



شناسایی و مقایسه اجزاء شیمیایی مواد استخراجی چوب و پوست کاج الداریکا با تکنیک کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنجی جرمی (GC/MS)

محمدباقر پاشازانوسی^{۱*}، رامین ویسی^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، دانشکده علوم پایه، گروه شیمی، چالوس، ایران

^۲دانشگاه آزاد اسلامی، واحد چالوس، دانشکده کشاورزی، گروه صنایع چوب و کاغذ، چالوس، ایران

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۹۳/۲/۱۵، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۹۳/۴/۱۴، تاریخ پذیرش قطعی: ۱۳۹۳/۴/۲۸

چکیده

کاج الداریکا (کاج تهران) یکی از درختانی است که در پارک ها و فضاهای سبز شهری و جنگل های اطراف شهر تهران و یا سایر شهرهای ایران کاشته می شود. در این تحقیق تعداد سه اصله درخت کاج الداریکا دست کاشت بصورت تصادفی از منطقه شهری تهران انتخاب و قطع گردید. از هر درخت سه دیسک تهیه شد و طبق آزمون های استاندارد TAPPI ابتدا آرد چوب و سپس درصد مواد استخراجی اندازه گیری شد. نتایج این تحقیق نشان داد که مواد استخراجی چوب و پوست کاج الداریکا بترتیب ۳/۶ و ۱۷ درصد است. سپس مواد استخراجی توسط حلال استن از آرد چوب جدا سازی شد و باقیمانده مواد استخراجی به داخل یک ویال شیشه ای منتقل و به آن واکنش گر BSTFA اضافه شد. نمونه ها به مدت ۱ ساعت در حمام بن ماری و دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار گرفته و برای آنالیز به دستگاه GC-MS تزریق شدند. شناسایی مواد با توجه به دیاگرام زمان بازداری، محاسبه ضریب کواتس و جدول آدامز انجام شد. در بررسی نتایج ۵۶ ترکیب در چوب و ۴۳ ترکیب در پوست کاج الداریکا شناسایی شد که ۱۱ ترکیب فینانترین کربوکسیلیک اسید، رزین اسید، گاما- سیتوسترول، ۹- اکتا دکانوئیک اسید، n - هگزا دکانوئیک اسید، اکتا دکانوئیک اسید، ۱۲،۹- اکتا دکانوئیک اسید، دودکان، تترادکان، استیرن و هگزادکان در پوست و چوب کاج الداریکا مشترک می باشند و این ترکیبات می توانند نقش زیادی در دوام و مصرف چوب کاج الداریکا داشته باشند.

واژه های کلیدی: کاج الداریکا، زمان ماندگاری، BSTFA، طیف سنجی جرمی و کروماتوگرافی گازی.

