The University of Tehran Press

Iranian Journal of Horticultural Science

Online ISNN: 2008-482X

Homepage: http:// ijhs.ut.ac.ir/

Phytochemical Diversity of Fruit Essential Oil among Sumac Populations from West of Iran and Its Correlation with Environmental Factors

Aref Khoshraftar[1], Jalal khorshidi[2]✉, Ahmad Aghaee[3]

1. Department of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: aref04110411@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Horticultural Science and Engineering, Research Center of Medicinal Plants Breeding and Development, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran. E-mail: j.khorshidi@uok.ac.ir
3. Department of Biology, Faculty of Science, University of Maragheh, Maragheh, Iran. E-mail: aghaee2001@yahoo.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 28 May 2022

Received in revised form: 3 June 2023

Accepted: 29 June 2023

Published online: 23 September 2023

Keywords:

Domestication,

Phytochemical,

Cembrene A,

Cluster analysis.

ABSTRACT

Evaluation of phytochemical diversity among wild populations of a plant species is the first step for its conservation and domestication. *Rhus coriaria* L. is a shrub with valuable fruits in viewpoint of medicinal properties, due to its essential oil, fixed oil, phenolic compounds, vitamins, proteins and carbohydrates. In the present study, fruit essential oils of eight populations of sumac (Paveh, Kasnazan, Somaqlu, Kani Guyz, Kamaleh, Dagaga, Bakhan and Ziviyeh) from Kurdistan and Kermanshah provinces were extracted by clevenger and analyzed by GC-MS and GC-FID, and correlations of essential oil components with environmental factors were investigated. The considerable variations were observed among populations in viewpoint of number, type and amount of essential oil compounds. The dominant components of essential oil in different populations had significant differences. Cembrene A, one of the important constituents of sumac essential oil was present in all populations and the highest (41.2%) and lowest (13.4%) amounts of cembrene A were determined in Paveh and Dagaga populations, respectively. Principal component analysis grouped essential oil compounds into seven components, which accounted for 100% of the total variance between populations. The first two components explained 52.14% of the total variance, and (E,E)-2,4-decadienal, β-pinene, (2,E)-undecanal, camphene, and cis-ocimene (with factor coefficients of 0.926, 0.879, 0.85, 0.834 and -0.875 in PC1, respectively) were the most effective compounds in the separation of populations. Cluster analysis divided the populations into five different groups. Significant correlations were obtained between essential oil compounds and environmental factors, which can be used in the domestication process of sumac.

Cite this article: Khoshraftar, A., khorshidi, J., Aghaee, A. (2023). Phytochemical Diversity of Fruit Essential Oil among Sumac Populations from West of Iran and Its Correlation with Environmental Factors. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 54 (3), 383-401. DOI: http//doi.org/ 10.22059/IJHS.2023.343618.2032

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/ 10.22059/IJHS.2023.343618.2032

Extended Abstract

Introduction

Evaluation of phytochemical diversity among wild populations is the first step in the conservation and domestication of a wild plant species. Sumac (*Rhus coriaria* L.) is a shrub belonging to the Anacardiaceae family with valuable fruits in viewpoint of essential oil, fixed oil, phenolic compounds, vitamins, proteins and carbohydrates. The antimicrobial, antifungal, antiviral and anti-inflammatory properties of sumac have been proven, and it is also effective in preventing heart, cancer, liver and diabetes diseases.

Materials and Methods

In this reaserch, fruits of eight populations of sumac were harvested in full ripening stage from Kurdistan and Kermanshah provinces (Paveh, Kasnazan, Somaqlu, Kani Guyz, Kamaleh, Dagaga, Bakhan and Ziviyeh).

Then, fruit essential oils were extracted based on water distillation method by Clevenger-type apparatus for 3 hours and analyzed by GC-MS and GC-FID. The Pearson correlation coefficients between the essential oil components with climatic and soil properties, mean comparison of the essential oil components (based on Duncan's multiple range test at 5% probability level), principal components analysis, and cluster analysis (based on squared Euclidean distance and Ward's method) were done using SPSS software (ver. 25). The Statgraphics software (ver.19) was used to draw the biplot of the populations based on the essential oil components.

