



دانشگاه لرستان
دانشکده علوم پایه
گروه شیمی

عنوان پایان نامه

بررسی و شناسایی ترکیبات موجود در اسانس اندام های مختلف گیاه مرزه بختیاری
(*Sathreja Bachtiarica*Bung) به روشهای استخراج با استفاده از:

HD, SFME and UA-HS-SPME

و بررسی خواص آنتی اکسیدانی آن

نگارش

یعقوب شبانی نژاد

استاد راهنما

دکتر محمد هادی مشکوة السادات

اساتید مشاور

دکتر علیرضا غیاثوند

دکتر حمزه امیری

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی آلی

اسفند ماه ۱۳۸۷



دانشگاه لرستان
دانشکده علوم پایه
گروه شیمی

عنوان پایان نامه

بررسی و شناسایی ترکیبات موجود در اسانس اندام های مختلف گیاه مرزه بختیاری

(*Sathreja BachtiaricaBung*) به روشهای استخراج با استفاده از:

HD و SFME و UA-HS-SPME

و بررسی خواص آنتی اکسیدانی آن

نگارش

یعقوب شبانی نژاد

استاد راهنما

دکتر محمد هادی مشکوة السادات

اساتید مشاور

دکتر علیرضا غیاثوند

دکتر حمزه امیری

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در رشته شیمی آلی

اسفند ماه ۱۳۸۷

تقدیم به

مادره، تنها مروارید گرانبهای صدف میاتم که درفشش و تابناکی اش را فدای تکامله نموده و الماس شکننده وجوده به گرمای وجود او التیام می یابد. به حق، سجده شکرش تا پایان عمر بر من واجب و جبران فداکاریهایش بر من لازم است.

و

همسر عزیزه که زیباترین بهانه برای بودنم است و عزم راسخش برای با من بودن را بارها آزموده ام. او که بر اوراق دفتر امساستم، واژه امید را مک کرد و در طی این مسیر مشوقم بود.

تقدیر و تشکر

اکنون که به لطف و عنایت پروردگار یکتا و مساعدت اساتید ارجمند موفق به گردآوری و تدوین این رساله گشتم وظیفه خود می‌دانم که نهایت سپاسگذاری را از آنان به عمل آورم. ابتدا مراتب امتنان و قدردانیم را به استاد فرزانه و فرهیخته‌ام جناب آقای دکتر محمد هادی مشکوة السادات تقدیم می‌دارم که بر بنده منت نهاده و راهنمایی این رساله را بر عهده داشته‌اند. وظیفه خود می‌دانم که از زحمات و رهنمودهای این استاد گرامی از ابتدا تا مرحله تدوین رساله نهایت تشکر و قدردانی را بنمایم. سلامت و موفقیت ایشان در کلیه مراحل زندگی را از درگاه خداوند متعال مسئلت دارم. همچنین از استاد عالیقدر جناب آقای دکتر علیرضا غیاثوند که زحمت مشاوره این پروژه را بر عهده داشته‌اند و با نظارت پیگیر و راهنمایی‌های ارزشمندشان در تمام مراحل انجام آزمایشات و تدوین رساله راهگشای اینجانب بوده‌اند و از هیچ کمکی به بنده دریغ نکردند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌کنم. از جناب آقای دکتر حمزه امیری نیز که زحمت مشاوره در موارد گیاهی را تقبل فرمودند، تشکر و قدردانی می‌کنم.

از اساتید محترم جناب آقای دکتر فرهمن حکیم پور و دکتر کمال علیزاده که زحمت داوری این رساله را بر عهده داشته‌اند تشکر و قدردانی می‌کنم.

از همه اساتیدی که از حضور ایشان کسب علم نموده‌ام سپاسگزاری می‌کنم. در آخرازدوستان عزیزم آقایان نعمتی، محمدی، هاشمی نژاد، مالکی، برزویی، رفیع درگاهی، مظفری، مرتضوی و بقیه دوستانی که در اجرای این پروژه به بنده کمک کرده‌اند، سپاسگزاری می‌کنم.

