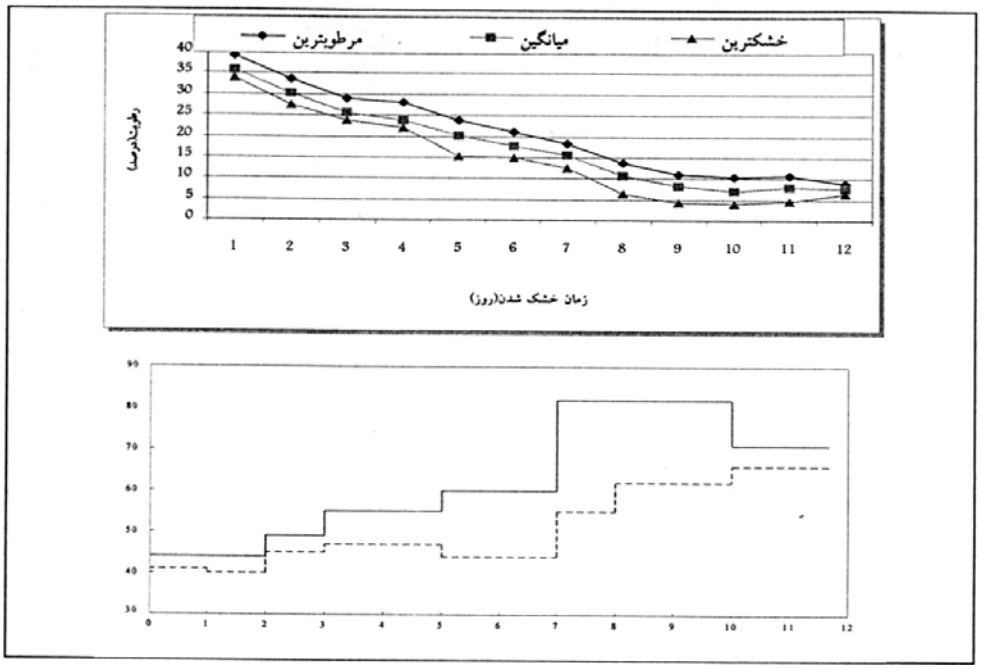
با توجه به نتايج به‌دست آمده، برنامه T4-B2 در مقايسه با ساير برنامه‌ها، معايب كمتري را در چوب ايجاد مـي‌كنـد (جدول ۴). هرچند نسبت به ساير برنامه‌ها شـديدتر اسـت، ولي در زمان كوتاه‌تري چـوب‌آلات را خشـك مـي‌كنـد. در صورت نياز، اجراي تيمار تنش‌زدايي در انتهاي اجراي برنامه به مدت ۴۰ ساعت توصيه مي‌شود.



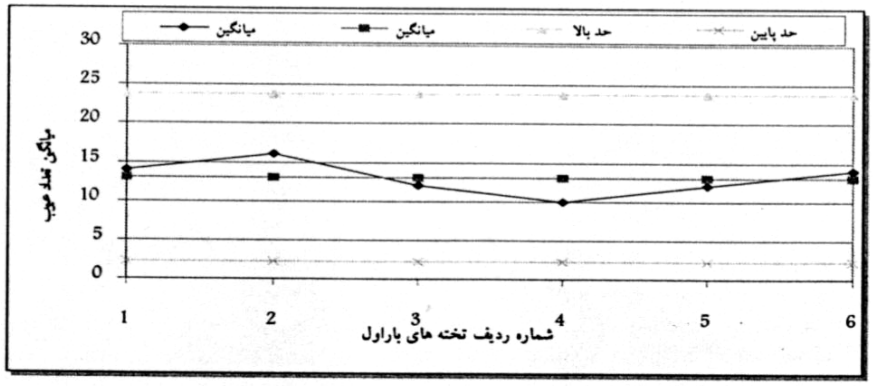
شکل ۱- منحني كاهش رطوبت چوب در بار كوره و منحني تغييرات دماي خشك و تر برنامه كوره با زمان (روز) در بار اول **(T3-B1)**



