

Investigation of the Physicochemical Properties and Essential Oil Quality of Rosa Flower Buds under Different Drying Methods

O. R. Roustapour^{1*}, F. Sefidkon², A. Golshan Tafti¹, H. R. Gazor¹

1- Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

2- Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

(* - Corresponding Author Email: o.roostapour@areo.ir)

<https://doi.org/10.22067/jam.2026.94774.1418>

Introduction

Rosa damascena Mill is a valuable cultivated plant, and for many years, essential oil has been produced from its flowers in Iran. The flower buds are generally dried by spreading them out in the shade or in the sun. Shade drying can lead to prolonged drying times, while sun drying may reduce product quality, affecting colour and essential oil. Therefore, in the current study, *Rosa* flower buds were dried using different drying processes and periods, and their physicochemical properties and essential oil quality were determined.

Materials and Methods

Rosa flower buds were collected from a farm located in Markazi province, Iran, in late May, 2024. Buds were dried using shade, a cabinet dryer (30 and 40 °C), an indirect solar dryer, a freeze-dryer, and a vacuum-dryer. Colour specifications (*Lab*) of the inner and outer petals of dried buds were measured by a colorimeter. Titratable acidity was determined by the titration method using 0.1 normal sodium hydroxide solution. Ascorbic acid was also measured by the titration method with 2 and 6 dichlorophenol indophenol. Experiments were carried out in three replications using a completely randomised design, and data were analysed using one-way ANOVA. Afterwards, the means of the data were compared using the Duncan test. The extraction of essential oil was applied by the water distillation method. After determining the essential oil yield, the compounds' percentages were identified using GC and GC-MS devices.

Results and Discussion

The results revealed that drying in shade took too long (more than 12 days), and the shortest drying time happened in the vacuum-dryer (18 hours). The maximum colour index (*L**) in the outer and inner petals of dried buds was observed in the freeze-dryer as 49.42 and 44.94, respectively. The maximum value of the *a** index of 25.61 was acquired in the outer petal buds, which were dried at 50 °C in the cabinet dryer. After the fresh buds, the *a** index of the inner petal buds was highest in the vacuum dryer at 16.62. The *b** index of the outer and inner petal buds dried in the cabinet dryer, solar dryer, shade, and vacuum dryer did not have any significant differences. The maximum titratable acidity value was related to buds dried in the solar dryer (2.3%), and the minimum was observed in the vacuum dryer (1.23%). In the cabinet dryer (40 and 50 °C), ascorbic acid of dried buds had the highest values (1.57 and 1.49 mg per 100 g wet matter) in comparison with the other treatments. The quality of the essential oil extracted from dried buds in shade was similar to that of fresh buds. After the shade drying method, the best quality of essential oil was observed in buds dried in the cabinet dryer at 40 °C (30.4%).

Conclusion

Based on the results, applying vacuum-drying considerably shortened the drying period in comparison with shade drying. Lightness (*L*) is the most important specification that had the maximum value in outer and inner petals of buds dried in the freeze-dryer, and the least in the solar dryer. There were no significant differences between the lightness of inner petals of buds dried in shade and the two treatments of the cabinet dryer. Drying caused an increase in titratable acidity and a decrease in ascorbic acid of the flower buds. The maximum titratable acidity was depicted in buds dried by an indirect solar dryer, and the minimum was in the vacuum dryer. The flower buds dried in the cabinet dryer contained significantly higher levels of ascorbic acid compared to other drying methods. Cabinet drying at 50 °C yielded the highest amount of essential oil. The most aroma compounds and the lowest waxy compounds were observed in fresh buds, buds dried in shade, and buds which

dried at 40 °C in the cabinet dryer, respectively.

Keywords: Chemical properties, Drying, Essential oil quality, Physical properties, Rosa flower bud

بررسی خواص فیزیکی - شیمیایی و کیفیت اسانس غنچه گل محمدی در روش‌های مختلف خشک کردن

امید رضا روستاپور^{۱*}، فاطمه سفیدکن^۲، ابوالفضل گلشن تفتی^۱، حمید رضا گازر^۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۳۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۱/۱۷

چکیده

غنچه خشک گل محمدی فرآورده‌ای است که علاوه بر مصارف خوراکی برای گلاب‌گیری و تهیه اسانس استفاده می‌شود. به منظور دستیابی به روش مناسب خشک کردن غنچه، شش روش سایه خشک، خشک‌کن‌های خورشیدی غیرمستقیم، کابینتی (۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس)، انجمادی و تحت خلاء مورد ارزیابی قرار گرفتند. خواص فیزیکی و شیمیایی غنچه شامل رنگ، اسیدیته قابل تیتراسیون و ویتامین ث اندازه‌گیری شدند. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب و جداسازی و شناسایی ترکیب‌های اسانس پس از تعیین بازده انجام شد. با دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی و متصل به طیف‌سنج جرمی، نوع و درصد اجزای اسانس‌ها تعیین شد. طبق نتایج، بیشترین شدت خشک شدن در خورشیدی غیرمستقیم و کمترین در روش سایه خشک می‌باشد. بیشترین مقدار ویتامین ث، در غنچه خشک‌شده در کابینتی (۴۰ و ۵۰) و کمترین در انجمادی و تحت خلاء بود. اسیدیته قابل تیتراسیون در غنچه خشک‌شده در خورشیدی غیرمستقیم دارای بیشترین و در تحت خلاء دارای کمترین مقدار بود. غنچه‌های خشک‌شده در سایه و کابینتی (۴۰ و ۵۰) بیشترین فنل کل را دارند. کمترین فنل به ترتیب در تحت خلاء، انجمادی و خورشیدی غیرمستقیم به دست آمد. بالاترین L^* گلبرگ‌های بیرونی و درونی، در روش‌های انجمادی و سپس تحت خلاء می‌باشد. بیشترین a^* در گلبرگ‌های بیرونی تحت روش کابینتی (۵۰) به دست آمد. این شاخص در گلبرگ‌های درونی غنچه‌ها تحت روش خلاء، بعد از غنچه تازه دارای بیشترین مقدار بود. کیفیت اسانس غنچه‌های سایه خشک تفاوت چندانی با غنچه‌های تازه نداشت. همچنین خشک‌کن کابینتی (۴۰) بعد از سایه خشک بهترین شرایط در کیفیت اسانس غنچه خشک ایجاد کرد.

واژه‌های کلیدی: خشک کردن، خواص شیمیایی، خواص فیزیکی، غنچه گل محمدی، کیفیت اسانس

مقدمه

۵۶ گونه گل محمدی در ایران شناسایی شده است. در کشورهای تولیدکننده گل محمدی، سه گونه دامسنا، سنتی‌فولیا و گالیسا برای استفاده از مواد مؤثره‌شان در صنایع غذایی و آرایشی و بهداشتی استفاده می‌شود (Mir, 2019; Yousefi, Tabaie Aghdaei, & Amiri, 2021).

فرآیند خشک کردن بعد از برداشت غنچه به منظور کاهش درصد رطوبت به زیر ۱۰ درصد به منظور فراهم آوردن شرایط ذخیره محصول، به کار گرفته می‌شود. خشک کردن بایستی در کمترین زمان به منظور جلوگیری از فساد غنچه گل محمدی و حفظ انرژی برای اهداف تجاری انجام شود (Brennan, 2003).

در حال حاضر درصد زیادی از غنچه‌های گل محمدی به روش‌های مرسوم با پهن کردن در برابر آفتاب و یا پهن کردن در سایه خشک می‌شوند. خشک کردن در هوای آزاد باعث کاهش کیفیت محصول به علت نشست گرد و غبار و تردد جانوران و حشرات و نیز عدم دستیابی به استانداردهای ثابت کیفیت می‌شود

گل محمدی (*Rosa damascene* Mill.) گیاهی درختچه‌ای دائمی و متعلق به تیره رزاسیا^۱ است. این گیاه یکی از پنج پایه اصلی رز در جهان است و سازگاری خوبی نسبت به شرایط محیطی به‌ویژه خشکی دارد. گل محمدی یک گاه ارزشمند باغبانی است و از آن برای تولید گلاب و اسانس در ایران استفاده می‌شود. این گل علاوه بر ایران در کشورهای بلغارستان، سوریه، ترکیه، فرانسه، مراکش، تونس، ژاپن، اوکراین، هند، آمریکا و کانادا نیز کشت می‌شود. تاکنون

۱- موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

۲- موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(*) نویسنده مسئول: Email: o.roostapour@areo.ir

<https://doi.org/10.22067/jam.2026.94774.1418>

3- Rosaceae

(Khorramdel, Shabahang, & Asadi, 2013). با توجه به این که درصد رطوبت اولیه غنچه گل حدود ۷۵ درصد (بر پایه تر) می‌باشد و رطوبت نهایی غنچه حدود ۱۰ درصد است (Ebrahimi & Sharifzadeghan, 2016) لذا از هر یک تن غنچه تر حدود ۲۸۰ کیلوگرم غنچه خشک به دست آمده و ایجاد درآمد ناخالص بالا به ازای هر هکتار برای کشاورز می‌نماید. افزایش کیفیت غنچه خشک شده باعث افزایش قیمت غنچه ایران در بازار جهانی و بازار داخل و به تبع ارزش افزوده بالاتر خواهد شد. استفاده از روش‌های صحیح و مکانیزه خشک کردن، علاوه بر کاهش زمان خشک شدن، افزایش سطح کیفی محصول در راستای اهداف امنیت غذایی کشور را به دنبال خواهد داشت.

