بررسی ویژگی‌های الیاف و ترکیبات شیمیایی چوب دیودال (*Ammodendron persicum*) (مطالعه موردی؛ منطقه زیرکوه خراسان جنوبی)

محمد هادی آریائی منفرد[1*]
علیرضا شاکری[2]
محمد علی خواجه شاهکویی[3]
علی اصغر تاتاری[4]

[1] استادیار گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشکده مهندسی چوب و کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

[2] دانشیار دانشکده شیمی، دانشگاه تهران، ایران

[3] دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قائمشهر، ایران

[4] دانشجوی مقطع دکتری، گروه علوم و مهندسی کاغذ، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران

مسئول مکاتبات:
Hadiaryaie@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۷/۱۷

چکیده

بررسی پتانسیل منابع سلولزی بیابانی از سال‌های گذشته یکی از اولویت‌های تحقیقاتی کشور بوده است. در این پژوهش ویژگی‌های ریخت‌شناسی الیاف چوب-درون و چوب‌برون گونه درختچه‌ای دیودال (*Ammodendron persicum*) با هدف تعیین ویژگی‌های کاربردی و صنعتی آن در ۵ سطح ارتفاعی تنه درخت بررسی شد. همچنین مقدار پلیمرهای اصلی چوب (لیگنین، سلولز و همی‌سلولزها) و خاکستر موجود در چوب تنه و همچنین آنالیز کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مواد شیمیایی موجود در عصاره استخراج شده از آرد چوب تنه و ریشه این گونه مورد ارزیابی قرار گرفت. متوسط طول، قطر، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف چوب‌درون این گونه به‌ترتیب ۱۰۴۱/۲۶، ۱۲/۳۰، ۳/۳۷، ۴/۳۷ میکرون و برای چوب‌برون به‌ترتیب ۹۶۹/۱۹، ۱۱/۷۱، ۲/۹۶، ۴/۴۶ میکرون بود. همچنین نسبت لاغری، انعطاف‌پذیری و رانکل در ارتفاع‌های مختلف برای چوب‌درون به‌ترتیب برابر ۸۴/۱، ۲۷/۴، ۲۶۲/۰۲ و برای چوب‌برون به‌ترتیب برابر ۸۲/۴، ۲۵/۲، ۳۰۲/۹ بود. مقادیر سلولز، همی‌سلولزها، لیگنین و خاکستر برای چوب تنه به ترتیب ۳۸/۹، ۲۴/۷، ۲۹/۸ و ۰/۸ درصد و برای ریشه به‌ترتیب ۴۱/۶، ۲۹/۲، ۲۲/۷ و ۲ درصد اندازه‌گیری گردید. در مجموع ۱۳ ترکیب در تنه و ۱۱ ترکیب در ریشه شناسایی شد که با درصدهای متفاوتی در چوب تنه و ریشه وجود دارند. فراوان ترین ترکیب موجود در چوب تنه، کوزان‌ها (ایکوزان- دوکوزان – تری کوزان- تترا کوزان – پنتا کوزان – هگزا کوزان – هپتا کوزان) و در چوب ریشه اکتا دکان آمید به‌ترتیب به میزان ۴۰ و ۱۶/۱۶ درصد از کل مواد استخراجی مشاهده شد. می‌توان نتیجه گرفت که الیاف و ترکیبات شیمیایی گونه دیودال می‌تواند از نظر جنبه‌های اقتصادی ارزشمند باشد و می‌توان با تبدیل آنها به فرآورده‌های با ارزش افزوده زیاد از آن استفاده بهینه کرد.

واژگان کلیدی: *Ammodendron persicum*، ریخت‌شناسی الیاف، تغییرات طولی، نسبت رانکل، کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی.

مقدمه

رشد روز افزون جمعیت در سال‌های اخیر، نیاز کشور به فرآورده‌های سلولزی و چوبی را شدیداً افزایش داده است. برای پاسخگویی به این نیاز روبه رشد باید از هم اکنون برنامه‌ریزی نمود و طرح‌های اساسی همواره با الگوی مصرف درست مواد لیگنوسلولزی را به مورد اجرا

گذاشت [۱]. در این برنامه ریزی دو هدف عمده باید مد نظر قرار گیرد، یکی استفاده مطلوب و بهینه از مواد لیگنو سلولزی و دیگری بکارگیری منابع جانشین و غیرسنتی که تاکنون به عنوان ماده اولیه صنایع چوب و سلولزی کشور، نقش عمده‌ای نداشته است. در این راستا، شناخت منابع و پتانسیل‌های موجود کشور و استفاده مطلوب از آنها اهمیت ویژه‌ای دارد [۲]. در کشورهایی که دارای منابع محدود جنگلی هستند همواره برای یافتن منابع لیگنو سلولزی جدید و نیز بهبود راندمان استفاده از این منابع اقدامات متعددی صورت گرفته و یا در حال انجام است [۳ و ۴]. در منابع لیگنوسلولزی غیر چوبی بیشتر استفاده از ساقه‌های یک ساله و ضایعات کشاورزی مطرح است و در منابع لیگنوسلولزی چوبی، کاشت گونه‌های تندرشد مناسب و سازگار از اقدامات کشورها می‌باشد [۵ و ۶]. با این حال با توجه به اینکه سطح وسیعی از مساحت کشورمان را مناطق خشک و کویری تشکیل داده است، استفاده از منابع دیگر چوبی به ویژه گونه‌های مقاوم به خشکی و شوری در موارد مختلفی امکان‌پذیر بوده و بایستی مورد توجه ویژه قرار گیرد [۷]. گونه دیودال (*Ammodendron persicum*) قابلیت استفاده برای بیابان-زدایی در مناطق مناسب را داشته و به همین جهت در آینده نزدیک منابع قابل توجهی از این چوب در دسترس خواهد بود [۷]. این گونه درختچه‌ای در ایران صرفا در مناطق زیرکوه قائن و گزیک بیرجند استان خراسان جنوبی و در منطقه خاش استان سیستان و بلوچستان رویش دارد. گونه‌ای است شن دوست و وابستگی خاصی به ماسه بادی دارد. از آنجا که در مناطق خشک رویش دارد، گونه‌ای مقاوم به خشکی و هم ردیف تاغ می‌باشد. حرکت ماسه بادی‌ها در بعضی از مناطق تهدیدی جدی برای ساکنین آن می‌باشد و با ایجاد خسارت‌هایی به مزارع، تاسیسات صنعتی و خانگی امنیت زیست و زندگی را در این مناطق به مخاطره می‌اندازد. تثبیت تل‌ماسه‌ها و جلوگیری از حرکت شن‌های روان به روش‌های مختلف مکانیکی، شیمیایی و زیستی موسوم است که از میان این روش‌ها، تثبیت زیستی خاک‌ها با استفاده از گیاهان سازگار دارای اثرات پایدارتر و سالم تر از نظر زیست-محیطی است و از بیشتر روش‌ها اقتصادی‌تر می‌باشد. بیابان‌زدایی از طریق تثبیت زیستی شامل نهال‌کاری، بذرپاشی و قرق می‌باشد. گونه دیودال به لحاظ تثبیت شن‌های روان و فراهم سازی امکان زیست در این منطقه مرزی از اهمیت زیادی برخوردار است [۷ و ۸]. در ادامه به مهم‌ترین سوابق تحقیقاتی مطالعات آناتومی گونه‌های چوبی و غیرچوبی پرداخته می‌شود که می‌توان آن را مرتبط با پژوهش حاضر دانست.

