Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Plant Production Research

Print ISSN: 2322-2050
Online ISSN: 2322-2778

Evaluation of essential oil yield and constituents of fresh and dried *Lavandula angustifolia* L. in different harvesting times

Shima Mobasheri[1], Alireza Yavari[*2], Farzin Abdollahi[3]

1. M.Sc., Dept. of Horticulture Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: shimamobasheri74@gmail.com
2. Corresponding Author, Assistant Prof., Dept. of Horticulture Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: yavari@hormozgan.ac.ir
3. Assistant Prof., Dept. of Horticulture Science and Engineering, College of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran. E-mail: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 06.26.2023
Revised: 08.07.2023
Accepted: 09.03.2023

Keywords:
Drying,
Essential oil,
Linalool,
Plant material,
Storage

ABSTRACT

Background and Objectives: *Lavandula angustifolia* L. is a perennial and aromatic plant which belongs to Lamiaceae family. Drying in the production of medicinal plants is a post-harvest process that provides producers with the ability to store the product when production levels are high and processing is not possible in a short time. This allows them to store the material in warehouses throughout the year, ensuring availability, or to sell it at a more profitable time. Considering the fluctuating environmental conditions during different harvesting periods, determining the quality of the essential oil stands as a crucial factor in achieving peak essential oil production. The aim of the current study was to evaluate the performance and quality of valuable medicinal plant essential oil of *L. angustifolia* in different harvesting times of fresh and dried plants.

Materials and Methods: For these goals, aerial parts of *L. angustifolia* in full flowering stage were collected from selected plants from a 3-year farm located in Saadatshahr city of Fars province. A Factorial experiment as a completely randomized blocks design with three replications and two factors include three different harvesting times (Spring, Summer and Autumn, 2020) and two types of plant materials (fresh and dry) was performed in the farm. The essential oils of different *L. angustifolia* samples were extracted by hydro-distillation using Clevenger apparatus and with three replications. The yields were calculated based on dry weight and the oils were analyzed by a combination of GC-FID and GC-MS techniques, to check for chemical variability based on British Pharmacopoeia. At the end of the experiment, data analysis was performed using SAS software (version: 9.4). The means were compared by Duncan's multi-range test at a statistical level of 1%.

Results: The results of the present study demonstrated that the interaction effects of harvesting times and plant materials on the essential oil yield was not significant. However, the results of variance analysis of the main compounds identified in the *L. angustifolia* essential oil showed that the characteristics of linalool, borneol and camphor compounds were significant at the 1% probability level, and the characteristics of the type of plant material on the linalool and linalool acetate compounds were significant at the level of 1%. The probability of 5% was significant on the borneol and camphor compounds at the 1% probability level. The

interaction effect of harvest time and type of plant material had a significant effect on the two compounds of linalool and 1,8-cineole at the 1% probability level. Mean comparison of the effect of plant materials in harvest times the main compounds identified in essential oil of *L. angustifolia* showed that the percentage of linalool composition in the treatment of fresh plant matter and the third harvest time was the highest with an average of 21.63% and the lowest amount in the treatment of dry plant matter and the third harvest time was observed with an average of 7.53%. Also, the highest amount of 1,8-cineole compound was obtained in the treatment of fresh plant material and in the first harvest with an average of 13.90% and the lowest amount of this compound in the treatment of fresh plant material and the second harvest with an average of 4.30%.

Conclusion: In total, the results of the current study demonstrated that the highest quantitative yield and subsequently the highest levels of oxygenated monoterpenes, as quality indicators for the essential oil from *L. angustifolia* were obtained from dried plant material and during the spring harvesting phase under the climatic conditions of Saadat-Shahr, Fars province.

Cite this article: Mobasheri, Shima, Yavari, Alireza, Abdollahi, Farzin. 2024. Evaluation of essential oil yield and constituents of fresh and dried *Lavandula angustifolia* L. in different harvesting times. *Journal of Plant Production Research*, 30 (4), 153-170.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/JOPP.2023.21140.3056
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی

شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۲۰۵۰
شاپا آنلاین: ۲۳۲۲-۲۷۷۸

ارزیابی بازده و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه تازه و خشک اسطوخودوس فرانسوی (*Lavandula angustifolia* L.) در نوبت‌های مختلف برداشت

شیما مباشری[۱]، علیرضا یاوری*[۲]، فرزین عبدالهی[۳]

۱. کارشناسی‌ارشد گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
رایانامه: shimamobasheri74@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
رایانامه: yavari@hormozgan.ac.ir

۳. استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران.
رایانامه: fabdollahi@hormozgan.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۵
تاریخ ویرایش: ۱۴۰۲/۰۵/۱۶
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۱۲

واژه‌های کلیدی:
اسانس،
انبارمانی،
خشک کردن،
لینالول،
ماده گیاهی

چکیده

سابقه و هدف: اسطوخودوس فرانسوی (*Lavandula angustifolia* L.) گیاهی معطر و چندساله بوده که به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) تعلق دارد. خشک کردن در تولید گیاهان دارویی، فرآیند پس از برداشتی است که به تولیدکننده این امکان را می‌دهد تا در زمانی که مقدار تولید بالاست و امکان فرآوری در زمان کم وجود ندارد، محصول را در انبار نگهداری کرده تا در تمام طول سال، ماده گیاهی در دسترس باشد و یا در زمان مناسب با سود بهتری به فروش برساند. با توجه به متغیر بودن شرایط محیطی در نوبت‌های مختلف برداشت، آگاهی یافتن نسبت به وضعیت اسانس یکی از عوامل کلیدی در رسیدن به حداکثر تولید اسانس می‌باشد. این مطالعه، با هدف تأثیر نوبت‌های مختلف برداشت در طول فصل رشد از گیاه تازه و خشک اسطوخودوس فرانسوی بر کمیت و کیفیت اسانس در شرایط آب و هوایی شهرستان سعادت‌شهر استان فارس انجام شد.

مواد و روش‌ها: پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه سه ساله واقع در سعادت‌شهر اجرا گردید. عامل اول شامل سه نوبت برداشت (بهار، تابستان و پاییز) پیکره هوایی اسطوخودوس فرانسوی در دوره اوج گلدهی و عامل دوم نوع ماده گیاهی (تازه و خشک) بود. خشک کردن در سایه و در دمای اتاق (۲۴ درجه سانتی‌گراد) انجام شد. استخراج اسانس نمونه‌ها با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت صورت گرفت و پس از اندازه‌گیری مقدار اسانس (درصد وزنی به وزنی)، نوع و مقدار