با کمال احترام
یعقوب شبانی نژاد

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱.....	فصل اول.....
۲.....	۱-۱- مقدمه.....
۲.....	۲-۱- اسانس ها.....
۳.....	۳-۱- مواد شیمیایی تشکیل دهنده اسانس ها.....
۳.....	۱-۳-۱- ترین ها.....
۴.....	۱-۳-۱- همی ترین ها.....
۵.....	۱-۳-۲- مونو ترین ها.....
۱۰.....	۱-۳-۳- سز کوئی ترین ها.....
۱۲.....	۱-۳-۴- دی ترین ها.....
۱۳.....	۱-۳-۲- فنیل پروپن ها.....
۱۳.....	۱-۴- موارد کاربرد اسانس ها.....
۱۳.....	۱-۴-۱- فرآورده های دارویی.....
۱۴.....	۱-۴-۲- صنایع غذایی.....
۱۴.....	۱-۴-۳- صنایع شیمیایی.....
۱۴.....	۱-۴-۴- فرآورده های آرایشی و بهداشتی.....
۱۴.....	۱-۴-۵- آنتی اکسیدان ها.....

- ۱-۴-۵-۱- رادیکال‌های آزاد (اکسیدان‌ها)..... ۱۴
- ۱-۴-۵-۱- منشأ رادیکال‌های آزاد..... ۱۵
- ۱-۴-۵-۲- انواع رادیکال‌های آزاد..... ۱۵
- ۱-۴-۵-۳- آسیب‌های ناشی از رادیکال‌های آزاد..... ۱۶
- ۱-۴-۵-۲- انواع آنتی‌اکسیدان‌ها..... ۱۷
- ۱-۴-۵-۳- آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و نحوه عملکرد آنها..... ۱۷
- ۱-۵-۵- روش‌های اسانس‌گیری..... ۱۸

الف <

صفحه

عنوان

- ۱-۵-۱- روش‌های تقطیر..... ۱۸
- ۱-۵-۲- استخراج به کمک امواج مایکروویو..... ۱۹
- ۱-۵-۲-۱- مکانیسم گرم‌مازایی مایکروویو..... ۲۰
- ۱-۵-۲-۲- تکنیک‌های استخراج با مایکروویو..... ۲۲
- ۱-۵-۲-۳- اصول استخراج با مایکروویو بدون حلال (SFME)..... ۲۳
- ۱-۵-۲-۴- فاکتورهای مؤثر در استخراج با مایکروویو..... ۲۳
- ۱-۵-۲-۵- مزایا و معایب روش استخراج با مایکروویو..... ۲۴
- ۱-۶- روش‌های جداسازی ترکیبات موجود در اسانس‌ها..... ۲۴
- ۱-۷- روش‌های شناسایی ترکیبات موجود در روغن‌های اسانسی..... ۲۵
- ۱-۷-۱- شناسایی توسط کروماتوگرافی گازی..... ۲۵
- ۱-۷-۲- سیستم شاخص بازداري کواتر..... ۲۶
- ۱-۷-۳- بررسی تکنیک GC/MS..... ۲۶
- ۱-۸- تاریخچه استخراج با فاز جامد..... ۲۷
- ۱-۹- دسته‌بندی تکنیک‌های استخراجی..... ۳۰
- ۱-۹-۱- روش‌های استخراجی کامل..... ۳۰
- ۱-۹-۲- روش‌های استخراجی غیر کامل..... ۳۱
- ۱-۱۰- مروری بر روش‌های میکرواستخراج..... ۳۲
- ۱-۱۰-۱- میکرواستخراج با فاز جامد (SPME)..... ۳۳

