

Evaluation of Essential oil Components of Some *Mentha piperita* L. Ecotypes in Different Harvesting and Drying Methods

Mehdi Mohebodini^{1*} , Zahra Bashirzadeh², Roghayeh Fathi³

Received: January 13, 2024

Accepted: January 9, 2025

1-Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
2-MSc, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.
3-Assist. Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Lorestan, Khorramabad, Lorestan, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: mohebodini@uma.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Preserving plant biodiversity is important for creating structural diversity and main compounds in the future for the sustainable development of human civilization. Peppermint (*Mentha piperita* L.), with numerous medicinal properties is one of the most important plants from Lamiaceae family. These plants produce a major and diverse group of secondary metabolites. Main purpose of this research is evaluation of essential oil components of some *Mentha piperita* L. ecotypes in different harvesting and drying methods.

Materials and Methods: In this research, the diversity of essential oil compounds in different methods of harvesting (50% flowering- 100% flowering) and drying in different (oven- shade) accession of peppermint plants was investigated. This experiment was conducted in University of Mohaghegh Ardabili climatic condition in 2022, based on randomized complete block design with three replications. Their essential oils were extracted by using of Clevenger apparatus and were analyzed by GC-MS.

Results: Analysis of variance showed that there were significant differences among studied essential oil compounds traits. In total, 25 compounds were identified, and the largest amount of compounds was found in the Zanjan accession in the harvesting and drying method 50% flowering-shade and the highest number of compounds was observed in the Noorabad accession. The most important components of peppermint essential oil were: Limonene (0.23-29.45%), Menthol (0.30-30.16%), Cadinol (0.21.17.40%), Pulegone (0.35-13.72), Ledol (0.20-3.86%), Propazulen (0.26-5.28%) and Terpinol (0.21-2.85%). Maximum correlation was shown between Naphthalene and Aromadendrene (0.80). Cluster analysis, classified the treatments into four major groups. Factor analysis indicated that the 9 factors explained 93.19 of the variability among the accessions.

Conclusion: The results suggested that *Mentha piperita* L accessions of Iran had a high genetic diversity that can be used in the breeding programs. The considerable variations were observed among accessions in viewpoint of number, type and amount of essential oil compounds.

Keywords: Composition, Correlation, Limonene, Peppermint, Treatment

بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس تعدادی از اکوتیپ‌های نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) در روش‌های مختلف برداشت و خشک کردن

مهدی محب‌الدینی^{۱*}، زهرا بشیرزاده^۲، رقیه فتحی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳	تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۰
--------------------------	-------------------------

۱- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، لرستان، ایران

چکیده

مقدمه و اهداف: حفظ تنوع زیستی گیاهی برای ایجاد تنوع ساختاری و ترکیبات اصلی در آینده برای توسعه پایدار تمدن بشری مهم است. نعناع فلفلی با نام علمی *Mentha piperita* L. با خواص دارویی متعدد یکی از مهمترین گیاهان خانواده نعناعیان است که گروه عمده و متنوعی از متابولیت‌های ثانویه را تولید می‌کنند. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس تعدادی از اکوتیپ‌های گیاه دارویی نعناع فلفلی در روش‌های مختلف برداشت و خشک کردن می‌باشد.

مواد و روش‌ها: به منظور بررسی تنوع ترکیبات شیمیایی اسانس در روش‌های مختلف برداشت (نیمه گلدهی - گلدهی کامل) و خشک کردن (سایه - آون) در توده‌های مختلف گیاه نعناع فلفلی آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۱ اجرا گردید. اسانس مواد گیاهی به روش تقطیر با آب و با استفاده از دستگاه کلونجر استخراج و مهمترین ترکیبات اسانس گونه‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی مشخص گردید.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی صفات ترکیبات اسانس مورد مطالعه گیاه نعناع فلفلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. بالاترین مقدار ترکیبات در توده زنجان به روش برداشت و خشک کردن نیمه گلدهی - سایه و بیشترین تعداد ترکیبات هم در توده نورآباد مشاهده شد. مهم‌ترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس Limonene بین ۰/۲۳ تا ۰/۴۵ درصد، Menthol ۰/۳۰ تا ۰/۱۶ درصد، Cadinol ۰/۲۱ تا ۰/۴۰ درصد، Pulegone ۰/۳۵ تا ۰/۷۲ درصد، Ledol ۰/۲۰ تا ۰/۸۶ درصد، Propazulene ۰/۲۶ تا ۰/۲۸ درصد و Terpinol ۰/۲۱ تا ۰/۸۵ درصد بود. بیشترین میزان همبستگی بین ترکیب Naphthalene با Aromadendrene (۰/۸۰) مشاهده گردید. نتایج تجزیه خوشه‌ای، تیمارهای مورد بررسی را به چهار گروه تقسیم‌بندی و بر اساس نتایج تجزیه به عامل‌ها نه عامل اصلی توانستند مجموعاً ۹۳/۱۹ درصد از واریانس کل را توجیه کنند.

نتیجه‌گیری: نتایج حاکی از آن است که توده‌های *Mentha piperita* L. ایران دارای تنوع ژنتیکی بالایی هستند که می‌توان از آن در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. همچنین تغییرات قابل توجهی در بین توده‌ها از نظر تعداد، نوع و میزان ترکیبات اسانس مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: تیمار، همبستگی، لیمونن، مواد موثره، نعناع فلفلی

مقدمه

کاربرد گیاهان دارویی از هزاران سال پیش به عنوان درمان بیماری‌ها در جوامع محلی مطرح بوده است (فیتز گرالد و همکاران ۲۰۲۰). گیاهان به دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه همچون اسانس‌ها، آنتی‌اکسیدان‌ها و فلاونوئیدها از اهمیت و جایگاه ویژه‌ای در علوم پزشکی و داروسازی برخوردارند. نعناع فلفلی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی بوده و تولید سالانه‌ی اسانس آن در جهان به حدود ۴۰۰۰ تن می‌رسد و تولیدکننده عمده آن کشور آمریکا می‌باشد (ریتا و انیمیش ۲۰۱۱). با توجه به درصد کم مواد مؤثره در گیاهان دارویی و نیاز برای دستیابی به گونه‌های با ارزش دارویی و نادر، می‌توان ضمن سازگار کردن و معرفی این گونه‌ها در عرصه‌های زراعی با شناسایی بهترین فصل برداشت برای دستیابی به بالاترین بازده بهترین بهره‌برداری اقتصادی را بدست آورد (ملیسا و همکاران ۲۰۱۶). نعناع فلفلی، *Mentha piperita* L گیاهی علفی چند ساله از تیره نعناعیان و بومی مناطق مدیترانه است (سادات و لادن مقدم ۲۰۱۹). این گیاه متعلق به جنس *Mentha* که در بیشتر مناطق دنیا کشت و دارای برگ‌های بیضی شکل، متقابل به رنگ سبز معطر و کمی پوشیده از کرک با حاشیه‌ی دندانه‌دار می‌باشد. این گیاه بومی مناطق معتدله به ویژه اروپا، امریکای شمالی و شمال آفریقا به شمار می‌رود که امروزه در سراسر دنیا گسترش یافته و کشت می‌گردد (سان و همکاران ۲۰۱۴).

مقدار و درصد ترکیبات موجود در اسانس توسط عوامل ژنتیکی کنترل می‌شود (بویحیا و همکاران ۲۰۱۹) و از طریق گزینش می‌توان محتوای اسانس را بهبود بخشید (عزیزی و همکاران ۲۰۱۶).

تحلیل آماری مقدار ترکیب‌های اسانس در گونه‌های بررسی شده بومادران *A. millefolium* و *A. wilhelmsii* نشان دهنده‌ی تفاوت معنی‌دار در مراحل مختلف فنولوژیک است. بین ترکیبات اصلی موجود در اسانس *A. wilhelmsii* کامفور بیشترین مقدار (۵۸/۴۳ درصد) را در مرحله‌ی رویشی داشت و با گله‌ی از مقدار آن کاسته (۱/۱۳ درصد) و در آغاز میوه‌دهی مقدار آن به صفر رسید (نژادحیبی و اش و رضایی ۲۰۱۸).

نتایج حاصل از آنالیز مواد مؤثره اسانس‌ها نشان داد که مهمترین ترکیبات اسانس نعناع فلفلی، سینئول (۳۱/۷ درصد)، منتون (۱۲/۱۴ درصد)، پولگون (۹۴/۳ درصد)،

منتول (۳۷/۷۲ درصد)، منتوفوران (۶۳/۱۳ درصد) و تیمول (۳/۹۲ درصد) بود (احمدپور و مهدوی کیا ۲۰۱۹). بازده اسانس در جمعیت‌های کشت شده تفاوت معنی‌داری نشان داد و بیشترین و کمترین میزان آن به ترتیب در ماسال با ۱/۷۶ درصد و در آبکنار با ۱/۵ درصد مشاهده شد (بهارمست و همکاران ۲۰۲۰). در تحقیق توتار و همکاران (۲۰۱۶) بیشترین ترکیبات اصلی اسانس نعناع مربوط به پیپریتون (۱۶/۳۴ درصد) و پولگون (۱۳/۷۲ درصد) بود.