ترکیبات شیمیایی موجود در اسانس با استفاده از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی (GC) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل نوع ماده گیاهی و نوبت برداشت بر بازده اسانس گیاه اسطوخودوس فرانسوی معنی‌دار نبود؛ اما عامل نوبت برداشت بر ترکیبات لینالول، بورنئول و کامفور و عامل نوع ماده گیاهی بر ترکیبات لینالول، لینالول استات، بورنئول و کامفور معنی‌دار بود. اثر متقابل نوبت برداشت و نوع ماده گیاهی بر دو ترکیب لینالول و ۸،۱- سینئول تأثیر معنی‌داری داشت. مقایسه میانگین نوع ماده گیاهی در نوبت‌های برداشت مختلف بر ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس اسطوخودوس فرانسوی نشان داد که میزان ترکیب لینالول (۲۱/٦۳ درصد) در ماده گیاهی تازه و نوبت برداشت پاییز، بیش‌ترین مقدار بوده و کم‌ترین مقدار آن (۷/۵۳ درصد) در ماده گیاهی خشک و نوبت برداشت پاییز مشاهده گردید. هم‌چنین، بیش‌ترین مقدار ترکیب ۸،۱- سینئول (۱۳/۹۰ درصد) در ماده گیاهی تازه و در نوبت برداشت بهار و کم‌ترین مقدار این ترکیب (٤/۳۰ درصد) در ماده گیاهی تازه و نوبت برداشت تابستان حاصل شد. مقایسه میانگین اثر نوبت برداشت بر ترکیبات اسانس نشان داد که بیش‌ترین مقدار دو ترکیب بورنئول و کامفور (به‌ترتیب ۱۹/۹۸ و ٤/۹۳ درصد) در نوبت برداشت تابستان و ترکیب لینالول استات (۱۲/۲٦ درصد) در نوبت برداشت بهار به‌دست آمد. مقایسه میانگین اثر نوع ماده گیاهی بر ترکیبات اسانس اسطوخودوس فرانسوی نشان داد که برداشت گیاه به‌صورت تازه میزان لینالول استات (۱۱/٤۱ درصد) را افزایش داده است؛ این در حالی است که خشک کردن باعث افزایش مقدار بورنئول و کامفور (به ترتیب ۲۱/۸۰ و ۵/٦۹ درصد) گردید.

نتیجه‌گیری: در مجموع نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که بیش‌ترین بازده اسانس و در ادامه بیش‌ترین میزان ترکیب‌های مونوترپن‌های اکسیژن‌دار، به‌عنوان شاخص کیفی اسانس اسطوخودوس فرانسوی، در شرایط آب و هوایی سعادت‌شهر استان فارس، از ماده گیاهی خشک و در نوبت برداشت بهار حاصل شد.

استناد: مباشری، شیما، یاوری، علیرضا، عبدالهی، فرزین (۱۴۰۲). ارزیابی بازده و ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس گیاه تازه و خشک اسطوخودوس فرانسوی (*Lavandula angustifolia* L.) در نوبت‌های مختلف برداشت. *نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی*، ۳۰ (۴)، ۱۷۰-۱۵۳.

DOI: 10.22069/JOPP.2023.21140.3056

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

اسطوخودوس فرانسوی با نام علمی *Lavandula angustifolia* L. گیاهی چندساله و معطر بوده که به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) تعلق دارد. این گونه دارویی- صنعتی ارزشمند از نظر ظاهری به‌صورت خشبی با برگ‌های باریک، متقابل، نیزه‌ای و گل‌های آبی متمایل به بنفش دیده می‌شود (۱). با ارزش‌ترین ماده مؤثره اسطوخودوس فرانسوی، اسانس آن می‌باشد که اغلب در گل‌ها و برگ‌های آن تولید و تجمع می‌یابد (۲، ۳). اسانس اسطوخودوس دارای کاربردهای وسیعی در صنایع غذایی، دارویی و آرایشی- بهداشتی از جمله در ساخت عطرها و لوسیون‌ها می‌باشد (٤، ٥، ٦). از این گونه دارویی در درمان تب، گرفتگی عضلانی، دل‌پیچه، عفونت میکروبی، رایحه‌درمانی، اضطراب، خستگی و بی‌خوابی استفاده می‌شود (۷). اجزای اصلی ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس اسطوخودوس لینالول، لینالول استات، ۸،۱- سینئول، بورنئول و کامفور هستند که اکثر خواص کیفی اسانس به آن‌ها نسبت داده می‌شود (٦، ۸).

میزان و کیفیت ماده مؤثره گیاهان دارویی و معطر به عوامل مختلفی از جمله ژنوتیپ گیاه، محل رویش گیاه، پستی بلندی (ارتفاع از سطح دریا)، نور، آب آبیاری، رطوبت نسبی محیط، واریته گیاه، مواد غذایی موجود در خاک، درجه حرارت، روش استخراج، نوبت برداشت و فرایندهای پس از برداشت مانند خشک کردن بستگی دارد (۹). پژوهش‌های متعددی در ارتباط با تأثیر نوبت برداشت بر کمیت و کیفیت ماده مؤثره گیاهان دارویی صورت گرفته است. در پژوهش‌های انجام شده ثابت گردیده است که اثر نوبت برداشت روی ماده مؤثره موجود در بعضی گونه‌های دارویی معنی‌دار بوده و به عبارتی یک گونه گیاهی چندساله که قابلیت چندین نوبت برداشت در طول فصل زراعی را دارا باشد، ممکن است در نوبت‌های برداشت مختلف، عملکرد متفاوتی از خود نشان دهد (۱۰، ۱۱، ۱۲). از دیگر عوامل مهم پس از برداشت در گیاهان دارویی و معطر، خشک کردن می‌باشد که نقش مهمی در کمیت و کیفیت مواد مؤثره دارویی دارد. خشک کردن تنها یک فرآیند ساده کاهش رطوبت محصول نمی‌باشد؛ بلکه هدف از خشک کردن به حداقل رساندن تغییرات نامطلوب از جمله فعالیت آنزیمی، فساد میکروبی و حفظ ارزش غذایی محصول می‌باشد (۱۳).

استفاده از ماده گیاهی تازه جهت استخراج اسانس، زمانی مهم به نظر می‌رسد که تولید در مقیاس صنعتی صورت گرفته باشد که در این حالت تولیدکننده با حجم انبوهی از گیاه تازه مواجه خواهد شد که چنین شرایطی نیازمند تامین فضا و نیروی انسانی برای خشک کردن می‌باشد که منجر به بالا رفتن هزینه تولید خواهد شد. در گونه‌های دارویی چندساله که در طی فصل رشد چندین نوبت برداشت از آن‌ها صورت می‌گیرد مانند اسطوخودوس فرانسوی، راهکاری مانند استخراج از اسانس گیاه تازه می‌تواند هزینه‌های مربوط به فرآیند خشک کردن و انبارداری بعدی را کاهش دهد (۱۱). طی پژوهش‌های صورت گرفته روی گل‌های برداشت شده از دو گونه مختلف اسطوخودوس شامل *L. angustifolia* و *L. latifolia* مشخص شد که عملکرد و میزان اسانس تحت‌تأثیر نوبت برداشت و مرحله نموی گیاه قرار دارد و تنوع فصلی اهمیت زیادی در تولید اسانس و کیفیت آن دارد؛ به‌طوری‌که با افزایش درجه حرارت محیط تا ۳۷ درجه سانتی‌گراد، میزان اسانس افزایش یافته و بیش‌ترین میزان اسانس (۳/۸ درصد) در تابستان در مرحله اوج گلدهی به‌دست آمد و با کاهش درجه حرارت، میزان تولید و انباشت اسانس کاهش می‌یابد؛ به‌نحوی‌که کم‌ترین میزان اسانس (۰/۲ درصد) در

فصل سرد سال به‌دست آمد (١٤). در مطالعات متعددی تأثیر نوبت برداشت و مرحله نموی گیاه بر عملکرد کمی و کیفی اسانس مورد بررسی قرار گرفته است و مشاهده نموده‌اند که بیش‌ترین میزان اسانس در گونه‌های نعناع فلفلی، بادرنجبویه و مرزنجوش مربوط به گیاهان برداشت شده در ماه‌های گرم سال (به‌ویژه تیر) بوده است (۲، ۱۵).