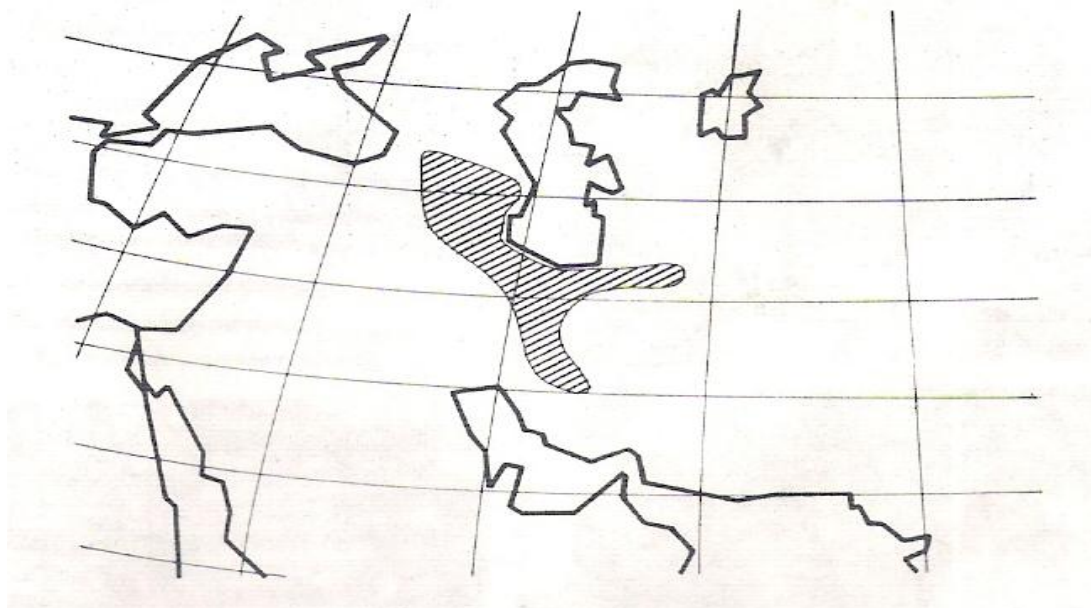
۱. مقدمه

*عهده دار مکاتبات: محمدباقر پاشازانوسی

نشانی: چالوس - دانشگاه آزاد اسلامی - دانشکده علوم - گروه شیمی

تلفن: ۰۱۹۱۲۲۰۵۲۵ پست الکترونیک: mpashazanousi@yahoo.com E-mail:

کاج الداریکا (کاج تهران) یکی از درختانی است که برای ایجاد فضاهای سبز کاشته می شود. رویشگاه طبیعی آن در یک منطقه محدود در دشت الدار در جنوب شرقی تفلیس گرجستان در ارتفاع ۲۰۰ تا ۶۰۰ متر از سطح دریا و به وسعت ۵۵۰ هکتار می باشد که شرایط اقلیمی آن تشابه زیادی با بسیاری از مناطق خاورمیانه دارد. این گونه به عنوان درخت زینتی در پارکها و فضاهای سبز شهری و جنگلهای اطراف شهر تهران و یا سایر شهرهای ایران کاشته می شود. تاریخ ورود احتمالی این درخت به ایران بیش از ۸۰۰ سال پیش تخمین زده می شود. منطقه نشیمن در جنوب شهرستان خواف از جمله مناطقی است که کاج الدار از قدیم در آنجا کاشته می شود و به خوبی با شرایط محیطی سازگار شده است. در این منطقه برخی از پایه های این کاج از حالت و شکل طبیعی پایه های مادری خود فاصله گرفته و دچار تغییراتی از نظر قامت درخت، شکل و تراکم تاج، اندازه مخروط و بذرها شده اند. امروزه قامت کوتاه و تاج کروی مخروطی آنها سبب شده تا در بسیاری از مناطق به عنوان گونه ای منحصر به فرد در ایجاد فضای سبز کاشته شود. این درخت از درختان بازدانه با رشد سریع مناطق نیمه خشک بوده که اهمیت زینتی و صنعتی قابل توجهی نیز در ایران دارد.



شکل ۱. پراکنش کاج الداریکا در ایران و جهان [۲].

کاج الداریکا دارای درون چوب مشخص با مجاری مترشحه صمغی است. عبور از چوب بهاره به تابستانه ناگهانی است. حد دوا بر سالیانه در این چوب کاملاً نمایان است تراکئیدها انتهای دوره رویش مسطح و دارای دیواره خیلی کلفت می باشند. اشعه چوبی دارای تراکئیدهای عرضی بوده و گاه گاه مجاری مترشحه صمغی را در خود می گیرند و حاوی الئورزین هستند [۲]. اجزای عمده الئورزین سوزنی برگان، یعنی اسیدهای رزینی و ترپن ها و همچنین اجزاء عمده رزین پهن برگان با این روش سوکسوله استخراج و با کمک طیفسنجی جرمی - کروماتوگرافی گازی شناسایی می شود [۶]. با توجه به گستردگی انواع مواد استخراجی موجود در چوب و نقش این مواد بر روی خواص فیزیکی، دوام طبیعی و همچنین فرآیندهای صنایع چوب، شناسایی اجزاء شیمیایی مواد استخراجی کاج الداریکا دست کاشت که دارای چوبی بادوام و مقاوم است می تواند نقش بسیار مهمی بر پایداری و مصارف مناسب چوب این گونه داشته باشد.

برای جداسازی و تشخیص ترکیبات و اجزای مواد استخراجی، روش‌های کروماتوگرافی مورد استفاده قرار می‌گیرد. چون مواد استخراجی، عمدتاً از ترکیباتی با وزن مولکولی پایین تشکیل شده کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی (GC/MS) یک تکنیک ایده‌آل به شمار می‌آید [۷]. قدرت تفکیک بالای ستون‌های موبین در سیستم کروماتوگرافی گازی، این روش را به روشی بسیار موثر و کارآمد در آنالیز و تعیین مقدار نسبی ترکیبات پیچیده مواد استخراجی تبدیل کرده است [۷].