۳۴.....	۱-۱-۱۰-۱-اساس روش SPME
۳۵.....	۱-۱-۱۰-۲-انواع فیبرهای مورد استفاده در SPME
۳۵.....	۱-۱-۱۰-۳-نحوه عملکرد در تکنیک SPME
۳۶.....	۱-۱-۱۰-۴-شیوه‌های استخراج با SPME
۳۸.....	۱-۱۱-روش میکرو استخراج توسط فاز جامد از فضای فوقانی (HS-SPME)
۳۸.....	۱-۱۲-تکنیک HS-SPME و ترکیبات فرار گیاهان
۳۹.....	۱-۱۳-انتقال جرم در میکرواستخراج با فاز جامد از فضای فوقانی

ب <

صفحه	عنوان
۴۰.....	۱-۱۴-شرایط استخراج به روش HS-SPME
۴۳.....	۱-۱۵-انتخاب فاز ساکن
۴۳.....	۱-۱۶-خانواده نعناعیان (Labiata)
۴۴.....	۱-۱۷-جنس مرزه (Satureja)
۴۶.....	۱-۱۷-۱-فیتوشیمی جنس مرزه (Satureja)
۵۲.....	۱-۱۷-۲-گونه مرزه بختیاری (<i>Satureja Bachtiarica Bung</i>)
۵۲.....	۱-۱۷-۲-۱-خواص درمانی <i>Satureja bachtiarica Bung</i>
۵۳.....	فصل دوم
۵۴.....	۲-۱-منابع گیاهی مورد استفاده
۵۴.....	۲-۲-جمع آوری گیاه
۵۵.....	۲-۳-زمان برداشت
۵۵.....	۲-۴-خشک کردن نمونه گیاهی
۵۵.....	۲-۵-اسانس گیری توسط کلونجر (HD)
۵۶.....	۲-۶-اسانس گیری توسط امواج مایکروویو بدون حلال (SFME)
۵۷.....	۲-۷-شناسایی ترکیبات موجود در اسانس
۵۸.....	۲-۷-۱-دستگاه GC/MS
۵۹.....	۲-۸-میکرواستخراج با فاز جامد از فضای فوقانی (HS-SPME)
۵۹.....	۲-۸-۱-مخصات تجهیزات مورد استفاده در روش HS-SPME

۵۹	۲-۸-۱-۱- مشخصات فاز جامد.....
۶۰	۲-۸-۱-۲- دستگاه GC/MS.....
۶۱	۲-۹- بررسی خاصیت آنتی اکسیدانی اسانس گیاه <i>S. bachtiarica B.</i> به روش DPPH.....
۶۱	۲-۹-۱- نمونه استاندارد BHT.....
۶۲	۲-۹-۱-۲- نمونه گیاهی.....
۶۲	۲-۹-۲- اندازه گیری مقدار کل ترکیبات فنلی.....
۶۳	۲-۹-۲-۱- استاندارد گالیک اسید.....

ج

صفحه	عنوان
۶۴	۲-۹-۲-۲- نمونه گیاهی.....
۶۵	فصل سوم.....
۶۶	۳-۱- استخراج (به روش HD) و آنالیز اسانس اندام‌های مختلف گیاه <i>S. bachtiarica bung.</i>
۶۶	۳-۱-۱- آنالیز اسانس.....
۷۰	۳-۱-۲- مقایسه ترکیبات شناسایی شده در اسانس کل اندام‌های هوایی گیاه <i>S. bachtiarica B.</i> و اندام‌های مختلف آن.....
۷۸	۳-۲- استخراج (به روش SFME) و آنالیز اسانس گیاه <i>S. bachtiarica B.</i>
۷۸	۳-۲-۱- آنالیز اسانس.....
۸۰	۳-۲-۲- مقایسه ترکیبات شناسایی شده در اسانس گیاه <i>S. bachtiarica B.</i> استخراج شده به روش SFME.....
۸۴	۳-۳- آنالیز اسانس گیاه <i>S. bachtiarica B.</i> به روش HS-SPME.....
۸۴	۳-۳-۱- بهینه سازی شرایط استخراج.....
۸۴	۳-۳-۲- بهینه سازی شرایط جداسازی.....
۸۷	۳-۳-۳- مقایسه ترکیبات شناسایی شده در گیاه <i>S. bachtiarica B.</i> به روش استخراج با HS-SPME.....
۹۲	۳-۴- بررسی خواص آنتی اکسیدانی اسانس گیاه <i>S. bachtiarica bung.</i>
۹۵	۳-۵- اندازه گیری میزان ترکیبات فنلی به روش Folin-Cicalteu.....
۹۵	۳-۵-۱- استاندارد گالیک اسید.....

