



دانشکده‌ی علوم

گروه آموزشی زیست‌شناسی

پایان‌نامه برای دریافت درجه‌ی کارشناسی ارشد
در رشته‌ی زیست‌شناسی گرایش فیزیولوژی گیاهی

عنوان:

متابولیت‌های ثانویه و ارزیابی برخی جنبه‌های نازیستی گیاه بررسی
Anthriscus nemorosa

استاد (اساتید) راهنما:

جناب آقای دکتر مهدی رضوی

جناب آقای دکتر علیرضا قاسمیان

استاد (اساتید) مشاور:

جناب آقای دکتر غلامحسین ایمانزاده

جناب آقای دکتر محمود بیدار

پژوهشگر:

ندا دلیر

شهریور ۹۶

| | |
|---|---|
| نام خانوادگی دانشجو: دلیر | نام: ندا |
| عنوان پایان نامه: بررسی متابولیت های ثانویه و ارزیابی برخی جنبه های نازیستی گیاه <i>Anthriscus nemorosa</i> | |
| استاد راهنما: دکتر سید مهدی رضوی، دکتر علیرضا قاسمیان استاد مشاور: دکتر غلامحسین ایمانزاده، دکتر محمود بیدار | |
| مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: زیست شناسی گرایش: فیزیولوژی گیاهی دانشگاه: محقق اردبیلی | |
| دانشکده: علوم | تاریخ فارغ التحصیلی: ۹۶/۶/۱۱ تعداد صفحات: ۷۵ |
| <p>چکیده:</p> <p><i>Anthriscus nemorosa</i> گیاهی علفی و پایا متعلق به تیره ی چتریان است. این گیاه آروماتیک بوده و در بعضی از مناطق ایران از جمله قسمت های غربی و شمالی کشور به صورت وحشی می روید. ریشه های این گیاه از شهرستان خلخال جمع آوری گردیده و پس از خشک شدن در سایه به روش تقطیر با آب (Hydro-distillation) مورد اسانس گیری قرار گرفت (بازده اسانس ۰/۱ درصد بود). اسانس به دست آمده به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی متصل به طیف سنجی جرمی (GC/MS) تجزیه گردید. ۵۲ ترکیب در اسانس این گیاه شناسایی شد که ۸۰/۲۱ درصد از کل اسانس را شامل می شود. Myristicin (۱۶/۹۲٪)، Heptane (۱۲/۹۸٪)، Elemicin (۱۲/۵۴٪)، Gamma-Terpinene (۱۲/۵۰٪)، Decane (۳/۰۸٪) و Beta-Eudesmol (۲/۹۵٪) و Beta-phellandrene (۲/۵۲٪)، ترکیبات اصلی روغن اسانسی این گونه را تشکیل می دهند. این ترکیبات با ترکیبات اصلی اسانس ریشه <i>A. nemorosa</i> بومی صربستان تفاوت قابل ملاحظه ای داشت. بررسی اثرات آلوپاتیک عصاره های ان هگزانی، دی کلرومتانی و متانولی ریشه این گیاه نیز بر روی گیاه کاهو نشان داد که هر سه عصاره بر روی رشد ریشه چه تاثیر معنی داری داشتند در حالی که تنها عصاره های ان هگزانی، دی کلرومتانی روی رشد ساقه چه تاثیر گذار بودند. همچنین این سه عصاره هیچ تاثیر معنی داری روی درصد جوانه زنی نداشتند.</p> | |
| واژه های کلیدی: آلوپاتی، اسانس های روغنی، <i>Anthriscus nemorosa</i> | |

فصل اول: کلیات پژوهش

| | |
|---|-------------------------------------|
| ۱-۱- مقدمه | ۶۰ |
| ۲-۱- متابولیسم، متابولیت‌های اولیه و ثانویه | ۶۳ |
| ۱-۲-۱- آلکالوئیدها | ۶۵ |
| ۲-۲-۱- پلی‌کتیدها | ۶۷ |
| ۳-۲-۱- فنیل پروپانوئیدها | ۶۸ |
| ۴-۲-۱- ترپنوئیدها | ۶۸ |
| ۱-۴-۲-۱- نقش ترپنوئیدها در گیاهان | ۷۰ |
| ۳-۱- اسانس‌های گیاهی | ۷۴ |
| ۱-۳-۱- خواص بیولوژیکی و مکانیسم‌های عمل اسانس‌های گیاهی | ۷۵ |
| ۲-۳-۱- محل تجمع اسانس در گیاهان | ۷۶ |
| ۳-۳-۱- خواص و کاربردهای اسانس‌های گیاهی | ۷۷ |
| ۴-۳-۱- مکانیسم اثر اسانس‌ها | Error! Bookmark not defined. |
| ۴-۱- مشخصات گیاه‌شناسی تیره چتریان | Error! Bookmark not defined. |
| ۱-۴-۱- مشخصات گیاه‌شناسی <i>Anthriscus nemorosa</i> | Error! Bookmark not defined. |
| ۲-۴-۱- مشخصات گیاه‌شناسی و ارزش غذایی کاهو | Error! Bookmark not defined. |
| ۱-۲-۴-۱- کاهوی پیچ‌گرد | Error! Bookmark not defined. |

- Error! Bookmark not defined.** ۲-۲-۴-۱ کاهوی پیچ معمولی
- Error! Bookmark not defined.** ۳-۲-۴-۱ کاهوی پرک یا کاهوی برگ
- Error! Bookmark not defined.** ۴-۲-۴-۱ کاهوی ساقه
- Error! Bookmark not defined.** ۵-۱ آللوپاتی یا دگرآسیبی
- Error! Bookmark not defined.** ۱-۵-۱ دگرآسیبی به عنوان فاکتور تنش
- Error! Bookmark not defined.** ۲-۵-۱ مواد شیمیایی دگرآسیب
- Error! Bookmark not defined.** ۳-۵-۱ طبقه بندی مواد شیمیایی دگرآسیب
- Error! Bookmark not defined.** ۴-۵-۱ ویژگی های مواد شیمیایی دگرآسیب در گیاهان
- Error! Bookmark not defined.** ۵-۵-۱ مزایای استفاده از مواد شیمیایی دگرآسیب
- Error! Bookmark not defined.** ۶-۵-۱ آزادسازی مواد شیمیایی دگرآسیب
- Error! Bookmark not defined.** ۷-۵-۱ اثرات مواد شیمیایی دگرآسیب

فصل دوم: مواد و روش ها

- Error! Bookmark not defined.** ۱-۲ جمع آوری گیاه، شناسایی و استخراج اسانس
- Error! Bookmark not defined.** ۲-۲ آماده سازی نمونه های گیاهی
- Error! Bookmark not defined.** ۳-۲ تقطیر اسانس
- Error! Bookmark not defined.** ۱-۳-۲ آنالیز اسانس
- Error! Bookmark not defined.** ۲-۳-۲ مشخصات کروماتوگرافی گازی (GC)

Error! Bookmark (GC/MS) ۳-۳-۲ مشخصات گاز کروماتوگرافی متصل به طیف سنجی جرمی
not defined.

Error! Bookmark not defined. ۴-۳-۲ شناسایی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس

Error! Bookmark not defined. ۴-۲ بررسی اثرات آلوپاتی یا دگرآسیبی اسانس روی گیاه کاهو

فصل سوم: نتایج

Error! Bookmark not defined. ۱-۳ نتایج اسانس گیری

Error! Bookmark not defined. ۱-۱-۳ بررسی اسانس ریشه گیاه *Anthriscus nemorosa*

Error! Bookmark not defined. ۲-۳ نتایج آلوپاتی یا دگرآسیبی

فصل چهارم: بحث

Error! Bookmark not defined. ۱-۴ بحث و نتیجه گیری کلی

۶۷..... ۲-۴ پیشنهادات

۶۸..... منابع

فهرست اشکال.....صفحه

شکل ۱-۱ طبقه‌بندی آلکالوئیدها بر اساس حلقه هتروسیکلیک و منشا بیوستتزی. [Toc48535930267](#)

شکل ۱-۲ اشکال مختلف کاهوی پیچ گرد. الف) کاهوی باتر هد یا کاهوی بیب ب) کاهوی سر حلقه‌ای یا آیس برگ **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱-۲ شمای کلی از روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۱-۳ طیف جرمی Myristicin شناسایی شده در اسانس ریشه گیاه جعفری (بالا) از طریق بانک اطلاعاتی GC/MS (پایین) **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۲-۳ طیف جرمی N-Heptane شناسایی شده در اسانس ریشه گیاه جعفری (بالا) از طریق بانک اطلاعاتی GC/MS (پایین) **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۳ طیف جرمی Elemicin شناسایی شده در اسانس ریشه گیاه جعفری (بالا) از طریق بانک اطلاعاتی GC/MS (پایین) **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۴ طیف جرمی Gamma-terpinene شناسایی شده در اسانس ریشه گیاه جعفری (بالا) از طریق بانک اطلاعاتی GC/MS (پایین) **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۵ طیف جرمی Decane شناسایی شده در اسانس ریشه گیاه جعفری (بالا) از طریق بانک اطلاعاتی GC/MS (پایین) **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۶ طیف جرمی Beta-Eudesmol شناسایی شده در اسانس ریشه گیاه جعفری (بالا) از طریق بانک اطلاعاتی GC/MS (پایین) **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۷ طیف جرمی Beta-phellandrene شناسایی شده در اسانس ریشه گیاه جعفری (بالا) از طریق بانک اطلاعاتی GC/MS (پایین) **Error! Bookmark not defined.**

شکل ۳-۸ تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره ان‌هگزانی بر روی رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه.

