آناتومی چوب و بیومتری الیاف درخت انار (*Punica granatum. L*) در راستای شعاعی و طولی ساقه درخت

علی حسنپور تیچی[۱*]
هادی غلامیان[۲]

[۱] استادیار، گروه مهندسی چوب، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران.

[۲] استادیار گروه علوم و صنایع چوب و کاغذ دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

مسئول مکاتبات:
hasanpoortichi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۰۸

چکیده

در این گزارش به مطالعه ویژگی بیومتری الیاف و میکروسکوپی چوب درخت انار پرداخته شد. بدین منظور درختان انار از باغات شهرستان نکا (استان مازندران) انتخاب و قطع شدند. در ارتفاع برابر سینه، ارتفاع ۲/۵ متر و ارتفاع ۳/۵ متر سه دیسک به ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه و در جهت عرضی نمونه‌های آزمونی ۲×۲cm به طول ۳ cm از مغز به سمت پوست به صورت متوالی بریده و مورد ارزیابی قرار گرفت. در این تحقیق خواص بیومتری الیاف شامل طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی فیبر و ضخامت دیواره سلولی اندازه‌گیری شد. همچنین ویژگی آناتومی چوب درخت انار مطابق با لیست آناتومیست‌های جهان (IAWA) با استفاده از میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج بررسی آناتومی چوب درخت انار به صورت چندتایی بودن گروه‌بندی آوندها در راستای شعاعی (در اغلب موارد)، اشعه چوبی همگن، دریچه آوندی ساده، منافذ بین آوندی متناوب، میانگین طول عناصر آوندی کوتاه‌تر از ۳۵۰ میکرون، پراکنده آوند بودن تخلخل چوب گزارش شده است. نتایج ویژگی بیومتری الیاف نشان داد که هم در جهت عرضی و هم در جهت طولی ساقه درخت انار، بین طول الیاف، پهنای الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی الیاف اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بطوریکه خواص بیومتری الیاف از مغز به سمت پوست درخت روند صعودی داشتند. میانگین طول، قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف به ترتیب برابر با ۰/۷۵ میلی‌متر، ۲۲/۵ میکرون، ۱۸/۳ میکرون و ۴/۲ میکرون اندازه‌گیری شد.

واژگان کلیدی: انار، ارتفاع برابر سینه، ویژگی بیومتری، طول الیاف.

مقدمه

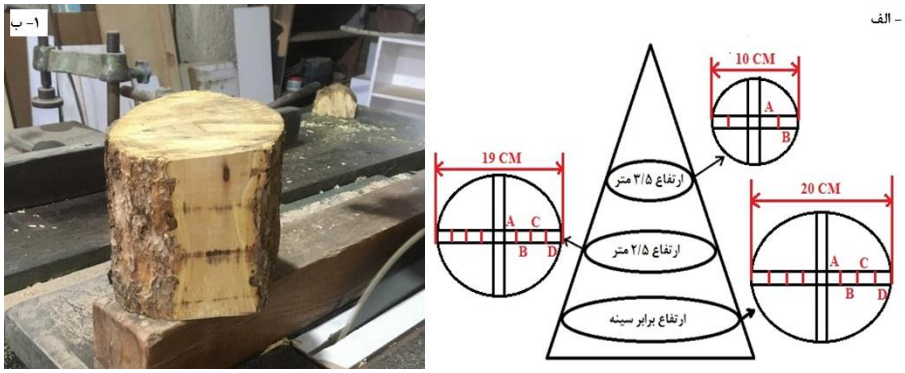
در صنایع مختلف چوب و کاغذ باید از چوب متناسب با آن استفاده شود. از این رو استفاده صحیح چوب در صنعت‌های مختلف نه‌تنها باعث کاهش دورریز می‌شود بلکه سبب کاهش هزینه تولید و افزایش مقاومت‌های محصول تولید شده می‌گردد. کاربرد صحیح مصرف چوب ارتباط مستقیم با شناخت آن دارد. از این رو برای استفاده بهینه چوب به عنوان مواد اولیه در کارخانه‌های صنایع چوب و کاغذ وابستگی نزدیکی به ساختار بیومتری الیاف و آناتومی آن دارد. در صنعت کاغذسازی بررسی ویژگی‌های بیومتری الیاف چوب‌ها کمک شایان ذکری به تولیدکننده کاغذ می‌کند. درخت انار از گیاهان بومی ایران بوده که امروزه در کلیه سواحل دریای شمال و نقاط استپی معتدل نظیر جنگل‌های غرب در لرستان، کردستان، چهارمحال و بختیاری و فارس رشد می‌کند. درختی خزان کننده با حداکثر ارتفاع آن ۶ متر و شاخه‌ها چهارگوشه و گاهی

