

بررسی روند تغییر کیفی اسانس گل محمدی طی مراحل مختلف فنولوژی گل در منطقه ارومیه

مهران کنعانی^۱، اسماعیل چمنی^{۲*}، علی اکبر شکوهیان^۳ و موسی ترابی گیگلو^۴۱، ۲، ۳ و ۴. دانشجوی دکتری، استاد، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۱۶)

چکیده

گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) از گونه‌های ارزشمند جنس رُز بوده که اسانس آن در بسیاری از صنایع مانند آرایشی، بهداشتی و دارویی استفاده می‌شود. در پژوهش حاضر، ترکیب اجزای اسانس گل محمدی طی مراحل مختلف نمو گل (۱- غنچه گل ۲- گل نیمه‌باز ۳- گل کامل باز شده و ۴- گل در آغاز پیری) طی سال ۱۳۹۷ در منطقه ارومیه مورد مطالعه قرار گرفت. اسانس گل محمدی به روش تقطیر با آب و توسط دستگاه کلونجر تهیه شد. کمترین و بیشترین مقدار اسیدیتیه شیره سلولی به ترتیب در مرحله غنچه گل و گل در آغاز پیری مشاهده شد. آنالیز ترکیب اجزای اسانس بوسیله دستگاه GC-MS نشان داد نونادکان، هنی کوسان، سیترونلول، ژرانیول و زد-۵-نونادین از اصلی‌ترین اجزای اسانس بودند. بالاترین نسبت سیترونلول/ژرانیول در مرحله گل کامل باز شده به دست آمد. بالاترین میزان آلفا-پینن در مرحله غنچه گل تولید شد و بتا-میرسن نیز به‌طور اختصاصی در مرحله غنچه گل تولید شد. بالاترین میزان ۲-فنیل اتانول و همچنین دو ترکیب اوژنول و ژرانیال نیز به‌طور اختصاصی در مرحله گل کامل تولید شدند، در حالی که آلکان دوکوسان تنها در این مرحله تولید نشد. نتایج نشان داد با توجه به کاربرد اسانس در بخش آرایشی، بهداشتی و یا استفاده پزشکی، می‌توان از بخش‌های متفاوت گل در زمان نمو گل اسانس‌گیری نمود.

واژه‌های کلیدی: ۲-فنیل اتانول، اوژنول، ژرانیول، سیترونلول، نمو گلبرگ.

Investigation on quality changes of damask rose essential oil during different phenology stages in Oroumieh region

Mehran Kanani¹, Esmail Chamani^{2*}, Ali Akbar Shokouhian³ and Mousa Torabi-Giglou⁴1, 2, 3, 4. Ph.D. Candidate, Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Received: Mar. 13, 2019 - Accepted: Apr. 06, 2019)

ABSTRACT

Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) is one of the most valuable plant species from genus *Rosa*. Its essential oil is using in many industries, such as cosmetics, sanitary, and pharmaceutical. In present study, the chemical composition of damask rose essential oil was evaluated during different flower development stages: (1- flower bud 2- partially open flower 3- full open flower and 4- senescent flower) in Oroumieh region, during 2018. The damask rose essential oil was collected by distillation with water via Clevenger apparatus. The lowest and highest sap cell pH levels were observed at flower bud and senescent flower stages, respectively. Analysis of the chemical compositions of the essential oil was done by GC-MS technique and the most abundant compounds were nonadecane, heneicosane, citronellol, geraniol, and Z-5-nenadencene. The highest ratio of citronellol /geraniol was produced at the full open flower stage. The highest amount of α -pinene was produced in the flower bud stage and β -myrcene was produced solely in the flower bud stage. The highest amount of 2-phenyl ethanol alcohol, as well as eugenol and geraniol compounds were exclusively produced at the full open flower stage; while docosane alkane was not produced at full open flower stage. The results manifested that due to the objective of using essential oils in cosmetic, health or pharmaceutical, different flower development stages can be selected for extraction.

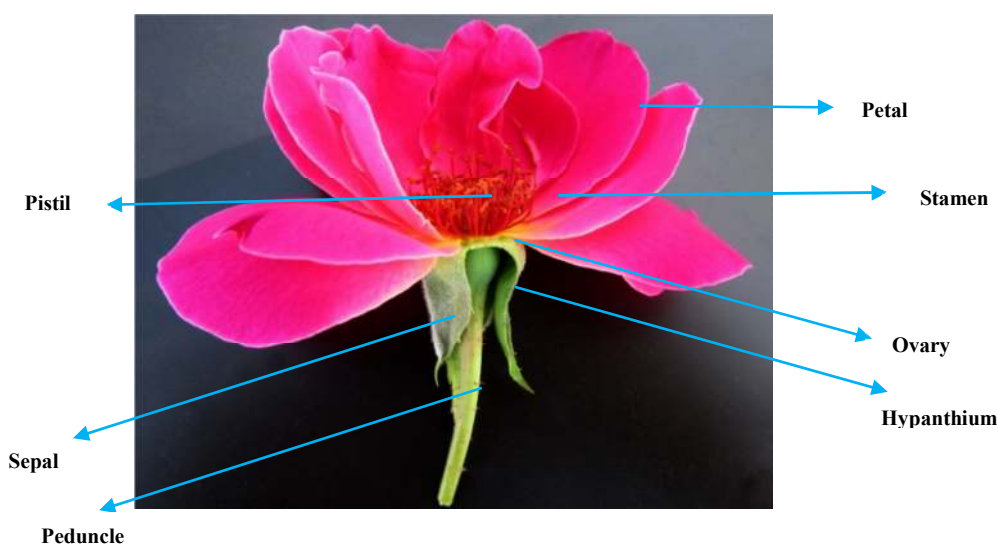
Keywords: 2-phenyl ethanol, citronellol, eugenol, flower development, geraniol.