Bookmark not defined.

شکل ۳-۹ تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره دی‌کلرومتانی بر روی رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه.

Bookmark not defined.

شکل ۳-۱۰ تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره‌ها بر روی جوانه‌زنی.

Error! Bookmark not defined.

فهرست جداول..... صفحه

جدول ۱-۱ طبقه‌بندی ترپنوئیدها..... ۱۲

جدول ۱-۳ نتایج حاصل از آنالیز اسانس ریشه گیاه *Anthriscus nemorosa*..... ۴۴

جدول ۲-۳ تجزیه واریانس نتایج حاصل از آزمایشات آللوپاتی سه عصاره مختلف روی صفات مختلف..... ۵۴

جدول ۳-۳ نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های حاصل از تیمار بذور کاهو با عصاره‌های مذکور به روش دانکن..... ۵۵

جدول ۱-۴ اجزای اسانس روغنی حاصل از قسمت‌های هوایی گیاه *A. nemorosa* گزارش شده توسط نیک‌آور و همکاران (۲۰۰۷)..... ۶۱

جدول ۲-۴ اجزای اسانس روغنی گیاه *Anthriscus nemorosa* گزارش شده توسط پاولوویچ و همکاران (۲۰۱۱)..... ۶۲

فصل اول

مقدمه

بشر از زمان‌های قدیم به کشاورزی روی آورده و همیشه در جهت بهبود وضعیت محصول تلاش کرده است. وی برای افزایش تولیدات و رونق کشاورزی از تمام عوامل و امکانات موجود در هر دوره بهره گرفته است. بسیاری از مردم، کشاورزی را نشانه تمدن و شاخص درجه رشد و توسعه هر کشور می‌دانند. روند افزایش جمعیت جهان از یک سو و تولیدات کشاورزی و نحوه توزیع آنها از سوی دیگر، نشان می‌دهد که تأمین مواد غذایی مورد نیاز بشر با مشکلات فراوان همراه است. افزایش محصولات کشاورزی از دو طریق امکان پذیر است: یکی ازدیاد سطح زیر کشت محصولات و دیگری افزایش عملکرد در واحد سطح. افزایش سطح زیر کشت در بسیاری از مناطق با محدودیت‌هایی از قبیل نبودن اراضی مساعد و کمبود منابع آب تولیدی روبرو است، ولی برای حصول نتیجه مطلوب در زمینه افزایش تولید در واحد سطح، باید اصول و قواعد کشاورزی به موقع و در حد معقول به کار گرفته شود و از عوامل تولید حداکثر استفاده به عمل آید (بیکر و براون-روزن، ۲۰۰۷).

یکی از اصول بسیار مهم کشاورزی که تأثیر قابل توجهی در افزایش تولید در واحد سطح دارد، آن است که محصول را در مراحل مختلف تولید از گزند عوامل نامساعد و زیان‌آور حفظ کنند. همواره بخشی از تولیدات کشاورزی در اثر حمله این نوع عوامل از لحاظ کمی و کیفی آسیب می‌بیند و در برخی موارد کل محصول از بین می‌رود. به غیر از سیل، تگرگ، باد و سرمای بی‌موقع، عوامل دیگری مانند بیماری‌های گیاهی، آفات و علف‌های هرز، به محصولات کشاورزی خسارت وارد می‌کنند. علف‌های هرز بیش از ۲۱ درصد از محصولات کشاورزی را از بین می‌برند. کشور ایران در زمینه توسعه کشاورزی با مسایل مختلفی از جمله ناکافی بودن زمین کشاورزی، کویری شدن برخی مناطق، پیشروی شوری در خاک‌های زیر کشت، کم شدن منابع و روند سریع و نگران‌کننده جمعیت روبرو است و از سوی دیگر تولید مواد غذایی با نیاز جامعه هماهنگ نیست. بنابراین، حفظ محصول از گزند عوامل خسارت‌زا در مراحل مختلف تولید اهمیت به سزایی دارد (برگین، ۲۰۱۱).

یکی از دلایل عمده کاهش محصول گیاهان زراعی، هجوم علف‌های هرز است. در اکثر مطالعات، این کاهش محصول به اشکال مختلف رقابت بین علف‌های هرز و گیاهان زراعی نسبت داده می‌شود و سایر برهمکنش‌ها مورد توجه واقع نمی‌شود. از سال ۱۹۵۰ به بعد، یافته‌های علمی نشان داد که برهمکنش‌های دگرآسیبی^۱ بین گیاهان زراعی و علف‌های هرز تا حدی عامل کاهش محصول در گیاهان زراعی است. بیشتر گونه‌های علف‌های هرز بر روی گیاهان زراعی اثرات بازدارنده دارند. با این حال برخی از گونه‌های علف‌های هرز، جوانه‌زنی و رشد گیاهان زراعی را تحریک می‌کنند. علف‌های هرز با آزاد کردن فیتوتوکسین‌ها از دانه‌ها و مواد فرار، گیاهان زراعی را متاثر می‌سازند. وقتی گیاهان حساس در معرض ترکیبات آلوشیمیایی قرار می‌گیرند، جوانه‌زنی و رشد و نمو آن‌ها تحت تاثیر قرار می‌گیرد (دمیتروویچ و همکاران، ۲۰۱۴). از طرف دیگر، اگرچه در اکثر کشورها کنترل شیمیایی علف‌های هرز در حال انجام است، ولی کاهش کیفیت گیاهان زراعی، هزینه بالای کنترل علف‌های هرز، خطرات زیست محیطی و از طرفی افزایش مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها بیانگر ضرورت تجدید نظر در روش‌های کنترل علف‌های هرز است. پدیده دگرآسیبی برای اولین بار در اواخر سال ۱۹۳۰ به وسیله هانس مولیش مطرح شد. وی دگرآسیبی را تأثیر یک گیاه بر گیاه دیگر از طریق آزادسازی مواد شیمیایی به محیط اطراف خود تعریف کرد. این تعریف بعدها به وسیله رایس کامل‌تر شد. او دگرآسیبی را در برگرفته هر گونه تأثیر مفید یا مضر یک گیاه یا میکروارگانیسم بر روی سایر گیاهان از طریق تولید ترکیبات شیمیایی توصیف کرد. وی اثرات مواد شیمیایی آللوپاتیک را بر متابولیسم گیاهان به صورت اثر بر تقسیم میتوز، طویل شدن و فراساختار سلولی، اثر بر هورمون‌های القا کننده رشد، اثر بر نفوذ پذیری غشای سلول و اثر بر جذب مواد معدنی بیان کرد. این‌هیلینگ پدیده دگرآسیبی را شامل انواع مختلف برهمکنش‌های شیمیایی موجود در بین گیاهان و میکروارگانیسم‌ها تعریف کرد. وی معتقد بود که صدها ترکیب آلی متفاوت از گیاهان و میکروب‌ها آزاد می‌شود که می‌توانند روی رشد یا فعالیت گونه‌های دریافت کننده این مواد اثر بگذارند. دمای زیاد، کمبود رطوبت و حضور علف‌کش‌ها اغلب میزان تولید و تأثیر این مواد شیمیایی را افزایش می‌دهند. در سال ۱۹۹۸ انجمن محققان آللوپاتیک، هر گونه

