Effects of Fresh and Dried Flowers on the Quantity and Quality of *Rosa damascena* Mill. Essential Oil Across Different Harvest Weeks

Pages 39-58

M. H. Salari Tajedanlo[1], A. Yavari*[2] and H. Hasaneian Khoshro[3]

1 & 2) Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran.
3) Dryland Agricultural Research Institute (DARI), Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran.

*Corresponding author: **yavari@hormozgan.ac.ir**

Received date: 2024.03.18 **Accepted date: 2024.06.12**

Abstract

***Rosa damascena* Mill., a member of the Rosaceae family, produces one of the most expensive essential oils globally, widely used in the perfume industry. Harvest timing is a critical factor influencing the quantity and quality of its essential oil. This study aimed to evaluate the quantitative and qualitative performance of essential oil extracted from fresh and dried flowers at four harvest times (May 10, May 17, May 24 and June 1) in SaadatShahr, Fars Province. The experiment was conducted in a factorial layout based on a completely randomized design with eight treatments and three replications. Petals were collected from a 4-year-old *R. damascena* plantation during peak flowering. Fresh flowers were immediately distilled, while dried flowers were prepared by shade-drying. Essential oil extraction was performed using hydrodistillation, and the chemical composition was analyzed via GC and GC-MS. The results indicated that flower type and harvest timing significantly affected essential oil yield and composition. The highest essential oil yield (0.094%) was obtained from fresh flowers in the first week, while the lowest yield (0.036%) was from dried flowers in the fourth week. The highest citronellol + geraniol content (60.24%) was observed in fresh flowers harvested during the first week, whereas the lowest (3.53%) was in dried flowers in the fourth week. The highest levels of n-nonadecane and n-heneicosane were recorded in dried flowers in the fourth week. The findings demonstrated that essential oil quality and quantity decreased with increasing temperature and decreasing relative humidity, making fresh flowers more suitable for essential oil extraction than dried ones.**

Keywords: Citronellol, Geraniol, Hydrodistillation, Temperature and Yield.

بررسی اثر گل تازه و خشک بر کمیت و کیفیت اسانس گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) در هفته‌های مختلف برداشت

شماره صفحات
۳۹-۵۸

محمدحسین سالاری تجدانلو[۱]، علیرضا یاوری*[۲] و حمید حسنیان خوشرو[۳]

۱ و ۲) گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندعباس، ایران.
۳) موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران.

* نویسنده مسئول: **yavari@hormozgan.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۲۳

چکیده

گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) از خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) بوده و اسانس آن به‌عنوان یکی از گران‌ترین اسانس‌های دنیا در صنعت عطرسازی کاربرد دارد. زمان مناسب برداشت گل‌ها یکی از عوامل مؤثر بر کمیت و کیفیت اسانس این گیاه است. این پژوهش با هدف ارزیابی عملکرد کمی و کیفی اسانس گل تازه و خشک در چهار زمان برداشت (۲۰ و ۲۷ اردیبهشت، ۳ و ۱۰ خرداد) در منطقه سعادت‌شهر استان فارس انجام شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل ۲ نوع ماده گیاهی مختلف (تر و خشک) و چهار هفته (۲۰ اردیبهشت، ۲۷ اردیبهشت، ۳ خرداد و ۱۰ خرداد) بود. گلبرگ‌های برداشت شده از گلستان ۴ ساله در دوره اوج گل‌دهی جمع‌آوری و برای گل خشک در سایه خشک شدند. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و ترکیبات شیمیایی اسانس‌ها با دستگاه‌های GC و GC-MS تحلیل شدند. نتایج نشان داد نوع ماده گیاهی و زمان برداشت تأثیر معنی‌داری بر بازده و ترکیبات اسانس دارد. بیشترین بازده اسانس (۰/۰۹۴ درصد) از گل تازه در هفته اول و کمترین بازده (۰/۰۳۶ درصد) از گل خشک در هفته چهارم حاصل شد. بالاترین مقدار سیترونلول + ژرانیول (۶۰/۲۴ درصد) در هفته اول و از گل تازه برداشت شده به‌دست آمد؛ کم‌ترین مقدار سیترونلول + ژرانیول (۳/۵۳ درصد) در هفته چهارم و در گل خشک مشاهده گردید. بیشترین مقادیر ان-نونادکان و ان-هنی‌کوزان در هفته چهارم از گل خشک به‌دست آمد. یافته‌ها نشان دادند کمیت و کیفیت اسانس با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی محیط کاهش می‌یابد و گل‌های تازه برای اسانس‌گیری مناسب‌تر از گل‌های خشک هستند.

واژه‌های کلیدی: بازده، تقطیر با آب، ژرانیول، سیترونلول و درجه حرارت.

مقدمه

ایران با تنوع اقلیمی و گستره وسیع جغرافیایی، یکی از مراکز مهم تنوع و پراکنش گونه‌های گیاهی در جهان است. توسعه کمّی و کیفی گیاهان دارویی و معطر می‌تواند نقشی کلیدی در ارزآوری و توسعه اقتصادی کشور ایفا کند (Mir, 2019). گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) از گونه‌های ارزشمند جنس رُز از خانواده گل‌سرخیان (Rosaceae) بوده که اسانس آن در صنایع آرایشی، بهداشتی و دارویی استفاده می‌شود. این اسانس به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی، علاوه بر استفاده در تولید عطر و محصولات آرایشی- بهداشتی، در درمان بیماری‌هایی مانند آلرژی، اسپاسم‌های عضلانی، مشکلات گوارشی، کبد چرب و کاهش درد ناشی از تعویض پانسمان در بیماران سوختگی کاربرد دارد. اسانس گل محمدی به دلیل مصرف فراوان در صنایع عطرسازی و غذایی، یکی از اسانس‌های ارزشمند و گران‌قیمت محسوب می‌شود (Davoodi *et al*., 2017; Nazzaro *et al*., 2017). قیمت هر کیلوگرم از این اسانس، بسته به کیفیت آن، در بازارهای جهانی بین ۵ تا ۱۰ هزار دلار متغیر است (Gul *et al*., 2015). براساس گزارش یورومانیتور (۲۰۱۷)، تجارت جهانی گیاهان دارویی و معطر با نرخ رشد سالانه ۱۵/۵ درصد، از ۱۵۰ میلیارد دلار فراتر رفته و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ به ۴۵۰ میلیارد دلار و تا سال ۲۰۵۰ به بیش از ۵۰۰۰ میلیارد دلار برسد (Sefidkon, 2021). براساس آمارهای وزارت جهاد کشاورزی، سطح زیر کشت گل محمدی در ایران از سال ۱۳۹۸ تاکنون از حدود ۲۶ هزار هکتار به حدود ۳۱ هزار هکتار افزایش یافته است. طبق مطالعه‌ای در سال ۱۳۹۸، ایران بیش از ۷۰ درصد از تولید جهانی گل محمدی را به خود اختصاص داده است؛ با این حال، به دلیل مشکلاتی مانند نبود استانداردهای کیفی و ظرفیت فرآوری محدود، سهم ایران از تجارت جهانی این محصول نسبت به میزان تولید آن بسیار اندک است. در حال حاضر، گلاب اصلی‌ترین محصول تولیدی از گل محمدی محسوب می‌شود و پس از آن، غنچه خشک جایگاه مهمی در تولید و صادرات دارد (Sefidkon, 2022). اسانس گل محمدی به دلیل ترکیبات ارزشمند خود، درصد قابل‌توجهی از مونوترپن‌هایی مانند سیترونلول، نرول، ژرانیول و لینالول را شامل می‌شود. کیفیت این اسانس بر اساس استاندارد جهانی ISO 9842:2003 ارزیابی می‌شود که طبق آن، نسبت سیترونلول به ژرانیول باید در بازه ۱/۲۵ تا ۱/۳۰ باشد تا اسانس از کیفیت مطلوبی برای کاربرد در صنعت عطرسازی برخوردار گردد (Kanani *et al*., 2021). یکی از چالش‌های اساسی، فرآوری حجم بالای گل تازه در دوره برداشت آن است. کارخانه‌های گلاب‌گیری ظرفیت کافی برای پردازش سریع گل‌های تازه را ندارند، درحالی‌که کیفیت اسانس به سرعت فرآوری بستگی دارد. بررسی استفاده از گل خشک به‌عنوان جایگزین گل تازه می‌تواند راه‌حلی کاربردی برای این چالش باشد. از این گذشته، زمان برداشت نقش مهمی در کیفیت ترکیبات فعال گل محمدی دارد (Shishkova *et al*., 2022; Venkatesha *et al*., 2022). تحقیقات نشان داده‌اند که میزان ترکیبات مؤثره در گل محمدی می‌تواند در ساعات مختلف روز و طول دوره برداشت تغییر کند (Younis *et al*., 2009; Mirzaei *et al*., 2016; Fazili et al., 2024). در پژوهشی اقدام به بررسی ویژگی‌های اسانس ۲۶ ژنوتیپ گل محمدی جمع‌آوری شده از ۶ استان آذربایجان شرقی، اصفهان،

