



A Comparison of the Essential Oil Constituents, Total Phenol and Flavonoid Content In the Leaf and Flower Organs of *Stachys schtschegleevi*

Saeid Hazrati *¹, and Zahra Mousavi ²

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Azarbaijan Shahid Madani University, Tabriz 5375171379, Iran

2. Department of Horticultural Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz 7194684334, Iran

ARTICLE INFO

Article history

Submitted: 2025-7-15

Revised: 2025-12-5

Accepted: 2025-12-15

KEYWORDS

Essential oil, Plant organ, *Stachys schtschegleevi*, Gas chromatography, Phenol

ABSTRACT

In light of the growing demand for medicinal plants and their increasing significance in global society, this study examined the essential oils composition and phenolic content in the flowers and leaves of *Stachys schtschegleevi*, a species belonging to the Lamiaceae family that is used to treat influenza, the common cold, infectious diseases and rheumatic conditions. Plant samples were collected from the Jolfa region, and the essential oils were extracted using a Clevenger apparatus. The chemical composition of the essential oils was analyzed using gas chromatography (GC) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The results showed that the percentage of essential oil in the flower organs was 39% higher than in the leaves. Analysis of the essential oils identified 61 compounds in the flowers (98.39% of the total) and 49 compounds in the leaves (98.73% of the total). The dominant compounds in the flower organs were germacrene D (20.69%), α -cadinol (9.51%), α -muurolene (7.16%), n-hexadecanoic acid (5.93%), thymol (5.41%), spathulenol (4.77%), α -pinene (4.62%) and β -pinene (4%). The dominant compounds in Pulak leaf essential oil were found to be α -pinene (12.98%), germacrene D (11.92%), α -cadinol (7.9%), thymol (6.91%), n-hexadecanoic acid (4.82%), spathulenol (4.44%) and α -muurolene (4.22%). Therefore, due to its higher essential oil percentage and greater richness in phenolic compounds, the flower organ of *Stachys schtschegleevi* is considered more suitable than the leaf organ for industrial applications, particularly in the field of essential oil extraction.

* Corresponding author: Saeid Hazrati

✉ E-mail: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir



مقاله پژوهشی

مقایسه اجزای تشکیل دهنده اسانس، محتوای فنل و فلاونوئید گل موجود در اندام‌های مختلف گیاه پولک (*Stachys schtschegleevi*)

سعید حضرتی^{۱*}، زهرا موسوی^۲

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید مدنی آذربایجان، تبریز، ایران.

۲. گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله

دریافت: ۱۴۰۴-۰۴-۲۴

بازنگری: ۱۴۰۴-۰۹-۱۴

پذیرش: ۱۴۰۴-۰۹-۲۴

واژگان کلیدی:

اسانس، اندام گیاهی، پولک، کروماتوگرافی گازی، فنل

چکیده: با توجه به رشد روزافزون تقاضا برای گیاهان دارویی و اهمیت فزاینده آن‌ها در جامعه جهانی، مطالعه حاضر به بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس و محتوای فنولی اندام گل و برگ گیاه *Stachys schtschegleevi* (پولک) از خانواده نعنائیان که برای درمان آنفولانزا، سرماخوردگی و بیماری‌های عفونی و رماتیسمی مورد استفاده قرار می‌گیرد، پرداخته است. نمونه‌های گیاهی از منطقه جلفا جمع‌آوری شده و اسانس‌ها با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج گردید. آنالیز ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها با استفاده از کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) انجام شد. نتایج نشان داد که درصد اسانس در اندام گل ۳۹ درصد بیشتر از برگ بود و تجزیه و تحلیل اسانس‌ها منجر به شناسایی ۶۱ ترکیب در گل (۹۸/۳۹ درصد از کل ترکیبات) و ۴۹ ترکیب در برگ (۹۸/۷۳ درصد از کل ترکیبات) گردید. و ترکیبات غالب در اندام گل شامل germacrene D (۲۰/۶۹ درصد)، α -cadinol (۹/۵۱ درصد)، α -muurolene (۷/۱۶ درصد)، n-hexadecanoic acid (۵/۹۳ درصد)، thymol (۵/۴۱ درصد)، spathulenol (۴/۷۷ درصد)، α -pinene (۴/۶۲ درصد) و β -pinene (۴ درصد) بود و همچنین ترکیبات غالب اسانس برگ پولک شامل α -pinene (۱۲/۹۸ درصد)، germacrene D (۱۱/۹۲ درصد)، α -cadinol (۷/۹۰ درصد)، thymol (۶/۹۱ درصد)، n-hexadecanoic acid (۴/۸۲ درصد)، spathulenol (۴/۴۴ درصد) و α -muurolene (۴/۲۲ درصد) بودند. ارزیابی ترکیبات فنولی نشان داد که میزان فنل کل و فلاونوئید در گل (۸۱/۸ و ۳/۵ میلی‌گرم بر گرم عصاره خشک) بیشتر از برگ (۵۶/۱۰ و ۳ میلی‌گرم بر گرم عصاره خشک) بود. بنابراین، اندام گل پولک به‌دلیل داشتن درصد اسانس بالاتر و غنای بیشتر در ترکیبات فنولی، برای کاربردهای صنعتی، به‌ویژه در زمینه اسانس‌گیری، مناسب‌تر از اندام برگ محسوب می‌شود.

✉ E-mail: saeid.hazrati@azaruniv.ac.ir

*نویسنده مسئول: سعید حضرتی

Journal homepage: jmpb.znu.ac.ir

مقدمه

روند افزایش مصرف گیاهان دارویی و توجه ویژه جامعه جهانی به این گیاهان در سال‌های اخیر محققان را در عرصه‌های مختلف این علوم بر آن داشته است تا جنبه‌های مختلف آن را بیشتر مورد بررسی قرار دهند. این گیاهان به دلیل دارا بودن ترکیبات فعال زیستی، نقش مهمی در پیشگیری و درمان بسیاری از بیماری‌ها دارند. هم‌چنین منبعی طبیعی برای تولید داروهای شیمیایی بوده و در صنایع داروسازی، غذایی و آرایشی و بهداشتی کاربرد دارند (Dar et al., 2023). از میان این گیاهان، پولک (*Stachys schtschegleevii* Sosn) گیاهی بومی و چندساله است که متعلق به خانواده نعناعیان بوده و به‌طور گسترده‌ای در شمال و شمال غربی ایران گسترش یافته و ۳۴ گونه از *Stachys* (حدود ۳۰۰ گونه در جهان) شناسایی شده است که ۱۳ گونه آن