^۱ Allelopathy

فرآیندی که از طریق تولید متابولیت‌های ثانویه^۱ ساخته شده توسط گیاه، جلبک، باکتری و ویروس بر رشد و نمو سیستم‌های بیولوژیک و کشاورزی تأثیر بگذارد را دگرآسیبی نامیدند. در نتیجه این تعریف، سازوکارهای در برگیرنده گیاه - گیاه، گیاه - میکروارگانیسم، گیاه - ویروس، گیاه - حشره و برهمکنش گیاه - خاک - گیاه را نیز شامل می‌شود. اگر چه تعریف دگرآسیبی هم جنبه‌های مثبت و هم منفی عمل ترکیبات شیمیایی را دربر می‌گیرد اما بیشتر مشاهدات جنبه منفی این ترکیبات را تأیید می‌کند (چاول و همکاران، ۲۰۱۲). اغلب گیاهان برای رقابت از ترکیبات آلووشیمیایی استفاده کرده و مانع جوانه‌زنی و رشد سایر گیاهان می‌شوند. ترکیبات شیمیایی پدید آورنده اثرات دگرآسیبی را مواد آلووشیمیایی یا مواد شیمیایی دگرآسیب^۲ می‌گویند. اصول مکانیسم عمل مواد آلووشیمیایی عبارت است از: الف: مهار تقسیم و طولیل شدن سلول ب: مهار اثر اکسینی یا اسید جیبرلیک ج: کندی عمل فتوسنتز د: مهار یا تحریک تنفس ه: مهار یا تحریک هدایت روزنه‌ای و: مهار سنتز پروتئینی و متابولیسم اسیدهای آلی ز: تغییرات در تراوایی غشا ح: مهار فعالیت آنزیم‌های اختصاصی. وقتی گیاهان در معرض مواد آلووشیمیایی قرار می‌گیرند رشد و نمویشان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. اثراتی که به راحتی قابل مشاهده است عبارتند از: مهار یا تاخیر جوانه زنی، تیره شدن و متورم شدن بذرها، کاهش توسعه ریشه، ریشه‌چه، بخش هوایی، کولتوپتیل، تورم یا نکروزه شدن نوک ریشه‌ها، پیچ خوردن یا حلقه شدن محور ریشه، فقدان تارهای کشنده، افزایش تعداد ریشه‌های اصلی، کاهش وزن خشک و پایین آمدن ظرفیت تولید مثلی. این اثرات مورفولوژیکی غیرطبیعی ممکن است اثرات ثانویه حاصل از تغییرات اولیه‌ای باشند که توسط مواد آلووشیمیایی در سطح سلولی و مولکولی در گیاهان ایجاد شده است (جرشزنون، ۲۰۰۲).

^۱ Secondary metabolites

^۲ Allelochemical

۱-۲ متابولیسم، متابولیت‌های اولیه و ثانویه

متابولیسم به تمام واکنش‌های شیمیایی انجام شده در موجود زنده اطلاق می‌شود که توسط آنزیم‌ها تنظیم و کنترل می‌شوند. هر ترکیبی که در واکنش‌های متابولیسم تولید می‌شود، متابولیت نام دارد. سلول‌ها، خصوصاً سلول‌های گیاهی دو دسته از ترکیبات را تولید می‌کنند؛ متابولیت‌های اولیه^۱ و متابولیت‌های ثانویه. مسیرهای متابولیسمی اولیه، متابولیت‌های اولیه را تولید می‌کنند. این مواد برای زنده ماندن و رشد بافت زنده مصرف می‌شوند و در اثر شکسته شدن انرژی تولید می‌کنند (پنگلی، ۲۰۰۴).

متابولیت‌های اولیه مستقیماً در رشد و متابولیسم درگیر هستند و شامل کربوهیدرات‌ها، لیپیدها، پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک می‌باشند. در گیاهان، متابولیت‌های اولیه طی فرآیند فتوسنتز تولید شده و سپس در ساخت ترکیبات سلول نقش آفرینی می‌کنند. این ترکیبات در حجم زیاد و با ارزش اقتصادی پایین تولید می‌شوند و عمدتاً به عنوان ماده خام صنعت، مواد غذایی و افزودنی‌ها کاربرد دارند. روغن‌های گیاهی، اسیدهای چرب (برای ساخت صابون و شوینده‌ها) و کربوهیدرات‌هایی مانند ساکاروز، نشاسته، پکتین و سلولز مثال‌هایی از متابولیت‌های اولیه هستند. البته برخی از متابولیت‌های اولیه مانند میواینوزیتول و بتاکاروتن گران هستند که علت قیمت بالای آن‌ها، سختی استخراج و خالص‌سازی آن‌ها می‌باشد.

متابولیت‌های ثانویه گیاهی، ترکیباتی آلی هستند که مستقیماً در رشد، نمو یا تولید مثل گیاه دخالت ندارند. متابولیت‌های ثانویه از بیوسنتز متابولیت‌های اولیه به دست می‌آیند و به عنوان ترکیبات فرعی و انتهایی متابولیسم اولیه در نظر گرفته می‌شوند. همچنین این ترکیبات در فرآیندهای متابولیسمی وارد نمی‌شوند. از جمله مهم‌ترین متابولیت‌های ثانویه می‌توان به آلکالوئیدها (مورفین، کدئین، آتروپین)، ترپنوئیدها، رنگیزه‌ها، فنولیک‌ها، روغن‌های ضروری، استروئیدها، لیگنین‌ها، تانن‌ها و فلاونوئیدها اشاره کرد.

این ترکیبات دارای ساختار شیمیایی پیچیده‌تری نسبت به متابولیت‌های اولیه (مثل اسیدهای آمینه، اسیدهای نوکلئیک) که برای بقا و حیات سلول‌ها ضروری‌اند، می‌باشند. سلول‌های گیاهی مقادیر متنوعی از این فرآورده‌ها را تولید می‌کنند. بسیاری از این ترکیبات سمی هستند و اغلب در وزیکول‌های خاص یا

^۱ Primary metabolites

واکوئول‌ها ذخیره می‌شوند. این نوع ذخیره‌سازی از یک طرف نوعی سمیت‌زدایی برای گیاه به حساب می‌آید و از طرف دیگر نوعی مخزن ذخیره‌ای برای موادی نظیر مولکول‌های غنی از نیتروژن است (آهارونی و گالیلی، ۲۰۱۱).

از جمله نقش متابولیت‌های ثانویه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- انجام عملکردهای فیزیولوژیکی
- دفع در برابر گیاه‌خواران، قارچ‌ها، باکتری‌ها و ویروس‌ها
- نقش جاذب حشرات و حیوانات به منظور پراکنده کردن بذر جهت گرده‌افشانی
- دفاع در برابر سایر گیاهان و رقابت برای نور، آب و مواد مغذی
- حفاظت در برابر نور ماوراء بنفش و یا سایر تنش‌های فیزیکی
- استفاده انسان از این مواد به عنوان دارو، چاشنی، افزودنی، رنگدانه‌ها و ... (وینک، ۲۰۱۰)

اگر چه متابولیت‌های ثانویه گیاهی بسیار شایع هستند، اما هر گیاهی قادر به تولید هر نوع ترکیب ثانویه‌ای نیست و برخی ترکیبات نیز تنها منحصر و محدود به گونه خاصی هستند. اهمیت متابولیت‌های ثانویه برای گیاهان از لحاظ اکولوژیک حائز اهمیت است. این ترکیبات نیز دارای کارکردهای متنوعی هستند که از آن جمله می‌توان به عملکرد دفاعی در برابر صیادان، انگل‌ها و عوامل بیماریزا، فیتوالکسین‌ها (سموم گیاهی) در هنگام ابتلاء به قارچ جهت جلوگیری از گسترش میسلیوم قارچ در گیاه، رقابت‌های بین گونه‌ای، یا تسهیل فرآیندهای تولید مثلی (مثل تولید بوهای جاذب و یا مواد رنگی) و یا ایجاد ارتباط با گرده افشان‌ها اشاره کرد. برخی از ترکیبات ثانویه در گیاهان دارای عملکرد پیام‌رسانی^۱ هستند که در این میان هورمون‌های گیاهی جایگاه ویژه‌ای دارند (وینک، ۲۰۱۰).

متابولیت‌های ثانویه بر اساس منشا بیوسنتزشان در ۴ گروه قرار می‌گیرند:

آلکالوئیدها، فنیل‌پروپانوئیدها^۲، پلی‌کتیدها^۱ و ترپنوئیدها^۳.