* Corresponding author E-mail: echamani@uma.ac.ir

مقدمه

گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) گیاهی چندساله از تیره گل سرخیان، به صورت درختچه‌ای با ارتفاع ۱-۲ متر بوده و به صورت عمده در کشورهای ترکیه، بلغارستان، ایران، هند (Omidi *et al.*, 2020)، مراکش، جنوب فرانسه، جنوب ایتالیا، چین، جنوب روسیه، لیبی و اوکراین کشت می‌شود (Staikov & Kalajiev, 1980). گل محمدی دارای گلبرگ‌های صورتی رنگ همراه با کاسبرگ برگشته بوده (شکل ۱) که کشت آن از مناطق معتدله آغاز شد و اکنون در سراسر جهان به منظور تولید صنعتی کشت می‌شود (Nedeltcheva-Antonova *et al.*, 2017). اسانس گل محمدی علاوه بر استفاده در صنایع تولید عطر، آرایشی و بهداشتی، با دارا بودن خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی، در فرآیندهای درمانی برای درمان بیماری‌هایی از قبیل آلرژی، انقباض عضلانی (Yousefi, 2019)، مشکلات گوارشی، درمان کبد چرب و کم‌کردن درد تعویض پانسمان بیماران دچار سوختگی استفاده می‌شود (Boskabadi *et al.*, 2011; Nazaro *et al.*, 2017; Davoodi *et al.*, 2017). امروزه در جهان از پنج گونه رز *R. damascena* Ucar *et al.*,) *R. moshata* *R. centifolia* *R. gallica* (2017) و همچنین گونه *R. alba* (Dobrev *et al.*,

2011) برای تولید اسانس استفاده می‌شود. با این حال، اسانس گل محمدی اهمیت تجاری بالاتری دارد (Verma *et al.*, 2011). حدود ۹۰ درصد از تولید جهانی اسانس، در صنایع عطر و طعم مصرف می‌شود (Gorji-Chakespari *et al.*, 2017). کشت گل محمدی در ترکیه قدمتی ۱۲۰ ساله داشته و به نام رُز اسپارتا معروف می‌باشد، در حالی که قدمت کشت گل محمدی در کشور بلغارستان به سال ۱۶۶۴ میلادی برمی‌گردد و تحت عنوان رُز کزانلوک (Kazanluk) شناخته می‌شود (Baydar, 2006; Dobrev *et al.*, 2011). براساس منابع تاریخی، ایران مبدأ تولید گلاب گل محمدی بوده است. سطح زیر کشت گل محمدی در ایران، ۱۳۵۵۵ هکتار می‌باشد (۸۸۰۰ هکتار آبی و ۴۷۵۵ هکتار دیم). میانگین تولید در کشت آبی گل محمدی کشور ۱۹۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده و در کشت دیم این مقدار ۱۱۵۴ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. استان‌های فارس، کرمان، اصفهان و آذربایجان شرقی، به ترتیب با سطح زیر کشت ۶۰۸۴، ۲۶۸۶، ۲۳۳۰ و ۸۳۶ هکتار، بیشترین سطح زیر کشت گل محمدی را دارند (Davazdah-Emami, 2016). توجه ویژه به کشت و پرورش گل محمدی و تولید فرآورده‌های جانبی مانند گلاب، اسانس و کانکریت گل محمدی می‌تواند منبع ارزآوری بسیار مناسبی برای کشور داشته باشد.



شکل ۱. بخش‌های مختلف یک گل محمدی
Figure 1. Different parts of *Rosa damascena* flower

تولید ترکیبات فنولی و رنگیزه‌های گل طی مراحل مختلف نمو گل محمدی (Sood Sood & Nagar, 2003; Schmitzer *et al.*, 2006) و همچنین گل رز (Schmitzer *et al.*, 2013; Schmitzer *et al.*, 2010) گزارش شده است، لیکن تغییرات ترکیب اجزای اسانس گل محمدی طی مراحل مختلف نمو گل مورد مطالعه قرار نگرفته است. با توجه به اطلاعات اندک در زمینه تغییر ترکیب اجزای اسانس گل محمدی تحت تاثیر شرایط محیطی و رشدی متفاوت و نقش هر یک از اجزای اسانس گل محمدی در فرآیندی جداگانه همراه با کاربردی جداگانه و گاهی متفاوت، ضرورت دارد تا تغییر ترکیب شیمیایی اسانس گل محمدی طی مراحل مختلف نمو گل بررسی شده تا با توجه به نتایج حاصله، برداشت گل محمدی طی مراحل مختلف نمو گل برای اهداف کاربردی مورد نظر پیشنهاد شود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تغییرات فیزیکی- شیمیایی و همچنین ترکیب اجزای اسانس گل محمدی (*Rosa damascena* Mill.) اکوتیپ خوی در مراحل مختلف نمو گل (شکل ۲)، طرحی در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار (شامل سه بوته در هر بلوک) طی سال ۱۳۹۷ در منطقه ارومیه برپا گردید. شهرستان ارومیه با مختصات عرض جغرافیایی $25^{\circ} 32' 7''$ شمالی و طول $45^{\circ} 12' 2/9''$ و میانگین بارش سالیانه ۲۵۰ میلی‌متر، آب و هوایی معتدل و زمستان‌هایی سرد داشته و ارتفاع از سطح دریا در نقطه کشت ۱۳۰۰ متر بود.