ترکیب اسانس گل محمدی تقطیر شده در فشارها و دماهای متفاوت در سطح نیمه صنعتی مورد مطالعه قرار گرفته است و اسانس حاصل از گل‌های تازه به وسیله GC-FID مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج نشان داده که به طور کلی، درصد الکل‌ها (۸۳/۴۱-۵۵/۲۵) در اسانس گل محمدی با افزایش فشار و دمای تقطیر افزایش پیدا می‌کند. اجزای اصلی اسانس گل محمدی از عصاره دی‌کلرومتانی و تقطیر مجدد گلاب در فشار اتمسفر و فشار بالاتر مورد بررسی قرار گرفت و از کاهش درصد الکل خالص نتیجه گرفته شد که تقطیر انجام شده در فشار بالاتر، اسانسی با کیفیت مناسب حاصل نمی‌کند اما اسانس استخراج شده با دی‌کلرو متان از گلاب، حاوی مقادیر بیشتری از ۲- فیل ایتیل الکل است (Babu, Singh, Joshi, & Singh, 2002).

مقایسه نمونه آزمایشگاهی و صنعتی اسانس گل محمدی از لحاظ کمیت و کیفیت ترکیب‌های عمده از منطقه کاشان نشان داد که ترکیب‌های عمده در اسانس صنعتی شامل فیتول (۳۹/۳٪)، هنی کوزان (۱۶/۵٪)، هگزادکان (۱۲/۵٪)، هپتادکان (۵/۹٪) و سیترونلول (۴/۱٪) می‌باشد. در حالی که ترکیب‌های عمده نمونه اسانس آزمایشگاهی نونادکان (۲۱٪)، سیترونلول (۲۰/۳٪)، ژرانیول (۱۹٪) و فیل ایتیل الکل (۱۸/۹٪) بودند (Rezaee, Jaimand, Tabaei-Aghdaei, & Barazandeh, 2003).

در یک تحقیق، اثر روش‌های مختلف خشک کردن آفتاب، سایه و آون ۳۰ و ۴۰ درجه سلسیوس بر کمیت و کیفیت اسانس گلبرگ‌های سه ژنوتیپ گل محمدی بررسی و اسانس کلیه نمونه‌ها به روش تقطیر با آب و استخراج به وسیله دستگاه‌های GC-MS و GC تجزیه و شناسایی شد. نتایج نشان داد که اسانس گلبرگ‌های تازه دارای بالاترین کیفیت (درصد بالای ژرانیول و سیترونلول و کمترین میزان ترکیبات مومی) است. همچنین اسانس حاصل از گلبرگ‌های خشک شده در سایه نسبت به اسانس حاصل از روش‌های دیگر از لحاظ میزان اسانس دارای تفاوت معنی‌داری نبوده ولی از لحاظ کیفیت دارای تفاوت چشمگیری است. بنابراین بهترین روش

خشک کردن گل محمدی برای حفظ مقادیر بالاتری از اسانس و اجزای معطر، خشک کردن در سایه توصیه شد (Ahmadi, Sefidkon, & Assareh, 2008).

بیار و همکاران (Boyar, Bayhan, & Dikmen, 2013) ویژگی‌ها و رفتار خشک شدن گل محمدی در سایه را مورد بررسی قرار دادند. میانگین رطوبت اولیه گل‌ها ۷۹/۶ درصد (بر پایه تر) بود که پس از خشک شدن به ۷/۱۱ درصد (بر پایه تر) رسید. زمان خشک شدن گل محمدی بسته به شرایط آب و هوایی در محدوده ۷۲-۱۶۲ ساعت بود. طبق گزارش این پژوهشگران، در طی فرآیند خشک کردن گل محمدی در سایه، ویژگی‌های هیگروسکوپی گل محمدی مشاهده شد. گل محمدی به شدت تحت تأثیر دما و رطوبت هوا در طی فرآیند خشک کردن در سایه قرار داشت.

رائول و همکاران (Raol, Kumpavat, & Vyas, 2013) از خشک کن کابینتی با دماهای ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس، میکروویو با سلیکاژل در دمای ۵۰ درجه سلسیوس، خشک کن تحت خلاء در دمای ۴۰ درجه سلسیوس و فشار ۷۶۰ میلی‌متر جیوه، خشک کردن در سایه و در آفتاب برای خشک کردن غنچه کامل گل محمدی استفاده کردند. بیشترین زمان خشک کردن برای روش سایه (۵ روز) و کمترین زمان خشک کردن در روش میکروویو (۱۳ دقیقه) حاصل شد. روش میکروویو و سپس روش تحت خلاء بهترین روش - های خشک کردن غنچه گل محمدی گزارش شدند. در خشک کن کابینتی ۴۰ درجه سلسیوس در طی مدت ۵ ساعت مقدار رطوبت از ۸۰ درصد (بر پایه تر) به ۲۹ درصد (بر پایه تر) کاهش یافت.

هنین و همکاران (Henin, Zhang, Ju, & Wang, 2021) گل سرخ خوراکی را با خشک کن هیبریدی مادون قرمز- تصعیدی طی شرایط مجهز به سامانه توزیع گاز ضربانی و بدون در نظر گرفتن این سامانه در سه سطح دمای ۵۰، ۶۰ و ۷۰ درجه سلسیوس خشک کردند. خشک کن هیبریدی مجهز به سامانه توزیع گاز باعث کاهش زمان خشک کردن (۳۰-۸ درصد) و انرژی مصرفی (۳۶-۱۵ درصد) نسبت به خشک کن تصعیدی (شاهد) شد. محصول نهایی خروجی از خشک کن تصعیدی دارای بیشترین روشنایی (L) و کمترین قرمزی (a) بود و شرایط بهتری را نسبت به خشک کن هیبریدی داشت.

در فرآیند خشک کردن غنچه گل محمدی حفظ عطر و بو، اسانس، کیفیت ظاهری و رنگ مخصوصاً رنگ غنچه در هسته مرکزی به منظور تولید محصول با ارزش افزوده بالا، بازارپسندی و صادرات ضروری است. غنچه گل محمدی با خشک کن‌های مختلف شامل کابینتی در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس، خورشیدی غیرمستقیم، تحت خلاء و انجمادی و با پهن کردن در سایه خشک شدند و مدت زمان خشک شدن، خواص فیزیکی- شیمیایی و کیفیت اسانس مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

غنچه‌های گل محمدی (*Rosa damascene* Mill.) از اواخر اردیبهشت ماه تا اواسط خرداد ماه ۱۴۰۳ از مزرعه گل محمدی واقع در استان مرکزی، بخش خرقان، روستای منجیقان به مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۱ دقیقه و ۴۷ ثانیه شمالی و ۴۹ درجه و ۵۰ دقیقه و ۲۰ ثانیه شرقی، در ساعات اولیه صبح از زیر نهنج جدا شده و



شکل ۱- غنچه‌های گل محمدی جمع‌آوری شده

Fig.1. Collected Rosa flower buds

(Zheng, Xia, & Lu, 2015)

لازم به ذکر است برای تمام روش‌های آزمایش عملیات خشک کردن غنچه تا محدوده رطوبتی ۱۲ تا ۱۴ درصد بر پایه انجام شد (Ebrahimi & Sharifzadeghan, 2016). سپس با در نظر گرفتن زمان استراحت و هم‌دمایی نمونه‌ها با محیط پارامترهای کیفی بررسی و اندازه‌گیری شد.

در روش سایه خشک، غنچه‌های گل روی یک سطح پارچه‌ای گسترده در محیط باز (سایه) با متوسط دمای ۲۲ درجه سلسیوس پهن و فرآیند خشک کردن آن طی ۳ تکرار انجام شد. مدت زمان خشک شدن غنچه ۲۹۸ ساعت بود.

خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم^۱ دارای یک واحد جمع‌کننده^۲ مشتمل بر یک صفحه جاذب به رنگ سیاه بوده که تابش آفتاب را دریافت و گرم می‌شود. هوای گرم توسط یک فن مکنده به داخل محفظه شامل سینی‌هایی که غنچه‌های گل محمدی بر روی آن‌ها پهن شده‌اند، جریان می‌یابد. خشک‌کن خورشیدی مورد استفاده توسط روستاپور و همکاران (Roustapour et al., 2016) در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی فارس طراحی و ساخته شده است. در این خشک‌کن عبور جریان هوای گرم از زیر سینی‌ها،