اندمیک هستند (Jamzad, 2013). پولک عموماً به نام "سنبل ارسبارانی" نیز در زبان فارسی شناخته می‌شود. این گیاه ریزوم‌دار بوده و ارتفاع آن به ۱۵ الی ۲۰ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌های گیاه به‌صورت بیضی مژرس با دندانه‌های کوتاه بوده و پوشیده از کرک‌های سفید است. این گیاه از اهمیت زیادی در فارمکولوژی سنتی، به‌خصوص در بین مردم آذربایجان شرقی برخوردار است (Sonboli et al., 2005)، در طب سنتی مردم از برگ‌ها و گل‌های این گیاه برای درمان بیماری‌های آنفولانزا و سرماخوردگی و هم‌چنین بیماری‌های عفونی، رماتیسمی، التهابی و تنفسی استفاده می‌کنند. اسانس‌ها فعالیت‌های ضد میکروبی گسترده‌ای دارند و در بسیاری از موارد سبب از بین بردن باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها می‌شوند (Singh et al., 2015; Nasrollahi et al., 2019). ترکیبات غالب اسانس گیاه پولک در تحقیقات قبلی شامل α -

عوامل بیماری‌زا ایفا می‌کنند. تنوع ترکیبات فیتوشیمیایی در اندام‌های مختلف گیاهان دارویی از جمله مسائل بنیادین در مطالعات گیاهان دارویی محسوب می‌شود. در بسیاری از گونه‌ها، ترکیب غالب اسانس با اندام مورد برداشت تغییر می‌کند و انتخاب اندام مناسب برداشت از نظر کشاورزی و اقتصادی اهمیت استراتژیک دارد. ساختار و وظایف متمایز اندام‌های گیاه نظیر برگ و گل، موجب ایجاد تفاوت‌های چشمگیر در نوع و میزان ترکیبات ثانویه می‌شود. به‌عنوان مثال، گل‌ها به‌دلیل نقش کلیدی در جذب گرده‌افشان‌ها، اغلب غنی از ترکیبات مونوترپنی با خاصیت معطر هستند (Giuliani et al., 2009; Hazrati et al., 2024). هم‌چنین عوامل محیطی مختلف، مانند دما، شدت نور، دسترسی به آب، حاصلخیزی خاک و همین‌طور عوامل ژنتیکی می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان

germacrene- β -pinene, pinene و D (Z)- β -ocimene گزارش شده است (Sonboli et al., 2005; Hazrati et al., 2018; Hazrati et al., 2020). مطالعه اندام‌های مختلف گیاه، شناسایی اجزاء و ترکیب‌ها در گیاهان مختلف موضوعی است که در بسیاری از تحقیقات به آن توجه شده است. جنس *Stachys* حاوی ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی فراوانی است که خاصیت آنتی‌اکسیدانی قابل‌توجهی به گونه‌های این جنس اعطا می‌کند. از مهم‌ترین ترکیبات فنولی موجود در این جنس می‌توان به اسید کلروژنیک، اسید وانیلیک، اسید پارا-کوماریک، اسید پروتوکاتکوئیک و اسید روزمارینیک اشاره کرد که در اکثر گونه‌ها به‌طور مشترک یافت می‌شوند (Tundis et al., 2014; Benedec et al., 2023; Pashova et al., 2024). ترکیبات فنولی به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه گیاهی، نقش حیاتی در محافظت از گیاهان در برابر اشعه ماوراء بنفش و

به منظور انجام این پژوهش گیاه دارویی پولک در مرحله فنولوژیکی گلدهی کامل (خرداد ماه سال ۱۳۹۷)، از منطقه‌ی جلفا واقع در استان آذربایجان شرقی، به موقعیت طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۵۳۷ متر از سطح دریا، به تعداد سه نمونه ۵۰۰ گرمی با فاصله ۲۰۰ متری از همدیگر جمع آوری شد. سپس نمونه برگ و گل به مدت ۱۰ روز تحت شرایط سایه خشک شدند.

استخراج و شناسایی ترکیبات اسانس

به منظور تعیین محتوای اسانس، ۵۰ گرم از نمونه‌های خشک، خرد شده و به مدت دو ساعت و نیم با استفاده از دستگاه کلونجر تحت عمل تقطیر قرار گرفتند. پس از آب‌گیری از محصول توسط سولفات سدیم بدون آب، اسانس‌ها در ویال‌های کهربایی رنگ در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد قبل از

دارویی و هم‌چنین مسیرهای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در اندام‌های مختلف تأثیر بگذارند (Hazrati et al., 2025). با وجود اهمیت گیاه پولک در طب سنتی و پتانسیل بالای آن در صنایع مختلف، مطالعات جامع مقایسه‌ای بر روی پروفایل فیتوشیمیایی اندام‌های مختلف این گیاه بسیار محدود است. این تحقیق ارائه تحلیل جامع و مقایسه‌ای پروفایل فیتوشیمیایی اندام‌های برگ و گل گیاه پولک، به منظور تعیین اندام بهینه برای هر کاربرد خاص در صنایع مختلف نهفته است. هدف کلی این پژوهش، بررسی تطبیقی تغییرات کمی و کیفی ترکیبات فیتوشیمیایی اندام‌های برگ و گل گیاه دارویی پولک است تا ضمن شناسایی اندام برتر از نظر ترکیبات فیتوشیمیایی، به‌توان راهکارهای بهینه‌سازی تولید و بهره‌برداری از این گیاه ارزشمند در صنایع غذایی، آرایشی-بهداشتی، داروسازی و مکمل‌های طبیعی ارائه داد.