Amiri و Latibari Jahan (۲۰۰۶) خصوصیات آناتومی، شیمیایی و فیزیکی چوب زرد تاغ (*Haloxylon persicum*) منطقه حارث آباد سبزوار را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد طول الیاف حدود ۳۳۶/۲ میکرون، قطر کلی الیاف ۱۳/۶۱ میکرون، قطر حفره سلولی ۳/۶۸ میکرون و ضخامت دیواره الیاف ۴/۹۹ میکرون است [۸].

Afraz و Hosseini Hashemi (۲۰۱۸) استخراج و شناسایی ترکیب‌های شیمیایی موجود در عصاره استونی پوست سرخدار را به روش کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی (GC/MS) مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که میانگین درصد عصاره استونی پوست سرخدار ۱۳/۶۳ درصد بود و به طور کلی ۴۶ ترکیب در پوست سرخدار مورد شناسایی قرار گرفته است. عمده‌ترین ترکیب های مورد شناسایی شامل: تترا سیلوکسان، دکا متیل- (۱۴/۸۰٪)، هگزا دکانوییک اسید، هیدروکسی استر (۱۱/۲۴٪)، ۳-(۳- آمینو پروپیل)-۶-(۳،۳- دی متیل آلیل آمینو) پیورین (۹/۸۵٪)، دی- ریبوفورانوز، ۱، ۲، ۳، ۵- تتراکیس-O-(هیدروکسی)- (۹/۳۱٪) و ۲- متیل پایرولو[۱، ۲-a]پایرازین-۱(H2)-ان (۶/۷۳٪) بودند [۹].

Miranda و همکاران (۲۰۱۷) ترکیبات شیمیایی و مواد استخراجی چوب‌درون و چوب‌برون گونه بلوط را با استفاده از روش GC/MS مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد ترکیبات قابل استخراج لیپوفیلی کمتر از ۱ درصد بود و بیشتر آنها قطبی بودند. مقدار لیگنین در چوب‌درون و چوب‌برون به ترتیب ۲۸/۱ و ۲۸/۶ درصد بود. ترکیبات قابل استخراج لیپوفیل از چوب‌درون و چوب‌برون شامل اسیدهای چرب اشباع (به ترتیب ۲۳ و ۳۶/۹ درصد) و ترکیبات آروماتیک نیز در چوب‌برون با بیشترین مقدار (۲۲/۹ درصد) بودند [۱۰].

با توجه به موارد ذکرشده در این مطالعه سعی شده است با بررسی ابعاد الیاف و ویژگی‌های شیمیایی چوب گونه دیودال به معرفی و شناخت بهتر آن پرداخته شود، تا در صورت گسترش کشت آن از پتانسیل‌های بالقوه این چوب در موارد مختلف استفاده شود.

مواد و روش‌ها

تهیه نمونه ها

این پژوهش در منطقه زیرکوه در ۱۰۰ کیلومتری شرق شهرستان قائنات (استان خراسان جنوبی) انجام شد. منطقه مورد بررسی با وسعت ۱۳۴۳۲۰ هکتار در محدوده عرض جغرافیایی "۱۶ '۲ °۳۳ تا "۲ '۱۵ °۳۴ و طول جغرافیایی "۱ '۵۶ °۵۹ تا "۲۹ '۴۰ °۶۰ واقع شده است [۷]. برای اندازه‌گیری ابعاد الیاف و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی چوب گونه دیودال، به طور تصادفی تعداد ۳ اصله درخت سالم و بدون عیب (ارتفاع ۳ متر، قطر تقریبی ۱۰ سانتی‌متر و با سن تقریبی ۱۰-۸ سال) انتخاب و قطع شد. سپس دیسک‌هایی از پنج سطح ارتفاعی ۵، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد کل تنه درخت‌ها تا قبل از تاج، جدا شد.

وابری الیاف

برای تهیه نمونه‌های بیومتری تراشه‌هایی به طول ۳-۲ سانتی‌متری و ضخامت ۳-۱ میلی‌متر از چوب‌درون و چوب برون تهیه شدند. سپس تراشه‌ها در محلول اسید استیک و آب اکسیژنه به نسبت یک به یک مطابق با روش فرانکلین [۱۱] در لوله آزمایش ریخته و محتوی تراشه و محلول به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۶۰±۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از آن لوله‌های آزمایشی محتوی تراشه چوب و محلول از آون خارج و با آب مقطر شستشو داده شدند. نمونه‌های شسته‌شده را در آب مقطر غوطه‌ور نموده و با تکان دادن آن الیاف جداسازی شدند. پس از جدا سازی کامل یک قطره محلول زافرانین درون لوله آزمایش ریخته تا رنگ‌آمیزی الیاف صورت گیرد.

اندازه‌گیری ابعاد الیاف

برای اندازه‌گیری طول الیاف از میکروسکوپ دو چشمی الیمپوس و با استفاده از عدسی شیئی با بزرگنمایی ۴X (به دلیل بلند بودن الیاف) و برای اندازه-گیری قطر الیاف و قطر حفره سلولی از عدسی شیئی با بزرگنمایی ۴۰X استفاده گردید. از هر ارتفاع ۴۵ عدد لیف از چوب‌درون و تعداد ۴۵ لیف از چوب‌برون و همچنین در مطالعه تغییرات عرضی از هر حلقه ۴۵ عدد لیف و بنابراین در مجموع ابعاد ۴۹۵ عدد فیبر برای هر تنه اندازه‌گیری شد. همچنین عکس میکروسکوپی از مقاطع مختلف نمونه‌های چوبی توسط میکروسکوپ نوری الیمپوس مدل AH 3-RFCA مجهز به دوربین عکاسی تهیه شد.

محاسبه نسبت‌های کاغذسازی

ضخامت دو دیواره سلولی از تفاضل قطر فیبر و قطر حفره به دست آمد. در این مرحله همچنین نسبت لاغری، نسبت نرمش و نسبت رانکل طبق فرمول‌های زیر محاسبه شدند.

جدول ۱- ضرایب بیومتریک [۱۲]

نسبت	فرمول
در هم رفتگی (ضریب لاغری)	L/d
نرمش (انعطاف پذیری)	C/d×100
نسبت رانکل	2P/C

L= طول الیاف d= قطر الیاف C= قطر حفره سلولی P= ضخامت دیواره سلولی

اندازه‌گیری ویژگی‌های شیمیایی

از نمونه‌های چوب تنه و ریشه مقدار مواد لیگنین و خاکستر به‌ترتیب طبق استانداردهای شماره T222 om-02، T211 om-02 آئین‌نامه تاپی ارزیابی گردید. اندازه‌گیری سلولز نیز طبق روش Rowell و Young (۱۹۹۷) به کمک اسید