در حال حاضر در کشور ما بیش‌تر توجه‌ها و حمایت‌ها از توسعه سطح زیر کشت می‌باشد و به مسایل کیفی و روش‌های حفظ یا افزایش کیفیت کم‌تر توجه می‌شود؛ این در حالی است که توجه به افزایش کیفیت و نیز مسأله پس از برداشت و فرآوری، اولین قدم برای ورود به بازارهای جهانی محسوب می‌شود (١٦). با در نظر داشتن این نکته که شرایط محیطی یکی از عوامل تعیین‌کننده در کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی و معطر است و از طرف دیگر با توجه به این نکته که تاکنون پژوهشی در رابطه با اثر نوبت‌های مختلف برداشت و نوع ماده گیاهی بر گیاه اسطوخودوس فرانسوی در شرایط اقلیمی استان فارس صورت نگرفته است، این پژوهش با هدف بررسی جنبه‌های مختلف کمی و کیفی اسانس گونه *L. angustifolia* در نوبت‌های برداشت مختلف و از دو ماده گیاهی تازه و خشک در شرایط آب و هوایی شهرستان سعادت‌شهر استان فارس صورت گرفت تا با استفاده از این مطالعه گامی در راستای شناسنامه‌دار کردن ویژگی‌های اسانس حاصل از هر نوبت برداشت صورت گیرد تا محصولی شناسنامه‌دار جهت عرضه به بازار تولید شود.

مواد و روش‌ها

مکان اجرای آزمایش و ماده گیاهی: این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ در مزرعه سه‌ساله اسطوخودوس فرانسوی شرکت سبز دشت فارس واقع در شهرستان سعادت‌شهر استان فارس با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۵ دقیقه شرقی و عرض ۳۰ درجه و ۵ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۷۷۰ متر از سطح دریا صورت گرفت. پیش از اجرای آزمایش سه نمونه خاک به‌صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف محل اجرای آزمایش انتخاب و برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی- شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش.

Table 1. Some physico-chemical characteristics of the soil where the experiment was carried out.

عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil textures	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر قابل‌جذب Phosphorus (mg/kg)	پتاسیم قابل‌جذب Potassium (mg/kg)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی Ec (ds/m)	ماده آلی Organic matter (%)
0-30	سیلتی رسی Silty-Loam	0.10	5.30	490	8.6	0.96	0.80

از نظر کوددهی و آبیاری، با توجه به نتایج آنالیز خاک، در هر دوره برداشت به‌ازای هر هکتار ۱/۵ کیلوگرم هیومیک اسید و ۸ کیلوگرم کود کامل (۲۰-۲۰-۲۰) به‌همراه آب آبیاری به صورت جداگانه به زمین داده شد. آبیاری نیز به‌طور متوسط هر ۲ هفته یک‌بار صورت گرفت. برداشت پیکره هوایی بوته‌ها در سه نوبت مصادف با اوج گلدهی بود، انجام گرفت (تاریخ‌های ۱۳۹۹/۳/۵، ۱۳۹۹/۵/۱۸ و ۱۳۹۹/۷/۳۰).

ماده گیاهی برداشت شده به سه نمونه مجزا تقسیم گردید. استخراج اسانس از نمونه‌های تازه بلافاصله پس از برداشت در آزمایشگاه شرکت صورت گرفت و جهت استخراج اسانس از گیاه خشک، نمونه‌ها در سایه و دمای اتاق (۲٤ درجه سانتی‌گراد) خشک گردیده و تا زمان استفاده در ظرف‌های در بسته و محیط عاری از رطوبت نگه‌داری شدند.

استخراج اسانس: به منظور استخراج و تعیین درصد اسانس، از گیاه تازه به مقدار ۳۰۰ گرم استفاده گردید. استخراج اسانس از گیاه تازه در آزمایشگاه شرکت به روش تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر طبق فارماکوپه بریتانیا و به مدت ۳ ساعت انجام شد. برای استخراج اسانس از گیاه خشک، مقدار ۱۰۰ گرم از پیکره هوایی خرد شده توسط دستگاه آسیاب، به روش تقطیر با آب به کمک دستگاه کلونجر در آزمایشگاه فناوری گیاهان دارویی دانشگاه هرمزگان اسانس‌گیری شد (۱۷). پس از آن بازده اسانس نمونه‌های مختلف بر اساس درصد وزنی/ وزنی به‌دست آمد (۱۸). جداسازی اسانس از ستون دستگاه، با استفاده از سرنگ مخصوص، انجام گرفت و پس از آبگیری توسط سولفات سدیم خشک، در یخچال نگهداری شدند.

جداسازی و شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس: برای جداسازی و شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس، از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی (GC-FID) و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) آزمایشگاه فیتوشیمی گیاهان دارویی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور استفاده شد. درصد ترکیب‌های تشکیل‌دهنده 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 شاخص‌های بازداری 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 ترکیب‌های 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 کروماتوگرافی گازی به‌دست آمد و با مقادیری که در منابع مختلف با در نظر گرفتن اندیس کواتس منتشر شده، مقایسه گردید (۱۹، ۲۰، ۲۱).

روش‌های تجزیه دستگاهی

۱- دستگاه کروماتوگرافی گازی (GC): کروماتوگرافی گازی مدل Thermo-UME مجهز به داده‌پرداز با نرم‌افزار Chrom-card 2006 دارای ستون موئینه به طول ۱۰ متر و قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن برابر ۰/۲۵ میکرون و با نام تجارتی DB-5 بود. برنامه‌ریزی دمایی ستون از دمای اولیه ٦۰ درجه سانتی‌گراد شروع شده و در هر دقیقه ۳ درجه سانتی‌گراد به آن افزوده می‌شد تا به دمای ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد می‌رسید. سپس دما با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه افزایش یافته و در دمای ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۸/۵ دقیقه متوقف می‌گردید. دمای محفظه تزریق ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد و دمای آشکارساز ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد. آشکارساز مورد استفاده در دستگاه کروماتوگرافی گازی از نوع FID (آشکارساز یونیزاسیون شعله‌ای) که از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل استفاده گردید و فشار

ورودی آن به ستون برابر ۳ کیلوگرم بر سانتی‌مترمربع تنظیم شد (۲۰، ۲۱).

۲- دستگاه کروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS): از گاز کروماتوگرافی واریان ۳٤۰۰ متصل به طیف‌سنج جرمی (SaturnII, GC-MS) استفاده شد. ستون مورد استفاده از نوع DB-5 به طول ۱۰ متر و قطر داخلی ۰/۱ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۲۵ میکرون بود. برنامه‌ریزی حرارتی از ۵۰ تا ۲٤۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۳ درجه در دقیقه، درجه حرارت محفظه تزریق ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و درجه حرارت ترانسفرلاین ۲٦۰ درجه سانتی‌گراد با استفاده از گاز هلیوم به‌عنوان گاز حامل مورد استفاده قرار گرفته است. سرعت گاز هلیوم ۳۱/۵ سانتی‌متر بر ثانیه، دتکتور تله یونی Ion trap انرژی یونیزاسیون معادل ۷۰ الکترون ولت، زمان اسکن برابر یک ثانیه و ناحیه جرمی از ٤۰ تا ۳۰۰ دالتون بوده است (۲۰، ۲۱).