تهران، خراسان رضوی، کرمان و فارس در دو زمان مختلف برداشت اوایل صبح و بعدازظهر شد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد بیشترین بازده اسانس در گل‌های برداشت شده در اوایل صبح حاصل گردید. از تعداد ۲۵ ترکیب شیمیایی شناسایی شده در اسانس ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، ترکیب‌های ان- نونادکان، سیترونلول، ان- هنی‌کوسان، ژرانیول و تریکوسان از مقادیر بیشتری برخوردار بودند (Omidi *et al*., 2022). در پژوهشی دیگر، اثر روش‌های مختلف خشک کردن (آفتاب، سایه، آون ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) بر کمیت و کیفیت اسانس گلبرگ‌های سه ژنوتیپ گل محمدی را بررسی گردید. نتایج نشان داد که اسانس گلبرگ‌های تازه دارای بالاترین کیفیت (درصد بالای ژرانیول و سیترونلول و کمترین میزان ترکیبات مومی) بود. بنابراین برای مقاصد اسانس‌گیری، لازم است بلافاصله پس از جمع‌آوری گل‌های تازه، عملیات تولید اسانس صورت گیرد (Ahmadi *et al*., 2008). با توجه به در اولویت بودن توسعه کشت گل محمدی در کشور و قیمت بالای اسانس آن در بازارهای جهانی، هدف از این پژوهش، ارزیابی کمی و کیفی اسانس گل محمدی استحصال‌شده از گل تازه و خشک در طول دوره برداشت در شرایط آب و هوایی شهرستان سعادت‌شهر استان فارس می‌باشد. این مطالعه به دنبال ارائه راهکاری برای رفع مشکلاتی همچون کیفیت پایین اسانس تولیدی، نبود شناسنامه مواد مؤثره و عدم تناسب ظرفیت کارخانه‌ها با حجم بالای گل تولیدی در زمان برداشت است تا با بهبود استانداردها، ارزش‌افزوده و رقابت‌پذیری محصول در بازارهای جهانی افزایش یابد.

مواد و روش

مکان اجرای آزمایش

این پژوهش در بهار سال ۱۴۰۲ در گلستان گل محمدی ۴ ساله مزرعه شرکت سبز دشت فارس در شهرستان سعادت‌شهر استان فارس وابسته به شرکت توسعه دامپروری و کشاورزی امداد با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض ۳۰ درجه و ۵ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۷۷۰ متر از سطح دریا اجرا گردید.

نمونه‌برداری خاک

به منظور بررسی و تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، به صورت تصادفی، سه نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری قسمت‌های مختلف اجرای آزمایش برداشت و با هم مخلوط گردید و نمونه مرکب به‌دست آمده به آزمایشگاه خاکشناسی دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران تحویل داده شد. تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های خاک برداشت شده پس از هواخشک کردن و عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری با استفاده از روش‌های زیر انجام گردید: بافت به روش هیدرومتر، pH و EC عصاره اشباع (Carter and Gregorich, 2008)، کربن آلی بر مبنای روش والکلی-بلاک (Sparks *et al*., 2020). سنجش درصد نیتروژن کل به روش کجلدال (Bremner and Sparks, 1996)، فسفر قابل جذب به روش اولسن (استخراج با بی‌کربنات سدیم) با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (Carter and Gregorich, 2008) و پتاسیم قابل دسترس گیاه با استات آمونیوم نرمال خنثی (pH=۷) با دستگاه فلیم فتومتری (Knudsen *et al*., 1996) اندازه‌گیری شد.

ماده گیاهی

گلبرگ‌های گل محمدی مورد استفاده در این پژوهش از ۳۰ درختچه گل محمدی انتخابی در دوره اوج گل‌دهی (چهار هفته) که از ۲۰ اردیبهشت ماه سال ۱۴۰۲ آغاز شد، در چهار تاریخ مشخص (۲۰ و ۲۷ اردیبهشت و ۳ و ۱۰ خرداد سال ۱۴۰۲) جمع‌آوری گردید (تصویر ۱). نمونه‌برداری تا پیش از ساعت ۸ صبح و از گل‌های باز شده به صورت کامل، جهت استخراج اسانس برداشت گردید. درختچه‌های انتخابی گل محمدی به سه گروه جداگانه تقسیم شدند و گل‌های تازه جهت استخراج اسانس مورد استفاده قرار گرفتند. علاوه بر این، مقادیر دمای ساعتی و رطوبت نسبی زمان‌های برداشت برای نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی که گلستان گل محمدی در آن قرار داشت به‌دست آمد (جدول ۱).

تصویر ۱: گلستان گل محمدی شرکت سبز دشت فارس

جدول ۱: اطلاعات هواشناسی سعادت‌شهر
Table 1: Meteorological values of Sa′adat Shahr

تاریخ برداشت	درجه حرارت (°C) ساعت ۶ صبح	درصد رطوبت نسبی ساعت ۶ صبح
۲۰ اردیبهشت	۱۹	۴۲
۲۷ اردیبهشت	۲۰	۳۷
۳ خرداد	۲۳	۲۸
۱۰ خرداد	۲۵	۲۳

جهت استخراج اسانس از نمونه‌های گل خشک، نمونه‌های گل محمدی تازه برداشت شده بلافاصله به خشک‌کن‌های طبقاتی در محوطه شرکت که بطور کامل پوشیده شده و دارای تهویه مناسب بودند و نمونه‌ها در سایه قرار می‌گرفتند، منتقل گردیده و نمونه‌ها در دمای ۲۴ الی ۲۶ درجه سانتی‌گراد خشک شدند.