به منظور آنالیز خاک محل آزمایش، ابتدا لایه‌های با خصوصیات مورفولوژیکی یکنواخت از چند نقطه زمین انتخاب شده و اقدام به نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری گردید. نمونه‌های برداشت‌شده از محل‌های مختلف با یکدیگر مخلوط شده و پس از الک‌کردن، ذرات کوچک‌تر از ۲۰ میلی‌متر در کیسه پلاستیکی قرار داده شده، برچسب خورده و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه، اندازه‌گیری شوری و pH خاک پس از تهیه عصاره اشباع و استفاده از دستگاه‌های هدایت‌الکتریکی سنج و pHسنج براساس دستورالعمل‌های مؤسسه تجزیه خاک صورت گرفت.

تولید اسانس در گیاهان دارویی علاوه بر شرایط متابولیکی گیاه، به فیزیولوژی گیاه، شرایط محیطی، اکوفیزیولوژی و ژنتیکی بستگی دارد (Sangwan *et al.*, 2001). به دلیل تولید بیش از ۱۵۰ نوع مولکول در ترکیب اسانس و عطر گل محمدی و نقش هر یک از این مولکول‌ها در شکل‌گیری ترکیب نهایی اسانس و عطر آن، عملاً تولید این اسانس با روش‌های شیمیایی با کیفیت اسانس طبیعی، غیر ممکن به نظر می‌رسد. استاندارد جهانی اسانس گل محمدی به صورت ISO 9842:2003 می‌باشد که براساس این استاندارد نسبت سیترونلول/ژرانیول باید در محدوده ۱/۳۰-۱/۲۵ درصد باشد تا اسانس کیفیت لازم برای استفاده در صنعت عطر را داشته باشد (Anonymous, 2003). این استاندارد در کشور ترکیه به صورت TS 1040:1971 می‌باشد (Erbas *et al.*, 2015). با توجه به پایین بودن مقدار اسانس در گلبرگ گل محمدی، این اسانس در بازارهای جهانی قیمت گزافی داشته و به نام "طلای مایع" شناخته می‌شود (Baydar *et al.*, 2008).

ترکیب اسانس‌های گیاهی شامل دو کلاس مختلف شیمیایی می‌باشد که شامل کلاس ترپنوئیدها و کلاس فنیل‌پروپانوئیدها می‌باشد. اگرچه ترپنوئیدها (بوژه مونوترین‌ها و سزکوئی‌ترین‌ها) بخش اصلی ترکیب اسانس‌های گیاهی می‌باشند ولی فنیل‌پروپانوئیدها نیز تاثیر بسیار عمده‌ای بر عطر و بوی اسانس‌ها دارند. ترکیب اجزای اسانس گل محمدی توسط بسیاری از محققین گزارش شده است (Kazaz *et al.*, Babu *et al.*, 2002; Verma *et al.*, 2011; Baydar *et al.*, 2013; Pellati *et al.*, 2013; Koksall *et al.*, 2015).

در بررسی ترکیب شیمیایی اسانس گل محمدی با منشا کاشان به روش تقطیر با آب، بالاترین ترکیبات اسانس به ترتیب نونادکان، سیترونلول، هگزادسانال، هنی‌کوسان و ژرانیول گزارش گردید (Sefidkon *et al.*, 2006). اصلی‌ترین ترکیبات شیمیایی اسانس گل محمدی در بخش‌های مرکزی ایران، سیترونلول، ژرانیول و نونادکان گزارش شد (Zeinali *et al.*, 2010)، در حالی که در بخش‌های شمالی ایران، اصلی‌ترین ترکیبات اسانس گل محمدی شامل تریکوسان، نونادکان، این-تریکوسان و ژرانیول بود (Yassa *et al.*, 2009). تغییر در



شکل ۲. مراحل مختلف نمو گلبرگ‌های گل محمدی. از چپ به راست شامل الف) مرحله غنچه گل، ب) گل نیمه باز، ج) گل تمام باز و د) گل در آغاز پیری.

Figure 2. Flower development stages of *Rosa damascena*. From left to right: A) Flower bud B) Partially open flower C) Full open flower D) Senescent flower.

آنالیز ترکیبات اسانس

گلبرگ‌های گل محمدی در اوایل صبح برداشته شده (بین ساعت ۵-۸)، و پس از توزین ۱۰۰ گرم و اضافه نمودن سه برابر وزن گلبرگ‌ها از آب دوبار تقطیر، توسط کلونجر طرح فارماکوپه اروپا به مدت ۴ ساعت و با سه تکرار اسانس‌گیری شد. اسانس آماده شده توسط سدیم سولفات بی‌آب رطوبت‌زدایی شده و تا زمان تزریق به دستگاه، در یخچال با دمای 4°C نگهداری شد. بازده اسانس براساس درصد حجمی/وزنی محاسبه گردید. اسانس به‌دست‌آمده جهت شناسایی ترکیبات به دستگاه GC-MS 7890 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) مجهز به جرم‌سنج 5975C (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) تزریق شد. دمای تزریق بر روی 250°C درجه سانتی‌گراد در حالت splitless قرار داده شد. جریان با فلو ۵۰ میلی‌لیتر بر دقیقه به مدت دو دقیقه نگه داشته شد. یک ستون ۳۰ میلی‌متری با ضخامت داخلی ۰/۲۵ میلی‌متری و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتری (HP-5 MS column; Agilent Technologies) استفاده شد. از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۱/۵ میلی‌لیتر بر دقیقه استفاده گردید. دمای ستون بر روی 80°C درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ دقیقه ثابت نگه داشته شد و سپس با سرعت ۸ درجه بر دقیقه تا رسیدن به دمای 180°C درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و سپس به مدت ۳ دقیقه در این دما ثابت نگه داشته شد. دمای پایانی بر روی 240°C درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ دقیقه تنظیم شد. ترکیبات اسانس براساس داده‌های کتابخانه‌ای (Wiley, Hoboken, NJ, USA) شناسایی شدند. شاخص بازداری ترکیبات مقایسه شده، مساحت زیر پیک محاسبه شده و فراوانی هر ترکیب اندازه‌گیری شد.

