

بررسی کمی و کیفی اسانس رزین، برگ، شاخه‌های هرس شده و چوب درختان کاج

ایرانی (کاج تهران) *Pinus eldarica* Medw.

نسیمه مرادی قهدریجانی، محمدحسن قربانی*

دانشکده علوم زیستی، واحد فلاورجان، دانشگاه آزاد اسلامی، فلاورجان، استان اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۳/۱۰ تاریخ تصحیح: ۹۷/۰۶/۲ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۳

چکیده

با توجه به گستردگی کاشت درختان کاج ایرانی موسوم به کاج تهران و با نام علمی *Pinus eldarica* Medw. در فضاهای سبز شهری و جنگل‌های دست‌کاشت در ایران، برگ، چوب و شاخه‌های هرس شده این درختان همواره سهم بسیار بالایی از حجم زیاده فضاهای سبز شهری را به خود اختصاص می‌دهد. در این پژوهش به منظور بررسی زمینه‌های بهره‌وری بیشتر و کاهش احتمال خطر آتش‌سوزی و هزینه نگهداری این درختان، اسانس تولیدی در شرایط تقطیر آبی از رزین، برگ، شاخه‌های هرس شده و چوب آنها از نظر کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. این مطالعه نشان داد رزین این درختان با تولید ۲۲٪ (حجمی/وزنی) اسانس از بازدهی بسیار بیشتری نسبت به شاخه‌های هرس شده (۱۵٪)، برگ (۸٪) و چوب (۲۵٪) آنها برخوردار بوده و استفاده از آن برای استخراج ترکیبات موجود در آن می‌تواند توجیه اقتصادی داشته باشد. در اسانس فراوان حاصل از رزین این درختان مونوترپن‌های هیدروکربنی سهم عمده‌ای دارند این در حالی است که در اسانس اندک چوب آنها سهم سنکویی‌ترین‌ها و دی‌ترینوبییدها از سهم مونوترپن‌ها بیشتر می‌باشد. از طرفی بازدهی بیشتر شاخه‌های هرس شده این درختان برای تولید اسانس نسبت به برگ و چوب آنها نشان‌دهنده اشتعال‌پذیری بیشتر شاخه‌های آنها می‌باشد. بنابراین جلوگیری از انباشتگی شاخه‌های هرس شده این درختان در سطح جنگل‌های دست‌کاشت می‌تواند احتمال آتش‌سوزی را به ویژه در فصل‌های گرم سال کاهش دهد.

کلمات کلیدی: کاج ایرانی، اسانس، رزین، برگ، شاخه‌های هرس شده، تراشه چوب، اشتعال‌پذیری، *Pinus eldarica* Medw.

۱- مقدمه

تیره کاج (Pinaceae) شامل ۹ جنس و در حدود ۳۰۰ گونه گیاه است که در نیمکره شمالی می‌رویند ولی بیشینه انتشار آنها در نواحی معتدل است [۱]. با وجود تنوع آب و هوایی در ایران، گونه‌های مختلفی از تیره کاج در این کشور رشد می‌کنند که مهم‌ترین و گسترده‌ترین گونه این تیره کاج الدار می‌باشد. کاج الدار با نام علمی *Pinus eldarica* Medw. بومی منطقه الدار گرجستان است و در ایران به دلیل قدمت چند صد ساله کاشت آن به نام کاج ایرانی، کاج تهران یا کاج رسمی شهرت یافته است. البته بذر آن در بهار ۱۳۳۹ از گرجستان وارد کشور شد و در خزانه سازمان مطالعات اکولوژی نوشهر برای مقایسه با گونه‌های محلی کشت و تکثیر گردید. کاج ایرانی گونه‌ای است کم‌نیاز، روشنایی‌پسند، زودرشد، مناسب آب و هوای مدیترانه‌ای و استپی نیمه‌خشک که نسبت به کم‌آبی و سرما مقاوم است و در برابر آلودگی هوا و گرد و غبار نیز دوام به نسبت بالایی دارد [۲ و ۳].