نیتریک:اتانول انجام گرفت [۱۳]. از نمونه‌های چوبی تنه و ریشه گونه دیودال به‌طور جداگانه و به کمک حلال استون طبق استانداردهای T264 cm-97 مواد استخراجی موجود در آرد چوب استخراج گردید. پس از انحلال کامل مواد استخراجی، محلول حاصل در دستگاه تبخیرکننده تحت خلاء دوار تحت دمای کم حلال‌گیری شد. مواد باقیمانده موجود در ته بالن به ظرف نمونه منتقل شده و سپس توسط گاز بی اثر ازت، بقیه حلال تبخیر و تغلیظ گردید. متیله نمودن نمونه‌های استخراج شده پیش از تزریق به دستگاه کروماتوگرافی گازی- طیف‌سنج جرمی (GC-MS) به شرح ادامه انجام شد. حدود ۱۰ میلی-لیتر از عصاره (ماده روغنی شکل) به دست آمده را به همراه ۳۰ میکرولیتر واکنش‌گر بور تری فلوئورید-متانول و حدود ۱۵ میکرولیتر پیریدین مخلوط شد و در لوله آزمایش در بسته به مدت یک ساعت در حمام بن ماری با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از سردشدن، نمونه به دستگاه کروماتوگرافی گازی با مشخصات زیر تزریق گردید. دستگاه GC-MS مورد استفاده برای شناسایی ترکیبات استخراج شده دستگاه GC-MS از نوع Agilent -Technology مدل ۵۹۷۵ مجهز به‌ستون مویینه MS-DB5 به‌طول ۴۰ متر ۰/۰۱۸ میلی‌متر ضخامت لایه داخلی و قطر ۰/۱۸ میکرون استفاده شد. برنامه حرارتی آون ۵ دقیقه در ۶۰ درجه سانتی‌گراد با شیب ۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه و سپس ۱۰ دقیقه در دمای ۲۷۵ درجه سانتی‌گراد بود. دمای محل تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. گاز حامل هلیم (He) و سرعت حرکت آن ۰/۹ میلی‌متر بر دقیقه بود. نسبت شکافت ۱به ۴۳ و مقدار تزریق ۱/۰ میکرولیتر از نمونه بود دمای منبع یونیزاسیون ۲۳۰درجه سانتی‌گراد و مد یونیزاسیون EIو انرژی یونیزاسیون ۷۰ eV بود. اندیس بازداری اجزاء نمونه با استفاده از برنامه رایانه‌ای محاسبه شد در نهایت اجزاء اسانس با استفاده از مقایسه طیف-های جرمی بدست آمده با طیف‌های جرمی استاندارد موجود در کتابخانه الکترونیک ۲۰۰۰ Wiley موجود در نرم افزار Lab solution دستگاه GC-MS و محاسبه اندیس بازداری استاندارد بر اساس سری و مقایسه آنها با اعداد C-8-C- آلکان-های ۲۸ استاندارد موجود در مراجع شناسایی شدند [۱۴]. حلال استن و مواد شیمیایی به کار رفته در آزمایش از شرکت Merck آلمان تهیه شدند.

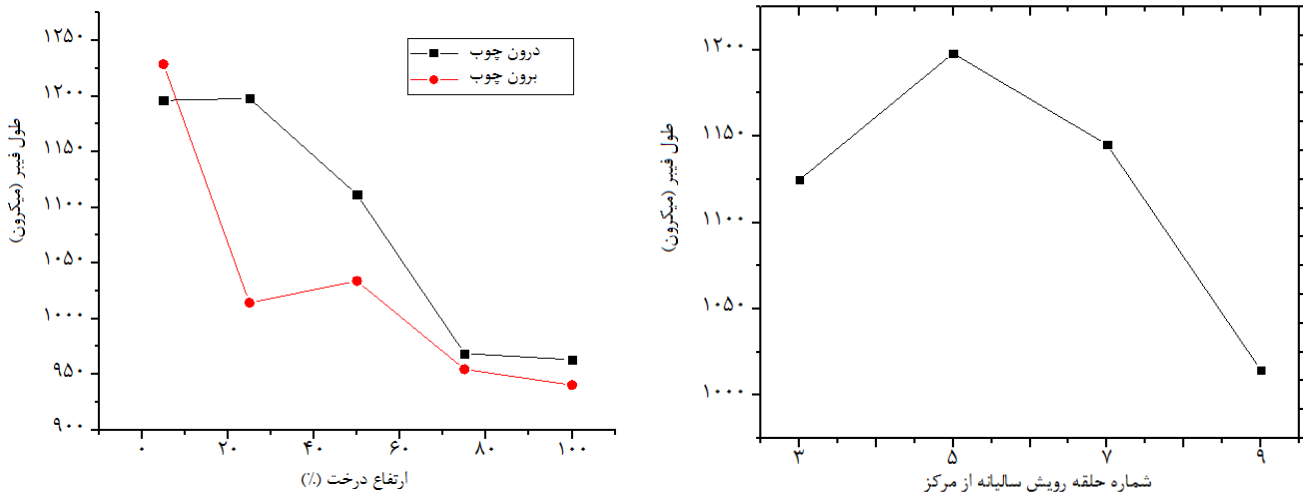
نتایج و بحث

طول الیاف

بررسی تغییرات طول الیاف در عرض تنه نشان داد بیشترین طول مربوط به‌حلقه رویش سالانه ۵ بوده و با حرکت به سمت چوب‌برون به‌تدریج از طول الیاف کاسته می‌شود. در شکل ۱ روند تغییرات طول الیاف در ارتفاع-های مختلف گونه دیودال قابل مشاهده است. چوب‌درون و چوب‌برون این گونه روند مشابهی را از نظر تغییر در طول لیف دارا بود. در ۵ درصد ارتفاعی درخت بلندترین الیاف قابل مشاهده بوده و با افزایش ارتفاع طول الیاف به‌طور معنی‌داری از طول الیاف کاسته شد. میانگین کلی طول الیاف در چوب‌درون ۱۰۸۷ میکرون و در چوب‌برون ۱۰۳۴ میکرون می‌باشد که از این لحاظ در مقایسه با طول الیاف گونه سفید تاغ که توسط Toghraie و همکاران (۲۰۰۸) ۲۸۹ میکرون گزارش شده حدود ۳/۷ برابر بیشتر است [۱۵]. به طور کلی، الیاف گونه‌های چوبی از نظر طولی در سه سطح طبقه‌بندی می‌شوند: دسته اول الیاف کوتاه، با طول کمتر از ۰/۹ میلی‌متر، دسته دوم الیاف متوسط با طول بین ۰/۹ تا ۱/۹ میلی‌متر، دسته سوم الیاف بلند، با طول بیشتر از ۱/۹ میلی‌متر. با توجه به نتایج به دست آمده، الیاف چوب دیودال در این دسته‌بندی با طول متوسط ۰/۹۷ میلی‌متر در گروه الیاف متوسط قرار می‌گیرد. طول الیاف چوب دیودال بسته به‌سطح ارتفاع و موقعیت دایره رویش سالانه که نمونه از آن تهیه شده از ۵۰۰ تا ۱۳۰۰ میکرون متغیر است که جزء الیاف کوتاه تا متوسط پهن‌برگان قرار می‌گیرد.

اندازه‌گیری ویژگی‌های الیاف چوب دیودال نشان می-دهد به غیر از طول بلندتر نسبت به الیاف چوب تاغ قطر کلی، قطر حفره سلولی و ضخامت دیواره الیاف این گونه با اعداد گزارش شده توسط Toghraie و همکاران (۲۰۰۸)

شباهت زیادی دارد. نتایج نشان داد الیاف این گونه قطر حفره بسیار باریک و دیواره سلولی ضخیمی دارا می‌باشد [۱۵]. از نقطه نظر کاغذسازی چوب‌های با الیاف بلند، درصد کم آوند و اشعه چوبی و درصد زیاد فیبرهای با غشای نازک توصیه می‌شوند [۱۶]. نظر به ویژگی‌های الیاف دیودال می‌توان نتیجه گرفت که این گونه به تنهایی مناسب کاغذسازی نمی‌باشند، اما ممکن است برای ایجاد ویژگی‌هایی از قبیل ماتی و بهبود شکل‌گیری کاغذ به ترکیب خمیر افزوده شوند یا به‌عنوان ماده اولیه برای تولید ترکیبات شیمیایی با ارزش افزوده زیاد مورد استفاده قرار گیرد.