درصد کرین آلی خاک با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ و بی‌کرومات پتاسیم ۱ نرمال انجام شد. اندازه‌گیری مواد خنثی‌شونده برحسب کرینات کلسیم با کمک معرف فنیل فتالین و توسط روش تیتراسیون انجام شد. پتاسیم در دسترس خاک توسط روش فلیم فتومتري، فسفر قابل دسترس به روش کالریمتری و ازت کل به روش کج‌لدال اندازه‌گیری شد. پس از آنالیز خاک محل کشت (جدول ۱) و نیازمندی‌های مورد نظر در خاک قبل از کاشت برطرف گردید. نهال‌های یکساله کشت شده (تهیه‌شده از نهالستان مهندس قاسمی، تولید ۱۳۹۶، خوی، ایران) و در سال اول صفات رویشی مورد مطالعه قرار گرفت و طی سال دوم پارامترهای فیزیکی-شیمیایی و اجزای اسانس مورد بررسی قرار گرفت. وزن تر و خشک گلبرگ‌ها، اسیدیته شیره سلولی، بازده اسانس و ترکیبات اجزای اسانس گل‌محمدی در مراحل مختلف نمو گل بررسی شد.

اندازه‌گیری وزن تر و خشک گلبرگ و اسیدیته شیره سلولی

وزن تر گلبرگ‌های گل محمدی بلافاصله پس از برداشت گل توزین گردید. وزن خشک گلبرگ‌ها پس از قراردادن نمونه‌ها در آون (100°C لیتری حکیم آزما تجهیز، ایران) در دمای 72°C درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و ثابت ماندن وزن گلبرگ‌ها محاسبه گردید. از هر نمونه پنج گل و در ۳ تکرار انجام شد و میانگین آن برای هر تکرار ثبت گردید. برای اندازه‌گیری اسیدیته شیره سلولی، گلبرگ‌ها ابتدا به‌خوبی تکه شده و ۰/۵ گرم از گلبرگ در داخل ۵ میلی‌لیتر آب دوبار تقطیر غوطه‌ور شده و به‌هم زده شد. پس از ۳ ساعت، pH محلول توسط دستگاه pHسنج (720 inolab, WTW, Germany) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک محل کشت گل محمدی

Table 1. Physico-chemical parameters of soil at planting site of *Rosa damascena*

Depth	EC ms/cm	pH	SP %	Clay %	Silt %	Sand %	Texture	T.N.V%	OC %	N	P _{ava} ppm	K _{ava} ppm	CEC
0-30	1.2	7.9	55	14	55	31	Silt	17.25	1.2	0.3	11.5	256	8

درصد) و در مرحله گل کامل باز شده به ترتیب نونادکان (۲۶ درصد)، هنی کوسان (۱۲/۸۱ درصد)، سیترونلول (۱۱/۶۵ درصد)، ژرانیول (۸/۳۹ درصد) و زد-۵-نونادنسن (۸/۳۸ درصد) از اصلی ترین ترکیبات اسانس بودند. در آغاز پیری گلبرگ، ترکیبات اصلی اسانس به ترتیب شامل نونادکان (۲۷/۴ درصد)، هنی-کوسان (۱۴/۱۴ درصد)، سیترونلول (۶/۹۷ درصد) و ژرانیول (۵/۴۴ درصد) و زد-۵-نونادنسن (۵/۲۳ درصد)، بود (جدول ۴).

در مرحله غنچه گل، تعداد ۲۴ ترکیب شناسایی شد که در مجموع ۹۲/۷۸ درصد اسانس را تشکیل داده بود. در مرحله گل نیمه باز تعداد ۲۴ ترکیب، گل تمام باز شده ۲۶ ترکیب و گل در آغاز پیری ۲۱ ترکیب شناسایی شد که به ترتیب ۹۶/۶۱، ۹۸/۲۹ و ۸۷/۹۶ درصد اسانس را شامل می شد (جدول ۴). ژرانیال و اوژنول از ترکیباتی بودند که به طور اختصاصی در مرحله گل کامل باز شده تولید شدند. همچنین بالاترین میزان ترکیب ۲-فنیتیل الکل (۲- فنیل اتانول) نیز در مرحله گل کامل باز شده تولید شد که این ترکیب از ترکیبات رزکتونی بسیار معطر می باشد. بتا-میرسن و آلفا-هومولن (آلفا-کاریوفیلین) نیز از ترکیباتی بودند که به طور اختصاصی در مرحله غنچه گل تولید شدند. آلکان دوکوسان در همه مراحل توسعه گلبرگ گل محمدی به غیر از مرحله گل کامل باز شده تولید شد. بالاترین درصد ترکیبات شیمیایی اسانس نیز در مرحله گل کامل باز شده و سپس گل نیمه باز حاصل شد.

وزن تر و خشک گل از مرحله غنچه گل تا گل کامل باز شده افزایش یافت و با آغاز فرآیند پیری گل، میزان آنها کاهش یافت. افزایش وزن تر گل طی نمو گلبرگها تا زمان باز شدن کامل گل می تواند به دلیل افزایش جذب آب به منظور افزایش فشار تورژسانس و تأمین شادابی گل باشد (Schmitzer et al., 2010).