عملکرد اسانس در گونه‌های مختلف گیاهی به فصل زراعی، زمان برداشت و نحوه استخراج بستگی دارد (اولتونیا و اکینتایو ۲۰۱۷). بررسی و تعیین بهترین شرایط کشت که بتواند به تولید گیاهی با بیشترین درصد متابولیت‌های ثانویه منجر شود، از مهمترین اهداف در پژوهش‌های مربوط به کشت گیاهان دارویی است (آساینکو و ماسوس ۲۰۱۹).

در چند دهه‌ی اخیر پژوهش‌های گسترده‌ای در زمینه‌ی بررسی تنوع گیاهی از لحاظ ارزش غذایی و دارویی انجام گرفته و نیز در حال انجام است. بنابراین با بررسی اجزای ترکیبات اسانس توده‌های مختلف نعناع فلفلی می‌توان ژنوتیپ برتر از لحاظ بیشترین مقدار ترکیبات را شناسایی و بهترین ارقام را در بین توده‌ها گزینش و در برنامه‌های اصلاحی و ذخایر ژنتیکی مورد استفاده قرار داد. بنابراین هدف از انجام این آزمایش بررسی تنوع ترکیبات اسانس در روش‌های مختلف برداشت و خشک کردن در توده‌های مختلف گیاه دارویی نعناع فلفلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس توده‌های مختلف نعناع فلفلی در روش‌های مختلف برداشت و خشک کردن آزمایشی فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در دانشگاه محقق اردبیلی انجام گرفت. ابتدا زمین مورد نظر شخم و سپس کرت‌بندی شد. هر کرت به ابعاد ۱۵۰×۱۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌های کشت ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها در هر ردیف ۱۵ سانتی‌متر بود. در این مطالعه ریزوم‌های ۴ ژنوتیپ گیاه دارویی نعناع فلفلی از شهرهای مختلف ایران (مشگین‌شهر، نورآباد، زنجان و شیراز) جمع‌آوری و برای بررسی ترکیبات اسانس و مقایسه

مقایسه با طیف MS در کتابخانه ژنومی NIST08 و Willey مورد شناسائی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که در تمامی صفات ترکیبات اسانس اثر متقابل دو جانبه‌ی ژنوتیپ با روش برداشت و خشک کردن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در مجموع ۲۵ ترکیب مهم شناسایی شد که در بین آن‌ها Limonene، Menthol، Cadinol، Pulegone، Ledol، Propazulene و Terpinol از جمله ترکیبات مهم بود. مقایسه میانگین نشان داد که توده نورآباد بیشترین میزان Menthol (۳۰/۱۶ درصد) را در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- آون)، Pulegone (۱۳/۷۲ درصد) در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- سایه)، Phenol (۶/۲۴ درصد) در روش برداشت و خشک کردن (نیمه گله‌ی- آون)، Propazulene (۱/۴۰ درصد) در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- سایه) و Imidazollendrene (۱/۰۲ درصد) در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- آون) را در بین توده‌ها داشت. توده مشگین‌شهر بیشترین مقدار Cyclohexene (۵/۰۶ درصد) را در روش برداشت و خشک کردن (نیمه گله‌ی- آون) داشت. توده زنجان بیشترین مقدار Eucalyptol (۴۶/۳۵ درصد) را در روش برداشت و خشک کردن (نیمه گله‌ی- سایه) Limonene (۲۹/۵۴ درصد)، Decadiene (۱۷/۰۴ درصد)، Carene (۲/۷۰ درصد) و Copaene (۱/۱۸ درصد) را در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- آون) داشت. همچنین توده شیراز بیشترین مقدار Cyclohexadine (۱۲/۷۶ درصد) را در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- سایه)، Caryophyllene (۱۲/۶۵ درصد) در روش برداشت و خشک کردن (تمام گله‌ی- سایه)، Terpinol (۲/۸۵ درصد) در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- سایه)، Epiquiphellandrene (۱/۶۰ درصد) در روش برداشت و خشک کردن (گله‌ی کامل- سایه) و Aristolene (۱/۰۷ درصد) را در روش برداشت و خشک کردن (نیمه گله‌ی- آون) داشت. در مجموع نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ترکیبات را توده زنجان صفت Eucalyptol در روش برداشت و خشک کردن (نیمه گله‌ی- سایه) داشت و همچنین بیشترین تعداد ترکیبات در توده نورآباد مشاهده شد (جدول ۲).

میزان آن در توده‌های مختلف بر اساس طرح انتخاب شده در شرایط مزرعه در محل اداره ایستگاه کشاورزی شهرستان مشگین‌شهر کشت شدند. عملیات زراعی مورد نیاز از جمله وجین علف‌های هرز و مبارزه با آفات و بیماری‌ها نیز در طول فصل رشد انجام گردید. گیاهان جمع‌آوری شده از مزرعه برای خشک شدن به روش سایه و به دور از آفتاب و همچنین در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد در داخل آون خشک و بعد از خشک شدن، نمونه‌های گیاهی دقیقی قبل از اسانس‌گیری آسیاب شدند تا عملکرد و کیفیت خود را حفظ کنند. بررسی ترکیبات اسانس در روش‌های برداشت (نیمه گله‌ی و گله‌ی کامل) و خشک کردن گیاه (سایه و آون با دمای ۴۰ درجه‌ی سانتی‌گراد) صورت گرفت. به منظور استخراج اسانس توده‌ها، ۲۵ گرم از اندام‌های هوایی خشک شده توسط آسیاب خرد و اسانس‌گیری با استفاده از دستگاه کلونجر به روش تقطیر با آب در شرایط کاملاً یکسان انجام گرفت. بدین منظور اندام‌های هوایی خردشده‌ی بوته‌ها در بالن دستگاه تقطیر کلونجر ریخته و میزان ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر به بالن اضافه گردید. عمل حرارت دادن به مدت سه ساعت ادامه یافت. اسانس‌های جمع‌آوری شده در داخل میکروتیوب ریخته و در یخچال با دمای چهار درجه به دور از هوا و نور نگهداری شد. آنالیز اسانس از طریق دستگاه کروماتوگرافی گازی (American Agilent 7890B) مجهز به آشکارساز جرمی مدل Agilent 5975 C و نرم افزار HP Chemstation در محیط ویندوز و اینجکتور با مد split/splitless و ستون موئین HP-5 MS با طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت ۰/۲۵ میکرومتر از کمپانی Agilent آمریکا در دستور کار قرار داده شد و آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار spss مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. دمای اولیه دستگاه آون در ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه دقیقه نگه داشته شد و سپس با سرعت ۸ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت و به مدت ۳ دقیقه در همان دما نگه داشته شد. از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل استفاده گردید. فلوو گاز حامل یک میلی‌لیتر بر دقیقه و ۷۰ الکترون ولت (EI) بود. دریچه تزریق در مد Split با نسبت ۱۰:۱ بود و حجم نمونه‌ی تزریقی هم ۱ μl در نظر گرفته شد. هر ترکیب بوسیله حضور و نسبت یون‌ها و

جدول ۱. تجزیه واریانس ترکیبات اسانس توده‌های نعنای فلفلی

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
Hexadiene	Eucalyptol	Lemonene	Benzene	Octanol	Hexene	Phellandrene	α -Pinene		
۱/۹۰**	۲۱/۵۲**	۲/۶۰**	۲/۹۶**	۲/۴۶**	۲/۰۵**	۲/۹۱**	۲/۹۸**	۲	بلوک
۲۷/۶۰**	۵۷/۵۷**	۱۸۴/۸۴**	۷/۱۹**	۰/۳۰**	۴/۶۰**	۷/۴۳**	۱/۷۳**	۳	ژنوتیپ
۲۷/۶۲**	۷۵۵/۸۳**	۴۹/۲۵**	۶/۸۹**	۱/۳۰**	۷/۳۳**	۱۸/۳۰**	۴۸/۷۳**	۳	روش برداشت و خشک کردن
۲۸/۹۴**	۵۹۱/۹۶**	۳۵۵/۹۹**	۶/۷۵**	۰/۷۰**	۵/۰۲**	۷/۴۴**	۴/۱۱**	۹	ژنوتیپ × روش برداشت و خشک کردن
۰/۰۱۴	۷/۷۹	۰/۰۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۰/۰۱۵	۰/۰۱۶	۳۰	خطا

ns, **, * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد است

ادامه جدول ۱

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
Pulegone	Imidazollendrene	Aristolene	Menthol	Ledol	Carene	Terpineol	Cyclo heptan		
۴/۶۷**	۱/۴۱**	۱/۴۷**	۳/۴۰**	۳/۱۱**	۱/۸۵**	۲/۴۴**	۱/۴۹**	۲	بلوک
۳۲/۶۲**	۰/۰۶**	۰/۲۲**	۴۸۳/۶۲**	۴/۹۳**	۰/۵۷**	۲/۷۱**	۱۱/۹۱**	۳	ژنوتیپ
۱۱۰/۸۲**	۰/۱۴**	۰/۱۱**	۱۱۷/۶۱**	۲۰/۰۶**	۱/۶۶**	۲/۵۸**	۱۰/۰۳**	۳	روش برداشت و خشک کردن
۷۰/۹۸**	۰/۲۰**	۰/۱۳**	۲۲۰/۲۶**	۱۶/۸۶**	۱/۵۴**	۱/۵۴**	۹/۷۱**	۹	ژنوتیپ × روش برداشت و خشک کردن
۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۹	۰/۰۵	۳۰	خطا