بردباری در برابر شرایط اقلیمی نامناسب و سازگاری آن با تغییرات دمایی و آب و هوایی گسترده، باعث شده کاج تهران یا همان کاج ایرانی، به طور گسترده در فضاهای سبز، پارک‌ها، میداين و حاشیه خیابان‌های شهرهای مختلف ایران کاشته شود یا به صورت انبوه در ایجاد جنگل‌های دست‌کاشت در درون یا برون شهرها مورد استفاده قرار گیرد.

همه ساله الزام به هرس درختان در فضاهای سبز شهری و جنگل‌های دست‌کاشت، منجر به تولید حجم عظیمی از توده‌های درهم‌انباشته شاخه‌های درختان هرس شده می‌گردد که درختان کاج ایرانی به دلیل گستردگی کاشت همواره سهم بسیار بالایی از این زباله‌های فضاهای سبز شهری را به خود اختصاص می‌دهند. البته شهرداری‌ها برای سهولت حمل و انباشت این شاخه‌ها اقدام به تبدیل آنها به چپیس (تراشه‌های خرد چوب) نموده و بخش عمده این تراشه‌ها را به دلیل بی‌استفاده بودن دفن می‌کنند. در درختان کاج ایرانی همچون دیگر گونه‌های درختان تیره کاج، بواسطه وجود مجاری ترشحي شیزوزن، توانایی تولید رزین (اولئورزین) وجود دارد. این توانایی باعث شده تا اندام‌های گوناگون این درختان در بردارنده ترکیبات اسانسی باشند [۱]. با وجود مطالعات گسترده‌ایی که برای بررسی اثرات بالینی و غیربالینی عصاره و اسانس حاصل از اندام‌های گوناگون این درختان انجام شده است با این وجود بررسی کمی و کیفی اجزای تشکیل‌دهنده اسانس اندام‌های گوناگون این درختان، به جز چند مطالعه موردی و غیرجامع [۴ و ۵]، موضوع هیچ پژوهش کمی و کیفی در ایران نبوده‌اند. قابل تأمل اینکه با وجود تولید و انباشت حجم عظیمی از تراشه‌های شاخه‌های هرس شده و چوب این درختان، تاکنون هیچ‌گونه مطالعه‌ایی بر روی اسانس حاصل از این تراشه‌ها نیز انجام نشده است. از اینرو در این مطالعه که با همکاری شهرداری اصفهان و بر روی درختان کاج ایرانی جنگل دست‌کاشت شرق شهر اصفهان انجام شد اسانس‌های حاصل از تقطیر آبی رزین، برگ، تراشه شاخه‌های هرس شده و تراشه چوب این درختان به طور کمی و کیفی مورد شناسایی و مقایسه قرار گرفته و پتانسیل آنها برای افزایش بهره‌وری اقتصادی و کاهش احتمال خطر و هزینه نگهداری ارزیابی شد. عمده درختان جنگل دست‌کاشت شرق شهر اصفهان کاج ایرانی می‌باشد. این جنگل به دلیل وجود اطلاعات پایه درختان کاشته شده در آن و عدم نیاز به شناسایی مجدد این درختان و برخورداری آنها از ژنوتیپ همسان و شرایط رویش مشابه برای انجام این پژوهش انتخاب گردید.