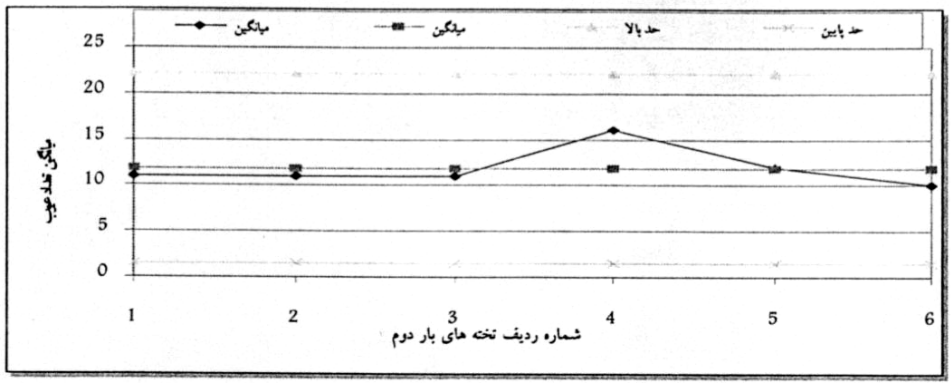
شکل ۲- منحني كاهش رطوبت چوب در بار كوره و منحني تغييرات دماي خشك و تر برنامه كوره با زمان (روز) در بار دوم **(T3-B2)**



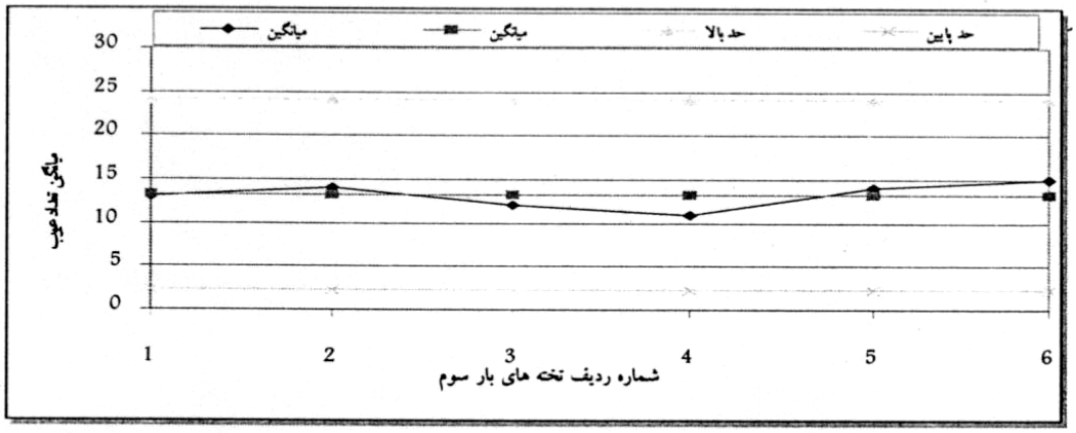
شكل ۳- منحني كاهش رطوبت چوب در بار كوره و منحني تغييرات دماي خشك و تر برنامه كوره با زمان (روز) در بار سوم **(T4-B2)**



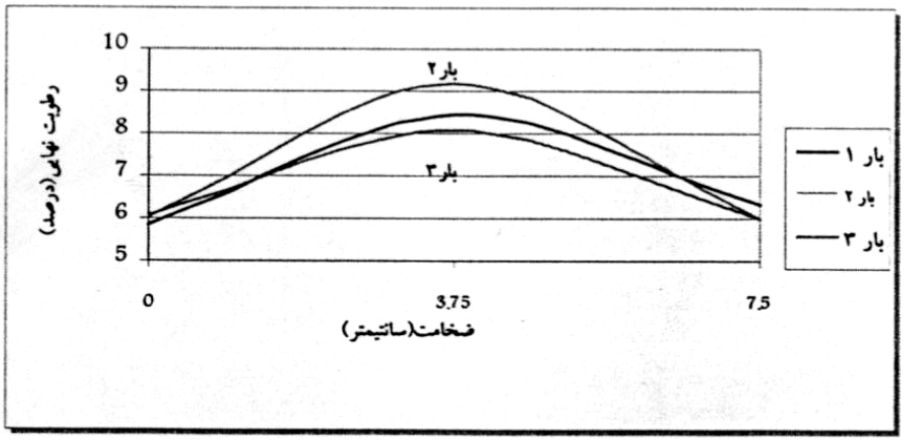
شكل ۴- نمودار **C** براي تعداد عيوب ايجادشده در بار اول خشك كردن با برنامه**T3-B1**