ادامه جدول ۱

میانگین مربعات								درجه آزادی	منابع تغییر
Aromadendrene	Phyllenoxide	Mintfuran	Decadiene	Propazulene	Naphthalene	Epiquiphellandrene	Caryophyllene	Copaene	
۱/۴۳**	۱/۹۱**	۲/۸۷**	۲/۰۵**	۲/۵۰**	۱/۵۵**	۲/۲۶**	۲/۷۶**	۲/۶۰**	۲
۰/۲۳**	۲/۷۵**	۲۱/۳۷**	۵۷/۷۲**	۰/۵۷**	۰/۱۲**	۰/۳۴**	۴۵/۵۴**	۰/۰۸**	۳
۰/۰۳**	۵/۷۰**	۲۲/۵۲**	۴۷/۲۰**	۰/۰۸**	۰/۰۴**	۰/۲۹**	۲۵/۶۹**	۰/۰۸**	۳
۰/۰۵**	۷/۵۰**	۱۸/۵۵**	۵۳/۵۳**	۰/۴۶**	۰/۱۱**	۰/۲۸**	۳۸/۶۸**	۰/۲۹**	۹
۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۵	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۱۸	۰/۰۱۸	۰/۰۱۷	۳۰

در تحقیق دیگر بازده اسانس در جمعیت‌های کشت شده در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری نشان داد و بیشترین و کمترین میزان آن به ترتیب در ماسال با ۱/۷۶ درصد و در آبکنار با ۱/۵ درصد مشاهده شد (بهارمست و همکاران ۲۰۲۰). نتایج بازده اسانس در ۵ گونه *S. lavandulifolia*، *S. laxa*، *S. inflata*، *S. germanica* و *S. Byzantine* به نسبت کم بود و به ترتیب ۲، ۱/۸، ۱/۶، ۱ و

۰/۸ درصد بود. گونه *S. lavandulifolia* بازده اسانس بیشتری نسبت به بقیه گونه‌ها داشت. همچنین مقایسه میانگین ترکیبات اصلی اسانس در گونه‌های مورد مطالعه نشان داد که در مجموع ۳۳ ترکیب بدست آمد که مهمترین آنها Beta odsmol (۳/۱۲ درصد)، Cadinene (۶/۵۹ درصد)، Spathulenol (۶/۸۶ درصد)، α -Cadinol (۸/۷۵ درصد) بودند (رزازی و همکاران ۲۰۲۱).

جدول ۲. مقایسه میانگین ترکیبات اسانس توده‌های نعنای فلفلی.

توده	روش برداشت و خشک کردن	Pinene	Phenol	Hexene	Octanol	Benzene	Lemonene	Eucalyptol	Hexadene
۱. مشگین‌شهر	۱	۱/۴۱ ^{de}	۱/۸۸ ^{cd}	۱/۸۹ ^c	۱/۱۲ ^{a-d}	۲/۴۸ ^c	۵/۸۱ ^f	۳۰/۶۴ ^b	۰/۳۰ ^c
	۲	۱/۵۸ ^d	۲/۱۴ ^{cd}	۵/۰۶ ^a	۰/۵۱ ^{de}	۱/۷۹ ^{cd}	۴/۶۸ ^g	۱۳/۶۰ ^c	۰/۶۵ ^c
	۳	۴/۸۰ ^b	۱/۴۸ ^{de}	۰/۳۱ ^d	۰/۲۲ ^c	۰/۲۵ ^c	۰/۳۸ ^j	۲۷/۷۰ ^b	۰/۲۹ ^c
	۴	۰/۴۱ ^f	۰/۲۴ ^f	۰/۳۹ ^d	۰/۵۰ ^{de}	۰/۲۴ ^g	۰/۵۰ ^j	۱۰/۰۶ ^d	۱/۲۵ ^b
۲. نورآباد	۱	۳/۳۸ ^c	۴/۶۰ ^b	۰/۴۶ ^d	۱/۱۱ ^{a-c}	۳/۹۷ ^b	۱۱/۳۵ ^d	۲۸/۱۸ ^b	۰/۴۶ ^c
	۲	۱/۸۴ ^d	۶/۲۴ ^a	۰/۲۹ ^d	۱/۷۲ ^{ab}	۰/۵۷ ^{c-g}	۵/۸۱ ^f	۶/۰۱ ^c	۰/۴۱ ^c
	۳	۴/۹۰ ^b	۰/۲۸ ^f	۰/۲۶ ^d	۰/۳۰ ^c	۰/۳۶ ^g	۰/۳۵ ^j	۲۶/۶۰ ^b	۰/۶۵ ^c
	۴	۰/۶۳ ^{cf}	۰/۲۷ ^f	۰/۶۳ ^d	۰/۳۸ ^{de}	۰/۶۳ ^{c-g}	۲/۲۰ ⁱ	۲۷/۷۰ ^b	۰/۲۰ ^c
۳. زنجان	۱	۴/۵۳ ^b	۳/۹۳ ^b	۲/۹۳ ^b	۰/۹۶ ^{b-e}	۳/۹۷ ^b	۱۲/۸۵ ^c	۴۶/۳۵ ^a	۰/۳۳ ^c
	۲	۰/۴۰ ^f	۰/۳۰ ^f	۰/۲۷ ^d	۰/۵۱ ^{de}	۱/۱۹ ^{d-f}	۰/۶۰ ^j	۴/۷۷ ^{de}	۰/۳۵ ^c
	۳	۵/۲۸ ^b	۰/۶۱ ^f	۰/۳۵ ^d	۰/۴۷ ^{de}	۰/۷۶ ^{c-g}	۰/۲۳ ^j	۳۱/۱۰ ^b	۰/۴۵ ^c
	۴	۱/۳۰ ^{de}	۱/۰۱ ^f	۰/۵۴ ^d	۱/۷۷ ^a	۵/۲۷ ^a	۲۹/۴۵ ^a	۱/۰۴ ^c	۰/۷۱ ^c
۴. شیراز	۱	۰/۳۴ ^f	۰/۵۵ ^f	۰/۵۵ ^d	۱/۳۰ ^{abc}	۰/۴۹ ^{fg}	۰/۵۷ ^j	۵/۱۸ ^c	۰/۵۹ ^c
	۲	۱/۰۳ ^{def}	۲/۴۳ ^b	۲/۴۰ ^c	۰/۷۳ ^{de}	۲/۴۸ ^c	۱۱/۳۵ ^d	۲۶/۶۰ ^b	۰/۵۶ ^c
	۳	۶/۳۴ ^a	۰/۴۴ ^f	۰/۴۴ ^d	۰/۳۳ ^{de}	۱/۴۰ ^{ef}	۲۸/۱۷ ^b	۸/۱۰ ^d	۱۲/۷۶ ^a
	۴	۱/۳۴ ^{de}	۰/۵۴ ^f	۰/۶۱ ^d	۰/۵۰ ^{de}	۱/۱۶ ^{d-f}	۵ ^{gh}	۲۷/۲۷ ^b	۰/۲۵ ^c

تجزیه همبستگی

نتایج همبستگی نشان داد که بین صفت Pinene با صفات Caryophyllene، صفت Phenol با صفات Linalool oxide و Imidazollendrene، صفت Octanol با صفات Benzene، و Copaene، صفت Mintfuranone و Linalool oxide، صفت Benzene با صفات Limonene، Propazulene و Decadiene، صفت Limonene با صفات Cyclohexene و Decadiene، صفت Eucalyptol با صفات Pulegone و Ledol، صفت Carene با صفات Propazulene و Decadiene، صفت Copaene با صفات Naphthalene

Propazulene و Decadiene، صفت Caryophyllene با صفات Naphthalene، Mintfuranone و Aromadendrene، صفت Propazulene با صفات Ledol، Aromadendrene و Imidazollendrene، صفت Decadiene با صفات Linalool oxide و Linalool، صفت Imidazollendrene همبستگی معنی‌داری داشته ولی با بقیه صفات همبستگی معنی‌داری نداشت. همچنین بیشترین میزان همبستگی بین ترکیب Naphthalene با Aromadendrene (۰/۸۰) مشاهده گردید (جدول ۳).