۳-۵-۲- نمونه گیاهی..... ۹۶

۳-۶- نتیجه گیری..... ۹۷

مراجع..... ۹۸

< ۵ >

" چکیده پایان نامه "

نام خانوادگی : شبانی نژاد		نام : یعقوب	
عنوان پایان نامه : استخراج و شناسایی ترکیبات موجود در اسانس اندام های مختلف گیاه دارویی <i>Satureja Bachtiarica Bung</i> به روشهای استخراج با استفاده از HD و SFME و HS-SPME و بررسی خواص آنتی اکسیدانی آن			
استاد راهنما : دکتر محمد هادی مشکوة السادات			
درجه تحصیلی : استادیار		رشته : شیمی	
اساتید مشاور : ۱- دکتر علیرضا غیاثوند		گرایش : آلی	
درجه تحصیلی : استاد		رشته : شیمی	
۲- دکتر حمزه امیری		گرایش : تجزیه	
درجه تحصیلی : استادیار		رشته : زیست شناسی	
محل تحصیل (دانشگاه) : لرستان		گرایش : گیاهی	
کلید واژه ها :		دانشکده : علوم پایه	
فارسی : گیاهان دارویی، اسانس های روغنی، ترپن، استخراج		گروه آموزشی : شیمی	
انگلیسی : <i>Satureja Bachtiarica Bung</i>			
چکیده :			
<p>در این تحقیق اسانس اندام های مختلف (ساقه، برگ) و کل اندام های هوایی گیاه <i>Satureja Bachtiarica Bung</i> از نظر کیفی و کمی به سه روش استخراج با HD، استخراج با میکروبیو بدون حلال (SFME) و همچنین تکنیک HS-SPME مورد بررسی قرار گرفت. اسانس های گیاه به وسیله دستگاه GC/MS مورد آنالیز قرار گرفتند. حاصل این کار که با مطالعه و بررسی دقیق زمان های بازداری ترکیب ها، شاخص های بازداری، طیف های جرمی و مقایسه کلیه این پارامترها با ترکیبات استاندارد صورت گرفت، به شرح زیر می باشد. در روش HD برای کل اندام های هوایی گیاه، ۳۵ ترکیب شناسایی شد که ترکیبات اصلی، پارا سیمن (۱/۸۵٪)، لینالول (۲/۵۶٪)، ۴- ترپینئول (۲/۹۳٪)، آلفا ترپینئول (۱/۲۵٪)، کارواکرون (۶۷/۸۸) و کاربوفیلن اکسید (۱/۳۷٪) بود. از اسانس حاصل برگ گیاه تعداد ۴۵ ترکیب شناسایی شد، و ترکیبات اصلی اسانس شامل لینالول (۲/۰۸٪)، ۴- ترپینئول (۲/۶۲٪)، آلفا ترپینئول (۳/۲۳٪)، کارواکرون (۳۹/۳) و پالمیتیک اسید (۵/۱۴٪) بود. در اسانس ساقه نیز ۳۹ ترکیب شناسایی شد که ترکیبات اصلی آن، پارا سیمن (۱/۶۶٪)، لینالول (۵/۱۰٪)،</p>			

۴-تریپینئول (۵/۴۰٪)، آلفا تریپینئول (۲/۷۹٪)، کارواکروول (۳۹/۴۰٪)، اوجنول (۲/۳۸٪) و پالمیتیک اسید (۹/۴۹٪) بود.