^۱ Signaling

^۲ Phenylpropanolamine

۱-۲-۱ آلکالوئیدها

آلکالوئیدها ترکیبات آلی بازی و نیتروژن دار دارای وزن مولکولی پایین هستند و یکی از بزرگترین گروه در بین متابولیت‌های ثانویه گیاهی به حساب می‌آیند که در چندین خانواده از گیاهان مهم از نظر اقتصادی، یافت می‌شوند. این متابولیت‌ها بر اساس مواد پیش‌ساز خود به گروه‌های مختلف تقسیم می‌شوند (برای مثال آلکالوئیدهای ایندولی از اسید آمینه تریپتوفان مشتق می‌شوند) که بیش از ۲۰ گروه مختلف را شامل می‌شوند (مانند آلکالوئیدهای پیرولیدین، آلکالوئیدهای تروپان، آلکالوئیدهای پپیریدین، آلکالوئیدهای پیریدین، آلکالوئیدهای کوئینولیزیدین و آلکالوئیدهای ایندولی). این ترکیبات دارای مولکول‌های تحریک کننده سیستم عصبی از قبیل کافئین، نیکوتین و همچنین داروهای نجات‌بخشی مانند ام‌تین^۳ (برای درمان مسمومیت‌های خوراکی استفاده می‌شود) و وینکریستین^۴ و وینبلاستین^۵ (هر دو جزو داروهای ضدسرطانی می‌باشند) هستند. آلکالوئیدها می‌توانند به عنوان ترکیبات دفاعی در گیاهان عمل کرده و با فعالیت سمی خود علیه پاتوژن‌ها و پاتوژن‌ها و شکارچی‌ها تاثیرگذار باشند. درک سریع متجاوزها و شرایط نامساعد محیطی توسط گیاه و به دنبال آن انتقال پیام خاص و موثر برای القای انباشت آلکالوئید، از مراحل مهم در فرآیند موفقیت‌آمیز درک گیاهی به حساب می‌آیند. بسیاری از آلکالوئیدها سمی بوده، برخی دیگر اعتیاد آور (مثل کوکائین) و برخی نیز به صورت بالینی (مثل مورفین) مورد استفاده قرار می‌گیرند. در حال حاضر بیش از ۱۰۰۰۰ آلکالوئید شناسایی شده است. اولین آلکالوئید کشف شده نارکوتین^۶ نام دارد که از تریاک جداسازی می‌شود و در پزشکی مورد استفاده قرار می‌گیرد. آلکالوئیدها در شیره سلولی موجود در واکوئل گیاهان به صورت نمک یافت می‌شوند. این ترکیبات را می‌توان با الکل یا آب اسیدی شده از سلول استخراج کرد. روش دیگر برای استخراج این ترکیبات انتقال مواد گیاهی مورد نظر به محیط قلیایی و استفاده از حلال‌های آلی مثل کلروفرم

^۱ Polyketide

^۲ Terpenoid

^۳ Emetine

^۴ Vincristine

^۵ Vinblastine

^۶ Narcotine

(یک حلال مخلوط نشدنی با آب^۱) می باشد که آکالوئیدها در این حلال آلی قابل حل هستند (ماتسورا و فت-نتو، ۲۰۱۵). معمولا آکالوئیدها را بر اساس سیستم حلقه هتروسیکلیک موجود در آنها طبقه بندی می کنند (شکل ۱)، اما برخی از محققین ترجیح می دهند که طبقه بندی آنها بر اساس منشاهای بیوستزی شان یعنی از اسیدهای آمینه مثل فنیل آلانین، تیروزین یا تریپتوفان انجام شود (شکل ۱).

آکالوئیدها در گیاهان نهان دانه^۲ (تک لپه ای ها و دولپه ای ها) به وفور یافت می شوند، اما این ترکیبات در گیاهان پست کمیاب هستند. با این حال استثناهایی نیز وجود دارد، برای مثال پاکلتاکسل^۳ موجود در گیاه سرخدار (که یک گیاه باز دانه است)، لیکوپودین^۴ موجود در *Lycopodium* و پالوسترین^۵ موجود در *Equisetum* (که هر دو از نهان زادان آوندی هستند)، و حتی ماده ای به نام ارگومتترین^۶ که در قارچی به نام *Claviceps* موجود است و در درمان خونریزی بعد از سقط جنین و زایمان استفاده می شود (ماتسورا و فت-نتو، ۲۰۱۵).

^۱ Water-immiscible solvent

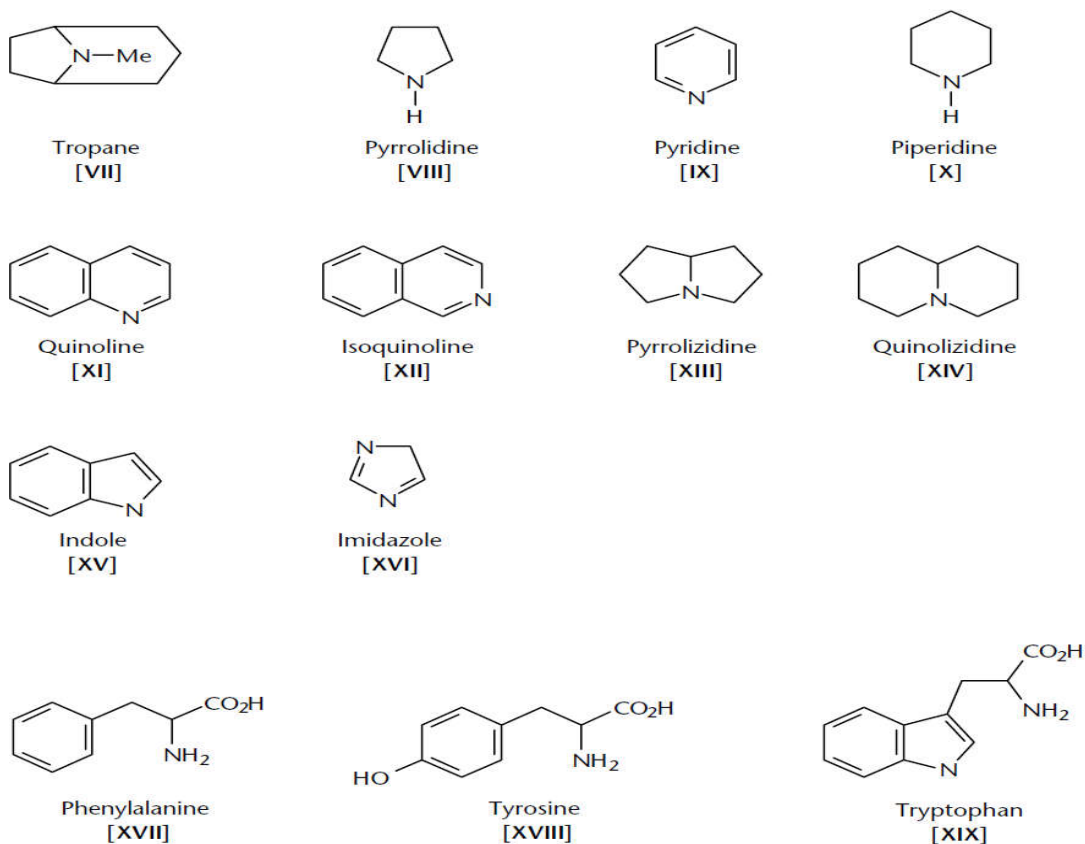
^۲ Angiosperm

^۳ Paclitaxel

^۴ Lycopodine

^۵ Palustrine

^۶ Ergometrine



شکل ۱-۱ طبقه‌بندی آلکالوئیدها بر اساس حلقه هتروسیکلیک و منشأ بیوسنتزی

۲-۲-۱ پلی‌کتیدها

گروهی از متابولیت‌های ثانویه تولید شده توسط برخی از موجودات زنده هستند که این ترکیبات برخی مزیت‌های بقا به موجودات تولید کننده‌شان می‌دهند. این ترکیبات در گیاهان، قارچ‌ها، باکتری‌ها و حیوانات یافت می‌شوند. بسیاری از میکوتوکسین‌های تولید شده توسط قارچ‌ها جزو پلی‌کتیدها هستند. پلی‌کتیدها از لحاظ ساختاری، ترکیبات آلی پیچیده‌ای هستند که اغلب از لحاظ بیولوژیکی بسیار فعال هستند. بسیاری از مواد دارویی از پلی‌کتیدها مشتق شده و یا در ساخت‌شان از این ترکیبات الهام گرفته شده است. پلی‌کتیدها دارای خواص دارویی و فعالیت‌های بیولوژیکی متنوعی هستند. در صنعت از خواص آنتی‌بیوتیکی، ضد انگلی، ضد قارچی، حشره‌کشی، ضد سرطانی و ... آن‌ها استفاده می‌شود (استانتون و ویسمن، ۲۰۰۱).