شكل ۵- نمودار **C** براي تعداد عيوب ايجادشده در بار دوم خشك‌كردن با برنامه **T3-B2**



شکل ۶- نمودار **C** براي تعداد عيوب ايجادشده در بار سوم خشك‌كردن با برنامه **T4-B2**



شکل ۷- گرادیان رطوبت در ضخامت چوب‌ها در هر يك از بارها

جدول ۴- برنامه پيشنهادي كوره براي تخته‌هاي به ضخامت ۷/۵ سانتيمتر ممرز رويشگاه لاهيجان با كد **T4-B2**

رطوبت چوب %	دماي خشك (° C)	دماي تر (° C)	رطوبت نسبي (%)
بيش از ۳۵	۴۴	۴۱	۸۷
۳۵-۳۰	۴۴	۴۰	۸۴
۳۰-۲۵	۴۹	۴۵	۷۷
۲۵-۲۰	۵۵	۴۷	۶۵
۲۰-۱۵	۶۰	۴۴	۳۸
نهايي - ۱۵	۸۲	۵۵	۲۱
متعادل‌سازي - تنش‌زدايي ۴۰ ساعت در صورت نياز			

منابع

۱- ابراهيمي، قنبر ۱۳۷۰. كنترل كيفيت (اصول اطمينان)، انتشارات دانشگاه تهران.

۲- ابراهيمي، قنبر و مهدي فائزي‌پور، ۱۳۷۳ . چوب خشك‌كني در كوره، انتشارات دانشگاه تهران.

3- Hooks, R.A., 1977. Drying of biritish wood Timber reearch and development association.

4- Kozlik, C. J. & Boone, R.S., 1987. High temperature kiln-Drying of 1-inch Red alder lumber. Forest Prod. J, 37 (6): 21-24.

5- Rousmussen, E. F., 1961. Dry kiln Operators Manual. USDA, Forest serv. Washington, D.C. 197 pp.

6- Simpson, W.T., 1986. Drying wood: A review. Part II. Drying Tecnology J. 2(2): 235-264.

7- Wangert, E.N. & Dening, J, 1995. Lumber drying today and tomorrow. Forest Prod. J, 45 (5): 22-30.

8- Boone, R.s. and et. 1993. Dry kiln Schedules for commercial woods. Forest products sociely . 2801 Marshall court Madison, WI 53705-5595 MSA.

Adjustment of kiln drying conditions for Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) wood of 7.5 cm thickness

F. Rafiei Kashdeli[1] and Gh. Ebrahimi[*2]
[1] M. Sc. Graduated, of Tarbiat Modares University, I.R. Iran
[2] Prof. , Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I.R. Iran
(Received 2 December 2002, Accepted 15 May 2007)

Abstract

In order to adjust kiln drying conditions for hornbeam (carpinus betulus L.) lumber with 7.5 cm thickness in a way that the lumber's quality is preserved, a, drying down to the final moisture content of 8±2% was carried out through three schedules designated as T3-B1 (general acronym of FPL for Ulmus crassifolia), T3-B2 , T4-B2. The initial dry bulb temperatures were adjusted to 44, 43 & 44°C for three schedules, respectively, and the final dry bulb temperatures were set to 71, 71 & 82 °C, respectively. Duncan test showed that there was no significant difference between the thicknesses of three charges, which had been commercially cut, at 99% confidence limit. The thickness of 95.4% of the lumber used in the test were measured and it was found that the thickness range is between 72 mm and 78 mm. Therefore, this research recommends adjusting the schedule at 75 mm for drying the lumber. The warp, including bow, crook and twist of lumber, were examined in all stages of drying, and analyzing the results through quality control diagrams prepared by the Excel software program showed first and third schedules fall within the favorable quality control range as compared to the second schedule. However, the third schedule produces results with more consistency relative to the first schedule. Therefore, T4-B2 (FPL) is the best schedule for drying lumber of carpinus betulus with a thickness of 75 mm. Conditioning for 24-40 hours is recommended if reducing internal stresses is required.

Keyword: Conditioning, Thickness, kiln schedule, Hornbeam, Drying defects.

* Corresponding author: Tel: 0261-2223044 , Fax: 0261-2249311 E-mail: ebrahimi@nrf.ut.ac.ir