ترکیبات شناسایی شده از اسانس استخراج شده با مایکروویو ۳۰ عدد بود و ترکیبات اصلی را لینالول (۱/۵۵٪)، ۴-تریپینئول (۱/۹۷٪)، آلفا تریپینئول (۵/۲۳٪) و کارواکروول (۷۷/۱۳٪) و اوجنول (۱/۲۱٪) تشکیل می‌داد. از مقایسه این روش با HD متوجه می‌شویم که بازده اسانس استخراج شده قابل توجه بوده و ضمناً روش نیز سریع می‌باشد و می‌تواند به عنوان یک روش استخراج اسانس مورد بررسی و حتی استفاده صنعتی قرار گیرد.

آنالیز ترکیبات استخراج شده با تکنیک HS-SPME دارای ۲۵ ترکیب بود و ترکیبات اصلی شامل پاراسیمن (۳/۱۹٪)، سیس جاسمون (۱۵/۱۹٪)، کارواکروول (۵۵/۰۴٪)، جرانیل استات (۵/۰۰٪) و بتایزبولن (۵/۳۱٪) بود که از مقایسه این روش با HD در می‌یابیم که هم‌خوانی بسیار خوبی با HD داشته و به عنوان یک روش سریع برای استخراج ترکیبات فرار و سبک می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

خواص آنتی اکسیدانی اسانس گیاه از طریق ارزیابی توانایی اسانس در انتقال الکترون یا هیدروژن رادیکالی و تبدیل فرم DPPH رادیکالی به فرم کاهش یافته DPPH-H به روش اسپکتروفتومتری بررسی شد. بر اساس نتایج مشاهده گردید که IC_{50} اسانس معادل 0.001 ± 0.026 میلی گرم بر میلی لیتر می‌باشد. فعالیت مشاهده شده را می‌توان به میزان بالای ترکیبات فنلی اسانس گیاه (0.07 ± 0.25) نسبت داد. مقدار کل ترکیبات فنلی بر اساس قرائت مقادیر جذب اسانس واکنش داده با معرف Folin-Cicalteu و مقایسه آنها با محلول‌های استاندارد گالیک اسید هم‌ارز، به دست آمد.

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

تا چند دهه گذشته آنچه به عنوان دارو مورد استفاده قرار می‌گرفت از منابع طبیعی و به طور عمده از گیاه به دست می‌آمد. با پیشرفت سریع علوم از یک سو و مسائل اقتصادی از سوی دیگر از مصرف گیاهان دارویی به صورت گذشته کاسته شده و داروهای مصنوعی در بسیاری از موارد جایگزین داروهای گیاهی گردید [۱].

۱-۲- اسانس‌ها

اسانس‌ها ترکیبات معطری هستند که در اندامهای مختلف گیاهان یافت می‌شوند و به علت تبخیر در اثر مجاورت هوا آنها را روغن‌های فرار^۱ یا اسانسهای روغنی^۲ می‌نامند [۲]. اسانس‌ها ممکن است به طور مستقیم توسط پروتوپلاسم به وسیله تجزیه مواد رزینی غشاء سلول‌ها یا از هیدرولیز بعضی از گلیکوزیدها حاصل شوند. محل تشکیل اسانس‌ها در گیاهان تیره‌های مختلف متفاوت است، به عنوان مثال در گیاهان تیره نعنائیان در تارهای ترشح‌کننده، در تیره فلفل در سلول‌های پارانشیم، در تیره چتریان در لوله‌های روغنی و در تیره‌های کاج و نارنج در مجراهای لیزیژن، شیزوژن تشکیل می‌شوند [۳].