خاردار است [۱]. درخت انار با نام علمی *Punica granutum* از خانواده *Punicaceae* است.Parsa pajouh و Schweingruber (۲۰۰۱) خواص آناتومی چوب درخت انار را بررسی کرده‌اند. بررسی آنها نشان داد که این گونه، دارای چوب همگن و پراکنده آوند است. حفرات آوندی گرد، غالبا منفرد و یا گاه در جهت شعاعی به تعداد ۲ تا ۴ تایی به هم چسبیده‌اند. حد دوایر سالیانه به واسطه تغییرات حفرات آوندی بین چوب تابستانه و بهاره به‌زحمت دیده می‌شود. پهنای اشعه چوبی در مقطع مماسی تک سلولی، در سطح شعاعی اشعه چوبی ناهمگن و دریچه آوندی منفرد و ساده بود [۲]. Bridgwater و Pieter (۱۹۷۸) به بررسی خواص آناتومی چوب درخت انار پرداختند. آنها بیان کرده‌اند که در این چوب حلقه رویش مشخص و کم رنگ، پراکنده آوند و به تعداد ۴۵ - ۸۴ عدد در mm^2، آوند منفرد و چسبیده به هم در جهت شعاعی با قطر مماسی ۳۷ - ۶۶ µm و قطر شعاعی ۱۱۰ µm، طول آوند ۲۵۰ - ۳۳۰ µm، دریچه آوندی ساده، منافذ بین آونده‌ها از نوع متناوب، وجود تیل در آوندها، طول فیبرها ۳۰۰ - ۸۲۰ µm، فیبر با منافذ ساده، فیبر تقسیم‌شده، انتهای فیبر گرد، نسبت طول فیبر به طول آوند ۱ به ۷ - ۱ به ۹، پارانشیم همراه آوند منفرد، اشعه چوبی ناهمگن، تعداد اشعه در هر میلی‌متر ۱۲ – ۲۱ عدد، بیشتر اشعه چوبی تک ردیفِ با ۱ - ۸ ردیف سلول ارتفاع و اشعه چوبی چند ردیفِ با ۲۶ ردیف سلول ارتفاع بوده است [۳]. Hassanpoortichi و Rezanezhad(۲۰۱۹) در تحقیقی به ویژگی‌های آناتومی، فیزیکی و بیومتری چوب درخت انجیر در جهت طولی و عرضی ساقه درخت پرداختند و آنها به این نتیجه رسیدند که طول الیاف، ضخامت دیواره سلولی، قطر حفره سلولی و قطر کلی سلول در محور طولی ساقه (در سه ارتفاع قطر برابر سینه، ۱/۹ سانتی‌متر و نزدیک به تاج) کاهش‌یافته و در جهت عرضی در هر سه ارتفاع، این ویژگی‌ها روند افزایشی را طی می‌کند [۴]. Oladi و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی ویژگی‌های آناتومی، فیزیکی و شیمیایی چوب گونه تند رشد گز شاهی پرداختند. آنان به این نتیجه رسیدند که این چوب در صنعت کاغذسازی به دلیل ضریب رانکل (۱/۲) و لاغری (۳۹) بالا کاربرد مناسبی خواهد داشت. در بررسی شیمیایی بیان کرده‌اند که این گونه مقدار سلولز کمتر و مقدار لیگنین بیشتر نسبت به سایر گونه‌های پهن برگان دارند [۵]. Zindaniو همکاران (۲۰۲۰) بر روی ساخت کامپوزیت‌های پلیمری سبز با استفاده از الیاف انار تحقیق کرده‌اند. در تحقیق آنها برای سازگاری لیگنین، پوشال انار را به مدت ۱ روز، ۵ روز و ۱۰ روز در محلول بی‌کربنات سدیم حل شد. آنان به این نتیجه رسیده‌اند که کامپوزیت سبز تقویت‌شده با الیاف انار حل‌شده به مدت ۵ روز در محلول بی‌کربنات سدیم به عنوان ترکیب بهینه بوده است [۶]. Hassanpoortichi و Rezanezhad(۲۰۲۰) به تغییرات ویژگی‌های بیومتری، فیزیکی و آناتومی چوب درخت توت (*Morus alba*) در جهت طولی و عرضی ساقه مورد ارزیابی قراردادند. آنان بیان کرده‌اند که با افزایش ارتفاع از کنده به سمت تاج درخت تمامی ویژگی‌های بیومتری الیاف شامل طول الیاف، پهنای الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی کاهش یافت. همچنین خواص بیومتری از مغز درخت به سمت پوست درخت روند صعودی داشت. تغییرات دانسیته خشک و بحرانی از قطر برابر سینه به سمت تاج درخت کاهش و از مغز ساقه درخت به سمت پوست افزایش یافت [۷]. Kord و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهشی تحت عنوان اثر سن درختان صنوبر دلتوئیدس بر ویژگی‌های بیومتری، فیزیکی و شیمیایی چوب به این نتیجه رسید که تأثیر سنین مختلف درختان بر ابعاد الیاف، خواص فیزیکی و ترکیبات شیمیایی چوب آن در سطح اعتماد ۹۵ درصد معنی‌دار است [۸]. بنابراین، هدف از این پژوهش تعیین و گزارش تغییرات خصوصیات آناتومی و بیومتری چوب درخت انار در جهت‌های طولی و عرضی و همچنین بررسی مرفولوژی الیاف چوب به‌منظور کاربرد این گونه در صنایع چوب و کاغذ است.

مواد و روش‌ها

برای ارزیابی خواص بیومتری و آناتومی چوب درخت انار، سه اصله سالم از این درخت از شهرستان بهشهر (مختصات جغرافیایی ۵۳ درجه و ۲۰ دقیقه‌ی طول شرقی و ۳۶ درجه و ۴۰ دقیقه‌ی عرض شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۵۰ متر) واقع در استان مازندران انتخاب و قطع

گردید. ارتفاع، قطر و سن این درختان به ترتیب ۶ متر، ۲۰ سانتی‌متر و ۲۰ سال بود. در ارتفاع برابر سینه، ۲/۵ و ۳/۵ متر دیسکی به ضخامت ۵ سانتی‌متر تهیه و سپس نمونه‌های مکعبی آزمونی به ابعاد ۳×۲×۲ از مغز به سمت پوست به صورت صلیبی و متوالی قطع گردید (شکل ۱- ب). برای جلوگیری از جابه‌جایی نمونه‌های مکعبی از کدگذاری استفاده شد (شکل ۱- الف). آزمایش‌ها بیومتری در آزمایشگاه صنایع چوب دانشکده فنی شهید هاشمی نژاد ساری انجام شد.



