

## بررسی حساسیت چوب کشتی و نرمال تبریزی (*P. nigra*) به پدیده چین خوردگی طی خشک شدن

اصغر طارمیان<sup>۱\*</sup>، مهدی شاهوردی<sup>۲</sup>، سعید اسحاقی<sup>۳</sup> و هادی دشتی<sup>۳</sup>

\*۱- مسئول مکاتبات، استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، پست الکترونیک: [tarmian@ut.ac.ir](mailto:tarmian@ut.ac.ir)

۲ - دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران؛  
باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

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

تاریخ دریافت: بهمن ۱۳۸۸

تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۸۹

### چکیده

در این تحقیق، حساسیت چوب کشتی و نرمال تبریزی (*P. nigra*) به پدیده چین خوردگی طی خشک شدن بررسی شد. به این منظور، تخته‌های تبریزی به ابعاد اسمی (L×T×R) ۱۰۰×۵۰×۲۵ mm با سه برنامه متفاوت خشک شدند. در برنامه A، تخته‌ها تحت شرایط ثابت (دمای خشک ۶۰°C و دمای تر ۴۴°C)، در برنامه B، تحت یک برنامه زمان پایه با ۴ گام و در برنامه C نیز تحت برنامه زمان پایه با ۲ گام خشک شدند. دمای خشک گام نخست در برنامه‌های A، B و C به ترتیب برابر با ۶۰، ۶۰ و ۸۲ درجه سانتیگراد انتخاب شد. پس از خشک کردن تخته‌ها، شدت چین خوردگی در مقطع عرضی نمونه‌ها با استفاده از میکروسکوپ الکترونی SEM مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که چین خوردگی در تخته‌های خشک شده با برنامه A رخ نداده و در تخته‌های خشک شده با برنامه B چین خوردگی به مقدار جزئی رخ داده ولی در تخته‌های خشک شده با برنامه C، چین خوردگی شدید سلول‌های چوبی و نیز تخریب و گسیختگی دیواره سلول‌ها به ویژه در عناصر آوندی رخ داده است و در تخته‌های کشتی لایه ژلاتینی از دیوارسلول‌های فیبری گسیخته شد. چوب کشتی در مقایسه با چوب نرمال حساسیت بیشتری به چین خوردگی نشان داد. با توجه به نتایج به دست آمده در این تحقیق، می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که وقوع چین خوردگی بیشتر تحت تأثیر دمای خشک کوره در گام‌های ابتدائی است تا اینکه بر اثر اختلاف دمای خشک و تراجماد شود.

واژه‌های کلیدی: تبریزی، چین خوردگی، خشک شدن، برنامه چوب خشک کنی.

### مقدمه

در مقابل این تنش‌ها مقاومت نکرده و دچار چین خوردگی<sup>۱</sup> می‌شوند. در واقع چین خوردگی فشرده‌گی و تغییر شکل سلول‌های چوب می‌باشد. این عیب در

هنگامی که چوب در دامنه آب‌آزاد خشک می‌شود، در صورتی که تنش‌های ناشی از خشک شدن برای مثال نیروهای ناشی از کشش موئینگی بالا باشد، دیوارسلول‌ها

است. برای مثال، تحقیقات Almeida و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که در دامنه رطوبتی نزدیک به رطوبت نقطه اشباع فیبر سلول‌های اشعه چوب راش (*Fagus sylvatica*) چارچین خوردگی می‌شوند. Obataya و همکاران (۲۰۰۵) تأثیر شرایط خشک کردن را بر بروز چین خوردگی در گونه *Arundo donax* مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه دست یافتند که خشک کردن این گونه در دمای کم با چین خوردگی کمتری در آن همراه است. چوب تبریزی از گونه‌های چوبی مهم و تندرشد محسوب می‌شود که کاشت و پرورش این گونه چوبی مهم به دلیل کمبود منابع جنگلی، در ایران به‌طور گسترده انجام می‌شود. در زمینه چوب خشک‌کنی، تحقیقات متعددی بر روی ویژگی‌های خشک شدن چوب تبریزی (طارمیان و سپهر، ۱۳۸۸) و تدوین برنامه چوب خشک‌کنی (رحیمی، ۱۳۸۸) برای این گونه انجام شده است؛ ولی به بروز پدیده چین خوردگی در آن طی خشک شدن توجه نشده است. در تحقیق حاضر، به بررسی احتمال وقوع این عیب مهم در گونه تبریزی از منطقه طالقان پرداخته شده است.

## مواد و روشها

### تهیه نمونه‌ها

از گونه تبریزی (*P. nigra*) در منطقه طالقان، تخته‌های مماسی به ابعاد  $100 \times 50 \times 25$  mm (L×T×R) بریده شد و برای جلوگیری از خروج رطوبت از مقاطع تخته‌ها، مقطع عرضی آنها با رزین اپوکسی اندود گردید. با توجه به این که چوب کشتی به فراوانی در گونه تبریزی تشکیل می‌شود، علاوه بر تهیه چوب نرمال، نمونه‌هایی از چوب کشتی نیز برای انجام مطالعات تهیه شد. برای تهیه دقیق