به منظور اطمینان از اندازه‌گیری‌های کمی، مشتق‌سازی ترکیبات در روش کروماتوگرافی گازی الزامی است. بدین منظور از واکنشگرهای سایلبل دارکننده نظیر N،O- بیس (تری متیل سایلبل) برای سایلبل دار کردن کامل الکل‌های تریپنی، استرول‌ها و فنول‌ها استفاده می‌شود [۷]. اسیدهای رزینی و اسیدهای چرب موجود در مواد استخراجی چوب با سرعت مناسب با واکنشگرهای مذکور سایلبل دار شده و به خوبی به استرهای سایلبل دار شده تبدیل و در دستگاه کروماتوگرافی گازی از هم جدا می‌شوند. به دلیل پایداری اندک ترکیبات سایلبل دار شده، ضروری است که عمل سایلبل دار کردن، ۲۴ ساعت قبل از آنالیز توسط دستگاه GC/MS صورت گیرد [۲].

در مورد مواد استخراجی گونه‌های مختلف چوب تحقیقاتی صورت گرفته است اما تاکنون تحقیقی در خصوص شناسایی اجزاء شیمیایی چوب و پوست کاج الداریکا صورت نگرفته است که در این تحقیق بر آن شدیم تا نسبت به شناسایی اجزای شیمیایی چوب و پوست گونه مذکور اقدام نمائیم. در پژوهش انجام شده، اجزاء شیمیایی مواد استخراجی زربین طبیعی و دست کاشت را با استفاده از فنون کروماتوگرافی گازی و طیف سنجی جرمی شناسایی و مقایسه کردند و گزارش دادند که مواد استخراجی زربین در طی ارتفاع درخت کاهش می‌یابد. آنها میانگین درصد مواد استخراجی در زربین طبیعی و دست کاشت را به ترتیب ۷/۵۲ و ۲/۵۷ درصد گزارش دادند. تحقیق آنها منجر به شناسایی ۱۴ ترکیب در ماده استخراجی زربین طبیعی و ۱۲ ترکیب در زربین دست کاشت شد و پنج ترکیب ایزو فیلو کلادن، ۹-اکتادستامید، بوربونانول، سینامالدئید-۲-هگزیریل و ۱-نافتو(۳،۲،۱) پیران-۳-استیک اسید در هر دو گونه و به مقدار زیاد وجود داشتند که این ترکیبات در دوام این گونه‌ها نقش بسیار زیادی دارند [۸].

ترکمن، در بررسی خود بر روی مواد استخراجی پوست ۵ گونه از درختان پهن برگ ایران نظیر، گردو، بلوط، توسکا، ممرز و راش دریافت که درصد کل مواد استخراجی پوست این درختان به ترتیب ۲۹/۸، ۲۳/۲۵، ۱۷/۹، ۱۶/۸۳ و ۱۶/۷ درصد بوده و میزان ترکیبات فنلی گونه‌های مذکور را به ترتیب ۲۶/۳، ۲۱/۲، ۱۲/۶، ۱۳/۶، ۱۲/۹ و ۱۴ درصد گزارش کرد. همچنین در این گونه‌ها اسیدهای چرب بنزوئیک اسید، اولئیک اسید و لینگوئیک اسید شناسایی شد [۳].

در تحقیقی دیگر، خضری و میرشکرای، مواد استخراجی چوب و پوست گونه راش جنگل‌های شمال ایران را مورد آنالیز شیمیایی قرار داده و دریافتند که به طور کلی از ۲۴ ترکیب شناسایی شده، ۱۰ ترکیب به طور مشترک در چوب و پوست این گونه با درصدهای متفاوت وجود دارند و فراوان‌ترین ترکیب موجود در مخلوط، پروپیل هیدروسینامات بود که در چوب به میزان ۳۲/۳۸ درصد و در پوست ۱۹/۳۹ درصد مشاهده شد. این ترکیب در بیوسنتز سیناپیل الکل که پیش ترکیب اصلی لیگنین پهن برگان می‌باشد، نقش مهمی دارد [۵].

بالابان^۱، تحقیقاتی را روی اجزائی شیمیایی مواد استخراجی چوب و پوست بلوط محلی ترکیه با استفاده از حلال اتانول - بنزن، اتانول و سیکلوهگزان به روش سوکسله انجام داد و نشان داد که چوب درون گونه مذکور ۵/۶ درصد مواد استخراجی، ۲۵ درصد لیگنین و ۶۲ درصد پلی ساکارید دارد که ۱۳ درصد از عصاره به دست آمده از پوست، خاکستری می باشد [۹].