شکل ۱- الگوهای برش و تعداد نمونه آزمونی در ارتفاع مختلف ساقه درخت (۱- الف) و تبدیل ساقه درخت انار به دیسک ۵ سانتی‌متر (۱-ب).

تهیه مقاطع میکروسکوپی

برای بررسی دقیق ویژگی‌های آناتومی چوب درخت انار، مطابق با لیست IAWA (International Association of Wood Anatomists) نمونه‌ها به ابعاد ۳×۲×۲ سانتی‌متر تهیه شد، و سپس برای نرم شدن بافت چوب، نمونه‌ها در محلول آب مقطر و گلیسیرین قرار گرفت. سپس با استفاده از یک میکروتوم لغزشی GSL1 لایه‌های بسیار نازکی از سه سطح چوب گرفته شد. برای رنگ‌آمیزی، لایه‌های نازک در محلول آسترابلو - سافرانین به غلظت ۰/۵٪ به مدت ۳ تا ۵ دقیقه قرارگرفته و در مرحله بعدی با استفاده از الکل با درصدهای مختلف شستشوی لایه‌ها انجام شد. لایه‌های نازک چوبی سپس با استفاده از چسب کانادا بالزام بین لام و لامل قرار گرفتند. برای بررسی ویژگی‌های آناتومی نمونه‌ها از میکروسکوپ نوری استفاده شد [۹].

آماده‌سازی و اندازه‌گیری ویژگی‌های بیومتری الیاف

برای اندازه‌گیری خصوصیات بیومتری الیاف از نمونه‌های تهیه‌شده در سه ارتفاع درخت، خلال‌های باریک و به ابعاد ۱×۰/۲×۰/۲ سانتی‌متر مکعب تهیه شد. خلال‌ها در داخل لوله آزمایش قرارگرفته و سپس محلول اسید استیک و آب اکسیژنه با غلظت ۱۰۰ درصد به نسبت ۵۰ – ۵۰ (محلول اسید استیک: آب اکسیژنه) توسط پیپت مدرج به اندازه دو برابر طول خلال روی نمونه‌ها ریخته شد. در مرحله بعدی لوله‌های آزمایش به مدت ۴۸ ساعت در یک آون با حرارت ۱ ±۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سفید شدن نمونه‌های چوبی داخل لوله آزمایش، با آب مقطر شستشو، وابری و با استفاده از سافرانین رنگ‌آمیزی شدند. الیاف چوب پس از جداسازی بر روی لام تثبیت شده و از هر لام حداقل ۲۰ فیبر به صورت تصادفی با استفاده از میکروسکوپ نوری توسط عدسی چشمی مدرج طول، پهنای الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی اندازه‌گیری شد (طول الیاف با عدسی 10X و برای قطر حفره سلولی و دیواره سلولی با عدسی 40X). [۱۰].

روش تجزیه تحلیل آماری

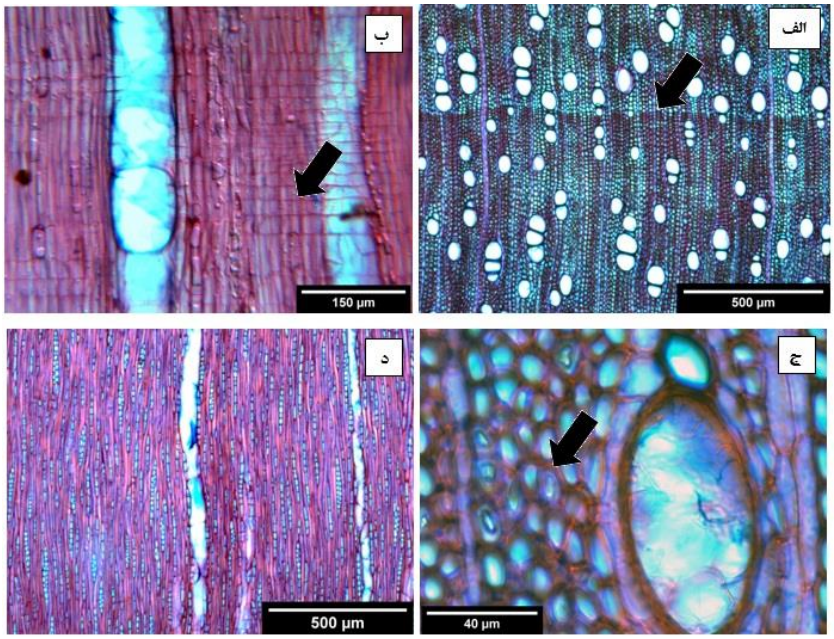
مقادیر حاصل از اندازه‌گیری ویژگی بیومتری الیاف از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه در قالب طرح کاملاً تصادفی از نرم‌افزار SPSS در سطح اعتماد ۹۹ و ۹۸ درصد

استفاده شد، همچنین گروه‌بندی میانگین‌ها نیز با آزمون چند دامنه دانکن (DMRT) انجام شد.