تجزیه آماری

آنالیزهای آماری توسط نرم افزار SAS V9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) انجام شد. مقایسات میانگین براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد بررسی گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۲) نشان داد بین مراحل مختلف نمو گل، تفاوت معنی داری در برخی صفات مورد مطالعه وجود داشت. وزن تر گلبرگ و بازده اسانس در سطح احتمال یک درصد ($P < 0.01$) و اسیدیته شیره سلولی در سطح احتمال ۵ درصد ($P < 0.05$) به طور معنی داری تحت تاثیر تیمارها قرار گرفتند، درحالی که وزن خشک گلبرگ به طور معنی داری تحت تاثیر مراحل مختلف نمو گلبرگ تغییر پیدا نکرد.

براساس نتایج مقایسه میانگین آزمایش، بالاترین و پایین ترین وزن تر و خشک گلبرگ به ترتیب در حالت گل تمام باز شده و غنچه گل به دست آمد. بالاترین اسیدیته شیره سلولی (که رابطه مستقیمی با اسیدیته واکوئل دارد) نیز در حالت گل در آغاز پیری حاصل شد (جدول ۳). بالاترین بازده اسانس در مرحله گل تمام باز شده به دست آمد، در حالی که گل در مرحله آغاز پیری کمترین بازده اسانس را داشت (جدول ۳).

نتایج آنالیز ترکیبات اسانس گل محمدی توسط دستگاه GC-MS نشان داد که اصلی ترین ترکیبات اسانس در مرحله غنچه گل به ترتیب نونادکان (۳۲/۳۸ درصد)، هنی کوسان (۱۴/۴۶ درصد)، زد-۵-نونادنسن (۱۲/۸۶ درصد)، هیتادکان (۶/۵۱ درصد)، سیترونلول (۳/۹۷ درصد) و ژرانیول (۳/۹۵ درصد) بود. در مرحله گل نیمه باز، به ترتیب نونادکان (۲۶/۳۲ درصد)، هنی کوسان (۱۳/۷ درصد)، زد-۵-نونادنسن (۹/۳۴ درصد)، ژرانیول (۹/۲۵ درصد)، سیترونلول (۸/۵)

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس اثر مراحل مختلف نمو گل بر برخی پارامترهای مورفو-فیزیولوژیکی گل محمدی
Table 2. Results of variance analysis effect of flower development stages on some morpho-physiological parameters of damask rose

Source of variation	df	Mean of squares			
		Fresh weight	Dry weight	Cell cap pH	Oil yield
Treatment	3	242.45 ^{**}	0.12 ^{ns}	0.45 [*]	0.01 ^{**}
Block	2	1.21 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.0004 ^{ns}
Error	6	0.73	0.023	0.01	0.00017
CV		4.3	9.7	2.1	5.8

*, **, ns: به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و نبود تفاوت معنی‌دار.

*, **, ns: Significantly difference at 1 and 5% of probability levels, and non-significantly difference, respectively.

جدول ۳. مقایسه میانگین اثر مراحل مختلف نمو گل بر پارامترهای فیزیکی-شیمیایی گلبرگ‌های گل محمدی
Table 3. Mean comparison effect of flower development stages on physico-chemical parameters of *Rosa damascena* petals

Flower development stages	Fresh weight (g)	Dry weight (g)	Sap cell pH	Oil yield (% v/w)
Flower bud	13.23c [*]	1.38c	5.1c	0.073c
Partially open flower	20.6b	1.7ab	5.66b	0.12b
Full open flower	32.2a	1.79a	5.85ab	0.19a
Senescent flower	13.1c	1.43bc	5.98a	0.06c

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

Similar letters in each column show no significant difference.

جدول ۴. ترکیب شیمیایی اسانس گل محمدی طی مراحل مختلف توسعه گل
Table 4. Chemical composition of *Rosa damascena* essential oil during flower development stages

Component	Formula	Retention time	Retention index	%				
				FB [*]	POF	FOF	SF	
1	α -pinene	C ₁₀ H ₁₆	5.32	936	0.95	0.73	0.65	-
2	β -myrcene	C ₁₀ H ₁₆	6.41	992	0.39	-	-	-
3	2-Phenethyl alcohol	C ₈ H ₁₀ O	8.78	1097	0.38	0.39	1.12	-
4	Citronellol	C ₁₀ H ₁₈ O	9.16	1115	3.97	8.50	11.65	6.97
5	Neral	C ₁₀ H ₁₆ O	11.79	1236	-	-	1.59	-
6	Geraniol	C ₁₀ H ₁₈ O	12.11	1242	3.95	9.25	8.39	6.44
7	Geranial	C ₁₀ H ₁₆ O	12.41	1255	-	-	2.13	-
8	Eugenol	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	12.78	1272	-	-	1.14	-
9	Geranyl acetate	C ₁₂ H ₂₀ O ₂	14.56	1351	1.44	2.27	0.82	2.06
10	Trans-caryophyllene	C ₁₅ H ₂₄	14.76	1360	0.48	0.62	0.42	0.43
11	α -guaiane	C ₁₅ H ₂₄	15.24	1381	0.53	0.35	0.38	0.41
12	α -humulene	C ₁₅ H ₂₄	16.16	1425	0.39	-	-	-
13	Germacrene D	C ₁₅ H ₂₄	16.51	1442	1.83	1.42	1.33	1.32
14	N-pentadecane	C ₁₅ H ₃₂	16.89	1460	-	0.47	0.38	0.47
15	α -eudesmol	C ₁₅ H ₂₆ O	17.43	1486	-	0.67	0.40	-
16	8-heptadecene	C ₁₇ H ₃₄	17.64	1496	0.84	0.42	0.37	0.51
17	Heptadecane	C ₁₇ H ₃₆	20.82	1659	6.51	3.86	3.99	4.32
18	1-heptadecanol	C ₁₇ H ₃₆ O	21.08	1673	2.29	3.96	4.97	3.35
19	Octadecane	C ₁₈ H ₃₈	22.03	1720	0.55	0.38	0.46	0.47
20	Z-5-nonadecene	C ₁₉ H ₃₈	23.71	1798	12.86	9.34	8.38	5.23
21	Nonadecane	C ₁₉ H ₄₀	25.16	1877	32.38	26.32	26.0	27.40
22	(E)-9-eicosene	C ₂₀ H ₄₀	26.68	1976	0.47	0.34	0.35	0.50
23	Eicosane	C ₂₀ H ₄₂	27.04	2000	3.30	2.83	2.91	3.06
24	Heneicosane	C ₂₁ H ₄₄	28.32	2097	14.46	13.70	12.81	14.14
25	Docosane	C ₂₂ H ₄₆	29.39	2199	0.34	0.34	-	0.44
26	9-tricosene	C ₂₃ H ₄₆	30.31	2291	0.83	0.84	0.75	1.19
27	Tricosane	C ₂₃ H ₄₈	30.39	2299	3.91	4.57	3.56	4.54
28	Pentacosane	C ₂₅ H ₅₂	32.33	2498	1.92	2.65	1.76	2.12
29	Heptacosane	C ₂₇ H ₅₆	34.93	2702	1.76	2.39	1.58	2.59
Total					92.78	96.61	98.29	87.96