تونالیر^۲ و همکاران، ترکیبات نظیر پنتا دکانویک اسید، هگزا دکانویک اسید، اولیئیک اسید، لینولئیک اسید، دکانویک اسید و p-ایزوپروپیل فنول را به عنوان روغن های اصلی حاصل از عصاره چوب درون، چوب برون، ریشه و ساقه گونه *Juniperus potidissima* در ترکیه گزارش کرده اند [۱۰].

هولمبوم^۳، در مطالعات خود روی مواد استخراجی چوب سوزنی برگان نشان داده است که اختلافات عمودی مواد استخراجی را می توان در ساقه درختان یافت، به طوری که در درختان کاج، بالاترین درصد اسیدهای رزینی فقط در بخش چوب درون بالا و پایین زمین یافته شده است [۱۱].

۲. مواد و روش ها

۲-۱. تهیه نمونه های آزمونی

جهت انجام این تحقیق تعداد سه اصله درخت کاج الداریکای دست کاشت به صورت تصادفی از منطقه ۴ شهر تهران انتخاب، قطع واز هر اصله درخت سه دیسک تهیه شد.

۲-۲. اندازه گیری ترکیبات شیمیایی

برای اندازه گیری ترکیبات شیمیایی چوب کاج الداریکا، ابتدا طبق آزمون شماره ۸۵-om-۲۵۷ T استاندارد TAPP آرد چوب تهیه شد. سپس درصد مواد استخراجی با استفاده از محلول استن بدست آمد. اندازه گیری مقدار خاکستر طبق آزمون شماره ۸۵-om-۲۱۱ T استاندارد TAPPI انجام گرفت [۱].

به منظور جداسازی اجزاء شیمیایی مواد استخراجی آرد حاصل مربوط به هر ارتفاع با هم مخلوط شدند. حاصل این اختلاط در واقع تهیه یک نمونه همگن از درخت کاج الداریکای دست کاشت بود. به طوری که آرد تهیه شده ابتدا الک شد و نمونه های باقی مانده بر روی الک مش ۸۰ جمع آوری گردید. سپس با استفاده از روش سوکسله و حلال استن مواد عصاره ای کاج الداریکای دست کاشت بصورت جداگانه استخراج گردید.

۳. جداسازی و شناسایی اجزاء شیمیایی مواد استخراجی کاج الداریکای دست کاشت

بعد از استخراج مواد عصاره های چوب و پوست کاج الداریکای دست کاشت، حلال حاوی مواد استخراجی را از طریق عبور دادن گاز بی اثر ازت از سطح ظرف تبخیر کرده و از باقیمانده که در واقع همان مواد استخراجی درخت می باشند جهت انجام آزمایش استفاده شد. گام بعدی سایلبل دار کردن ترکیبات استخراجی جهت بررسی در دستگاه گاز کروماتوگرافی بود، برای این منظور میزان ۰/۰۰۳ گرم از باقیمانده مواد

1- Balaban
2-Tunalire
3-Holmbom

استخراجی توزین گردیده و به درون یک ویال شیشه ای منتقل گردید. سپس به میزان ۹۰ میکرو لیتر واکنشگر بیس (تری متیل سایللیل) تری فلور استامید (BSTFA) به نمونه تهیه شده اضافه شد. درب ویال شیشه ای بسته شده و دور آن فویل آلومینیمی پیچیده و آن را داخل یونولیت قرار داده تا از فرو رفتن ویال در آب جلوگیری شود. سپس جهت انجام واکنش بین مواد استخراجی و BSTFA، ویال را درون حمام بن ماری با آب ۷۰°C و به مدت ۱ ساعت قرار داده شد. بعد از گذشت این مدت، نمونه ها جهت آنالیز توسط دستگاه گرماتوگرافی گازی متصل به طیف سنجی جرمی (GC/MS) آماده گردید. نمونه ها توسط سرنگ همپلتون به بخش Injection دستگاه GC/MS تزریق شد. پس از تزریق نمونه ها، با استفاده از زمان بازداری ترکیبها (TR)، شاخص بازداری کواتس (kI)، طیف جرمی و مقایسه این مولفه ها با ترکیبهای استاندارد و یا با اطلاعات موجود در کتابخانه دستگاه (جدول آدامز)، نسبت به شناسایی ترکیب های تشکیل دهنده مواد استخراجی کاج الداریکای دست کاشت اقدام شد.