اسانس‌ها از مخلوط ترکیب‌های شیمیایی آلی فرار تشکیل یافته‌اند و در اصل وجود آنها مسئول بوی خوش یا مزه در گیاه می‌باشد که با وجود تفاوت از نظر ترکیب‌های شیمیایی، ولی در بعضی از

1- Volatile oil

2- Essential oil

خواص فیزیکی مشترک می‌باشند، اکثر روغن‌های اسانسی وقتی خالص و تازه باشند بی‌رنگ هستند اما به مرور زمان، در حضور هوا، به علت اکسایش، رنگ آنها تیره می‌شود، اسانس‌ها بویی مشخص و ضریب شکست بالایی دارند و در اکثر موارد روی نورپلاریزه مؤثر می‌باشند، مزه اسانس‌ها با یکدیگر فرق می‌کند، برخی از آنها دارای طعم شیرین و ملایم، گس، تلخ و یا سوزاننده هستند. وزن مخصوص اکثر اسانس‌ها بین (۱/۱۷۲-۰/۸۴۲) بوده و اغلب از آب سبک‌ترند و فقط تعداد محدودی از اسانس‌های گیاهی (مانند رازیانه) وزن مخصوص بیشتر از آب دارند. به طور کلی اسانس‌ها با آب غیر قابل اختلاط می‌باشند، ولی می‌توانند بوی خود را به آب انتقال دهند و ایجاد گلاب‌های مختلف نمایند. اسانس‌ها در الکل، اتر، پترولیوم اتر و اغلب حلال‌های آلی محلول هستند. در حضور هوا و نور، روغن‌های اسانسی بطور طبیعی تجزیه می‌گردند، و در اثر تجزیه آنها، ترکیبات رزینی و کریستالی به وجود می‌آید که ته‌نشین می‌شوند. از این رو، روغن‌های اسانسی را باید در ظروفی باشیشه‌های تیره و در جای خنک نگهداری کرد تا فساد دیرتر رخ دهد [۴].

۱-۳- مواد شیمیایی تشکیل دهنده اسانس‌ها

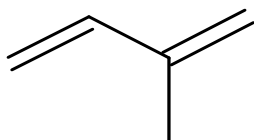
اسانس‌ها که دارای مصارف ادویه‌ای، دارویی و عطرسازی هستند، اغلب شامل دو گروه از ترکیبات به نام ترپن‌ها و فیل پروپن‌ها می‌باشند. از این دو گروه، ترپن‌ها فراوان‌تر و رایج‌تر هستند [۴].

۱-۳-۱- ترپن‌ها

ترپن‌های موجود در اسانس گیاهان مختلف که حدود ۷۰۰۰ تا می‌باشند را می‌توان به چند گروه تقسیم نمود که سه گروه عمده و مهم آن عبارتند از: مونوترپن‌ها که دارای ساختمان ۱۰ کربنی بوده و سزکویی ترپن‌های ۱۵ کربن و دی ترپن‌های ۲۰ کربنی که در اسانس بعضی گیاهان (نظیر زنجبیل^۳) تولید می‌شوند. نکته مشترک موجود در ساختار کلیه این ترکیبات، حضور بلوک‌های پنج کربنی

1- Ginger

است که به نام واحدهای ایزوپرن^۴ مشهورند [۴]. شکل (۱-۱). تقسیم بندی ترپن ها براساس واحدهای ایزوپرن در جدول (۱-۱) نشان داده شده است.



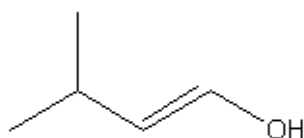
شکل ۱-۱- ساختمان کربنی ایزوپرن

جدول ۱-۱- طبقه بندی ترپن ها بر اساس تعداد واحدهای ایزوپرن

تعداد اتمهای کربن	تعداد واحدهای ایزوپرن	نام
۵	۱	همی ترپن
۱۰	۲	مونوترپن
۱۵	۳	سزکویی ترپن
۲۰	۴	دی ترپن
۲۵	۵	سزترپن
۳۰	۶	تری ترپن
۴۰	۸	تتراترپن
>۵۰۰	>۱۰۰	لاستیک طبیعی

۱-۱-۳-۱- همی ترپن ها: ترپن هایی هستند که کمتر از پنج کربن دارند. یکی از انواع این گروه

ایزوآمیل الکل در اسانس نعناع و اوکالیپتوس می باشد.