روش‌های خشک کردن غنچه گل محمدی

در این تحقیق شش تیمار خشک کردن شامل خشک کردن در سایه، خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم، خشک‌کن کابینتی با جریان هوای اجباری در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس، خشک‌کن تحت خلاء و خشک‌کن تصعیدی برای خشک کردن غنچه گل محمدی در شهرستان کرج مورد استفاده و بررسی قرار گرفت. انتخاب دما در خشک کردن غنچه گل محمدی که دارای بافت حساسی می باشد بسیار مهم است. دمای بالا باعث تخریب بافت غنچه، تغییر رنگ شدید هسته مرکزی و از بین رفتن ترکیبات مفید اسانس خواهد شد. از طرفی دمای کم هم باعث طولانی شدن فرآیند و آسیب به ترکیبات فنلی و آنتوسیانین خواهد شد لذا انتخاب مناسب دما و زمان در فرآیند خشک کردن غنچه ضروری است. در یک پروژه تحقیقاتی سه سطح دمایی ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درجه سلسیوس برای خشک‌کن کابینتی در نظر گرفته شده است (Roustapour et al., 2024)، منتهی در دمای ۶۰ درجه سلسیوس ترکیبات فنلی و همچنین ترکیبات مفید اسانس به شدت کاهش یافته است. بنابراین کاربرد دماهای بالای ۵۰ درجه سلسیوس در خشک‌کن کابینتی برای خشک کردن غنچه گل محمدی مناسب نیست. ترکیب مناسب دما و زمان خشک شدن در حفظ ترکیبات فنلی و اسانس ضروری است لذا برای دستیابی به بهترین شرایط فرآیند، دو سطح دمایی یادشده انتخاب گردید. (Bhardwaj, Chauhan, Kumar, & Sethi, 2017; Henin et al., 2021;

1- Indirect solar dryer

2- Collector

رنگ گلبرگ‌های درونی و بیرونی غنچه گل محمدی با دستگاه رنگ‌سنج (مدل DP-25-9000 ساخت شرکت Hunterlab آمریکا) قبل و بعد از فرآیند خشک کردن اندازه‌گیری شد. همچنین تغییرات رنگ کلی که نشان‌دهنده تغییرات رنگ گلبرگ‌های بیرونی و درونی غنچه گل بعد از خشک کردن به روش‌های مختلف نسبت به غنچه تازه است، طبق رابطه (۱) محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت (Santos-Sánchez *et al.*, 2012).

$$\sqrt{(L_0 - L_t)^2 + (a_0 - a_t)^2 + (b_0 - b_t)^2} \quad (1)$$

اسیدیته قابل تیتراسیون (بر حسب اسید سیتریک) با روش تیتراسیون و استفاده محلول سود ۰/۱ نرمال اندازه‌گیری شد. نتایج بر حسب درصد سیتریک اسید محاسبه و گزارش شد. مقدار ویتامین ث (اسید آسکوربیک) با روش تیتراسیون با ۲ و ۶ دی‌کلروفنل ایندوفنل اندازه‌گیری و مقدار آن بر حسب میلی گرم در صد گرم ماده تر بیان شد (Mabellinia *et al.*, 2011).

استخراج، جداسازی و شناسایی ترکیب‌های اسانس

برای هر اسانس‌گیری، ابتدا درصد رطوبت نمونه‌های خشک‌شده با قرار دادن در آون تعیین شد. سپس ۲۰۰ تا ۳۰۰ گرم غنچه تازه و ۸۰ تا ۱۰۰ گرم غنچه خشک به‌دست‌آمده از هر تیمار به مدت ۲ ساعت به روش تقطیر با آب اسانس‌گیری شد. اسانس‌گیری از هر تیمار، در ۳ تکرار صورت گرفت. ضمن تعیین بازده اسانس و به‌عبارتی میزان اسانس بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم گیاه، نمونه‌هایی از مخلوط تکرارها برای هر تیمار جهت شناسایی ترکیبات آن‌ها برای آنالیز دستگاهی انتخاب شدند. تعیین ترکیبات اسانس با دستگاه GC-MS و GC صورت گرفت. پس از تزریق نمونه‌های اسانس به دستگاه گاز کروماتوگراف (GC) و یافتن مناسب‌ترین برنامه‌ریزی حرارتی ستون جهت دستیابی به بهترین جداسازی، اسانس‌های حاصله با دی‌کلرومتان رقیق شد و به دستگاه گاز کروماتوگراف متصل شده با طیف‌سنج جرمی (GC-MS) تزریق و طیف‌های جرمی و کروماتوگرام‌های مربوطه به‌دست آمد. سپس با استفاده از زمان بازداری، شاخص بازداری کوآتس، مطالعه طیف‌های جرمی و مقایسه با ترکیب‌های استاندارد و استفاده از اطلاعات موجود در نرم‌افزار SATURN، ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس‌ها مورد شناسایی کمی و کیفی قرار گرفت (Shahverdi, Sefidkon, Jamzad, & Nejheidsattari, 2012). دستگاه کروماتوگرافی گازی فوق سریع دارای ستون H-۵ (به طول ۱۰ متر، قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۴ میکرومتر) بود. دمای اولیه، ۶۰ درجه سلسیوس (با زمان نگهداری ۳ دقیقه) و در نهایت با افزایش ۸۰ درجه سلسیوس دما در هر دقیقه به دمای نهایی ۲۸۰ درجه سلسیوس رسید. از گاز حامل هلیوم با درجه خلوص ۹۹/۹۹۹ با حرکت در طول ستون

باعث تبخیر رطوبت و خشک شدن محصول می‌شود. متوسط دمای هوای محیط اطراف خشک‌کن ۲۵ درجه سلسیوس به‌دست آمد. مدت زمان خشک شدن غنچه‌ها در این خشک‌کن ۴۸ ساعت بود.

خشک‌کن کابینتی مورد استفاده از نوع جریان متقاطع با منبع تامین حرارت گرم‌کن برقی و جریان هوای اجباری توسط فن دمنده می‌باشد. سرعت جریان خروجی هوا از خشک‌کن ۱ متر بر ثانیه در نظر گرفته شد. مدت زمان خشک کردن غنچه‌ها در خشک‌کن کابینتی در دو سطح دمایی ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب ۵۴ و ۳۸ ساعت بود. خشک‌کن انجمادی^۱ استفاده شده مدل FD-8505/FD-5005-HS-BT ساخت شرکت دنا با حجم ۵ لیتر و دارای پمپ خلاء با فشار خلاء ۰/۰۰۰۵ میلی‌متر جیوه بود. نمونه‌های غنچه گل محمدی ابتدا به‌منظور انجماد عمیق^۲ به مدت ۲ ساعت در فریزر با دمای -۷۰ درجه سلسیوس قرار داده شدند. در ادامه، نمونه‌ها سریعاً به خشک‌کن تصعیدی انتقال یافته و تحت فرآیند تصعید در دمای ۵۰ درجه سلسیوس و خلاء کمتر از ۴/۵۸ میلی‌متر جیوه قرار گرفتند. در این دستگاه ابتدا آب درون ماده یخ‌زده در دمای صفر درجه سلسیوس شروع به تصعید نمود. سپس به‌تدریج با تجمع بخار، فشار از ۴/۵۸ میلی‌متر جیوه افزایش یافت و نمونه‌های غنچه در مدت زمان ۶۴ ساعت خشک شدند. خشک‌کن تحت خلاء استفاده شده ساخت بخش بیوسیستم دانشگاه فردوسی مشهد و دارای پمپ خلاء با توان ۰/۵۵ کیلووات و با مکش ۵- میلی‌بار بود. نمونه غنچه‌های گل محمدی بر روی سینی خشک‌کن پهن شده و در دمای ورودی ۵۰ درجه سلسیوس تحت فرآیند خشک شدن قرار گرفتند. فرآیند خشک کردن غنچه‌ها در مدت زمان ۱۸ ساعت انجام شد. برای بررسی تغییرات رطوبت محصول در تمامی روش‌های خشک شدن، توزین نمونه‌ها هر ۳ ساعت یکبار توسط ترازوی دیجیتال AND ژاپن با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد.

تعیین خواص کیفی غنچه گل محمدی قبل و پس از خشک کردن

تغییر رنگ غنچه خشک‌شده در سطح رویه و لایه داخلی به‌عنوان یکی از خواص فیزیکی در سیستم CIE Lab تعیین خواهد شد. رنگ با ۳ ویژگی روشنایی (L)، میزان قرمزی (a) و زردی (b) بیان می‌شود. میزان روشنایی بین صفر تا ۱۰۰ متغیر است که عدد صفر معرف تاریکی و ۱۰۰ معرف روشنایی است. میزان قرمزی بین a^- تا a^+ متغیر بوده که a^+ نشانگر قرمزی و a^- نشانگر سبزی است. زردی با b^+ و رنگ آبی با b^- مشخص می‌شود (Yam & Papadakis, 2004).

- 1- Freeze dryer
- 2- Deep freezing

سطح دمایی ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس، خشک‌کن انجمادی و خشک‌کن تحت خلاء تا رسیدن رطوبت نمونه‌ها از رطوبت اولیه حدود ۷۳ درصد بر پایه تر به رطوبت نهایی ۱۲ تا ۱۴ درصد بر پایه تر انجام شد. بر اساس نتایج، بیشترین زمان فرآیند در روش مرسوم سایه خشک معادل ۱۲ روز و ۱۰ ساعت حاصل شد. همچنین در روش‌های مکانیزه خشک‌کردن، بیشترین زمان فرآیند در خشک‌کن انجمادی (۶۴ ساعت) و کمترین زمان در خشک‌کن تحت خلاء (۱۸ ساعت) به‌دست آمد (شکل ۲). استفاده از فشار منفی هوا باعث خروج سریع‌تر رطوبت از محصول خواهد شد لذا زمان خشک شدن در خشک‌کن تحت خلاء از بقیه روش‌ها کمتر است. در خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم با توجه به این‌که دما در سطح محصول در حداکثر دمای هوای محیط تا ۵۷ درجه سلسیوس می‌رسد و متوسط دمای هوا در این خشک‌کن ۴۴ درجه سلسیوس بوده است لذا زمان خشک‌شدن محصول نسبت به خشک‌کن کابینتی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس کمتر شده است (۳۷/۵ درجه سلسیوس)، در حالی‌که زمان خشک شدن محصول نسبت به خشک‌کن کابینتی در دمای ۵۰ درجه سلسیوس بیشتر است. در خشک‌کن تصعیدی با توجه به این‌که ابتدا بایستی یخ موجود در محصول تبخیر شود و فرآیند خشک کردن شامل دو مرحله ثابت و نزولی می‌باشد لذا زمان فرآیند نسبت به دیگر روش‌ها بیشتر بوده است (Roustapour et al., 2024).