مواد و روش‌ها

0.25 mm, 0.25 μ m film (thickness) انجام شد. گاز هلیوم به‌عنوان حامل با سرعت جریان ۱/۱ ml/min بود. دمای ستون از ۶۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌صورت افزایش دمای ۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در هر دقیقه انجام شد. نسبت تقسیم ۱:۱۰۰ و دمای تزریق بر روی ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بود. ولتاژ یونیزاسیون، دمای اسکن و محدوده‌ی جرم به ترتیب ۷۰ eV، ۰.4 s و ۴۰-۳۰۰ m/z بود. شناسایی اجزای اسانس در نتیجه‌ی مقایسه‌ی طیف جرمی آن‌ها با بانک طیفی و مقایسه‌ی ضرایب بازداری آن‌ها با مقادیر مرجع صورت گرفت. ضرایب بازداری با استفاده از زمان‌های بازداری آلکان‌های نرمال (n-alkanes)، که با همان دستگاه و تحت همان شرایط تزریق شد، محاسبه شدند. مقادیر نسبی اجزا از روی سطح کل پیک‌ها توسط نرم افزار دستگاه محاسبه شد و درصد ترکیبات اسانس در یک

انجام آزمایشات بعدی نگهداری شدند (Council of Europe, 1997). سپس اسانس‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی (TRACE; Thermo Quest-Finnigan) مجهز به ستون سیلیکا DB-5 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. برنامه درجه حرارت دستگاه با افزایش از دمای ۶۰ به ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌صورت ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه صورت گرفت و به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد ثابت ماند. نیتروژن به‌عنوان گاز حامل به نسبت جریان ۱/۱ ml/min استفاده شد. انژکتور و دماهای آشکارکننده به ترتیب بر روی ۲۵۰ و ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شده بودند (Govahi et al., 2015). آنالیز طیف‌سنجی گازی-جرمی Gas chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS)، با استفاده از دستگاه TRACE MS (Thermo Quest-Finnigan) مجهز به ستون سیلیکا DB-5 (30 m \times)

هفت درصد (وزنی-حجمی) اضافه شد. محلول حاصل به مدت دو ساعت در تاریکی و دمای محیط قرار داده شد و پس از آن جذب نوری نمونه‌ها به وسیله اسپکتروفوتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن خشک ماده‌ی گیاهی بیان گردید (Lister and Wilson, 2001).

اندازه‌گیری محتوای فلاونوئیدی کل

برای سنجش محتوای فلاونوئید کل از روش Arvouet-Grand و همکاران (۱۹۹۴) استفاده شد. بدین‌منظور، به ۲۵۰ میکرولیتر از عصاره رقیق شده ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلرید (دو درصد وزنی-حجمی) و ۲۰۰ میکرولیتر از محلول پتاسیم استات (یک مولار) اضافه گردید و پس از گذشت ۱۰ دقیقه میزان جذب نوری نمونه‌ها در طول موج ۴۲۶ نانومتر خوانده شد و نتایج بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر گرم عصاره خشک بیان گردید.

نمونه اسانس برای اندام برگ و گل گزارش شد.

استخراج عصاره گیاهی

استخراج عصاره گیاهی با روش اولتراسونیک انجام گرفت، بدین‌منظور ۰/۵ گرم ماده خشک گیاهی آسیاب شده به یک ارلن ۲۵ میلی‌لیتری اضافه شد و ۱۰ میلی‌لیتر حلال متانول به آن افزوده شد و به مدت ۳۰ دقیقه در حمام اولتراسونیک قرار داده شد. سپس عصاره صاف گردید و عصاره به‌دست‌آمده تا زمان آزمایش در شیشه‌های کوچک تیره‌رنگ و در دمای ۴ درجه سیلسیوس نگهداری شد.

اندازه‌گیری محتوای فنول کل

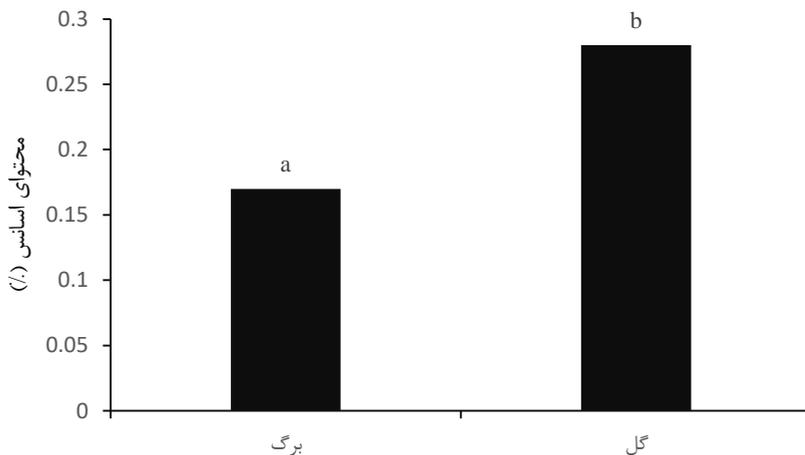
برای سنجش مقدار فنول کل به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره به غلظت چهار میلی‌گرم بر میلی‌لیتر، ۵۰۰ میکرولیتر معرف Folin-Ciocalteu (۱۰ درصد) اضافه شد و پس از گذشت پنج دقیقه ۵۰۰ میکرولیتر سدیم‌کربنات

متفاوت بود، به طوری که بازده استخراج در اندام گل (۰/۲۸٪) به طور قابل توجهی بالاتر از اندام برگ (۰/۱۷٪) بود، که نشان دهنده برتری ۶۴/۷ درصدی اندام گل در تولید اسانس می باشد (شکل ۱).

آنالیز داده‌ها با آزمون ANOVA یک طرفه به وسیله نرم افزار SAS (نسخه ۹/۲) انجام گرفت، و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها به وسیله آزمون T-test در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس محتوای اسانس در اندام برگ و گل گیاه دارویی پولک



شکل ۱- محتوای اسانس کل در اندام گل و برگ گیاه پولک

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس را تشکیل می‌دادند، درحالی که در اسانس برگ ۴۹ ترکیب شناسایی شد که ۹۸/۷۳ درصد از کل ترکیبات اسانس را شامل می‌شدند. این یافته‌ها نشان دهنده پیچیدگی و غنای بیشتر ترکیبات

تجزیه و تحلیل GC-MS ترکیبات اسانس که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است، حاکی از تنوع قابل توجه ترکیبات شیمیایی در هر دو اندام بود. در اسانس گل ۶۱ ترکیب شیمیایی شناسایی شد که ۹۸/۹۳ درصد از کل

ترکیبات غالب اسانس در اندام برگ پولک شامل α -pinene (۱۲/۹۸) درصد، germacrene-D (۱۱/۹۲) درصد، α -cadinol (۷/۹۰) درصد، thymol (۶/۹۱) درصد، n-hexadecanoic acid (۴/۸۲) درصد، spathulenol (۴/۴۴) درصد و α -muurolene (۴/۲۲) درصد بودند. هیدروکربن‌های سزکوئی‌ترین