Results and Discussion

The considerable variations were observed among populations in viewpoint of number, type and amount of essential oil components. The lowest number (23) of identified compounds in the essential oil was belonged to the Paveh population and the highest number (33) was belonged to the Bakhan and Ziviyeh populations.The identified compounds were accounted 81.1% (Paveh population) to 96.5% (Degaga population) of the total essential oil. The dominant components of essential oil in different populations had significant differences. Cembrene A, one of the important constituents of sumac essential oil, was present in all populations and the highest (41.2%) and lowest (13.4%) amounts of cembrene A were observed in Paveh and Dagaga populations, respectively. Principal component analysis grouped essential oil compounds into 7 components, which accounted for 100% of the total variance between populations. The first two components explained 52.14% of the total variance, and (E,E)-2,4-decadienal, β-pinene, (2,E)-undecanal, camphene, and cis-ocimene (with factor coefficients of 0.926, 0.879, 0.85, 0.834 and -0.875 in PC1, respectively) were the most effective compounds in the separation of populations. Cluster analysis divided the populations into five different groups, although the genetic distances of the populations were not in accordance with their geographical distances. Significant correlations were obtained between essential oil compounds and environmental factors which can be used in the domestication process of sumac.

Conclusion

The notable differences in the essential oil composition of the studied sumac populations can be due to the differences in genetics or habitat conditions. The introduction of the elite population depends on the target compound. By considering Cembrene as a target compound, the Paveh population can be introduced as a desirable population. However, to achieve a more reliable result, all populations should be evaluated under the same conditions.

نشریه علوم باغبانی ایران، دوره ۵۴، شماره ۳

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۹۳۰

Homepage: http://ijhs.ut.ac.ir//

تنوع ترکیبات اسانس میوه جمعیت‌های سماق رویش‌یافته در غرب ایران و ارتباط آن با فاکتورهای محیطی

عارف خوش رفتار[۱] | جلال خورشیدی[۲]✉ | احمد آقایی[۳]

۱. گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: aref04110411@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی باغبانی، مرکز پژوهشی اصلاح و توسعه گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: j.khorshidi@uok.ac.ir

۳. گروه زیست شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران. رایانامه: aghaee2001@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۳/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۹

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۷/۰۱

کلیدواژه‌ها:

اهلی‌سازی، فیتوشیمیایی، سمبرن آ، تجزیه خوشه‌ای.

چکیده

ارزیابی تنوع فیتوشیمیایی جمعیت‌های وحشی یک گونه، از گام‌های اساسی در راستای حفاظت و اهلی‌سازی آن می‌باشد. سماق (*Rhus coriaria* L.) درختچه‌ای است که میوه آن بواسطه داشتن اسانس، روغن ثابت (غیر فرار)، ترکیبات فنولی، ویتامین‌ها، پروتئین و کربوهیدرات، دارای خواص درمانی متعددی می‌باشد. در پژوهش حاضر، اسانس میوه هشت جمعیت سماق از استان‌های کردستان و کرمانشاه (پاوه، کەس نەزان، سماقلو، کانی گویز، کماله، دگاگا، باخان و زیویه)، توسط کلونجر به روش تقطیر با آب استخراج و با استفاده از دستگاه های کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی آنالیز شد و سپس ارتباط آن با فاکتورهای محیطی بررسی گردید. تنوع قابل توجهی بین جمعیت‌ها به لحاظ تعداد، نوع و میزان ترکیبات اسانس، مشاهده گردید. ترکیبات غالب اسانس در جمعیت‌های مختلف، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. Cembrene A به عنوان یکی از ترکیبات مهم اسانس سماق، در همه جمعیت‌ها وجود داشت و بیش‌ترین (۴۱/۲ درصد) و کم‌ترین (۱۳/۴ درصد) مقدار آن به‌ترتیب در جمعیت‌های پاوه و دگاگا مشاهده گردید. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، ترکیبات اسانس را در هفت مؤلفه گروه‌بندی نمود که ۱۰۰ درصد واریانس بین جمعیت‌ها را تبیین می‌کردند. دو مؤلفه اول در مجموع ۵۲/۱۴ درصد کل واریانس بین جمعیت‌ها را تبیین می‌کردند و (E,E)-2,4-Decadienal، β-Pinene، (2,E)-Undecanal، Camphene و cis-Ocimene (به‌ترتیب با ضرایب عاملی ۰/۹۲۶، ۰/۸۷۹، ۰/۸۵، ۰/۸۳۴ و ۰/۸۷۵- در مؤلفه اول) مؤثرترین ترکیبات در تفکیک جمعیت ها بودند. تجزیه خوشه‌ای، جمعیت‌ها را در پنج گروه مختلف طبقه‌بندی نمود. همبستگی‌های قابل توجهی بین ترکیبات اسانس با فاکتورهای محیطی به‌دست آمد که می‌توان از این نتایج در فرایند اهلی‌سازی سماق، بهره گرفت.