با سرعت ۳۲ سانتی‌متر بر ثانیه استفاده شد. گاز کروماتوگراف متصل به طیف‌سنج جرمی مجهز به ستون DB-۵ به طول ۳۰ متر و قطر ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن در آن ۰/۲۵ میکرومتر بود. برنامه‌ریزی حرارتی ستون GC-MS از ۴۰-۲۴۰ درجه سلسیوس با سرعت افزایش دمای ۳ درجه سلسیوس در دقیقه بود. دمای محفظه تزریق ۱۰ درجه بیشتر از دمای نهایی ستون تنظیم شد و گاز حامل، هلیوم با سرعت ۳۱/۵ سانتی‌متر بر ثانیه در طول ستون حرکت می‌کرد. زمان اسکن برابر یک ثانیه، انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و ناحیه جرمی از ۴۰ تا ۳۴۰ بود.

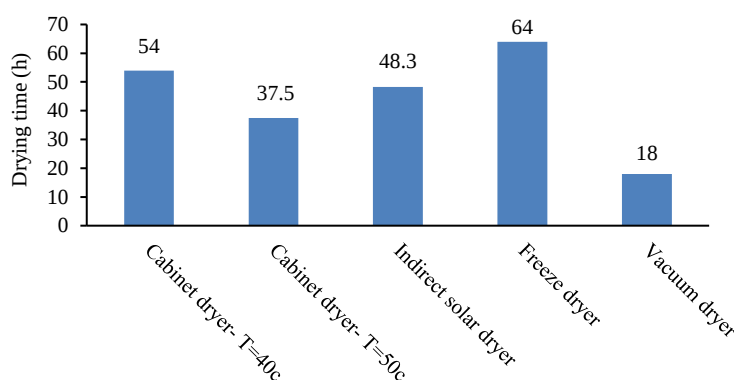
تجزیه و تحلیل آماری

آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. داده‌ها با نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه واریانس یک‌طرفه قرار گرفتند و میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد با هم مقایسه شدند.

نتایج و بحث

خشک کردن غنچه گل محمدی

همان‌طور که بیان شد خشک‌کردن غنچه طی شش تیمار سایه-خشک، خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم، خشک‌کن کابینتی در دو



شکل ۲- زمان خشک‌شدن غنچه‌های گل محمدی در روش‌های مختلف خشک کردن

Fig.2. Drying time of flower buds using different drying methods

کردند. ویژگی‌های کیفی غنچه تازه گل محمدی، در جدول ۲ نشان داده شده است. به‌هرحال، گونه‌های گل رز منبع خوبی از ویتامین ث، اسانس‌های روغنی، کارتنوئیدها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند که مقدار آن‌ها در هر گونه به عواملی از جمله زمان برداشت، درجه رسیدگی و شرایط آب و هوایی منطقه رشد بستگی دارد.

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی غنچه تازه گل محمدی

میانگین خصوصیات فیزیکی غنچه تازه گل محمدی در جدول ۱ آورده شده است. مابلینی و همکاران (Mabellinia et al., 2011)، وزن گل محمدی در دو منطقه از ترکیه را به‌ترتیب ۱/۵۸ و ۱ گرم و در سه منطقه از آرژانتین، به‌ترتیب ۱/۱۰، ۱/۹۴ و ۲/۱۱ گرم گزارش

جدول ۱- میانگین صفات فیزیکی غنچه‌های تازه گل

Table 1- Mean physical properties of fresh flower buds

وزن Weight (g)	طول Length (mm)	قطر Diameter (mm)	رنگ Colour		
			b*	a*	L*
1.18	21.82	12.43	-4.69	41.44	43.93

جدول ۲- میانگین ترکیب شیمیایی غنچه‌های تازه گل

Table 2- Mean chemical components of fresh flower buds

رطوبت (بر پایه تر) Moisture (w.b.) (%)	pH	ویتامین ث Vitamin C (mg/100g wet matter)	اسیدیته قابل تیتراسیون Titratable acidity
70	5.58	2.02	0.67

فیزیکی (رنگ) غنچه گل محمدی در جدول ۳ آورده شده است. روش‌های مختلف خشک‌کردن، اثر معنی‌داری بر تغییرات رنگ غنچه گل محمدی در سطح احتمال یک‌دهم درصد داشتند.

تأثیر روش‌های خشک‌کردن بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی غنچه گل محمدی
نتایج تجزیه واریانس اثر روش‌های خشک‌کردن بر خواص

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر روش‌های خشک‌کردن بر شاخص‌های رنگ گلبرگ‌های تازه و خشک بیرونی و درونی غنچه‌های گل

Table 3- Analysis of Variance of the effect of drying methods on the colour indices of the inner and outer petals of fresh and dried flower buds

منابع تغییر Source of variation	df	میانگین مربعات Mean squares					
		شاخص‌های رنگ گلبرگ‌های درونی Colour indices of inner petals			شاخص‌های رنگ گلبرگ‌های بیرونی Colour indices of outer petals		
		b*	a*	L*	b*	a*	L*
روش خشک‌کردن Drying method	5	190.731**	236.246**	24.512**	36.543**	187.084**	46.826**
خطا Error	18	7.044	3.621	3.013	8.080	5.213	2.253

***: اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

** Significant difference at 1% level

خشک‌شده با روش هوای گرم ۵۰ درجه سلسیوس (۲۵/۶۱) مشاهده شده است. این شاخص در گلبرگ‌های درونی غنچه‌های خشک‌شده با روش‌های تحت خلاء (۱۶/۶۲)، سایه (۱۵/۹۰)، هوای گرم ۵۰ درجه سلسیوس (۱۵/۴۸) و هوای گرم ۴۰ درجه سلسیوس (۱۴/۴۰) بعد از غنچه تازه بیشترین است و اختلاف معنی‌داری در این روش‌ها نشان نمی‌دهد. احتمالاً زمان خشک‌شدن طولانی در روش انجمادی در کاهش شاخص a* (قرمزی) در گلبرگ‌های بیرونی و درونی غنچه‌های خشک‌شده مؤثر بوده است. شاخص b* در گلبرگ‌های بیرونی غنچه تازه گل محمدی برابر ۴/۷۰- است که به‌طور معنی‌داری کمتر از غنچه‌های خشک‌شده با روش‌های مختلف خشک‌کردن است. کمترین مقدار شاخص b* در غنچه‌های خشک (۱/۰۸-)، مربوط به نمونه‌های خشک‌شده با روش هوای گرم ۵۰

در جدول ۴ مقادیر شاخص‌های رنگ در گلبرگ‌های بیرونی و درونی غنچه گل محمدی تازه و خشک‌شده طی فرآیندهای مختلف نشان داده شده است. بالاترین میزان شاخص L* در گلبرگ‌های بیرونی مربوط به غنچه‌های خشک‌شده با روش انجمادی معادل با ۴۹/۴۲ است که با غنچه تازه و دیگر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری دارد. این شاخص در گلبرگ‌های درونی غنچه‌های خشک‌شده با روش انجمادی معادل با ۴۴/۹۴ و نسبت به دیگر روش‌های خشک‌کردن بالاتر است ولی با غنچه تازه (۴۴/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارد. این شاخص در گلبرگ‌های درونی غنچه‌های خشک‌شده با دیگر روش‌ها (به‌جز انجمادی) اختلاف معنی‌داری نشان نمی‌دهد. شاخص a* در گلبرگ‌های بیرونی غنچه تازه برابر ۴۱/۴۴ است. بیشترین میزان این شاخص پس از غنچه‌های تازه در گلبرگ‌های بیرونی غنچه‌های

محمدي در خشك كن هواي گرم با دماي ۵۵ درجه سلسيوس، نسبت به نمونه هاي خشك شده در دماي ۲۵ درجه سلسيوس، داراي رنگ روشن تري هستند و با افزايش زمان خشك شدن، رنگ گلبرگ هاي گل محمدي تيره تر مي شود (Ziolhagh, Babakhanzadeh, Sajirani, & Hosseini, 2022).

