



Review Article

A Review of Eco-physiology, Phytochemistry and Modern Methods in the Cultivation and Usage of *Geranium (Pelargonium graveolens.L.Heritier)*
Hossein Rabbi Angourani *¹

1..Assistant Professor, Research Institute for New Biotechnologies, University of Zanjan - Zanjan-Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history

Submitted: 2025-3-7

Revised: 2025-7-27

Accepted: 2025-9-13

KEYWORDS

Terpenoid, Geraniol, Citronellol, Linalool, Genetic engineering.

Geranium is a perennial aromatic shrub belonging to the Geraniaceae family and native to South Africa. The widespread use of this plant's valuable essential oil across various industries has led to its extensive cultivation worldwide. The chemical composition of this plant is highly complex and contains more than a hundred terpene and sesquiterpene compounds such as citronellol, geraniol, and linalool, isomenthone, and germacrone D, which are responsible for the properties of antimicrobial and sedative, anti-inflammatory and antioxidant, antifungal, anti-anxiety, anti-diabetic, and anti-tumor, respectively. The amount and percentage of these compounds vary in different environmental and agricultural conditions. Appropriate methods of plant cultivation and production, the use of modern methods of tissue culture, genetic engineering, and the use of new technologies in the extraction and exploitation of active ingredients, especially essential oils, can help improve the quality and quantity of the essential oil of this plant. However, further research is needed to investigate the effects of environmental and genetic factors on essential oil components, to develop new methods for extracting and optimizing active compounds, to elucidate the precise mechanisms of the plant's therapeutic effects, and to evaluate its safety in clinical applications. The percentage of components of *geranium* essential oil may vary under the influence of various factors such as harvest time, season, environmental conditions, and the method of extracting the essential oil. Understanding these changes can help improve the cultivation and breeding methods of this plant and optimize essential oil production. By reviewing relevant articles and sources, this paper seeks to explore new technological methods in the production, processing, and application of *Geranium*.

* Corresponding author: *Hossein Rabbi Angourani*

□ E-mail: Rabbihosein@znu.ac.ir





مروری بر اکوفیزیولوژی، فیتوشیمی، روش‌های نوین تولید و کاربردهای شمعدانی عطری

(*Pelargonium graveolens* L. Heritier)

حسین ربی انگورانی^۱

۱. استادیار پژوهشکده فناوری‌های نوین زیستی-دانشگاه زنجان-زنجان-ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۳-۱۲-۱۷

بازنگری: ۱۴۰۴-۵-۵

پذیرش: ۱۴۰۴-۶-۲۲

واژگان کلیدی:

ترپنوئید، ژرانیول، سیترونلول، لینالول، مهندسی ژنتیک

چکیده: شمعدانی عطری گیاهی بوته‌ای و چند ساله است که متعلق به خانواده Geraniaceae و بومی کشور آفریقای جنوبی می‌باشد و به‌دلیل کاربرد گسترده اسانس ارزشمند این گیاه در صنایع مختلف سطح زیر کشت وسیعی از این گیاه در جهان وجود دارد، ترکیبات شیمیایی این گیاه بسیار پیچیده و متعدد و حاوی بیش از صد ترکیب تریپنی و سسکوئی تریپنی مانند سیترونلول، ژرانیول و لینالول، ایزومنتون و ژرماکرون D می‌باشد که مسئول خواص به‌ترتیب ضد میکروبی و آرام‌بخشی، ضدالتهاب و آنتی‌اکسیدانی و ضدقارچ و ضداضطراب و ضدیبیته و ضدتومور می‌باشند که مقدار و درصد آن‌ها در شرایط مختلف محیطی و زراعی متغیر است، روش‌هایی مناسب کشت و تولید گیاه و استفاده از روش‌های نوین کشت بافت، مهندسی ژنتیک و استفاده از فناوری‌های جدید در استخراج و استحصال مواد موثره به‌ویژه اسانس‌ها می‌توانند به بهبود کیفیت و کمیت اسانس این گیاه کمک کنند. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بررسی تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی بر ترکیبات اسانس و همچنین توسعه روش‌های نوین استخراج و بهینه‌سازی ترکیبات فعال مکلیسم‌های دقیق اثرات درمانی این گیاه و ارزیابی ایمنی آن در کاربردهای بالینی مورد نیاز است، درصد اجزای اسانس شمعدانی عطری می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند زمان برداشت، فصل و شرایط محیطی و روش استخراج اسانس تغییر کند. شناخت این تغییرات می‌تواند به بهبود روش‌های کشت و پرورش این گیاه و بهینه‌سازی تولید اسانس کمک نماید این مقاله با مروری بر مقالات و منابع سعی در آشنایی هر چه بیشتر روش‌های نوین فناوریانه در تولید و فرآوری این گیاه و کاربردهای آن نموده است.

✉ E-mail: Rabbihosein@znu.ac.ir

*نویسنده مسئول: حسین ربی انگورانی

Journal homepage: jmpb.znu.ac.ir



مقدمه

۳۰ سانتیمتری خاک رشد می کند (Lis- Balchin.,2002) برگ‌های این گیاه رنگ سبز تا سبز کم‌رنگ دارند، سطح برگ‌ها پوشیده از کرک‌های غده‌ای نرم و کوتاه می‌باشند که با لمس آن‌ها بوی تند و خوش‌بویی متضاد می‌شود (Oosthuizen et al.,1983) . (Baser & Buchbauer, 2010& ساقه شمعدانی عطری چوبی و منشعب است و معمولاً به رنگ سبز مایل به قهوه‌ای دیده می‌شود. ساقه‌های جوان نرم و آبدار هستند، اما با افزایش سن، ساقه‌ها چوبی و سخت می‌شوند (Denny, 2002). سطح ساقه پوشیده از کرک‌های ریز است که به گیاه ظاهری مخملی می‌دهند (Svoboda & Deans, 1992). این کرک‌ها در کاهش تبخیر آب و محافظت از گیاه در برابر آفات نقش دارند (Tisserand & Young, 2013). ساقه‌ها به صورت افقی و عمودی رشد می‌کنند و انشعابات متعددی دارند که به گیاه ظاهری بوته‌ای می‌دهند (Lis-Balchin, 2002). برگ‌های شمعدانی عطری به شکل قلب یا کلیوی هستند و دارای حاشیه‌های دندانه‌دار می‌باشند. طول برگ‌ها معمولاً بین ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر است. رنگ برگ‌ها معمولاً سبز تیره است و در برخی گونه‌ها

شمعدانی عطری (*pelargonium graveolens* L cv Borboun) یکی از گیاهان متعلق به تیره شمعدانی Geraniaceae می‌باشد که به دلیل بوی تند و دلپذیر اندام‌های هوایی که بوی شبیه عطررز دارد با نام انگلیسی—Rose—*Scent Geranium* مشهور می‌باشد (Lis-Balchin.,1997&MOSTA.,2006) . که بین همه ارقام شمعدانی عطری با کیفیت‌ترین اسانس از رقم *Bourboun* این گونه حاصل می‌شود (Elansary et al., 2020) در حال حاضر گونه (*pelargonium graveolens* L cv *Borboun*) بالاترین سطح زیر کشت را در جهان نسبت به سایر گونه‌ها و ارقام این جنس به خود اختصاص داده است (Williams et al.,2000& Lis-Balchin.,1997) شمعدانی عطری گیاهی است با عادت رشد بوته‌ای چند ساله و شاخه‌دهی فراوان که تا ۱/۳ متر ارتفاع می‌گیرد و در حالت کشت پرچینی که سرزنی مرتب در آن جهت برداشت محصول صورت می‌گیرد تا یک مترگسترش پیدا می‌کند (Elansary et al., 2020). سیستم رشد آن منشعب می‌باشد و تا عمق

لکه‌های قهوه‌ای یا بنفش نیز دیده می‌شود (Boukhriss *et al.*, 2012). برگ‌ها دارای غدد ترش‌حی هستند که اسانس معطر گیاه در آن‌ها ذخیره می‌شود. این غدد در زیر میکروسکوپ به صورت نقاط ریز و شفاف دیده می‌شوند (Edris, 2007). گل‌های شمعدانی عطری به صورت خوشه‌ای و در رنگ‌های متنوعی مانند صورتی، بنفش و سفید دیده می‌شوند. هر گل دارای پنج گلبرگ است که دو گلبرگ بالایی معمولاً بزرگ‌تر و دارای طرح‌های رنگی خاصی هستند (Boelens, 1994). گل‌ها دارای پنج کاسبرگ و ده پرچم هستند که به صورت مارپیچی قرار گرفته‌اند. کاسبرگ‌ها به هم چسبیده و لوله‌ای شکل هستند (Lis-Balchin & Hart, 1997). گل‌های شمعدانی عطری توسط حشرات گرده‌افشانی می‌شوند. رنگ و رایحه گل‌ها باعث جذب حشرات می‌شود (Cavanagh & Wilkinson, 2002). ریشه شمعدانی عطری فیبری و گسترده است و به خوبی در خاک نفوذ می‌کند. این گیاه دارای سیستم ریشه‌ای قوی است که به آن امکان می‌دهد در شرایط مختلف خاکی رشد کند (Baser & Buchbauer, 2010). ریشه‌ها توانایی جذب آب و مواد مغذی از اعماق خاک را

دارند، که این ویژگی به گیاه کمک می‌کند تا در شرایط خشکی مقاومت کند (Denny, 2002).