تجزیه و تحلیل آماری: پژوهش حاضر به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. آنالیز واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد بر روی بازده اسانس و ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس شامل لینالول، بورنئول، لینالول استات، ۱،۸- سینئول و کامفور، با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS ver. 9.4 انجام گرفت.

نتایج و بحث

براساس نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس مشخص شد که اثرهای ساده و متقابل ویژگی‌های نوع ماده گیاهی و نوبت برداشت بر درصد بازده اسانس گیاه اسطوخودوس فرانسوی معنی‌دار نبود (جدول ۲). هم‌چنین، نتایج تجزیه واریانس ترکیب‌های عمده شناسایی شده در اسانس گیاه اسطوخودوس فرانسوی نشان داد که ویژگی نوبت برداشت بر ترکیبات لینالول، بورنئول و کامفور در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده و ویژگی نوع ماده گیاهی بر ترکیبات لینالول و لینالول استات در سطح احتمال ۵ درصد و بر ترکیبات بورنئول و کامفور در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل نوبت برداشت و نوع ماده گیاهی بر دو ترکیب لینالول و ۱،۸- سینئول در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲).

بازده اسانس اسطوخودوس فرانسوی در ماده گیاهی خشک در هر سه نوبت برداشت بیش‌تر از ماده گیاهی تازه بود. با توجه به این‌که برای خشک کردن یک گیاه از ماده گیاهی تازه بیش‌تری استفاده می‌شود، بنابراین یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در بازده اسانس بیش‌تر در نمونه گیاهی خشک را می‌توان به آن نسبت داد (۲۲). بیش‌ترین بازده اسانس در هر دو حالت گیاه تازه و خشک، در بین نوبت‌های برداشت مختلف، در نوبت برداشت اول (بهار) مشاهده گردید. با توجه به این‌که زمان برداشت نوبت بهار در اواسط ماه خرداد که طول روز بلند می‌باشد و این طول روز بلند در کنار تامین کمیت و کیفیت نور مناسب جهت فرآیند فتوسنتز که پیش‌نیاز تولید ترکیبات ثانویه مانند اسانس می‌باشد، درجه حرارت مطلوب به‌عنوان سیگنال محیطی برای تولید بیش‌تر اسانس در گیاه را فراهم می‌نماید (۲۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر نوبت برداشت و نوع ماده گیاهی بر محتوا و ترکیبات عمده اسانس اسطوخودوس.

Table 2. Variance analysis of the effect of harvest time and plant material type on the essential oil content and main compounds in *Lavandula angustifolia*.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares					
		Linalool	Borneol	Linalool acetate	1,8-cineol	Camphor	بازده اسانس Essential oil yield
نوبت برداشت Harvest time	2	114.19^{**}	79.13^{**}	43.70^{ns}	9.40^{ns}	6.11^{**}	0.0225^{ns}
نوع ماده گیاهی Type of plant material	1	57.24^{*}	386.42^{**}	95.22^{*}	1.80^{ns}	36.69^{**}	0.0004^{ns}
نوبت برداشت × نوع ماده گیاهی Harvest time × type of plant material	2	124.90^{**}	22.12^{ns}	22.81^{ns}	104.40^{**}	2.15^{ns}	0.0013^{ns}
خطا Error	10	7.73	9.32	15.62	7.37	0.65	0.036
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		17.90	17.74	43.38	33.96	18.97	24.41

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

^{ns}, * and ** Non-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

تولید اسانس که یکی از ترکیب‌های پیچیده متابولیت‌های ثانویه است، در گیاهان اسانس‌دار از سه مسیر عمده شیکمیک اسید، موالونات (MVA) و متیل اریتریتول ٤- فسفات (MEP) انجام می‌شود و ویژگی‌های کمی و کیفی اسانس‌ها، تحت‌تأثیر عوامل متعددی مانند موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌های ادافیکی محل رشد گیاه، ارتفاع از سطح دریا، شرایط آب و هوایی، نوبت برداشت، درجه حرارت، کیفیت و کمیت نور و نحوه خشک کردن می‌تواند متفاوت باشد که در این بین، نوبت برداشت عامل مهمی در میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی محسوب می‌شود که می‌تواند روی رشد گیاه و افزایش عملکرد تأثیرگذار باشد (٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧).

روش به‌کار رفته جهت خشک کردن در این پژوهش، روش خشک کردن در سایه بود. بررسی‌های صورت گرفته روی جنس‌های مختلف تیره نعناع مانند مرزنجوش (*Origanum* sp.) و نعناع (*Mentha* sp.) و یک گونه از تیره شاه‌پسند به نام به‌لیمو (*Lippia citriodora*) که در برابر نور آفتاب، سایه و مایکروویو خشک گردیدند نشان داد که روش‌های مختلف به‌کار رفته جهت خشک کردن، بر میزان اسانس و ترکیبات ثانویه اثرگذار بوده؛ به‌طوری‌که خشک کردن در برابر نور آفتاب تأثیر منفی بر کیفیت ظاهری گیاه و نیز ماده مؤثره گذاشته و موجب کاهش اسانس شد. در حالی‌که خشک کردن به روش سایه، روش مناسبی برای تمام نمونه‌های مورد بررسی گزارش گردید که در این روش، بالاترین بازده اسانس نیز مشاهده شد (۱۰، ۲۸، ۲۹).

در پژوهش حاضر، بیش‌ترین بازده اسانس در گیاه تازه و خشک، به‌ترتیب ۰/۳ و ۰/٦ درصد، در نوبت برداشت اول در خرداد حاصل شد. طی پژوهش‌های مختلف در مورد تأثیر نوبت برداشت در گیاهان تیره نعناع (آویشن باغی، نعناع دشتی، نعناع فلفلی و اسطوخودوس فرانسوی) در زمان گلدهی کامل، نشان داده شد عملکرد اسانس در نوبت برداشت اول (تیرماه) به‌دلیل افزایش درجه حرارت، افزایش طول روز و افزایش دوره روشنایی افزایش یافته و در چین دوم (شهریورماه) به‌دلیل کاهش درجه حرارت عملکرد اسانس کاهش یافته است. این نتایج نشان داد عوامل محیطی مانند نور و درجه حرارت بر تولید متابولیت‌های ثانویه اثرگذار است؛ افزایش درجه حرارت و نور می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی بر تولید و تجمع اسانس‌ها در گیاهان اسانس‌دار داشته باشد. در شرایط درجه حرارت بالا، فعالیت آنزیم‌ها که در فرآیند تولید اسانس نقش دارند، افزایش می‌یابد. این افزایش فعالیت آنزیم‌ها باعث افزایش سرعت فعالیت‌های بیوسنتزی متابولیکی مانند مسیرهای شیکمیک اسید و MEP می‌شود که به تولید اسانس‌ها منجر می‌گردد. هم‌چنین، کیفیت و کمیت نور نیز بر تولید اسانس‌ها تأثیرگذار است. گیاهان برای فعالیت کلروفیل و عملکرد فتوسنتز نیاز به نور دارند. افزایش نور می‌تواند سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاهان شود و در نتیجه، مواد اولیه مورد نیاز برای فعال شدن چرخه‌های متابولیکی دخیل در تولید اسانس نیز افزایش یابد. هم‌چنین، نور می‌تواند بر روند تنظیم ژنتیکی و بیان ژن‌های مرتبط با تولید اسانس‌ها تأثیرگذار باشد (۲، ٦، ۳۰، ۳۱).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در مجموع ۲۵ ترکیب در اسانس اسطوخودوس فرانسوی با استفاده از دستگاه GC-FID و GC-MS شناسایی شد که میانگین درصد کل اجزای اسانس شناسایی شده در سه نوبت برداشت در نوبت برداشت اول گیاه تازه ۹۹/۷ درصد و گیاه خشک ۹۹/۰ درصد، نوبت برداشت دوم گیاه تازه ۹۹/٤ درصد و گیاه خشک ۸٤/۲ درصد و در نهایت نوبت برداشت سوم گیاه تازه ۸۹/۹ درصد و گیاه خشک ۷۹/٤ درصد بود (جدول ۳).