۱-۲-۳ فنیل پروپانوئیدها

فنیل پروپانوئیدها خانواده متنوعی از ترکیبات آلی هستند که توسط گیاهان از اسید آمینه‌های فنیل آلانین و تیروزین سنتز می‌شوند. نام آن‌ها از گروه فنیل آروماتیک شش کربنی و دم پروپیل سه کربنی اسید سینامیک^۱ مشتق شده است. اسید سینامیک نیز از اسید آمینه فنیل آلانین در اولین مرحله بیوسنتز فنیل پروپانوئید سنتز می‌شود. فنیل پروپانوئیدها در همه سلسله گیاهی یافت می‌شوند و به عنوان اجزای ضروری تعدادی از پلیمرهای ساختاری عمل کرده و در حفاظت در برابر نور ماوراء بنفش نیز نقش دارند. سایر نقش‌های این ترکیبات عبارتند از: دفاع در برابر گیاه‌خواران و پاتوژن‌ها، عمل کردن به عنوان رنگدانه‌های گل و ترکیبات معطر در برهمکنش‌های صورت گرفته بین گیاه و حشرات گرده‌افشان. همچنین این مواد دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد هستند. فنول‌ها، کومارین‌ها و فلاونوئیدها جزو این گروه از ترکیبات به حساب می‌آیند. این ترکیبات به خاطر داشتن خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدسرطانی، ضدویروسی، ضدالتهابی، ضدباکتریایی توجه‌های زیادی را در این چند سال اخیر به خود معطوف کرده‌اند. از این ترکیبات در لوازم آرایشی و در صنعت عطرسازی نیز استفاده می‌شود (وقت، ۲۰۱۰).

۱-۲-۴ ترپنوئیدها

ترپنوئیدها، که تا به حال بیش از ۳۰۰۰۰ عضو از آن‌ها شناسایی شده، به خاطر این که بزرگ‌ترین گروه از فرآورده‌های مولکولی کوچک و طبیعی هستند، از اهمیت زیادی برخوردارند. این ترکیبات تنوع ساختاری زیادی داشته اما دارای منشا بیوسنتزی مشترکی هستند. از آن جایی که ترپنوئیدها از طریق اتصال واحدهای ایزوپنتانی پنج کربنی تشکیل می‌شوند به آن‌ها ایزوپرنوئید و یا ترپن نیز اطلاق می‌شود. این ترکیبات از واحدهای ایزوپنتان یا ایزوپرنی ساخته می‌شوند که به طرق مختلف به یکدیگر متصل شده و حالت‌های مختلفی از بسته‌شدن حلقه را داشته و به صورت غیراشباع بوده و دارای گروه‌های عامل مختلفی هستند (کوبزکا، ۲۰۱۰). به خاطر این که برخی ترپنوئیدها در دماهای زیاد متلاشی شده و ایزوپرن‌های گازی را متصاعد می‌کنند در برخی مواقع به واحدهای پنج کربنی که از آن‌ها واحدهای ترپنوئیدی تشکیل می‌شوند،

^۱ Cinnamic acid

واحدهای ایزوپرنی نیز گفته می‌شود. واحدهای ایزوپرنی معمولاً به روش سر به دم به هم متصل می‌شوند. هر چند که اتصالات سر به سر و دم به دم نیز از اتصالات غیرمعمولی است که در مواقعی دیده می‌شود. با در نظر گرفتن این که ترپنوئیدها متشکل از واحدهای ایزوپنتانی هستند می‌توان انتظار داشت که این ترکیبات دارای اتم‌های کربنی در مضرب‌های پنج باشند ولی در همه ترپنوئیدها چنین شرایطی حاکم نیست. برخی از ترکیبات دارای اتم‌های کربن اضافی و برخی دیگر دارای اتم‌های کربن از دست رفته از مضرب پنج هستند، که این تغییرات احتمالاً در طول مسیرهای طولانی بیوسنتزی اتفاق می‌افتد. اسکلت اصلی این ترکیبات از موالونیک اسید^۱ یا یک پیش‌ساز بسیار مشابه با آن مشتق شده است. اکثر این ترکیبات دارای ساختار چندحلقه‌ای بوده که نه تنها از لحاظ گروه‌های عامل بلکه در اسکلت اصلی کربنی خود نیز با یکدیگر متفاوت هستند. این ترکیبات می‌توانند در همه موجودات زنده یافت شوند و بزرگ‌ترین گروه فرآورده‌های طبیعی به حساب می‌آیند، به طوری که تقریباً ۶۰ درصد از فرآورده‌های طبیعی شناخته شده، ترپنوئیدها هستند. طبقه‌بندی ترپنوئیدها دارای یک تاریخچه طولانی است. زمانی تصور بر این بود که ترپنوئیدهای ۱۰ کربنی، کوچک‌ترین اعضای طبیعی این گروه هستند، بنابراین این ترکیبات را مونوترپن^۲ نامیدند. با نام‌گذاری ترپنوئیدهای ۱۰ کربنی به عنوان مونوترپن‌ها (یک ترپنی)، لازم است تا ترپنوئیدهای پنج کربنی را همی‌ترپن^۳ (نیم ترپنی) نامید. همچنین به ترپنوئیدهای ۱۵ کربنی، سزکوئی‌ترپن^۴ (یک ونیم ترپنی)، به ترپنوئیدهای ۲۰ کربنی دی‌ترپن^۵ (دو ترپنی)، به ترپنوئیدهای ۳۰ کربنی، تری‌ترپن^۶ (سه کربنی) و ... اطلاق می‌شود (جدول ۱-۱).

ترپنوئیدهای گیاهی به خاطر ویژگی‌های معطر بودنشان به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند و به عنوان داروهای گیاهی نقش مهمی را در طب سنتی ایفا می‌کنند. رایحه گیاه اکالیپتوس، خاصیت چاشنی یا

^۱ Mevalonic acid

^۲ Monoterpenes

^۳ Hemiterpenes

^۴ Sesquiterpenes

^۵ Diterpenes

^۶ Triterpenes

مزه‌دهی دارچین، میخک‌ها^۱ (نوعی ادویه معطر) و زنجبیل، رنگ زرد آفتابگردان و رنگ قرمز گوجه‌فرنگی همگی ناشی از ترپنوئیدها می‌باشد. از ترپنوئیدهای معروف می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: سیترال^۲ (به دست آمده از روغن لیمو)، منتول^۳ (به دست آماده از روغن نعناع)، کافور (تولید شده از ریشه گیاه سانسکریت)، سالوینورین^۴ A موجود در گیاه *Salvia divinorum*، کانابینوئیدهای موجود در گیاه شاهدانه (لانگ و احکامی، ۲۰۱۳).

جدول ۱-۱ طبقه‌بندی ترپنوئیدها

| منابع | تعداد ایزوپرن‌ها | تعداد اتم‌های کربن | گروه |
|---|------------------|--------------------|--|
| اسانس‌های فرار، استرها | ۱ | ۵ | همی‌ترپنوئیدها (C ₅ H ₈) |
| اسانس‌های فرار، گلیکوزیدها | ۲ | ۱۰ | مونوترپنوئیدها (C ₁₀ H ₁₆) |
| ترپنوئیدهای مرکب، اسانس‌های فرار، مواد تلخ گیاهی | ۳ | ۱۵ | سزکوئی‌ترپنوئیدها (C ₁₅ H ₂₄) |
| صمغ‌های گیاهی، کلروفیل | ۴ | ۲۰ | دی‌ترپنوئیدها (C ₂₀ H ₃₂) |
| در گیاهان کمیاب بوده و اکثراً در جانوران وجود دارد | ۵ | ۲۵ | سزترپنوئیدها (C ₂₅ H ₄₀) |
| صمغ‌های گیاهی، موم‌ها، استروئیدها، ساپونین‌ها و گلیکوزیدهای قلب | ۶ | ۳۰ | تری‌ترپنوئیدها (C ₃₀ H ₄₈) |
| کاروتنوئیدها | ۸ | ۴۰ | تتراترپنوئیدها (C ₄₀ H ₈₄) |
| کانوچو و صمغ‌ها | n | α | پلی‌ترپنوئیدها (C ₅ H ₈) _n |

۱-۲-۴-۱ نقش ترپنوئیدها در گیاهان

علیرغم این که ترپنوئیدها در همه موجودات زنده یافت می‌شوند، اما آن‌ها در گیاهان دارای بیشترین تنوع ساختاری و عملکردی هستند. بسیاری از ترپنوئیدهای دارای یک نقش کاملاً شناخته شده‌ای در رشد و نمو پایه گیاهی دارند و بنابراین می‌توان آن‌ها را به جای متابولیت‌های ثانویه به عنوان متابولیت‌های اولیه