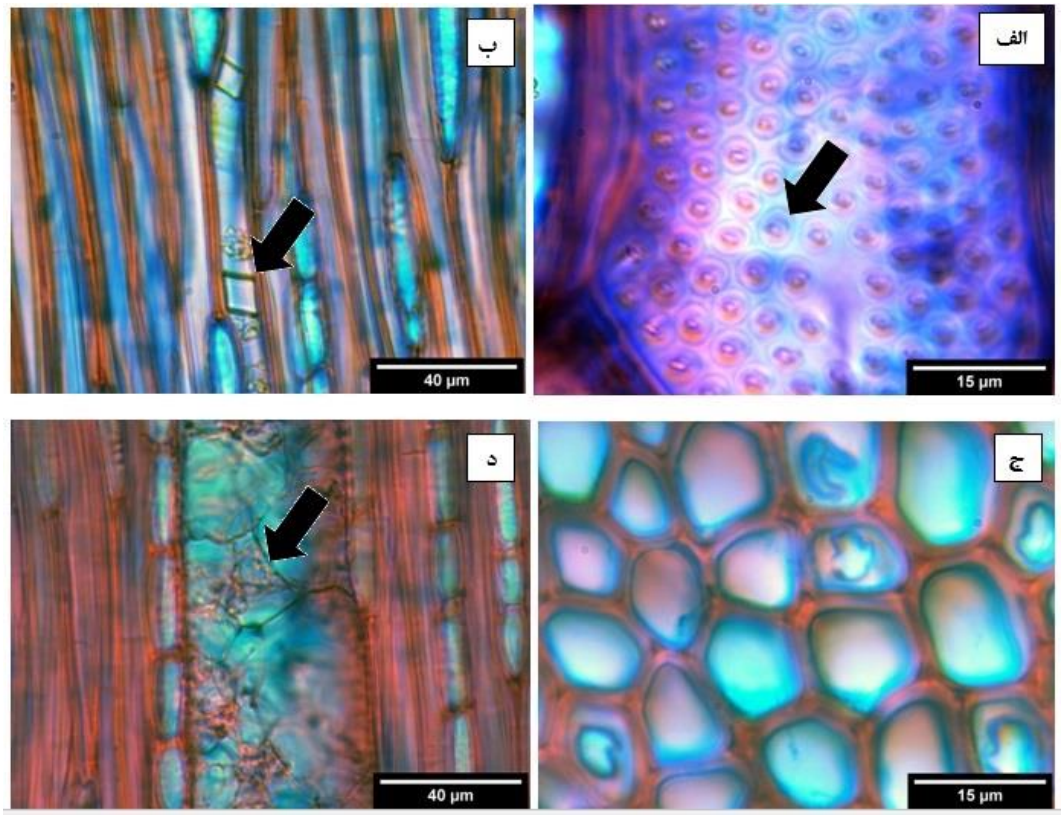
نتایج و بحث

خواص آناتومی

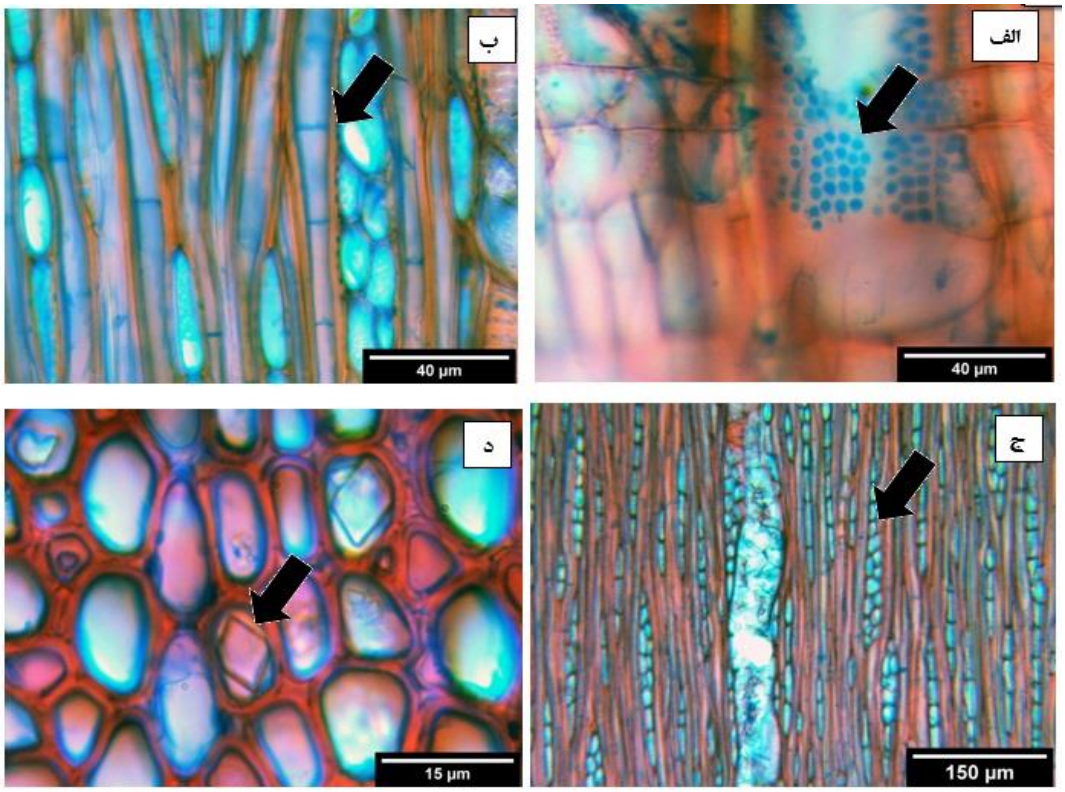
در بررسی سطح مقطع عرضی چوب درخت انار حد رویش مشخص و فیبرهای ژلاتینی مشاهده شد (شکل ۲-ب و ج). همچنین در بررسی سطح مقطع مماسی منافذ بین آوندی متناوب و آستردار، بلور منشوری و ستاره‌ای در فیبر، فیبرهای تقسیم‌شده و حضور تیل در آوندها مشاهده شد (شکل ۳). ارزیابی انجام شده در سطح شعاعی بیانگر وجود اشعه چوبی همگن در این درخت بوده است (شکل ۲-ب). مهم‌ترین خواص آناتومی چوب گونه انار مطابق با فهرست ویژگی‌های میکروسکوپی انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های جهان (IAWA) تنظیم شد (جدول ۱).