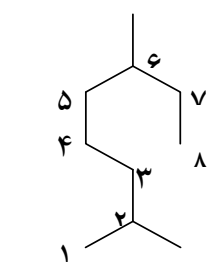
ایزوآمیل الکل

۱-۳-۱-۲- مونوترپن ها

مونوترپن ها به سه گروه عمده خطی، تک حلقه ای و دو حلقه ای تقسیم می شوند. تغییرات بیشتر می تواند به یکی از روش های افزوده شدن پیوند دوگانه (اکسیداسیون) یا حذف آن (احیاء)، ترکیب با اکسیژن به فرم های الکلی (-OH)، کتونی (C=O)، آلدهیدی (-CHO) و استری (-OCO) روی دهد [۳ و ۴].

۱- مونوترپن های خطی: خود شامل دو گروه هیدروکربنی و مشتقات اکسیژن دار می باشند.

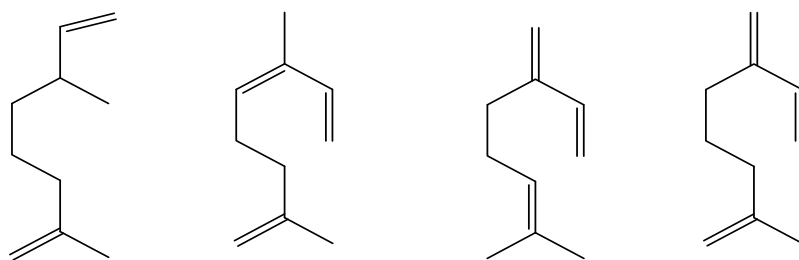
الف- هیدروکربنی: آن ها را می توان به عنوان مشتقات اشباع نشده هیدروکربن ۶ و ۱۰-دی متیل اکتان



در نظر گرفت.

۶ و ۱۰-دی متیل اکتان

سه تری آن خطی که به شکل طبیعی وجود دارند عبارتند از اوسمین^۵، میرسن^۶، آلواوسمین^۷.



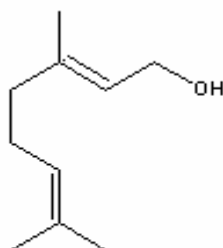
آلفا-میرسن بتا-میرسن سیس-آلفا-اوسمین ترانس-آلفا-اوسمین

شکل ۱-۲- ساختمان چند مونوترپن خطی هیدروکربنی

1- Ocimene
3- Alloocimene

2- Myrcene

ب- مشتقات اکسیژن دار: از این دسته می توان به ژرانیول^۱ اشاره کرد

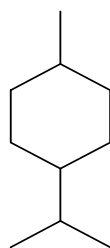


ژرانیول

۲- مونوترپن های تک حلقه ای: که شامل دو دسته هیدروکربنی و مشتقات اکسیژن دار هستند.

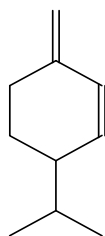
الف- هیدروکربنی: این دسته را می توان به عنوان مشتقات سیکلوهگزان های دو استخلافی با دو

گروه ایزوپروپیل و متیل در نظر گرفت که گروه حجیم تر موقعیت استوایی را اشغال می کند. [۵].

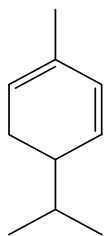


حلقه پارامنتان

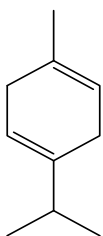
برخی از مونوترپن های حلقوی طبیعی در زیر آورده شده است.