جدول ۳- نوع و میزان اجزای اسانس اسطوخودوس فرانسوی تحت‌تأثیر نوع ماده گیاهی و نوبت برداشت.

Table 3. Type and amount of essential oil components in *Lavandula angustifolia* affected by plant material type and harvest time.

برداشت سوم Third harvest		برداشت دوم Second harvest		برداشت اول First harvest		شاخص بازداری RI**	ترکیبات* Compounds	ردیف No.
خشک Dry	تازه Fresh	خشک Dry	تازه Fresh	خشک Dry	تازه Fresh			
0.8 ± 0.06	1.7 ± 0.58	0.7 ± 0.23	1.2 ± 0.24	-	1.1 ± 0.17	939	α-pinene	1
1.2 ± 0.02	2.4 ± 1.71	0.8 ± 0.31	2.1 ± 0.17	0.6 ± 0.11	1.4 ± 0.25	983	β-pinene	2
-	1.3 ± 0.72	1.0 ± 0.33	1.5 ± 0.05	0.7 ± 0.23	1.7 ± 0.26	988	myrcene	3
-	2.7 ± 1.62	0.7 ± 0.09	6.3 ± 1.83	-	5.3 ± 0.89	1014	δ-3-carene	4
1.5 ± 0.08	1.0 ± 0.26	1.4 ± 0.23	1.3 ± 0.21	1.1 ± 0.06	1.1 ± 0.15	1030	*p*-cymene	5
0.7 ± 0.35	1.4 ± 0.69	0.6 ± 0.42	2.4 ± 0.80	0.8 ± 0.23	2.6 ± 0.60	1035	limonene	6
10.3 ± 0.81	4.8 ± 2.49	9.7 ± 1.51	4.3 ± 1.85	7.4 ± 1.19	13.9 ± 2.25	1038	1,8-cineol	7
-	3.9 ± 1.28	-	7.1 ± 1.40	7.1 ± 2.45	4.4 ± 0.93	1040	*Z*-β-ocimene	8
-	2.0 ± 0.45	-	1.6 ± 0.17	0.5 ± 0.17	2.4 ± 0.60	1049	*E*-β-ocimene	9
7.5 ± 0.80	21.6 ± 4.01	12.5 ± 1.43	10.1 ± 1.7	21.6 ± 1.32	19.3 ± 4.55	1102	linalool	10
6.3 ± 0.32	3.2 ± 0.78	6.9 ± 0.32	3.0 ± 0.97	3.9 ± 0.15	2.3 ± 0.64	1147	camphor	11
25.4 ± 0.10	8.8 ± 3.25	23.5 ± 0.74	16.5 ± 2.74	16.7 ± 0.75	9.5 ± 2.79	1166	borneol	12
2.0 ± 0.20	2.2 ± 0.12	2.2 ± 0.29	1.9 ± 0.58	2.1 ± 0.13	1.9 ± 0.21	1171	terpinen-4-ol	13
2.9 ± 0.26	0.8 ± 0.21	2.2 ± 0.10	1.7 ± 0.46	2.1 ± 0.15	1.3 ± 0.12	1176	cryptone	14
1.2 ± 0.03	2.1 ± 0.64	1.7 ± 0.05	1.1 ± 0.15	2.5 ± 0.31	1.8 ± 0.26	1201	α-terpineol	15
4.0 ± 0.47	11.5 ± 5.78	4.3 ± 1.54	10.1 ± 4.77	12.1 ± 0.78	12.3 ± 0.78	1252	linalool acetate	16
2.5 ± 0.10	3.5 ± 2.36	2.3 ± 0.20	2.1 ± 0.48	4.6 ± 0.46	3.8 ± 1.82	1285	lavandulyl acetate	17
0.9 ± 0.01	1.6 ± 0.81	1.0 ± 0.10	1.5 ± 0.32	1.3 ± 0.10	1.2 ± 0.10	1364	geranyl acetate	18
2.7 ± 0.46	1.4 ± 0.40	1.9 ± 0.49	3.8 ± 1.33	2.9 ± 0.21	1.8 ± 0.60	1424	*E*-caryophyllene	19
-	2.6 ± 0.15	0.5 ± 0.21	2.8 ± 1.46	1.6 ± 0.15	2.8± 0.42	1428	*trans*-α-bergamotene	20
–	0.4 ± 0.13	-	0.7 ± 0.18	-	1.1 ± 0.37	1488	germacrene D	21
0.7 ± 0.38	0.9 ± 0.40	0.7 ± 0.08	2.4 ± 1.12	0.5 ± 0.17	0.9 ± 0.35	1517	γ-cadinene	22
1.7 ± 0.10	1.1 ± 0.56	1.7 ± 0.17	1.4 ± 0.93	1.5 ± 0.06	0.6 ± 0.15	1520	geranyl isobutanoate	23
6.2 ± 0.13	3.1 ± 2.03	6.2 ± 1.29	5.8 ± 2.28	6.4 ± 0.40	2.6 ± 0.40	1577	caryophyllene oxide	24
0.9 ± 0.16	3.9 ± 2.16	1.7 ± 0.51	6.7 ± 3.75	1.0 ± 0.18	2.7± 0.95	1651	t-cadinol	25

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

گروه‌بندی ترکیب‌های شناسایی شده	برداشت اول First harvest		برداشت دوم Second harvest		برداشت سوم Third harvest	
	تازه Fresh	خشک Dry	تازه Fresh	خشک Dry	تازه Fresh	خشک Dry
هیدروکربن‌های مونوترپنی Monoterpene hydrocarbons	23.5 ± 3.61	16.8 ± 3.32	28.2 ± 6.30	14.3 ± 2.03	20.4 ± 8.30	13.4 ± 1.09
مونوترپن‌های اکسیژن‌دار Oxygenated monoterpenes	63.7 ± 9.80	68.3 ± 5.04	47.6 ± 5.04	57.2 ± 5.86	56.1 ± 19.46	53.8 ± 2.52
هیدروکربن‌های سزکوئی‌ترپنی Sesquiterpene hydrocarbons	7.2 ± 1.89	6.5 ± 0.59	11.1 ± 5.02	4.8 ± 0.95	6.4 ± 1.64	5.1 ± 0.94
سزکوئی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار Oxygenated sesquiterpenes	5.3 ± 1.35	7.4 ± 0.58	12.5 ± 6.03	7.9 ± 1.80	7.0 ± 4.19	7.1 ± 0.29
مقدار کل ترکیب‌های شناسایی شده Total amount of identified compounds	99.7	99.0	99.4	84.2	89.9	79.4
بازده اسانس Essential oil efficiency	0.3 ± 0.11	0.6 ± 0.17	0.2 ± 0.07	0.5 ± 0.16	0.2 ± 0.06	0.4 ± 0.13