استخراج اسانس

به‌منظور استخراج و تعیین درصد اسانس، از روش تقطیر با آب استفاده گردید. میزان ۵۰۰ گرم از گل‌های تازه و ۳۰۰ گرم از گل‌های خشک گل محمدی با افزودن حجم معینی از آب مقطر به روش تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر و براساس فارماکوپه بریتانیا (British Pharmacopoeia, 2007) به مدت ۳ ساعت و با ۳ تکرار اسانس‌گیری شدند. پس از آن بازده

اسانس نمونه‌های مختلف بر اساس درصد وزنی به وزنی قرائت گردید (رابطه ۱). جهت حذف رطوبت موجود در اسانس استحصالی، از سولفات سدیم انیدرید استفاده شد. نمونه‌های اسانس استخراج شده تا زمان تزریق به دستگاه‌های GC و GC/MS در شیشه‌های کوچک تیره و دربسته در دمای یخچال نگهداری شدند.

رابطه ۱: $\text{بازده اسانس } (\%) = \frac{(\text{وزن اسانس} \times 100)}{\text{وزن ماده گیاهی}}$

جداسازی و شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس

برای جداسازی و شناسایی ترکیب‌های تشکیل دهنده اسانس، از دستگاه‌های کروماتوگراف گازی (GC) و کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. درصد ترکیب‌های تشکیل دهنده هر اسانس پس از جداسازی به همراه شاخص بازداری محاسبه گردید. طیف‌های جرمی مربوط به ترکیب‌های موجود در اسانس به‌منظور بررسی کیفی (شناسایی) به‌دست آمد. شناسایی طیف‌ها به کمک محاسبه شاخص کواتس که با تزریق هیدروکربن‌های نرمال (C_6-C_{24}) تحت شرایط یکسان با تزریق اسانس‌ها صورت گرفت و با مقادیری که در منابع مختلف منتشر گردیده بود، مقایسه شد. بررسی طیف‌های جرمی نیز جهت شناسایی ترکیب‌ها انجام گرفت و شناسایی‌های صورت گرفته با استفاده از طیف‌های جرمی ترکیب-های استاندارد و استفاده از کتابخانه‌های مختلف تأیید گردید. درصد نسبی هر کدام از ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس‌ها با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگراف گازی به دست آمد و با مقادیری که در منابع مختلف با در نظر گرفتن اندیس کواتس منتشر شده، مقایسه گردید (Shibamoto, 1987; Davies, 1998; Adams, 2012).

مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده

۱- دستگاه کروماتوگراف گازی (GC)

برای آنالیز کمّی اسانس، از دستگاه کروماتوگراف گازی Agilent سری 7890A ساخت کشور آمریکا مجهز به داده‌پرداز با نرم افزار Chrom-card 2006، دارای ستون موئینه به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرومتر و با نام تجارتی DB-5 بود، استفاده گردید. برنامه‌ریزی ستون از دمای اولیه ۶۰ درجه سانتی‌گراد شروع شده و در هر دقیقه ۳ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده می‌شد تا به دمای ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد می-رسید. سپس دما با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافته و در دمای ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. دمای محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. آشکارساز مورد استفاده در دستگاه کروماتوگرافی گازی از نوع FID (آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای) بود و از گاز نیتروژن به عنوان گاز حامل استفاده گردید و فشار ورودی آن به ستون برابر ۰/۷ میلی‌لیتر بر دقیقه تنظیم شد.

۲- دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC/MS)

برای آنالیز کیفی اسانس از دستگاه گاز کروماتوگراف متصل شده به طیف‌سنج جرمی (Agilent 7890A/5975C GC/MS) استفاده شد. ستون مورد استفاده از نوع DB-5 به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون بود. دمای آون از ۶۰ درجه سانتی‌گراد تا ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد، با سرعت ۳ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه افزایش یافت. سپس دما با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافته و در دمای ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه در این دما نگه داشته شد. درجه حرارت محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت ترانسفرلاین ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. از گاز هلیم به عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفته است. سرعت خطی گاز هلیم ۳۰/۶ سانتی‌متر بر ثانیه، انرژی یونیزاسیون معادل ۷۰ الکترون ولت، زمان اسکن برابر یک ثانیه و ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۰۰ a.m.u بود.

تجزیه و تحلیل آماری

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار پیاده شد. فاکتورهای مورد مطالعه در این آزمایش شامل ۲ نوع ماده گیاهی مختلف (گل تر و گل خشک) و چهار نوبت برداشت در طی چهار هفته (۲۰ اردیبهشت، ۲۷ اردیبهشت، ۳ خرداد و ۱۰ خرداد) بود. برای هر تیمار تعداد سه تکرار و هر تکرار شامل یک نمونه اسانس بود (مجموع اسانس‌ها: ۲۴=۳×۴×۲). در تجزیه و تحلیل آماری صفت عملکرد اسانس به‌همراه اجزای مهم تعیین کننده کیفیت اسانس شامل لینالول، سیترونلول و ژرانیول (شاخص بالا بودن کیفیت اسانس) و نیز ان- نونادکان و ان- هنی‌کوزان (شاخص پایین بودن کیفیت اسانس) وارد شدند. در ادامه، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2) تجزیه و توسط همین نرم‌افزار و با آزمون چند دامنه‌ای دانکن، مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک گلستان گل محمدی مورد بررسی

تجزیه و تحلیل خاک گلستان گل محمدی مورد مطالعه نشان داد که گل محمدی در خاکی با بافت سیلتی رسی که متمایل به قلیایی متوسط (pH = ۸/۶) هست، رویش داشت (جدول ۲). از نظر کلاس بافت خاک، این نوع خاک‌ها جزو خاک با بافت متوسط محسوب می‌شوند. قابلیت کشت این گونه در خاک‌هایی با بافت متوسط یا نیمه‌سنگین در مناطق خشک، باعث شده تا بتوان از این گیاه به عنوان یک پتانسیل بالقوه و انعطاف‌پذیری مطلوب جهت مبارزه با ریزگردها و مبارزه با بیابان‌زایی در این مناطق، که گیاهان دیگر به سختی قابلیت کشت و توسعه دارند، استفاده و در نتیجه از فرسایش خاک جلوگیری کرده و سبب توسعه اقتصادی در آنجا شد (Ersan and Başayiğit, 2022). ارزیابی ویژگی درجه قابلیت هدایت الکتریکی (EC) نشان داد این گونه دارویی در خاک غیرشور (هدایت الکتریکی ۰/۹۶ دسی‌زیمنس بر متر) رشد دارد. از نظر ویژگی درصد ماده آلی

خاک، مقدار آن ۰/۸۰ درصد بود. درصد نیتروژن کل به مقدار ۰/۱۰ درصد به‌دست آمد. مقدار فسفر قابل جذب ۵/۳۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده گردید. خاک گلستان این گیاه در منطقه مورد مطالعه، از نظر میزان پتاسیم قابل جذب (۴۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در حد بهینه بود (جدول ۲) (Malakouti *et al*., 2005).بررسی خصوصیات شیمیایی خاک گلستان مورد مطالعه در این پژوهش نشان داد این گیاه در خاک‌های غیرشور، کمی قلیایی و تقریباً فقیر از نظر کربن آلی و نیتروژن، دارا بوده و قابلیت رشد در خاک‌های کم‌حاصلخیز را دارد.