۴. مشخصات دستگاه GC

- نوع ستون: HP-5 MS به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلیمتر

- نوع گاز حامل: هلیوم با سرعت ۱ mm در دقیقه

- مدل دستگاه GC: HP6890 Series

- مدل دستگاه MS: Hp 5973 Mass selective Detector

- برنامه دمایی: بین ۲۶۰°C-۶۰ به ازاء هر دقیقه ۶°C افزایش دما

- انرژی ذراتی که در دستگاه MS به نمونه برخورد می کنند ۷۰ الکترون ولت می باشد.

۵. نتایج و بحث

در این تحقیق ابتدا درصد مواد استخراجی چوب و پوست کاج اندازه گیری شد، به طوری که مقادیر مواد استخراجی و ترکیبات شیمیایی موجود در چوب و پوست کاج دست کاشت بترتیب ۳/۶ و ۱۷ درصد اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که میانگین مواد استخراجی موجود در پوست کاج دست کاشت بیشتر از چوب آن می باشد. در پوست کاج دست کاشت ۴۳ ترکیب شناسائی شد که اکتا دکانوئیک اسید (۱۵/۸۷٪)، ۱- فینان ترین کربوکسیلیک اسید (۱۱/۵۷٪)، n-هگزادکانوئیک اسید (۷/۷۵٪)، ۹- اکتا دکانوئیک اسید (۷٪)، و دی کسانوئیک اسید (۶/۰۳٪)، گاما- سیتوسترول (۵/۶٪)، رزین اسید (۱/۷۰٪) و آبتیک اسید (۰/۷۸٪) که دارای بیشترین مقادیر و مهمترین ترکیبات بودند. در چوب کاج ۵۶ ترکیب شناسائی شد. که ۱- فینان ترین کربوکسیلیک اسید (۳۱/۷۷٪)، رزین اسید (۲۷/۱۲٪)، ۲- دی هیدروکسی-۶،۴،۳-تری متوکسی (۱۷/۵۹٪)، ۳-بتوکسی (۶/۰۱٪)، پیماریک اسید (۲/۶۱٪)، گاما- سیتوسترول (۱/۰۱٪) و α -پینن (۰/۰۹٪) دارای بیشترین مقادیر و مهمترین ترکیبات بودند (شکل های ۲-۳ و جدول ۱-۲). همچنین ۱۱ ترکیب ۱- فینان تری ان کربوکسیلیک اسید، رزین اسید، گاما- سیتوسترول، ۹- اکتا دکانوئیک اسید، n-هگزادکانوئیک اسید، اکتا دکانوئیک اسید، ۱۲،۹- اکتا دکانوئیک اسید، دودکان، تترادکان، استیرن و هگزادکان در چوب و پوست مشترک بوده و این ترکیبات در دوام و مصرف چوب کاج الداریکا می توانند نقش بسیار زیادی داشته باشند.

جدول ۱. مهمترین ترکیبات شناسایی شده مواد استخراجی حاصل از پوست کاج دست کاشت.