شکل ۲- مقطع عرضی (الف، ج) و مقاطع شعاعی (ب) و مماسی (د) چوب انار. فیبرهای ژلاتینی مربوط به چوب کششی به شکل پراکنده در این گونه دیده می‌شوند (ج)



شکل ۳- منافذ بین آوندی متناوب و آستردار (الف)، بلور منشوری و ستاره‌ای در فیبر (ب)، فیبرهای دیواره نازک و فیبرهای ژلاتینی در مقطع عرضی (ج) و حضور تیل در آوند (د) در چوب انار



شکل ۴- منافذ بین آوند و اشعه (الف)، فیبرهای تقسیم‌شده (ب)، اشعه‌های تک یا دو ردیفِ در مقطع مماسی (ج) و بلور در فیبرها (د) در چوب انار

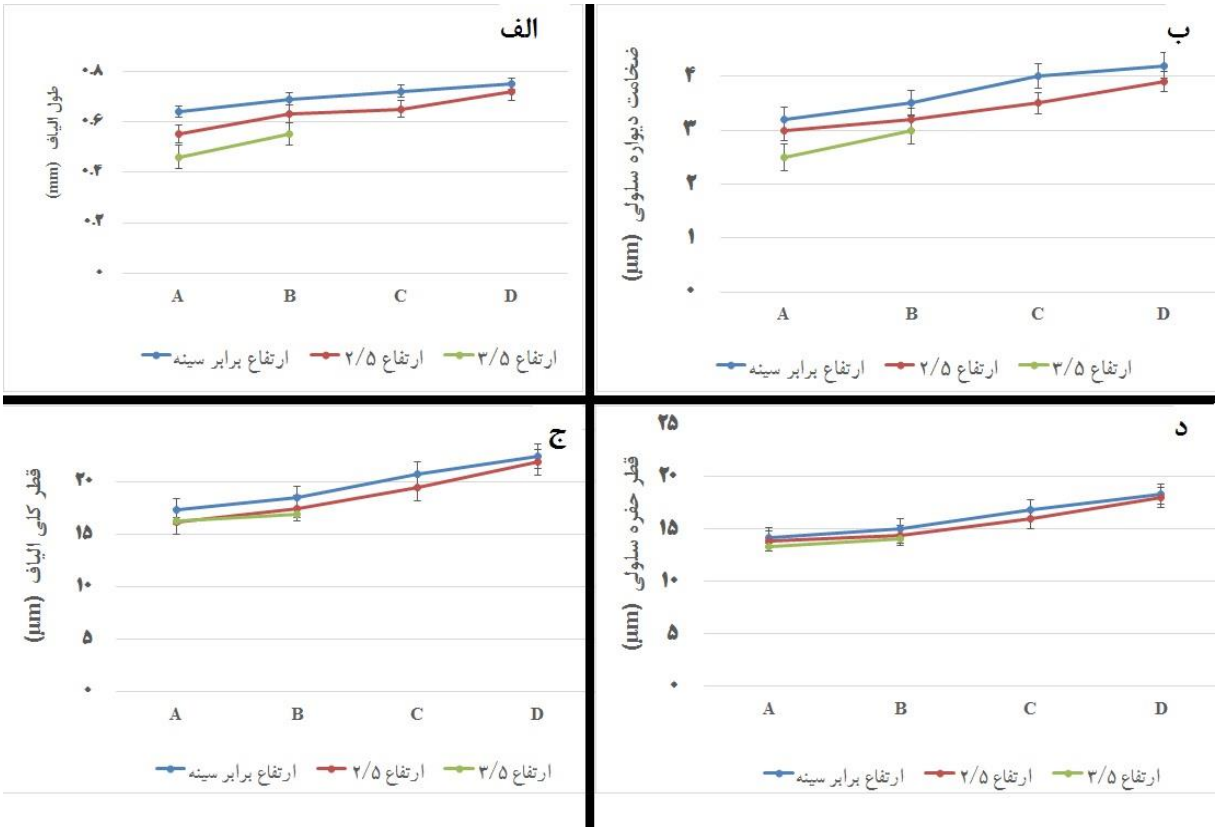
جدول ۱- ویژگی‌های چوب بررسی‌شده انار بر اساس فهرست انجمن بین‌المللی آناتومیست‌های چوب جهان (IAWA) از ویژگی‌های میکروسکوپی برای شناسایی پهن برگان