جدول ۲: برخی خصوصیات فیزیکو-شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 2: Some physicochemical properties of the soil at the experimental site

عمق (سانتی‌متر)	بافت خاک	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	pH	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	ماده آلی (٪)
۳۰-۰	سیلتی رسی	۰/۱۰	۵/۳۰	۴۹۰	۸/۶	۰/۹۶	۰/۸۰

از مقایسه نتایج مربوط به بررسی خاک محل آزمایش با استانداردهای موجود برای رویش گیاهان (Sparks *et al*., 2020)، مشخص می‌شود که کمبود فسفر و پتاسیم قابل جذب و نیز کمبود نیتروژن و ماده آلی، از بارزترین مشخصه‌های خاک گلستان گل محمدی مورد بررسی است که ممکن است سبب ایجاد محدودیت در رشد این گونه دارویی شود. در پژوهش‌های مختلفی روی گل محمدی مشخص شده این گونه دارویی ارزشمند، توانایی رشد در خاک‌های با بافت نیمه‌سنگین تا سنگین، ویژگی‌های شیمیایی متفاوت و نیز قلیایی را دارا می‌باشد (Shishkova *et al*., 2022; Yaghoobi *et al*., 2022).در لایه‌های سطحی خاک میزان pH نسبت به لایه‌های پایین‌تر، کمتر است. دلیل این امر می‌تواند ناشی از بارندگی، رواناب‌ها و سبک بودن بافت خاک باشد که باعث انتقال یون‌ها از لایه‌هایی بالایی به لایه‌های پایین‌تر می‌شود (Tabatabai and Olson, 1985). با در نظر گرفتن این نکته که نمونه‌برداری خاک از سطح رویی و محیط پیرامون ریشه (تا عمق ۳۰ سانتی‌متری) صورت گرفته و از طرفی ریشه گل محمدی از نظر ریخت‌شناسی و نوع حرکت، به‌صورت راست و عمقی است، می‌توان گفت این گونه دارویی توانایی رشد در pH بالا (قلیایی) را دارا می‌باشد. در pH بالا جذب عناصر غذایی ریزمغذی مانند آهن، روی، مس، مولیبدن و منگنز کاهش پیدا می‌کند و عناصر پرمصرف مانند پتاسیم، گوگرد، کلسیم و منیزیم حضور بیشتری دارند (Hue *et al*., 1998).

نتایج و بحث

اثر نوع ماده گیاهی و هفته‌ها مختلف برداشت بر صفات مورد بررسی در اسانس گل محمدی

نتایج تجزیه واریانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع ماده گیاهی بر بازده اسانس، مقادیر سیترونلول، ژرانیول، ان-نوادکان و ان- هنی‌کوزان در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بوده است؛ این در حالی است که اثر نوع ماده گیاهی بر میزان لینالول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. همچنین بررسی نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های صفات مورد مطالعه

مشخص کرد که هفته‌های مختلف برداشت بر بازده اسانس، مقادیر سیترونلول، ژرانیول، ان- نونادکان و ان- هنی‌کوزان در سطح احتمال ۱ درصد و اثر این ویژگی بر مقدار لینالول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بوده است (جدول ۳).

جدول ۳: تجزیه واریانس اثر نوع ماده گیاهی و هفته‌های مختلف برداشت بر صفات مورد بررسی در اسانس گل محمدی

Table 3: The analysis of variance for the effect of plant material type and different harvest weeks on the traits studied in the essential oil of *R. damascena*

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		لینالول	سیترونلول	ژرانیول	ان- نونادکان	ان- هنی‌کوزان	بازده اسانس
نوع ماده گیاهی	۱	۰/۷۷*	۱۳۷۱/۰۸**	۲۸۲۵/۳۴**	۷۵۷/۱۲**	۱۴۱۲/۲۰**	۰/۰۰۲۲۴۲**
زمان برداشت	۳	۰/۲۴*	۱۳۸/۰۱**	۶۷/۲۰**	۶۰/۸۱**	۱۹۶/۲۶**	۰/۰۰۱۹۶۷**
نوع ماده گیاهی × زمان برداشت	۳	۰/۱۲*	۷/۲۴*	۱۱/۴۱*	۲۳/۰۴**	۳۹/۸۹**	۰/۰۰۰۳۱۳**
خطای آزمایش	۱۶	۰/۰۶	۴/۸۱	۲/۹۰۸۳	۲/۷۹	۴/۴۷	۰/۰۰۰۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۵۱/۹۱	۱۳/۴۰	۱۱/۵۶	۷/۲۸	۱۱/۰۷	۳/۹۳

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.

اما نتایج حاصل از تجزیه واریانس برهمکنش نوع ماده گیاهی × هفته‌های مختلف برداشت نشان از اثرگذاری معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد بر صفات بازده اسانس و مقادیر ان- نونادکان و ان- هنی‌کوزان بود؛ این در حالی است که این وضعیت در سطح احتمال ۵ درصد بر لینالول، سیترونلول و ژرانیول تاثیر معنی‌داری نشان داد. پژوهش حاضر، وجود اختلاف معنی‌دار بین نوع ماده گیاهی و هفته‌های مختلف برداشت که در آن برداشت صورت گرفته و نیز اثر متقابل این دو برای اکثر صفات، در سطح احتمال یک و پنج درصد را نشان می‌دهد که نشان دهنده بالا بودن میزان تنوع در صفات مورد مطالعه می‌باشد. وجود چنین اثرگذاری معنی‌دار زمان برداشت بر پارامترهای اسانس، از نظر کمّی و کیفی، در پژوهش‌های دیگر روی گل محمدی پیش از این نیز گزارش شده است (Venkatesha *et al*., 2022; Yilmaz *et al*., 2011).از نظر ضریب تغییرات (CV)، در بین ۲۴ نمونه اسانس گل محمدی مورد بررسی، بازده اسانس (درصد وزنی/ وزنی) و مقادیر لینالول (درصد)، سیترونلول (درصد)، ژرانیول (درصد)، ان- نونادکان (درصد) و ان- هنی‌کوزان (درصد) به ترتیب با مقادیر ۵۱/۹۱، ۱۳/۴۰، ۱۱/۵۶، ۷/۲۸، ۱۱/۰۷ و ۳/۹۳ درصد دارای تنوع بودند (جدول ۳).در بین صفات مورد بررسی، ویژگی میزان لینالول دارای بیشترین ضریب تغییرات و صفت درصد بازده اسانس کمترین ضریب تغییرات را دارا می‌باشند. صفاتی که ضریب تغییرات (CV) بالاتری دارند، دارای محدوده وسیع‌تری از کمیّت صفت می‌باشند که دامنه انتخاب وسیع‌تری برای آن صفت محسوب می‌شود (Esmaeilpour Poodeh *et al*., 2014). به‌دلیل اثرگذاری زمان برداشت و شرایط محیطی شامل درجه حرارت و رطوبت نسبی محیط در این زمان‌های مختلف برداشت بر ویژگی‌های گیاهان اسانس‌دار و معطر مانند گل محمدی، می‌تواند عاملی اثرگذار بر خاموش شدن ژن یا تشدید بیان ژن تولید یا عدم تولید ترکیب یا ترکیبات موجود در اسانس آن گیاه باشد (Gogoi *et al*., 2020; Dobreva, 2013; Sagae *et al*., 2008).

مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری شده در نوع ماده گیاهی و هفته‌های مختلف برداشت گل محمدی

مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری شده در نوع ماده گیاهی و هفته‌های مختلف برداشت گل محمدی به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس گل محمدی در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات متقابل صفات اندازه‌گیری شده اسانس در نوع ماده گیاهی و هفته‌های مختلف برداشت گل محمدی

Table 4: Comparison of the mean interaction effects of measured essential oil traits between plant material types and different harvest weeks in *R. damascena*

هفته‌های مختلف برداشت	نوع ماده گیاهی	صفات اندازه‌گیری شده					
		لینالول	سیترونلول	ژرانیول	ان- نونادکان	ان- هنی‌کوسان	بازده اسانس
هفته اول	تازه	۰/۳۰^{cd}	۳۰/۴۰^{a}	۲۹/۸۶^{a}	۱۴/۱۰^{d}	۸/۰۳^{e}	۰/۰۹۴^{a}
	خشک	۰/۸۳^{ab}	۱۴/۰۶^{d}	۴/۸۰^{c}	۲۵/۸۳^{b}	۱۸/۶۰^{c}	۰/۰۶۲^{c}
هفته دوم	تازه	۰/۴۰^{bcd}	۲۵/۲۶^{b}	۲۹/۱۰^{a}	۱۴/۴۶^{d}	۹/۴۶^{e}	۰/۰۸۴^{b}
	خشک	۰/۹۳^{a}	۱۰/۶۶^{de}	۶/۰۲^{c}	۲۵/۶۶^{b}	۲۱/۳۳^{c}	۰/۰۵۲^{d}
هفته سوم	تازه	۰/۳۳^{cd}	۲۰/۲۶^{c}	۲۲/۹۳^{b}	۱۷/۷۶^{c}	۱۳/۶۲^{d}	۰/۰۵۲^{d}
	خشک	۰/۷۶^{abc}	۸/۰۰^{e}	۳/۵۳^{cd}	۳۰/۸۶^{a}	۳۰/۷۶^{b}	۰/۰۴۴^{e}
هفته چهارم	تازه	۰/۲۳^{d}	۱۹/۸۰^{c}	۲۰/۴۶^{b}	۲۳/۰۳^{b}	۱۴/۶۳^{d}	۰/۰۴۱^{e}
	خشک	۰/۱۶^{d}	۲/۵۳^{f}	۱/۰۰^{d}	۳۱/۹۳^{a}	۳۶/۴۳^{a}	۰/۰۳۶^{f}

* حروف غیرمشابه در هر ستون، به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

* Means with different letters in each column are significantly different at 5% probability level in Duncan's multiple range test.

نتایج برهمکنش نوع ماده گیاهی × هفته‌های مختلف برداشت نشان داد بیشترین درصد بازده اسانس مربوط به ماده گیاهی تازه و در طی هفته اول برداشت به میزان ۰/۰۹۴ درصد حاصل گردید و کم‌ترین درصد بازده اسانس از ماده گیاهی خشک و در هفته چهارم برداشت به میزان ۰/۰۳۶ درصد به‌دست آمد (جدول ۳). در بخش بعدی بررسی درصد بازده اسانس، بیشترین بازده اسانس از ماده گیاهی تازه و در هفته دوم برداشت به میزان ۰/۰۸۴ مشاهده گردید. در هفته‌های دوم و سوم برداشت نیز بالاترین میزان درصد اسانس در ماده گیاهی تازه و در دامنه بین ۰/۰۴۱ تا ۰/۰۵۲ درصد اتفاق افتاد (جدول ۴). بازده اسانس گل محمدی تولید شده در گلبرگ‌های آن در منابع علمی در حدود ۰/۰۳ الی ۰/۰۵ درصد گزارش شده است (Shahbazi and Yousefi, 2020). یکی از دلایل عمده بالا بودن قیمت اسانس گل محمدی علاوه بر بازده بسیار پایین آن، نبود جایگزین نوع صنعتی و نیز طبیعی دیگر برای آن عنوان شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان داد بازده اسانس گل محمدی تولیدی در شرکت سبز دشت فارس در منطقه سعادت‌شهر در دامنه ۰/۰۳۶ الی ۰/۰۹۴ درصد قرار دارد که بالاترین میزان تولید آن، کم و بیش معادل ۲ برابر بازده‌ای است که در منابع گزارش شده است. با بررسی عوامل مختلف اثرگذار در استحصال حداکثری اسانس گل محمدی، می‌توان ارزش افزوده بالایی را متوجه شرکت نمود. از آنجا که تولید اسانس به‌عنوان ماده موثره تا حد زیادی تحت تأثیر شرایط مختلف اکولوژیک و ادافیک محل کشت و کار قرار می‌گیرد، بررسی ارتباط شرایط محل کشت با مقدار اسانس می‌تواند الگوی

مناسبی جهت انتخاب شرایط کاشت، داشت و برداشت و حتی شرایط مناسب برداشت در اختیار کشاورزان قرار دهد تا با اتخاذ الگوهای مناسب حداکثر عملکرد و ارزش افزوده را از تولید محصول گل محمدی کسب نمایند و توانایی رقابت در بازار را با تولید محصول با کیفیت با سایر تولید کنندگان از کشورهای مدعی در این زمینه داشته باشند (Nematollahi *et al*., 2017). از مهم‌ترین عوامل محیطی که تأثیر بسیار عمده‌ای بر کمیت و کیفیت مواد موثره گیاهان دارویی مانند اسانس می‌گذارد، می‌توان به درجه حرارت محیط، ارتفاع محل، شرایط خشک کردن و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اشاره کرد. تمام خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک روی رشد و نمو گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه تأثیر گذار هستند (Ormeno *et al*., 2008). خصوصیات فیزیکی خاک و ساختار خاکدانه‌ها تأثیر بسزایی در رشد ریشه، زه‌کشی خاک و جذب مواد غذایی دارد. میزان عناصر غذایی موجود در خاک به‌خصوص نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم، عامل تعیین کننده‌ای در رشد و نمو گیاه و تولید متابولیت‌های ثانویه است. pH نیز با تأثیری که بر جذب عناصر غذایی می‌گذارد، عامل مهمی در تولید و انباشت اسانس در گیاهان اسانس‌دار است (Figueiredo *et al*., 2008). علاوه بر موارد اشاره شده، ژنوتیپ گل محمدی، شیوه انتخابی برای برداشت محصول، روش استخراج اسانس، مدت زمان اسانس‌گیری، زمان و شدت هرس، زمان برداشت گل، نحوه خشک کردن، شرایط انبارمانی ماده گیاهی و نیز رطوبت نسبی محیط از دیگر عواملی هستند که نقش مهم و تعیین کننده‌ای در کمیت و کیفیت اسانس تولیدی گل محمدی دارا هستند (Venkatesha *et al*., 2022; Thakur *et al*., 2019; Ucar *et al*., 2017). در تحقیق حاضر، با افزایش میانگین درجه حرارت و کاهش متوسط رطوبت نسبی محیط از هفته اول تا چهارم، درصد عملکرد اسانس حاصل از ماده گیاهی تازه روند کاهشی به خود گرفتند؛ این در حالی است که در هفته‌های مختلف برداشت، هفته‌های سوم و چهارم ماده گیاهی خشک، افت تولید اسانس گل محمدی مشهود بود که بالا رفتن درجه حرارت و کاهش رطوبت نسبی محیط را در این مهم می‌توان اثرگذار تلقی کرد (جدول ۳). گل‌های برداشت‌شده گل محمدی بسیار فسادپذیر هستند و باید در مدت کوتاهی پس از برداشت فرآوری شوند. در دوره کوتاه برداشت، حجم زیادی از گل‌ها معمولاً در کیسه‌های پلاستیکی در کارخانه‌ها انباشته می‌شوند و فرآوری آن‌ها زمان به نسبت زیادی به طول می‌انجامد. افزایش دما در داخل کیسه‌ها به دلیل نرخ تنفس بالای گلبرگ‌ها باعث کاهش کمیت و کیفیت اسانس می‌شود (Baydar and Baydar, 2005). همچنین، با توجه به نرخ تنفس پس از برداشت بالایی که گل محمدی دارا می‌باشد، گرمای تولید شده در حین خشک کردن نیز می‌تواند به عنوان عاملی تنش‌زا، از مجموعه عوامل تعیین کننده در کاهش بازده اسانس در ماده گیاهی خشک باشد (Mirzaie *et al*., 2016). مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که نحوه مدیریت پس از برداشت گل محمدی به‌عنوان عاملی مهم بر میزان و کیفیت اسانس ارزشمند این گل تأثیرگذار است (Salamatullah *et al*., 2024; Koksal *et al*., 2015; Kazaz *et al*., 2010). بالاترین مقدار سیترونلول + ژرانیول (۶۰/۲۶ درصد) که جزو مونوترپن‌های اکسیژن‌دار دسته‌بندی شده و در تعیین بالا بودن کیفیت نهایی اسانس گل محمدی اهمیت به‌سزایی دارند، در ماده گیاهی تازه و طی هفته اول برداشت به‌دست آمد؛ این در حالی است که کم‌ترین مقدار