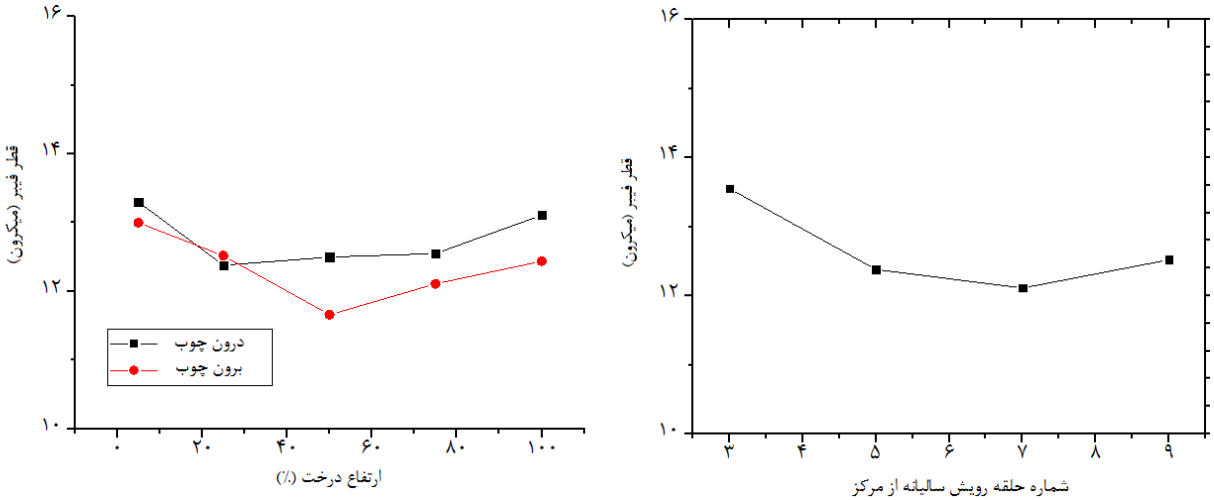
شکل ۱- تغییرات طول الیاف. (راست) در عرض تنه درخت و (ب) در ارتفاع‌های مختلف تنه درخت

قطر الیاف

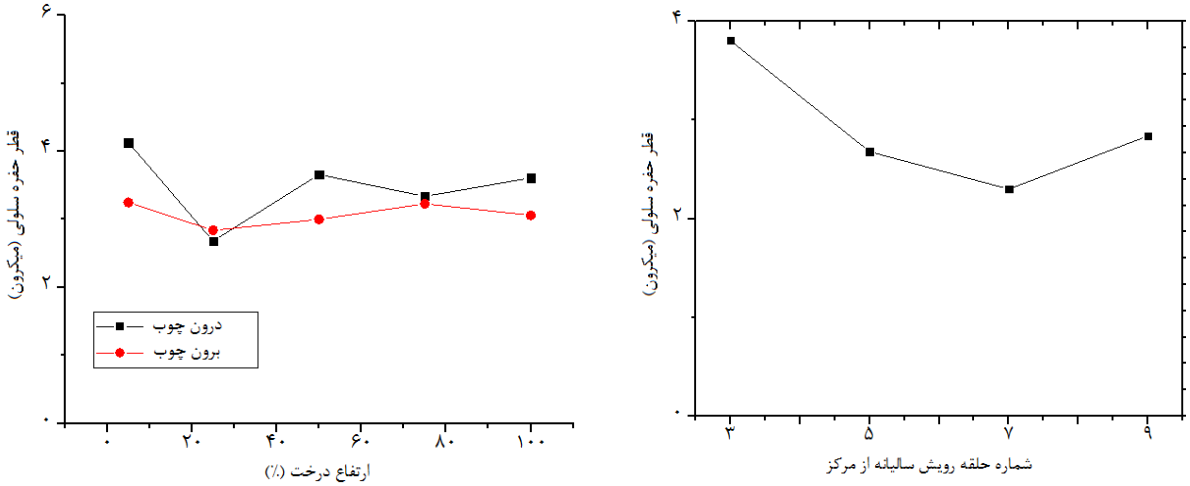
قطر الیاف چوب‌درون در عرض تنه درخت تغییرات معنی‌داری نداشت (شکل ۲). الیاف ۵ درصد ارتفاعی چوب‌برون بیشترین قطر را دارا بودند، ولی با افزایش ارتفاع تنه تغییر معنی‌داری در قطر الیاف مشاهده نشد. بیشترین قطر فیبر به سومین حلقه رویش سالانه و در مجاورت مرکز تنه مربوط بود. با دور شدن از مرکز به سمت چوب‌برون روند کاهشی مشاهده شد، اما مجددا در نهمین حلقه رویش سالانه اندکی افزایش در قطر الیاف اتفاق افتاد. الیاف با دیواره ضخیم مانند میله‌های سلولزی کوچکی عملی می‌کنند که به راحتی خم نمی‌شوند و قابلیت اتصال خوبی در ساختار کاغذ ندارند، بنابر این کاغذ با سطح ناصاف تولید می‌کنند که تثبیت جوهر چاپ روی آن به‌خوبی صورت نمی‌گیرد ولی افزایش قطر الیاف تاثیر مهمی بر مقاومت‌های خمشی، کششی و پارگی کاغذ دارد [۱۷].

قطر حفره سلولی الیاف

روند کلی تغییر قطر سلولی الیاف چوب‌درون در شکل ۳ نشان داده شده است. بیشترین قطر حفره سلولی در درصد ارتفاع ۵ درصد مشاهده شد و با افزایش ارتفاع از این قطر کاسته شد. اما در چوب‌برون تغییرات قطر حفره سلولی الیاف در طول تنه درخت معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج نشان می‌دهد بیشترین قطر حفره سلولی در الیاف حلقه رویش سالانه مجاور مرکز تنه (حلقه شماره ۳) موجود بوده و در سایر حلقه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح خطای آزمایش ۵ درصد وجود ندارد.



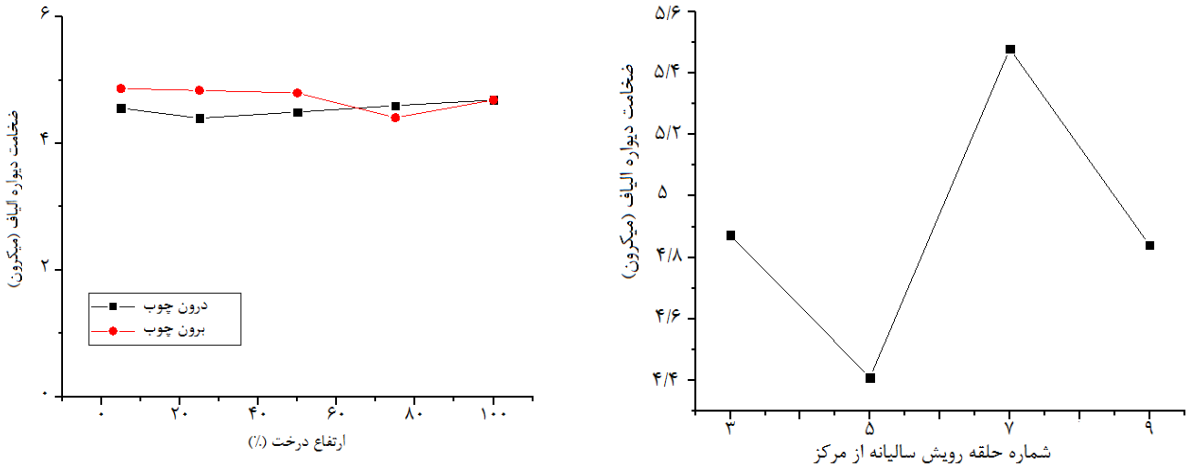
شکل ۲- تغییرات قطر الیاف. (راست) در عرض تنه درخت و (ب) در ارتفاع‌های مختلف تنه درخت



شکل ۳- تغییرات قطر حفره سلولی الیاف. (راست) در عرض تنه درخت و (ب) در ارتفاع‌های مختلف تنه درخت

ضخامت دیواره الیاف

علیرغم اینکه روند تغییرات ضخامت دیواره الیاف در چوب‌درون نشان دهنده یک تغییر صعودی از ارتفاع کم به سمت ارتفاع زیادتر تنه درخت بود، اما این تغییرات معنی-دار نبودند. از سوی دیگر ضخامت دیواره الیاف با افزایش ارتفاع روندی کاهشی را نشان داد که این تغییرات نیز معنی‌دار نبود. همچنین نمودار مورد بحث بیشتر بودن ضخامت دیواره سلولی الیاف چوب‌برون نسبت به الیاف چوب‌درون را نشان داد (شکل ۴).