شماره ویژگی	شرح ویژگی	توضیحات
۱	مرز حلقه‌های رویشی مشخص	مرز حلقه‌های رویشی به‌واسطه حضور فیبرهایی با ضخامت‌های متفاوت در انتهای حلقه رویشی مشخص است.
۵	چوب پراکنده آوند	آوندها در ردیف‌های کوتاه (۴-۲ تایی) در جهت طولی به هم چسبیده‌اند؛ به‌ندرت آوند خوشه‌ای نیز دیده می‌شود.
۱۳	دریچه آوندی ساده	
۲۲	منافذ بین آوندی متناوب	
۲۳	شکل منافذ بین آوندی چند گوش	
۲۴	منافذ بین آوندی ریز (کوچک‌تر از ۴ میکرون)	
۲۹	منافذ آستردار	
۳۰	منافذ بین آوند و اشعه با هاله مشخص: مشابه منافذ بین آوندی	
۴۰	میانگین قطر مماسی آوندها کوچک‌تر از ۵۰ میکرون	
۴۱	میانگین قطر مماسی آوندها بین ۵۰ تا ۱۰۰ میکرون	
۴۹	تعداد آوند در هر میلی‌متر مربع: ۴۰ تا ۱۰۰ عدد	
۵۲	میانگین طول عناصر آوندی کوتاه‌تر از ۳۵۰ میکرون	
۵۶	حضور تیل در آوندها	
۶۱	فیبرها با منافذ ساده یا هاله‌ای بسیار کوچک	
۶۵	فیبرهای تقسیم‌شده حضور دارند	
۶۶	فیبرهای تقسیم‌نشده حضور دارند	
۶۹	فیبرها با دیواره نازک تا ضخیم	تنوع ضخامت فیبرها در بافت زیاد است؛ به‌نحوی‌که فیبرهایی با دیواره نازک ممکن است با پارانشیم محوری اشتباه گرفته شوند. تعدادی فیبر ژلاتینی (مربوط چوب کششی) نیز دیده می‌شوند.
۷۵	پارانشیم محوری غایب یا بسیار نادر	
۹۶	اشعه‌ها منحصراً تک ردیفِ	
۹۷	پهنای اشعه‌ها یک تا سه سلول	عمدتاً دو ردیفه
۱۰۵	تمام سلول‌های اشعه از نوع مربعی/ایستاده	اشعه همگن
۱۰۸	سلول‌های بدنه اشعه خوابیده با بیش از چهار ردیف سلول مربعی / ایستاده در اطراف	اشعه ناهمگن (میزان اشعه‌های همگن بیشتر از ناهمگن بود)
۱۱۶	تعداد اشعه در هر میلی‌متر بیش از ۱۲ عدد	
۱۳۶	بلورهای منشوری حضور دارند	عمده بلورها از نوع منشوری‌اند.
۱۴۳	بلورهای منشوری در فیبرها	
۱۴۴	بلورهای ستاره‌ای حضور دارند	به‌ندرت و تعداد بسیار کم
۱۴۷	بلورهای ستاره‌ای در فیبرها	

خواص بیومتری

تغییرات جهت طولی و عرضی ساقه درخت بر روی خواص بیومتری (طول الیاف، پهنای الیاف، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره سلولی) در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد معنی‌دار می‌باشد. هر چه از پایین ساقه درخت به سمت تاج درخت حرکت کنیم، میانگین طول الیاف کاهش‌یافته

به طوری که بلندترین طول الیاف در ارتفاع قطر برابر سینه، در نمونه D (نزدیک پوست) به میانگین ۰/۷۵ میلی‌متر و کوتاه‌ترین طول الیاف در ارتفاع ۳/۵ متر در محدوده مغز (A) برابر با ۰/۴۶ میلی‌متر بود. میانگین طول الیاف از پوست درخت (نمونه D) به سمت مغز (نمونه A) در سه ارتفاع درخت کاهش یافت (شکل ۵- الف). با افزایش ارتفاع درخت از ارتفاع قطر برابر سینه به سمت بالای درخت (ارتفاع ۳/۵ متر) میانگین ضخامت دیواره سلولی فیبر کاهش‌یافته به طوری که بیشترین میانگین ضخامت دیواره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه در محدوده پوست (نمونه D) برابر با ۴/۲ میکرون و کمترین میانگین ضخامت دیواره سلولی در ارتفاع ۳/۵ متر، محدوده مغز (نمونه A) ۲/۵ میکرون است. تغییرات ضخامت دیواره سلولی از پوست درخت به سمت مغز درخت از یک روند کاهشی تبعیت کرد (شکل ۵- ب). روند تغییرات قطر کلی فیبر در جهت عرضی درخت از نمونه D (نزدیک پوست) به سمت نمونه A (نزدیک مغز) در سه ارتفاع نزولی بود. بیشترین میانگین پهنای الیاف در ارتفاع قطر برابر سینه در نمونه D برابر با ۲۲/۵ میکرون و کمترین قطر کلی الیاف در ارتفاع ۳/۵ متر در نمونه A برابر با ۱۶/۳۱ میکرون بود (شکل ۵-ج). همچنین پهنای الیاف در سه ارتفاع درخت اختلاف داشته است طوری که از ارتفاع برابر سینه به سمت تاج درخت این شاخص کاهش یافت (شکل ۵-ج). از ارتفاع قطر برابر سینه به سمت تاج درخت (ارتفاع ۳/۵ متر) میانگین قطر حفره سلولی کاهش‌یافته به طوری که بیشترین میانگین قطر حفره سلولی در ارتفاع قطر برابر سینه در محدوده پوست (نمونه D) برابر با ۱۸/۳ میکرون و کمترین میانگین قطر حفره سلولی در ارتفاع ۳/۵ متر، محدوده مغز (نمونه A) ۱۳/۲۵ میکرون است. تغییرات قطر حفره سلولی از مغز ساقه به سمت پوست افزایش یافت (شکل ۵- د).