^۱ Cloves

^۲ Citral

^۳ Menthol

^۴ Salvinorin A

طبقه‌بندی کرد. این متابولیت‌های اولیه شامل چندین نوع هورمون‌های گیاهی هستند: جیبرلین‌ها (دی‌ترین‌ها، C₂₀)، براسینواستروئیدها^۱ (تری‌ترین‌ها، C₃₀)، آبسزیک اسید و استریگولاکتون‌ها^۲. سیتوکینین‌های طبیعی دارای یک زنجیره جانبی ترپنوئیدی پنج کربنه هستند. در حالی که آبسزیک اسید رسماً یک سزکوئی‌ترین (C₁₅) است و استریگولاکتون‌ها در اسکلت اصلی خود دارای ۱۹ اتم کربن است. در واقع هر دوی این هورمون‌ها از طریق شکست گروهی از تتراترین‌ها (C₄₀) به نام کاروتنوئیدها، ناشی می‌شوند. کاروتنوئیدها یک گروه مهم دیگر از ترپنوئیدهای گیاهی هستند که دارای نقش‌های کاملاً شناخته شده‌ای می‌باشند. این مواد قرمز، نارنجی و زرد رنگ در فرآیندهای انتقال انرژی درگیر در فتوسنتز شرکت می‌کنند، در شرایط نور زیاد از بافت‌های فتوسنتزی در برابر اکسیداسیون محافظت می‌کنند و حیوانات را به سوی گل‌ها و میوه‌ها جهت پخش گرده و بذور جذب می‌کنند. استرول‌ها مشتقات تری‌ترین‌ها هستند که اجزای اصلی غشاهای سلولی می‌باشند و از طریق برهمکنش با فسفولیپیدها تثبیت می‌شوند. زنجیره‌های واحدهای ترپنوئیدی پنج کربنی معمولاً بسیار چربی‌دوست هستند. زمانی که به مولکول‌های دیگر متصل می‌شوند، ممکن است آن مولکول‌ها را به پروتئین‌ها یا غشاهای لیپیدی متصل کنند. برای مثال فیتول، یک زنجیره جانبی چهار واحد پنج کربنی (C₂₀)، کمک می‌کند تا کلروفیل به درون کمپلکس‌های سیستم نوری درج شده و این کمپلکس‌ها نیز درون غشای تیلاکوئیدی جای گیرند. توکوفرول‌های آنتی‌اکسیدانت و حامل‌های الکترون از جمله یوبی‌کوئینون‌ها، پلاستوکوئینون‌ها و فیلوکوئینون‌ها توسط زنجیره‌های جانبی ۱۰-۴ واحد پنج کربنی به غشاها متصل می‌شوند. برخی از پروتئین‌های گیاهی از طریق زنجیره‌های جانبی ترپنوئیدهای ۱۵ یا ۲۰ کربنی، که پس از فرآیند ترجمه به اسید آمینه سیستمین موجود در نزدیک انتهای کربوکسیلی اضافه می‌شوند، به درون غشاها درج شده یا برهمکنش‌های پروتئین-پروتئین را انجام می‌دهند. نهایتاً، مولکول‌های ترپنوئیدی بسیار طولی تحت عنوان دولیکول‌ها وجود دارند (۲۳-۱۵ واحد پنج کربنی) که در واکنش‌های انتقال مولکول‌های قند طی سنتز دیواره سلولی و گلیکوپروتئین‌ها، نقش دارند (آشور و همکاران، ۲۰۱۰).

^۱ Brassinosteroids

^۲ Strigolactones

اکثر هزاران ترپنوئید تولید شده توسط گیاهان هیچ نقش مشخصی در رشد و نمو گیاهی ندارند و بنابراین به عنوان متابولیت‌های ثانویه در نظر گرفته می‌شوند. بسیاری از آن‌ها ترکیبات یا اجزای سازنده اسانس‌های روغنی، صمغ‌ها، شیرابه‌ها و موم‌ها هستند. ظاهراً زمانی که ترپنوئیدها به عنوان فرآورده‌های زائد متابولیکی محسوب می‌شوند، اما در واقع آن‌ها مجموعه‌ای از نقش‌های اکولوژیکی را انجام می‌دهند. آن‌ها می‌توانند به عنوان یک عامل دفاعی در برابر گیاه‌خواران و پاتوژن‌ها باشند، از رشد و جوانه‌زنی گیاهان رقیب جلوگیری کنند و یا حیواناتی را که گرده یا بذور را پخش می‌کنند به سمت گیاه جذب کنند.

بسیاری از ترپن‌ها ترکیبات چسبنده، روغنی، بودار و تحریک‌کننده‌ای را تشکیل می‌دهند، بنابراین درک کردن ویژگی‌های دفاعی آن‌ها آسان است. برای مثال تری‌ترین آزادیراکتین^۱ حاصل از روغن دانه درخت زیتون تلخ آسیایی (*Azadirachta indica*) یک بازدارنده قدرتمندی در برابر تغذیه حشرات است و انواع اثرات سمی را نیز روی حشرات اعمال می‌کند. این ماده پیچیده، که یک ترپنوئید دارای اکسیژن زیاد است، توسط کشاورزان هندی پس از قرن‌ها استفاده از شاخ و برگ درخت زیتون تلخ جداسازی شده و برای محافظت دانه‌های ذخیره‌ای و انباری در برابر حشرات از آن استفاده می‌شود. با توجه به سمیت پایین آزادیراکتین نسبت به پستانداران، این ماده دارای پتانسیل زیادی برای کنترل آفاتی همچون حشرات خانگی و کشاورزی است و در حال حاضر تعدادی از ترکیبات مورد استفاده برای این منظور که حاوی این ماده است در بازار وجود دارد (لایو و همکاران، ۲۰۰۶).

مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترپن‌ها معمولاً ترکیبات فراری هستند و اجزای سازنده اصلی گیاهان معطر و ادویه‌ای از قبیل ریحان، پونه کوهی، نعنای، برگ‌بو^۲، جعفری و شوید را تشکیل می‌دهند. این ترکیبات به عنوان عوامل دفاعی در برابر گیاه‌خواران جوانه نیز محسوب می‌شوند. این ترکیبات در کرک‌های غده‌ای یا مجاری ترشحی موجود در برگ‌ها یا میوه‌ها ذخیره شده و زمانی که بافت مورد نظر له می‌شود به صورت مواد فرار از آن متصاعد می‌شوند. ترپنوئیدها تقریباً از شاخ و برگ همه گونه‌های گیاهی مطالعه شده

^۱ Azadirachtin

^۲ Bay

مخصوصا بعد از تغذیه توسط حشره به صورت مواد فرار متصاعد می‌شوند. برای مثال گیاهانی از قبیل ذرت، پنبه، لوبیا لیما و آرابیدوپسیس از طریق ساطع کردن ترکیبی از مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترین‌ها به آسیب‌های ناشی از گیاه‌خواران عکس‌العمل نشان می‌دهند. این مواد گیاه‌خواران دیگر را دفع کرده و دشمنان گیاه‌خواران مانند زنبورهای پارازیت و بندپایان شکارچی را جذب می‌کنند. همچنین ساطع شدن برخی از ترین‌ها از برگ‌های گیاهی می‌تواند مستقل از فرآیند گیاه‌خواری اتفاق بیافتد. ایزوپرن، که یک همی‌ترین است، و چندین مونوترپن توسط بسیاری از رده‌های گیاهی مخصوصا گونه‌های چوبی به مقدار قابل توجهی ساطع می‌شوند و دارای اثر مهمی روی سطوح اوزن، مونوکسیدکربن و سایر گازهای موجود در اتمسفر دارند. به نظر می‌رسد که ایزوپرن و مونوترپن‌ها از این گیاهان در برابر تنش‌های دمایی و اکسیداتیو احتمالا از طریق پایدار کردن غشا یا ترکیب مستقیم آن‌ها با گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر از قبیل اکسیژن منفرد، رادیکال-های هیدروکسیل و نیتروز اکسیدها محافظت می‌کنند (آشور و همکاران، ۲۰۱۰).