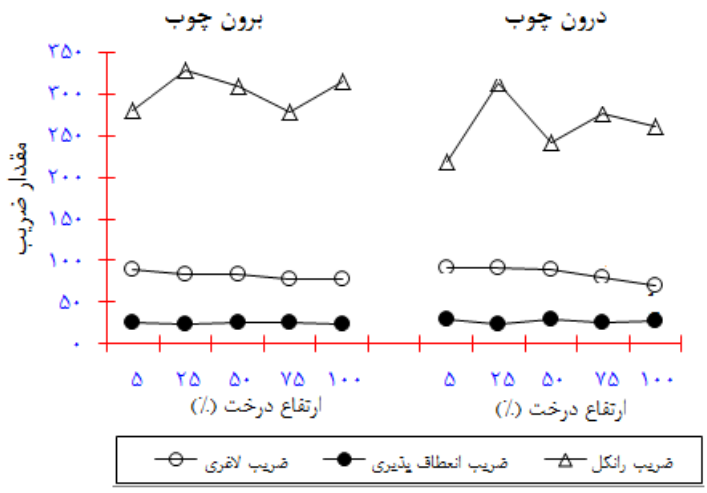


شکل ۴- تغییرات ضخامت دیواره الیاف. (راست) در عرض تنه درخت و (ب) در ارتفاع‌های مختلف تنه درخت

ضرایب کاغذسازی

ارتفاع درخت

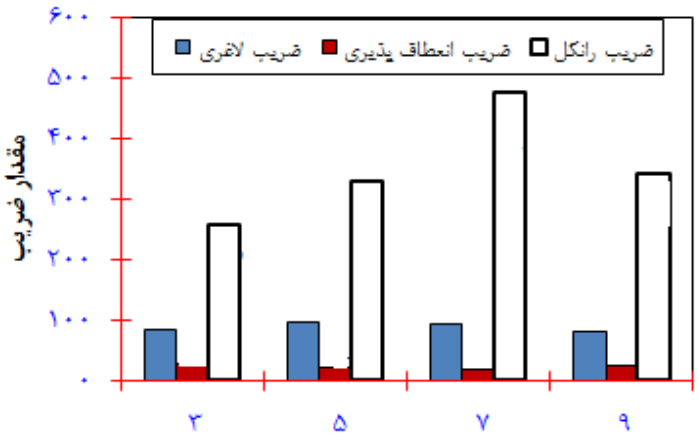
بررسی‌ها نشان می‌دهد بیشترین ضریب لاغری در میان الیاف چوب‌برون در سه سطح ارتفاعی پائین درخت مشاهده می‌شود و در دو سطح ارتفاعی بالائی از ضریب لاغری الیاف به‌طور معنی‌داری کاسته می‌شود (شکل ۵). میانگین ضریب لاغری محاسبه شده در بین چوب‌درون و چوب‌برون ۸۷/۶۳ بود. هرچه ضریب لاغری پائین‌تر باشد، مقاومت مکانیکی کاغذ یا تخته فیبر تولیدی کمتر خواهد بود. مقایسه نتایج نشان می‌دهد چوب دیودال از ضریب لاغری بالاتری نسبت به چوب تاغ (۲۴/۷۲) گزارش شده توسط Amiri و Jahan Latibari (۲۰۰۶) برخوردار می‌باشد [۸]. تغییرات ضریب انعطاف‌پذیری چوب‌درون نشان می‌دهد بیشترین ضریب انعطاف‌پذیری در ۵ درصد ارتفاعی وجود دارد. کاهش در ضریب انعطاف‌پذیری ۲۵ درصد به کاهش شدید در قطر حفره سلولی در این ارتفاع مربوط می‌باشد. بررسی تغییرات ضریب انعطاف‌پذیری چوب‌برون نشان داد این تغییرات معنی‌دار نبود. نسبت رانکل محاسبه شده برای الیاف چوب‌درون نوساناتی دارد که علت آن مشخص نیست و نیازمند بررسی‌های بیشتری است. بیشترین نسبت رانکل به الیاف ۲۵ درصد ارتفاعی اختصاص دارد، اما این اختلاف با الیاف ۷۵ درصد ارتفاعی معنی‌دار نبود. نسبت رانکل الیاف برون‌چوب در هیچ کدام از سطوح ارتفاعی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت. میانگین ضریب لاغری محاسبه شده در بین چوب‌درون و چوب‌برون ۸۷/۶۳ بود. هرچه ضریب لاغری کمتر باشد، مقاومت مکانیکی کاغذ یا تخته فیبر تولیدی کمتر خواهد بود. مقایسه نتایج نشان می‌دهد چوب دیودال از ضریب لاغری بالاتری نسبت به چوب تاغ (۲۴/۷۲) گزارش شده توسط Amiri و Jahan Latibari (۲۰۰۶) برخوردار می‌باشد [۸]. ضریب لاغری یکی از عوامل مهم در کیفیت و مقاومت‌های مکانیکی کاغذ است. هر چه ضریب انعطاف‌پذیری بیشتر باشد، کاغذ بدست آمده انعطاف‌پذیری بیشتری در برابر ترکیدن و یا گسیخته‌شدن از خود نشان می‌دهد. هر چه قطر حفره بزرگتر باشد، فشردگی الیاف بهتر صورت می‌گیرد.



شکل ۵- تغییرات ضرایب بیومتری در ارتفاع‌های مختلف درخت

عرض درخت

شکل ۶ نشان می‌دهد حلقه‌های رویش سالانه موجود در مجاورت مرکز تنه و همچنین حلقه سالانه ۹ که در چوب‌برون قرار دارد ضریب لاغری کمتری نسبت به دو حلقه میانی ۵ و ۷ دارا می‌باشند. همانند قطر حفره سلولی، بیشترین ضریب انعطاف‌پذیری در الیاف حلقه رویش سالانه مجاور مرکز تنه (حلقه شماره ۳) موجود بوده و در سایر حلقه‌ها تفاوت معنی‌داری در سطح خطای آزمایش ۵ درصد موجود نمی‌باشد. نمودار روند تغییرات ضریب رانکل نشان می‌دهد از سمت مرکز تنه تا هفتمین حلقه رویش سالانه این ضریب افزایش نشان می‌دهد، اما پس از آن کاهش نشان می‌دهد.