همکاران ۲۰۲۲). در تحقیقی دیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان پروتئین محلول با مقدار Menthol، Menthon و Monoterpen مشاهده شد. همچنین بیشترین همبستگی را بین Menthofuran با میزان پروتئین $r=0.95$ داشت (سیف سهندی ۲۰۱۹).

در مطالعه تنوع زیستی اسانس *A. ligustica* اجزای اصلی تشکیل دهنده اسانس گیاهان جمع‌آوری شده عبارت بودند از: فراگرائیل استات (۵۴/۳٪) و فراگرائول (۸/۵٪) که بین کارواکرویل و-۷ ترپنین و اکالیپتول همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، اما بین کارواکرویل و ژرانیول و میرسن همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده شد (بادر و

جدول ۲. مقایسه میانگین ترکیبات اسانس توده‌های نعنای فلفلی.

توده	روش برداشت و خشک کردن	Terpineol	carene	Menthol	pulegon	copaene	caryophyllene	Epiliphiellandrene	Naphthalene
مشگین‌شهر	۱	۲/۴۰ ^{ab}	۰/۳۷ ^c	۱۸/۹۵ ^d	۱۳/۳۷ ^{ab}	۰/۸۴ ^{ab}	۰/۶۳ ^{I-I}	۰/۴۰ ^b	۰/۲۹ ^a
	۲	۱/۷۷ ^{bc}	۰/۲۸ ^c	۲۳/۷۷ ^b	۰/۳۷ ^g	۰/۵۷ ^{ab}	۴/۴۰ ^d	۰/۵۶ ^b	۰/۵۵ ^a
	۳	۱/۵۰ ^{cd}	۱/۸۰ ^b	۱۲/۳۵ ^g	۱۲/۵۰ ^b	۰/۶۲ ^{ab}	۰/۴۵ ^{hi}	۰/۴۰ ^b	۰/۲۷ ^a
	۴	۰/۴۱ ^e	۰/۶۱ ^c	۱۸ ^e	۰/۳۵ ^g	۰/۳۶ ^{ab}	۰/۷۰ ^{F-I}	۰/۹۰ ^b	۰/۱۹ ^a
نورآباد	۱	۰/۳۴ ^e	۰/۳۱ ^c	۲۲/۱۸ ^c	۵/۱۰ ^d	۰/۶۴ ^{ab}	۰/۲۱ ⁱ	۰/۶۵ ^b	۰/۲۹ ^a
	۲	۰/۹۰ ^e	۰/۲۸ ^c	۱۶/۱۸ ^f	۵/۴۷ ^d	۰/۸۴ ^{ab}	۰/۷۶ ^{F-I}	۰/۸۴ ^b	۰/۵۰ ^a
	۳	۰/۳۹ ^e	۰/۹۰ ^c	۰/۳۰ ^k	۱۳/۷۲ ^a	۰/۸۴ ^{ab}	۱/۴۰ ^{ef}	۰/۸۰ ^b	۰/۶۶ ^a
	۴	۰/۳۸ ^e	۰/۲۱ ^c	۳۰/۱۶ ^a	۳/۶۲ ^c	۰/۲۳ ^b	۱/۳۵ ^{efg}	۰/۲۸ ^b	۰/۲۱ ^a
شیراز	۱	۰/۶۸ ^e	۰/۲۸ ^c	۳/۱۹ ^j	۳/۱۹ ^j	۰/۶۱ ^{ab}	۸/۲۱ ^b	۰/۴۱ ^b	۰/۵۱ ^a
	۲	۰/۲۱ ^e	۰/۲۱ ^c	۱۰/۹۱ ^h	۱/۲۹ ^{f g}	۰/۲۳ ^b	۱/۹۳ ^c	۰/۳۰ ^b	۰/۲۱ ^a
	۳	۰/۳۳ ^e	۰/۳۱ ^c	۳/۰۸ ^j	۵/۱۲ ^d	۰/۵۸ ^{ab}	۵/۷۶ ^c	۰/۶۵ ^b	۰/۴۳ ^a
	۴	۰/۹۶ ^e	۲/۷۰ ^a	۱۲/۱۵ ^g	۱/۴۵ ^{f g}	۱/۱۸ ^a	۰/۵۵ ^{ghi}	۰/۵۵ ^b	۰/۲۶ ^a
	۱	۲/۸۵ ^a	۰/۲۶ ^c	۵/۰۵ ⁱ	۰/۶۲ ^g	۰/۹۱ ^{ab}	۰/۵۴ ^{ghi}	۰/۵۱ ^b	۰/۴۹ ^a
	۲	۰/۲۷ ^e	۰/۵۳ ^c	۰/۳۳ ^k	۲/۰۳ ^f	۰/۶۱ ^{ab}	۱/۲۱ ^{e-h}	۰/۶۷ ^b	۰/۳۱ ^a
	۳	۰/۶۸ ^e	۰/۶۰ ^c	۱۶/۸۹ ^f	۶/۶۹ ^c	۰/۶۱ ^{ab}	۱۲/۶۵ ^a	۶/۶۹ ^b	۰/۶۴ ^a
	۴	۰/۲۶ ^e	۰/۵۳ ^c	۲/۷۵ ^j	۱۲/۵۷ ^b	۱ ^{ab}	۵/۴۰ ^c	۰/۷۰ ^b	۰/۷۸ ^a

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

ادامه جدول ۲

توده	روش برداشت و خشک کردن	Propa zulen e	Decadiene	Mintfu ran	Phylleno xide	Ledol	Aristolene	Aromade ndrene	Imidazol endrene	Heptan
مشگین شهر	۱	۰/۲۸ ^d	۰/۲۶ ^{de}	۰/۳۱ ⁱ	۱/۴۱ ^{de}	۰/۶۰ ^{c-f}	۰/۷۴ ^{abc}	۰/۳۳ ^a	۰/۳۱ ^b	۰/۳۴ ^b
	۲	۰/۴۵ ^{cd}	۰/۴۷ ^{cde}	۲/۷۰ ^e	۱/۵۸ ^d	۰/۹۵ ^{cde}	۰/۴۱ ^{bc}	۰/۶۱ ^a	۰/۵۸ ^{ab}	۰/۵۹ ^b
	۳	۰/۶۳ ^{a-d}	۰/۲۱ ^e	۳/۹۹ ^d	۴/۸۰ ^b	۰/۴۷ ^{def}	۰/۴۳ ^{bc}	۰/۴۲ ^a	۰/۲۵ ^b	۰/۴۱ ^b
	۴	۰/۲۸ ^d	۰/۲۸ ^{de}	۱/۷۰ ^{Ig}	۰/۴۱ ^f	۰/۲۳ ^f	۰/۳۶ ^{bc}	۰/۲۱ ^a	۰/۲۰ ^b	۰/۳۸ ^b
نورآباد	۱	۰/۸۲ ^{a-d}	۰/۸۹ ^{b-e}	۰/۵۵ ^{hi}	۳/۳۸ ^c	۰/۳۷ ^{ef}	۰/۴۹ ^{abc}	۰/۴۱ ^a	۰/۲۳ ^b	۰/۵۸ ^ج
	۲	۰/۶۶ ^{a-d}	۰/۹۵ ^{b-e}	۱/۴۰ ^{Ig}	۵/۴۱ ^a	۱/۸۴ ^b	۰/۷۹ ^{abc}	۰/۳۷ ^a	۱/۰۲ ^a	۰/۳۹ ^ج
	۳	۰/۲۶ ^d	۰/۳۰ ^{de}	۰/۲۹ ^f	۴/۹۰ ^b	۰/۵۰ ^{deI}	۰/۵۱ ^{abc}	۰/۵۲ ^a	۰/۴۰ ^b	۷/۷۹ ^a
	۴	۰/۶۳ ^{ef}	۰/۲۷ ^{de}	۳/۷۲ ^d	۰/۶۳ ^{ef}	۰/۲۰ ^I	۰/۲۴ ^e	۰/۲۶ ^a	۰/۱۷ ^b	۰/۷۸ ^ج
زنجان	۱	۱/۱۷ ^{abc}	۱/۱۱ ^{bc}	۷/۷۱ ^a	۴/۵۳ ^b	۰/۸۱ ^{c-I}	۰/۲۵ ^c	۰/۶۰ ^a	۰/۶۹ ^{ab}	۰/۳۸ ^b
	۲	۰/۵۷ ^{bcd}	۰/۵۶ ^{cde}	۲/۰۶ ^{ef}	۰/۴۰ ^I	۰/۳۱ ^{ef}	۰/۵۲ ^{abc}	۰/۳۶ ^a	۰/۲۵ ^b	۰/۲۷ ^ج
	۳	۵/۲۸ ^a	۰/۷۶ ^{cde}	۷/۲۸ ^{ab}	۵/۲۸ ^b	۰/۵۷ ^{dte}	۰/۵۶ ^{abc}	۰/۳۴ ^a	۰/۳۵ ^b	۰/۳۹ ^b
	۴	۱/۳۰ ^{ab}	۱۷/۴۰ ^a	۱/۱۹ ^{gh}	۱/۳۰ ^{de}	۳/۸۶ ^a	۰/۵۰ ^{abc}	۰/۲۸ ^a	۰/۲۴ ^b	۰/۲۶ ^ج
شیراز	۱	۰/۴۴ ^{cd}	۰/۹۶ ^{bcd}	۵ ^c	۰/۳۴ ^f	۰/۳۳ ^{ef}	۰/۳۴ ^f	۰/۵۸ ^a	۰/۶۶ ^{ab}	۰/۲۴ ^ج
	۲	۰/۴۰ ^{cd}	۰/۴۰ ^{cde}	۰/۶۳ ^{hi}	۱/۰۳ ^{def}	۱/۲۷ ^c	۰/۴۳ ^{bc}	۰/۶۰ ^a	۰/۳۴ ^b	۰/۳۱ ^ج
	۳	۰/۵۰ ^{bcd}	۱/۴۷ ^b	۶/۶۰ ^b	۶/۳۴ ^a	۰/۸۳ ^{c-f}	۰/۶۵ ^{abc}	۰/۷۴ ^a	۰/۳۲ ^b	۰/۴۵ ^ج
	۴	۰/۴۷ ^{cd}	۰/۶۷ ^{cde}	۰/۵۰ ^{hi}	۱/۳۳ ^{de}	۱/۰۹ ^{cd}	۰/۸۷ ^{ab}	۰/۷۶ ^a	۰/۶۶ ^{ab}	۰/۶۸ ^ج