ردیف	ترکیب	زمان بازداری (min)	فراوانی درصد (%)	KI
۱	استیرین	۷۹۴/۶	۷/۱	۸۵۳
۲	سیکلو هگزانون	۹۶۲/۶	۸۲/۰	۸۶۲
۳	دکان	۶۳۶/۱۰	۹۹/۰	۹۹۲
۴	هگزانون	۸۳۳/۱۱	۵۸/۱	۱۰۲۹
۵	دو دکان	۱۳۱/۱۷	۸۱/۳	۱۲۰۰
۶	سیکلو تترا دکان	۵۵۱/۲۲	۵۲/۰	۱۳۹۷
۷	تترا دکان	۶۴۸/۲۲	۹۱/۲	۱۴۰۱
۸	هگزا دکان	۵۰۰/۲۷	۵/۲	۱۶۰۱
۹	۴-اتوکسی متیل-۲-متوکسی فنول	۱۱۱/۲۹	۸۳/۰	۱۶۷۳
۱۰	تترا دکانویک اسید	۲۵۲/۳۱	۴۶/۰	۱۷۷۲
۱۱	اکتا دکان	۸۵۳/۳۱	۷۵/۰	۱۸۰۱
۱۲	II-هگزا دکانویک اسید	۳۲۱/۳۵	۷۵/۷	۱۹۷۶
۱۳	۱۲،۹-اکتا دکانویک اسید	۴۳۸/۳۸	۵۵/۱	۲۱۴۵
۱۴	۹-اکتا دکانویک اسید	۳۸/۵۵	۷	۲۱۵۲
۱۵	بنزن آمین	۱۸۵/۴۰	۵۳/۰	۲۲۴۶
۱۶	ای کسانویک اسید	۳۲۰/۴۲	۳۹/۲	۲۳۷۱
۱۷	دی اکسی کینون آ دی متیل	۹۵۴/۴۲	۸۵/۲	۲۴۰۹
۱۸	رزین اسید	۰۲۵/۴۳	۷۰/۱	۲۴۱۳
۱۹	۱-فینان ترین کربوکسیلیک اسید	۷۱۰/۴۳	۵۷/۱۱	۲۴۶۰
۲۰	۷،۲-دی هیدرکسی-۳،۴،۶-تری متوکسی	۲۹۲/۴۴	۴۱/۳	۲۴۹۹
۲۱	اینتیک اسید	۶۸۱/۴۴	۷۸/۲	۲۵۲۵
۲۲	گاما-سیتوسترول	۷۳۹/۴۴	۶/۵	۲۵۲۹
۲۳	۲،۱-بنزن دی کربوکسیلیک اسید	۱۵۹/۴۵	۸/۴	۲۵۵۶
۲۴	د کسانویک اسید	۵۱۵/۴۵	۰۳/۶	۲۵۷۸
۲۵	سیکلو تترا کسان	۷۰۲/۴۷	۴۹/۲	۲۷۰۰
۲۶	اکتا دکانویک اسید	۵۵۲/۴۹	۸۷/۱۵	۲۷۸۲
۲۷	دی اتیل استر-۳-سیکلو هگزانون	۰۱۱/۵۰	۰۹/۱	۲۸۰۲
۲۸	پروسومرین I	۹۱۸/۵۸	۳۶/۱	۳۰۵۲

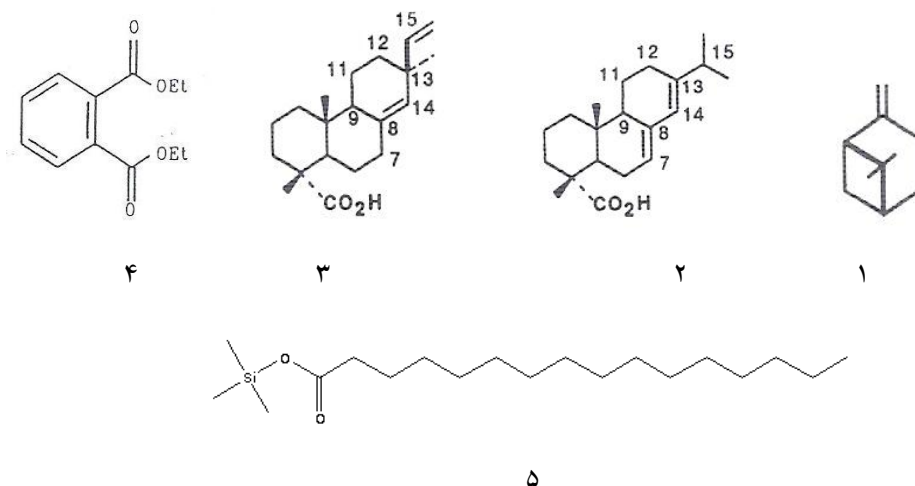
جدول ۲. مهمترین ترکیبات شناسائی شده مواد استخراجی حاصل از چوب کاج دست کاشت.