*) روش شناسایی: شاخص بازداری (RI)، اسپکترومتری جرمی (MS)، تزریق هم‌زمان با تعدادی از ترکیبات استاندارد در دسترس

**) شاخص بازداری در این پژوهش با استفاده از نرمال آلکان‌های ٢٤-٦ کربنه در ستون DB-5 تعیین گردید

*) Mode of identification: retention index (RI), mass spectrometery (MS), and co-injection (CoI) with some available authentic compounds

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

شناسایی ترکیبات اسانس اسطوخودوس فرانسوی در سه نوبت برداشت و نوع ماده گیاهی تازه و خشک در این پژوهش نشان داد که مهم‌ترین ترکیبات شناسایی شده در اسانس این گیاه در مراحل مختلف برداشت، پنج ترکیب لینالول، بورنئول، لینالول استات، ۸،۱-سینئول و کامفور بودند. بیش‌ترین میزان ترکیبات غالب در بافت تازه و خشک لینالول (٢١/٦-١٩/٣ درصد)، ۱،۸-سینئول (٧/٤-١٣/٩ درصد) و لینالول استات (١٢/١-١٢/٣ درصد) در نوبت برداشت اول، بورنئول (٢٣/٥-١٦/٥ درصد) در نوبت برداشت دوم و در نوبت برداشت سوم لینالول (٧/٥-٢١/٦ درصد) بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که بخش عمده اسانس گیاه اسطوخودوس فرانسوی را در نوبت‌های مختلف برداشت مونوترپن‌های اکسیژن‌دار تشکیل می‌دهند، به‌طوری‌که این مواد به ترتیب تشکیل‌دهنده ٦٣/٧، ٤٧/٦ و ٥٦/١ درصد از اسانس در برداشت‌های اول، دوم و سوم در نمونه‌های تازه و ٦٨/٣، ٥٧/٢ و ٥٣/٨ درصد از اسانس در برداشت‌های اول، دوم و سوم در نمونه‌های خشک بودند. بعد از مونوترپن‌های اکسیژن‌دار، هیدروکربن‌های مونوترپنی (٢٣/٥، ٢٨/٢ و ٢٠/٤ درصد در نمونه‌های تازه و ١٦/٨، ١٤/٣ و ١٣/٤ درصد در نمونه‌های خشک) مقدار بیش‌تری از اسانس را به خود اختصاص داده‌اند و پس از آن گروه سسکویی‌ترپن‌های اکسیژن‌دار (٥/٣، ١٢/٥ و ٧/٠ درصد در نمونه‌های تازه و ٧/٤، ٧/٩ و ٧/١ درصد در نمونه‌های خشک) مقدار بیش‌تری از اسانس را به خود اختصاص داده‌اند و هیدروکربن‌های سسکوئی ترپنی (٧/٢، ١١/١ و ٦/٤ درصد در نمونه‌های تازه و ٦/٥، ٤/٨ و ٥/١ درصد در نمونه‌های خشک) سهم کم‌تری از اجزای تشکیل‌دهنده اسانس را داشتند (جدول ۳).

در مطالعه‌های مختلف، مشابه نتایج پژوهش حاضر، بالا بودن مقدار ترکیب لینالول و سهم مونوترپن‌های اکسیژن‌دار در اسانس گونه *L. angustifolia* گزارش شده است. بررسی انجام شده روی اسطوخودوس فرانسوی در لهستان نشان داد ترکیب‌های غالب حاصل از اسانس ماده گیاهی تازه شامل لینالول (۲۷/۳ درصد)، لینالول استات (۲۲/٤ درصد)، آلفا ترپینئول (٤/٦ درصد) و لاواندولول استات (۵/۷ درصد) بود. مونوترپن اکسیژن‌دار (۷۳/۸ درصد) سهم غالب اجزای تشکیل‌دهنده اسانس را در بر گرفت. در طرف مقابل، ترکیب‌های غالب مشاهده شده در اسانس حاصل از ماده گیاهی خشک شامل لینالول (۳٤/۷ درصد) و آلفا ترپینئول (۵/۱ درصد) بودند که بیش‌تر از مقادیر به‌دست آمده از گیاه تازه بود. از این گذشته، مشابه اسانس حاصل از ماده گیاهی تازه، سهم مونوترپن‌های اکسیژن‌دار (۷۸/۵ درصد) بیش‌ترین مقدار در بین ترکیبات شناسایی‌شده گزارش گردید (۳۲). پژوهش‌های صورت گرفته روی میزان ترکیبات تشکیل‌دهنده اسطوخودوس فرانسوی نشان داد مقدار ترکیبات در ماده گیاهی تازه و خشک دارای تفاوت می‌باشند و علاوه بر روش تقطیر، شرایط آب و هوایی، سن گیاه، نوبت برداشت، شرایط نگهداری و خشک کردن روی کمیت و کیفیت اسانس تأثیرگذار است و میزان ترکیبات به‌ترتیب لینالول (۳٤/۷-۲٦/۵ درصد)، لینالول استات (۱۹/۷-۲۳/٤ درصد)، ۱،۸-سینئول (۰/۵-۱/۵ درصد)، کامفور (۱۲/۵۲-۱۳/۷٤ درصد) و بورنئول (۷/٦-٦/۸۲ درصد) به‌دست آمد (۱، ۳۱، ۳۳). در مطالعه‌ای دیگر در مورد برداشت گل‌های اسطوخودوس در ماه شهریور و خرداد نشان داده شد که مقدار اسانس در ماه شهریور بالاتر بوده و اسانس حاصل از گل، از نظر ترکیبات لینالول، کامفور، لینالول استات و ترپینن٤-ال غنی بودند (۵). دلیل بالا بودن بازده اسانس در نمونه برداشت شده در شهریور، برعکس نتیجه حاصل از پژوهش حاضر که در بهار بیش‌ترین بازده اسانس حاصل شد، را می‌توان به اندام‌های مختلفی که استخراج از آن‌ها صورت گرفته نسبت داد؛ چرا که ثابت شده بخش‌های مختلف گیاهان اسانس‌دار به صورت جداگانه شامل گل، برگ، ساقه و گیاه کامل، از نظر بازده و عملکرد کیفی با یکدیگر تفاوت دارند (۲٤). از این گذشته، در طول نیمه دوم فصل بهار (با توجه به این‌که برداشت او در اواسط خرداد صورت گرفت) طول روز بلند بوده و این عامل در کنار تامین کمیت و کیفیت نور مناسب جهت فتوسنتز، دمای مطلوب جهت افزایش نزخ فتوسنتز را به همراه داشته تا مواد اولیه مورد نیاز برای تولید ترکیبات ثانویه مانند اسانس‌ها بیش‌تر تولید شوند (۲۳).