علاوه بر این، ترپنوئیدها نقش‌های بسیار مهمی را در جوامع انسانی ایفا می‌کنند. از این ترکیبات به عنوان چاشنی‌ها و معطرکننده‌های مواد غذایی، آشامیدنی‌ها، صابون‌ها، عطرها، خمیردندان و سایر فرآورده‌ها استفاده می‌شود. برخی از آن‌ها نیز به عنوان مواد صنعتی (صمغ‌ها و کائوچو) یا رنگیزه‌ها (کاروتنوئیدها) و برخی دیگر نیز به خاطر داشتن سمیت پایین به انسان‌ها و عدم ماندگاری در محیط به عنوان حشره‌کش‌های با ارزش (آزادیراکتین و پیرترین^۱) مورد استفاده قرار می‌گیرند. بسیاری از ترپنوئیدها از اهمیت غذایی و دارویی نیز برخوردار هستند. که از جمله می‌توان به ویتامین‌های A، D، E و K و همچنین برخی داروهای مشهور اشاره کرد. برای مثال تاکسول^۲ یک دی‌ترین حاصل از گیاه سرخدار (*Taxus brevifolia*) است و یک داروی بسیار موثر برای درمان سرطان سینه و تخمدان می‌باشد. آرتمیسین یک سزکوئی‌ترین حاصل از گیاه *Artemisia annua* است که علیه بیماری مالاریا از آن استفاده می‌شود و کاردنولیدهای (تری‌ترین‌ها از قبیل دیجی‌توکسیجین) استخراج شده از گیاه انگشت‌دانه (*Digitalis lanata*) که به میلیون‌ها بیمار برای درمان

^۱ Pyrethrins

^۲ Taxol

بیماری قلبی تجویز می‌شود. کاروتنوئیدها در حال تبدیل شدن به عنوان ترکیبات غذا-دارو هستند و باور بر این است که در جلوگیری از سرطان، بیماری‌های قلبی و زوال بخش مرکزی شبکیه چشم (ماکولا) کمک شایانی می‌کنند (بوهلن و کیلینگ، ۲۰۰۸).

۱-۳ اسانس‌های گیاهی

اسانس‌ها، ترکیبات فرار حاصل از گیاهان هستند که از گذشته تاکنون به هنگام تولید غذا مورد استفاده قرار می‌گرفتند. چینی‌ها ۵۰۰۰ سال پیش، از گیاهان به عنوان داروهای درمانی و مصری‌ها ۱۵۵۰ سال قبل از میلاد از گیاهان برای نگهداری مواد غذایی و مومیایی کردن استفاده می‌کردند. در قرن ۱۳، اسانس‌های گیاهی توسط داروسازها استخراج شده و اثرات فارماکولوژی آنها وارد کتاب‌های داروشناسی شد، اما استفاده از آنها در اروپا تا قرن ۱۶ رواج نداشت. اسانس‌ها از نظر ترکیب شیمیایی همگن نیستند و به صورت ترکیبات مختلفی مشاهده می‌شوند، ولی به طور کلی منشا ترپنی دارند. اسانس‌های حاوی مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترین‌ها هستند که در دمای اتاق فرار می‌باشند. همچنین اسانس‌های گیاهی حاوی ترین‌های فنولی و ترکیبات نیتروژن‌دار هستند. برخی اوقات این ترکیبات با رنگیزه‌های کاروتنوئیدی، اسیدهای چرب و مشتقات دی‌ترین‌ها و گلوکوزیدها مخلوط می‌شوند. در برخی موارد نیز اسانس‌ها حاوی صمغ‌هایی هستند که در این صورت ترکیبات شیمیایی حاصل، بسیار پیچیده می‌باشند و در دمای پایین معمولاً به صورت جامد هستند. اکثر اسانس‌های گیاهی در آب نامحلول هستند و در اکثر حلال‌های آلی حل می‌شوند. اسانس‌ها ترکیبات معطری هستند که در اندام‌های مختلف گیاهان یافت می‌شوند. به طور کلی بی‌رنگ هستند خصوصاً هنگامی که تازه تهیه شده باشند. ولی در اثر مرور زمان به علت اکسیداسیون و رزینی شدن، رنگ آنها تیره می‌گردد. برای جلوگیری از این تغییرات باید اسانس‌ها را در مکان خشک و خنک و در بسته نگهداری کرد و جنس ظروف باید از شیشه رنگی باشد. بعلاوه تبخیر آنها در اثر مجاورت با هوا در حرارت عادی، آنها را روغن‌های فرار^۱ یا روغن‌های اتری^۱ و یا اسانس‌های روغنی^۲ می‌نامند. اسانس‌های روغنی، عموماً مایع بوده

^۱ Volatile oils

و شامل مخلوطی از ترکیبات اغلب متفاوت می‌باشند. کمیت و کیفیت اسانس‌ها که توسط گونه‌های مختلف گیاهان تولید می‌گردند، رابطه مستقیمی با بیوستنز، متابولیسم و فعالیت‌های بیولوژیک گیاه دارد که آن نیز تابع شرایط اقلیمی محیط زیست گیاه می‌باشد (پالومبو، ۲۰۱۱).

اسانس‌ها در سلول‌ها و کرک‌های ترش‌چی، غده‌های ترش‌چی، مجاری ترش‌چی موجود در سطحی و درونی، اندام‌های مختلف مانند برگ‌ها، میوه‌ها، جوانه‌ها و شاخه‌های گیاهان وجود دارند. بسیاری از ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس‌های گیاهی توسط سازمان غذا و داروی آمریکا ایمن و بی‌خطر تشخیص داده شده‌اند. اثرات ضد میکروبی، ضد ویروسی و سایر خواص دارویی و معطر بودن باعث شده است که آن‌ها در تهیه و نگهداری مواد غذایی به کار گرفته شوند. خصوصیات ضد میکروبی اسانس‌های گیاهی علیه طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها تایید شده است. کاربردهای فراوان آن‌ها به منظور کنترل رشد باکتری‌های بیماری‌زا با منشا غذایی و یا باکتری‌های عامل فساد از یک طرف و توجه به عوارض و تاثیرات منفی برخی نگهدارنده‌های شیمیایی، موجب بکارگیری آن‌ها به عنوان نگهدارنده‌های غذایی شده است. همچنین خاصیت آنتی‌اکسیدانی اسانس‌ها نیز مورد تایید محققین قرار گرفته است. اثرات مهاری اسانس‌ها روی باکتری‌های بیماری‌زا به عنوان یک ویژگی مثبت و اثر مهاری و کشندگی آن‌ها علیه باکتری‌های پروبیوتیک به عنوان یک ویژگی منفی در نظر گرفته می‌شود (داگلی و همکاران، ۲۰۱۵).

۱-۳-۱ خواص بیولوژیکی و مکانیسم‌های عمل اسانس‌های گیاهی

مهمترین اجزای فعال اسانس‌های گیاهی شامل ترپنوئیدها (مونوترپنوئیدها و سزکوئی‌ترپنوئیدها) و فینیل پروپانوئیدها هستند. ترپنوئیدها و فینیل پروپانوئیدها با اثر روی دیواره سلولی، فعالیت ضدباکتریایی خود را نشان می‌دهند. این فعالیت به علت ماهیت آب‌گریزی هیدروکربن‌های حلقوی است که باعث می‌شود با غشای سلولی واکنش داده و در دولایه لیپیدی باکتری تجمع یابند و فضای بین اسیدهای چرب اشغال شود.

^۱ Ethereal oils

^۲ Essential oils

این تداخل باعث تغییرات ساختاری در غشا می‌شود که در نتیجه آن باکتری سیال شده و از هم می‌پاشد. این مکانیسم عمل ضدباکتریایی اسانس‌های گیاهی علیه باکتری‌های گرم مثبت موثر است. در مقابل، دیواره سلولی خارجی موجود در پیرامون غشای سلولی باکتری‌های گرم منفی، آب‌دوست است و اجازه ورود مواد چربی‌دوست را نمی‌دهد. همانند آنتی‌بیوتیک مونسین، اکثر ترکیبات اسانس‌های گیاهی آب‌گریز هستند و نمی‌توانند به داخل غشای باکتری‌های گرم منفی نفوذ کنند. اگرچه، غشای خارجی باکتری‌های گرم منفی به طور کامل نسبت به مواد آب‌گریز نفوذ ناپذیر نیست و مولکول‌های با وزن مولکولی پایین می‌توانند با آب واکنش دهند و با انتشار به آرامی از دیواره سلولی از میان لایه لیپولی ساکاریدی یا از میان پروتئین‌های غشایی دیواره سلولی عبور کنند و با دولایه لیپیدی سلولی واکنش دهند. واضح‌ترین اثر اسانس‌ها در انسان تحریک قوی حس بویایی است و دقیقاً مثل یک دارو اثر مستقیمی بر مغز می‌گذارند. بوکردن بدون شک دقیق‌تر از سایر احساسات ما است و ایمپالس‌های عصبی را سریعاً به مغز منتقل می‌کند. دستگاه بویایی مستقیماً به سیستم لیمبیک مغز^۱ متصل است و همانطور که می‌دانیم این ناحیه مرکز کنترل مغز برای هیجان، حافظه و احساسات ما است و در کنترل ضربان قلب، فشارخون، استرس، تنفس و تعادل هورمونی دخالت دارد. (بکالی و همکاران، ۲۰۰۸).