شمعدانی عطری گیاهی بوته‌ای و چند ساله است که بومی کشور آفریقای جنوبی می‌باشد و در طب سنتی آمریکای جنوبی و کشورهای آفریقایی کاربرد وسیعی دارد، به دلیل کاربرد گسترده اسانس ارزشمند این گیاه در صنایع مختلف سطح زیر کشت و سیعی از این گیاه در جهان وجود دارد، با توجه حساسیت گیاه به سرما امکان کشت آن در منطق نیمه گرم سیر کشور به دلیل امکان کشت چندساله توجیه اقتصادی بهتری دارد، ترکیبات شیمیایی این گیاه بسیار پیچیده و متعدد و حاوی بیش از صد ترکیب ترپنی و سسکوئین ترپنی مانند سیترونلول، ژرانیول و لینالول، ایزومننون و ژرماکرون D می‌باشد که مسئول خواص به ترتیب ضد میکروبی و آرام‌بخشی، ضد التهاب و آنتی‌اکسیدانی و ضدقارچ و ضد اضطراب و ضد دیابتی و ضد تومور می‌باشند که مقدار و در صد آن‌ها در شرایط مختلف محیطی و زراعی متغیر است. روش‌هایی مانند کشت بافت، مهندسی ژنتیک، کشت سلول‌های گیاهی و استفاده از نانوفناوری می‌توانند به بهبود کیفیت و کمیت اسانس این گیاه کمک کنند. با این حال، تحقیقات



شکل ۱ - A - بوته شمعدانی عطری در زمان تمام گل B - مزرعه شمعدانی عطری C - یک گل شمعدانی عطری در مرحله شکفته گی کامل (Lis-Balchin, 2002).

اکوفیزبولوژی شمعدانی عطری:

شمعدانی عطری معمولاً در ارتفاعات بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر از سطح دریا رشد می کند. این گیاه در مناطق کوهستانی و نیمه کوهستانی به خوبی رشد می کند بیشتر مناطق زیر کشت این گیاه در ارتفاع ۳۰۰ تا ۱۵۰۰ متر از سطح دریا واقع اند، ولی در کشور هند کشت و کار در ارتفاعات ۲۰۰ تا ۲۵۰۰ متر از سطح دریا نیز مشاهده می گردد (Lis & Rao, 1997). (Balchin, 2002) در ارتفاعات بالاتر، دمای پایین تر و نور شدیدتر می تواند بر رشد گیاه تأثیر بگذارد. شدت نور بالا (بدون سایه اندازی) به افزایش غلظت ترکیبات

بیشتری برای بررسی تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی بر ترکیبات اسانس و همچنین توسعه روش های نوین استخراج و بهینه سازی ترکیبات فعال مکانیسم های دقیق اثرات درمانی این گیاه و ارزیابی ایمنی آن در کاربردهای بالینی مورد نیاز است، شناخت این تغییرات می تواند به بهبود روش های کشت و پرورش این گیاه و بهینه سازی تولید اسانس کمک نماید این مقاله با مروری بر مقالات و منابع سعی در آشنایی هر چه بیشتر با خصوصیات دارویی این گیاه نموده است. مورد نیاز است، شناخت این تغییرات می تواند به بهبود روش های کشت و پرورش این گیاه و بهینه سازی تولید اسانس کمک نماید این مقاله با مروری بر مقالات و منابع سعی در آشنایی هر چه بیشتر با خصوصیات دارویی این گیاه نموده است.

اسانس مانند ژرانیول و سیترونلول کمک می‌کند (Boukhatem *et al.*, 2013). این گیاه برای رشد بهینه به حداقل ۶ ساعت نور مستقیم خورشید در روز نیاز دارد. نور کافی باعث افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش تولید پیکره رویشی و ترکیبات اسانس می‌شود (Elansary *et al.*, 2020). با این حال به دلیل مقاومت به شرایط سخت، می‌تواند در این ارتفاعات نیز رشد کند. به نظر می‌رسد که عطر اسانس تولید شده در ارتفاعات بالا ملایم تر از اسانس تولید شده در نقاط کم ارتفاع می‌باشند (Kaul *et al.*, 1995). شمعدانی عطری به سرما حساس است و در دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد رشد آن متوقف می‌شود (Denny, 2002). دمای ایده‌آل برای رشد شمعدانی عطری بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. دمای پایین‌تر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌تواند رشد گیاه را کند کرده و دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد ممکن است باعث کاهش کیفیت اسانس شود (Aumeeruddy - Elalfi *et al.*, 2015). این گیاه می‌تواند در دمای بالاتر نیز رشد کند، اما رشد آن کند می‌شود. (Boukhriss *et al.*, 2012) تفاوت دمای ملایم بین شب و روز (حدود ۵-۱۰ درجه سانتی‌گراد) می‌تواند

به افزایش تولید ترکیبات اسانس کمک کند. شمعدانی عطری گیاهی مقاوم به خشکی می‌باشد اما دوره تنش خشکی باعث کاهش کیفیت و مقدار اسانس می‌گردد این گیاه دارای مکانیسم‌هایی مانند کاهش سطح برگ و افزایش ضخامت کوتیکول برای کاهش تبخیر آب است (Tisserand & Young, 2013). این گیاه به آبیاری منظم نیاز دارد، اما به خشکی نیز مقاوم است. آبیاری بیش از حد می‌تواند باعث پوسیدگی ریشه شود (Cavanagh & Wilkinson, 2002). شمعدانی عطری گیاهی طالب شرایط گرمسیری و نیمه گرمسیری می‌باشد و در شرایط بدون یخبندان در طول دوره رشد می‌تواند به صورت گیاهی چندساله در فضای آزاد کشت شود و یک نوبت کاشت آن برای ۴ تا ۱۰ سال کافی می‌باشد. ولی بعد سال ششم به دلیل کاهش مقدار اسانس باید کشت این گیاه تجدید گردد. در نقاطی که درجه حرارت‌های پایین‌تر از ۲ درجه سانتی‌گراد وجود دارد گیاه به صورت یک‌ساله کشت می‌گردد. این گیاه در دامنه دمایی ۵ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد و بارندگی فصلی ۷۵۰ تا ۲۷۵۰ میلی‌متر رشد مناسبی دارد. (Boukhriss *et al.*, 2012 & Lis-Balchin, 2002)

Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, & (2015).

تولید پیکره رویشی و بازده اسانس

بالاترین تولید پیکره رویشی و بازده اسانس شمعدانی عطری در مناطق گرم و آفتابی یا نیمه‌آفتابی و در شرایط روزهای بلند به دست می‌آید (Elansary *et al.*, 2020; Gupta *et al.*, 2011). این پدیده به دلیل افزایش سطح برگ‌ها و بالا رفتن مقدار کلروفیل برگ‌ها رخ می‌دهد که این افزایش بر مسیرهای فتوسنتزی تأثیر گذاشته و مسیر تولید مولونات پیرووات گلیسییر-۳-فسفات را به سمت تولید ایزوپنتیل فسفات هدایت می‌کند. در نهایت، مواد تولیدشده در مسیرهای فتوسنتزی به سمت تولید ترپنوئیدها هدایت می‌شوند (Boukhatem *et al.*, 2013; Costa & Silva, 2021). نور خورشید به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محیطی، نقش کلیدی در افزایش تولید پیکره رویشی و اسانس شمعدانی عطری دارد. نور کافی باعث افزایش سطح برگ‌ها و فعالیت فتوسنتزی می‌شود که این امر به نوبه خود تولید پیش‌سازهای ترپنوئیدی مانند ایزوپنتیل فسفات را افزایش می‌دهد (Elansary *et al.*, 2020; Nhut *et*

2003). دمای مناسب (بین ۲۰ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) نیز به افزایش تولید اسانس کمک می‌کند. دمای بالا می‌تواند باعث افزایش تبخیر ترکیبات فرار اسانس شود، اما در شرایط کنترل‌شده، دمای مطلوب به بهبود کیفیت و کمیت اسانس منجر می‌شود (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015; Dudareva *et al.*, 2006).

تأثیر عوامل مشوق و بازدارنده رشد

باتوجه به این‌که در گیاه شمعدانی عطری، عوامل مشوق رشد (مانند کودهای نیتروژنه و هورمون‌های رشد) در نهایت موجب تولید پیکره رویشی بالاتر و مصرف مواد فتوسنتزی در تولید ساختارهای استحکامی آوندها و ساختارهای پسین گیاه می‌گردند، تأثیر معکوسی بر تولید اسانس خواهند داشت (Verma *et al.*, 2014; Rai *et al.*, 2018). از طرف دیگر، عوامل بازدارنده رشد (مانند تنش‌های خشکی یا استفاده از مواد بازدارنده رشد) هرچند در صد اسانس در وزن خشک گیاه را افزایش می‌دهند، اما به دلیل کاهش تولید پیکره رویشی، موجب افت عملکرد کلی اسانس می‌شوند (Prakash *et al.*, 2016; Sattler *et al.*, 2016).

تعدادل بین تولید پیکره رویشی و اسانس

از آن جا که عوامل اقلیمی مؤثر در رشد (مانند بارندگی و دما) در بیشتر موارد تحت کنترل دقیق تولیدکننده نیستند، می توان با استفاده از اثر متقابل مواد بازدارنده و کنترل کننده رشد، توازن مناسبی بین تولید پیکره رویشی گیاه و تولید اسانس برقرار کرد. این تعدادل می تواند به دستیابی به عملکرد بالاتر در تولید اسانس منجر شود (Georgiev *et al.*, 2007; Murthy *et al.*, 2014). به عنوان مثال، استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاهی مانند جیبرلین ها و سیتوکینین ها می تواند به افزایش تولید پیکره رویشی کمک کند، در حالی که استفاده از مواد بازدارنده رشد مانند پاکلوبوترازول می تواند در صد اسانس را افزایش دهد (Giri & Zaheer, 2002; Lis-Balchin, 2016).

نیازهای زراعی شمعدانی عطری:

شمعدانی عطری به خاک های سبک و زهکشی شده با pH بین ۶ تا ۷ نیاز دارد. خاک های غنی از مواد آلی و با تهویه مناسب برای رشد این گیاه ایده آل هستند خاک های قلیایی و یا اسیدی عملکرد را

پایین می آورند (Costa & Silva, 2021). این گیاه به نور کامل خورشید نیاز دارد و در مناطق سایه دار رشد مطلوبی نخواهد داشت. حداقل ۶ ساعت نور مستقیم خورشید در روز برای رشد بهینه ضروری است (Elansary *et al.*, 2020). شمعدانی عطری به آبیاری منظم نیاز دارد، اما مقاومت نسبی به خشکی نیز نشان می دهد. آبیاری بیش از حد می تواند باعث پوسیدگی ریشه شود شمعدانی عطری در زمستان و فصل های خشک و بارانی به خاک هایی که رطوبت زیاد در خود نگاه می دارند علاقه ای ندارد، (Boukhatem *et al.*, 2013). این گیاه در دمای بین ۱۵ تا ۲۵ درجه سانتی گراد رشد بهینه دارد. دمای پایین تر از ۱۰ درجه سانتی گراد می تواند به گیاه آسیب برساند (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015). استفاده از کودهای آلی و معدنی به طور متعادل می تواند رشد گیاه را بهبود بخشد. کودهای نیتروژنه برای رشد برگ ها و کودهای فسفره و پتاسه برای بهبود کیفیت اسانس توصیه می شوند (Gupta *et al.*, 2011). تکثیر شمعدانی عطری معمولاً از طریق قلمه زنی انجام می شود. روش های کشت بافت نیز برای تولید انبوه این گیاه مورد استفاده قرار گرفته اند

(Elansary *et al.*, 2020).