شکل ۵- تغییرات طول الیاف (الف)، ضخامت دیواره سلولی (ب)، قطر کلی الیاف (ج) و قطر حفره سلولی (د) درخت انار در قسمت‌های مختلف ساقه درخت (A: نزدیک مغز، B و C: قسمت میانی ساقه درخت، D: نزدیک پوست)

نتیجه‌گیری

نتایج بیومتری درخت انار نشان داد که هر چه از مغز ساقه درخت فاصله گرفته و به حلقه‌های پایانی چوب (پوست) نزدیک‌تر شدیم خواص بیومتری از قبیل طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی و ضخامت دیواره سلولی افزایش یافت. این تحقیق با بررسی انجام شده توسط hassanpoortichi و rezanezhad (۲۰۱۹) مطابقت دارد [۷] . دلایل متعددی جهت اثبات این ادعا می‌توان بیان کرد. یکی از دلایل اصلی می‌توان به سن کامبیوم اشاره کرد که رابطه مستقیم بین ابعاد الیاف (طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی و ضخامت دیواره سلولی) و سن کامبیوم وجود دارد. با افزایش سن درخت و به تناسب سن کامبیوم، ابعاد الیاف افزایش یافت [۱۱، ۱۳،۱۲] . با توجه به نتایج بیومتری، در محدوده مغز ساقه درخت الیاف از طول کمتر، قطر کلی، قطر حفره سلولی پایین‌تر و ضخامت دیواره سلولی نازک‌تر در مقایسه با چوب نزدیک به پوست دارند. علت آن را می‌توان به این صورت بیان کرد که سلول‌های مادری کامبیوم (دوک‌های اولیه) در منطقه چوب بالغ تکامل یافته تر و ابعاد بزرگ‌تری در مقایسه با چوب جوان دارند و در نتیجه این موضوع سبب شده که الیاف چوبی محدوده پوست (چوب بالغ) از ابعاد بلندتر، بزرگ‌تر و ضخیم‌تر تشکیل گردد [۱۵،۱۴] . همچنین در بررسی اندازه‌گیری طول الیاف، قطر حفره سلولی، قطر کلی الیاف و ضخامت دیواره سلولی در جهت طولی درخت نشان داد که هر چه از پایین درخت (قطر برابر سینه) به سمت تاج درخت حرکت کنیم این ویژگی‌ها کاهش یافتند. این بررسی با تحقیق صورت گرفته توسط Efhamisisiو Saraeyan (۲۰۰۹) مطابقت دارد [۱۶] . دلیل اصلی روند نزولی در کاهش ابعاد الیاف در قسمت تاج درخت نسبت به بن درخت می‌توان به وجود حجم چوب جوان در قسمت فوقانی درخت نسبت داد [۱۵] . در تحقیقی که توسط Gulsoy و همکاران (۲۰۱۴) بر روی ویژگی بیومتری درخت انار کشور ترکیه انجام گرفت، طول الیاف، طول آوند، قطر حفره سلولی، قطر کلی الیاف و ضخامت دیواره سلولی به ترتیب برابر با ۷۴۵/۴، ۵۹۱/۴۸، ۲۰/۹۵، ۱۱/۶۵ و ۹/۳ میکرومتر اندازه‌گیری شد. این نتایج در مقایسه با تحقیق حاضر طول الیاف تقریباً برابر، طول عناصر آوندی بلندتر، ضخامت دیواره سلولی بیشتر، قطر کلی الیاف و قطر حفره سلولی کوچکتر داشته‌اند [۱۷] . بر اساس لیست انجمن بین-المللی آناتومیست‌های جهان طول فیبرها به سه دسته تقسیم می‌شوند: ۱- فیبرهای کوتاه با طول کمتر از ۹۰۰ میکرون، ۲- فیبرهای متوسط با طول ۹۰۰ تا ۱۶۰۰ میکرون و ۳- فیبرهای بلند با طول بیش از ۱۶۰۰ میکرون. در نتیجه طول فیبر چوب درخت انار در دسته دوم قرار می‌گیرد. طول الیاف همبستگی و ارتباط تنگاتنگی با خواص مکانیکی کاغذ ساخته شده دارد و با این نتیجه می‌توان بیان کرد که چوب درخت انار کاربرد نسبتا مناسبی در صنعت کاغذسازی دارد. در بررسی خواص آناتومی درختان انار منطقه نکا در مقایسه با تحقیق صورت گرفته توسط Bridgwater و Pieter (۱۹۷۸) موارد مشابه زیادی از قبیل حدود رویش مشخص، گونه پراکنده آوند، دریچه آوندی ساده، منافذ بین آوندی متناوب، حضور تیل در آوندها، فیبرها با منافذ ساده یا هاله‌ای بسیار کوچک، اشعه‌ها منحصراً تک ردیفِ، بلورهای منشوری و بلورهای ستاره‌ای مشاهده شد. وجه تمایز تحقیق حاضر با تحقیق Bridgwater و Pieter در این بوده که در درختان انار شمال ایران اشعه چوبی همگن دیده‌شده ولی در درختان انار کشور هلند اشعه چوبی ناهمگن رؤیت شد.