مراحل ابتدایی چوب خشک‌کنی اتفاق می‌افتد و معمولاً تا وقتی که چوب تبدیل نشود در سطح آن نمایان نمی‌شود. علت اصلی بروز این پدیده استفاده از دمای بالا در مراحل ابتدایی فرآیند خشک کردن می‌باشد (Keey و همکاران، ۲۰۰۰). چین خوردگی معمولاً منبعی برای وقوع مقادیر متفاوت همکشیدگی در چوب بوده که در نهایت می‌تواند منجر به بروز ترک‌های داخلی<sup>۱</sup> (شان عسلی<sup>۲</sup>) شود. این پدیده از این جهت دارای اهمیت است که باعث کاهش کیفیت چوب آلات خشک شده به دلیل بروز تنش و ترک در آن‌ها می‌شود. عوامل متعددی بر شدت بروز چین خوردگی در چوب طی خشک شدن مؤثر هستند. علاوه بر شرایط خشک کردن و نوع برنامه یا روش چوب خشک‌کنی مورد استفاده، ویژگی‌های گونه چوبی به‌ویژه ضریب نفوذپذیری و میزان جریان موئینگی آب آزاد در آن از پارامترهای مؤثر بر بروز پدیده چین خوردگی به حساب می‌آیند. به عبارت دیگر، پدیده چین خوردگی وابسته به نوع گونه است و بر اساس گزارش محققین بعضی از گونه‌های چوبی مانند بلوط و اکالیپتوس به چین خوردگی سلول‌ها طی خشک شدن بسیار حساس هستند

(Yang و Fife، ۲۰۰۳؛ Yi-qiang، ۲۰۰۵؛ Perre،

۲۰۰۷؛ Blakemore و Langrish، ۲۰۰۸).

تحقیقات Perre (۲۰۰۷) نشان داد که چوب نرمال و کشتی اکالیپتوس هر دو حساس به پدیده چین خوردگی هستند؛ چین خوردگی ایجاد شده در چوب نرمال قابل بازیابی است ولی چین خوردگی چوب کشتی قابل برگشت نیست. علاوه بر این دو گونه که بسیار حساس به پدیده چین خوردگی هستند، احتمال وقوع این عیب در گونه‌های چوبی دیگر طی خشک شدن نیز گزارش شده

1 - Internal check

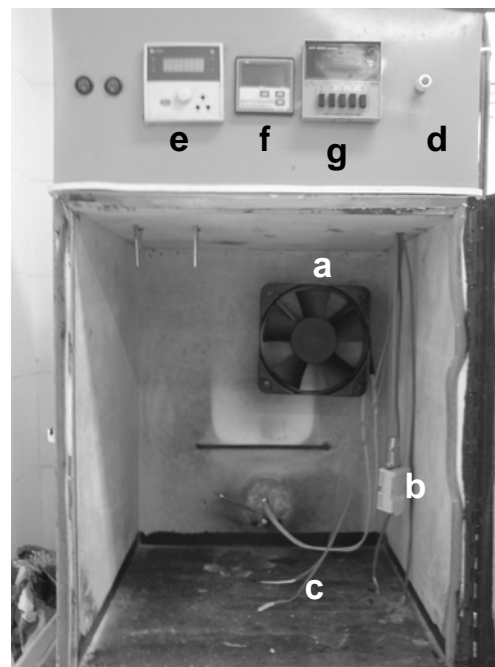
2 - Honey combing

تحت شرایط ثابت (دمای خشک  $60^{\circ}\text{C}$ ، دمای تر  $44^{\circ}\text{C}$  و رطوبت نسبی  $40\%$ )، در برنامه B، تحت یک برنامه زمان پایه با ۴ گام و در برنامه C نیز تحت برنامه زمان پایه با ۲ گام خشک شدند (جدول ۱ و ۲). همه تخته‌ها از رطوبت سبز تا میانگین رطوبت نهایی ۸-۶٪ خشک شدند. پس از خشک شدن تخته‌ها، منحنی خشک شدن آنها رسم شد.

نمونه‌ها، شناسایی ماکروسکوپی چوب کششی با استفاده از معرف هرزبرگ انجام شد. این معرف ناحیه چوب کششی را به رنگ ارغوانی تا آبی تیره و ناحیه چوب نرمال را به رنگ زرد مبدل می‌سازد.

### روش خشک کردن

تخته‌ها تحت سه برنامه مختلف (A، B و C) به روش جابجایی هوای گرم خشک شدند. در برنامه A، تخته‌ها



شکل ۱- نمای واقعی از خشک‌کن آزمایشگاهی مورد استفاده. a: فن؛ b: سنسور کنترل دما و رطوبت نسبی؛ c: ترموکوپل؛ d: پیچ تنظیم دورموتور فن؛ e: نمایشگر دمای خشک‌کن؛ f: نمایشگر رطوبت نسبی؛ g: نمایشگر دمای ترموکوپل‌ها؛ h: رطوبت‌ساز اولتراسوند؛ k: رایانه جهت کنترل خودکار فرایند خشک شدن

### نوع خشک‌کن مورد استفاده

از یک خشک‌کن آزمایشگاهی کوچک مجهز به رطوبت‌ساز اولتراسوند و کنترل خودکار دما و رطوبت نسبی برای خشک کردن تخته‌ها در برنامه A استفاده شد. این خشک‌کن به ابعاد  $50 \times 80 \times 50$  سانتی‌متر بوده و بدنه و درب

آن از دو لایه ورق گالوانیزه با عایق پشم شیشه به ضخامت ۵ سانتی‌متر ساخته شده است. برای برقرار کردن گردش هوا، خشک‌کن مجهز به یک فن مقاوم به حرارت با قابلیت تنظیم دور موتور است. بنابراین، می‌توان سرعت جریان هوا را داخل خشک‌کن تنظیم کرد. در این مطالعه سرعت جریان

از این خشک‌کن در شکل یک ارائه شده است. به علت محدودیت دمائی این خشک‌کن، برای خشک کردن سایر تخته‌ها مطابق برنامه B و C از یک کوره نیمه صنعتی از نوع حجره‌ای با ظرفیت اسمی ۸ مترمکعب استفاده شد. این کوره نیمه صنعتی که متعلق به گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشگاه تهران است، تمام اتوماتیک بوده و مجهز به سه فن در بالای سقف کاذب، سیستم رطوبت‌ساز اولتراسوند و کنترل خودکار دما و رطوبت است.