فیتوشیمیایی در اندام گل نسبت به برگ است. نتایج نشان داد ترکیبات غالب اسانس گل شامل germacrene-D (۲۰/۶۹) درصد، α -cadinol (۹/۵۱) درصد، α -muurolene (۷/۱۶) درصد، n-hexadecanoic acid (۵/۹۳) درصد، thymol (۵/۴۱) درصد، spathulenol (۴/۷۷) درصد، α -pinene (۴/۶۲) درصد و β -pinene (۴) درصد بودند (جدول ۱). هم‌چنین

جدول ۱- درصد ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گل و برگ گیاه دارویی پولک

برگ	گل	شاخص بازاری	ترکیبات شیمیایی	ردیف	برگ	گل	شاخص بازاری	ترکیبات شیمیایی	ردیف
۶/۹۱	۵/۴۲	۱۲۹۰	thymol	۳۴	۱/۵۱	۰/۸۹	۹۲۵	α -thujene	۱
۰/۱۹	۰/۱۶	۱۲۹۹	carvacrol	۳۵	۱۳	۴/۶۲	۹۳۲	α -pinene	۲
۰/۷۲	۱/۲۱	۱۳۳۷	d δ -elemene	۳۶	۰/۶۲	۰/۱۹	۹۴۸	camphene	۳
۰	۱/۰۶	۱۳۴۹	α -cubebene	۳۷	۱/۴۲	۱	۹۷۲	sabinene	۴
۰	۰/۱۲	۱۳۷۵	α -copaene	۳۸	۶/۳۸	۴	۹۷۶	β -pinene	۵
۰	۰/۳۶	۱۳۸۴	(E)- β -damascenone	۳۹	۰/۵۲	۰/۰۳۶	۹۹۰	myrcene	۶
۰	۱/۴۵	۱۳۹۱	β -elemene	۴۰	۱/۴۶	۱/۱۵	۱۰۰۵	α -phellandrene	۷
۰/۳۷	۰/۵۵	۱۴۱۸	β -ylangene	۴۱		۰/۱۷	۱۰۱۰	p-mentha-1(7),8-diene	۸
۰/۲۱	۰/۳۲	۱۴۲۸	β -copaene	۴۲	۰/۲۱	۰/۱۷	۱۰۲۴	p-cymene	۹
۰	۰/۱۷	۱۴۳۸	aromadendrene	۴۳	۱/۵	۲/۱۲	۱۰۲۷	limonene	۱۰
۰/۹	۰/۶۳	۱۴۶۰	allo-aromadendrene	۴۴	۴/۸۲	۲/۹	۱۰۲۸	β -phellandrene	۱۱
۰/۱۸	۰/۲۵	۱۴۷۶	δ -muurolene	۴۵	۰/۲۸	۰/۳	۱۰۲۹	1,8-Cineole	۱۲
۱۱/۹۳	۲۰/۷	۱۴۸۰	germacrene D	۴۶	۱/۴	۱/۲۷	۱۰۳۶	(Z)- β -ocimene	۱۳
۱/۱۶	۰/۹	۱۴۹۲	valencene	۴۷	۰/۲۶	۰/۱۲	۱۰۴۶	(E)- β -ocimene	۱۴
۰/۱	۱/۳	۱۴۹۵	bicyclogermacrene	۴۸	۰/۳۳	۰/۲	۱۰۵۷	γ --terpinene	۱۵
۴/۲۲	۷/۱۷	۱۵۰۰	α -muurolene	۴۹	۰/۵۱	۰/۴۳	۱۰۶۸	n-octanol	۱۶

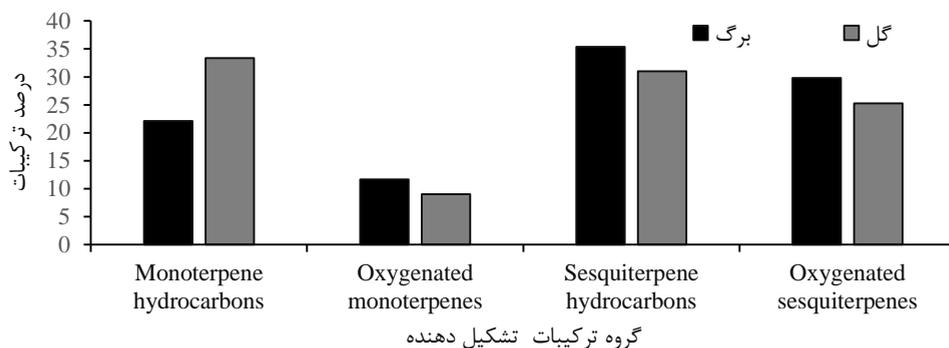
۰	۰/۲۶	۱۵۰۸	β -bisabolene	۵۰	۰/۱۵	۲/۲۲	۱۰۹۹	linalool	۱۷
۰	۰/۳۳	۱۵۱۳	γ -cadinene	۵۱	۱/۱۸		۱۰۶۸	n-nonanal	۱۸
۰/۸۳	۰/۳۴	۱۵۲۳	δ -cadinene	۵۲	۱/۱۶		۱۱۱۷	Trans-thujone	۱۹
۰/۱۶	۰/۶۲	۱۵۳۲	Trans-cadina-1(2),4-diene	۵۳	۰/۱۶	۰/۱۳	۱۱۲۶	α -campholenal	۲۰
۰/۱۷	۰/۳۸	۱۵۴۲	α -calacorene	۵۴	۰/۲۷			Unknown	۲۱
۰	۰/۷۹		Unknown	۵۵	۰	۰/۱۱	۱۱۲۸	allo-ocimene	۲۲
۰	۰/۲		Unknown	۵۶	۰	۰/۱۲	۱۱۴۰	Cis-verbenol	۲۳
۴/۴۵	۴/۷۸	۱۵۷۷	spathulenol	۵۷	۰	۰/۰۲	۱۱۴۴	Trans-verbenol	۲۴
۱/۳	۱/۲	۱۵۸۳	caryophyllene oxide	۵۸	۰	۰/۰۷		Unknown	۲۵
۱	۰/۹۵	۱۵۹۳	salvia-4(14)-en-1-one	۵۹	۱/۹۵	۱/۴۳	۱۱۷۷	terpinen-4-ol	۲۶
۱/۸۲	۱/۳۴	۱۶۴۲	epi- α -muurolol	۶۰	۱/۰۹	۰/۸۸	۱۱۹۰	α -terpineol	۲۷
۱/۷۴	۲/۲۷	۱۶۴۹	β -eudesmol	۶۱	۱/۷۴	۰/۱۷	۱۲۰۶	n-decanal	۲۸
۷/۹	۹/۵۱	۱۶۵۴	α -cadinol	۶۲	۰/۱۸	۰/۱	۱۲۰۹	verbenone	۲۹
۲/۲۴	۲/۶۱	۱۶۷۶	n-tetradecanol	۶۳	۰	۰/۰۳	۱۲۴۳	hexyl isovalerate	۳۰
۱/۲۷	۱/۱۹	۱۸۴۵	6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone	۶۴	۰	۰/۲	۱۲۵۴	(Z)-anethole	۳۱
۴/۸۳	۵/۹۳		n-hexadecanoic acid	۶۵	۰/۷	۰/۶۱	۱۲۷۱	nonanoic acid	۳۲
					۰/۳۷	۰/۲۶	۱۲۸۵	(E)-anethole	۳۳
								Monoterpene hydrocarbons	
۹۸/۷۳	۹۸/۹۳								درصد کل