FB: غنچه گل، POF: گل نیمه‌باز، FOF: گل تمام باز، SF: گل در آغاز پیری

* FB: Flower bud, POF: Partially open flower, FOF: Full open flower, SF: Senescent flower.

آب گلبرگ ۹۴/۵ درصد در مرحله گل کامل باز شده بود، درحالی‌که محتوای نسبی آب در مرحله غنچه گل ۸۹/۵ درصد بود. افزایش وزن تر گل در گل محمدی

به‌نظر می‌رسد جذب بیشتر آب و تجمع آب در واکوئل نقش پررنگی در باز شدن گلبرگ‌های جنس رُز داشته باشد که با توجه به جدول ۲، محتوای نسبی

شد. سیترونلول و ژرانیول از مونوترپن‌هایی هستند که سبب افزایش کیفیت اسانس می‌شوند. بویژه هر چه میزان سیترونلول بالاتر باشد کیفیت اسانس بالاتر خواهد بود (Erbas & Baydar, 2016). نتایج نشان داد که با نمو گل، ماده زد-۵-نونادینین که در مرحله غنچه گل به میزان ۱۲/۸۶ درصد تولید شده بود از میزان آن کاسته شده و در گل پیر شده مقدار آن به ۵/۲۳ درصد رسید. ترکیب ۲-فنیل اتانول که سبب رایحه ویژه اسانس گل محمدی می‌شود (Gunes, 2005) در مرحله گل کامل بیشتر از سایر مراحل بود. این الکل از مسیر فنیل‌پروپانویدها و از طریق اسیدآمینه فنیل‌آلانین از ۳ مسیر مختلف با سه پیش‌ماده الف) ۲-فنیل اتیل آمین، ب) فنیل پیروویک اسید و ج) ترانس- سینامیک اسید تولید می‌شود (Sakai et al., 2007; Watanabe et al., 2002).

به نظر می‌رسد تغییرات بیان ژنی طی مراحل مختلف نمو گل (Gupta et al., 2011) بر فعالیت آنزیم‌های کلیدی مسیر فنیل‌پروپانویدها از قبیل آنزیم فنیل‌آلانین آمونیاکاز (PAL) تاثیر گذاشته و سبب تولید بیشتر ۲-فنیل اتانول و تغییر ترکیب محتوای ترکیباتی مانند اوژنول شده باشد. درصد پایین ۲-فنیل اتانول در مراحل مختلف نمو گل، می‌تواند به دلیل تماس زیاد آب با گیاه و حلالیت این ترکیب در آب باشد که در روش تقطیر مقدار آن در ترکیب اسانس کاهش می‌یابد (Sefidkon et al., 2006). بالاترین میزان ترپن آلفا-پینین در مرحله غنچه گل تولید شد و با نمو گل از مقدار آن کاسته شد. آلفا-پینین از ترکیبات موثر آنتی‌بیوتیکی و آنتی‌میکروبی بوده که تاثیر مثبت آن بر درمان گزارش شده است (Nam et al., 2014). ترپن بتا-میرسین نیز به‌طور اختصاصی در مرحله غنچه گل تولید شد و در سایر مراحل نمو گل در ترکیب شیمیایی اسانس گل محمدی تشخیص داده نشد. این ترپن با دارا بودن خواص درمانی بر روی بیماری‌هایی مانند سرطان سینه و لوسمی، نقش پررنگی در سلامتی انسان دارد (Cho et al., 2017). در همه مراحل نمو گل، نونادکان و هنی کوسان از اصلی‌ترین ترکیبات موجود در اسانس گل محمدی بودند.

طی نمو گلبرگ‌ها تا زمان باز شدن کامل گل، توسط Sood et al. (2006) نیز گزارش شده است. افزایش وزن خشک گلبرگ تا مرحله گل کامل باز شده و سپس کاهش آن در زمان آغاز پیری نیز می‌تواند به دلیل افزایش فعالانه فتوسنتز گیاه و نیاز به تأمین انرژی مورد نیاز گل باشد زیرا گلدهی پدیده‌ای به‌شدت انرژی‌خواه می‌باشد و کاهش آن در زمان پیری می‌تواند به دلیل شکسته شدن ماکرومولکول‌ها و همچنین متابولیت‌های ثانویه و ترکیبات فنولی باشد (Schmitzer et al., 2010).