قلمه‌ها باید در هورمون ریشه‌زایی مانند اکسین (مانند *IBA*) غوطه‌ور شوند تا ریشه‌زایی تسریع شود. این مرحله به‌ویژه برای قلمه‌های چوب‌سخت مهم است (Misra *et al.*, 2010). قلمه‌ها باید در بستر کشت مناسب مانند مخلوط پرلیت و پیت‌ماس کاشته شوند. بستر کشت باید مرطوب و دارای زهکشی خوب باشد تا از پوسیدگی قلمه‌ها جلوگیری شود (Elansary *et al.*, 2020). قلمه‌های ریشه‌دار شده با فواصل 30×80 در مزرعه هم‌زمان با آبیاری کشت می‌گردند (Demarne., 2002). قلمه‌ها باید در محیطی با رطوبت بالا و دمای حدود ۲۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد نگهداری شوند. استفاده از سیستم‌های مه‌پاش یا پوشش پلاستیکی می‌تواند به حفظ رطوبت کمک کند (Costa & Silva, 2021). قلمه‌ها بعد کاشت باید به‌طور منظم آبیاری شوند، اما از آبیاری بیش از حد باید اجتناب شود. پس از ریشه‌زایی، قلمه‌ها می‌توانند به گلدان‌ها یا زمین اصلی منتقل شوند (Gupta *et al.*, 2011).

استفاده از روش‌های نوین بیوتکنولوژی و کشت بافت شمعدانی عطری به دلیل دارا بودن

ازدیاد و تکثیر و کاشت شمعدانی عطری:

تکثیر این گیاه معمولاً از طریق قلمه‌زنی انجام می‌شود، اگرچه روش‌های کشت بافت نیز برای تولید انبوه آن مورد استفاده قرار گرفته‌اند. (Elansary *et al.*, 2020). ازدیاد تجاری گیاه شمعدانی عطری به دلیل نرعیمی این گیاه از راه تکثیر رویشی می‌باشد، که این امر باعث حفظ خصوصیات ژنتیکی گیاه مادری و تولید کلونی با مشخصات و ویژگی‌های یکسانی می‌شود (Demarne., 2002 & Kulkarni *et al.*, 1997 & Rajeswara rao *et al.*, 1990.) قلمه‌ها باید از گیاهان سالم و قوی انتخاب شوند. قلمه‌های مناسب معمولاً از شاخه‌های جوان و بدون گل با طول حدود ۱۰-۱۵ سانتی‌متر و هشت‌گره بر روی ساقه تهیه می‌شوند. این قلمه‌ها باید حداقل ۲-۳ گره داشته باشند (Nhut *et al.*, 2003). قلمه‌ها باید با یک چاقوی تیز و استریل از گیاه مادر جدا شوند. برش باید در زیر یک گره و به‌صورت اریب انجام شود تا سطح تماس برای ریشه‌زایی افزایش یابد (Prakash *et al.*, 2016). قبل از کاشت،

اسانس‌های ارزشمند در صنایع مختلف اهمیت ویژه‌ای دارد (Boukhatem et al., 2013). گیاه شامل سیترونلول (۲۳-۴۰٪) و ژرانیول (۱۵-۳۰٪) هستند. کشت بافت گیاهی یک روش مؤثر برای تولید انبوه گیاهان با کیفیت بالا است. در مورد شمعدانی عطری، کشت بافت می‌تواند به تولید گیاهان عاری از بیماری و با ترکیبات اسانس یکنواخت کمک کند. محیط‌های کشت حاوی هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین برای القای کالوس و باززایی گیاهان استفاده می‌شوند (Nhut et al., 2003). که استفاده از محیط کشت *MS* حاوی ۰٫۵-۱ میلی‌گرم در لیتر *BA* همراه با ۰٫۱ میلی‌گرم در لیتر *IAA* بیش‌ترین بازده را در تولید شاخساره دارد (Sharifi et al., 2020). مهم‌ترین پیشرفت‌ها شامل ریزازدیادی سریع، تولید متابولیت‌های ثانویه در شرایط درون شیشه‌ای، مهندسی متابولیک برای افزایش تولید اسانس و ایجاد ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش‌های زیستی و غیرزیستی است. نتایج نشان می‌دهند که این روش‌ها می‌توانند بازده اسانس را تا ۴۰٪ افزایش داده و پروفایل ترکیبات آن را اصلاح کنند. با در نظر

گرفتن اینکه از یاد شمعدانی عطری با قلمه علفی و به روش رویشی می‌باشد لذا تولید گیاهان عاری از ویروس دارای اهمیت می‌باشد، ریزازدیادی روشی است که از طریق آن می‌توان تعداد زیادی گیاه با ویژگی‌های ژنتیکی یکسان تولید کرد. این روش برای حفظ و تکثیر ژنوتیپ‌های برتر شمعدانی عطری بسیار مفید است (Prakash et al., 2016). با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی اصلاح نباتات در این گیاه، فناوری‌های کشت بافت و بیوتکنولوژی به‌عنوان راه‌کارهای نوین برای بهبود ویژگی‌های کمی و کیفی آن مطرح شده‌اند. با این وجود این که روش‌های کشت بافت و بیوتکنولوژی ابزارهای قدرتمندی برای بهبود ویژگی‌های شمعدانی عطری هستند (Murthy et al., 2018). با این حال، چالش‌هایی مانند پدیده خاموشی ژن مواجه می‌باشند (Chen et al., 2021 & Gupta et al., 2021). با استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک انتقال ژن‌های مرتبط با بیوسنتز ترکیبات اسانس به گیاهان دیگر یا بهبود بیان این ژن‌ها در شمعدانی عطری می‌تواند به افزایش تولید ترکیبات فعال کمک کند (Misra et al., 2010). بهینه‌سازی ترکیبات با استفاده از روش‌های

ویژه برای تولید ترکیباتی که در ریشه‌ها یا ساقه‌ها تجمع می‌یابند، مفید است (Giri & Zaheer, 2016). القای پلی‌پلوئیدی با استفاده از مواد شیمیایی مانند کلشی سین می‌تواند منجر به تولید گیاهان با ترکیبات اسانس بیشتر و مقاومت بالاتر شود (Sattler *et al.*, 2016). بهینه‌سازی شرایط کشت با استفاده از محیط‌های کشت بهینه شده و تنظیم شرایط محیطی مانند نور، دما و رطوبت می‌تواند به افزایش تولید ترکیبات اسانس کمک کند (Murthy *et al.*, 2014).

داشت شمعدانی عطری:

شمعدانی عطری در مناطق معتدل و نیمه‌خشک با خاک‌های سبک و زهکشی‌شده به خوبی رشد می‌کند. این گیاه به نور کامل خورشید و آبیاری منظم نیاز دارد به دلیل اینکه در ماه‌های اول بعد از کاشت رشد گیاه کند می‌باشد (Elansary *et al.*, 2020). قبل از کاشت، خاک باید به خوبی شخم زده و عاری از علف‌های هرز باشد. افزودن کودهای آلی مانند کمپوست یا کود دامی به بهبود ساختار خاک و افزایش مواد مغذی کمک می‌کند (Costa & Silva,

بیوتکنولوژی مانند القای جهش و مهندسی متابولیک می‌تواند به افزایش تولید ترکیبات فعال در اسانس شمعدانی عطری انجام گیرد، بیان بیش از حد ژن *GPPS* می‌تواند تولید مونوترپن‌ها را ۳۰٪ افزایش دهد (Zhao *et al.*, 2020). کشت سلول‌های گیاهی در بیوراکتورها می‌تواند به تولید انبوه ترکیبات فعال اسانس شمعدانی عطری کمک کند (Dudareva *et al.*, 2006). این روش به‌ویژه برای تولید ترکیباتی که به مقدار کم در گیاه وجود دارند، مفید است (Georgiev *et al.*, 2007). با استفاده از مهندسی متابولیک، می‌توان مسیرهای بیوسنتزی ترکیبات اسانس را در شمعدانی عطری بهینه‌سازی کرد. این روش شامل تغییر بیان ژن‌های کلیدی در مسیرهای بیوسنتزی است (Verma *et al.*, 2014). نانوفناوری می‌تواند در بهبود جذب مواد مغذی و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی مؤثر باشد. به‌عنوان مثال، نانوذرات اکسید روی می‌توانند رشد گیاه و تولید ترکیبات اسانس را افزایش دهند (Rai *et al.*, 2018). کشت ریشه‌های موبین و ساقه‌های موبین می‌تواند به تولید ترکیبات فعال اسانس در شرایط کنترل‌شده کمک کند. این روش به