مقایسه میانگین نوع ماده گیاهی در نوبت‌های برداشت مختلف بر ترکیبات عمده شناسایی شده در اسانس اسطوخودوس فرانسوی نشان داد که درصد ترکیب لینالول در تیمار ماده گیاهی تازه و نوبت برداشت سوم با میانگین ۲۱/٦۳ درصد، بیش‌ترین مقدار بوده و کم‌ترین مقدار آن در تیمار ماده گیاهی خشک و نوبت برداشت سوم با میانگین ۷/۵۳ درصد مشاهده گردید. هم‌چنین، بیش‌ترین مقدار ترکیب ۱،۸- سینئول در تیمار ماده گیاهی تازه و در نوبت برداشت اول با میانگین ۱۳/۹۰ درصد و کم‌ترین مقدار این ترکیب در تیمار ماده گیاهی تازه و نوبت برداشت دوم با میانگین ٤/۳۰ درصد حاصل شد (جدول ٤).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر ماده گیاهی و نوبت برداشت بر ترکیبات اسانس اسطوخودوس فرانسوی (همه صفات بر حسب درصد می‌باشند).

Table 4. Mean comparison of the influence of plant materials in harvest times on the essential oil compounds of *L. angustifolia* (all traits are in percentage).

1,8-cineol	Linalool	تیمار Treatment	
		نوبت برداشت Harvest time	ماده گیاهی Plant material
13.90[a]	19.33[a]	برداشت اول First harvest	تازه Fresh
4.30[c]	11.00[b]	برداشت دوم Second harvest	
4.83[c]	21.63[a]	برداشت سوم Third harvest	
4.90[c]	21.26[a]	برداشت اول First harvest	خشک Dry
9.70[b]	12.46[b]	برداشت دوم Second harvest	
10.33[b]	7.53[b]	برداشت سوم Third harvest	

* حروف غیرمشابه در هر ستون، به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد

* Means with different letters in each column are significantly different at 1% probability level in Duncan's multiple range test

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر نوبت برداشت بر ترکیبات اسانس اسطوخودوس فرانسوی (همه صفات بر حسب درصد می‌باشند).

Table 5. Mean comparison of the influence of harvest times on the essential oil compounds of *L. angustifolia* (all traits are in percentage).

Camphor	Borneol	نوبت برداشت Harvest time
3.10[b]	13.1[b]	برداشت اول First harvest
4.93[a]	19.98[a]	برداشت دوم Second harvest
4.75[a]	18.55[a]	برداشت سوم Third harvest

* حروف غیرمشابه در هر ستون، به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد

* Means with different letters in each column are significantly different at 1% probability level in Duncan's multiple range test

مقایسه میانگین اثر نوبت برداشت بر ترکیبات اسانس نشان داد که بیش‌ترین مقدار دو ترکیب بورنئول و کامفور (به‌ترتیب ۱۹/۹۸ و ٤/۹۳ درصد) در نوبت برداشت دوم گزارش گردید (جدول ٥).

جدول مقایسه میانگین اثر نوع ماده گیاهی بر ترکیبات اسانس اسطوخودوس فرانسوی نشان داد برداشت گیاه به‌صورت تازه میزان لینالول استات (۱۱/٤۱ درصد) را افزایش داده است؛ این در حالی

است که خشک کردن باعث افزایش مقدار بورنئول و کامفور (به‌ترتیب ۲۱/۸۰ و ۵/٦۹ درصد) گردید (جدول ٦). اختلاف در ترکیب اسانس حاصل از گیاه تازه و خشک در نوبت‌های برداشت مختلف تأییدکننده آن است که میزان اجزای اسانس در شرایط مختلف برداشت با توجه به شرایط محیطی به‌ویژه درجه حرارت و کیفیت نور آفتاب متغیر می‌باشد (۳٤، ۳۵).

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر ماده گیاهی بر ترکیبات اسانس اسطوخودوس فرانسوی (همه صفات بر حسب درصد می‌باشند).

Table 6. Mean comparison of the influence of plant materials on the essential oil compounds of *L. angustifolia* (all traits are in percentage).

Camphor	Linalool acetate	Borneol	نوع ماده گیاهی Plant material
2.81[b]	11.41[a]	12.58[b]	تازه Fresh
5.69[a]	6.81[b]	21.80[a]	خشک Dry

* حروف غیرمشابه در هر ستون، به مفهوم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن می‌باشد

* Means with different letters in each column are significantly different at 1% probability level in Duncan's multiple range test

نتیجه‌گیری

در کشت‌های با مقیاس بزرگ، تولیدکنندگان گیاهان دارویی و معطر با حجم عظیمی از مواد گیاهی در هر دوره برداشتی روبرو هستند. در این موارد، نیاز به فضای بزرگ‌تر و نیروی انسانی فراوان برای فرآوری و خشک کردن گیاهان برداشت شده وجود دارد. این امر باعث افزایش هزینه‌های تولید شده و در چنین شرایطی، ضرورت مقایسه بازده اسانس گیاه در حالت تازه و خشک احساس می‌شود. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که در گونه اسطوخودوس فرانسوی، میزان و کیفیت اسانس تحت‌تأثیر زمان برداشت و نوع ماده گیاهی قرار می‌گیرد. به منظور حصول از بیش‌ترین مقدار و مطلوب‌ترین کیفیت اسانس این گیاه، بسته به کاربرد مورد نظر، نوبت‌های برداشت مختلف و ماده گیاهی متفاوت را در شرایط آب و هوایی شهرستان سعادت‌شهر، استان فارس، می‌توان توصیه کرد. به‌طوری‌که نوبت برداشت بهار و ماده گیاهی خشک برای عملکرد اسانس بیش‌تر در کنار غنی بودن از لینالول برای صنایع آرایشی و بهداشتی توصیه کرد. از طرف دیگر نمونه گیاهی خشک برداشت شده در در نوبت سوم، غنی از بورنئول بوده و می‌تواند به‌عنوان دهنده در صنایع آشامیدنی و نیز تولید عطر پیشنهاد گردد. بنابراین، ارزیابی کمی و کیفی اسانس تولید شده توسط گیاه در نوبت‌های مختلف برداشت و نیز تحت‌تأثیر شرایط پس از برداشت، این کمک را به تولید کننده می‌نماید که هم ماده گیاهی با کمیت و کیفیت ماده مؤثره مدنظر صنعت را تامین نماید و هم خود به سود بالاتری دست پیدا کند.