استناد: خوش رفتار، عارف؛ خورشیدی، جلال؛ و آقایی، احمد (۱۴۰۲). تنوع ترکیبات اسانس میوه جمعیت‌های سماق رویش‌یافته در غرب ایران و ارتباط آن با فاکتورهای محیطی. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۴ (۳)، ۴۰۱-۳۸۳. DOI: http//doi.org/ 10.22059/IJHS.2023.343618.2032

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/ 10.22059/IJHS.2023.343618.2032

مقدمه

سماق (*Rhus coriaria* L.) درختچه‌ای است از تیره Anacardiaceae (Ghasempour *et al*., 2016) که در نواحی کوهستانی رشته کوه‌های البرز و زاگرس از ارتفاع حدود ۱۰۰۰ تا ۱۷۰۰ متر از سطح دریا رویش دارد (Ahmadian Atari *et al*., 2008; Sabeti, 2008). مهم‌ترین بخش قابل استفاده آن میوه است که بیش‌تر در صنایع غذایی به‌عنوان طعم دهنده و عطر دهنده مورد استفاده قرار می‌گیرد (Pourahmad *et al*., 2010). سماق بواسطه‌ی خواص ضد باکتریایی (Fazeli *et al*., 2007; Adwan *et al*., 2009; Nasar-Abbas & Halkman, 2004)، ضد قارچی (Singh *et al*., 2011; Ertürk, 2010)، ضداکسایشی (Kosar *et al*., 2007; Soleymani Majd *et al*., 2017; Bursal & Köksal, 2011; Bozan *et al*., 2003)، ضد افسردگی (Golshani *et al*., 2019)، ضد درد (Mohammadi *et al*., 2016)، ضد ویروسی (Parsania *et al*., 2017)، کاهنده قند (Anwer *et al*., 2013; Mohammadi *et al*., 2010)، کاهنده چربی خون (Hajmohammadi *et al*., 2016) و ضد سرطانی (Gabr & Alghadir, 2021) از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. میوه سماق حدود ۰/۰۴ تا ۰/۵ درصد اسانس دارد که بخش عمده آن را ترکیباتی مثل سمبرن، کاریوفیلن، آلفاپینن، لیمونن، دکادینال، نونانال و دِکنال تشکیل می‌دهند (Mojab *et al*., 2012; Morshedloo *et al*., 2018; Farag *et al*., 2018; Giovanelli *et al*., 2017; Gharaei *et al*., 2013; Bahar & Altug, 2009; Zhaleh *et al*., 2018). همچنین، دارای ۷ تا ۱۵ درصد روغن ثابت می‌باشد که عمدتاً از اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک، پالمیتیک و استئاریک تشکیل شده است (Dogan & Akgul, 2005; Kizil & Turk, 2010; Matthaus & Özcan, 2015). میوه سماق علاوه بر روغن‌های فرار و ثابت، حاوی مقادیر زیادی فیبر و پروتئین (Özcan & Haciseferogullari, 2004)، ترکیبات فنولی (تانن، اسید گالیک، کوئرسیتین و آنتوسیانین‌ها) (Bozan *et al*., 2003; Romeo *et al*., 2015; Abu-Reidah *et al*., 2014; Fereidoonfar *et al*., 2019)، ویتامین‌های مختلف (ویتامین ث، تیامین، ریبوفلاوین، بیوتین، پیریدوکسین و نیکوتین آمید) (Kossah *et al*., 2010)، عناصر معدنی (پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر) (Özcan & Haciseferogullari, 2004) و کربوهیدرات‌ها (زایلوز و گلوکز) (Demchik *et al*., 2015) می‌باشد. میزان و کیفیت متابولیت‌های ثانویه گیاهان دارویی تحت تأثیر دو عامل ژنتیک و شرایط آب‌وهوایی و خاکی رویشگاه آن‌ها می‌باشد (Khorshidi *et al*., 2020; Morshedloo *et al*., 2018; Figueiredo *et al*., 2008). فاکتورهای محیطی از قبیل دما، بارندگی، رطوبت، نور و وضعیت فیزیکوشیمیایی خاک با تأثیر بر فتوسنتز و سایر فعالیت‌های متابولیکی گیاه، روی تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه گیاهان اثر می‌گذارند (Daniel, 2006; Sangwan *et al*., 2001; Falzari *et al*., 2006; Vilčinskas *et al*., 2013). ارزیابی تنوع فیتوشیمیایی جمعیت‌های وحشی یک گونه گیاهی و تحلیل تأثیر فاکتورهای محیطی بر آن با هدف شناسایی جمعیت برتر و نیز تعیین مناسب‌ترین شرایط محیطی جهت تولید متابولیت‌های مدنظر، در راستای حفاظت، اهلی‌سازی، اصلاح و کشت و تولید آن گونه، امری ضروری است (Fernández-Sestelo & Carrillo, 2020). بنابراین، بنا به ضرورت موضوع، در پژوهش حاضر میوه‌های جمعیت‌های مختلف سماق رویش‌یافته در غرب ایران جمع‌آوری و پس از استخراج و شناسایی ترکیبات اسانس آن‌ها، همبستگی و ارتباط ترکیبات شناسایی شده با خصوصیات آب‌وهوایی و خاکی رویشگاه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