هوا تقریباً برابر با  $1 \text{ m/s}$  تنظیم شد. از یک هیتربرقی با کنترل خودکار برای تولید حرارت در داخل خشک‌کن استفاده شد. همچنین، این خشک‌کن مجهز به پنج عدد ترموکوپل یک میلیمتری برای بررسی جریان حرارت در چوب طی خشک شدن است. با توجه به حساسیت سنسور رطوبت‌سنج خشک‌کن به دمای بالا و نیز ظرفیت تولید حرارت هیتر، در این خشک‌کن امکان تنظیم دمای خشک و تر به ترتیب حداکثر برابر با ۷۰ و ۵۵ درجه سانتیگراد است. نمای واقعی

جدول ۱- برنامه زمان پایه مورد استفاده برای خشک کردن تخته‌ها در شرایط B

گام	زمان (h)	دمای خشک (°C)	دمای تر (°C)	رطوبت نسبی (%)	رطوبت تعادل (%)
۱	۰-۲۴	۶۰	۳۲	۱۴	۳/۶
۲	۲۴-۴۸	۶۵	۳۷	۱۸	۲/۹
۳	۴۸-۷۲	۸۲	۵۴	۲۵	۳/۳
۴	۷۲-۸۴	۸۲	۶۷	۵۰	۶

جدول ۲- برنامه زمان پایه مورد استفاده برای خشک کردن تخته‌ها در شرایط C

گام	زمان (h)	دمای خشک (°C)	دمای تر (°C)	رطوبت نسبی (%)	رطوبت تعادل (%)
۱	۰-۳۶	۸۲	۶۷	۵۰	۶
۲	۳۶-۴۶	۸۲	۶۲	۴۰	۴/۸

### مطالعات میکروسکوپ الکترونی

از تخته‌های خشک‌شده هر تیمار، یک نمونه به ابعاد  $10 \times 5 \times 5 \text{ mm}$  (L×T×R) جهت مطالعه میکروسکوپی شدت بروز پدیده چین‌خوردگی تهیه شد. سپس، با استفاده از یک تیغه جراحی لایه نازکی از مقطع عرضی نمونه‌ها برداشته شد تا سطح صاف و مناسبی برای مطالعات میکروسکوپی فراهم شود. از میکروسکوپ الکترونی SEM به منظور مطالعات میکروسکوپی استفاده شد.

روش تثبیت نمونه‌ها و تهیه تصاویر میکروسکوپی

نمونه‌ها توسط چسب‌کربن و چسب قطره‌ای به تکیه‌گاه میکروسکوپ چسبانده شد. سپس این مجموعه به مدت ۲۰-۱۵ دقیقه در دستگاه پوشش‌دهنده طلا با مدل SBC004 جهت دادن پوشش طلا در حد نانومتر، قرار داده شد و پس از آن به مدت ۱۰ دقیقه جهت ایجاد خلاء در محفظه خلاء دستگاه میکروسکوپ الکترونی SEM با مدل DFM960A قرار گرفت. در نهایت، تصاویر میکروسکوپ الکترونی از مقطع عرضی نمونه‌ها تهیه گردید.

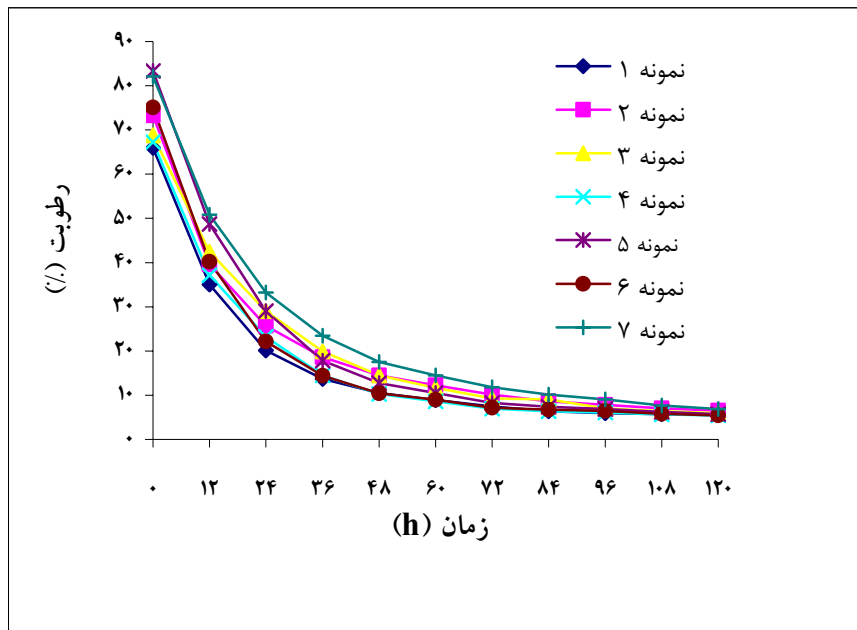
## نتایج

اولیه نمونه‌ها ۷۳/۵ درصد بود و تخته‌ها در مدت ۱۲۰

ساعت به رطوبت میانگین نهایی ۶ درصد رسیدند (شکل ۱).