منابع

1. Najar, B., Demasi, S., Caser, M., Gaino, W., Cioni, P. L., Pistelli, L. & Scariot, V. (2019). Cultivation Substrate composition influences morphology, volatilome and essential oil of *Lavandula angustifolia* Mill. *Agronomy*, 9, 411.
2. Claudio, C., Francesca, F., Fabio, D., Antonio, B., Maria, L., Gino, N., Giancarlo, R. & Gabrilla, S. (2021). Chemical Profile. *In Vitro* Biological activity and comparison of essential oils from fresh and dried flowers of *Lavandula angustifolia* L. *Molecules*, 26, 2-20.
3. Smigielski, K., Prusinowska, R., Stobiecka, A., Kunicka, A. & Gruska, R. (2018). Biological properties and chemical composition of essential oils from flowers and aerial parts of lavender (*Lavandula angustifolia*). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21, 1-13.
4. Aboutaleb, N., Jamali, H., Abolhasani, M. & Pazoki Toroudi, H. (2019). Lavender oil (*Lavandula angustifolia*) attenuates renal ischemia/reperfusion injury in rats through suppression of inflammation. oxidative stress and apoptosis. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 110, 9-19.
5. Calo, J. R., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A. & Ricke, S. C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems-A review. *Food Control*, 54, 111-119.
6. Pereira, I., Severino, P., Santos, A., Silva, A. & Souto, E. (2018). Linalool bioactive properties and potential applicability in drug delivery systems. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 171, 566-578.
7. Raut, J. S. and Karuppayil, S. M. (2014). A status review on the medicinal properties of essential oils. *Industrial Crops & Products*, 62, 250-264.
8. Pokajewicz, K., Bialon, M., Svydenko, L., Fedin, R. & Hudz, N. (2021). Chemical composition of the essential oil of the new cultivars of *Lavandula angustifolia* Mill. *Molecules*, 26, 2-20.
9. Züleyha, Ö., Turgut, K., Selami, S. & Cenk, P. (2018). Effect of different drying methods and development stages on the essential oil chemical composition of aerial parts of *Origanum vulgare* L. subsp. hirtum (link) Letsw. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21 (4), 1403-1409.
10. Beigi, M., Torki-Harchegani, M. & Ghasemi Pirbalouti, A. (2018). Quantity and chemical composition of essential oil of peppermint (*Mentha* × *piperita* L.) leaves under different drying methods. *International Journal of Food Properties*, 21 (1), 267-276.
11. Inan, M., Kirpik, M., Kaya, D. A. & Kirici, S. (2011). Effect of harvest time on essential oil composition of *Thymbra spicata* L. growing in flora of Adıyaman. *Advances in Environmental Biology*, 2, 356-358.
12. Mollaei, S., Ebadi, M., Hazrati, S., Habibi, B., Gholami, F. & Sourestani, M. M. (2020). Essential oil variation and antioxidant capacity of *Mentha pulegium* populations and their relation to ecological factors. *Biochemical Systematics and Ecology*, 91, 104084.
13. Al-Hamdani, A., Jayasuriya, H., Pathare, P. B. & Al-Attabi, Z. (2022). Drying characteristics and quality analysis of medicinal herbs dried by an indirect solar dryer. *Foods*, 11, 4103.
14. Liao, Z., Huang, Q., Cheng, Q., Khan, S. & Yu, X. (2021). Seasonal variation in chemical compositions of essential oils extracted from lavandin flowers in the Yun-Gui Plateau. *Molecular*, 26, 2-8.
15. Amani Machiani, M., Javanmard, A., Ostadi, A., Morshedloo, M. & Chabokpour, J. (2021). Effects of harvest time and mycorrhiza fungus application on quantitative and qualitative yield of thyme (*Thymus vulgaris* L.) essential oil at different irrigation levels. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36 (6), 1037-1022. (In Persian)
16. Yazdani, D., Shahnazi, S., Jamshidi, A., Rezazadeh, S. & Mojab, F. (2006). Study on variation of essential oil quality and quantity in dry and fresh herb of Thyme and Tarragon. *Journal of Medicinal Plants Research*, 1 (17), 7-15.

17. British Pharmacopoeia. (2007). *Appendix XI*. Vol. 2, London, HMSO, 137-138.
18. Medjahed, F., Merouane, A., Saadi, A., Bader, A., Cioni, P. L. & Flamini, G. (2016). Chemical profile and antifungal potential of essential oils from leaves and flowers of *Salvia algeriensis* (Desf.): A comparative study. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 76 (2), 195-200.
19. Adams, R. P. (2011). *Identification of Essential Oils by Ion Trap Mass Spectroscopy*. Academic Press: New York. 809 p.
20. Davies, N. W. (1998). Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicon & Carbowax 20M phases. *Journal of Chromatography A*, 503, 1-24.
21. Shibamoto, T. (1987). *Retention indices in essential oil analysis*. In Capillary Gas Chromatography in Essential Oil Analysis, Sandra P. Bichi C. (eds). Alfred Heuthig: New York.
22. Omidbaigi, R. (2009). *Production and Processing of Medicinal Plants*. Vol. 2, Mashad, 438 p.
23. Yi, W. & Wetzstein, H. Y. (2011). Effects of drying and extraction conditions on the biochemical activity of selected herbs. *HortScience*, 46(1), 70-73.
24. Heydari, Z., Yavari, A., Jafari, L. & Mumivand, H. (2020). Study on the chemical diversity of essential oil from different plant parts of *Salvia sharifii* Rech. f. & Esfand. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 36 (4), 627-641. [In Persian]
25. Mahmood, A., Gendy, A., Alahl, H., Gralova, D., Astatkie, T. & Abdelrazik, T. (2018). Impacts of harvest time and water stress on the growth and essential oil components of horehound (*Marrubium vulgare*). *HortScience*, 232, 139-144.
26. Nejad Habibvash, F. & Daneshgar, M. (2019). Variation in the essential oil (*Thymus kotschyanus)* Boiss. & Hohen. Apical shoots at different developmental stages. *Journal of Plant Research*, 32 (2), 474-486. (In Persian)
27. Verdian-Rizi, M. (2008). Variation in the essential oil composition of *Artemisia annua* L. of different growth stages cultivated in Iran. *African Journal of Plant Science*, 2 (2), 16-18.
28. Ebadi, M. T., Azizi, M., Sefidkon, F. & Ahmadi, N. (2015). Influence of different drying methods on drying period, essential oil content and composition of *Lippia citriodora* Kunth. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2 (4), 182-187.
29. Rahimi, A. & Farrokhi, E. (2019). Evaluation of the effect of different drying methods on antioxidant and phytochemical activity of essential oil of *Origanum vulgare* L. subsp. gracile. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 27 (3), 4-27. [In Persian]
30. Hassanzadeh, K., Hemmati, K. & Mehdipour, M. (2018). Effects of different drying methods (natural method and oven) on drying time and some secondary metabolites of Lemon balm (*Melissa officinalis* L.). *Journal of Plant Production*, 25 (1), 137-143. (In Persian)
31. Silva, S., Luz, J., Nogueira, P., Blank, A., Sampaio, T., Pinto, J. & Janior, A. (2017). Organo-mineral fertilization effects on biomass and essential oil of lavender (*Lavandula dentata* L.). *Industrial Crops & Products*, 103, 137-140.
32. Smigielski, K., Prusinowska, R., Raj, A., Sikora, M., Wolinska, K. & Gruska, R. (2011). Effect of drying on the composition of essential oil from *Lavandula angustifolia*. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, *5*, 532-542.
33. Ning, W., Peng, X., Ma, L., Cui, L., Lu, X., Wang, J., Tian, J., Li, X., Wang, W. & Zhang, L. (2012). Enhanced secondary metabolites production and antioxidant activity in postharvest *Lonicera japonica* Thunb. in response to UV radiation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 231-243.

34.Nazari, M. & Zarinkamar, F. (2020). Ultraviolet-B induced changes in *Mentha aquatica* (a medicinal plant) a early and late vegetative growth stages: Investigations at molecular and genetic levels. *Industrial Crops & Products*, 154, 112618.

35.Ning, W., Peng, X., Ma, L., Cui, L., Lu, X., Wang, J., Tian, J., Li, X., Wang, W. & Zhang, L. (2012). Enhanced secondary metabolites production and antioxidant activity in postharvest *Lonicera japonica* Thunb. in response to UV radiation. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 13, 231-243.