(2021) کاشت قلمه‌های شمعدانی عطری باید در فاصله‌های مناسب (حدود ۳۰-۴۰ سانتی‌متر) کاشته شوند تا فضای کافی برای رشد ریشه و شاخه‌ها وجود داشته باشد. (Elansary *et al.*, 2020) آبیاری باید به‌طور منظم و به میزان کافی انجام شود. در فصل‌های گرم، آبیاری باید افزایش یابد تا از خشکی خاک جلوگیری شود. استفاده از سیستم‌های آبیاری قطره‌ای می‌تواند به صرفه‌جویی در مصرف آب کمک کند (Boukhatem *et al.*, 2013). هرز باید به‌طور منظم از بین برده شوند تا رقابت برای مواد مغذی و آب کاهش یابد. استفاده از مالچ‌های طبیعی مانند کاه یا برگ‌های خشک می‌تواند به کنترل علف‌های هرز کمک کند (Gupta *et al.*, 2011). کوددهی باید در طول فصل رشد به‌طور متعادل انجام شود. استفاده از کودهای نیتروژنه در ابتدای فصل رشد و کودهای فسفره و پتاسه در مراحل بعدی رشد توصیه می‌شود تا تعادل مناسب در نسبت عناصر اصلی موجب جواب‌دهی بهتر در کاربرد عناصر نیتروژن، پتاسیم و فسفر می‌گردد (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015). هرس منظم شاخه‌ها و برگ‌های خشک شده به بهبود گردش هوا

و نور در بین شاخه‌ها کمک می‌کند و از شیوع بیماری‌ها جلوگیری می‌کند (Elansary *et al.*, 2020). روش‌های کنترل بیولوژیکی و آفت‌کش‌های طبیعی می‌تواند به کاهش آسیب‌های ناشی از آفات و بیماری‌ها کمک کند. در صورت نیاز، می‌توان از آفت‌کش‌های شیمیایی با دوز مناسب استفاده کرد (Boukhatem *et al.*, 2013). شمعدانی عطری در مناطق معتدل و نیمه‌خشک با خاک‌های سبک و زهکشی‌شده به خوبی رشد می‌کند. این گیاه به نور کامل خورشید و آبیاری منظم نیاز دارد، اما مقاومت نسبی به خشکی نیز نشان می‌دهد (Elansary *et al.*, 2020).

زمان و نحوه برداشت :

برداشت برگ‌ها و ساقه‌ها باید در زمان مناسب انجام شود، معمولاً در مرحله گل‌دهی که غلظت ترکیبات اسانس به حداکثر می‌رسد. برداشت باید در صبح زود انجام شود تا از تبخیر ترکیبات معطر جلوگیری شود. (Costa & Silva, 2021) برداشت شمعدانی عطری در ارتفاعات در زمان گل‌دهی کامل صورت می‌گیرد، با شروع گل‌دهی محتوی اسانس افزایش می‌یابد و در زمان تمام گل حداکثر

می‌شوند و قبل از اینکه برگ‌ها دچار تخمیر گردند عمل تقطیر و استخراج اسانس به سرعت انجام گیرد (۱۹،۳۷). اسانس‌های استخراج‌شده از این گیاه معمولاً با روش تقطیر با بخار آب به‌دست می‌آیند. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که استفاده از تکنیک‌های کشاورزی دقیق و بهینه‌سازی شرایط رشد می‌تواند باعث افزایش عملکرد و کیفیت اسانس این گیاه شود (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015; Costa & Silva, 2021). به‌علاوه، کشت ارگانیک این گیاه به‌دلیل تقاضای روزافزون برای محصولات طبیعی، در حال گسترش است.

استحصال اسانس:

ماده موثره این گیاه از دسته اسانس‌ها می‌باشد که حدود ۰/۵ تا ۱ درصد وزن تر گیاه را شامل می‌شود، اسانس شمعدانی عطری به دلیل ترکیبات شیمیایی منحصر به‌فرد و رایحه دل‌نشین، جایگاه ویژه‌ای در صنایع مختلف دارد. رایحه این اسانس شیرین، گل‌گونه و کمی تند است و شبیه به رایحه گل رز می‌باشد (Lis-Balchin, 2002). رزنگ آن معمولاً زرد کمرنگ تا سبز روشن است و ترکیبات اصلی آن شامل سیترونلول، ژرانیول، لینالول، ایزومننون و سیترال می‌باشد (Boukhriss *et al.*,

مقدار خود را دارد و بعد آن زمان سریعاً کاهش می‌یابد، در زمان گل‌دهی رنگ برگ‌ها از سبز تیره به سبز روشن تبدیل می‌شود و عطر برگ‌ها که قبل از گل‌دهی شبیه عطر مرکبات بود، بوی قوی و مشابه رز به خود می‌گیرد در نتیجه بهترین شاخص مزرعه‌ای برای برداشت گیاه، ایجاد عطر رز و تبدیل رنگ برگ‌ها به سبز روشن می‌باشد (۲۷،۳۶،۹). برداشت شاخه‌های انتهایی گیاه همراه ۱۰-۱۲ برگ که با کیفیت‌ترین اسانس را ارائه می‌دهد، ولی در سطوح تجاری برداشت از ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متری سطح زمین انجام می‌شود و باقی‌مانده بوته در سطح زمین بیوماس لازم را جهت رشد بعدی تامین می‌نماید (۳۸). در کشور هند اولین نوبت برداشت ۶ تا ۸ ماه بعد از انتقال قلمه‌های ریشه‌دار شده به زمین صورت می‌گیرد و نوبت‌های برداشت بعدی با فاصله ۳ تا ۵ ماه از هم انجام می‌شود (۱۷،۴۲). در مناطق نیمه گرم‌سیر ۳ تا ۴ برداشت در سال می‌توان انجام داد ولی در ارتفاعات بالاتر از ۱۶۰۰ متر این زمان به ۱ تا ۲ نوبت در سال تقلیل پیدا می‌کند (۴۷،۳۶). برداشت گیاهان باید در روزهای کاملاً آفتابی انجام گیرد و گیاهان برداشت شده یک روز جهت پژمرده شدن در محیطی دارای سایه بان قرارداده

(2012) این ترکیبات مسئول خواص ضدالتهاپی، ضدباکتریایی و آرامبخش این اسانس هستند. متداولترین روش استخراج اسانس شمعدانی عطری، تقطیر با بخار آب است. در این روش، برگ‌های گیاه در معرض بخار آب قرار می‌گیرند و اسانس آن‌ها جدا می‌شود (Carson *et al.*, 2006). در روش تقطیر با بخار آب به دلیل حفظ ترکیبات شیمیایی طبیعی اسانس و عدم استفاده از مواد شیمیایی مضر، بهترین روش استخراج محسوب می‌شود (Tisserand & Young, 2013). روش‌های دیگری مانند استخراج با حلال نیز وجود دارند، اما به دلیل خطرات احتمالی ناشی از باقی‌ماندن حلال‌های شیمیایی، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Edris, 2007). این روش معمولاً برای استخراج ترکیبات حساس به حرارت استفاده می‌شود، اما به دلیل خطرات ناشی از باقی‌ماندن حلال‌ها، کمتر مورد استفاده قرار می‌گیرد (Denny, 2002).

کاربرد مواد موثره شمعدانی عطری در حوزه سلامت:

ترکیبات شیمیایی اسانس‌های استخراج‌شده از برگ‌ها و گل‌های شمعدانی عطری حاوی ترکیبات متنوعی هستند که

مهم‌ترین آن‌ها شامل سیترونلول، ژرانیول، لینالول و ایزو منتون می‌باشند (Boukhatem *et al.*, 2013). مطالعات اخیر نشان می‌دهند که ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی موجود در این گیاه نیز نقش مهمی در فعالیت‌های بیولوژیکی آن ایفا می‌کنند (Elansary *et al.*, 2020). به علاوه، تحقیقات جدید تأکید کرده‌اند که ترکیبات ترپنوئیدی موجود در اسانس این گیاه دارای خواص ضدسرطانی و ضدالتهاپی قوی هستند (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015).

۱. خواص ضد میکروبی: تحقیقات اخیر نشان می‌دهند که اسانس شمعدانی عطری دارای فعالیت ضدباکتریایی و ضدقارچی قوی است. این اسانس به ویژه در برابر باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک مانند استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین (MRSA) و قارچ‌هایی مانند کاندیدا آلیکنس مؤثر است (Elansary *et al.*, 2020; Van Vuuren & Viljoen, 2007).

۲. خواص ضدالتهاپی و آذنی اکسیدانی: ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی موجود در این گیاه

سلول‌های سرطانی پستان و ریه مؤثر باشند (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015; Wang *et al.*, 2018).

۵. مدیریت دیابت: تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که عصاره‌های شمعدانی عطری می‌توانند سطح گلوکز خون را کاهش داده و حساسیت به انسولین را بهبود بخشند. این اثرات احتمالاً از طریق مهار آنزیم‌های مرتبط با متابولیسم کربوهیدرات‌ها ایجاد می‌شوند (Elansary *et al.*, 2020; Patel & Gupta, 2018).

۶. مهار آنزیم‌های گوارشی کربوهیدرات‌ها مطالعات نشان می‌دهند که اسانس شمعدانی عطری می‌تواند آنزیم‌های آلفا-آمیلاز و آلفا-گلوکوزیداز را مهار کند و از افزایش قند خون پس از غذا جلوگیری نماید (Mnafgui *et al.*, 2015).

۷. بهبود حساسیت به انسولین: برخی تحقیقات اثرات مثبت این گیاه بر کاهش مقاومت به انسولین را تأیید کرده‌اند (Rahmouni

باعث کاهش استرس اکسیداتیو و مهار التهاب می‌شوند. مطالعات اخیر نشان داده‌اند که این ترکیبات می‌توانند در درمان بیماری‌های التهابی مانند آرتрит روماتوئید مؤثر باشند (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015; Singh & Sharma, 2016).

۳. اثرات آرام‌بخشی و ضد اضطرابی: مطالعات حیوانی و انسانی نشان می‌دهند که اسانس شمعدانی عطری می‌تواند با تأثیر بر سیستم عصبی مرکزی، باعث کاهش اضطراب و بهبود خواب شود. تحقیقات اخیر نشان داده‌اند که این اثرات احتمالاً از طریق تعدیل سیستم *GABAergic* ایجاد می‌شوند (Faturi *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2019).

۴. خواص ضدسرطانی: ترکیبات ترپنوئیدی موجود در اسانس این گیاه دارای فعالیت ضدتکثیری و القای آپوپتوز در سلول‌های سرطانی هستند. مطالعات آزمایشگاهی نشان داده‌اند که این ترکیبات می‌توانند در مهار رشد

(et al., 2020).