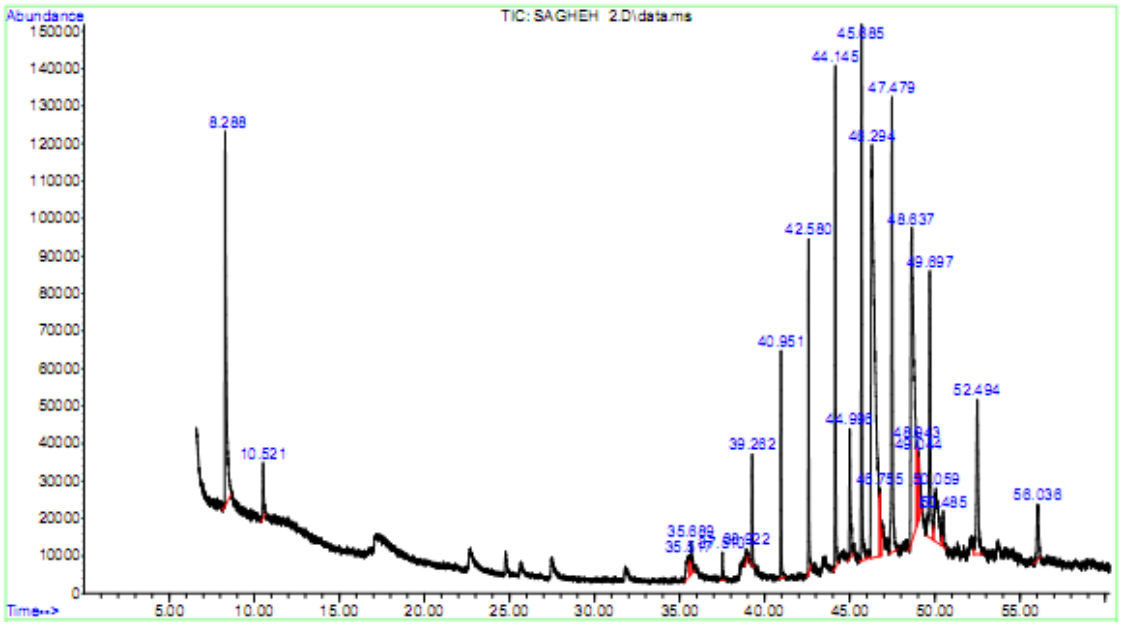
شکل ۶- تغییرات ضرایب بیومتری در عرض تنه درخت

ویژگی‌های شیمیایی

مقادیر ترکیبات اصلی چوب دیودال (سلولز، همی-سلولزها و لیگنین) و خاکستر برای چوب تنه و ریشه در جدول ۲ آورده شده است. شکل ۷، کروماتوگرام GC-MS نمونه استخراج شده از آرد چوب تنه درختچه دیودال را نشان می‌دهد. همچنین در جدول (۳)، اطلاعات به‌دست آمده در مورد ترکیبات موجود در این عصاره گردآوری شده است.

جدول ۲- نتایج آنالیز شیمیایی چوب ریشه و تنه گونه دیودال

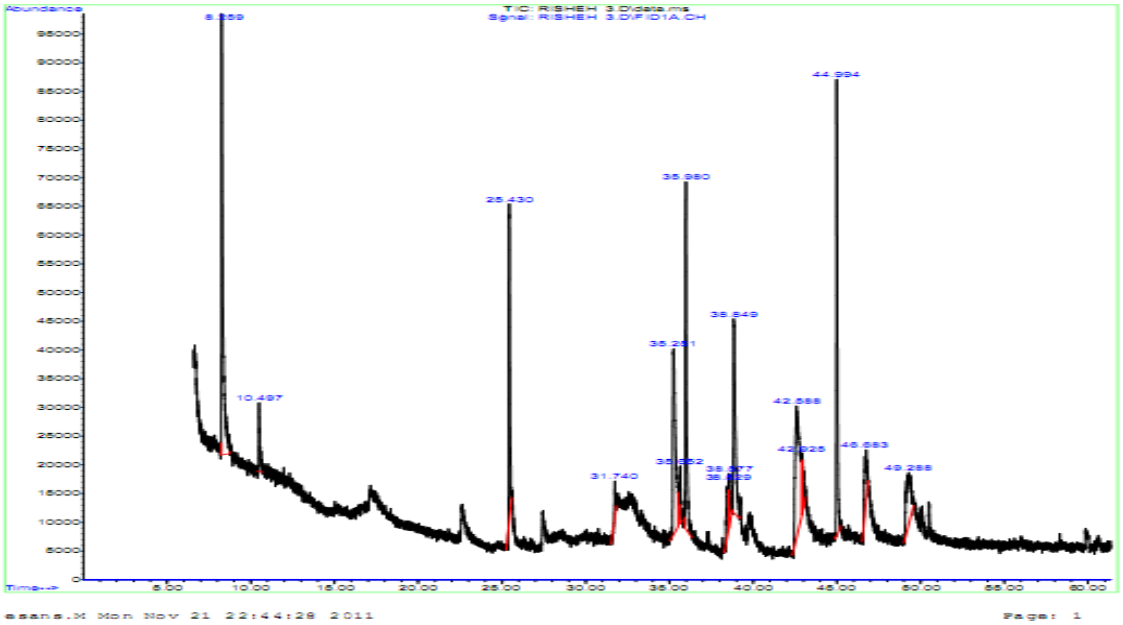
بخش مورد مطالعه	سلولز (٪)	همی-سلولزها(٪)	لیگنین(٪)	خاکستر(٪)
تنه	۴۲/۷	۲۴/۷	۳۱/۸	۰/۸
ریشه	۳۹/۶	۲۹/۲	۲۹/۲	۲



شکل ۷- کروماتوگرام گازی ترکیبات شیمیایی عصاره چوب تنه درخت دیودال با حلال استن

جدول ۳- ترکیبات شناسایی شده در عصاره چوب تنه درختچه دیودال

ردیف	نام ترکیب	وزن مولکولی	زمان بازداری (دقیقه)	سطح زیر پیک (٪)
۱	کوزان‌ها (ایکوزان- دوکوزان- تری کوزان- تترا کوزان- پنتاکوزان- هگزا کوزان- هپتا کوزان)- (همگی از آلکان‌ها می‌باشند)	۲۲۸-۳۸۰	۳۹/۲۶-۵۶/۰۳	۴۰
۲	۳،۳'،۴،۴'-تترا متوکسی استیلبن	۱۸۰/۲۵	۴۶/۲۹۱	۲۳/۵۷
۳	۵.بتا-پرژن-۷-ان-۳،۲۰-دیون	۳۱۶/۴۸	۴۸/۶۳۹	۱۵/۲۴
۴	متیل مورفولین	۱۰۱/۱۵	۸/۲۸۸	۷/۵۹
۵	دی اکتیل استر	۳۴۰/۵	۴۴/۹۹۸	۲/۴۲
۶	پرژنا-۵،۲۰-دی ان-۳أل	-	۴۸/۹۴۳	۱/۷۱
۷	۵،'۴-دی هیدروکسی-۶،۷-دی متوکسی فلاون	۳۱۴	۴۹/۰۴	۱/۵۶
۸	لوریک اسید	۲۰۰/۳۲	۳۵/۵۱۵	۰/۸۶
۹	n-دکان (هیدروکربن سیرشده)	۱۴۲/۲۸	۱۰/۵۲	۰/۸۵
۱۰	ژیبرلیک اسید	۳۴۶/۳۷	۵۰/۴۸۳	۰/۷۵
۱۱	نونا دکان (هیدروکربن سیرشده)	۲۶۸/۵۲	۳۵/۶۸۹	۰/۷
۱۲	آلکان	۲۸۲/۵۵	۳۷/۵۰۷	۰/۳۶
۱۳	استئاریک اسید (اسید چرب)	۲۸۴/۴۸	۳۸/۹۲۳	۰/۲۲



شکل ۸- کروماتوگرام گازی ترکیبات شیمیایی عصاره چوب ریشه درختچه دیودال با حلال استن