تجزیه به عامل‌ها

نتایج به دست آمده از تجزیه به عامل‌ها نشان داد که ۹ عامل در مجموع ۹۳/۱۹ درصد از واریانس کل را توجیه کردند. عامل اول شامل ۱۵/۷۵ درصد از واریانس کل بود و صفات Limonene, Decadiene, Carene, Propazulene و Benzene در این عامل قرار داشته و در این عامل طبق جدول مقایسه میانگین توده‌های زنجان و نورآباد از نظر صفات گفته شده در حد بالایی بودند. عامل دوم توانست ۱۴/۲۲ درصد از واریانس کل را توجیه و صفات Aromadendrene, Naphthalene, Epiquiphellandrene, Caryophyllene, Cyclohexadiene و Limonene در این عامل قرار داشتند و توده‌های شیراز و زنجان از نظر صفات ذکر شده در حد بالایی بودند. عامل سوم توانست ۱۱/۹۸ درصد از واریانس کل را توجیه و صفات Phenol و Linalool oxide, Octanol, Imidazollendrene و توده‌های نورآباد و زنجان طبق جدول مقایسه میانگین از نظر صفات گفته شده در حد بالایی بودند. عامل چهارم توانست ۱۰/۶۱ درصد از واریانس کل را توجیه و صفات Aromadendrene, Copaene, Naphthalene, Aristolene و Menthol در این عامل بودند و طبق جدول مقایسه میانگین

بالاترین درصد این صفات در توده‌های شیراز، نورآباد و زنجان مشاهده شد. عامل پنجم توانست ۹/۹۷ درصد از واریانس کل را توجیه و صفات Eucalyptol, Ledol, Pulegone و Pinene در این عامل بودند و توده‌های نورآباد و شیراز طبق جدول مقایسه میانگین از نظر بالاترین میزان صفات در این گروه در حد بالایی قرار داشتند. عامل ششم توانست ۸/۲۲ درصد از واریانس را توجیه کند. صفت Cyclohexene در این عامل قرار داشت. توده‌ی مشکین‌شهر طبق جدول مقایسه میانگین از نظر بالاترین میزان صفات در حد بالایی بود جدول (۴). مقدار واریانس کل، درصد واریانس و درصد واریانس تجمعی برای نه عامل اصلی آورده شده است. همچنین در شکل نمودار سه بعدی از پراکنش صفات مورد مطالعه را نسبت به عامل‌ها نشان می‌دهد (شکل ۱). در تحقیقی دیگر که توسط خدیوی خوب و همکاران (۲۰۱۵) انجام گرفت، براساس نتایج تجزیه به عامل‌ها هفت عامل را شناسایی کردند که ۷۵/۹۱ درصد از واریانس کل داده‌ها را توجیه نمود. اما در این پژوهش، نه عامل ۹۳/۱۹ درصد واریانس را توجیه نمودند.

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین ترکیبات اسانس در توده‌های مختلف نعنای فلفلی ایران.

	Cary	Epi	Naph	Prop	Deca	Min	oxi	Led	Aris	Aro	Imi	Hep
Pi												
Phe												
Hexe												
Octa												
Ben												
Limo												
Eu												
hexa												
Ter												
Car												
Men												
Pule												
Copa												
Cary	۱											
Epi	۰/۴۸	۱										
Naph	۰/۵۴*	۰/۳۷	۱									
Prop	-۰/۰۲	-۰/۰۷	۰/۱۲	۱								
Deca	-۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۱۶	۰/۴۹	۱							
Min	۰/۶۴**	-۰/۰۸	۰/۰۷	-۰/۰۹	-۰/۱۱	۱						
oxi	-۰/۱۲	۰/۲۱	۰/۰۸	۰/۱۱	۰/۵۴*	-۰/۲۲	۱					
Led	۰/۲۰	-۰/۰۹	۰/۵۲*	-۰/۲۸	-۰/۳۷	-۰/۱۰	۰/۰۴	۱				
Aris	-۰/۲۲	۰/۰۳	۰/۲۵	-۰/۳۰	-۰/۰۶	-۰/۴۹	۰/۳۲	۰/۲۷	۱			
Aro	۰/۶۴**	۰/۳۱	۰/۸۰**	۰/۰۸	-۰/۲۲	۰/۲۰	-۰/۱۱	۰/۴۲	۰/۲۷	۱		
Imi	۰/۱۷	۰/۰۵	۰/۶۰*	-۰/۰۷	-۰/۱۵	۰/۱۰	۰/۵۱*	۰/۴۳	۰/۳۲	۰/۴۱	۱	
Hep	-۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۳۳	۰/۵۳*	-۰/۱۱	-۰/۲۷	۰/۱۳	۰/۴۴	-۰/۰۶	۰/۰۹	-۰/۰۲	۱

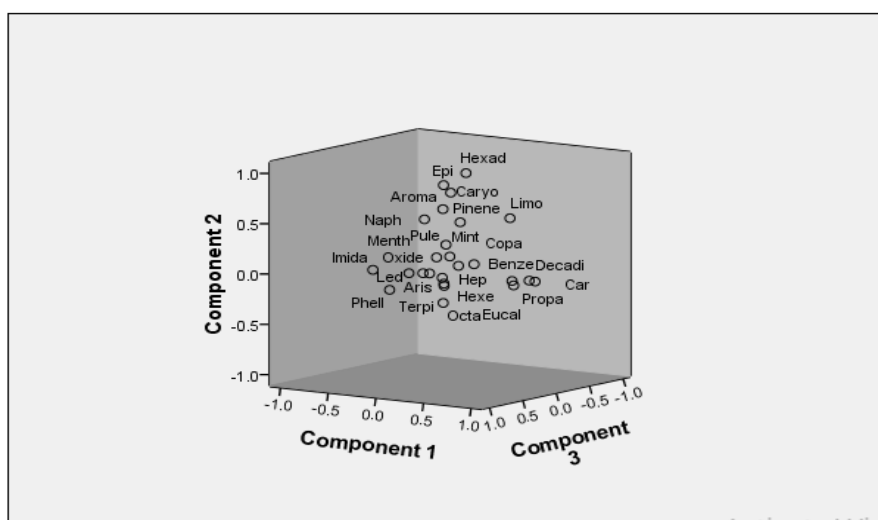
جدول ۳. ضرایب همبستگی بین ترکیبات اسانس در توده‌های مختلف نعنای فلفلی ایران.