سپاسگزاری

نگارندگان از جناب آقای دکتر رضا اولادی عضو هیات‌علمی دانشگاه تهران، دکتر سلمانی ریاست دانشگاه فنی و حرفه‌ای استان مازندران و آقای یونس رسولی که کمک شایان ذکری کرده‌اند صمیمانه قدردانی می‌نمایند.

منابع

[1] http://roostanet.ir/fa/2584

[2] Parsa-pajouh, D. and Schweingruber, F.H., 2001. Atlas of the woods of north of Iran. Tehran University Publications, 136p.

[3] Bridgwater, S. D. and Baas, P., 1978. Wood anatomy of the Punicaceae. IAWA Bull, 1, 3-6.

[4] Hassanpoortichi, A. and Rezanezhad divkolae, M., 2019. Anatomical, physical and biometric properties of *Ficus carica* wood in longitudinal and transverse direction of tree stem. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 34(2): 228-241. (In Persian).

[5] Zindani, D., Kumar, S., Maity, S. R. and Bhowmik, S. 2020. Punica granatum fibers as potential reinforcement of composite structures. Fibers and Polymers, 21(7), 1535-1549

[6] Oladi, R., Gorgij, R., Emaminasab, M. and Nasiriani, S. 2017. Wood anatomy and physical and chemical properties of fast growing Athel tamarisk (Tamarix aphylla L.) *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 7(4): 511-522.

[7] Hassanpoortichi, A. and Rezanezhad Divkolae, M. 2020. Changes of Biometric, Physical and Anatomical Properties of juvenile wood and mature wood of Morus alba tree in Longitudinal and Transverse Directions. Iranian Journal of Wood and Paper Industries, 11(2), 305-316. http://www.ijwp.ir/article_38023.html?lang=en

[8] Kord, B., Kialashkai, A. and Kord, B. 2010. The within-tree variation in wood density and shrinkage, and their relationship in *Populus euramericana*. Turkish Agriculture and Forestry, 34: 121-126. https://doi.org/10.3906/tar-0903-14

[9] Wheeler, E.A., Baas, P. and Gasson, P.E., 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood

identification. IAWA Jornal, 10:219–332.

[10] Franklin, G.L., 1945. Preparation of thin sections of synthetic resins and wood-resin composites, and a new

[11] Zobel, B. and Van Buijtenen, J.P., 1989. Wood variation: Its causes and control. Springer- Verlag, Berlin, Germany, 363p.

[12] Zobel, B. and Sprague, J., 1998. Juvenile wood in trees. Springer-Verlag, New York, p 300.

[13] Mahdavi, S., Hossinzade, A., Familian, H. and Habibi, M.R., 2006. The relationship between fibre dimension and wood density with diameter growth and age in the Eucalyptus camaldulensis Dehnh. Iranian Journal of Wood and Paper Research, 19: 69-95. (In Persian).

[14] Marsoem, S. N., Haryanti, E. and Lukmandaru, G., 2002. Radial and axial variation in the fibre dimensions and cell proportion of Auri (*Acacia auriculiformis*) wood grown in the community forest. The fifth Pacific Regional Wood Anatomy Conference, Hosted by Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia Sep 9-14.

[15] Adamopoulos, S.and Voulgaridis, E., 2002. Within tree variation in growth rate and cell dimensions in the wood of Black locust (*Robinia pseudoacacia*), IAWA, 23:191–199.

[16] Efhamisisi, D. and Saraeyan, A.R., 2009. Evaluation of anatomical and physical properties ofjuvenile/mature wood of *Populus alba* and *Populus* × *euramericana*. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 24(1): 134-147. (In Persian).

[17] Gulsoy, S. K., Kılıç Pekgozlu, A., Aktaş, A. C. 2015. Utilization of the Pomegranate Tree (*Punica granatum* L.) in the Paper Industry. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *39*, 295-299.

Wood anatomy and fiber biometry of pomegranate wood (*Punica granutum L.*) in radial and longitudinal directions of tree

Abstract

In this report, fiber biometry and microscopic features of pomegranate wood were discussed. For this purpose, pomegranate trees were selected and cut from the gardens of Neka city (Mazandaran province). Three discs of 5 cm thickness were prepared at breast height, 2.5 m height, and 3.5 m height. In the transverse direction, the test specimens were cut 2 × 2 cm to 3 cm from the pith to the bark sequentially and were examined. Fiber biometric properties including fiber length, fiber lumen diameter, fiber diameter and cell wall thickness were measured. Also, the anatomical properties of pomegranate wood were studied according to the IAWA list of microscopic features for hardwood identification using a light microscope. Wood anatomical features of pomegranate are as follows: diffuse-porous with multiple vessel groupings in the radial direction (in most cases), homogenous rays, simple perforation plates, alternate intervessel pits, the average length of vessel elements shorter than 350 microns. The results of fiber biometrics showed that there is a significant difference in the length of fibers, the diameter of fibers, the diameter of fiber lumina, and the thickness of the cell wall of the fibers, both in the radial, and in the longitudinal direction of the pomegranate tree stem. So that the biometric properties of the fibers increased from the pith to the bark. The average fiber length, fiber lumen diameter, fiber diameter and cell wall thickness of the fibers were measured as 0.75 mm, 22.5 µm, 18.3 µm and 4.2 µm, respectively.

Keywords: *Punica granatum*, breast height, fiber biometric properties, fiber length.

A. Hassanpoor Tichi[1*]
H. Gholamiyan[2]

[1] Assistant Professor, Department of wood industry, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Wood and Paper Science & Technology, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Corresponding author:
hasanpoortichi@gmail.com

Received: 2022/06/12
Accepted: 2023/01/28