۲- بخش تجربی

۲-۱- نمونه‌های گیاهی مورد استفاده

رزین، برگ، شاخه و چوب درختان کاج ایرانی گزینش شده در تابستان ۱۳۹۳ جمع‌آوری گردید. به منظور حذف حداکثری اثر متغیرهای محیطی و فیزیولوژیک بر روی تجزیه کمی و کیفی اسانس‌های استحصالی، درختان کاج ایرانی مورد مطالعه در این پژوهش همگی از یک محوطه (پشت سایت مدیریت پسماند شهرداری اصفهان واقع در جنگل دست‌کاشت شرق اصفهان؛ عرض جغرافیایی "۳۶°۳۶'۲۲" شمالی و طول جغرافیایی "۴۹°۴۹'۵۱" شرقی) با جنس خاک، شیب و ارتفاع (۱۶۲۰ متر) همسان

انتخاب شدند به گونه‌ایی که درختان منتخب در طی دوران رشد از نوع و مقدار آبیاری یکسانی برخوردار بوده و دارای ژنوتیپ همسان (تکثیر از طریق قلمه)، سن یکسان (کاشته شده در سال ۱۳۶۸) و دور تنه تقریباً برابر (۹۱-۸۵ سانتیمتر در فاصله یک متر از سطح زمین) بودند.

۲-۲- جمع‌آوری نمونه‌ها

رزین: برای جمع‌آوری رزین درختان کاج ایرانی منتخب، ابتدا به وسیله دستگاه دریل شیاری به عرض یک، طول تقریبی ۵ و عمق تقریبی سه سانتیمتر بر روی تنه این درختان ایجاد نموده و با نصب لوله آزمایش در زیر شیاری پس از گذشت یک هفته رزین درختان گزینش شده داخل لوله‌های آزمایش جمع‌آوری شد. رزین به دست آمده تا زمان آزمایش در دمای 4°C در یخچال نگهداری شد.

برگ: اسانس‌گیری بر روی برگ‌های سبز تازه و ریز شده با چیچی انجام شد.

تراشه شاخه‌های هرس شده: شاخه‌های هرس شده درختان منتخب، بلافاصله پس از هرس، بوسیله دستگاه چیپس‌ساز به چیپس یا تراشه تبدیل شدند. در واقع تراشه شاخه‌های هرس شده مخلوطی درهم از برگ سرشاخه‌ها و قطعات خرد شده چوب میوه و پوست شاخه‌ها بود.

تراشه چوب: به منظور جلوگیری از قطع کامل تنه درختان منتخب، از قسمت چوبین چند شاخه تنومند این درختان برای تهیه تراشه چوب و اسانس‌گیری استفاده شد.

۲-۳- تهیه اسانس از رزین، برگ و تراشه شاخه‌های هرس شده و تراشه چوب درختان کاج ایرانی

پس از انتقال هر یک از مواد گیاهی فوق به آزمایشگاه، بلافاصله مقدار مشخصی (جدول ۱) از هر کدام را در یک بالن یک لیتری محتوی ۶۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر (برای رزین ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر در بالن ۲۵۰ میلی‌لیتری) و متصل به کلونجر وارد نموده و از مخلوط طی مدت زمان مشخص شده در جدول ۱ اسانس‌گیری به عمل آمد. این عمل دستکم ۳ بار برای هر ماده گیاهی تکرار و اسانس‌های هر سه تکرار موجود در کلونجر، تجمع و اندازه‌گیری شد. سپس با افزودن ۱۵ میلی‌لیتر دی‌اتیل‌اتر به داخل کلونجر حجم اسانس را افزایش داده تا امکان جداسازی بهینه دو فاز آبی و آلی از هم به خوبی میسر شود. سپس فاز آلی (اتری) با سدیم‌سولفات بی‌آب نم‌زدایی شد و در دمای محیط حلال‌پرانی گردید. اسانس نم‌زدایی شده حاصله به ظرف کوچکی (ویال) منتقل گردید و ظرف با ورقه آلومینیومی پوشانده شد و تا زمان آنالیز GC-MS در یخچال در دمای 4°C نگهداری شد.