	Pi	Phe	Hexe	Octa	Ben	Limo	Eu	hexa	Ter	Car	Men	Pule	Copa
Pi	۱												
Phe	۰/۰۷	۱											
Hexe	-۰/۱۱	۰/۲۵	۱										
Octa	-۰/۳۲	۰/۶۱*	۰/۰۷	۱									
Ben	۰/۰۱	۰/۳۴	۰/۳۱	۰/۵۴*	۱								
Limo	۰/۲۷	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۳۷	۰/۷۰**	۱							
Eu	۰/۴۷	۰/۲۶	۰/۳۷	-۰/۲۰	۰/۱۷	-۰/۱۹	۱						
hexa	۰/۴۷	-۰/۲۱	-۰/۱۳	-۰/۲۴	-۰/۰۲	۰/۶۰*	-۰/۲۵	۱					
Ter	-۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۲۹	۰/۳۸	-۰/۰۸	-۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۱				
Car	۰/۱۴	-۰/۱۸	-۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۳۴	۰/۴۵	-۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۰۶	۱			
Men	-۰/۲۳	۰/۱۱	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۶	۰/۱۱	-۰/۳۶	۰/۱۳	۰/۱۴	-۰/۱۲	۱		
Pule	۰/۴۷	-۰/۰۱	-۰/۲۱	-۰/۲۴	-۰/۲۱	-۰/۱۰	۰/۵۱*	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۳	-۰/۲۱	۱	
Copa	۰/۰۷	۰/۱۷	-۰/۰۳	۰/۵۸*	۰/۳۲	۰/۴۱	۰/۰۴	۰/۰۷	۰/۳۶	۰/۴۴	-۰/۴۳	۰/۳۵	۱
Cary	۰/۵۸*	-۰/۱۱	۰/۱۹	-۰/۳۳	۰/۰۶	۰/۴۴	۰/۲۱	۰/۷۱**	-۰/۱۸	-۰/۲۲	-۰/۱۴	۰/۰۶	-۰/۰۲
Epi	۰/۴۷	-۰/۰۵	-۰/۲۸	-۰/۰۸	-۰/۰۷	۰/۴۷	-۰/۲۱	۰/۷۸**	-۰/۲۴	۰/۰۳	-۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۱۸
Naph	۰/۳۴	۰/۰۲	۰/۰۹	-۰/۱۱	-۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۲۵	۰/۲۵	-۰/۰۱	-۰/۱۶	-۰/۴۱	۰/۴۰	۰/۵۱*
Prop	۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۱۶	۰/۵۳*	۰/۳۷	۰/۲۲	-۰/۰۹	-۰/۱۱	۰/۵۸*	-۰/۲۸	۰/۱۸	۰/۳۷
Deca	-۰/۱۰	-۰/۰۵	-۰/۰۹	-۰/۲۰	۰/۶۵**	۰/۶۹**	-۰/۳۷	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۷۸**	-۰/۰۱	-۰/۲۴	۰/۵۰*
Min	۰/۴۶	-۰/۱۰	۰/۰۵	۰/۵۴*	-۰/۰۷	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۳۶	۰/۱۰	-۰/۱۷	-۰/۱۰	-۰/۱۹	۰/۵۱*
oxi	-۰/۱۰	۰/۵۵*	-۰/۰۶	۰/۶۹**	۰/۲۶	۰/۱۴	-۰/۳۵	-۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۳۴	۰/۰۴	-۰/۱۰	۰/۱۲
Led	۰/۴۰	۰/۴۳	۰/۳۵	-۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۳۵	-۰/۶۹**	-۰/۲۱	-۰/۲۹	-۰/۲۷	-۰/۴۵	۰/۳۸	۰/۴۷
Aris	-۰/۲۶	۰/۲۰	-۰/۰۱	۰/۲۸	-۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۳	-۰/۱۵	۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۴۵	۰/۱۷	۰/۳۳
Aro	۰/۳۴	۰/۰۳	۰/۳۰	-۰/۱۸	۰/۰۲	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۴۶	۰/۰۶	-۰/۱۹	-۰/۴۰	۰/۲۰	۰/۴۳
Imi	-۰/۰۲	۰/۵۶*	۰/۲۲	۰/۴۲	-۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۰۸	-۰/۱۲	۰/۲۶	-۰/۳۰	-۰/۲۷	۰/۰۴	۰/۱۷
Hep	۰/۳۲	-۰/۲۱	-۰/۱۵	-۰/۲۹	-۰/۲۴	۰/۰۸	۰/۱۶	-۰/۰۵	-۰/۲۰	۰/۱۲	-۰/۳۱	۰/۴۴	۰/۲۳

ns, *, **, * به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد است.

Caryophyllene (Car), Epi Sesquiphellandrene (Ep), Naphthalene (Naph), Propazulene (Pro), Decadiene (Deca), Mint furanone (Mint), Linalool oxide (L oxid), Ledol (Led), Aristolene (Aris), Aroma dendrene (Aro), Imidazollendrene (Imid), Cyclo heptane (Hept).

Component Plot in Rotated Space



شکل ۱- نمودار سه بعدی پراکنش ترکیبات اسانس توده‌های نعنای فلفلی ایران بر اساس ۳ عامل استخراج شده

Pinene (Pi), Phenol (Phe), Cyclohexene (Hexe), Octanol (Octa), Benzene (Ben), Limonene (Limo), Eucalyptol (Eu), Hexadiene (Hex), Terpineol (Ter), Carene (Car), Menthol (Men), Pulegone (Pul), Copaene (Copa), Caryophyllene (Car), Epi Sesquiphellandrene (Ep), Naphthalene (Naph), Propazulene (Pro), Decadiene (Deca), Mint furanone (Mint), Linalool oxide (L oxid), Ledol (Led), Aristolene (Aris), Aroma dendrene (Aro), Imidazollendrene (Imid), Cyclo heptane (Hept).

جدول ۴. ضرایب عاملی ترکیبات اسانس در توده‌های بومی نعناع‌فللی ایران

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
عاملها									
Pinene	۰/۱۰	۰/۴۷	-۰/۰۳	-۰/۰۵	-۰/۶۵	-۰/۱۳	۰/۴۴	۰/۲۱	-۰/۱۱
Phenol	-۰/۰۱	-۰/۰۸	۰/۸۸	-۰/۱۴	۰/۲۷	۰/۲۲	-۰/۰۴	-۰/۱۱	-۰/۱۰
cyclohexane	-۰/۰۲	-۰/۰۷	۰/۰۸	-۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۹۰	۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۱۳
Octanol	۰/۴۳	-۰/۱۸	۰/۷۲	۰/۰۱	-۰/۱۸	۰/۰۴	-۰/۱۵	-۰/۲۱	۰/۲۴
Benzene	۰/۷۸	-۰/۰۸	۰/۲۰	-۰/۰۶	۰/۰۷	۰/۴۳	-۰/۰۲	-۰/۲۲	-۰/۲۱
Limonene	۰/۷۳	۰/۶۰	۰/۱۵	-۰/۰۸	-۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۱۶	-۰/۰۰۷
Eucalyptol	-۰/۰۸	-۰/۱۷	-۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۸۲	۰/۳۷	۰/۱۴	۰/۰۹	-۰/۱۳
Cyclohexadiene	۰/۰۵	۰/۹۳	-۰/۱۶	-۰/۰۹	-۰/۰۴	-۰/۰۸	۰/۱۴	-۰/۰۹	۰/۰۳
Terpineol	۰/۰۱	-۰/۱۲	۰/۱۰	-۰/۰۴	-۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۵	-۰/۱۱	۰/۹۳
Carene	۰/۸۱	-۰/۰۵	-۰/۱۰	۰/۰۰۱	۰/۰۲	-۰/۳۲	-۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۱۴
Menthol	-۰/۱۱	۰/۱۱	۰/۰۴	۰/۹۰	-۰/۱۹	۰/۱۰	-۰/۰۷	-۰/۱۰	۰/۱۵
Pulegone	-۰/۰۶	۰/۱۰	-۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۷۸	-۰/۲۲	-۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۲۴
copaene	۰/۴۹	۰/۱۵	۰/۳۵	-۰/۵۱	۰/۱۳	-۰/۰۶	-۰/۲۸	۰/۱۲	۰/۴۳
Caryophyllene	-۰/۰۵	۰/۷۴	-۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۱۳	۰/۲۶	۰/۴۷	-۰/۰۸	-۰/۱۰
Epiquiphellandrene	۰/۰۲	۰/۸۵	۰/۱۳	۰/۰۰۱	-۰/۰۲	-۰/۲۶	-۰/۰۴	۰/۱۲	-۰/۱۶
Naphthalene	-۰/۱۶	۰/۵۰	۰/۱۵	۰/۶۰	۰/۱۶	۰/۱۹	-۰/۰۳	۰/۳۵	۰/۱۴
Propazulene	۰/۶۹	-۰/۰۸	۰/۰۴	-۰/۰۶	۰/۲۲	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۵۹	-۰/۱۱
decadiene	۰/۹۱	-۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۰۷	-۰/۳۰	-۰/۱۱	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۵
Mint furanone	-۰/۰۹	۰/۲۲	-۰/۰۷	۰/۱۰	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۹۲	-۰/۲۲	۰/۰۷
Linalool oxide	۰/۳۴	۰/۱۰	۰/۷۹	۰/۰۷	-۰/۲۲	-۰/۲۰	-۰/۱۷	-۰/۰۰۳	۰/۰۱
Ledol	-۰/۲۱	-۰/۰۱	۰/۳۰	۰/۳۷	۰/۵۲	۰/۳۷	-۰/۰۶	۰/۳۶	-۰/۳۵
Aristolene	-۰/۱۱	-۰/۰۱	۰/۲۳	۰/۵۷	۰/۰۶	-۰/۰۷	۰/۶۷	-۰/۲۹	۰/۰۱
Aromadendrene	-۰/۱۰	۰/۵۸	-۰/۰۴	۰/۵۷	۰/۱۴	۰/۴۳	۰/۰۱	۰/۰۷	۰/۱۳
Imidazollendrene	-۰/۲۸	۰/۰۷	۰/۷۴	۰/۴۵	-۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۳	۰/۲۴
Cycloheptane	-۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۱۴	۰/۱۳	۰/۲۰	-۰/۱۱	-۰/۱۳	۰/۸۹	-۰/۰۹
کل	۳/۹۴	۳/۵۵	۲/۹۹	۲/۶۶	۲/۴۹	۲/۰۵	۲/۰۴	۱/۹۲	۱/۶۳
درصد واریانس	۱۵/۷۵	۱۴/۲۲	۱۱/۹۸	۱۰/۶۱	۹/۹۷	۸/۲۲	۸/۱۶	۷/۷۱	۶/۵۳
واریانس جمعی	۱۵/۷۵	۲۹/۹۸	۴۱/۹۶	۵۲/۵۸	۶۲/۵۶	۷۰/۷۸	۷۸/۹۵	۸۶/۶۴	۹۳/۱۹