درجه سلسيوس است كه نشان دهنده رنگ زرد كمتر اين غنچه هاي خشك است. به طور كلي، كاهش شاخص L^* بيانگر تيره شدن رنگ نمونه هاي خشك است. افزايش ضخامت لايه محصول در خشك كن، دماي بالا و طولاني بودن زمان خشك شدن در كاهش اين شاخص مؤثر است (Roozdar, Azizi, Ghani, & Davarynejad, 2014). در پژوهشي ديگر گزارش شده است گلبرگ هاي خشك شده گل

جدول ۴- مقايسه ميانگين اثر روش خشك كردن بر شاخص هاي رنگ و تغييرات كلي رنگ گلبرگ هاي غنچه گل
Table 4- Mean comparison of the effect of various drying methods on the colour indices of the flower bud petals

تيمار Treatment	شاخص رنگ Colour specification							
	گلبرگ هاي دروني Inner petals				گلبرگ هاي بيروني Outer petals			
	ΔE	b^*	a^*	L^*	ΔE	b^*	a^*	L^*
غنچه تازه Fresh bud	-	-2.45 ^d	38.30 ^a	44.05 ^{ab}	-	-4.7 ^c	41.44 ^a	43.93 ^b
غنچه خشك - سايه خشك Dried bud- Shade drying	26.76	2.76 ^c	15.90 ^b	41.02 ^{bc}	24.20	0.31 ^{bc}	18.32 ^{de}	38.82 ^{cd}
غنچه خشك - خشك كن انجمادي Dried bud- Freeze dryer	37.55	17.0 ^a	10.80 ^c	44.94 ^a	26.71	2.76 ^{ab}	16.38 ^e	49.42 ^a
غنچه خشك - خشك كن تحت خلاء Dried bud- Vacuum dryer	25.91	2.74 ^c	16.62 ^b	44.08 ^{ab}	21.30	0.92 ^b	21.06 ^{cd}	41.32 ^c
غنچه خشك - خشك كن كابينتي ۴۰ درجه سلسيوس Dried bud- Cabinet dryer at 40 °C	31.51	10.76 ^b	14.40 ^b	39.14 ^c	28.27	7.57 ^a	16.43 ^e	39.05 ^{cd}
غنچه خشك - خشك كن كابينتي ۵۰ درجه سلسيوس Dried bud- Cabinet dryer at 50 °C	29.07	7.64 ^b	15.48 ^b	39.57 ^c	17.80	-1.08 ^{bc}	25.61 ^b	36.64 ^d
غنچه خشك - خشك كن خورشيدی غيرمستقيم Dried bud- Indirect solar dryer	39.53	17.89 ^a	9.95 ^c	36.12 ^d	18.33	0.21 ^{cb}	24.64 ^{bc}	38.47 ^d

در هر ستون، ميانگين ها با حروف مشابه اختلاف معني داري با يكدیگر ندارند ($\alpha = 5\%$)
 In every column, there is no significant difference between mean data with similar alphabet letters ($\alpha = 5\%$)

نتايج تجزيه واريانس اثر روش هاي خشك كردن بر خواص شيميايي غنچه گل محمدي شامل اسيدितه قابل تيتراسيون و ويتامين

ث در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- تجزيه واريانس اثر روش هاي خشك كردن بر خواص شيميايي گلبرگ هاي تازه و خشك غنچه گل
Table 5- Analysis of Variance of the effect of drying methods on the chemical properties of the fresh and dried flower bud petals

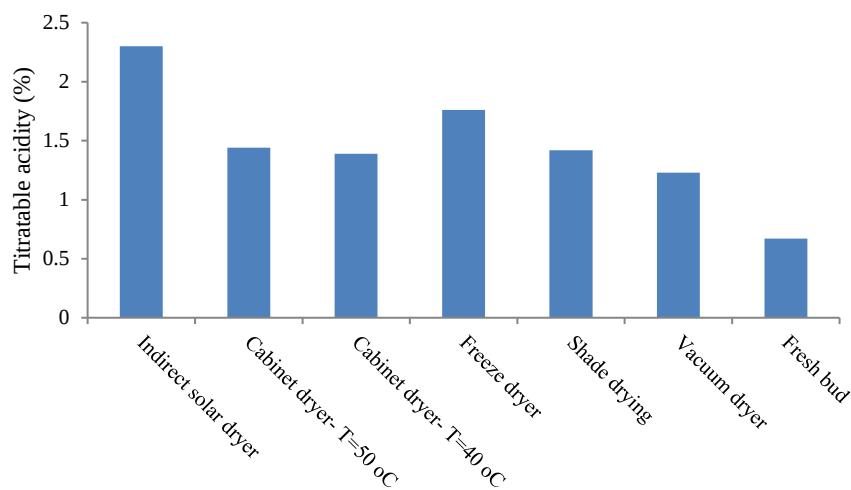
منابع تغيير Source of variation	df	ميانگين مربعات Mean squares	
		ويتامين ث Vitamin C	اسيدितه قابل تيتراسيون Titratable acidity
روش خشك كردن Drying method	5	0.402**	0.633**
خطا Error	18	0.006	0.024

***: اختلاف معني دار در سطح احتمال يك درصد

** Significant difference at 1% level

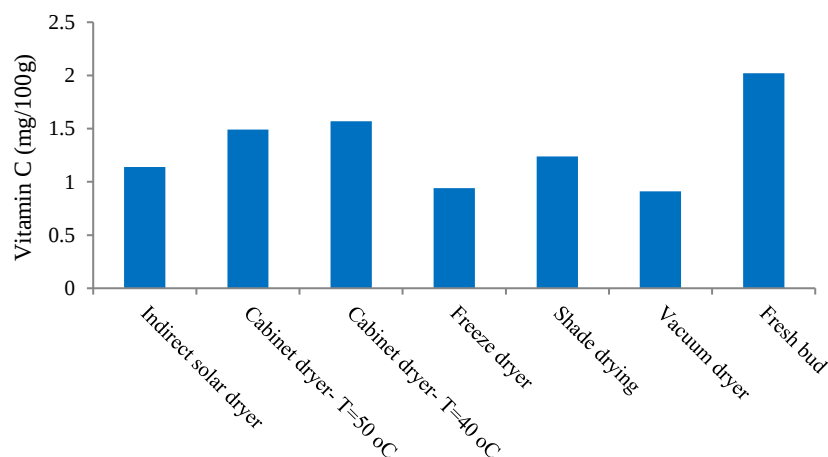
میلی گرم در صد گرم ماده تر به‌طور معنی‌داری مقدار ویتامین ث بیشتری را دارا بودند (شکل ۴). روش خشک‌کردن در سایه و روش خورشیدی غیرمستقیم به‌ترتیب با مقدار ویتامین ث ۱/۱۴ و ۱/۲۴ میلی گرم در صد گرم ماده تر در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. دما و زمان خشک‌کردن بر مقدار ویتامین ث در نمونه‌های گل محمدی تأثیر دارند (Mabellinia et al., 2011). زمان طولانی خشک‌کردن در خشک‌کن انجمادی (۶۴ ساعت) سبب کاهش معنی‌دار ویتامین ث در نمونه‌های خشک گل محمدی شده است. در دمای پایین خشک‌کردن در خشک‌کن تحت خلاء، نیز احتمالاً تجزیه آنزیمی ویتامین ث در کاهش مقدار آن در نمونه‌های خشک گل محمدی مؤثر بوده است.

کمترین مقدار اسیدیت قابل تیتراسیون به‌ترتیب در روش‌های خشک‌کردن تحت خلاء (۱/۲۳ درصد)، خشک‌کن هوای گرم با دمای ۴۰ درجه سلسیوس (۱/۳۸ درصد)، سایه (۱/۴۲ درصد) و خشک‌کن هوای گرم با دمای ۵۰ درجه سلسیوس (۱/۴۳ درصد) مشاهده شد که البته اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. بیشترین اسیدیت قابل تیتراسیون (۲/۳) در نمونه‌های خشک‌شده در خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم به‌دست آمد (شکل ۳). کلیه روش‌های خشک‌کردن، مقدار ویتامین ث را در غنچه‌های گل محمدی به‌طور معنی‌داری کاهش دادند. غنچه‌های خشک‌شده در خشک‌کن کابینتی با دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس به‌ترتیب با مقادیر ۱/۵۷ و ۱/۴۹



شکل ۳- اثر روش‌های خشک‌کردن بر مقدار اسیدیت قابل تیتراسیون گلبرگ‌های غنچه گل محمدی

Fig.3. Effect of drying methods on titratable acidity of the flower bud petals



شکل ۴- اثر روش‌های خشک‌کردن بر مقدار ویتامین ث گلبرگ‌های غنچه گل محمدی

Fig. 4. Effect of drying methods on vitamin C of the flower bud petals

آنالیز و تعیین بازده اسانس

اسانس غنچه تازه نیز ۰/۲۲ درصد است بالاترین بازده اسانس متعلق به غنچه‌هایی است که در خشک‌کن کابینتی در دمای ۵۰ درجه خشک شده‌اند و کمترین بازده اسانس مربوط به خشک‌کردن نمونه در خشک‌کن انجمادی است.