منحنی خشک شدن و نرخ خشک شدن

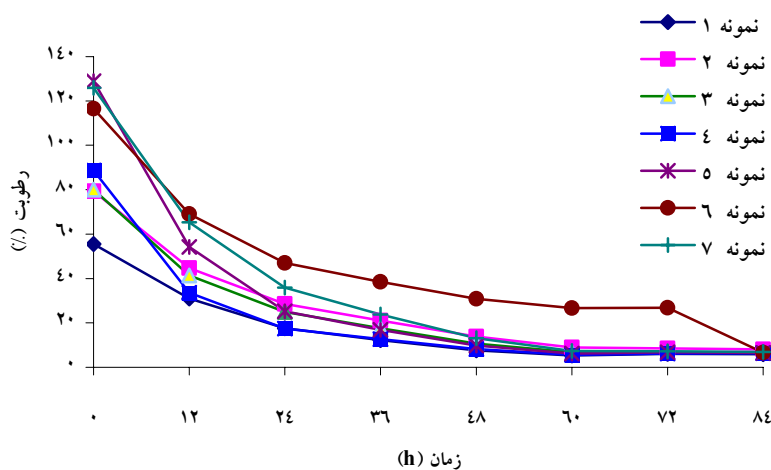
در تخته‌های خشک شده طبق برنامه A، میانگین رطوبت



شکل ۲- منحنی خشک شدن تخته‌ها طبق برنامه A

در تخته‌های خشک شده با برنامه B میانگین رطوبت اولیه نمونه‌ها ۹۶ درصد بود و در مدت ۸۴ ساعت به میانگین

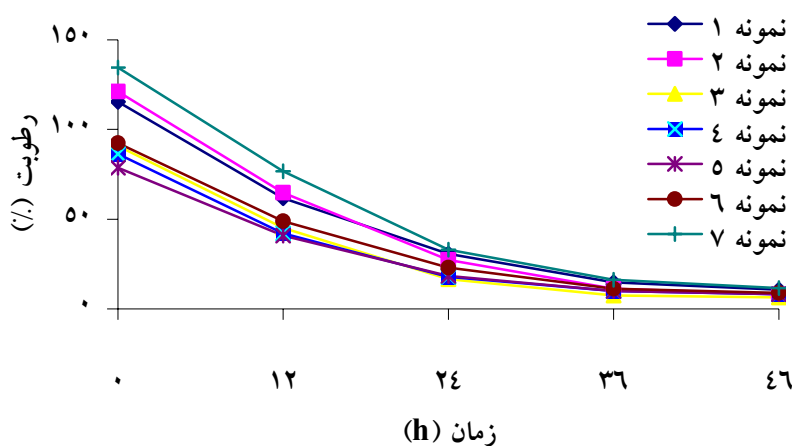
رطوبت نهایی ۷ درصد رسیدند (شکل ۳).



شکل ۳- منحنی خشک شدن تخته‌ها طبق برنامه B

مدت ۶۴ ساعت به میانگین رطوبت نهایی ۸ درصد رسیدند (شکل ۴).

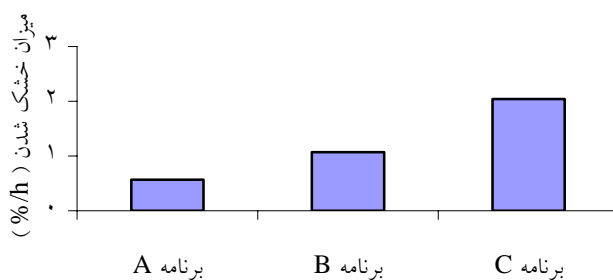
به دلیل استفاده از دمای خشک بالا (۸۲ °C) بیشترین میزان خشک شدن در برنامه C دیده شد. تخته‌های خشک شده با برنامه C با میانگین رطوبت اولیه ۱۰۲ درصد در



شکل ۴- منحنی خشک شدن تخته‌ها طبق برنامه C

درصد بود، که در برنامه C به دلیل استفاده از دمای خشک بالا (۸۲ °C) بیشترین میزان خشک شدن مشاهده شد. در تخته‌های خشک شده با برنامه A، به دلیل استفاده از دمای خشک کم و ثابت ۶۰ °C، میزان خشک شدن کم بود.

در شکل ۵، متوسط میزان خشک شدن تخته‌ها ( $\%/h$ ) از رطوبت سبز تا رطوبت نهایی ۸-۶ درصد در هر سه برنامه A، B و C نشان داده شده است. میزان خشک شدن در برنامه‌های A، B و C به ترتیب ۰/۵۷، ۱/۰۷ و ۲/۰۴