۸. اثرات آنتی‌اکسیدانی: ترکیبات فنولی و ترپنوئیدهای موجود در اسانس شمعدانی ممکن است از استرس اکسیداتیو مرتبط با دیابت بکاهند (Boukhris et al., 2012).

استفاده از اسانس شمعدانی عطری در آروماتراپی و عطرسازی و در صنایع آرایشی و بهداشتی

اسانس شمعدانی عطری به دلیل عطر مطبوع و خواص آرام‌بخشی، به‌طور گسترده در آروماتراپی استفاده می‌شود. این اسانس می‌تواند به کاهش استرس، اضطراب و بهبود خواب کمک کند. هم‌چنین، به دلیل خواص ضدالتهابی و ضد میکروبی، در درمان مشکلات پوستی مانند آکنه و اگزما نیز کاربرد دارد (Faturi et al., 2010). اسانس شمعدانی عطری به‌عنوان یک ماده معطر طبیعی در صنایع عطرسازی استفاده می‌شود. ترکیبات اصلی این اسانس، مانند ژرانیول و سیترولول، به عطرها رایحه‌ای گل‌مانند و تازه می‌بخشند. این اسانس در تولید عطرهای زنانه و مردانه، شمع‌های معطر و محصولات آرایشی-بهداشتی کاربرد دارد (Lis-

Balchin, 2002). اسانس شمعدانی عطری به دلیل رایحه شیرین و گل‌گونه، در ساخت عطرها و ادکلن‌ها استفاده می‌شود. این اسانس اغلب به‌عنوان جایگزین ارزان‌تر برای اسانس گل رز به کار می‌رود (Boelens, 1994). کاربرد در محصولات آرایشی-بهداشتی: اسانس شمعدانی عطری به دلیل خواص ضد میکروبی و ضدالتهابی، در تولید محصولات مراقبت از پوست مانند کرم‌ها، لوسیون‌ها و صابون‌ها استفاده می‌شود. این اسانس به بهبود سلامت پوست و کاهش التهاب کمک می‌کند (Elansary et al., 2020). اسانس شمعدانی عطری در تولید محصولات خانگی مانند پاک‌کننده‌های طبیعی، خوشبوکننده‌های هوا و اسپری‌های ضد عفونی‌کننده استفاده می‌شود. این اسانس به دلیل خواص ضد میکروبی، به پاک‌سازی محیط کمک می‌کند (Boukhatem et al., 2013). در رایحه‌درمانی، اسانس شمعدانی عطری برای کاهش استرس، اضطراب و بهبود خلق‌و‌خو استفاده می‌شود (Buchbauer et al., 1993). هم‌چنین، به‌عنوان یک ضد عفونی‌کننده طبیعی برای درمان زخم‌ها و عفونت‌های پوستی کاربرد دارد (Sienkiewicz et al., 2011). محصولات مراقبت از پوست مانند کرم‌ها،

طعم و افزایش ماندگاری استفاده می شود. مطالعات نشان داده اند که این اسانس می تواند از رشد باکتری های مضر در محصولات لبنی جلوگیری کند (Sienkiewicz *et al.*, 2011). اسانس شمعدانی عطری در تولید نوشیدنی های گیاهی و چای های طعم دار نیز کاربرد دارد. این اسانس می تواند به عنوان یک طعم دهنده طبیعی و سالم در نوشیدنی ها استفاده شود و جایگزین مناسبی برای طعم دهنده های مصنوعی باشد (Edris, 2007). با وجود مزایای متعدد، استفاده از اسانس شمعدانی عطری در صنایع غذایی با چالش هایی همراه است. یکی از این چالش ها، امکان ایجاد طعم و بوی نامطلوب در صورت استفاده بیش از حد است. همچنین، برخی از ترکیبات موجود در این اسانس ممکن است با مواد غذایی واکنش نشان دهند و بر کیفیت محصول تأثیر بگذارند (Tisserand & Young, 2013).

داروهای ساخته شده از شمعدانی

عطری

ترکیبات اسانس شمعدانی عطری در تولید داروهای ضد میکروبی، ضد التهابی و ضد سرطانی استفاده می شوند (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015). شمعدانی عطری به دلیل خواص

لوسیون ها و ماسک ها به دلیل خواص ضد التهابی و ضد باکتریایی استفاده می شود (Bakkali *et al.*, 2008). همچنین، به عنوان یک ماده طبیعی در شامپو ها و نرم کننده ها برای تقویت مو و پوست سر کاربرد دارد (Tisserand & Young, 2013).

استفاده از اسانس شمعدانی عطری در صنایع غذایی

اسانس شمعدانی عطری به دلیل رایحه شیرین و گل گونه، در تولید محصولات مانند نوشیدنی ها، دمنوش های کیسه ای جهت رفع خستگی، دسر ها و آبنبات ها به عنوان طعم دهنده طبیعی استفاده می شود. این اسانس می تواند جایگزین مناسبی برای طعم دهنده های مصنوعی باشد (Baser & Buchbauer, 2010). ترکیبات ضد میکروبی موجود در اسانس شمعدانی عطری، مانند سیترونلول و ژرانیول، به عنوان نگهدارنده طبیعی در محصولات غذایی استفاده می شوند. این ترکیبات از رشد باکتری ها و قارچ ها در مواد غذایی جلوگیری می کنند و ماندگاری محصولات را افزایش دهند (Bakkali *et al.*, 2008). در برخی از محصولات لبنی مانند ماست و پنیر، اسانس شمعدانی عطری به عنوان یک افزودنی طبیعی برای بهبود

(Tisserand & Young, 2013). مصرف خوراکی این اسانس باید تحت نظر متخصص انجام شود، زیرا ممکن است باعث مسمومیت شود (Denny, 2002).

فیتوشیمی اسانس شمعدانی عطری

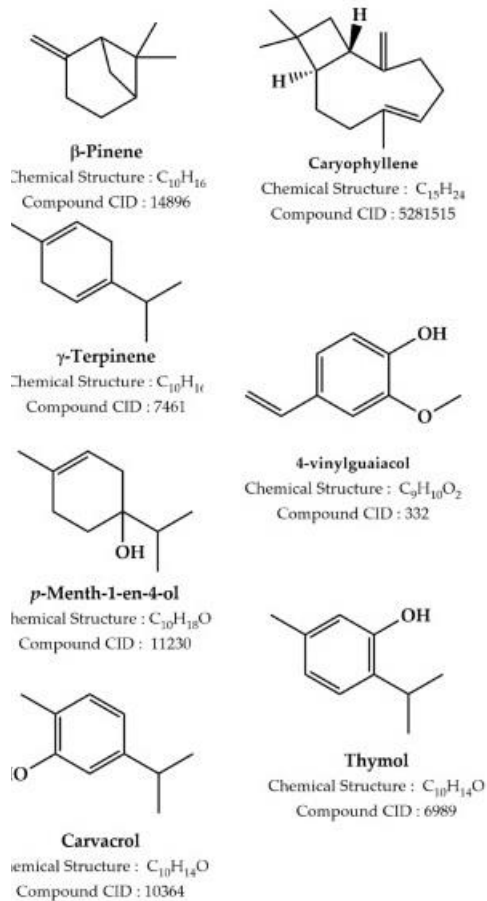
شمعدانی عطری حاوی ترکیبات شیمیایی متنوعی است که بیشتر در اسانس آن متمرکز شده‌اند. ترکیبات اصلی اسانس این گیاه شامل مونوترپن‌ها، سس‌کویی‌ترپن‌ها و ترکیبات فنولی هستند (شکل ۲).

دارویی متنوع، در تولید داروهای گیاهی و مکمل‌های غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. یکی از معروف‌ترین داروهای ساخته شده از این گیاه، عصاره استاندارد شده *Pelargonium sidoides* (با نام تجاری *Umckaloabo*) است که برای درمان عفونت‌های تنفسی مانند برونشیت و سینوزیت استفاده می‌شود (Kolodziej, 2011). همچنین، اسانس این گیاه در تولید داروهای موضعی برای درمان التهاب‌های پوستی و عفونت‌های قارچی به کار می‌رود (Elansary *et al.*, 2020). علاوه بر این، کپسول‌ها و قرص‌های حاوی عصاره شمعدانی عطری به عنوان مکمل‌های ضد اضطراب و بهبود خواب در بازار موجود هستند (Faturi *et al.*, 2010). اخیراً، تحقیقات نشان داده‌اند که ترکیبات فعال این گیاه می‌توانند در تولید داروهای ضد دیابت و ضد سرطان نیز مورد استفاده قرار گیرند (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015; Patel & Gupta, 2018).

مقدار مصرف مجاز اسانس شمعدانی عطری

استفاده موضعی از اسانس شمعدانی عطری ممکن است در برخی افراد باعث تحریک پوستی شود. بنابراین، بهتر است قبل از استفاده، تست حساسیت انجام شود

روش‌های مختلف استخراج اسانس، از جمله تقطیر با بخار آب، استخراج با حلال و روش‌های نوین مانند استخراج با سیال فوق‌بحرانی، بر ترکیبات شیمیایی اسانس تأثیر می‌گذارند (Costa & Silva, 2021). مطالعات نشان داده‌اند که اسانس شمعدانی عطری حاوی بیش از ۱۰۰ ترکیب شیمیایی است که مهم‌ترین آن‌ها شامل مونوترپن‌ها (حدود ۶۰-۷۰٪) و سس‌کویی‌ترین‌ها (حدود ۱۰-۲۰٪) هستند (Oliveira & Barros, 2020). اصلی‌ترین ترکیباتی که ۶۰ تا ۷۰ درصد اسانس را شامل می‌شوند عبارت‌اند از: سیترونلول، ژرانیول و لینالول، که این ترپن‌ها به‌صورت ترکیبات آزاد و یا به صورت ترکیبات استری نظیر استات‌ها، فرمات‌ها و تیگیلات‌ها در اسانس موجودند، بقیه ترپنوئیدهایی که مقدار آن‌ها در اسانس بعد سه جزء اول قابل اعتنا می‌باشند سیترونلول به‌عنوان یک ماده ضدباکتری و ضدقارچ شناخته می‌شود و یک مونوترپن الکلی با خواص ضد میکروبی و ضدالتهابی (Boukhatem *et al.*, 2013). و در صنایع آرایشی و بهداشتی کاربرد گسترده‌ای دارد (Pattnaik *et al.*, 1997). ژرانیول یک مونوترپن الکلی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدسرطانی



شکل ۲- برخی از ترکیبات ترپنی و سسکوئی‌ترپنی اسانس شمعدانی عطری مستخرج از Taibi PubChem NCBI (et al., 2024).