۲-۴- دستگاه‌های مورد استفاده

در این پژوهش از دستگاه (GC-MS) شامل دستگاه کروماتوگرافی گازی Aglient 7890 با ستون HP-5MS به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر و ردیاب جرمی Aglient 5975 C جفت شده با منبع یونیزگی الکترونی (EI)

استفاده شد. دمای محل تزریق (Inlet) دستگاه کروماتوگرافی گازی روی 280°C ، دمای منبع یونیزگی ردیاب جرمی روی 150°C ، دمای آنالیزر (کوادرپل) روی 230°C و دمای واسط بین دو دستگاه GC و MS روی 280°C تنظیم شد.

۲-۵- شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده روغن‌های اسانسی

شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس‌ها از طریق مقایسه طیف‌های جرمی و شاخص بازداری کواتس به دست آمده از الگوی خروجی آلکان‌های راست‌زنجیر برای هر کروماتوگرام با طیف‌های جرمی و شاخص بازداری کواتس ترکیب‌های پیشنهادی بانک‌های داده NIST05a.L و Wiley7n.I انجام شد.

۳- بحث و نتیجه‌گیری

بازده تولید اسانس از بخش‌های گوناگون درختان کاج ایرانی به صورت حجمی-وزنی (v/w) در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱. حجم اسانس تولیدی نسبت به جرم مواد گیاهی مصرفی و مدت زمان اسانس‌گیری

ماده گیاهی	مقدار ماده گیاهی (گرم)	مدت زمان (ساعت)	مقدار اسانس (v/w%)
رزین	۱۰	۶	~۲۲
برگ	۱۵۰	۴	۰/۰۸
تراشه شاخه‌ها	۱۰۰	۳	۰/۱۵
تراشه چوب	۱۰۰	۳	۰/۰۲۵

نتایج نشان می‌دهد رزین این درختان نسبت به دیگر بخش‌های مورد مطالعه آنها از غنای بسیار بالاتری برای تولید اسانس برخوردار است و از اینرو اسانس‌گیری از رزین این درختان به لحاظ افزایش بهره‌وری اقتصادی از آنها می‌تواند مقرون به صرفه باشد. در نقطه مقابل چوب این درختان بازدهی بسیار ضعیفی برای تولید اسانس در شرایط تقطیر آبی دارد (جدول ۱). این یافته عکس انتظارات ناشی از مطالعات فیزیولوژیک اندام‌های این درختان مبنی بر وجود آوندهای دراز محتوی رزین و مجاری ترشحی در بافت چوبین آنها می‌باشد [۶]. توجه این ناهمخوانی می‌تواند ناشی از نفوذپذیری ضعیف آب در بافت چوبین در هنگام تقطیر آبی باشد که باعث گردیده اسانس کمتری از بافت چوبین وارد محیط آبی شده و در نهایت مقدار بسیار کمی اسانس در کلونجر جمع‌آوری شود [۷ و ۸].

نکته جالب این مطالعه مقدار بیشتر اسانس حاصل از شاخه‌های هرس شده درختان کاج ایرانی نسبت به اسانس حاصل از برگ و چوب آنها می‌باشد. این مقدار بیشتر اسانس شاخه‌ها (دو برابر اسانس برگ‌ها و شش برابر اسانس تراشه چوب) می‌تواند ناشی از وفور مجاری ترشحی روغن اسانسی یا اولئورزین در شاخه‌ها و به ویژه سرشاخه‌های جوان آنها باشد که این سرشاخه‌های جوان به طور معمول حجم زیادی از توده تراشه‌های شاخه‌های هرس شده را به خود اختصاص می‌دهند. مقدار افزون‌تر اسانس تراشه شاخه‌ها و البته بالاتر بودن سهم مونوترپن‌ها در آن نسبت به اسانس‌های حاصل از برگ و چوب درختان کاج ایرانی (جدول ۲)

نشان دهنده قابلیت اشتعال پذیری بیشتر شاخه‌های این درختان نسبت به برگ و چوب آنها می‌باشد. این یافته این پیام هشدارآمیز را می‌دهد که شاخه‌های این درختان پس از هرس، باید در اسرع وقت از محیط جنگل خارج شده و بعد از تبدیل آنها به تراشه در دیو کردن یا هر گونه استفاده مجدد از آنها تمهیدات لازم جهت پیشگیری از آتش‌سوزی را به کار بست. همچنین به دلیل تراوش رزین غنی از ترکیبات فرار اسانسی از محل هرس شاخه‌ها بهتر است هرس این درختان در زمانی غیر از ماه‌های گرم سال انجام شود تا احتمال آتش‌سوزی کاهش یابد.