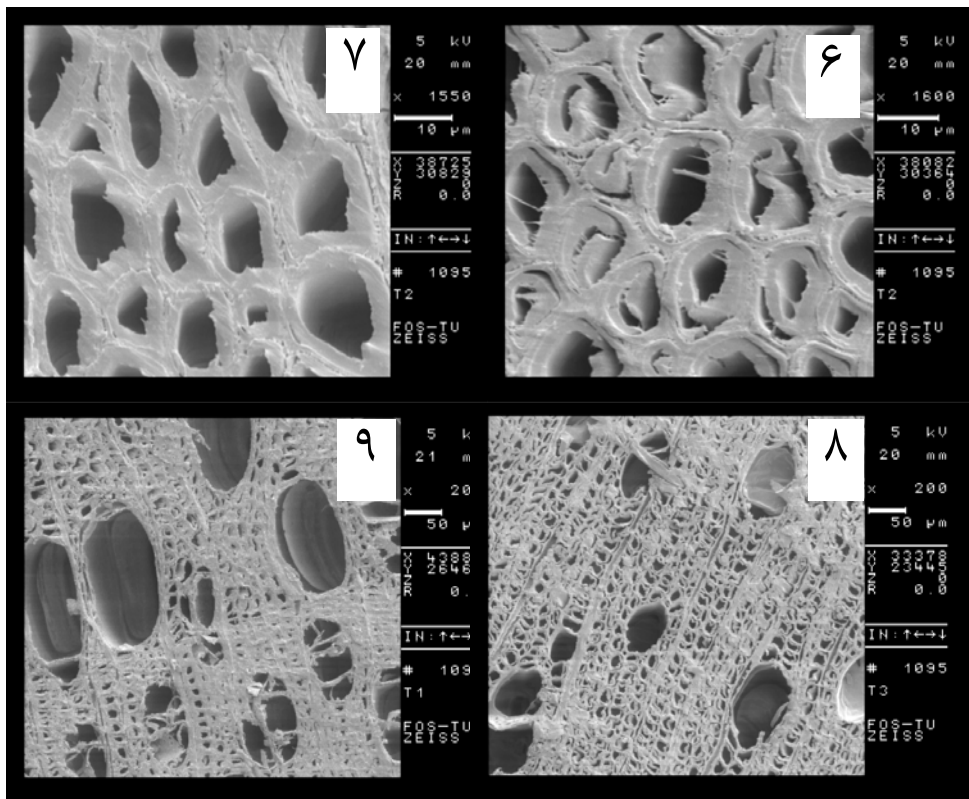


شکل ۵- میانگین میزان خشک شدن تخته‌ها در برنامه‌های A، B و C

## شدت چین خوردگی

در شکل‌های ۶ تا ۱۷، تصاویر میکروسکوپی تهیه شده از مقطع عرضی تخته‌های خشک شده با هر سه برنامه A، B و C نشان داده شده است. در تخته‌های خشک شده با

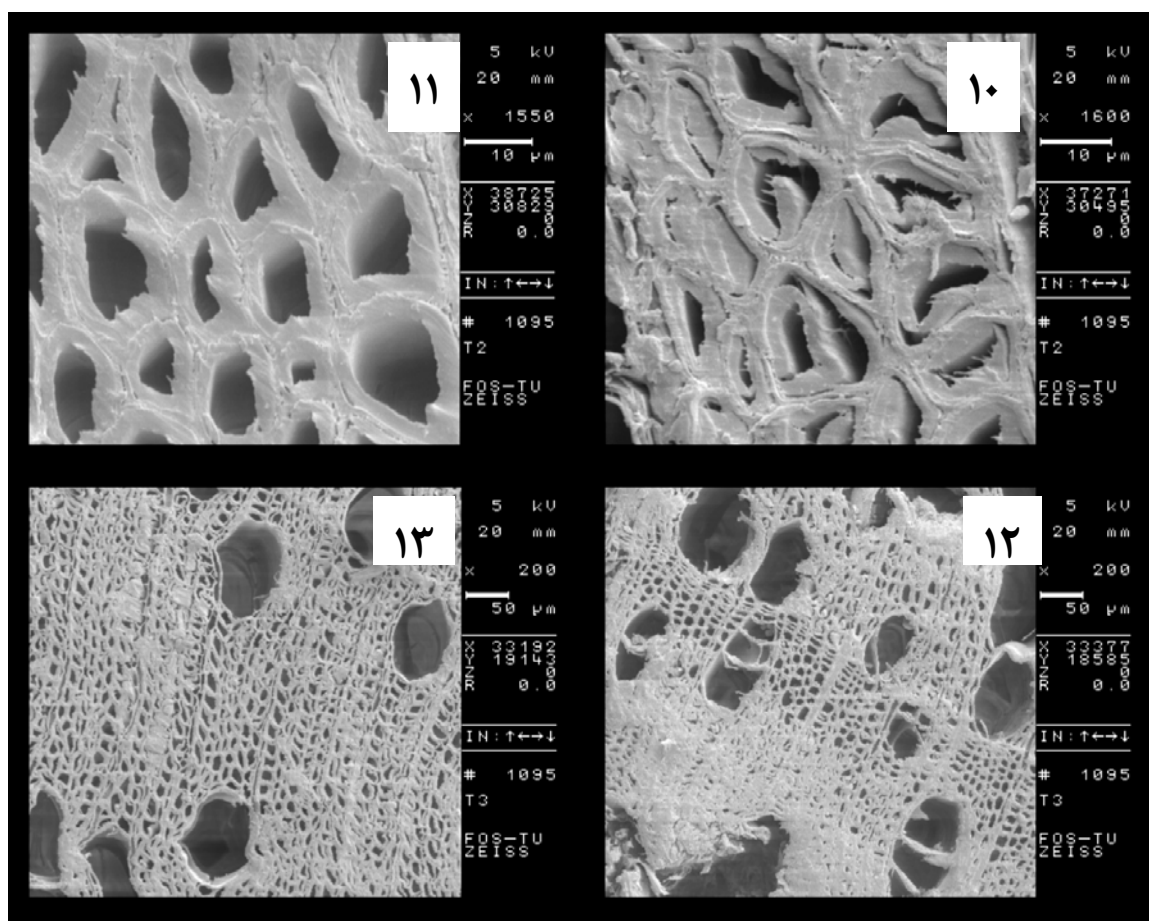
برنامه A، چه در چوب کششی و چه در چوب نرمال تیریزی پدیده چین خوردگی رخ نداد (شکل‌های ۶ تا ۹) و سلول‌های چوبی (فیبرها و عناصر آوندی) شکل اولیه و نرمال خود را حفظ کرده بودند.



شکل‌های ۶-۹: تصاویر میکروسکوپ الکترونی تهیه شده از مقطع عرضی تخته‌های خشک شده با برنامه A (تخته‌های کششی ۶ و ۸، تخته‌های نرمال ۷ و ۹).

در تخته‌های خشک شده با برنامه B، در هر دو نوع چوب کششی و نرمال، پدیده چین خوردگی به صورت جزئی رخ داد و شکل طبیعی و نرمال سلول‌های چوبی اندکی دچار تغییر شد (شکل ۱۰ تا ۱۳). با این وجود، چین خوردگی به مفهوم واقعی و از شکل افتادگی

سلول‌های چوبی در هیچ کدام از تخته‌های خشک شده با برنامه B، رخ نداد. همچنین مطالعات میکروسکوپی نشان داد که در تخته‌های خشک شده با برنامه‌های A و B، دیواره سلول‌ها سالم و عاری از هر نوع ترک و گسیختگی بودند.