ترکیبات اسانس شمعدانی عطری تحت تأثیر عوامل محیطی مانند خاک، آب و هوا و هم‌چنین روش‌های استخراج قرار دارند.

اسانس

مقدار اصلی ترکیبات اسانس نسبت به هم تعیین کننده بوی غالب اسانس می باشد و این نسبت ها همیشه ثابت نیست و تابع عوامل و فاکتورهای اقلیمی و محیطی متعددی می باشد زمان برداشت برگ های شمع مدانی عطری می تواند بر نسبت ترکیبات اسانس تأثیر بگذارد. به عنوان مثال، برداشت در صبح زود می تواند باعث افزایش میزان سیترونلول و ژرانیول شود (Lis-Balchin, 2002). سن گیاه نیز می تواند بر ترکیبات اسانس تأثیر بگذارد. گیاهان جوان معمولاً دارای میزان بالاتری از لینالول و سیترونلول هستند، در حالی که گیاهان مسن تر ممکن است دارای میزان بالاتری از ژرانیول و ایزومننون باشند. در فصل بهار، میزان سیترونلول و ژرانیول در اسانس شمع مدانی عطری افزایش می یابد. این افزایش می تواند به دلیل شرایط آب و هوایی مطلوب و رشد فعال گیاه باشد (Boukhriss *et al.*, 2012). در فصل تابستان، میزان لینالول و سیترال در اسانس افزایش می یابد. این افزایش می تواند به دلیل دمای بالا و نور شدید خورشید باشد (Denny, 2002). در فصل پاییز، میزان ایزومننون و ژرانیول در اسانس افزایش می یابد. این افزایش می تواند به

می باشد (Elansary *et al.*, 2020) و دارای خواص ضدالتهابی و آنتی اکسیدانی است و در درمان بیماری های پوستی مؤثر است (Bakkali *et al.*, 2008). لینالول یک مونوترپن الکلی با خواص آرام بخشی و ضد اضطرابی (Faturi *et al.*, 2010) به دلیل خواص ضد استرسی، در رایحه درمانی استفاده می شود (Buchbauer *et al.*, 1993). ایزومننون یک ترکیب کتونی با خواص ضد قارچی و ضد باکتریایی (Aumeeruddy-Elalfi *et al.*, 2015). ژرانیل استات و سیترونلیل استات استرهای مونوترپنی با خواص ضدالتهابی و ضد میکروبی می باشد (Gupta *et al.*, 2011). ژرماکرن *D* یک سسکویی ترپن است که در اسانس بسیاری از گیاهان از جمله شمع مدانی عطری (Pelargonium graveolens) یافت می شود. این ترکیب به عنوان پیش ساز مهم در بیوسنتز سایر ترپنوئیدها عمل می کند و خواص مهم ضدتوموری و ضدالتهابی دارد (Chen *et al.*, 2021).

نقش فنولوژی گیاه و تغییر فصلی و محیطی در تغییرات نسبت اجزای

(Fayed., 2009). نور کافی برای تولید ترکیباتی مانند سیترونلول و ژرانیول ضروری است. نور کم می‌تواند باعث کاهش این ترکیبات شود (Lis-Balchin & Hart, 1997). دمای بالا می‌تواند باعث افزایش ترکیباتی مانند لینالول و سیترال شود، اما دمای بسیار بالا می‌تواند به گیاه آسیب برساند (Bakkali et al., 2008). آبیاری مناسب برای تولید ترکیبات اسانس ضروری است. خشکی شدید می‌تواند باعث کاهش ترکیباتی مانند سیترونلول و ژرانیول شود (Svoboda & Deans, 1992).

عوامل مؤثر بر ترکیبات اسانس

نقش عوامل محیطی مانند شرایط آب و هوایی، نوع خاک و ارتفاع از سطح دریا بر ترکیبات شیمیایی اسانس تأثیر می‌گذارند. به‌عنوان مثال، گیاهان کشت‌شده در مناطق مرتفع دارای غلظت بالاتری از ژرانیول و سیترونلول هستند (Elansary et al., 2020). تفاوت‌های ژنتیکی بین گونه‌های مختلف شمعدانی عطری می‌تواند منجر به تغییرات قابل توجهی در ترکیبات اسانس شود (Lis-Balchin, 2002). روش‌های مختلف استخراج اسانس، مانند تقطیر با بخار آب و استخراج با حلال، بر ترکیبات

دلیل کاهش دما و تغییرات در متابولیسم گیاه باشد (Cavanagh & Wilkinson, 2002). در فصل زمستان، میزان کلی ترکیبات اسانس ممکن است کاهش یابد. این کاهش می‌تواند به دلیل کاهش رشد گیاه و شرایط نامساعد آب‌وهوایی باشد (Tisserand & Young, 2013). با گذشت زمان در مرا حل مختلف رشد تغییرات در اجزاء اسانس ملاحظه می‌گردد با توجه به این‌که جزء غالب اسانس، شامل سه ماده سیترونلول و ژرانیول و لینالول است (Lis & Costa & Silva, 2021). که مشابه اجزاء اصلی اسانس رز می‌باشند رایحه اسانس بویی شبیه به عطر رز با کمی تمایل به عطر مرکبات پیدا نموده است و به علت حضور منتون و ایزومنتون نیز که با درصد کمتری در اسانس موجودند (Aumeeruddy Elalfi et al., 2015) تمایل بسیار کمی نیز به بوی نعنا احساس می‌شود، ولی در کل عطر و بوی اسانس این گیاه کاملاً شاخص و منحصر به فرد می‌باشد همان‌گونه که تغییرات در اجزاء اسانس در مرا حل مختلف ملاحظه می‌گردد بسته به غالب بودن مقدار هر کدام از آن‌ها عطر اسانس تغییر می‌یابد (Sayed A.

شیمیایی اسانس تأثیر می‌گذارد (Costa & Silva, 2021).

شرایط نگهداری اسانس شمععدانی عطری

اسانس شمععدانی عطری باید در دمای پایین (بین ۱۵ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شود. دمای بالا می‌تواند باعث تجزیه ترکیبات شیمیایی و کاهش کیفیت اسانس شود (Lis-Balchin, 2002). دمای بالا می‌تواند باعث اکسیداسیون ترکیباتی مانند سیترونلول و ژرانیول شود، که این امر می‌تواند بر رایحه و خواص درمانی اسانس تأثیر منفی بگذارد (Boukhriss *et al.*, 2012). اسانس شمععدانی عطری باید در ظروف تیره یا مات نگهداری شود تا از تأثیر نور مستقیم خورشید محافظت شود. نور می‌تواند باعث تجزیه ترکیبات حساس به نور مانند لینالول و سیترال شود. نگهداری اسانس در محیط تاریک می‌تواند به حفظ ترکیبات شیمیایی و افزایش ماندگاری آن کمک کند (Denny, 2002). اسانس شمععدانی عطری باید در محیطی با رطوبت کنترل شده نگهداری شود. رطوبت بالا می‌تواند باعث رشد قارچ‌ها و باکتری‌ها در اسانس شود (Cavanagh &

Wilkinson, 2002). استفاده از ظروف شیشه‌ای تیره یا مات برای نگهداری اسانس شمععدانی عطری توصیه می‌شود. این ظروف از تأثیر نور و اکسیژن بر اسانس جلوگیری می‌کنند (Baser & Buchbauer, 2010). ظروف فلزی نیز می‌توانند برای نگهداری اسانس استفاده شوند، اما باید از عدم واکنش فلز با ترکیبات اسانس اطمینان حاصل شود (Edris, 2007). اسانس شمععدانی عطری باید در محیطی خنک و خشک نگهداری شود. انبار باید دارای سیستم کنترل دما و رطوبت باشد تا از تجزیه ترکیبات شیمیایی جلوگیری شود (Lis-Balchin & Hart, 1997). انبار باید دارای سیستم تهویه مناسب باشد تا از تجمع گازهای فرار و رطوبت جلوگیری شود (Svoboda & Deans, 1992). اسانس شمععدانی عطری معمولاً بین ۱ تا ۲ سال ماندگاری دارد. با این حال، با رعایت شرایط نگهداری مناسب، می‌توان مدت زمان ماندگاری را افزایش داد (Bakkali *et al.*, 2008). اسانس باید به طور دوره‌ای از نظر تغییرات رایحه و ترکیبات شیمیایی بررسی شود تا از حفظ کیفیت آن اطمینان حاصل شود (Carson *et al.*, 2006). قرار گرفتن اسانس در معرض هوا و نور می‌تواند باعث

اگرچه تقطیر با آب به‌عنوان روش سنتی استخراج اسانس شناخته می‌شود، اما مطالعات اخیر نشان داده‌اند که این روش برای شمعدانی عطری مناسب نیست (Chemat et al., 2012). محدودیت‌های اصلی تقطیر با آب شامل تخریب ترکیبات حساس به حرارت است که مطالعات نشان می‌دهند که دمای بالای صد درجه سانتی‌گراد استفاده از روش تقطیر با آب به دلیل واکنش‌های هیدرولیز و اکسیداسیون در دمای بالا می‌تواند منجر به تجزیه ترکیبات حساس شود که در این شرایط ترپن‌های اکسیژنه:مانند ژرانیول و سیترونلول تا ۱۵٪ کاهش می‌یابند (Boukhatem et al., 2013) و استرهای معطر استاتی تا ۲۰٪ تخریب می‌شوند.