ردیف	ترکیب	زمان بازداری (min)	فراوانی درصد (%)	KI
۱	استیرین	۷۷۴/۶	۱۵/۰	۸۵۲
۳	α- پینن	۲۱۰/۸	۰۹/۰	۹۱۶
۴	دکان	۶۲۳/۱۰	۱۶/۰	۹۹۱
۵	دو دکان	۱۲۴/۱۷	۳۳/۰	۱۲۰۰
۶	تترا دکان	۶۴۲/۲۹	۲۷/۰	۱۴۰۱
۷	هگزا دکان	۴۹۳/۲۷	۱۹/۰	۱۶۰۱
۸	II- هگزا دکانوئیک اسید	۳۳۳/۳۵	۰۵/۱	۱۹۷۶
۹	۱۲،۹-اکتا دکانوئیک اسید	۴۵۸/۳۸	۳۱/۰	۲۱۴۶
۱۰	۹-اکتا دکانوئیک اسید	۵۶۸/۳۸	۱۰/۱	۲۱۵۳
۱۱	هپتا دکان	۶۸۴/۳۸	۱۲/۰	۲۱۵۹
۱۲	اکتا دکانوئیک اسید	۹۴۳/۳۸	۶۱/۰	۲۱۷۴
۱۳	بنزویل ایزوسیانات	۶۰۸/۴۱	۴۱/۰	۲۳۲۹
۱۴	(E)-۲-هیدروکسی-۴-متوکسی استیلین	۷۵۷/۴۱	۳۶/۰	۲۳۳۸
۱۵	پیماریک اسید	۳۶۵/۴۲	۶۱/۲	۲۳۷۳
۱۶	رزین اسید	۳۹۳/۴۳	۱۲/۲۷	۲۴۳۹
۱۷	فینان ترین کربوکسیلیک اسید	۲۴۷/۴۴	۵۳/۳۱	۲۴۹۷
۱۸	۷،۲-دی هیدروکسی-۳،۴،۶-تری متوکسی	۹۱۳/۴۴	۵/۱۷	۲۵۶۱
۱۹	بیس (۲-اتیل هگزیل) فتالات	۲۴۳/۴۵	۹۵/۰	۲۶۶۴
۲۰	۳-توکسی	۵۹۳/۴۵	۰۱/۶	۲۵۸۳
۲۱	دی هیدروکسی آیتیک اسید	۴۵/۸۷۱	۶۹/۰	۲۶۰۱
۲۲	گاما- سیتوسترول	۰۸۲/۵۰	۰۱/۱	۲۹۲۳

۶. نتیجه گیری

کاج الداریکا (کاج تهران) یکی از درختانی است که در پارک ها و فضاهای سبز شهری و جنگل های اطراف شهر تهران و یا سایر شهرهای ایران کاشته می شود. این تحقیق با هدف شناسایی و مقایسه اجزاء شیمیایی مواد استخراجی موجود چوب و پوست کاج الداریکای دست کاشت انجام شد، نتایج نشان داد که میانگین مواد استخراجی موجود در پوست کاج دست کاشت بیشترین از چوب آن می باشد. در چوب کاج ۵۶ ترکیب شناسائی شد که ۱- فینان ترین کربوکسیلیک اسید (۳۱/۷۷٪)، رزین اسید (۲۷/۱۲٪)، پیماریک اسید (۲/۶۱٪)، گاما- سیتوسترول (۱/۰۱٪) و α- پینن (۰/۰۹٪) مهمترین ترکیبات هستند. در پوست کاج دست کاشت ۴۳ ترکیب شناسائی شد که اکتا دکانوئیک اسید (۱۵/۸۷٪)، گاما-

سیتوسترول (۵/۶٪)، رزین اسید (۱/۷۰٪) و آبتیک اسید (۰/۷۸٪) به عنوان مهمترین ترکیبات شناسایی شدند. همچنین ۱۱ ترکیب بخصوص ۱- فینانترین کربوکسیلیک اسید، رزین اسید، گاما- سیتوسترول، ۹- اکتا دکانوئیک اسید، π -هگزادکانوئیک اسید، اکتا دکانوئیک اسید، ۹، ۱۲- اکتا دکانوئیک اسید، دودکان، تترادکان، استیرن و هگزادکان در چوب و پوست کاج الداریکا مشترک می باشند. این دسته از ترکیبات غیرقطبی عمدتاً شامل ترکیبات آلی اسیدهای چرب و ترکیبات رزینی بوده که در آب نامحلول هستند. این ترکیبات بسته به نوع مصرف چوب می توانند اثرات منفی یا مثبتی روی کاربردهای صنعتی چوب داشته باشند. در صنایع تولید خمیر کاغذ به روش های اسیدی، به دلیل انحلال کم این ترکیبات در محیط اسیدی، مشکلاتی را در تولید خمیر و کاغذ ایجاد می کنند که مهمترین آنها مشکل قیر (Pitch) در تولید کاغذ است. در این حالت، این ترکیبات از طریق پلیمر شدن، ترکیبات تیره رنگ و سنگینی را ایجاد می کنند که به صورت لکه های سیاهی در کاغذ تولیدی دیده می شود. آلکانها درصد زیادی از کل ترکیبات غیرقطبی محلول در استن را در چوب و پوست کاج الداریکا شامل می شوند. فراوانترین این ترکیبات آلکانهای سبک تا نسبتاً سنگین هستند که می توان ترکیبات دودکان، تترادکان، هگزادکان و اکتادکان را در این خصوص نام برد. مهمترین اسیدهای چرب اشباع شده و اشباع نشده شناسایی شده در چوب و پوست کاج الداریکا می توان هگزادکانوئیک اسید، ۹، ۱۲- اکتا دکا دی انوئیک اسید و ۹- اکتا دکا دی انوئیک اسید را معرفی کرد. همچنین ترکیباتی مانند آبتیک اسید و پیماریک اسید از مهمترین اسیدهای رزینی شناسایی شده در چوب و پوست کاج الداریکا می باشند (شکل ۴).