تجزیه کمی و کیفی هر چهار نوع اسانس در جدول ۲ نشان می‌دهد ترپن‌های هیدروکربنی بخش اعظم این اسانس‌ها را تشکیل می‌دهند و ترپنوییدهای اکسیژن‌دار، به جز اسانس چوب، در بقیه اسانس‌ها سهم ناچیز و اندکی دارند.

جدول ۲. مقادیر ترکیبات شناسایی شده موجود در اسانس حاصل از تقطیر آبی رزین، برگ، شاخه‌های هرس شده و چوب درختان کاج ایرانی (تهران) *Pinus eldarica Medw.* در جنگل دست‌کاشت شرق شهر اصفهان

نوع ترپن	ردیف	نام ترکیب	شاخص بازداری	رزین (%)	برگ (%)	شاخه‌ها (%)	چوب (%)
مونوترپن‌ها (Monoterpenes)	۱	α -پینین (α -Pinene)	۹۳۲	۲۰/۵۳	۱۲/۲۵	۱۲/۴۹	۱/۰۳
	۲	کامفن (Camphene)	۹۴۶	۲/۹۹	۰/۶۷	-	-
	۳	β -پینین (β -Pinene)	۹۷۶	۱۱/۹۸	۵/۲۶	۳/۷۵	۰/۱۸
	۴	β -میرسن (β -Myrcene)	۹۹۲	۵/۲۶	۰/۹۳	۰/۹۳	-
	۵	δ -۳-کارن (δ -3-Carene)	۱۰۰۹	۱۶/۲۰	۱/۰۳	۶/۲۷	۱/۳۴
	۶	لیمونن (Limonene)	۱۰۲۸	۷/۴۸	۳/۳۲	۷/۵۰	۰/۲۴
	۷	سیس- β -اوسیمین (cis- β -Ocimene)	۱۰۳۷	۱/۲۴	۰/۳۱	-	-
	۸	ترانس- β -اوسیمین (trans- β -Ocimene)	۱۰۴۳	۰/۱۷	۲/۳۶	۱/۴۵	-
	۹	γ -ترپینین (γ -Terpinene)	۱۰۶۲/۵	۱/۴۵	-	-	-
	۱۰	α -ترپینولن (α -Terpinolene)	۱۰۸۸	۶/۸۷	۰/۲۸	۰/۹۷	۰/۱۱
	۱۱	لینالول (Linalool)	۱۱۰۰	-	-	۰/۱۹	-
	۱۲	فنچول (Fenchol)	۱۱۱۵	-	-	-	۰/۳۸
	۱۳	الو-اوسیمین (allo-Ocimene)	۱۱۳۰	۲/۹۸	-	۰/۲۲	-
	۱۴	کامفن هیدرات (Camphene)	۱۱۵۰	-	-	-	۰/۲۶
	۱۵	ایزوبرنئول (Isoborneol)	۱۱۶۴	-	-	۰/۰۸	-
	۱۶	بورنئول (Borneol)	۱۱۶۸	-	-	-	۰/۴۴
	۱۷	ترپینین-۴-ال (Terpinen-4-ol)	۱۱۷۸	-	۰/۰۹	۰/۱۸	۰/۳۶
	۱۸	α -ترپینئول (α -Terpineol)	۱۱۹۳	-	۱/۱۳	۰/۶۱	۱/۴۸
	۱۹	بورنیل استات (Bornyl acetate)	۱۲۸۵	-	۰/۴۰	۰/۲۸	-
	۲۰	α -ترپینیل استات (α -Terpinyl acetate)	۱۳۵۰	-	۶/۳۷	۵/۳۴	۰/۱۴