استخراج با سیال فوق‌بحرانی (SFE)

این روش از دی‌اکسید کربن فوق‌بحرانی (Sc-CO₂) به‌عنوان حلال استفاده می‌کند. پارامترهای بهینه برای استخراج اسانس شمعدانی شامل فشار ۲۰۰-۳۰۰ بار، دمای ۴۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد و زمان استخراج ۶۰-۱۲۰ دقیقه می‌باشد مزایای این روش بازده بالا (تا ۳،۲٪)، حفظ ترکیبات

اکسیداسیون ترکیباتی مانند سیترونلول و ژرانیول شود، که این امر می‌تواند بر رایحه و خواص درمانی اسانس تأثیر منفی بگذارد (Pattnaik et al., 1997). دمای بالا می‌تواند باعث تجزیه ترکیبات حساس به حرارت مانند لینالول و سیترال شود، که این امر می‌تواند بر کیفیت اسانس تأثیر بگذارد (Buchbauer et al., 1993). اسانس ژرانیوم وقتی که حاوی مقادیر بیشتری از سیترونلول باشد ارزش بیشتری دارد، با توجه به این که در اسانس بر اثر تغییر شرایط محیطی تبدیل ترکیبات به یکدیگر صورت می‌گیرد (Mosta., 2006). نگهداری اسانس در شرایط بهینه تأثیر بیشتری در افزایش کیفیت اسانس و ماندگاری بیشتر آن دارد، به‌عنوان مثال ماده ژرانیول اسانس، در اثر مجاورت با اکسیژن به آلفا - سیترال تبدیل می‌شود در محیط‌های اسیدی به لیمونن تبدیل می‌گردد، لینالول با تأثیر اسیدهای آلی به راحتی به ایزومرهای خود یعنی ژرانیول و ترپینئول تبدیل می‌شود و سیترونلول نیز در اثر هیدرژناسیون ژرانیول به‌دست می‌آید (Lis-Balchin, 2002&1997).

روش‌های نوین استخراج اسانس گیاه
شمعدانی عطری:

حساس به حرارت، عدم وجود باقی مانده حلال سمی و معایب آن نیاز به هزینه سرمایه‌گذاری اولیه بالا و همچنین نیاز به بهینه‌سازی دقیق کنترل‌های فنی دارد (Herrero et al., 2010).

استخراج با امواج اولتراسونیک (UAE)

امواج اولتراسونیک (۲۰-۱۰۰ کیلوهرتز) با ایجاد پدیده کاویتا سیون، دیواره سلولی را تخریب می‌کنند. پارامترهای مؤثر شامل فرکانس ۴۰ کیلوهرتز، زمان ۳۰-۴۵ دقیقه و دمای ۴۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشند، مزایای این روش شامل کاهش مصرف حلال، حفظ ترکیبات حساس، هزینه عملیاتی پایین می‌باشد (Chemat et al., 2012).

استخراج به کمک مایکروویو (MAE)

در این روش از تابش مایکروویو (۳۰۰-۳۰۰۰ مگاهرتز) برای گرمایش انتخابی ماده گیاهی استفاده می‌شود. شرایط بهینه برای شمعدانی عطری شامل توان ۵۰۰-۸۰۰ وات، زمان ۱۵-۳۰ دقیقه و نسبت ماده گیاهی به حلال ۱:۱۰ می‌باشد که مزایای آن شامل زمان استخراج کوتاه (۱۵-۳۰ دقیقه)، کاهش مصرف انرژی تا ۵۰٪، افزایش بازده تا ۲،۵٪ می‌باشد (Zhang et al., 2019).

بحث و نتیجه‌گیری

شمعدانی عطری به‌عنوان یک گیاه دارویی با ترکیبات شیمیایی متنوع و خواص فارماکولوژیکی متعدد، پتانسیل بالایی در درمان بیماری‌ها و بهبود سلامت انسان دارد. تحقیقات دهه اخیر نشان داده‌اند که این گیاه می‌تواند در درمان بیماری‌های عفونی، التهابی، اضطرابی و حتی سرطان مؤثر باشد. برای کشت موفق این گیاه، شناخت نیازهای زراعی و استفاده از روش‌های نوین بیوتکنولوژی و کشت بافت ضروری است. روش‌هایی مانند کشت بافت، مهندسی ژنتیک، کشت سلول‌های گیاهی و استفاده از نانوفناوری می‌توانند به بهبود کیفیت و کمیت اسانس این گیاه کمک کنند. با این حال، تحقیقات بیشتری برای بررسی تأثیر عوامل محیطی و ژنتیکی بر ترکیبات اسانس و همچنین توسعه روش‌های نوین استخراج و بهینه‌سازی ترکیبات فعال مکانیسم‌های دقیق اثرات درمانی این گیاه و ارزیابی ایمنی آن در کاربردهای بالینی مورد نیاز است. همچنین، مطالعات بالینی گسترده‌تری برای تأیید اثربخشی این گیاه در درمان بیماری‌های مزمن مانند دیابت و سرطان ضروری است.

technology, and applications. CRC Press.

- منابع
- Boelens, M. H. (1994). Chemical and sensory evaluation of geranium oil (*Pelargonium graveolens* L'Herit.). *Perfumer & Flavorist*, 19(5), 29–40.
 - Boukhatem, M. N., Ferhat, M. A., Kameli, A., Saidi, F., & Kebir, H. T. (2013). Lemon grass (*Cymbopogon citratus*) essential oil as a potent anti-inflammatory and antifungal drug. *Lebanese Science Journal*, 14(2), 1–10.
 - Boukhris, M., Bouaziz, M., Feki, I., Jemai, H., El Feki, A., & Sayadi, S. (2012). Chemical composition and biological activities of *Pelargonium graveolens* essential oil. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(37), 5128–5133.
 - Boukhris, M., Bouaziz, M., Feki, I., Jemai, H., El Feki, A., & Sayadi, S. (2012). Hypoglycemic and antioxidant effects of
 - Aumeeruddy-Elalfi, Z., Gurib-Fakim, A., & Mahomoodally, M. F. (2015). Chemical composition, antimicrobial and antibiotic potentiating activity of essential oils from 10 tropical medicinal plants from Mauritius. *Journal of Herbal Medicine*, 5(4), 220–228. <https://doi.org/10.1016/j.hermed.2015.09.001>
 - Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>
 - Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2010). *Handbook of essential oils: Science,*

[28/CMR.19.1.50-62.2006](#)

- Cavanagh, H. M. A., & Wilkinson, J. M. (2002). Biological activities of lavender essential oil. *Phytotherapy Research*, 16(4), 301–308. <https://doi.org/10.1002/ptr.1103>
- Chemat, F., et al. (2012). A review of sustainable techniques for essential oil extraction. *Journal of Cleaner Production*, 22, 1-10.
- Chen, Y., Wang, J., & Yang, L. (2021). Haploid induction in *Pelargonium graveolens*. *Plant Biotechnology Journal*, *19*(5), 1023-1035. <https://doi.org/10.1111/pbi.13522>.
- Costa, M. M., & Silva, F. (2021). Cultivation and production of *Pelargonium graveolens* essential oil: A review. *Industrial Crops and Products*, 160, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113120>
- leaf essential oil of *Pelargonium graveolens* L'Hér. in alloxan-induced diabetic rats. *Lipids in Health and Disease*, 11(1), 81. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-81>.
- Bowles, E. J. (2003). *The chemistry of aromatherapeutic oils*. Allen & Unwin.
- Buchbauer, G., Jirovetz, L., Jäger, W., Dietrich, H., & Plank, C. (1993). Aromatherapy: Evidence for sedative effects of the essential oil of lavender after inhalation. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 48(11–12), 857–862.
- Carson, C. F., Hammer, K. A., & Riley, T. V. (2006). *Melaleuca alternifolia* (Tea Tree) Oil: A review of antimicrobial and other medicinal properties. *Clinical Microbiology Reviews*, 19(1), 50–62. <https://doi.org/10.1128/CMR.19.1.50-62.2006>

- monoterpene and sesquiterpene formation in snapdragon flowers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(9), 4054–4059. <https://doi.org/10.1073/pnas.0511200103>
- Edris, A. E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents: A review. *Phytotherapy Research*, 21(4), 308–323. <https://doi.org/10.1002/ptr.2072>
 - Elansary, H. O., Abdelgaleil, S. A. M., Mahmoud, E. A., Yessoufou, K., & Elhindi, K. M. (2020). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oils of *Pelargonium graveolens* and *Vitex agnus-castus*. *Natural Product Research*, 34(7), 1005–1009. <https://doi.org/10.1080/14786419.2018.1538217>
 - Demarne, F. E. (2002). Rose-scented geranium: A *Pelargonium* grown for the perfume industry. In M. Lis-Balchin (Ed.), *Geranium and Pelargonium: The genera Geranium and Pelargonium* (pp. 193–211). Taylor and Francis.
 - Denny, E. F. K. (2002). Plant aromatics: Their chemistry and uses. *International Journal of Aromatherapy*, 12(1), 2–14.
 - Doraswamy, K., & Sundaram, M. (1982). Geranium cultivation in South India. In C. K. Atal & B. M. Kapur (Eds.), *Cultivation and utilization of aromatic plants* (pp. 573–577). Regional Research Laboratory.
 - Dudareva, N., Andersson, S., Orlova, I., Gatto, N., Reichelt, M., & Rhodes, D. (2006). The nonmevalonate pathway supports both

823. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2049-x>
- Giri, A., & Zaheer, M. (2016). Chemical elicitors versus secondary metabolite production in vitro using plant cell, tissue and organ cultures: A review. *Journal of Advanced Research*, 7(6), 961–969. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2016.04.002>
 - Gupta, P., Sharma, S., & Saxena, S. (2021). Metabolic engineering of terpenoid biosynthesis. *Biotechnology Advances*, *49*, 107735. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2021.107735>.
 - Gupta, R., Sharma, A. K., Dobhal, M. P., & Sharma, M. C. (2011). Antidiabetic and antioxidant potential of *Pelargonium graveolens* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Medicinal Plants*
 - Faturi, C. B., Leite, J. R., Alves, P. B., Canton, A. C., & Teixeira-Silva, F. (2010). Anxiolytic-like effect of sweet orange aroma in Wistar rats. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 34(4), 605–609. <https://doi.org/10.1016/j.pnpbp.2009.12.020>
 - Fayed, S. A. (2009). Antioxidant and anticancer activities of *Citrus reticulata* (Petitgrain Mandarin) and *Pelargonium graveolens* (Geranium) essential oils. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(5), 740–747.
 - Georgiev, M. I., Weber, J., & Maciuk, A. (2007). Bioprocessing of plant cell cultures for mass production of targeted compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 83(5), 809–