تجزیه خوشه‌ای

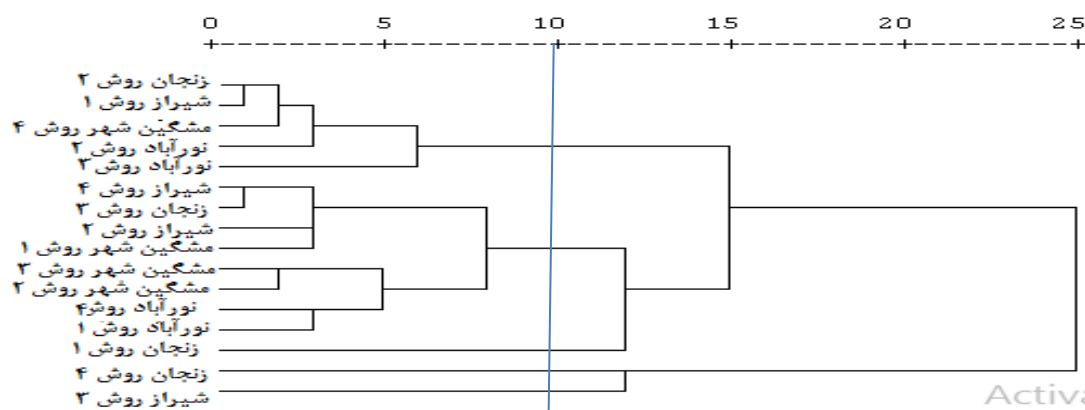
نتایج تجزیه خوشه‌ای نشان داد که تیمارهای مورد مطالعه در چهار گروه قرار گرفتند. گروه اول دو زیر گروه داشت که در زیر گروه اول توده زنجان با روش برداشت و خشک کردن دوم (نیمه گلدهی-آون)، توده شیراز با روش برداشت و خشک کردن اول (نیمه گلدهی-سایه)، توده مشکین‌شهر با روش برداشت و خشک کردن چهارم (گلدهی کامل-آون) و توده نورآباد با روش برداشت و خشک کردن دوم (نیمه گلدهی-آون) قرار داشتند. در زیر گروه دوم هم توده نورآباد با روش برداشت و خشک کردن چهارم (گلدهی کامل-آون) قرار

داشت. در این گروه صفاتی مانند Phenol، Linalool oxide، Menthol و Terpineol قرار داشتند و نسبت به بقیه گروه برتر بودند. گروه دوم هم دو زیر گروه داشت که زیر گروه اول شامل توده‌های نورآباد با روش برداشت و خشک کردن سوم (تمام گلدهی-سایه)، شیراز با روش برداشت و خشک کردن چهارم (گلدهی کامل-آون)، زنجان با روش برداشت و خشک کردن سوم (گلدهی کامل-سایه) و شیراز با روش برداشت و خشک کردن دوم (نیمه گلدهی-آون) بودند. زیر گروه دوم هم شامل توده‌های مشکین‌شهر با روش برداشت و خشک کردن اول (نیمه گلدهی-سایه)، روش برداشت و خشک کردن سوم

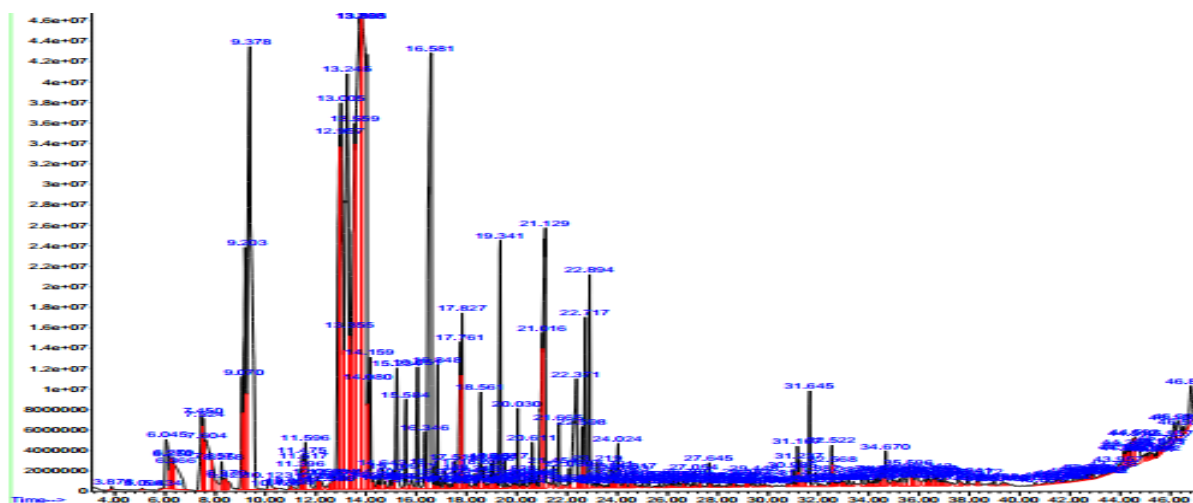
Octanol, Benzene, Limonene, Carene, Copaene و Decadiene نسبت به بقیه گروه‌ها برتر بودند (شکل ۲). در شکل ۳ کروماتوگرام GC/MS ترکیبات اسانس گیاه نعنای فلفلی در مرحله نیمه گلدهی توده زنجان نشان داده شده است.

در تحقیقی روی گیاه آویشن دیگر تجزیه و تحلیل خوشه‌ای ترکیبات اسانس پنج گروه را شناسایی کردند که جمعیت شامل گروه اول با محتوای کارواکرول بالا، گروه دوم با مقدار زیاد محتوای ژرانیول، گروه سوم با تیمول بالا و کارواکرول، گروه چهارم با محتوای تیمول، محتوای تیمول و گروه پنجم با محتوای تیمول، کارواکرول و ژرانیول بود (رضاپور و همکاران ۲۰۲۳).