پیشینهٔ پژوهش

اگرچه تنوع فیتوشیمیایی و مورفولوژیکی سماق و ارتباط ویژگی‌های مورفولوژیکی آن با شرایط آب‌و هوایی و خاکی رویشگاه در چندین مطالعه بررسی شده است، اما ارتباط بین ترکیبات اسانس میوه سماق با ویژگی‌های آب‌وهوایی و خاکی رویشگاه، چندان مورد مطالعه و تحلیل قرار نگرفته است. ارزیابی ترکیبات اسانس میوه سماق جمع‌آوری شده از چهار منطقه سیسیلین ایتالیا نشان داده است که نوع جمعیت در گروه‌های اصلی تشکیل دهنده اسانس مؤثر است. در دو جمعیت CNS و CIN، مونوترپن‌ها (۵۹/۹–۴۲/۱ درصد) و در دو جمعیت MR و CG، ترکیبات غیر ترپنی (۵۵/۱–۲۷/۵ درصد)، گروه‌های غالب اسانس

بودند. ترکیبات سمبرن، دکِنال و کاریوفیلن به عنوان اجزای غالب تشکیل دهنده اسانس شناسایی شدند (Giovanelli *et al*., 2017).

در اسانس میوه سماق جمع‌آوری شده از کرمانشاه، ۱۵ ترکیب شناسایی گردید که در مجموع ۹۵ درصد کل ترکیبات اسانس را تشکیل می‌دادند و ترکیبات بتا–کاریوفیلن (۳۴/۳ درصد) و سمبرن (۲۳/۸ درصد) به عنوان ترکیبات اصلی اسانس گزارش شدند (Zhaleh *et al*., 2018). در پژوهشی، تنوع بیوشیمیایی ۱۳۶ اکسشن سماق جمع‌آوری شده از مناطق مختلف استان مرکزی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بیانگر تنوع بسیار بالایی به لحاظ ویژگی‌هایی همچون اسیدیته قابل تیتراسیون، ویتامین ث، فنول کل، فلاونوئید، تانن، آنتوسیانین و فعالیت ضداکسایشی بین اکسشن‌ها بود. ۱۵ اکسشن مقادیر بالایی از صفات بیوشیمیایی مذکور را نشان دادند که به عنوان اکسشن‌های برتر در برنامه‌های اصلاحی معرفی شدند (Fereidoonfar *et al*., 2019). از مجموع ۲۱ ترکیب شناسایی شده در میوه سماق جمع‌آوری شده از شمال ایران که حدود ۸۶/۶ درصد کل ترکیبات اسانس را تشکیل می‌دادند، بتا–کاریوفیلن (۳۰/۷ درصد) و سمبرن (۲۱/۴ درصد) به عنوان اجزای اصلی تشکیل دهنده اسانس شناخته شدند (Gharaei *et al*., 2013).