جدول ۵: اجزای شناسایی شده در اسانس گیاه گل محمدی (*R. damascena*) از گیاه تازه و خشک در هفته‌های مختلف برداشت

Table 5: Identified components in the essential oil of *R. damascena* from fresh and dried plants at different harvest weeks

ردیف	نام ترکیب	شاخص بازداری*	درصد ترکیب‌ها							
			هفته اول		هفته دوم		هفته سوم		هفته چهارم	
			تازه	خشک	تازه	خشک	تازه	خشک	تازه	خشک
۱	α-pinene	۹۴۱	۱/۲	۰/۴	۱/۱	۱/۳	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۴
۲	β-pinene	۹۸۵	۰/۲	trace	trace	۰/۲	trace	trace	trace	trace
۳	myrcene	۹۸۹	۰/۴	۰/۲	۰/۲	۰/۴	trace	trace	trace	trace
۴	1,8-cineole	۱۰۴۰	trace	trace	۰/۸	trace	۰/۱	trace	trace	trace
۵	linalool	۱۱۰۲	۰/۳	۰/۸	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۲
۶	*cis*-rose oxide	۱۱۱۱	trace	trace	۰/۲	trace	trace	۰/۱	trace	۰/۲
۷	phenyl ethyl alcohol	۱۱۱۵	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۰/۴
۸	citronellol	۱۲۳۰	۳۰/۴۰	۱۴/۰۶	۲۵/۲۶	۱۰/۶۶	۲۰/۲۶	۸/۰۰	۱۹/۸۰	۲/۵۳
۹	geraniol	۱۲۵۸	۲۹/۸۶	۴/۸۰	۲۹/۱۰	۶/۰۲	۲۲/۹۳	۳/۵۳	۲۰/۴۶	۱/۰۰
۱۰	citronellyl acetate	۱۳۴۶	trace	۰/۳	۰/۲	۰/۱	trace	۰/۳	trace	۰/۳
۱۱	eugenol	۱۳۵۵	۰/۸	۱/۱	۰/۸	۱/۳	۰/۹	۰/۹	۰/۶	۰/۷
۱۲	geranyl acetate	۱۳۷۶	۱/۸	۲/۶	۱/۴	۲/۶	۱/۵	۰/۹	۱/۱	۰/۸
۱۳	β-elemene	۱۳۸۵	trace	۰/۲	۰/۲	trace	۰/۳	۰/۳	۰/۵	۰/۳
۱۴	methyl eugenol	۱۴۰۴	۰/۲	۰/۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۹	۰/۵	۰/۷
۱۵	*E*-caryophyllene	۱۴۱۵	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۶
۱۶	α-guaiene	۱۴۴۲	۰/۵	۰/۴	۰/۷	۰/۶	۰/۶	۰/۷	۰/۷	۰/۸
۱۷	α-humulene	۱۴۶۰	۰/۱	۰/۳	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
۱۸	germacrene D	۱۴۸۵	۱/۳	۱/۱	۱/۴	۱/۴	۱/۳	۱/۶	۱/۸	۱/۷
۱۹	α-bulnesene	۱۵۰۶	۰/۲	۰/۴	۰/۶	۰/۴	۰/۵	۰/۸	۰/۷	۰/۸

*: شاخص بازداری محاسبه شده در این تحقیق از سری‌های هومولوگ نرمال آلکان‌های ۲۴-۶ کربنه در ستون DB-5 تعیین گردید.

tr (trace) = مقدار ناچیز (کمتر از ۰/۱ درصد)

*) RI: retention indices determined in the present work relative to C_6–C_{24} *n*-alkanes on the DB-5 column.

ادامه جدول ۵: اجزای شناسایی شده در اسانس گیاه گل محمدی (*Rosa damascena*) از گیاه تازه و خشک در هفته‌های مختلف برداشت

Continued Table 5: Identified components in the essential oil of *R. damascena* from fresh and dried plants at different harvest weeks

ردیف	نام ترکیب	شاخص بازداری*	درصد ترکیب‌ها							
			هفته اول		هفته دوم		هفته سوم		هفته چهارم	
			تازه	خشک	تازه	خشک	تازه	خشک	تازه	خشک
۲۰	*n*-heptadecane	۱۷۰۰	۰/۵	۱/۲	۱/۱	۰/۸	۱/۱	۰/۸	۰/۷	۰/۶
۲۱	(*E*,*Z*)-farnesol	۱۷۱۸	۲/۰	۲/۱	۱/۳	۱/۴	۲/۶	۰/۶	۰/۹	۰/۸
۲۲	*n*-hexadecanol	۱۸۷۵	۰/۹	۳/۶	۲/۵	۲/۴	۳/۱	۲/۶	۲/۶	۱/۹
۲۳	*n*-nonadecane	۱۹۰۰	۱۴/۱۰	۲۵/۸۳	۱۴/۴۶	۲۵/۶۶	۱۷/۷۶	۳۰/۸۶	۲۳/۰۳	۳۱/۹۳
۲۴	*n*-eicosane	۲۰۰۰	۰/۶	۱/۳	۱/۴	۱/۲	۲/۱	۲/۰	۲/۳	۱/۷
۲۵	*n*-heneicosane	۲۱۰۰	۸/۰۳	۱۸/۶۰	۹/۴۶	۲۱/۳۳	۱۳/۶۲	۳۰/۷۶	۱۴/۶۳	۳۶/۴۳
۲۶	*n*-docosane	۲۲۰۰	trace	trace	trace	۰/۱	trace	۰/۲	۰/۳	۰/۲
۲۷	9-tricosene	۲۲۹۱	trace	۰/۱	trace	۰/۱	۰/۳	۰/۳	۰/۳	۰/۲
۲۸	*n*-tricosane	۲۳۰۰	۰/۸	۱/۰	۱/۴	۰/۶	۲/۱	۲/۲	۳/۰	۲/۱
۲۹	*n*-pentacosane	۲۵۰۰	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۲	۰/۷	۰/۷	۱/۰	۰/۶
۳۰	*n*-hexacosane	۲۶۰۰	۰/۶	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۶	۰/۸	۰/۷
	گروه‌بندی ترکیبات									
	هیدروکربن‌های مونوترپنی		۱/۸	۰/۶	۱/۳	۱/۹	۰/۵	۰/۳	۰/۲	۰/۴
	مونوترپن‌های اکسیژن‌دار		۷۷/۱	۶۱/۳	۵۹/۵	۵۹/۹	۵۲/۰	۵۶/۸	۵۱/۷	۶۱/۶
	هیدروکربن‌های سسکویی‌ترپنی		۲/۵	۲/۷	۳/۷	۳/۳	۳/۶	۴/۳	۴/۷	۴/۶
	سسکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار		۲/۰	۲/۱	۱/۳	۱/۴	۲/۶	۰/۶	۰/۹	۰/۸
	هیدروکربن‌های بلند زنجیره		۱۱/۵	۲۵/۷	۲۷/۳	۲۸/۱	۳۵/۰	۳۲/۵	۳۸/۲	۲۷/۷
	سایر ترکیبات		۱/۴	۴/۲	۳/۰	۳/۰	۳/۶	۳/۱	۳/۰	۲/۳