(گلدهی کامل - سایه)، روش برداشت و خشک کردن دوم (نیمه گلدهی - آون) و نورآباد با روش برداشت و خشک کردن اول (نیمه گلدهی - سایه) قرار داشتند و از نظر صفاتی مانند Ledol, Aromadendrene و Naphthalene نسبت به بقیه گروه‌ها برتر بودند. گروه سوم هم یک زیرگروه داشت و در این زیرگروه توده زنجان با روش برداشت و خشک کردن اول (نیمه گلدهی - سایه) قرار داشت و از نظر صفاتی مانند Mintfuranone و Eucalyptol نسبت به بقیه گروه‌ها برتر بودند. گروه چهارم هم شامل دو زیرگروه بود و در این زیرگروه توده زنجان با روش برداشت و خشک کردن ۴ (تمام گلدهی - آون) قرار داشت و توده شیراز با روش برداشت و خشک کردن سه (تمام گلدهی - سایه) قرار داشتند و از نظر صفاتی مانند



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای توده‌های نعنای فلفلی ایران



شکل ۳- تصویر کروماتوگرام GC/MS ترکیبات اسانس گیاه نعنای فلفلی در مرحله نیمه گلدهی توده زنجان

نتیجه گیری

با توجه به درصد کم مواد مؤثره در گیاهان دارویی و نیاز برای دستیابی به گونه‌های با ارزش دارویی و نادر، می‌توان ضمن معرفی این گونه‌ها در عرصه‌های زراعی همراه با شناسایی بهترین زمان برداشت جهت بازده بالا، بهترین بهره‌برداری اقتصادی را بدست آورد. انتخاب عوامل محیطی مناسب و مؤثر بر مواد مؤثره گیاهان می‌تواند در زمینه کشت و توسعه گیاهان دارویی مورد نظر اقداماتی انجام داد. نعناع‌فللی یک منبع طبیعی و مقرون به صرفه برای منتول است که در صنایع مختلف غذایی، دارویی و آرایشی و بهداشتی کاربرد فراوانی دارد. بررسی تنوع ترکیبات اسانس در روش‌های مختلف برداشت و خشک کردن در این تحقیق نشان داد که بیشترین مقدار اسانس در روش سوم (برداشت در مرحله تمام گلدهی و خشک شده در سایه) بدست آمد. همچنین بیشترین مقدار ترکیبات در روش چهارم (برداشت در مرحله تمام گلدهی و خشک شده در آون) و بیشترین تعداد ترکیبات در توده زنجان مشاهده گردید. بیشترین درصد ترکیبات در Eucalyptol با ۴۶/۳۵ درصد در روش اول (برداشت در مرحله نیمه گلدهی و خشک

شده به روش سایه) و بعد از آن Menthol ۳۰/۱۶ درصد در روش چهارم (برداشت در مرحله تمام گلدهی و خشک شده در آون) تعیین گردید. از نتایج این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که در بین توده‌های مختلف مورد بررسی توده زنجان از لحاظ دارا بودن بیشترین مقدار و تعداد ترکیبات اسانس به عنوان توده برتر بود که در برنامه‌های اصلاحی می‌توان از آن استفاده کرد. همچنین روش‌های مختلف برداشت و خشک کردن در این گیاه برای رسیدن به بیشترین بازده اسانس، روش برداشت و خشک کردن در مرحله گلدهی کامل و سایه و برای رسیدن به بیشترین مقدار ترکیبات اسانس، روش برداشت و خشک کردن در مرحله گلدهی کامل و آون را می‌توان پیشنهاد داد.

سیاسگزاری

نگارندگان از همکاری اداره ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان مشکین‌شهر و همچنین گروه علوم باغبانی دانشکده‌ی کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی کمال تشکر را دارند.

منابع مورد استفاده

- Ahmadpour A and Mahdavia H. 2019. Comparative investigation of antifungal activities of some medicinal plants essential oils on *Alternaria alternata* fungus as a causal agent of tomato early blight disease. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 7 (2): 1-24. (In Persian) .<https://civilica.com/doc/922018>
- Azizi A, Ardalani H & Honermeier B. 2016. Statistical analysis of the associations between phenolic monoterpenes and molecular markers, AFLPs and SAMPLs in the spice plant Oregano. Herba Polonica, 62: 42-56. <http://dx.doi.org/10.1515/hepo-2016-0010>
- Bader A, AlQathama A, Cioni P L, Ceccarini L, Abdelhady M I S, Al-Shareef W, Ascrizzi R and Flamini G. 2022. Essential oil biodiversity of *Achillea ligustica* All. Obtained from Mainland and Island populations Plants, 11: 1054 .<https://doi.org/10.3390/plants11081054>
- Baharmast Z, Kheiry A, Sanikhani M and Soleimani A. 2020. Study and comparison of morphological and phytochemical traits of *Mentha pulegium* L. in different habitats of Guilan province. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 8 (2): 60-75 .(In Persian with English Abstract).<http://dx.doi.org/10.61186/jcb.16.49.129>
- Bouyahya A, Abrini J, Dakka N and Bakri Y. 2019. Essential oils of *Origanum compactum* increase membrane permeability, disturb cell membrane integrity, and suppress quorum-sensing phenotype in bacteria. Journal of Pharmaceutical Analysis, 9: 301-311. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2019.03.001>

- Fitzgerald M, Heinrich M and Booker A. 2020. Medicinal Plant Analysis: A Historical and Regional Discussion of Emergent Complex Techniques. *Frontiers in Pharmacology*, 10: 1480. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01480>
- Isayenkov S V and Maathuis F. J. 2019. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Frontiers in Plant Science*, 10: 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>
- Khadivi-Khub A, Salehi-Arjmand H, Movahedi K and Hadian J. 2015. Molecular and morphological variability of *Satureja bachtiarica* in Iran. *Plant systematics and evolution*, 301(1): 77-93. <https://doi.org/10.1007/s00606-014-1055-3>
- Milica A, Mirjana C and Jovana S. 2016. Effect of Weather Conditions, Location and Fertilization on Coriander Fruit Essential Oil Quality. *Journal of Essential Oil-Bearing Plants*, 19 (6): 1208-1215. <http://dx.doi.org/10.1080/0972060X.2015.1119068>
- Nejadhabibvash F. 2017. Phytochemical composition of the essential oil of *Anthemis wiedemanniana* Fisch. and C. A. Mey. (Asteraceae) from Iran during different growth stages. *Journal of Essential oil-Bearing Plants*, 20(5): 1349- 1359. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1383191>
- Nejadhabibvash F and Rezaee M. 2018. Variation in the essential oil of *Achillea wilhelmsii* C. Koch. and *A. millefolium* L. apical shoots in different developmental stages in Martyrs Valley, West Azerbaijan province: A Case example. *Journal of Plant Biology*, 10 (1): 65-72. <https://doi.org/10.22108/ijpb.2018.105469.1038>
- Olatunya A.M and Akintayo E.T. 2017. Evaluation of the effect of drying on the chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of peels from three species of citrus group. *International Food Research Journal*, 24(5): 1991-1997. <http://www.ifrj.upm.edu.my>
- Razzazi N, Jafari A, Khodarahmpour Z and Sadat Sh. 2021. Phytochemical comparison of essential oils in five species of *Stachys* L. in Khorramabad agronomic conditions. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 9 (3): 1-15. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.30495/ejmp.2023.1988348.1732>
- Rezapour K, Naghdi Badi H, Amini Dehaghi M and Kordenaeej A. 2023. Evaluation of essential oil diversity of different populations of *Thymus fallax* Fisch. & C.A. Mey. Collected from some of its habitats in Iran. *J. Med. Plants*; 22 (85): 59-75. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.61186/jmp.22.85.59>
- Rita P and Animesh D.K. 2011. An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Research Journal of Pharmacy*, 2(8):1-15. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11040739>
- Sadat N and Ladan Moghadam A.R. 2019. Effect of salicylic acid foliar application on control of NaCl salt salinity on some morphological, physiological traits and growth of peppermint mint (*Mentha piperita*). *Cellular and Molecular Plant Biology Journal*, 13(3): 31-43. (In Persian with English Abstract). <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2021.343340.2810>
- Sefidkon F, Abdollahi M, Salehi Shanjani P and Tavakoli M. 2021. Variability in essential oil content and composition of *Achillea tenuifolia* Lam. populations in field conditions. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(3): 673-683. <http://jast.modares.ac.ir/article-23-35617-en.html>
- Seif Sahandi M, Naghdi Badi H, Mehrafarin A, Khalighi-Sigaroodi F and Sharifi M. 2019. Changes in Essential Oil Content and Composition of Peppermint (*Mentha piperita* L.) in Responses to Nitrogen Application. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 4 (72): 1-18. (In Persian). <http://dx.doi.org/10.29252/jmp.4.72.81>
- Sun Z, Wang H, Wang J, Zhou L and Yang P. 2014. Chemical Composition and Anti-Inflammatory, Cytotoxic and Antioxidant Activities of Essential Oil from Leaves of *Mentha piperita* Grown in China. *Plos One*, 9(12): 1- 15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114767>
- Tutar U, Karaman I, Çelik C, Ataş M and Hepokur C. 2016. Anti-biofilm antimicrobial activity of *Mentha pulegium* essential oil resistant-multidrug against *Acinetobacter baumannii*. *Tropical Journal of Pharmaceutica Research*, 15(5): 1046-1053. <http://dx.doi.org/10.4314/tjpr.v15i5.20>