(Monoterpene hydrocarbons)

دومین گروه غالب تشکیل دهنده اسانس بود که بیشترین درصد آن ۳۳/۳۸ درصد در گل بود و در برگ به ۲۲/۱۰ درصد کاهش یافت (شکل ۲).

(Sesquiterpene hydrocarbons)

اولین گروه غالب تشکیل دهنده اسانس بود که بیشترین میزان آن ۳۵/۳۲ درصد در برگ مشاهده شد و در گل به ۳۱/۰۳ درصد کاهش یافت. هیدروکربن‌های مونوترپن



شکل ۲- مقایسه گروه‌های شیمیایی (%) اندام برگ و گل گیاه دارویی پولک.

۵/۷۷) β -eudesmol و (۵/۸۷ درصد) اجزای اصلی بودند، در حالی که در مرحله گلدهی ترکیبات اصلی شامل α -pinene (۱۵/۰۶ درصد)، germacrene-D (۱۲/۶۵ درصد)، β -spathulenol (۱۲/۰۱ درصد) و pinene (۵/۹۹ درصد) بودند (Hazrati et al., 2020).

در بررسی که توسط Awadh Ali و همکاران در سال ۲۰۱۰ روی گیاه *S. yemenensis* انجام شد، ترکیبات عمده‌ی اسانس استخراج شده از برگ‌های این گیاه به وسیله‌ی روش CO_2 فوق بحرانی α -phellandrene β -phellandrene (۱۳/۹ درصد)، elemol (۱۱/۷۰ درصد)، β -spathulenol (۶/۷۰ درصد)، α -eudesmol (۵ درصد) و squalene (۴/۸۰ درصد)

نتایج این پژوهش با یافته‌های محققان دیگر که مهم‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس گیاه دارویی پولک را گزارش کرده بودند، مطابقت داشت (Sonboli et al., 2005; Norouzi-Arasi et al., 2004; Hazrati et al., 2018). براساس نتایج به دست آمده تغییرات قابل ملاحظه‌ای در ترکیبات اسانس دو اندام برگ و گل مشاهده شد، به طوری که میزان germacrene-D در گل به عنوان ترکیب غالب بود و در اندام برگ به طور معنی داری کاهش یافت، و همچنین α -pinene در اندام گل در مقایسه با برگ کاهش قابل توجهی نشان داد. در مطالعه قبلی ما بر روی این گیاه در مراحل مختلف رشد، در مرحله رویشی α -pinene (۱۹/۶۳ درصد)، germacrene-D (۱۱/۳ درصد) و α -cadinol (۷/۸۹ درصد)

قرار دارند. در مرحله گلدهی، گل‌ها به‌عنوان محل مصرف قوی عمل می‌کنند و از طریق انتقال فعال ترکیبات فتوسنتزی از برگ‌ها، نیازهای متابولیکی خود را برای رشد، تکامل و تولید ترکیبات ثانویه مانند اسانس تأمین می‌کنند. در نتیجه این انتقال، بیان ژن‌های مسئول بیوسنتز ترکیبات فرار در بافت‌های گل افزایش یافته و تراکم و فعالیت غدد ترشحی نیز در این ناحیه تقویت می‌شود که موجب تمرکز بالای ترکیبات معطر در گل نسبت به برگ می‌گردد (Zhu et al., 2022; Hazrati et al., 2024).

Germacrene D یکی از کلاس‌های هیدروکربن‌های آلی فرار و به‌طور خاص از گروه ترپن‌ها محسوب می‌شود. این ترکیب معمولاً در تعدادی از گونه‌های گیاهی خواص ضد میکروبی و حشره‌کشی را ایفا کرده و همچنین نقش پیش‌ماده را در سنتز سزکوئی‌ترین‌های مختلف بازی می‌کند (Bülow and König, 2000; Telascrea et al., 2007).

α -Pinene جزء مونوترپن‌های دوحلقه‌ای است که در صنعت اسانس به‌عنوان ترکیبات پایه‌ای اترهای روغنی

درصد) بود. در مطالعه‌ای دیگر روی ۲۲ گونه β -caryophyllene, Stachys, germacrene-D و α -cadinene ترکیبات caryophyllene oxide غالب اسانس بودند (Goren et al., 2011). در تحقیقی که توسط Aghaei و همکاران در سال ۲۰۱۳ روی ترکیبات شیمیایی ده جمعیت مختلف وحشی گونه‌ی *S. lavandulifolia*، که از مناطق مختلف ایران جمع‌آوری شده بودف مورد مطالعه قرار دادند. بیش‌ترین ترکیبات اسانس شامل myrcene limonene (۲۶/۲-۰/۰ درصد)، germacrene-D (۲۴/۵-۰/۰ درصد)، bicyclogermacrene (۱۸/۰-۱/۶ درصد)، d-cadinene (۱۶/۰-۶/۵ درصد)، pulegone (۱۵/۱-۰/۰ درصد)، (Z)-hex-3-enyl tiglate (۱۵/۱-۰/۰ درصد)، (E)-caryophyllene (۱۲/۹-۰/۰ درصد)، a-zingiberene (۱۲/۲-۰/۲ درصد) و spathulenol (۱۱/۱-۱/۶ درصد) بود.