*: شاخص بازداری محاسبه شده در این تحقیق از سری‌های هومولوگ نرمال آلکان‌های ۲۴-۶ کربنه در ستون DB-5 تعیین گردید.

tr (trace) = مقدار ناچیز (کمتر از ۰/۱ درصد)

*) RI: retention indices determined in the present work relative to C_6–C_{24} *n*-alkanes on the DB-5 column

نتیجه گیری کلی

به‌دلیل بازده بسیار پایین درختچه‌های گل محمدی از نظر تولید اسانس و تقاضای روزافزون جهانی اسانس گل محمدی برای صنایع دارویی، عطرسازی، غذایی و آرایشی- بهداشتی و از طرف دیگر فقدان جایگزین نوع صنعتی و نیز طبیعی دیگر برای آن، از قیمت بالایی در بازارهای جهانی برخوردار است. حال اگر بتوان با استفاده از روش‌های به‌زراعی اثرگذار بر کمیت و کیفیت اسانس گل محمدی مانند تعیین بهترین زمان برداشت برای هر منطقه‌ای که این محصول در آنجا مورد کشت و کار قرار می‌گیرد، علاوه بر شناسنامه‌دار کردن محصول، منجر به ایجاد ارزش افزوده بیشتر برای تولید کننده خواهد شد. از طرف دیگر، یکی از مشکلات اساسی بخش تولید گل محمدی در ایران، حجم بالای گل تولیدی در زمان برداشت می‌باشد که ظرفیت کارخانه‌های استخراج اسانس و گلاب‌گیری جوابگوی این حجم ماده گیاهی تر و تازه که دارای تنفس از برداشت بالایی می‌باشد، نیست. بنابراین ارائه راهکاری جهت مشخص شدن کیفیت و کمیت اسانس به دست آمده از گل خشک می تواند مدیران مجموعه‌های کشاورزی را وادار به اتخاذ تصمیم‌های علمی و اقتصادی نماید. با توجه به تحقیقی که صورت گرفت، نتایج نشان داد که بازده اسانس گل محمدی در گلستان شرکت سبز دشت فارس واقع در سعادت‌شهر استان فارس از میانگین گزارش شده در منابع، بسیار بیشتر می‌باشد. همچنین بررسی زمان‌های برداشت مختلف و نوع ماده گیاهی تازه و خشک نشان داد که گل‌های برداشت شده به صورت تازه در دو هفته ابتدایی از کمیت و کیفیت اسانس بالایی برخوردار هستند و پس از آن در هفته‌های سوم و چهارم گل‌های برداشت شده از افت عملکرد کمی و کیفی اسانس برخوردار می‌باشند. در طی دوره برداشت، به‌دلیل شرایط محیطی مطلوب، کیفیت و کمیت اسانس هفته اول و دوم از گل تازه بسیار بالا می‌باشد. همچنین استخراج اسانس از گل خشک گل محمدی توصیه نمی‌شود.

منابع

Adams, R. P. (2012). *Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy*. Academic press.

Ahmadi, K., Sefidkon, F., & Assareh, M. (2008). The effects of different drying methods on essential oil content and composition of three genotypes of *Rosa damascena* Mill. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 24(2): 162-176.

Baydar, H., & Baydar, N. G. (2005). The effects of harvest date, fermentation duration and Tween 20 treatment on essential oil content and composition of industrial oil rose (Rosa damascena Mill.). *Industrial crops and products*, 21(2): 251-255. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.04.004

Boukhris, M., Bouaziz, M., Feki, I., Jemai, H., El Feki, A., & Sayadi, S. (2012). Hypoglycemic and antioxidant effects of leaf essential oil of *Pelargonium graveolens* L'Hér. in alloxan induced diabetic rats. *Lipids in health and disease*, 11: 1-10. https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-81

Bremner, J. M., & Sparks, D. L. (1996). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. *SSSA Book Series, Madison*, 1085-1121.

British Pharmacopoeia. (2007). *Appendix XI.* Vol. 2, London, HMSO, 137-138.

Carter, M. R., & Gregorich, E. G. (2007). *Soil sampling and methods of analysis*. CRC press.

Davies, N. W. (1998). Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicon and Carbowax 20M phases. *Journal of chromatography. A*, 503: 1-24.

Davoodi, I., Rahimi, R., Abdollahi, M., Farzaei, F., Farzaei, M. H., Memariani, Z., & Najafi, F. (2017). Promising effect of *Rosa damascena* extract on high-fat diet-induced nonalcoholic fatty liver. *Journal of traditional and complementary medicine*, 7(4), 508-514. https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.01.008

Dobreva, A. (2013). Dynamics of the headspace chemical components of Rosa damascena Mill. flowers Ana Dobreva. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(3): 404-411. https://doi.org/10.1080/0972060X.2013.813229

Ersan, R., & Başayiğit, L. (2022). Ecological modelling of potential Isparta Rosa areas (*Rosa damascena* Mill.). *Industrial Crops and Products*, 176: 114427. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114427

Esmaeilpour Poodeh, M., Taheri Abkenar, K., Aalami, A., & Bonyad, A. (2014). The pattern of intrapopulational and interpopulational changes of Betula pendula in Iran, based on leaf morphological traits. *Taxonomy and Biosystematics*, *6*(18), 33-44.

Fazili, M. A., Ganie, I. B., & Hassan, Q. P. (2024). Studies on pharmacological aspects, integrated pest management and economic importance of *Rosa damascena* L. *South African Journal of Botany*, 174: 534-541.

Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Pedro, L. G., & Scheffer, J. J. (2008). Factors affecting secondary metabolite production in plants: volatile components and essential oils. *Flavour and Fragrance journal*, 23(4): 213-226. https://doi.org/10.1002/ffj.1875

Gogoi, R., Loying, R., Sarma, N., Begum, T., Pandey, S. K., & Lal, M. (2020). Comparative analysis of in-vitro biological activities of methyl eugenol rich Cymbopogon khasianus Hack., leaf essential oil with pure methyl eugenol compound. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 21(10): 927-938. https://doi.org/10.2174/1389201021666200217113921

Gul, M., Kazaz, S., Baydar, H., & Sirikci, B. S. (2015). A study about technical, economical situation, problems and improvement of oil rose (*Rosa damascena* Mill.) in Turkey. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *18*(3): 613-626. https://doi.org/10.1080/0972060X.2014.998723

Honarvar, M., Khosh-Khui, M., & Javidnia, K. (2010). Factors affecting essential oil quantity and quality of damask rose in two regions of southern Iran. Acta Horticulture. 870: 241-248.