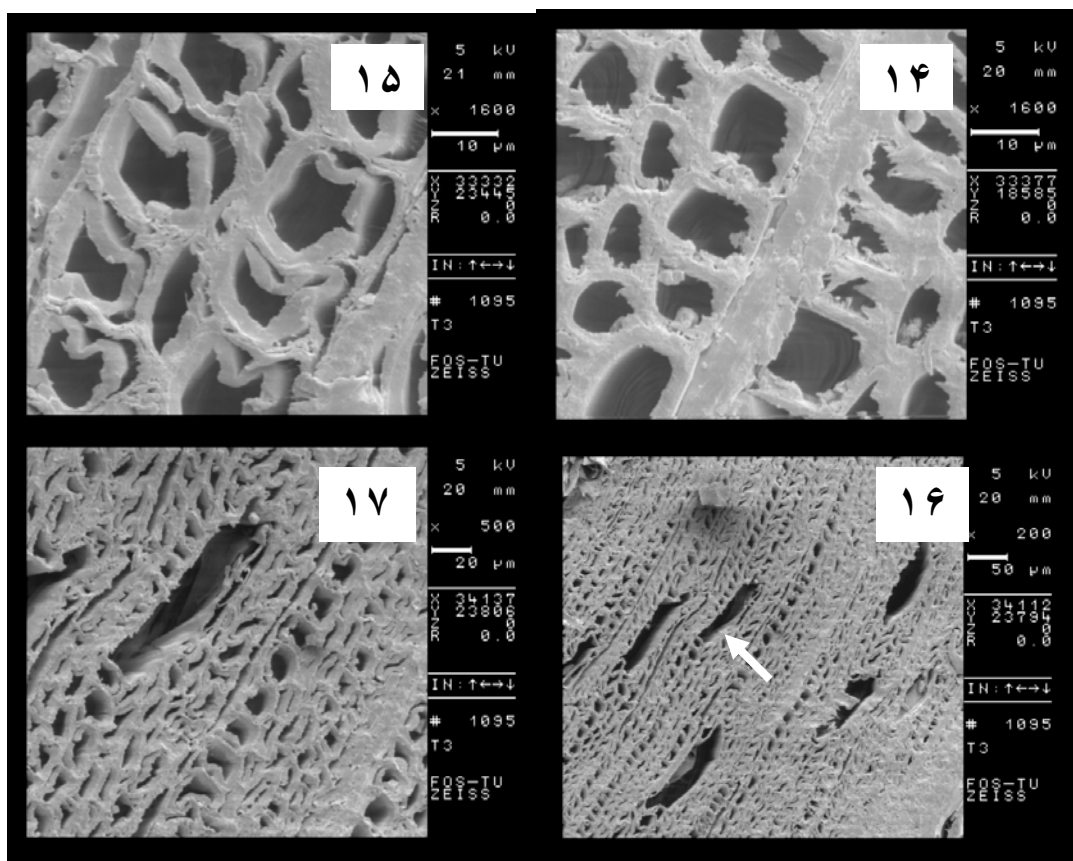


شکل های ۱۰-۱۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی تهیه شده از تخته های خشک شده با برنامه B (تخته های کششی ۱۰ و ۱۲، تخته های نرمال ۱۱ و ۱۳).

بیضوی و شکاف مانند تغییر کرد. همچنین، در چوب های نرمال، دیواره سلول های فیبری آسیب دیده بودند و گسیختگی در دیوار سلول ها رخ داد. به طوری که در چوب کششی، بر اثر چین خوردگی شدید، لایه ژلاتینی از دیوار سلول های فیبری گسیخته شد.

برخلاف تخته های خشک شده با برنامه های A و B، تمامی تخته های خشک شده با برنامه C (چوب کششی و نرمال) به شدت دچار چین خوردگی شدند (شکل های ۱۴ تا ۱۷). از شکل افتادگی شدید سلول های چوبی به ویژه عناصر آوندی در همه تخته های خشک شده با این برنامه مشاهده شد. شکل سلول های آوندی از حالت مدور به





شکل های ۱۴-۱۷: تصاویر میکروسکوپ الکترونی تهیه شده از تخته های خشک شده با برنامه C (تخته های کششی ۱۴ و ۱۶، تخته های نرمال ۱۵ و ۱۷).

(۲۰۰۷) در ارتباط با بروز پدیده چین خوردگی در چوب کششی و نرمال اکالیپتوس طی خشک شدن همخوانی دارد. وی نیز دریافت که چوب کششی اکالیپتوس در مقایسه با چوب نرمال آن به پدیده چین خوردگی حساس تر بوده و چین خوردگی شدید چوب کششی قابل برگشت نیست. با وجود بروز چین خوردگی شدید در تخته های خشک شده با برنامه C در مقیاس میکروسکوپی، در هیچ کدام از این تخته ها، در دید ماکروسکوپی سطح تخته ناصاف و چین خورده نبود و به عبارت دیگر، پدیده چین خوردگی شدید در آنها رخ نداد. بر اثر چین خوردگی شدید و به علت فشردگی و

به طور کلی، چوب کششی در مقایسه با چوب نرمال به بروز پدیده چین خوردگی حساسیت بیشتری نشان داد. به نظر می رسد که حساسیت بیشتر چوب کششی نسبت به چوب نرمال به پدیده چین خوردگی ناشی از دریچه<sup>۱</sup> کوچکتر منافذ دیواره سلولها<sup>۲</sup> در این چوب در مقایسه با چوب نرمال باشد (Tarmian و همکاران، ۲۰۰۹). قطر کم دریچه منافذ دیواره سلولی منجر به افزایش کشش موئینگی و در نتیجه چین خوردگی در سلولها می شود. نتایج این تحقیق با نتایج بدست آمده در مطالعات Perre