افزایش میزان اسانس در گل نسبت به برگ، نتیجه تعامل چندین فرآیند فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است که تحت کنترل رابطه منبع و محل مصرف

نتایج تجزیه واریانس میزان فنل کل و فلاونوئید در برگ و گل مختلف گیاه پولک (شکل ۳) نشان داد که گل دارای مقدار بیشتری فنل کل و فلاونوئید نسبت به برگ است. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده، میزان فنل کل در برگ ۵۶/۱۰ میلی‌گرم در گرم وزن خشک و مقدار فلاونوئید برگ ۰/۳ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک اندازه‌گیری شد. این درحالی است که میزان فنل کل و فلاونوئید در گل به ترتیب ۸۱/۸۰ و ۳/۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک گیاه پولک بود که نشان‌دهنده افزایش قابل‌توجه این ترکیبات در گل زایشی نسبت به برگ است. این تفاوت معنی‌دار در تراکم ترکیبات فنلی بین اندام‌های مختلف گیاه، نتیجه تعامل پیچیده‌ای از عوامل فیزیولوژیکی، محیطی و تکاملی است. عوامل محیطی مختلف، مانند دما، شدت نور، دسترسی به آب خاک و حاصلخیزی خاک، می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان دارویی و همچنین مسیرهای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه تأثیر بگذارند. این عوامل استرس‌زای محیطی غیرزیستی بسته به شدت و مدت زمان اعمال، می‌توانند تولید

به‌شمار می‌آید. این ترکیب ایزومری است که در واکنش‌های متعددی از قبیل ایزومریزاسیون، اکسیداسیون، هیدراسیون و استیلاسیون مورد استفاده قرار می‌گیرد و در تهیه ترپنوئیدهای زیادی مانند اوسیمن، ترپینولن، ترپین‌هیدرات، ترپینول و کامفور به‌کار می‌رود. این ترکیب در ساخت فرآورده‌های صنعتی فراوانی از قبیل صابون، عطر، پاک‌کننده‌ها، چسب، داروهای ضد عفونی‌کننده و حشره‌کش‌ها کاربرد دارد (Zielińska- (Błajet and Feder-Kubis, 2020).

نتایج این مطالعه نشان داد که کمیت و کیفیت ترکیبات فیتوشیمیایی و بازده اسانس گیاه در اندام برگ و گل گیاه دارویی پولک مختلف متفاوت است، که این تفاوت‌ها می‌تواند به دلیل نقش‌های فیزیولوژیکی متفاوت اندام‌ها، توزیع متفاوت غدد ترشحی و شرایط محیطی مؤثر بر بیوسنتز ترکیبات ثانویه باشد (Hazrati et al., 2024) این یافته‌ها اهمیت انتخاب اندام و زمان مناسب برای استخراج اسانس با ترکیبات مطلوب را نشان می‌دهد.

محتوای فنل کل و فلاونوئید کل

رادیکال‌های سوپراکسید، هیدروکسیل و پراکسید هیدروژن می‌شوند، می‌توانند به اجزای حیاتی سلولی مانند DNA، پروتئین‌ها و غشاهای لیپیدی آسیب جدی وارد کنند. ترکیبات فنلی فراوان موجود در گل‌ها، با ظرفیت استثنایی خود در حذف رادیکال‌های آزاد و اهدای الکترون، یک سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی قوی و چندلایه ایجاد می‌کنند که از آسیب اکسیداتیو به اجزای سلولی جلوگیری کرده و تعادل اکسیداتیو سلولی را حفظ می‌کند (Kumar et al., 2020).

فراتر از نقش محافظتی در برابر اشعه ماوراءبنفش و استرس اکسیداتیو، فلاونوئیدها نقش کلیدی در جذب گرده‌افشان‌ها ایفا می‌کنند. این ترکیبات به‌عنوان رنگدانه‌های طبیعی گل عمل کرده و طیف وسیعی از رنگ‌های جذاب از زرد تا قرمز و بنفش تولید می‌کنند که برای جذب حشرات و سایر گرده‌افشان‌ها از طریق نشانه‌های بصری ضروری است. این جذب گرده‌افشان‌ها برای موفقیت تولیدمثل جنسی گیاه و ادامه نسل حیاتی محسوب می‌شود. علاوه بر این، برخی از فلاونوئیدها دارای خواص ضد میکروبی و ضد قارچی هستند

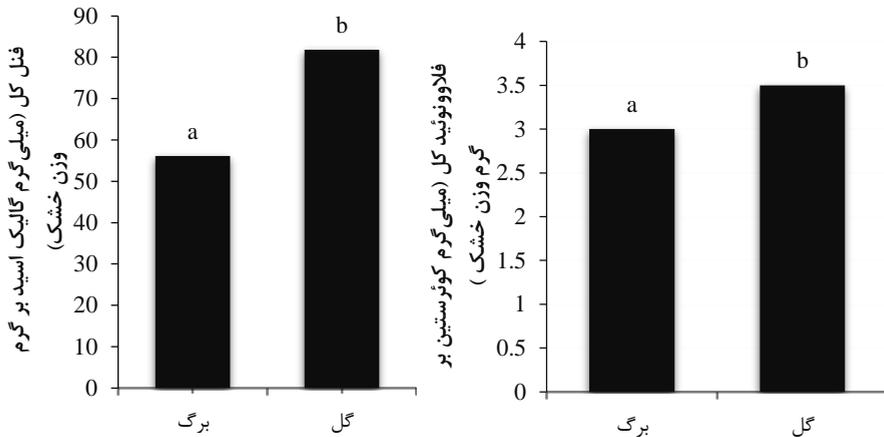
متابولیت‌های ثانویه را مهار یا تقویت کنند و الگوی توزیع آن‌ها در اندام‌های مختلف گیاه را تغییر دهند (Li et al., 2020).