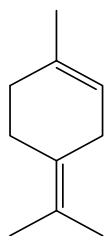
بتا- فلاندرن



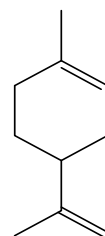
آلفا- فلاندرن



گاما- ترپینن



ترپینولن

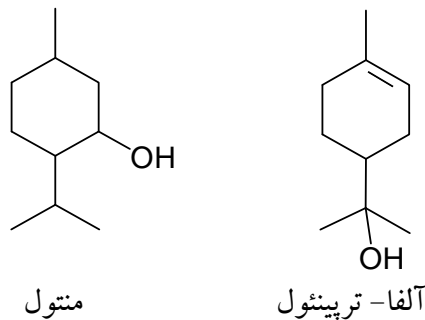


لیمونن

شکل ۳-۱- ساختمان چند مونوترپن تک حلقه ای

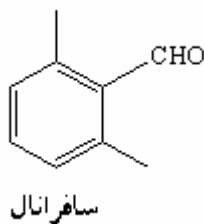
ب- مشتقات اکسیژن دار

به سه فرم الکلی، آلدیدی و کتونی وجود دارند. از ترکیبات الکلی مهم در این دسته می توان به منتول که به میزان زیادی در اسانس نعناع یافت می شود و آلفا-تریپینول که در اسانس کاج وجود دارد، اشاره کرد.

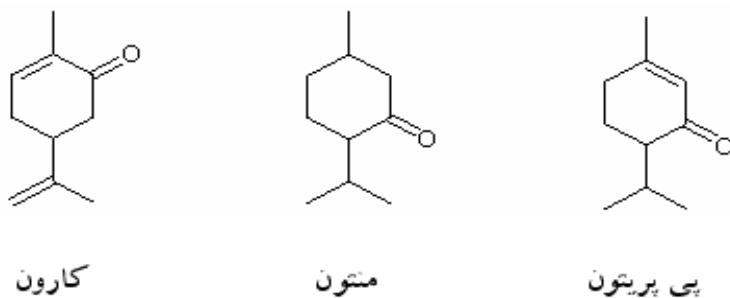


شکل ۴-۱- دو نمونه مونوترپن تک حلقه ای الکلی

از مشتقات اکسیژن دار با عامل آلدیدی می توان به سافرانال اشاره کرد.



از مونوترپن های یک حلقه ای کتونی معروف می توان به منتون، کارون (موجود در اسانس نعناع) و پی پریتون (موجود در اسانس اکالیپتوس) اشاره کرد [۶].



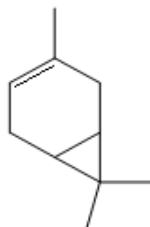
شکل ۵-۱- ساختمان چند مونو ترپن تک حلقه ای کتونی

۳- مونوترپن های دو حلقه ای

این دسته از مونوترپن ها به طور بیولوژیکی بر اثر نوآرایی ترین های یک حلقه ای محصولات جانبی را ایجاد می کنند که به صورت زیر تقسیم بندی می شوند: [۷].

الف- کاران ها

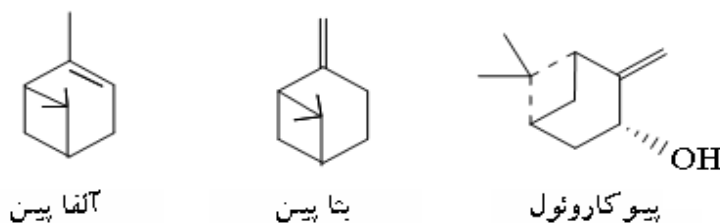
این دسته از ترکیبات به علت داشتن حلقه سه عضوی محتمل انواع نوآرایی می شوند. یک مورد مهم ترکیب ۳- کارن است که در روغن کاج سوزنی وجود دارد.



۳- کارن (۳ و ۳ و ۳- تری متیل بی سیکلو (۴ و ۱ و ۰) هپتان)

ب- پینان ها

این ترکیبات دارای یک حلقه سیکلوبوتانی بوده و به آسانی متحمل واکنش های باز شدن حلقه می- شوند. معروف ترین نمونه های پینان ها عبارتند از: آلفا- پینن (در اسانس تربانتین^۹ و فلفل)، بتا- پینن (در اسانس فلفل) پینوکاروئول و میرتنول.



شکل ۶-۱- ساختمان چند نمونه از پینان ها