بازده اسانس نمونه‌های غنچه تازه و خشک‌شده گل محمدی طی شش تیمار روش خشک کردن در جدول ۶ نشان داده شده است. میانگین بازده اسانس غنچه‌های خشک گل محمدی در روش‌های مختلف خشک‌کردن بین ۰/۱۷ تا ۰/۳۴ درصد متغیر است. بازده

جدول ۶- بازده اسانس نمونه‌های غنچه گل محمدی

Table 6- Essential oil yield of Rosa flower bud samples

تیمار Treatment	وزن نمونه Sample weight (g)	بازده اسانس Essential oil yield (g/100g wet matter)
غنچه تازه Fresh bud	492	0.022
غنچه خشک- سایه خشک Dried bud- Shade drying	230	0.028
غنچه خشک- خشک‌کن کابینتی ۴۰ درجه سلسیوس Dried bud- Cabinet dryer at 40 °C	170	0.027
غنچه خشک- خشک‌کن کابینتی ۵۰ درجه سلسیوس Dried bud- Cabinet dryer at 50 °C	175	0.034
غنچه خشک- خشک‌کن تحت خلاء Dried bud- Vacuum dryer	157	0.026
غنچه خشک- خشک‌کن انجمادی Dried bud- Freeze dryer	213	0.017
غنچه خشک- خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم Dried bud- Indirect solar dryer	206	0.022

نوادسن (۶ درصد) و هپتادکان (۵/۱ درصد) به‌همراه تری‌کوزان، پنتاکوزان و ای‌کوزان به‌عنوان بخش استئروپنتی و مومی اسانس در مجموع ۴۴/۶ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند. در اسانس حاصل از غنچه‌های گل محمدی خشک‌شده در سایه، ۱۴ ترکیب شناسایی شد که از بین آن‌ها سیترونلول (۳۱/۳ درصد) و ژرانیول (۵/۷ درصد) به‌عنوان دو ترکیب مهم معطر اسانس گل محمدی به‌همراه فنیل اتیل الکل و لینالول به‌عنوان سایر ترکیبات معطر و خوشبوی گل محمدی در مجموع ۳۸/۳ درصد اسانس را تشکیل می‌دادند. نرال و ژرانیال در این اسانس وجود نداشتند. در حالی که نونادکان (۲۳/۴ درصد)، هنی‌کوزان (۶/۷ درصد)، نوادسن (۴/۸ درصد) و هپتادکان (۴/۸ درصد) به‌همراه تری‌کوزان، پنتاکوزان، و ای‌کوزان به‌عنوان بخش استئروپنتی و مومی اسانس در مجموع ۴۳ درصد اسانس را تشکیل می‌دهند. در اسانس حاصل از غنچه‌های گل محمدی خشک‌شده در خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم، در مجموع ۱۱ ترکیب شناسایی شد. سیترونلول به میزان ۱۱/۶ درصد در اسانس غنچه خشک‌شده در خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم وجود داشت. ژرانیول به مقدار بسیار کم (۰/۵ درصد) در اسانس حاصله وجود داشت. نونادکان به میزان

جداسازی و شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده عصاره‌های مطلق

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس در هر یک از نمونه‌های مورد بررسی به‌وسیله دستگاه‌های GC و GC-MS در جداول ۷ الی ۹ مشاهده می‌شود. شناسایی کیفی با استفاده از طیف‌های جرمی به‌دست‌آمده از دستگاه GC-MS و مقایسه این طیف‌ها با طیف‌های موجود در کتابخانه کامپیوتری و با کمک گرفتن از شاخص بازداري محاسبه‌شده از طیف‌های GC به‌دست آمده و مقایسه آن با شاخص‌های موجود در کتب مرجع و مقالات صورت گرفت. نتایج حاصل از هر نمونه اسانس ارائه شده است.

در اسانس حاصل از غنچه‌های تازه گل محمدی، ۱۷ ترکیب شناسایی شد که از بین آن‌ها سیترونلول (۳۱/۸ درصد) و ژرانیول (۹/۹ درصد) به‌عنوان دو ترکیب مهم معطر اسانس گل محمدی به‌همراه فنیل اتیل الکل، ژرانیال، نرال و لینالول به‌عنوان سایر ترکیبات معطر و خوشبوی گل محمدی در مجموع ۴۴ درصد اسانس را تشکیل می‌دادند. در حالی که نونادکان (۲۱/۹ درصد)، هنی‌کوزان (۶/۸ درصد)،

خشک‌شده در سایه اندکی (حدود ۷ درصد) و در خشک‌کن خورشیدی حدود ۷۲ درصد افزایش یافته است. مقدار هنی‌کوزان در غنچه سایه خشک نسبت به غنچه تر تغییر چندانی نکرده و تقریباً ثابت مانده است در حالی که در غنچه خشک‌شده در خشک‌کن خورشیدی به بیش از دو برابر رسیده است. سایر ترکیبات جزئی‌تر مثل لینالول و فینیل اتیل الکل (از دسته ترکیبات معطر) در غنچه تازه و خشک‌شده در سایه تغییر فاحشی نداشته است در صورتی که لینالول در غنچه خشک‌شده در خشک‌کن خورشیدی یافت نشده و فینیل اتیل الکل نسبت به غنچه تازه تا ۶۰ درصد کاهش یافته است. هپتادکان در غنچه تازه، غنچه خشک‌شده در سایه و در خشک‌کن خورشیدی تغییر فاحشی نداشته است (جدول ۷).

۳۷/۶ درصد در اسانس غنچه خشک‌شده در این خشک‌کن به‌دست آمد. همچنین هنی‌کوزان نیز به میزان ۱۵/۶ درصد در اسانس غنچه خشک یافت شد. مقایسه کیفیت اسانس نمونه‌های غنچه گل محمدی تازه، خشک‌شده در سایه و خشک‌شده توسط خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم نشان می‌دهد که مقدار سیترونلول به‌عنوان یکی از ترکیب‌های مهم عطر گل محمدی در غنچه تازه و سایه خشک تغییر چندانی نداشته ولی در خشک‌کن خورشیدی کاهش یافته است. اما مقدار ژرانیول به‌عنوان دومین ترکیب عمده معطر و خوشبوی اسانس گل محمدی، در اثر روش سایه خشک حدود ۴۰ درصد و در خشک‌کن خورشیدی حدود ۹۰ درصد نسبت به غنچه تر کاهش یافته است. از بخش استئاروپتتی اسانس که ترکیبات سنگین و غیرمطلوب اسانس گل محمدی هستند مقدار نونادکان در نمونه

جدول ۷- ترکیبات اسانس غنچه گل محمدی تازه و خشک‌شده در سایه

Table 7- Essential oil compounds of fresh buds and buds dried in the shade

ترکیبات Compounds (%)	غنچه تازه Fresh bud	غنچه خشک - سایه خشک Dried bud- Shade drying	غنچه خشک - خشک‌کن خورشیدی غیرمستقیم Dried bud- Indirect solar dryer	شاخص بازداري Retention index
Linalool	0.6	0.8	-	1101
Phenyl ethyl alcohol	0.7	0.5	0.3	1117
Citronellol	31.8	31.3	11.6	1235
Neral	0.4	-	-	1245
Geraniol	9.9	5.7	0.5	1257
Geranial	0.6	-	-	1266
Eugenol	1.1	0.4	0.4	1348
Geranyl acetate	0.3	-	-	1364
E-caryophyllene	0.3	0.6	-	1427
Germacrene D	0.8	1.1	-	1488
Heptadecane	5.1	4.8	5.1	1698
Nonadecene	6	4.8	6.1	1878
Nonadecane	21.9	23.4	37.6	1900
Eiecosane	1.6	1.8	3.5	1988
Heneicosane	6.8	6.7	15.6	2102
Tricosane	1.6	1.1	3.4	2300
Pentacosane	0.8	0.4	-	2500

خشک‌شده در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس شناسایی شد. هنی‌کوزان نیز به میزان ۸/۷ و ۱۱/۴ درصد به‌ترتیب در اسانس غنچه خشک‌شده در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس وجود داشت. مقایسه کیفیت اسانس دو نمونه غنچه گل خشک‌شده در خشک‌کن کابینتی در ۲ دمای مختلف ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس نشان می‌دهد که بالا رفتن دما از ۴۰ درجه به ۵۰ درجه سلسیوس، باعث کاهش مقدار ترکیبات معطر سیترونلول و ژرانیول و افزایش مقدار ترکیبات سنگین نونادکان و هنی‌کوزان شده است (جدول ۸).

در اسانس حاصل از غنچه‌های گل محمدی خشک‌شده در خشک‌کن کابینتی، در مجموع ۱۳ ترکیب شناسایی شد. سیترونلول به میزان ۲۳/۷ و ۱۱/۸ درصد به‌ترتیب در اسانس غنچه خشک‌شده در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس وجود داشت. ژرانیول (۵/۷ درصد) به مقدار ۵ و ۲/۴ درصد به‌ترتیب در اسانس غنچه خشک‌شده در دماهای ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس وجود داشت. ژرانیال فقط در اسانس نمونه‌های خشک‌شده در ۴۰ درجه سلسیوس وجود داشت. نونادکان به میزان ۲۸/۵ و ۳۶/۱ درصد به‌ترتیب در اسانس غنچه

جدول ۸- آنالیز اسانس غنچه گل محمدی خشک شده در خشک کن کابینتی با دماهای مختلف

Table 8- Essential oil compounds of dried buds in cabinet dryer with various temperatures

ترکیبات Compounds (%)	خشک کن کابینتی ۴۰ درجه سلسیوس Cabinet dryer at 40 °C	خشک کن کابینتی ۵۰ درجه سلسیوس Cabinet dryer at 50 °C	شاخص بازداری Retention index
Linalool	1	0.4	1101
Phenyl ethyl alcohol	0.3	0.2	1117
Citronellol	23.7	11.8	1235
Geraniol	5	2.4	1257
Geranial	0.4	-	1266
Eugenol	0.7	0.5	1348
Heptadecane	5.9	6.7	1698
Nonadecene	7.8	8.8	1878
Nonadecane	28.5	36.1	1900
Eiecosane	2	2.6	1988
Heneicosane	8.7	11.4	2102
Tricosane	2	2.4	2300
Pentacosane	0.7	1	2500

روش های خشک کردن، دارای کمترین مقدار ترکیبات معطر و در نتیجه پایین ترین کیفیت اسانس به علت خلاء موجود در حین فرآیند خشک شدن بودند. مکش باعث خروج ترکیبات مفید اسانس از غنچه می شود. ترکیب سیترونلول به عنوان مهم ترین ترکیب معطر اسانس گل محمدی در نمونه خشک شده در خشک کن انجمادی فقط ۷/۳ درصد اسانس و در شرایط تحت خلاء از آن هم کمتر در حد ۱/۲ درصد وجود داشت. بنابراین خلاء به کار رفته شده تقریباً کل ترکیبات معطر را از غنچه ها خارج کرده است. مقدار ژرانیول هم در هر دو نمونه بسیار پایین (۲/۹ درصد در شرایط خشک کن تصعیدی و ۱/۱ درصد در خشک کن تحت خلاء) بود. در عوض ترکیبات مومی و غیرمطلوب، بخش عمده اسانس غنچه گل محمدی خشک شده در خشک کن انجمادی (۷۷/۵ درصد) و در خشک کن تحت خلاء (۷۰/۹ درصد) را تشکیل دادند (جدول ۹).