افزایش وزن تر و خشک گل و افزایش تولید پروتئین‌ها طی مراحل مختلف نمو گل تا زمان باز شدن کامل گل توسط Dafny-Yelin et al. (2005) نیز گزارش شده است که به نظر می‌رسد به‌طور عمده به دلیل افزایش انبساط سلولی و افزایش جذب آب باشد. انبساط سلولی جهت تسهیل باز شدن گل، همراه با افزایش محتوای قندهای محلول در سلول‌های گلبرگ، سبب فراهم آمدن فشار تورژسانس لازم برای رشد گلبرگ می‌شود (Reid, 2003). بالاترین اسیدیته سلولی در گل‌های در حال پژمردگی حاصل شد که می‌تواند به دلیل تغییرات مربوط به پایداری ترکیبات رنگی مانند آنتوسیانین‌ها باشد (Tanaka et al., 2005). افزایش اسیدیته شیره سلولی در زمان پیری به دلیل فعالیت پروتئولیزی سلول‌ها بوده که سبب افزایش تجمع ترکیبات آمونیاکی و آغاز فرایند پیری گل می‌شود (Kuiper et al., 1996; Anderson, 2006). در آنالیز ترکیب اجزای اسانس گل محمدی طی مراحل مختلف نمو گلبرگ، بیشترین و کمترین میزان ترکیبات اسانس، به ترتیب در گل کامل باز شده و گل در آغاز پیری وجود داشت. در مرحله گل کامل باز شده، دو ترکیب اوژنول و ژرانیال که در سایر مراحل وجود نداشت تولید شد و از سویی آلکان دوکوسان که از ترکیبات مومی اسانس می‌باشد فقط در مرحله گل کامل باز شده تولید نشد. با توجه به استاندارد بین‌المللی برای اسانس گل محمدی که نسبت سیترونلول/ژرانیول (۱/۳۰-۱/۲۵ درصد) برای صنایع عطرسازی را مطرح می‌نماید، بالاترین مقدار این نسبت در مرحله گل کامل (۱/۳۸ درصد) حاصل

خواهد داشت، لیکن اگر هدف استفاده دارویی باشد مرحله غنچه گل نیز با تولید برخی ترکیبات ترپنی مانند بتا-میرسین به‌طور اختصاصی و درصد بالاتر ترکیباتی مانند آلفا-پینین، که خواص دارویی آنها به اثبات رسیده است، مرحله مناسبی برای تهیه اسانس می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که اگر هدف از تهیه اسانس گل محمدی، استفاده در صنایع عطرسازی باشد، گل کامل باز شده با تولید درصد بالاتر سیترونلول و ژرانیول و همچنین نسبت سیترونلول/ژرانیول بالاتر، اسانس با کیفیت بالاتری

REFERENCES

- Anderson, N. O. (2006). *Flower breeding and genetics: issues, challenges and opportunities for the 21st century*. Springer Science & Business Media.
- Anonymous, (2003). Oil of rose (*Rosa x damascena* Mill.). *International standards for business, government and society*. Available <http://www.iso.org>.
- Babu, K. G. D., Singh, B., Joshi, V. P. & Singh, V. (2002). Essential oil composition of Damask rose (*Rosa damascena* Mill.) distilled under different pressures and temperatures. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(2), 136-140.
- Baydar, H. (2006). Oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) cultivation and rose oil industry in Turkey. *Euro Cosmetics*, 14(6), 13-17.
- Baydar, H., Kazaz, S. & Erbas, S. (2013). Mutation breeding of oil rose. Süleyman Demirel University. *Journal of Natural and Applied Science*, 17(2), 39-43.
- Baydar, H., Schulz, H., Krüger, H., Erbas, S. & Kineci, S. (2008). Influences of fermentation time, hydro-distillation time and fractions on essential oil composition of Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(3), 224-232.
- Boskabadi, M. H., Shafei, M.N., Saberi, Z. & Amini, S. (2011). Pharmacological effects of *Rosa damascena*. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*, 14(4), 295-307. (in Farsi)
- Cho, K. S., Lim, Y., Lee, K., Lee, J., Lee, J. H. & Lee, I. S. (2017). Terpenes from forests and human health. *Toxicological Research*, 33(2), 97-106.
- Dafny-Yelin, M., Guterman, I., Menda, N., Ovadis, M., Shalit, M., Pichersky, E., Zamir, D., Lewinsohn, E., Adam, Z. & Weiss, D. (2005). Flower proteome: changes in protein spectrum during the advanced stages of rose petal development. *Planta*, 222(1), 37-46.
- Davazdah-Emami, S. (2016). *Rosa damascena*. Organizaion of Agriculture-Jahad. Isfahan Province. (in Farsi)
- 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.
- Dobрева, A., Kovatcheva, N., Astatkie, T. & Zheljzkov, V. D. (2011). Improvement of essential oil yield of oil-bearing (*Rosa damascena* Mill.) due to surfactant and maceration. *Industrial Crops and Products*, 34(3), 1649-1651.
- Erbas, S., Alagoz, M. & Baydar, H. (2015). A research on flower morphology and pollen viability of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.). *Agriculture Journal*, 10(2), 40-50. (in Turkish)
- Erbas, S. & Baydar, H. (2016). Variation in scent compounds of oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) produced by headspace solid phase microextraction, hydrodistillation and solvent extraction. *Records of Natural Products*, 10(5), 555-565.
- Gorji-Chakespary, A., Nikbakht, A. M., Sefidkon, F., Ghasemi-Varnamkhasti, M. & Valero, E. L. (2017). Classification of essential oil composition in *Rosa damascena* Mill. genotypes using an electronic nose. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 4, 27-34.
- Gunes, E. (2005). Turkey rose oil production and marketing: a review on problem and opportunities. *Journal of Applied Sciences*, 5(10), 1871-1875.
- Gupta, N., Sharma, S. K., Rana, J. C. & Chauhan, R. S. (2011). Expression of flavonoid biosynthesis genes vis-à-vis rutin content variation in different growth stages of *Fagopyrum* species. *Journal of Plant Physiology*, 168(17), 2117-2123.
- Kazaz, S., Baydar, H. & Erbas, S. (2009). Variations in chemical compositions. *Czech Journal of Food Science*, 27(3), 178-184.
- Koksall, N., Aslançan, H., Sadighzadi, S. & Kafkas, E. (2015). Chemical investigation on *Rosa damascena* Mill. volatiles; effects of storage and drying conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14(1), 105-114.
- Kuiper, D., van Reenen, H. S. & Ribot, S. A. (1996). Characterisation of flower bud opening in roses; a comparison of Madelon and Sonia roses. *Postharvest Biology and Technology*, 9(1), 75-86.