جدول ۴- ترکیبات شناسایی شده در عصاره چوب ریشه درخت دیودال

ردیف	نام ترکیب	وزن مولکولی	زمان بازداری (دقیقه)	سطح زیر پیک (٪)
۱	اکتا دکان آمید (z)	-	۴۲/۵۹۱	۱۶/۱۶
۲	پروپیل استر	۳۲۴/۵۴	۸/۲۶۲	۱۵/۹۵
۳	پنتا دکان کربوکسیلیک اسید (اسید چرب)	۲۵۶/۴۲	۳۵/۲۴۹	۱۱/۸
۴	ایزو دسیل اکتیل فتالات	-	۴۴/۹۹۱	۱۱/۶
۵	تریتان	۲۴۴/۳۳	۳۵/۹۸	۱۰/۹۵
۶	بنزن متانول، آلفا، آلفا-دی فنیل	۲۶۰/۳۳	۳۸/۸۴۶	۹/۴۵
۷	بوتیلات هیدروکسی تولوئن فنول(BHT- نام تجاری)	۲۲۰/۳۵	۲۵/۴۳۰	۷/۷۹
۸	۵- پرژن -۲۰،۳-دیون	۳۱۴/۴۶	۴۹/۲۸۶	۵/۸۵
۹	H۴ – سیکلو پنتا [def] چرسین	-	۴۶/۶۸	۲/۶۳
۱۰	اکتا دکان	۲۵۴/۴۹	۳۵/۶۵۱	۱/۲۳
۱۱	۶،۴،۳-تری- أ- متیل گلوکز بوتانوئیک اسید،۳-اگزو اتیل استر	-	۳۱/۷۴۳	۰/۶۷

شکل ۸ کروماتوگرام GC-MS نمونه استخراج شده از آرد چوب ریشه درخت دیودال را نشان می‌دهد. همچنین در جدول ۴، اطلاعات بدست آمده در مورد ترکیبات موجود در این عصاره گردآوری شده است.

در این تحقیق، از ترکیبات شناسایی شده چوب تنه و ریشه درخت دیودال، بخشی جزء اسیدهای چرب و بخشی جزء آلکان‌ها و هیدروکربن‌های سیرشده هستند. در مجموع ۱۳ ترکیب در چوب تنه و ۱۱ ترکیب در چوب ریشه مشاهده شده است. عمده ترین ترکیب شناسایی شده، در چوب تنه کوزان‌ها بودند که حدود ۴۰ درصد و در چوب ریشه نیز اکتا دکان آمید با حدود ۱۶/۱۶ درصد بوده است که در این تحقیق توسط حلال استن استخراج شده است. در عصاره چوب تنه درخت دیودال ۱۳ ترکیب شناسایی شده که ۹۵/۸۳ درصد کل آن را تشکیل می‌دهد و از عصاره چوب ریشه درخت دیودال ۱۱ ترکیب شناسایی شده که در مجموع ۹۴/۰۸ درصد کل آن را تشکیل می‌دهد. هر دو عصاره منبع غنی از هیدروکربن-های سیر شده (اشباع شده) و اسیدهای چرب هستند. در عصاره چوب تنه حدود ۴۰ درصد از ترکیبات شیمیایی موجود بیانگر ترکیبات اشباع شده‌ای به نام کوزان‌ها

(ایکوزان، دو کوزان، تری کوزان، تترا کوزان، پنتا کوزان، هگزا کوزان، هپتا کوزان و...) می‌باشد که بین ۲۰ تا ۲۵ کربن اشباع شده دارد (جدول‌های ۴ و ۵).

این ترکیبات باعث کیفیت خوب سوخت، بهبود اشتعال‌پذیری و ظرفیت گرمایی زیاد این چوب گردیده است [۱۸ و ۱۹]. کوزان‌های شناسایی شده در تنه (ایکوزان، دوکوزان، تری کوزان، تترا کوزان، پنتا کوزان، هگزا کوزان و هپتا کوزان) که همگی از آلکان‌ها می‌باشند با ۴۰ درصد بیشترین درصد موجود بودند و همچنین ۴،۴،'۳،۳-تترا متوکسی استیلبن، ۵.بتا-پرژن-۷-ان-۲۰،۳-دیون، متیل مورفولین، دی اکتیل استر، پرژنا-۲۰،۵-دی ان-۳أل، ۴،'۵-دی هیدروکسی-۷،۶-دی متوکسی فلاون، لوریک اسید، n -دکان، ژیبرلیک اسید، نونا دکان، ۱۰-متیل نونا دکان، استئاریک اسید به ترتیب با درصدهای ۲۳/۵۷، ۱۵/۲۴، ۷/۵۹، ۲/۴۲، ۱/۷۱، ۱/۵۶، ۰/۸۶، ۰/۸۵، ۰/۷۵، ۰/۷۰، ۰/۳۶ و ۰/۲۲ از دیگر ترکیبات شناسایی شده بودند که در مجموع ۹۵/۸۳ درصد ترکیبات استخراجی را تشکیل می‌دهند. از عصاره چوب ریشه درخت دیودال ۱۱ ترکیب شناسایی شد که اکتا دکان آمید و پروپیل استر به ترتیب با درصدهای ۱۶/۱۶ و ۱۵/۹۵ بیشترین درصد ترکیبات شیمیایی موجود در چوب ریشه درخت دیودال بودند و همچنین پنتا دکان کربوکسیلیک اسید، ایزو دسیل اکتیل فتالات، تریتان، بوتیلات هیدروکسی تولوئن فنول، ۵- پرژن -۲۰،۳-دیون، ۴ H – سیکلو پنتا [def] چرسین، اکتا دکان و ۶،۴،۳- تری- أ- متیل گلوکز بوتانوئیک اسید،۳-اگزو اتیل استر به ترتیب بادرصدهای ۱۱/۸۰، ۱۱/۶۰، ۱۰/۹۵، ۹/۴۵، ۷/۷۹، ۵/۸۵، ۲/۶۳، ۱/۲۳ و ۰/۶۷ از دیگر ترکیبات شیمیایی موجود در ریشه بودند که در مجموع ۹۴/۰۸ درصد ترکیبات شیمیایی موجود را تشکیل می‌دهند.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق ابعاد الیاف و ترکیبات شیمیایی گونه دیودال منطقه زیرکوه قائن استان خراسان جنوبی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام گرفته متوسط مقادیر طول، قطر کلی الیاف، قطر حفره سلولی چوب‌درون بیشتر از مقادیر چوب‌برون بود. ولی ضخامت دیواره الیاف چوب‌درون از چوب‌برون کمتر بود. همچنین ضرایب لاغری و انعطاف‌پذیری بطور معنی‌داری در ارتفاع-های مختلف برای چوب‌درون بیشتر از چوب‌برون بود. ولی ضریب رانکل در چوب‌برون بطور معنی‌داری در ارتفاع‌های مختلف از چوب‌درون بیشتر بود. مقادیر سلولز، همی-سلولزها، لیگنین و خاکستر برای چوب تنه به ترتیب ۳۸/۹، ۲۴/۷، ۲۹/۸ و ۰/۸ درصد و برای ریشه به‌ترتیب ۴۱/۶، ۲۹/۲، ۲۲/۷ و ۲ درصد اندازه‌گیری گردید. بخشی از ترکیبات شناسایی شده چوب تنه و ریشه درختچه دیودال، جزء اسیدهای چرب و بخشی جزء آلکان‌ها و هیدروکربن‌های سیرشده هستند. در مجموع ۱۳ ترکیب در چوب تنه و ۱۱ ترکیب در چوب ریشه مشاهده شده است. عمده ترین ترکیب شناسایی شده، در چوب تنه کوزان‌ها بودند که حدود ۴۰ درصد و در چوب ریشه نیز اکتا دکان آمید با حدود ۱۶/۱۶ درصد بوده است که در این تحقیق توسط حلال استن استخراج شده است. با توجه به مجموع ویژگی‌های مورد مطالعه در این تحقیق توسعه کشت این گیاه در مناطق دارای ماسه بادی علاوه بر مزایای زیست محیطی و بیابان زدایی می‌تواند منابع ارزشمند چوبی را فراهم آورد که قابلیت استفاده در صنایع مختلف سلولزی از جمله تخته خرده چوب، صنایع دستی و حتی در مواردی کاغذسازی و کلیه کاربردهای سایر گونه‌های مشابه مانند چوب تاغ را دارا می‌باشد.