تجمع بالای فلاونوئیدها در گل‌ها دلایل تکاملی و عملکردی مهمی دارد. فلاونوئیدها به‌عنوان محافظ‌های طبیعی در برابر اشعه ماوراءبنفش عمل می‌کنند، تابش مضر آن را جذب کرده و از بافت‌های تولیدمثلی حساس در برابر آسیب نوری محافظت می‌کنند. این عملکرد محافظتی به‌ویژه برای حفظ مواد ژنتیکی در گرده و تخمک‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است، زیرا هرگونه آسیب به این بافت‌های حیاتی می‌تواند موفقیت تولیدمثلی گیاه را به‌شدت کاهش دهد (Ferreira et al., 2021). علاوه بر این، گل‌ها به‌دلیل قرارگیری در معرض مستقیم نور خورشید و عدم وجود لایه موم محافظ قابل توجه مانند برگ‌ها، نیاز بیشتری به سیستم‌های دفاعی ضد تابش دارند. در عین حال، مرحله گلدهی با افزایش شدید فعالیت‌های متابولیکی همراه است که باعث تولید سطوح بالایی از گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) می‌شود. این گونه‌های فعال که شامل

بنابراین، نتایج این تحقیق به‌وضوح نشان داد که ترکیب شیمیایی و میزان متابولیت‌های ثانویه گیاهان در اندام برگ و گل مختلف، تفاوت‌های کمی و کیفی قابل‌توجهی دارد. این تفاوت‌ها نه‌تنها از نظر علمی اهمیت دارند، بلکه کاربردهای عملی مهمی نیز در صنایع دارویی، غذایی و آرایشی دارند. انتخاب اندام مناسب برای برداشت و استخراج ترکیبات مطلوب بایستی بر اساس نیاز به کمیت یا کیفیت خاصی از متابولیت‌های ثانویه انجام شود که این امر نقش تعیین‌کننده‌ای در بهینه‌سازی فرآیندهای تولید و کاربرد تجاری این گیاهان دارد.

که به‌عنوان ترکیبات دفاعی در برابر گیاهخواران و عوامل بیماری‌زای خاص گل عمل کرده و از سرمایه‌گذاری انرژی قابل‌توجه گیاه در فرآیند تولیدمثل محافظت می‌کنند (Biswas et al., 2023).

تفاوت در توزیع ترکیبات فنلی بین اندام‌های مختلف هم‌چنین می‌تواند ناشی از تفاوت در بیان ژن‌های کنترل‌کننده مسیرهای بیوسنتز این ترکیبات باشد. مطالعات نشان داده‌اند که ژن‌های کلیدی در مسیر بیوسنتز فلاونوئیدها، مانند ژن‌های کدکننده آنزیم‌های chalcone synthase و flavonol synthase، در گل‌ها بیان بالاتری نسبت به برگ‌ها دارند. این بیان تفاضلی ژن‌ها تحت کنترل سیگنال‌های هورمونی، نوری و استرس‌های محیطی قرار دارد که منجر به تولید متفاوت ترکیبات فنلی در اندام‌های مختلف می‌شود (Mao et al., 2025).



شکل ۲- محتوای فنل و فلاونوئید کل در اندام گل و برگ گیاه پولک

نتیجه گیری

بود که بیشترین میزان آن ۳۵/۳۲ درصد در برگ بوده که به میزان ۳۱/۰۳ درصد در گل کاهش پیدا نمود. هیدروکربن‌های مونوترپن ترکیب دوم غالب تشکیل‌دهنده اسانس بود که بیشترین میزان آن ۳۳/۳۸ درصد در گل بوده و به میزان ۲۲/۱۰ درصد در برگ کاهش پیدا نمود. ترکیبات غالب اسانس در گل، *germacrene-D* و در برگ، *α-pinene* بود؛ بنابراین، اندام گل برای کاربرد در صنعت اسانس‌گیری مناسب‌تر است. این تفاوت‌ها ناشی از نقش‌های فیزیولوژیکی متمایز اندام

براساس نتایج این تحقیق، تفاوت‌های معنی‌داری در ترکیب شیمیایی و غلظت متابولیت‌های ثانویه بین اندام برگ و گل گیاه پولک مشاهده شد، به طوری که اندام گل در مقایسه با برگ، بازده اسانس بالاتری (۲۸/۰ درصد در برابر ۱۷/۰ درصد) و میزان بیشتری از ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی را نشان داد. هیدروکربن‌های سزکوئی‌ترین، ترکیب اول غالب تشکیل‌دهنده اسانس

دفاع در برابر گیاه‌خواران متمرکز هستند. این یافته‌ها اهمیت انتخاب هدفمند اندام مناسب برای استخراج ترکیبات مطلوب در کاربردهای دارویی، غذایی و صنعتی را برجسته کرده و زمینه‌ای برای بهینه‌سازی فرآیندهای برداشت و بهره‌برداری از گیاهان دارویی فراهم می‌کند.

برگ و گل، توزیع متفاوت غدد ترشحی، بیان تفاضلی ژن‌های بیوسنتز و نیازهای دفاعی خاص هر اندام است. گل‌ها به دلیل اهمیت حیاتی در فرآیند تولیدمثل، تراکم بالایی از ترکیبات محافظ در برابر اشعه ماوراءبنفش، استرس اکسیداتیو و عوامل بیماری‌زا را جمع‌آوری می‌کنند، درحالی‌که برگ‌ها بیشتر بر ترکیبات مرتبط با فتوسنتز و

Journal de pharmacie de Belgique, 49(6), 462-468.

Awadh Ali, N. A., Marongiu, B., Piras, A., Porcedda, S., Falconieri, D., Molicotti, P. & Zanetti, S. (2010). Essential oil composition of leaves of *Stachys yemenensis* obtained by supercritical CO₂. Natural product research, 24(19), 1823-1829.

<https://doi.org/10.1080/14786411003754272>.

Benedec, D., Oniga, I., Hanganu, D., Tiperciuc, B., Nistor, A., Vlase, A. M. & Silaghi-Dumitrescu, R. (2023). *Stachys* Species: comparative evaluation of

منابع

Aghaei, Y., Hossein Mirjalili, M. & Nazeri, V. (2013). Chemical diversity among the essential oils of wild populations of *Stachys lavandulifolia* VAHL (Lamiaceae) from Iran. Chemistry & biodiversity, 10(2), 262-273. <https://doi.org/10.1002/cbd.v.201200194>.

Arvouet-Grand, A., Vennat, B., Pourrat, A. and Legret, P. J. J. B. (1994). Standardization of propolis extract and identification of principal constituents.