شکل ۴. ساختار α -پینن (۱)، آبتیک اسید (۲)، پیماریک اسید (۳)، ۱، ۲- بنزن دی کربوکسیلیک اسید و هگزادکانوئیک اسید (۵) شناسایی شده در چوب و پوست کاج الداریکا.

در شرایط حفاظت چوب، ترکیبات فینانترین کربوکسیلیک اسید، رزین اسید، گاما- سیتوسترول و بنزیل ایزوسیانات و غیره می تواند نقش زیادی در دوام و مصرف چوب این گونه داشته باشند. تحقیقات قبلی نشان داد که فراوانترین ترکیب موجود در چوب درون افاقیا، هگزادکانوئیک اسید، تری متیل سالیلیل استر، به میزان ۱۳/۳۹ درصد می باشد. مهمترین اسیدهای چرب اشباع نشده ۹، ۱۲- اکتا دکا دی انوئیک اسید و فراوانترین آلکانهای شناسایی شده در چوب افاقیا نیز تترادکان و هگزادکان گزارش شده است [۴]. همچنین ترکیباتی نظیر پنتادکانوئیک

اسید، هگزا دکانویک اسید، اولئیک اسید، لینولئیک اسید، دکانویک اسید و p- ایزوپروپیل فنول را به عنوان روغن های اصلی حاصل از عصاره چوب درون، چوب برون، ریشه و ساقه گونه *Juniperus potidissima* وجود دارد [۱۰].

۷. مراجع

- [۱] ر. استوک، س.ب.ف، رایس، روش های کروماتوگرافی، ترجمه سید واقف حسینی، جمشید منظوری لشکر، مرکز نشر دانشگاهی (۱۳۷۰).
- [۲] د. پارسا پژوه، ف. ح، شواین گرویر، اطلس چوبهای شمال ایران (تالیف)، انتشارات دانشگاه تهران (۱۳۸۰).
- [۳] ج. ترکمن، آنالیز مواد استخراجی پوست پنج گونه از درختان پهن برگ ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۷۲).
- [۴] خ. حسینی هاشمی، شناسایی ترکیبات شیمیایی موجود در چوب درون اقا قیابیه روش کروماتوگرافی گازی- طیف سنجی جرمی، همایش ملی رویکردهای نوین در مدیریت پایدار منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران (۱۳۹۰).
- [۵] ل. خضرای، س.ا. میرشکرایی، جداسازی و شناسایی ترکیبات لیپوفیلیک موجود در عصاره چوب و پوست راش با استفاده از فنون کروماتوگرافی گازی و طیف سنجی جرمی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی، دانشگاه پیام نور (۱۳۸۴).
- [۶] ا. شوستروم، مابانی و کاربردهای شیمی چوب، ترجمه سیداحمد میرشکرایی، انتشارات نشر دانشگاهی (۱۳۷۱).
- [۷] ا. شوستروم، ر. آلن، روش های تجزیه در شیمی چوب، ترجمه میرشکرایی، س.ا. و صادقی فر، ح.، دانشگاه پیام نور، تهران (۱۳۷۲).
- [۸] ر. ویسی، شناسایی و مقایسه اجزاء شیمیایی مواد استخراجی چوب زرین طبیعی و دست کاشت با استفاده از فنون کروماتوگرافی گازی و طیف سنجی جرمی، مجله علوم و فنون منابع طبیعی، ۵ (۱۳۸۹) ۳.

[9] M. Balaban, , *Holz forschung*, 55 (2001) 478.

[10] Z. Tunalier, M. kirimer, *forschung*, 57 (2003) 140.

[11] B. Holmbom, J. AM. oil chem. Soc. 54 (1997) 284.