21. Nam, S. Y., Chung, C., Seo, J. H., Rah, S. Y., Kim, H. M. & Jeong, H. J. (2014). The therapeutic efficacy of α -pinene in an experimental mouse model of allergic rhinitis. *International Immunopharmacology*, 23(1), 273-282.
22. Nazzaro, F., Fratianni, F., Coppola, R. & Feo, V. De. (2017). Essential oils and antifungal activity. *Pharmaceuticals*, 10(4), 86-106.
23. Nedeltcheva-Antonova, D., Stoicheva, P. & Antonov, L. (2017). Chemical profiling of Bulgarian rose absolute (*Rosa damascena* Mill.) using gas chromatography–mass spectrometry and trimethylsilyl derivatives. *Industrial Crops and Products*, 108, 36-43.
24. Omidi, M., Khandan-Mirkohi, A., Kafi, M. & Zamani, Z. (2020). Effect of salinity stress on some morphology and physiology indices of damask rose kashan genotype. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(1), 1-17. (in Farsi)
25. Pellati, F., Orlandini, G., van Leeuwen, K. A., Anesin, G., Bertelli, D., Paolini, M., Benvenuti, S. & Camin, F. (2013). Gas chromatography combined with mass spectrometry, flame ionization detection and elemental analyzer/isotope ratio mass spectrometry for characterizing and detecting the authenticity of commercial essential oils of *Rosa damascena* Mill. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, 27(5), 591-602.
26. Reid, M.S. (2003). Flower development: from bud to bloom, in: *Proceedings of VIII International Symposium on Postharvest Physiology of Ornamental Plants*, 669, 105-110.
27. Sakai, M., Hirata, H., Sayama, H., Sekiguchi, K., Itano, H., Asai, T., Dohra, H., Hara, M. & Watanabe, N. (2007). Production of 2-phenylethanol in roses as the dominant floral scent compound from L-phenylalanine by two key enzymes, a PLP-dependent decarboxylase and a phenylacetaldehyde reductase. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 71, 2408-2419.
28. Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F. & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34(1), 3-21.
29. Schmitzer, V., Mikulic-Petkovsek, M. & Stampar, F. (2013). Sepal phenolic profile during *Helleborus niger* flower development. *Journal of Plant Physiology*, 170(16), 1407-1415.
30. Schmitzer, V., Veberic, R., Osterc, G. & Stampar, F. 2010. Color and phenolic content changes during flower development in groundcover rose. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 135(3), 195-202.
31. Sefidkon, F., Akbari, Z., Assareh, M. H. & Bakhshi-Khaniki, G. (2006). Comparison of quantity and quality of aromatic compounds from *Rosa damascena* Mill. by different extraction methods. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 22(4), 351-365. (in Farsi)
32. Sood, S. & Nagar, P.K. (2003). Changes in abscisic acid and phenols during flower development in two diverse species of rose. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25(4), 411-416.
33. Sood, S., Vyas, D. & Nagar, P. K. (2006). Physiological and biochemical studies during flower development in two rose species. *Scientia Horticulturae*, 108(4), 390-396.
34. Staikov, V. & Kalajiev, I. (1980). Study of oil roses (*Rosa damascena* Mill.) originated from India, Morocco, Iran and Bulgaria. *Plant Science*, 17(4), 58-68.
35. Tanaka, Y., Katsumoto, Y., Brugliera, F. & Mason, J. (2005). Genetic engineering in floriculture. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 80(1), 1-24.
36. 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.
37. Verma, R. S., Padalia, R. C., Chauhan, A., Singh, A. & Yadav, A. K. (2011). Volatile constituents of essential oil and rose water of damask rose (*Rosa damascena* Mill.) cultivars from North Indian hills. *Natural Product Research*, 25(17), 1577-1584.
38. Watanabe, S., Hayashi, K., Yagi, K., ASAI, T., Mactavish, H., Picone, J., Turnbull, C. & Watanabe, N. (2002). Biogenesis of 2-phenylethanol in rose Flowers: Incorporation of [2H8] L-phenylalanine into 2-phenylethanol and its β -D-glucopyranoside during the flower opening of *Rosa* 'Huh-Jun' and *Rosa damascena* Mill. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 66(5), 943-947.
39. Yassa, N., Masoomi, F., Rohani S. E. R. & Hadjiakhoondi, A. (2009). Chemical composition and antioxidant activity of the extract and essential oil of *Rosa damascena* from Iran population of Guilan. *Daru*, 17(3), 175-180.
40. Yousefi, B. (2019). Evaluation of genetic diversity of flower yield and its components in 12 local genotypes of *Rosa damascena* Mill. in Kurdistan province. *Iranian Journal of Horticultural Science*. 50(3), 723-732. (in Farsi)
41. Zeinali, H., Tabaei-Aghdaei, S. R. & Arzani, A. (2010). A study of morphological variations and their relationship with flower yield and yield components in *Rosa damascena*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11(4), 439-448.