۱-۳-۲ محل تجمع اسانس در گیاهان

اسانس‌ها در سلول‌ها و کرک‌های ترش‌هی منفرد یا مجتمع، غده‌های ترش‌هی، مجاری ترش‌هی موجود در قسمت‌های سطحی و درونی اندام‌های مختلف از قبیل جوانه‌ها، گل‌ها، میوه‌ها، برگ‌ها و شاخه‌های گیاهان وجود دارند. سلول‌ها و بافت‌های ترش‌هی مذکور، ممکن است تنها در یک اندام گیاه وجود داشته باشند (برای مثال در گل یا میوه) و یا ممکن است در اندام‌های مختلف گیاه پراکنده باشند. بنابراین اسانس‌های حاصل از نظر کمیت و کیفیت و همچنین اجزا و عناصر تشکیل دهنده از اندامی به اندام دیگر متفاوت

^۱ Limbic system

هستند. به طوری که مثلاً تولیدکنندگان عطر و ادوکلن می‌دانند که اسانس‌های حاصله از گل‌های نارنج تلخ^۱ در مقایسه با اسانس استخراج شده از پوست و میوه این گیاه از کیفیت و ارزش بیشتری برخوردار هستند، بنابراین یکی از مهمترین مسائل گیاهان دارویی مطالعه و تحقیق در مورد اسانس موجود در اندام‌های مختلف یک گیاه و مقایسه آن‌ها از نظر کمیت و کیفیت با یکدیگر است. اسانس‌ها معمولاً در داخل سلول‌های گیاهی به شکل قطرات کروی جای گرفته‌اند. وجود اسانس‌ها تنها در حدود ۲۰۰۰ گونه از ۲۵۰۰۰۰ گونه گلدار شناخته شده، گزارش شده است. مهمترین گیاهان دارویی دارای اسانس متعلق به خانواده‌های نعنائیان، مورد، گشنیز، کاسنی، کاج، سرو و تعداد معدودی از گیاهان متعلق به خانواده‌های دیگر می‌باشد.

ممکن است اسانس‌ها با موادی از قبیل صمغ‌ها همراه گردند که در این صورت ترکیبات شیمیایی حاصل بسیار پیچیده می‌باشند. این ترکیبات معمولاً در دمای پایین به صورت جامد هستند و در دمای بالا ذوب شده و به شکل مایع در می‌آیند. این ترکیبات همانند خود اسانس‌ها غالباً توسط سلول‌های مجاری ترشحی خاصی ساخته شده و در این مجاری ذخیره می‌شوند. استخراج این مواد معمولاً به کمک تقطیر با بخار آب انجام می‌گیرد و معمولاً در آب حل نشده و یا به سختی حل می‌شوند (بلانک و همکاران، ۲۰۱۱).

۳-۳-۱-۱ خواص و کاربردهای اسانس‌های گیاهی

اسانس‌ها در دوره مصر باستان به عنوان عطر در انجام مراسم مذهبی، آیین‌ها و نیز مداوای بیماران استفاده می‌شد. گیاهان معطر و عصاره‌های اسانس‌دارشان از هزاران سال پیش در عطرسازی، لوازم آرایشی و مقاصد مذهبی استفاده می‌شدند، ولی کاربرد اسانس‌ها در درمان بیماری‌های امروزی قدری کمتر شده است.

خواص ضد باکتریایی اسانس‌ها و صمغ‌ها به میزان زیادی توسط مصریان در حدود ۳۰۰۰ سال پیش از میلاد مسیح شناخته شده بود. آنها از این مواد، در مومیایی کردن اموات‌شان استفاده می‌کردند. در واقع توسعه و کاربرد آرایشی این مواد طبیعی از آن زمان آغاز گردیده است. سایر اقوام نظیر چینی‌ها، هندوها، یونانی‌ها کم و بیش به آثار درمانی گیاهان معطر توجه داشته‌اند. در طب سنتی هم به این امر توجه شده و به عنوان

^۱ Bitter orang

مثال از اسانس‌های روغنی گیاهی، برای درمان بیماری‌ها استفاده شده است. سایر خواص اسانس‌ها عبارتند از:

- ۱- اثر بر جریان خون: اسانس‌ها باعث تحریک و بهبود جریان خون می‌شوند (هانتر، ۲۰۰۹).
- ۲- اثر ضد التهابی: بعضی از اسانس‌ها دارای خاصیت ضد درد هستند و به کاهش درد و التهاب کمک می‌کنند. عده‌ای معتقدند که این اثر با اتصال به سیستم دفاعی بدن که مسئول التهاب موضعی می‌باشد، اعمال می‌شود مثل مارتیسین^۱ و کامازولن^۲ در گیاه بابونه و همچنین اسانس میخک برای از بین بردن التهاب لته و دهان استفاده می‌شود (چاو و همکاران، ۲۰۰۵).
- ۳- اثر ضد عفونی‌کنندگی و ضد میکروبی اسانس‌ها: این اثر به علت حلالیت اسانس‌ها در چربی و نفوذ آن به داخل سلول‌های میکروارگانیسم است که روی متابولیسم سلولی اثر می‌گذارد. اثر متوقف‌سازی از تکثیر باکتری‌ها^۳ در آن‌ها می‌تواند ناشی از اثر آن‌ها بر کشش سطحی باشد (هامر و همکاران، ۱۹۹۹).
- ۴- اثر ضد بوی اسانس‌ها: این اثر در عصاره بابونه گزارش شده است. همچنین اسانس آویشن دارای اثر ضد بو (از بین بردن بوی بد زخم‌ها) می‌باشد (هانتر، ۲۰۰۹).

| | |
|---|--|
| Surname of student: Dalir | Name: Neda |
| Title of thesis: The investigation on secondary metabolites and some allelopathic aspects of <i>Anthriscus nemorosa</i> | |
| Supervisors: Dr. Seyyed Mehdi Razavi, Dr. Alireza Ghasemian Advisor: Dr. Mahmoud Bidar, Dr. Gholamhossein Imanzadeh | |
| Graduate Degree: Master of science (M.Sc) | Major: Biology Specialty: Plant Physiology |
| University: Mohaghegh Ardabili | Faculty: Sciences |
| Graduation Date: 2/09/2017 | Number of pages: 75 |

^۱ Matricine

^۲ Chamazulene

^۳ Bacteriostatic

Abstract

Anthriscus nemorosa is a perennial herb belonging to apiaceae. This plant is aromatic that grows naturally in the northern and western parts of Iran. Roots of the plant were collected from Khalkhal County followed by the essential oil obtained by hydrodistillation (Percentage yield was 0.1% v/w) from the roots of *Anthriscus nemorosa*. The essential oil was analyzed by GC and GC-MS. Fifty-two compounds were identified from the essential oil, representing 80.21% of the total oil. The main constituents were Myristicin (16.92%), Heptane (12.98%), Elemicin (12.54%), Gamma-Terpinene (12.50%), Decane (3.08%), Beta-Eudesmol (2.95%) and Beta-phellandrene (2.52%). These compounds were remarkably different with that of *Anthriscus nemorosa* native to Serbia. Allelopathic effect assessment of N-hexan, dichloromethane and methanol extracts from the plant roots indicated that all three extracts had significant effect on rootlet growth of lettuce plant, whereas N-hexan and dichloromethane extracts had just significant effect on shootlet growth of lettuce plant. In addition, the three extracts had not any significant effect on germination percentage of lettuce plant.

Keywords: *Anthriscus nemorosa*, Allelopathy, Essential oil



University of Mohaghegh Ardabili

Faculty of Science

Department of Biology

**Thesis submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree of M.Sc. in
Biology- Plant Physiology**

Title:

**The Investigation On Secondary Metabolites And Some Allelopathic Aspects Of *Anthriscus
Nemorosa***

Supervisor(s):

Mehdi Razavi (Ph. D)

Alireza Ghasemian (Ph.D)

Advisor(s):

Gholamhassan Imanzadeh (Ph. D)

Mahmoud Bidar (Ph.D)

By:

Neda Dalir

September 2017