Hue, N. V., Uchida, R., & Ho, M. C. (1998). Empirical models for the uptake of inorganic chemicals from soil by plants. *US Department of Energy Office of Environmental Management*. 120p.

Izgi, M. N. (2022). Effect of different harvest dates to essential oil components of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) in Mardin. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 25(2): 250-261. https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2058330

Kanani, M., Chamani, E., Shokouhian, A. A. and Torabi-Giglou, M. (2021). Investigation on quality changes of damask rose essential oil during different phenology stages in Oroumieh region. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(4): 955-963. Doi: 10.22059/ijhs.2019.277924.1618

Koksal, N., Aslancan, H., Sadighazadi, S., & Kafkas, E. (2015). Chemical investigation on Rose damascena Mill. volatiles; Effects of storage and drying conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14(1): 105-114.

Kazaz, S., Erbas, S., Baydar, H., Dilmacunal, T., & Koyuncu, M. A. (2010). Cold storage of oil rose (*Rosa damascena* Mill.) flowers. *Scientia Horticulturae*, 126(2): 284-290. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.06.018

Knudsen, D., Peterson, G. A., & Pratt, P. F. (1982). Lithium, sodium, and potassium. *Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties*, 9, 225-246.

Malakouti, M., Moshiri, F., & Ghaibi, M. (2005). Optimum levels of nutrients in soil and some agronomic and horticultural crops. *Soil and Water Research Institue. Technical Bulletin.* 405.

Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R., & Feo, V. D. (2017). Essential Oils and Antifungal Activity. *Pharmaceuticals*, 10(4): 86. https://doi.org/10.3390/ph10040086

Nematollahi, A. R., Mirjalili, M. H., Hadian, J. and Yousefzadi, M. (2017). Chemical Diversity Among the Essential Oils of Natural *Salvia mirzayanii* (Lamiaceae) Populations from Iran. 9(1): 1-16. doi: 10.22084/ppt.2017.2199

Mir, S. J. (2019). Analysis of Damask Rose Development Policy in Iran. *Agricultural Economics and Development*, 27(3): 181-201. Doi: 10.30490/aead.2019.120758.

Mirzaei, M., Sefidkon, F., Ahmadi, N., Shojaeiyan, A., & Hosseini, H. (2016). Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) essential oil is affected by short-and long-term handling. *Industrial Crops and Products*, 79: 219-224. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.011

Omidi, M., Khandan-Mirkohi, A., Kafi, M., Rasouli, O., Shaghaghi, A., Kiani, M., & Zamani, Z. (2022). Comparative study of phytochemical profiles and morphological properties of some Damask roses from Iran. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 9(1): 51. https://doi.org/10.1186/s40538-022-00316-0

Ormeño, E., Baldy, V., Ballini, C., & Fernandez, C. (2008). Production and diversity of volatile terpenes from plants on calcareous and siliceous soils: effect of soil nutrients. *Journal of chemical ecology*, *34*, 1219-1229. https://doi.org/10.1007/s10886-008-9515-2

Sagae, M., Oyama-Okubo, N., Ando, T., Marchesi, E., & Nakayama, M. (2008). Effect of temperature on the floral scent emission and endogenous volatile profile of Petunia axillaris. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 72(1): 110-115. https://doi.org/10.1271/bbb.70490

Salamatullah, A. M., Ahmed, M. A., Hayat, K., Husain, F. M., Arzoo, S., Alzahrani, A., Alotaibi, A., Alyahya, H.K & Ahmad, S. R. (2024). Different drying techniques effect on the bioactive properties of rose petals. *Journal of King Saud University-Science*, 36(1): 103025. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.103025

Sefidkon, F. (2021). National approach to make a transformation in the economic value of medicinal plants. *Iran Nature*, *6*(1): 135-135. Doi: 10.22092/irn.2021.123574

Sefidkon, F. (2022). Three main links in the production and processing chain of medicinal plants. *Iran Nature*, *7*(5): 118-118. Doi: 10.22092/irn.2022.127959

Shahbazi, K., & Yousefi, B. (2020). Comparison of the Studied Morphological, Yield and Essential oil Traits of Rosa damascena in Kermanshah Province. *Journal of Medicinal plants and By-product*, 9(2): 201-206.

Shibamoto, T. (1987). *Retention indices in essential oil analysis* (Vol. 259). Huethig Verlag, New York.

Shishkova, M., Ivanova, B., Beluhova-Uzunova, R., & Harizanova, A. (2022). Opportunities and challenges for sustainable production and processing of *Rosa damascena* in Bulgaria. *Industrial Crops and Products*, 186: 115184. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115184

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., & Loeppert, R. H. (Eds.). (2020). *Methods of soil analysis, part 3: Chemical methods* (Vol. 14). John Wiley & Sons.

Tabatabai, M. A., & Olson, R. A. (1985). Effect of acid rain on soils. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 15(1): 65-110.

Thakur, M., Sharma, S., Sharma, U., & Kumar, R. (2019). Study on effect of pruning time on growth, yield and quality of scented rose (*Rosa damascena* Mill.) varieties under acidic conditions of western Himalayas. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 13: 100202. https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2019.100202

Ucar, Y., Kazaz, S., Eraslan, F., & Baydar, H. (2017). Effects of different irrigation water and nitrogen levels on the water use, rose flower yield and oil yield of *Rosa damascena*. *Agricultural Water Management*, 182: 94-102.

Venkatesha, K. T., Gupta, A., Rai, A. N., Jambhulkar, S. J., Bisht, R., & Padalia, R. C. (2022). Recent developments, challenges, and opportunities in genetic improvement of essential oil-bearing rose (*Rosa damascena*): A review. *Industrial Crops and Products*, 184: 114984. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114984

Yaghoobi, M., Farimani, M. M., Sadeghi, Z., Asghari, S., & Rezadoost, H. (2022). Chemical analysis of Iranian *Rosa damascena* essential oil, concrete, and absolute oil under different bio-climatic conditions. *Industrial Crops and Products*, 187: 115266.

Yamini, Y., Khajeh, M., Ghasemi, E., Mirza, M., & Javidnia, K. (2008). Comparison of essential oil compositions of *Salvia mirzayanii* obtained by supercritical carbon dioxide extraction and hydrodistillation methods. *Food Chemistry*, 108(1): 341-346. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.036

Yilmaz, D., Ekinci, K., Dilmacunal, T., & Erbas, S. (2011). Effect of harvesting hour on some physical and mechanical properties of Rosa damascena Mill. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(9): 1585-1590. https://doi.org/10.1002/jsfa.4351

Younis, A., Riaz, A., Khan, M. A., & Khan, A. A. (2009). Effect of time of growing season and time of day for flower harvest on flower yield and essential oil quality and quantity of four *Rosa* cultivars. *Flori. Ornam. Biotech*, 3: 98-103. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115266

Zgheib, R., Najm, W., Azzi-Achkouty, S., Sadaka, C., Ouaini, N., & Beyrouthy, M. E. (2020). Essential oil chemical composition of Rosa corymbifera Borkh., *Rosa phoenicia* Boiss. and *Rosa damascena* Mill. from Lebanon. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(5): 1161-1172. https://doi.org/10.1080/0972060X.2020.1843544