نوع ترین	ردیف	نام ترکیب	شاخص بازداری	رزین (%)	برگ (%)	شاخه‌ها (%)	چوب (%)	
سز کوبی ترین‌ها (Sesquiterpenes)	۲۱	α -لانگیپینن (α -Longipinene)	۱۳۵۲	۰/۲۹	-	-	-	
	۲۲	α -یلانگن (α -Ylangene)	۱۳۷۴	-	-	۰/۱۹	-	
	۲۳	α -کوپان (α -Copaene)	۱۳۷۸	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۴۵	۰/۱۸	
	۲۴	ژرانیل استات (Geranyl)	۱۳۸۵	-	۰/۶۵	-	-	
	۲۵	β -بوربونن (β -Bourbonene)	۱۳۸۹	-	۰/۷۹	۰/۹۱	-	
	۲۶	β -المن (β -Elemene)	۱۳۹۴	-	۰/۹۴	۰/۸۱	-	
	۲۷	α -لانگیفالن (α -Longifolene)	۱۴۱۳	۰/۵۶	۱/۱۴	۱/۲۷	۰/۲۵	
	۲۸	β -کاریوفیلن (β -Cariophyllene)	۱۴۳۶	۱۲/۹۱	۱۳/۵۵	۱۴/۲۲	۱۸/۸۷	
	۲۹	اپی-بی‌سیکلوسزکویی‌فلاندرن ^۱	۱۴۳۹	-	۱/۹۵	۳/۴۳	-	
	۳۰	مشتق بی‌سیکلو [۰.۴.۴] دک-۱-ان ^۲	۱۴۵۲	-	۰/۶۸	۱/۶۳	-	
	۳۱	ترانس- β -فارسن (β -Farnesene)	۱۴۵۸	۰/۱۷	-	-	-	
	۳۲	α -هومولن (α -Humulene)	۱۴۶۵	۴/۴۹	۵/۲۳	۵/۹۴	۶/۶۳	
	۳۳	مشتق بی‌سیکلو [۷.۲.۰] دک-۴-	۱۴۷۵	۰/۲۱	۱/۸۴	۱/۱۵	-	
	۳۴	γ -میورولن (γ -Muuroleone)	۱۴۸۱	-	-	۱/۶۶	-	
	۳۵	جرماکرن دی (Germacrene D)	۱۴۸۷	-	۱۵/۹۱	۳/۳۹	-	
	۳۶	β -چامیگرن (β -Chamigrene)	۱۴۸۹	۰/۲۵	-	-	-	
	۳۷	β -فنیل‌اتیل ایزووالرات ^۴	۱۴۹۱	-	-	۲/۲۶	-	
	۳۸	α -آمورفن (α -Amorphene)	۱۴۹۵	-	۰/۵۵	۰/۹۱	-	
	۳۹	α -میورولن (α -Muuroleone)	۱۵۰۲	۰/۳۲	۱/۷۶	۲/۴۴	۰/۳۷	
	۴۰	γ -کادینن (γ -Cadinene)	۱۵۱۹	-	۰/۸۲	۰/۹۹	-	
	۴۱	δ -کادینن (δ -Cadinene)	۱۵۲۶	۰/۱۷	۲/۶۸	۲/۳۵	۰/۲۲	
	۴۲	کادینا-۱،۴-دی‌ان (Cadina-1,4-)	۱۵۳۷	-	-	۰/۱۳	-	
	۴۳	α -کادینن (α -Cadinene)	۱۵۴۴	-	۰/۲۵	۰/۲۶	-	
	۴۴	n-دودکانویبیک اسید (n-)	۱۵۷۰	-	۰/۰۹	-	-	
	۴۵	سیترونلیل والرات (Citronellyl)	۱۵۷۳/۵	-	۰/۱۵	۰/۲۷	-	
	۴۶	کاریوفیلن اکسید	۱۵۹۰	۰/۵۴	۱/۹۹	۲/۴۴	۸/۵۹	
	۴۷	هومولن اکسید (Humulene II)	۱۶۱۶	۰/۱۰	-	۰/۷۲	۱/۷۴	
	۴۸	کیوبنول (Cubenol)	۱۶۳۶	-	-	۰/۱۱	-	
	۴۹	τ -میورولول (τ -Muurolol)	۱۶۴۹	-	۲/۵۵	۱/۱۵	-	
	۵۰	α -کادینول (α -Cadinol)	۱۶۶۰	-	۲/۷۳	۱/۴۳	-	
	دی‌ترپنویبیدها (Diterpenoids)	۵۱	مشتق γ -اتنیل‌فنانترن ^۵	۱۹۵۵	-	-	-	۰/۱۴
		۵۲	پیمارادیان (Pimaradiene)	۱۹۷۵	-	-	۰/۰۸	-
		۵۳	ایزوپیمارا-۷،۱۵-دی‌ان ^۶	۲۰۰۷	۰/۱۳	۰/۱۴	۰/۵۸	۰/۸۶
		۵۴	دهیدروابی‌اتان	۲۰۷۰	-	۰/۱۲	۰/۳۹	۰/۸۱
		۵۵	فیتول (Phytol)	۲۱۱۴	-	۰/۱۶	-	-
		۵۶	ایزوپیمارا-۷،۱۵-دی‌ان-۳-اوان ^۷	۲۲۶۲	۰/۲۰	۰/۱۱	۰/۴۸	-