منابع

[1] Jahan Latibari, A., Khosravani, A. and Rahmaninia M., 2007. Paper recycling technology, Tehran: Arvij press, 544 pages.

[2] Ghasemian, A. and Khalili, A., 2011. Principle and methods of paper recycle. Tehran: Aiij press, 184 pages. (In Persian).

[3] Li, J., Wang, B., Chen, K., Tian, J., Zeng, X., Xu, J. and Gao, W., 2018. Optimization of pretreatment and alkaline cooking of wheat straw on its pulpability using response surface methodology. *BioResources*, 13(1):27-42.

[4] Hamzeh, Y., Abyaz, A., Mirfatahi Niaraki, M.S. and Abdulkhani, A., 2009. Application of surfactants as pulping additives in soda pulping of bagasse. Bioresources, 4(4):1267-1275.

[5] Liu, X., Jiang, Y., Xie, Q., Nie, S. and Song, X., 2017. Effect of alkali pectinase pretreatment on bagasse soda-anthraquinone pulp. *BioResources*, 12(3):5045-5056.

[6] Varshoie Tabrizie, A. Parsa pajouh, D. and Shekholeslami, A., 2006. The effects of site conditions on wood biometric coefficients in Iranian beech (*Fagus* Forestry and Wood Technology). Journal of Agricultural Sciences, 12(3):677-684. (in Persian).

[7] Tavakoli, H., 2003. Investigation on botanical and habitate characteristics of *Ammodendron persicum*. Iranian journal of pajouheh & sazandegi, 61:73-79. *(*In Persian).

[8] Amiri, Sh. and Jahan Latibari, A., 2006, Phisical, Chemical and anatomical characteristics of saxaul wood (Haloxylon Persicum) in Iran (Hares Abad- Sabzevar). Iranian Journal of wood and paper science research, 21(2):78-94.

[9] Afraz, S. and Hosseini Hashemi, S.KH., 2018. Extraction and identification of chemical compounds in acetone extract of *Taxus baccata* L. bark. Iranian Journal of Wood and Paper Science Research, 33(1):88-99. *(*In Persian).

[10] Miranda, I., Sousa, V., Ferreira, J. and Pereira, H., 2017. Chemical characterization and extractives composition of heartwood and sapwood from *Quercus faginea*. PLoS One, 12(6):e0179268. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179268.

[11] Franklin, G.L., 1954. A rapid method for softening wood for microtome sectioning. Tropical woods, 88:35-36.

[12] Hemmasi, A.H. and Pirouz, M.M., 2006. Study of anatomical and chemical properties of colza straw. Journal of agricultural sciences. Islamic Azad University, 12(3):647-657.

[13] Rowell, M.R. and Young, A., 1997. Paper and composites from agro- based resources. Lewis publishers/CRC Press, New Yourk.

[14] Rahdari, P., Dehpoor Jouybari, A. and Roodgar Koohpar, M.A., 2010. The detection of components of essential oils and study of antimicrobial effects of *Consolida orientalis* plant. Iranian natural ecosystems Journal, 1(1):91-97.

[15] Toghraie, N., Azizi Heris, A., Parsapajouh, D., 2008. Anatomical characteristics of saxaul wood (Haloxylon) in Iran (Sistan-Baluchestan province). Pajouhesh & Sazandegi, 81:2-12.

[16] Toghraie, N., Hosein Zadeh, A., Parsapajouh, D. and Golbabaie, F., 2003. Physical, Chemical and Anatomical characteristics of saxaul wood (*Haloxylon*) in Iran (Kerman province), Iranian Journal of wood and paper science research. 18(1):89-107. *(*In Persian).

[17] Bakhshi, R. and Kiaei, M., 2008. A study on anatomical properties and papermaking ratios of walnut (Pterocarya Fraxinifolia) in nowshahr region, The 1th Iranian conference on supplying raw materials and development of wood and paper industries. Gorgan, 94 p.

[18] Hosseini Hashemi, S.KH., Parsapajouh, D., Khademi Eslam, H., Mirshokraie, S.A. and Hemmasi. A.H., 2006. Identification of Chemical Compounds Within North of Iran,s Walnut heart Wood Extractives by GC/MS Method. Journal of Agricultural Sciences, Islamic Azad University, 12(4):939-947.

[19] Torkman, J. Mirshorkaei, S.A. and Resalati, H., 2002. Bark Extractives Analysis of Five Iranian Hardwood Species. Iranian J. Natural Resources, 55(3):397-405.

Investigation on fiber properties and chemical components of *Ammodendron persicum* wood (Case Study; Zirkouh area, South Khorasan province, Iran)

Abstract

Investigation the potential of cellulosic resources was one of the research priorities of our country from the past. In this study, morphological properties of *Ammodendron persicum* tree stem was done in 5 different heights. Also main wood polymers (lignin, cellulose, and hemicelluloses) and ash was investigated in the stem. Morover, gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS) analysis of chemical extracted compounds from wood four of stem and woody roots of this species was performed. According to measurements, average length, fibers diameter, lumen diameter and wall thickness of heart wood was 1041.26, 12.30, 3.37 and 4.37 µm, respectively. About sapwood, this numbers were 969.19, 11.71, 2.96 and 4.46 µm, respectively. Slenderness, flexibility and Runkel ratios of fibers was 84.1, 27.4 and 262.02 for heart wood and 82.4, 25.2 and 302.9 for sapwood, respectively. The amounts of cellulose, hemicellulose, lignin and ash for trunks wood were 38.9, 24.7, 29.8 and 0.88% respectively, and for root, were 41.6, 29.2, 24.7 and 2%, respectively. Overall, 13 compound in the trunk and 11 compound were identified in the root, with varying percentages in the trunk and root wood. The most abundant compounds in the trunk were of the Docosane (icosane - Docosane - Tricosane - Tetra- Tricosane-Pentacosane - Hexacosane -Heptacosane). In the root wood, Octadecene compound comprised, respectively, 40 % and 16.16 % of total extractives. It can be concluded that the fibers and chemical compositions of the *Ammodendron persicum* species can be valuable in terms of economic aspects and can be optimized by converting them into high value added products.

Keywords: *Ammodendron persicum*, fiber morphological, longitudinal variations, Runkel ratio, gas chromatography–mass spectrometry (GC-MS).

M. H. Aryaie Monfared[1*]
A. Shakeri[2]
M. A. Khajeh Shahkoohi[3]
A. A. Tatari[4]

[1] Assistant Prof., Paper sciences and engineering department, Faculty of wood and paper engineering, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources (GUASNR), Gorgan, Iran

[2] Associate Prof., Faculty of chemistry, University of Tehran, Tehran, Iran

[3] M. Sc. Graduate, Azad university, Ghaem Shahr Branch, Mazandaran, Iran

[4] Ph.D. Student, Paper sciences and engineering department, Gorgan university of agricultural sciences and natural resources, Gorgan, Iran

Corresponding author:
Hadiaryaie@gmail.com

Received: 2018/05/12
Accepted: 2018/10/09