در اسانس حاصل از غنچه های گل محمدی خشک شده در خشک کن های تحت خلاء و انجمادی، در مجموع ۱۲ ترکیب شناسایی شد. در هیچ یک از این نمونه ها فنیل اتیل الکل یافت نشد. کمترین مقدار سیترونلول (به ترتیب ۱/۲ درصد در خشک کن تحت خلاء و ۷/۳ درصد در خشک کن انجمادی) و ژرانیول (به ترتیب ۱/۱ درصد در خشک کن تحت خلاء و ۲/۹ درصد در خشک کن تصعیدی) در اسانس این دو نمونه وجود داشت. همچنین بیشترین مقدار ترکیبات غیرمطلوب نونادکان (به ترتیب ۳۷/۹ درصد در خشک کن تحت خلاء و ۳۱/۹ درصد در خشک کن انجمادی)، هنی کوزان (به ترتیب ۱۹ درصد در خشک کن تحت خلاء و ۱۴/۲ درصد در خشک کن انجمادی) و نونادکن (به ترتیب ۹/۴ درصد در خشک کن تحت خلاء و ۸/۳ درصد در خشک کن تصعیدی) و سایر ترکیبات سنگین در این نمونه ها نیز یافت شد. اسانس غنچه های خشک شده در خشک کن تصعیدی و خشک کن تحت خلاء، نسبت به سایر

جدول ۹- آنالیز اسانس غنچه گل محمدی خشک شده در خشک کن های انجمادی و تحت خلاء

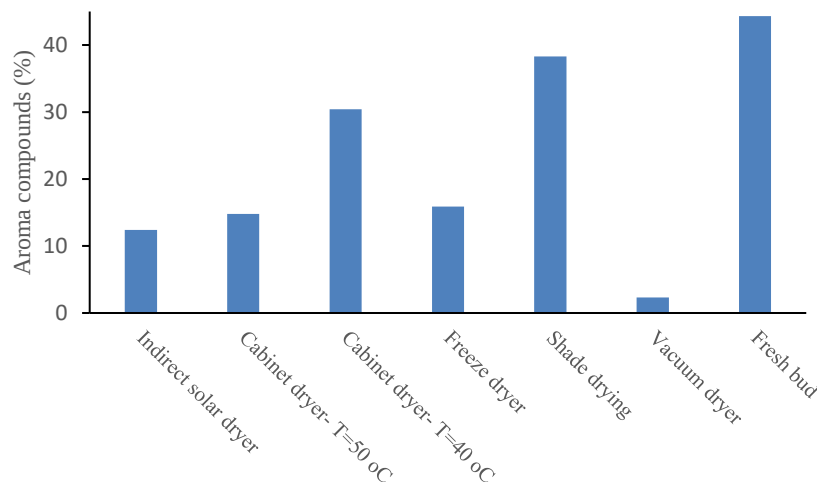
Table 9- Essential oil compounds of buds dried in freeze and vacuum dryers

ترکیبات Compounds (%)	خشک کن انجمادی Freeze dryer	خشک کن تحت خلاء Vacuum dryer	شاخص بازداری Retention index
Linalool	0.8	-	1101
Phenyl ethyl alcohol	-	-	1117
Citronellol	7.3	1.2	1235
Geraniol	2.9	1.1	1257
Geranial	4.9	-	1266
Eugenol	1.1	-	1348
Heptadecane	7.8	3.8	1698
nonadecene	8.3	9.4	1878
Nonadecane	31.9	37.9	1900
Eiecosane	3.5	0.2	1988
Heneicosane	14.2	19.0	2102
Tricosane	3.6	5.2	2300
Pentacosane	1.6	2	2500

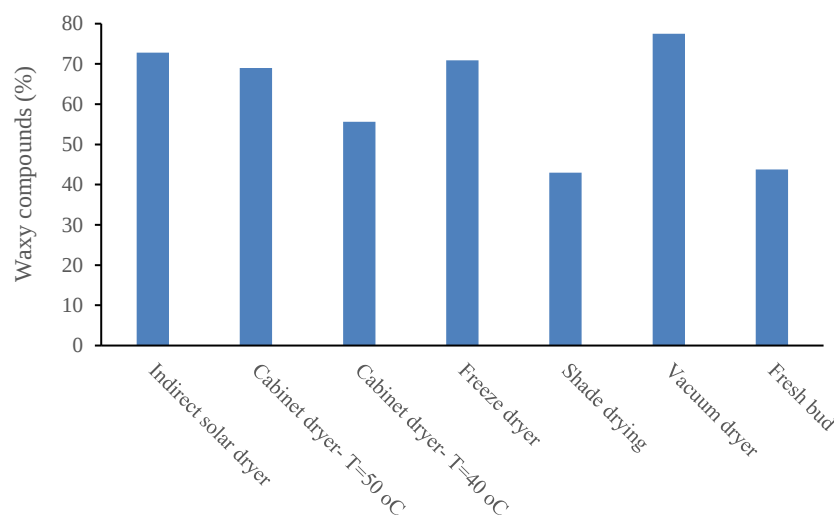
است. در مقابل کمترین مقدار ترکیبات سنگین و مومی اسانس به‌ترتیب در نمونه‌های تازه، سایه خشک و پس از آن خشک‌کن خورشیدی مستقیم دیده شده است (شکل ۶). با توجه به زمان طولانی مورد نیاز برای خشک‌کردن غنچه‌های گل محمدی در سایه (۲۹۸ ساعت)، می‌توان روش خشک‌کردن در خشک‌کن کابینتی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس را پیشنهاد داد.

مقایسه اثر روش‌های خشک‌کردن بر روی میزان ترکیبات معطر و مومی اسانس غنچه گل محمدی

میزان ترکیبات معطر اسانس غنچه‌های تازه و خشک‌شده به روش‌های مختلف در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۵ ملاحظه می‌شود، بیشترین ترکیبات معطر ابتدا در نمونه‌های تازه و سپس در نمونه‌های سایه خشک و پس از آن نیز در خشک‌کن کابینتی در دمای ۴۰ درجه سلسیوس به‌دست آمده



شکل ۵- مقایسه میزان ترکیب‌های معطر در اسانس نمونه‌های مختلف غنچه‌های گل محمدی
Fig.5. Comparison of aroma compounds in essential oil samples of Rosa flower buds



شکل ۶- مقایسه میزان ترکیب‌های مومی در اسانس نمونه‌های مختلف از غنچه‌های گل محمدی
Fig.6. Comparison of waxy compounds in essential oil samples of Rosa flower buds

نتیجه گیری

ژرانیال، نرال و لینالول به عنوان سایر ترکیبات معطر و خوشبوی گل محمدی در مجموع ۴۴ درصد اسانس را تشکیل داده اند. بالا رفتن دما از ۴۰ درجه به ۵۰ درجه سلسیوس در خشک کن کابینتی، باعث کاهش مقدار ترکیبات معطر سیترونلول و ژرانیول و افزایش مقدار ترکیبات سنگین نونادکان و هنی کوزان شده است. خلاء به کاررفته در خشک کن های تحت خلاء و انجمادی تقریباً کل ترکیبات معطر را از غنچه ها خارج کرده است. مقدار ژرانیول هم در هر دو نمونه بسیار پایین (۲/۹ درصد در شرایط خشک کن انجمادی و ۱/۱ درصد در خشک کن تحت خلاء) بود. بیشترین ترکیبات معطر و کمترین ترکیبات مومی ابتدا در نمونه های تازه و سپس در نمونه های سایه خشک و پس از آن نیز در غنچه های خشک شده در خشک کن کابینتی با دمای ۴۰ درجه سلسیوس به دست آمد. با توجه به زمان طولانی مورد نیاز برای خشک کردن غنچه های گل محمدی در سایه و خواص کیفی و ترکیبات معطر غنچه خشک شده در شرایط مختلف، روش مکانیزه خشک کردن در خشک کن کابینتی با دمای ۴۰ درجه سلسیوس پیشنهاد می شود.