1 - Pit aperture  
2 - Pit pairs

دمای کم، سختی دیواره‌های سلولی بیشتر بوده و به نیروهای موئینگی بیشتر مقاومت نشان می‌دهند. همچنین، اختلاف دمای خشک و تر و به عبارت دیگر میزان رطوبت نسبی کوره نیز بر سرعت خشک شدن تخته‌ها مؤثر است. بنابراین، در دمای خشک ثابت، در صورت استفاده از اختلاف دمای خشک و تر کم‌تر تا حدودی می‌توان از وقوع چین‌خوردگی جلوگیری کرد. اختلاف دمای خشک و تر در برنامه‌های A، B و C در گام نخست برابر با ۱۶، ۲۸ و ۱۵ درجه سانتیگراد است. با توجه به دمای خشک ثابت در گام نخست هر دو برنامه A و B ( $60^{\circ}\text{C}$ )، به دلیل استفاده از اختلاف دمای خشک و تر کمتر در برنامه A شدت چین‌خوردگی تخته‌های خشک شده با این برنامه در مقایسه با تخته‌های خشک شده با برنامه B کمتر بود. با توجه به این که چین‌خوردگی سلول‌ها در گام‌های نخست چوب خشک‌کنی و به هنگام خروج آب آزاد رخ می‌دهد، بنابراین انتظار می‌رود که در تخته‌های خشک شده با برنامه C به دلیل استفاده از اختلاف دمای خشک و تر کمتر، چین‌خوردگی سلول‌ها با شدت کمتری رخ دهد؛ در حالی که بر خلاف انتظار، شدت چین‌خوردگی تخته‌ها در برنامه C در مقایسه با سایر برنامه‌ها بیشتر بود. بنابراین، می‌توان گفت که وقوع چین‌خوردگی بیشتر تحت تأثیر دمای خشک کوره در گام‌های ابتدائی است تا اختلاف دمای خشک و تر. دمای خشک کوره در برنامه‌های A، B و C در گام نخست به ترتیب برابر با ۶۰، ۶۰ و ۸۲ درجه سانتیگراد بود.

تغییر شکل شدید سلول‌های چوبی، سطح تخته خشک شده مانند تخته رختشویی ناصاف و چین‌خورده می‌شود. از عوامل اصلی بروز پدیده چین‌خوردگی طی خشک شدن تخته‌ها با برنامه C می‌توان به بروز تنش‌های فشاری و کشش موئینگی بالا اشاره کرد. این عیب در گام‌های ابتدایی چوب خشک‌کنی و در اثر استفاده از دماهای خشک بالا رخ می‌دهد. در حقیقت، استفاده از دمای خشک بالا منجر به جریان توده‌ای سریع‌تر آب آزاد و تنش‌های فشاری بالاتر از مقاومت فشاری چوب و در نتیجه منجر به بروز چین‌خوردگی و از شکل افتادگی سلول‌های چوبی می‌شود. در دو برنامه A و B، به دلیل استفاده از دمای خشک پایین‌تر ( $60^{\circ}\text{C}$ ) نسبت به برنامه C و در نتیجه میزان آهسته‌تر خروج آب آزاد، پدیده چین‌خوردگی در تخته‌های خشک شده با این دو برنامه رخ نداد. مطالعات Obataya و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد که استفاده از دمای خشک کم در کاهش بروز پدیده چین‌خوردگی در چوب طی خشک شدن مؤثر است. با توجه به میزان خشک شدن بالا ( $2/04\%/\text{h}$ ) در تخته‌های خشک شده با برنامه C به دلیل استفاده از دمای خشک بالا ( $82^{\circ}\text{C}$ )، چین‌خوردگی شدیدی ناشی از خروج سریع‌تر آب آزاد و کشش موئینگی بالا در این تخته‌ها رخ داد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان دمای خشک کوره تأثیر بسزایی بر شدت چین‌خوردگی در تخته‌های تبریزی دارد. به عبارت دیگر، در اثر خارج شدن سریع آب موجود در حفرات سلولی (آب آزاد) با استفاده از دمای خشک بالا در کوره (برنامه C)، دیواره‌های سلولی به ویژه دیواره‌های ضعیف سلولی در مقابل تنش‌های ناشی از کشش سطحی به دلیل از دست دادن آب آزاد مقاومت نکرده و پدیده چین‌خوردگی رخ می‌دهد. در مقابل، در

## بحث و نتیجه گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که گونه تبریزی به ویژه چوب کششی آن از چوب های نسبتاً حساس به بروز پدیده چین خوردگی طی خشک شدن می باشد. نتایج به دست آمده در تحقیقات قبلی مبنی بر احتمال بروز پدیده شان عسلی (ترک های داخلی) در چوب تبریزی طی خشک شدن مؤید این اظهار نظر می باشد، به این دلیل که در اثر بروز چین خوردگی در چوب و به دنبال آن ناهمگنی شدید همکشیدگی، احتمال وقوع ترک های داخلی در چوب طی خشک شدن بیشتر می شود. نتایج این تحقیق نشان داد که چه در چوب کششی و چه در چوب نرمال، سلول های آوندی در مقایسه با سلول های فیبری به پدیده چین خوردگی حساس تر هستند. علت اصلی بروز این مسئله ضخامت کم دیواره سلول های آوندی در مقایسه با سلول های فیبری است. در اثر چین خوردگی در چوب کششی علاوه بر تغییر شکل سلول های فیبری و آوندی، لایه ژلاتینی تحت تأثیر قرار گرفته و از دیوار سلول های فیبری گسیخته می شود. بر اساس نتایج به دست آمده در این تحقیق می توان نتیجه گیری کرد که انتخاب مناسب دمای خشک کوره در گام های ابتدایی برنامه چوب خشک کنی در کنترل پدیده چین خوردگی در چوب تبریزی مؤثر است. برای خشک کردن چوب تبریزی با هدف کنترل و کاهش پدیده چین خوردگی و ترک های داخلی، دمای خشک کوره در گام های ابتدایی نباید از  $60^{\circ}\text{C}$  تجاوز کند. در مجموع با توجه به نتایج به دست آمده در ارتباط با شدت چین خوردگی در تخته های خشک شده با برنامه های A، B و C می توان چنین نتیجه گیری کرد که وقوع چین خوردگی در چوب تبریزی بیشتر تحت تأثیر دمای