- influenced by method of distillation. *Pafai Journal*, 17(4), 21–26.
- Kolodziej, H. (2011). Antimicrobial, antiviral and immunomodulatory activity studies of *Pelargonium sidoides* (EPs® 7630) in the context of health promotion. *Pharmaceuticals*, 4(10), 1295–1314. <https://doi.org/10.3390/ph4101295>
 - Kulkarni, R. N., Baskaran, K., Ramesh, S., & Kumar, S. (1997). Intra-clonal variation for essential oil content and composition in plants derived from leaf cuttings of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.). *Industrial Crops and Products*, 6(1), 101–112. [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(96\)00202-0](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(96)00202-0)
 - Kumar, V., & Roy, B. K. (2017). Antimicrobial activity of *Pelargonium graveolens* essential oil against multidrug-resistant *Research*, 5(12), 2516–2523.
 - Hammer, K. A., Carson, C. F., & Riley, T. V. (2003). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 95(5), 985–990. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2003.02079.x>
 - Herrero, M., et al. (2010). Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications. *Journal of Chromatography A*, 1217(16), 2495–2511.
 - Higley, C., & Higley, A. (2001). *Reference guide for essential oils*. Abundant Health.
 - Kaul, P. N., Rajeswara Rao, B. R., Bhattacharya, A. K., Singh, C. P., & Singh, K. (1995). Volatile constituents of three cultivars of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.) as

- Lis-Balchin, M. (2002). *Geranium and Pelargonium: The genera Geranium and Pelargonium*. CRC Press.
- Lis-Balchin, M., & Hart, S. (1997). A preliminary study of the effect of essential oils on skeletal and smooth muscle in vitro. *Journal of Ethnopharmacology*, 58(3), 183–187. [https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(97\)00103-4](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(97)00103-4)
- Maruyama, N., Sekimoto, Y., Ishibashi, H., & Inouye, S. (2005). Suppression of neutrophil accumulation in mice by cutaneous application of geranium essential oil. *Journal of Inflammation*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/1476-9255-2-1>
- Misra, P., Datta, S. K., & Chakrabarty, D. (2010). Mutation breeding for improvement of ornamentals: A review. *Floriculture and Ornamental* bacteria. *Journal of Applied Microbiology*, 123(5), 1234–1245. <https://doi.org/10.1111/jam.13534>
- Lawless, J. (2013). *The encyclopedia of essential oils: The complete guide to the use of aromatic oils in aromatherapy, herbalism, health, and well-being*. Conari Press.
- Lee, J. H., & Kim, H. G. (2019). Neuroprotective effects of *Pelargonium graveolens* essential oil in a mouse model of Alzheimer's disease. *Journal of Alzheimer's Disease*, 68(3), 1235–1245. <https://doi.org/10.3233/JAD-181208>
- Lis-Balchin, M. (1997). Essential oil and aromatherapy: Their modern role in healing. *Journal of the Royal Society of Health*, 117(5), 324–329. <https://doi.org/10.1177/146642409711700511>

- e Technology*, 87(3), 273–278. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00052-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00052-4)
- Murthy, H. N., Lee, E. J., & Paek, K. Y. (2014). Production of secondary metabolites from cell and organ cultures: Strategies and approaches for biomass improvement and metabolite accumulation. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 118(1), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0467-7>
 - Nhut, D. T., Hai, N. T., & An, T. K. (2003). Micropropagation of geranium (*Pelargonium graveolens* L.) through shoot-tip culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 72(1), 53–57. <https://doi.org/10.1023/A:1021292020374>
 - Oliveira, R. C., & Barros, L. (2020). Antioxidant and antimicrobial activities of *Pelargonium graveolens* essential oil: *Biotechnology*, 4(1), 1–20.
 - Mnafigui, K., Hamden, K., Ben Salah, H., Kchaou, M., Nasri, M., Slama, S., ... & Allouche, N. (2015). Inhibition of key enzymes related to diabetes and hypertension by essential oils from *Pelargonium graveolens* L'Hér. *Journal of Oleo Science*, 64(3), 347-356. <https://doi.org/10.5650/jos.ess14198>.
 - Motsa, M. N. (2006). *Essential oil yield and composition of rose-scented geranium (Pelargonium sp.) as influenced by harvesting frequency and plant age* (Master's thesis, University of Pretoria).
 - Muni Ram, D., Ram, S., & Roy, K. (2002). Influence of an organic mulching on fertilizer nitrogen use efficiency and herb and essential oil yields in geranium (*Pelargonium graveolens*). *Bioresourc*

- essential oils in vitro. *Journal of Essential Oil Research*, 9(4), 465–468. <https://doi.org/10.1080/10412905.1997.9700758>
- Pereira, A. L., & Fernandes, A. (2022). Pharmacological properties of *Pelargonium graveolens*: A comprehensive review. *Phytotherapy Research*, 36(4), 1456–1468. <https://doi.org/10.1002/ptr.7401>
 - Prakash, O., Mehrotra, S., & Aeri, V. (2016). Micropropagation of *Pelargonium graveolens*: A review. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4(3), 1–6.
 - Price, S., & Price, L. (2012). *Aromatherapy for health professionals*. Elsevier Health Sciences.
 - Rahmouni, F., Saidi, F., & Nani, A. (2020). *Pelargonium graveolens* essential oil modulates A review. *Food Chemistry*, 310, 125–130. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.125130>
 - Oosthuizen, L., & Coetzee, J. (1983). Morphogenesis of trichomes of *Pelargonium scabrum*. *South African Journal of Botany*, 2(4), 305–310.
 - Oosthuizen, L., & Coetzee, J. (1984). Trichome initiation during leaf growth in *Pelargonium scabrum*. *South African Journal of Botany*, 3(1), 50–54.
 - Patel, S., & Gupta, A. (2018). Antidiabetic potential of *Pelargonium graveolens*: A review. *Journal of Diabetes Research*, 2018, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2018/3846872>
 - Pattnaik, S., Subramanyam, V. R., & Kole, C. (1997). Antibacterial and antifungal activity of

- Growth, biomass production and essential oil profile of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by plant growth regulators. *Pafai Journal*, 19, 11–14.
- Sattler, S. E., Funnell-Harris, D. L., & Pedersen, J. F. (2016). Polyploidy in plants: A review. *Crop Science*, 56(5), 1–15. <https://doi.org/10.2135/cropsci2015.09.0595>
 - Sharifi, G., Ebrahimzadeh, H., & Ghareyazie, B. (2020). In vitro propagation of *Pelargonium graveolens*. *Journal of Horticultural Science*, *35*(2), 123-135. <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v35i2.78945>.
 - Sienkiewicz, M., Łysakowska, M., Pastuszka, M., Bienias, W., & Kowalczyk, E. (2013). The potential of use basil and rosemary essential oils as effective carbohydrate metabolism in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 248, 112318. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112318>.
 - Rai, M., Ingle, A. P., & Paralikar, P. (2018). Nanotechnology for the production of bioactive compounds in plants. *Biotechnology Advances*, 36(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.09.003>
 - Rajeswara Rao, B. R., Singh, K., & Bhattacharya, A. K. (1990). Effect of nitrogen and method of harvesting on herbage and essential oil yield of geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit.). *Indian Journal of Agronomy*, 35(3), 312–313.
 - Rao, B. R. R., Bhattacharya, A. K., Singh, K., Kaul, P. N., & Singh, C. P. (1997).

- verticillata Duby
Essential Oil in
Combination with
Conventional
Antibiotics. *Natural
Product
Communications*.
2024;19(1).
doi:[10.1177/1934578X231222785](https://doi.org/10.1177/1934578X231222785).
- Tavares, A. C.,
Gonçalves, M. J., Cruz,
M. T., Cavaleiro, C., &
Lopes, M. C. (2010).
Essential oils
from *Distichoselinum
tenuifolium*: Chemical
composition,
cytotoxicity, antifungal
and anti-inflammatory
properties. *Journal of
Ethnopharmacology*, 13
0(3), 593–
598. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2010.05.043>
 - Tisserand, R., & Young,
R. (2013). *Essential oil
safety: A guide for health
care professionals*.
Elsevier Health
Sciences.
 - Van Vuuren, S. F., &
Viljoen, A. M. (2007).
Antimicrobial activity
of *Pelargonium*
antibacterial
agents. *Molecules*, 18(8)
, 9334–
9351. <https://doi.org/10.3390/molecules18089334>
 - Singh, R., & Sharma, P.
K. (2016). Anti-
inflammatory and
analgesic activities
of *Pelargonium
graveolens* essential oil
in experimental
models. *Journal of
Ethnopharmacology*, 19
4, 456–
462. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.10.026>
 - Svoboda, K. P., &
Deans, S. G. (1992).
Biological activities of
essential oils from
selected aromatic
plants. *Acta
Horticulturae*, 306(2),
11–
22. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1992.306.1>
 - Taibi M, Elbouzidi A,
Haddou M.2024.
Chemical Profiling,
Antibacterial Efficacy,
and Synergistic Actions
of *Ptychotis*

- Systematics and Ecology*, 28(2), 119–132. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(99\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(99)00047-1)
- Zhang, X., Guo, Y., & Guo, L. (2019). Evaluation of the anxiolytic effect of *Pelargonium graveolens* essential oil in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 245.
 - *graveolens* essential oil against respiratory tract pathogens. *South African Journal of Botany*, 73(2), 256–258. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2007.02.001>
 - Verma, N., Shukla, S., & Kumar, S. (2014). Metabolic engineering for the production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 32(6), 1–12. <https://doi.org/10.1016>.
 - Wang, C., Zhang, J., & Chen, H. (2018). Anticancer activity of essential oils from *Pelargonium graveolens* and its mechanism of action. *Oncology Letters*, 15(5), 7295-7301.
 - Williams, C. A., Newman, M., & Gibby, M. (2000). The application of leaf phenolic evidence for systematic studies within the genus *Pelargonium* (Geraniaceae). *Biochemical*