- Council of Europe. (1997). *European pharmacopoeia* (3rd ed.). Strasbourg: Author.
- Dar, R. A., Shahnawaz, M., Ahanger, M. A. & Majid, I. U. (2023). Exploring the diverse bioactive compounds from medicinal plants: a review. *Journal of Phytopharma*, 12(3), 189-195. <https://doi.org/10.31254/phyto.2023.12307>.
- Ferreira, M. L. F., Serra, P. & Casati, P. (2021). Recent advances on the roles of flavonoids as plant protective molecules after UV and high light exposure. *Physiologia plantarum*, 173(3), 736-749. <https://doi.org/10.1111/ppl.13543>.
- Giuliani, C., Pellegrino, R. M., Tirillini, B. & Bini, L. M. (2009). Composition of essential oils from leaves and flowers of *Stachys germanica* subsp. *salviifolia* (Ten.) Gams (Labiatae) and related phenolic profile and antimicrobial and antioxidant potential. *Antibiotics*, 12(11), 1644. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12111644>.
- Biswas, A., Dey, S., Xiao, A., Huang, S., Birhanie, Z. M., Deng, Y. & Li, D. (2023). Phytochemical content and antioxidant activity of different anatomical parts of *Corchorus olitorius* and *C. capsularis* during different phenological stages. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16494>.
- Bülow, N. & König, W.A. (2000). The role of germacrene D as a precursor in sesquiterpene biosynthesis: Investigation of acid catalyzed, photochemically and thermally induced rearrangements. *Phytochemistry*, 55:141-168. [https://doi.org/10.1016/S031-9422\(00\)00266-1](https://doi.org/10.1016/S031-9422(00)00266-1).

- on qualitative and quantitative properties of *Stachys Schtschegleevii* essential oil. Journal of Food Processing and Preservation, 42(8), e13686.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.13686>.
- Hazrati, S., Mousavi, Z. & Nicola, S. (2024). Harvest time optimization for medicinal and aromatic plant secondary metabolites. Plant Physiology and Biochemistry, 108735.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108735>.
- Hazrati, S., Rowshan, V., Hosseini, S. J., Sedaghat, M. & Mohammadi, H. (2020). Variation of essential oil composition and antioxidant activity in aerial parts of *Stachys schtschegleevi* Sosn at different growing stages. Journal of Essential Oil Bearing Plants, 23(5), 1054-1071.
<https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1843545>.
- secretory structures. Natural Product Communications, 4(6), 1934578X0900400618.
<https://doi.org/10.1177/1934578X0900400618>.
- Goren, A. C., Piozzi, F., Akcicek, E., Kılıç, T., Çarıkcı, S., Mozioglu, E. & Setzer, W. N. (2011). Essential oil composition of twenty-two *Stachys* species (mountain tea) and their biological activities. Phytochemistry Letters, 4(4), 448-453.
<https://doi.org/10.1016/j.phytol.2011.04.013>.
- Govahi, M., Ghalavand, A., Nadjafi, F. & Sorooshzadeh, A. (2015). Comparing different soil fertility systems in Sage (*Salvia officinalis*) under water deficiency. Industrial Crops and Products, 74, 20-27.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.053>.
- Hazrati, S., Farnia, P., Habibzadeh, F. & Mollaei, S. (2018). Effect of different drying techniques

- environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant physiology and biochemistry*, 148, 80-89. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.006>.
- Lister, E. & Wilson, P. (2001). Measurement of total phenolics and ABTS assay for antioxidant activity (personal communication). Crop Research Institute, Lincoln, New Zealand. 235-239
- Mao, Y., Luo, J., & Cai, Z. (2025). Biosynthesis and Regulatory Mechanisms of Plant Flavonoids: A Review. *Plants (Basel, Switzerland)*, 14(12), 1847. <https://doi.org/10.3390/plants14121847>.
- Nasrollahi, S., Ghoreishi, S. M., Ebrahimabadi, A. H. & Khoobi, A. (2019). Gas chromatography-mass spectrometry analysis and antimicrobial, antioxidant and anti-cancer activities of essential oils and extracts of *Stachys schtschegleevii* plant as biological macromolecules. *International journal of biological macromolecules*,
- Jamzad, Z. (2013). A survey of Lamiaceae in the flora of Iran. *Rostaniha*, 14(1), 59-67. <https://doi.org/10.22092/botany.2013.101317>
- Zielińska-Błajet, M. & Feder-Kubis, J. (2020). Monoterpenes and their derivatives—Recent development in biological and medical applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(19), 7078. <https://doi.org/10.3390/ijms21197078>.
- Kumar, S., Abedin, M. M., Singh, A. K. and Das, S. (2020). Role of phenolic compounds in plant-defensive mechanisms. In *Plant phenolics in sustainable agriculture: volume 1* (pp. 517-532). Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4890-1_22.
- Li, Y., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R. & Wu, H. (2020). The effect of developmental and

- Sonboli, A., Salehi, P. & Nejad Ebrahimi, S. (2005). Essential oil composition and antibacterial activity of the leaves of *Stachys schtschegleevii* from Iran. *Chemistry of Natural Compounds*, 41, 171-174. <https://doi.org/10.1007/s10600-005-0105-z>.
- Telascrea, M., de Araújo, C. C., Marques, M. O., Facanali, R., de Moraes, P. L. & Cavaleiro, A. J. (2007). Essential oil from leaves of *Cryptocarya mandiocana* Meisner (Lauraceae): Composition and intraspecific chemical variability. *Biochemical Systematics and Ecology*, 35(4), 222-232. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2006.09.015>.
- Tundis, R., Peruzzi, L. & Menichini, F. (2014). Phytochemical and biological studies of *Stachys* species in relation to chemotaxonomy: A review. *Phytochemistry*, 102, 7-39, 128, 718-723. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2019.01.165>.
- Norouzi-Arasi, H., Yavari, I. Alibabaei, M. (2004). Chemical constituents of the essential oil of *Stachys schtschegleevii* Sosn. from Iran. *Journal of Essential Oil Research*, 16(3), 231-232. <https://doi.org/10.1080/10412905.2004.9698706>.
- Pashova, S., Karcheva-Bahchevanska, D., Ivanov, K. & Ivanova, S. (2024). Genus *Stachys*—Phytochemistry, traditional medicinal uses, and future perspectives. *Molecules*, 29(22), 5345. <https://doi.org/10.3390/molecules29225345>.
- Singh, R., Shushni, M. A. & Belkheir, A. (2015). Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. *Arabian Journal of Chemistry*, 8(3), 322-328. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.01.019>.

<https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.01.023>.

Zhu, L., Liao, J., Liu, Y., Zhou, C., Wang, X., Hu, Z. & Zhang, J. (2022). Integrative metabolome and transcriptome analyses reveal the molecular mechanism underlying variation in floral scent during flower development of *Chrysanthemum indicum* var. aromaticum. *Frontiers in Plant Science*, 13, 919151.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.919151>.