مشارکت نویسندگان

امید رضا روستاپور: نظارت و مدیریت، روش شناسی، مشاوره فنی، جمع آوری داده ها، خدمات نرم افزاری، اعتبارسنجی، تصویرسازی نتایج، استخراج و تهیه متن اولیه، ویرایش متن
فاطمه سفیدکن: روش شناسی، جمع آوری داده ها، تحلیل آماری، اعتبارسنجی، تصویرسازی نتایج، استخراج و تهیه متن اولیه
ابوالفضل گلشن تفتی: روش شناسی، جمع آوری داده ها، تحلیل آماری، اعتبارسنجی، تصویرسازی نتایج، استخراج و تهیه متن اولیه، ویرایش
حمید رضا گازر: روش شناسی، جمع آوری داده ها، تصویرسازی نتایج

در فرآیند خشک شدن غنچه گل محمدی؛ رایحه، اسانس و رنگ گلبرگ های غنچه خصوصاً گلبرگ های درونی از مسائل بسیار مهم در تولید غنچه خشک با کیفیت مناسب است. فرآیند خشک کردن غنچه گل محمدی نشان داد که بیشترین زمان خشک کردن به روش های سایه خشک و انجمادی و کمترین زمان خشک کردن به روش تحت خلاء اختصاص داشت. براساس نتایج مقایسه رنگ غنچه های خشک شده به روش های مختلف، شاخص روشنایی (L^*)، در گلبرگ های درونی غنچه های خشک شده به روش سایه خشک و کابینتی در دو سطح دمای هوا اختلاف معنی داری نداشت و در مقایسه با روش خورشیدی غیرمستقیم دارای شاخص روشنایی بالاتری بودند. بیشترین میزان شاخص a^* پس از غنچه های تازه، در گلبرگ های بیرونی غنچه های خشک شده با روش هوای گرم ۵۰ درجه سلسیوس (۲۵/۶۱) مشاهده شد. این شاخص در گلبرگ های درونی غنچه های خشک شده با روش های سایه (۱۵/۹۰)، هوای گرم ۵۰ درجه سلسیوس (۱۵/۴۸) و هوای گرم ۴۰ درجه سلسیوس (۱۴/۴۰) بعد از غنچه تازه بیشترین بود و اختلاف معنی داری را در این روش ها نشان نداد. فرآیند خشک کردن، مقدار ویتامین ث را در غنچه های گل محمدی به طور معنی داری کاهش داد. غنچه های خشک شده با خشک کن کابینتی در دو سطح دمایی ۴۰ و ۵۰ درجه سلسیوس به ترتیب با مقدار ۱/۵۷ و ۱/۴۹ میلی گرم در صد گرم ماده تر به طور معنی داری مقدار ویتامین ث بیشتری را دارا بودند.

بازده اسانس در غنچه تازه گل محمدی ۰/۰۲۲ درصد و در غنچه خشک شده در خشک کن کابینتی با دمای ۵۰ درجه سلسیوس دارای بیشترین مقدار برابر با ۰/۰۳۴ درصد بود. کمترین مقدار بازده اسانس در خشک کن انجمادی (۰/۰۱۷ درصد) به دست آمد. در اسانس حاصل از غنچه های تازه گل محمدی، ۱۷ ترکیب شناسایی شد که از بین آن ها سیترونلول (۳۱/۸ درصد) و ژرانیول (۹/۹ درصد) به عنوان دو ترکیب مهم معطر اسانس گل محمدی به همراه فینیل اتیل الکل،

References

- Ahmadi, K., Sefidkon, F., & Assareh, M. H. (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*, 24(2), 162-176. (in Persian with English abstract).
- Anon. (1990). *AOAC Standard. Official Methods of Analysis (15th Edn)*. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
- Babu, K. G. D, Singh, B., Joshi, V. P., & Singh, V. (2002). Essential Oil Composition of Damask Rose (*Rosa Damascene* Mill.) Distilled under Different Pressures and Temperatures. *Flavour and Fragrance Journal*, 17, 136-140. <https://doi.org/10.1002/ffj.1052>
- Bhardwaj, A. K., Chauhan, R., Kumar, R., & Sethi, M. (2017). Experimental Investigation of An Indirect Solar Dryer Integrated with Phase Change Material for Drying Valeriana Jatamansi (Medicinal Herb). *Case Studies in Thermal Engineering*, 10, 302-314. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2017.07.009>
- Boyar, S., Bayhan, A. K., & Dikmen, E. (2013). Investigation on Drying Behavior of Isparta Rose Flowers (*Rosa Damascene* Mill.) Under Natural Shade Conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(2), 361-374.

6. Brennan, J. G. (2003). *Drying Theory of Air Drying*. PP. 1913-1917 in B. Caballero, L. C. Trugo and P. M. Finglas eds. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*. Academic Press, Elsevier Sci Ltd., Oxford, UK.
7. Ebrahimi, M., & Sharifzadeghan, H. (2016). *Knowing about the principles of Rosa damascene planting*. Extension magazine. Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Tehran, Iran. (in Persian with English abstract).
8. Henin, K. K., Zhang, M., Ju, R., & Wang, B. (2021). A Novel Infrared Pulse-Spouted Freeze Drying on the Drying Kinetics, Energy Consumption and Quality of Edible Rose Flowers. *LWT- Food Science and Technology*, 136, 110318. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110318>
9. Khorramdel, S., Shabahang, J., & Asadi, G.A. (2013). Effect of Drying Methods on Drying Time, Essential Oil Quantitative and Qualitative of Some of Medicinal Plants. *Eco- phytochemical Journal of Medical Plants*, 1(1), 36-48. (in Persian with English abstract).
10. Mabellinia, A., Ohaco, E., Ochoa, M. R., Kesselera, A. G., Marqueza, C. A., & De Michelis, A. (2011). Chemical and Physical Characteristics of Several Wild Rose Species Used as Food or Food Ingredient. *International Journal of Industrial Chemistry*, 2(3), 158-171.
11. Mir, S. J. (2019). Analysis of Damask Rose Development Policy in Iran. *Agricultural Economics and Development*, 27(3), 181-201. (in Persian). <https://doi.org/10.30490/aead.2019.120758>
12. Raol, J. B., Kumpavat, M. T., & Vyas, D. M. (2013). Drying Characteristics of Rose Flowers. *Journal of Agricultural Engineering*, 50(1), 39-46. <https://doi.org/10.52151/jae2013501.1503>
13. Rezaee, M. B., Jaimand, K., Tabaei- Aghdaei, S. R., & Barazandeh, M. M. (2003). Comparative Study of Laboratory and Industrial Essential Oils Samples of *Rosa Damascena* Mill. for Quantitative and Qualitative Constituents from Kashan. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 19(1), 63-72. (in Persian with English abstract).
14. Roozdar, F., Azizi, M., Ghani, A., & Davarynejad, G. (2014). The Effects of Drying Methods on Drying Time and Some Biochemical Characteristics of *Mentha piperita* L. *Journal of Horticultural Science*, 28(3), 407-415. (in Persian). <https://doi.org/10.22067/jhorts4.v0i0.42865>
15. Roustapour, O. R., Golshan Tafti, A., Sefidkon, F., Gazor, H. R., Zainali, H., Younesi, A., Mirzaei Bafti, M., Chaji, H., Azimi Atergeleh, R., & PardisKian, S. (2024). *Investigation of different methods of drying Rosa flower bud in order to evaluation of quality parameters*. A Publication of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Karaj, Iran. (in Persian with English abstract).
16. Roustapour, O. R., Zomorodian, A., Gazor, H. R., Roushanzadeh, H., Joukar, A., & Joukar, L. (2016). *Design, manufacture and evaluation of mixed solar dryer with variable inclination mechanism in order to dry apple (Golab Variety)*. A Publication of Agricultural Engineering Research Institute, Agricultural Research, Education & Extension Organization, Karaj, Iran. (in Persian with English abstract).
17. Santos-Sánchez, N. F., Valadez-Blanco, R., Gómez-Gómez, M. S., Pérez-Herrera, A., & Salas-Coronado, R. (2012). Effect of Rotating Tray Drying on Antioxidant Components, Color and Rehydration Ratio of Tomato Saladette Slices. *LWT – Food Science and Technology*, 46(1), 298-304. <https://doi.org/10.1080/07373937.2012.707720>
18. Shahverdi, S., Sefidkon, F., Jamzad, Z., & Nejheidsattari, T. (2012). Essential Oil Composition of *Origanum Strobilaceum* Mobayen & Ghahreman. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 28(3), 465-471. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.2948>
19. Yam, K. L., & Papadakis, S. E. (2004). A Simple Digital Imaging Method for Measuring and Analyzing Color of Food Surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61(1), 137-142. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(03\)00195-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00195-X)
20. Yousefi, B., Tabaei-Aghdaei, S. R., & Amiri, A. (2021). Study on Yield and Flower Yield Components, Essential Oil Percentage and Some Morphological and Phonological Traits in 48 Different Accessions of Damask Rose (*Rosa Damascena* Mill.) in Kermanshah Province. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 37(4), 612-627. (in Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.353968.2964>
21. Ziolkhagh, S. H. R., Babakhanzadeh Sajirani, E., & Hosseini, S. A. (2022). *Investigation the effect of drying temperature on weight loss and color of the petals of Rosa Damascena Mill*. Medicinal Plants: Mechanization and Processing Congress. Imam Khomeini Higher Education Center, Karaj, Iran. (in Persian with English abstract).
22. Zheng, M., Xia, Q., & Lu, S. (2015). Study on Drying Methods and Their Influences on Effective Components of Loquat Flower Tea. *LWT- Food Science and Technology*, 63, 14-20. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.090>