نوع ترین ردیف	نام ترکیب	شاخص	رزین (%)	برگ (%)	شاخه‌ها (%)	چوب (%)
۵۷	دهیدروابی اتال (Dehydroabietal)	۲۲۹۶	-	۰/۱۳	۰/۵۰	۲/۹۱
۵۸	متیل ایزوپیمارات (Methyl isopimarate)	۲۳۲۳	-	-	۰/۱۰	۱/۱۱
۵۹	۴-اپی-ابی اتول (4-epi-Abietol)	۲۳۵۱	-	-	-	۱/۵۱
۶۰	متیل دهیدروابی اتات ^۸	۲۳۶۳	-	۰/۰۹	۰/۱۹	۲/۰۷
۶۱	آرژیروفیلیک اسید (Argyrophilic acid)	۲۳۸۷	-	-	-	۱/۳۲
۶۲	متیل نئوابی اتات (Methyl neoabietate)	۲۴۳۱	-	-	۰/۲۶	۱/۱۹
۶۳	پیماریک اسید (Pimaric acid)	۲۴۴۴	۰/۳۰	-	-	۳/۶۳
۶۴	متیل اپی اتا-۸،۱۳(۱۵)-دی ان-۳-اون ^۹	۲۴۵۰	۰/۱۳	۰/۱۳	-	-
۶۵	دهیدروابی اتیک اسید ^{۱۰}	۲۴۵۷	-	-	-	۳/۴۶
۶۶	ابی اتیک اسید (Abietic acid)	۲۵۱۲	۰/۱۷	-	-	۰/۹۷

ادامه دی ترپنوییدها (Diterpenoids)

^۱ Epi-bicyclosquiphellandrene
^۲ 2-Isopropyl-5-methyl-9-methylenebicyclo[4.4.0]dec-1-ene
^۳ 4,11,11-Trimethyl-8-methylenebicyclo[7.2.0]undec-4-ene
^۴ β-Phenylethyl isovalerate (Phenethyl isovalerate)
^۵ 7-Ethenyl-1,2,3,4,4a,4b,5,6,7,8,10,10a-dodecahydro-4a,7-dimethyl-1-methylenephenanthrene
^۶ Isopimara-7,15-diene
^۷ Isopimara-7,15-dien-3-one
^۸ Methyl dehydroabietate
^۹ Methyl Abieta-8,13(15)-diene-18-oate
^{۱۰} Dehydroabietic acid