خشک کوره در گام های ابتدایی است تا اختلاف دمای خشک و تر. با توجه به این که چین خوردگی به وجود آمده در چوب را می توان در مراحل پایانی برنامه چوب خشک کنی با تیمار مشروط سازی مجدد و یا بخارزنی تا حدود زیادی برطرف نمود، پیشنهاد می شود در تحقیقات بعدی زمان مناسب برای شروع تیمار مشروط سازی و مدت زمان لازم تیمار برای برطرف نمودن چین خوردگی به وجود آمده در چوب آلات تبریزی حساس به بروز این پدیده (به ویژه چوب آلات حاوی چوب کششی) مورد بررسی قرار گیرد.

## سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی قطب علمی مدیریت کاربردی گونه های چوبی تندرشد گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام گردید. از این رو از مساعدت های مسئولان و دست اندرکاران مربوط تقدیر و تشکر می گردد.

## منابع مورد استفاده

- رحیمی، س. ۱۳۸۸. تدوین برنامه چوب خشک کنی برای الوار تبریزی با ضخامت اسمی ۵ سانتیمتر. پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- طارمیان، ا. و سپهر، ا. ۱۳۸۸. گسترش تنش های ارتوتروپ و گردایان کرنش باقی مانده در تخته های کششی و نرمال صنوبر در اثر خشک شدن. نشریه جنگل و فراورده های چوب، ۶۲(۳): ۲۷۵-۲۸۸.
- Almeida, G., Assor, C. and Perré, P., 2008. The dynamic of shrinkage/moisture content behavior determined during drying of microsamples for different kinds of wood. *Drying technology* 26 (9) : 1118-1124.

- Tarmian, A., Remond, R., Faezipour, M., Karimi A. and Perré, P., 2009. Reaction wood drying kinetics: tension wood in *Fagus sylvatica* and compression wood in *Picea abies*. *Wood Science and Technology*, 43:113–130.
- Yang, J.L. and Fife, D., 2003. Identifying check-prone trees of *Eucalyptus globulus* Labill. Using collapse and shrinkage measurements, *Australian Forestry*, 66: 90-92.
- Yi-qiang, W., Kazuo, H., Yuan, L., Ying-chun, C. and Jian-ju, L., 2005. Collapse-type shrinkage characteristics in plantation-grown eucalypts: I. Correlations of basic density and some structural indices with shrinkage and collapse properties, *Journal of Forestry Research*, 16(2): 83-88.
- Blakemore, P. and Langrish, T. A. G., 2008. Effect of pre-drying schedule ramping on collapse recovery and internal checking with Victorian Ash Eucalypts, *Wood Science Technology*, 42: 473–492.
- Keey, RB., Langrish, TAG. and Walker, JCF., 2000. *Kiln-Drying of Lumber*, Springer, New York, 311 pp.
- Obataya, E., Gril, J. and Perré, P., 2005. Shrinkage of cane (*Arundo donax*) II. Effect of drying condition on the intensity of cell collapse. *Journal of Wood Science*, 51(2): 130-135.
- Perre, P., 2007. Experimental device for the accurate determination of wood-water relations on micro-samples. *Holzforschung*, 61(4): 419-429.

## The susceptibility of poplar tension and normal wood (*P. nigra*) to collapse during drying

Tarmian, A.<sup>1\*</sup>, Shahverdi, M.<sup>2</sup>, Eshaghi, S.<sup>3</sup> and Dashti, H.<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, Assistant professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Email: tarmian@ut.ac.ir

2- MSc. Student, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran; Young Researchers Club, Islamic Azad University, Karaj Branch

3- MSc. Student, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

Received: Jan., 2010

Accepted: Jan., 2011

### Abstract

In this study, the susceptibility of poplar (*P. nigra*) tension and normal wood to collapse during drying was investigated. Thus, the poplar boards with nominal dimensions of 100 × 50 × 25 mm (L×T×R) were dried using three different drying schedules. In schedule A, the boards were dried under constant conditions (dry-bulb temperature of 60<sup>0</sup>C and wet-bulb temperature of 44<sup>0</sup>C); in schedules B and C, they were dried under a time-based schedule, consisting of 4 and 2 steps, respectively. The initial dry-bulb temperature in schedules A, B and C were selected as 60, 60 and 82<sup>0</sup>C, respectively. After drying, the severity of collapse in the cross section of boards was determined by scanning electron microscope (SEM). The results revealed that collapse did not occur in the boards dried by schedule A. Collapse occurred slightly in the boards dried by schedule B and severe collapse and cell wall degradation developed in the boards dried by schedule C. In the latter, gelatinous layer of tension wood was separated from fiber cell walls. Tension wood was more sensitive to collapse than normal wood. Based on the results, it can be concluded that the occurrence of collapse is influenced by initial dry-bulb temperature rather than wet-bulb depression.

**Keywords:** Poplar, collapse, drying, drying schedule