در اسانس فراوان حاصل از تقطیر آبی رزین درختان کاج ایرانی در جنگل دست کاشت شرق اصفهان سهم مونوترپن‌ها از سزکویی ترپن‌ها بیشتر است و این اسانس فاقد دی ترپنویید می‌باشد. در نقطه مقابل، در اسانس اندک چوب این درختان سهم سزکویی ترپن‌ها و دی ترپنوییدها از سهم مونوترپن‌ها بیشتر می‌باشد؛ به گونه‌ای که سزکویی ترپن‌های کاریفیلین (۱۸/۸۷٪)، کاریفیلین اکسید (۸/۵۹٪) و هومولن (۶/۶۳٪) و ترکیبی غیرقابل شناسایی (احتمالاً دی ترپنوییدی به جرم: ۲۸۶ m/z، پیک پایه: ۲۴۰ m/z و ثابت کواتس: ۲۲۵۲) با درصد فراوانی ۱۸/۶۳٪ مهمترین اجزای این اسانس به شمار می‌روند. این در حالی است که در اسانس حاصل از رزین درختان کاج ایرانی مونوترپن‌های ۳-کارن (۱۶/۲۰٪)، α-پینن (۱۴/۹۵٪) و β-پینن (۱۱/۹۸٪) و سزکویی ترپن کاریفیلین (۱۰/۳۵٪) بیشترین سهم را دارند. از اینرو رزین غنی از اسانس درختان کاج ایرانی می‌تواند منبع مطمئنی برای تولید این چهار ترکیب به شمار آید.

۴-سپاس و قدردانی

از سازمان پارکها و فضای سبز شهرداری اصفهان بویژه جناب آقای مهندس رقیب کارشناس این سازمان به جهت انجام هماهنگی‌های لازم با بخش‌های مختلف این سازمان و همچنین از مساعدت کارکنان و مدیریت جنگل (پارک) شرق اصفهان و واحد تبدیل سرشاخه به چیپس چوب منطقه ۸ شهرداری اصفهان برای کمک به انجام این پژوهش قدردانی و سپاسگزاری می‌شود.

۵-مراجع

- [۱] زرگری، علی، کتاب گیاهان دارویی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ پنجم (۱۳۷۴) جلد پنجم ص ۱۰۱۰.
- [۲] خلیفه سلطانیان، فائزه‌السادات؛ کیانی، بهمن؛ حکیمی میبدی، محمدحسین؛ تابنده ساروی، آفاق، فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره ۲۴ (۱۳۹۵) ص ۵۴۹.
- [۳] کیایی، مجید، فصلنامه تحقیقات علوم چوب و کاغذ ایران، شماره ۲۹ (۱۳۹۳) ص ۱۹۹.
- [4] S. Afsharypour and F. San'aty, *J. Essent. Oil Res.*, **17** (2005) 327.
- [5] H. Sadeghi, Y. Tahery and S. Moradi, *Biochem. System. Ecology*, **48** (2013) 189.
- [۶] ویسی، رامین، نشریه پژوهش‌های علوم و فناوری چوب و جنگل، شماره ۲۳ (۱۳۹۵) ص ۲۲۹.
- [۷] خواجه نوری، مریم؛ حقیقی اصل، علی، مجله شیمی کاربردی، شماره ۳۸ (۱۳۹۵) ص ۱۵۱.
- [8] N. Badrkhani, M. Khajenoori and A. Haghighi Asl, *J. Appl. Chem.(Semnan)*, **7** (2013) 51.