الکل‌ها، استرها، اترها، آلدئیدها، هیدروکربن‌ها، کتون‌ها، مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترپن‌ها، گروه‌های اصلی تشکیل دهنده اسانس میوه سماق جمع‌آوری شده از کشورهای اردن، فلسطین و مصر بودند. از ۷۴ ترکیب شناسایی شده در اسانس میوه سماق کشورهای مذکور، آلفا–پینن، نفتالن و اُسیمن به‌ترتیب ترکیبات غالب اسانس میوه سماق کشورهای فلسطین، اردن و مصر بودند (Farag *et al*., 2018). مطالعه ویژگی‌های مورفولوژیکی سماق رویش‌یافته در کوه‌های بینالود نشان داد که تاج پوشش و تعداد پایه درخت در شیب‌های مختلف، تفاوت چشمگیری با هم داشتند. با افزایش درصد سنگلاخی بودن رویشگاه، تاج پوشش، تعداد پایه درخت و ارتفاع تاج، کاهش نشان دادند. این نتیجه بیانگر آنست که سماق برای رشد بهتر، نیاز به خاک‌های سبک بافت دارد که می‌تواند راهنمای خوبی برای اصلاحگران جهت تعیین محیط کشت ثانویه سماق باشد (Doroudi *et al*., 2010). همبستگی متغیرهای محیطی ارتفاع از سطح دریا، شیب، و طول و عرض جغرافیایی با صفات مورفولوژیکی سماق نشان داد که با افزایش عرض جغرافیایی و کاهش شیب دامنه و طول جغرافیایی، طول برگ‌های سماق کاهش یافت (Mohammadi Alaghoz *et al*., 2021).

محتوای اسانس برگ و میوه سماق جمع‌آوری شده از روستای آدران (چالوس)، ۰/۲ درصد گزارش شده است. ۶۵ ترکیب در اسانس برگ و ۵۴ ترکیب در اسانس میوه شناسایی شدند. بتاکاریوفیلن، کاریوفیلن اکساید، سمبرن و آلفا–هومولن، اجزای عمده اسانس برگ بودند، و بتا–کاریوفیلن، سمبرن، ترانس–۲،۴–دکادینال و آلفا–ترپینئول به عنوان ترکیبات غالب اسانس میوه گزارش شدند (Mojab *et al*., 2012). ارزیابی کمی و کیفی اسانس میوه جمعیت‌های مختلف سماق جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران نشان داد که محتوای اسانس جمعیت‌ها از ۰/۰۴ تا ۰/۱۹ درصد متغیر بود. در مجموع، ۵۷ ترکیب در اسانس جمعیت‌های مورد مطالعه شناسایی شد که ای–کاریوفیلن (۵۰/۳–۵/۹ درصد)، ان–نونانال (۲۳/۳–۱/۸ درصد)، سمبرن (۲۱/۷–۱/۹ درصد)، آلفا–پینن (۱۹/۷–۰ درصد)، (۲–ای، ۴–ای)–دکادینال (۱۶/۵–۲/۴ درصد) و نونانیک اسید (۱۵/۸–۰ درصد)، ترکیبات غالب تشکیل دهنده اسانس بودند (Morshedloo *et al*., 2018).

روش‌شناسی پژوهش

جمع‌آوری نمونه‌های گیاهی و خاک

به‌منظور تهیه میوه‌های رسیده‌ی سماق، ابتدا به کمک اطلاعات افراد بومی هر منطقه، رویشگاه‌های سماق در استان‌های کردستان و کرمانشاه (پاوه، کەس نەزان، سماقلو، کانی گویز، کماله، دگاگا، باخان و زیویه) شناسایی گردید. برداشت میوه‌های رسیده از شهریور تا اوایل مهرماه سال ۱۳۹۸ انجام شد و به‌منظور اسانس‌گیری به مرکز پژوهشی گیاهان دارویی دانشگاه کردستان منتقل شد. لازم به ذکر است که در تمام مناطق مورد مطالعه به‌منظور حذف اثرات نور و نیز میزان رسیدگی میوه‌ها،

برداشت میوه‌ها از ارتفاعات میانی و جهات مختلف درختچه‌ها انجام گرفت و در نهایت میوه‌های برداشت شده از هر درختچه با هم مخلوط شدند. هم‌زمان با جمع‌آوری میوه‌ها، نمونه‌های خاک مربوط به هر رویشگاه نیز از عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری تهیه گردید. برای تهیه نمونه خاک از هر رویشگاه، ۱۰ چاله با فواصل مناسب (بسته به وسعت رویشگاه) حفر و سپس خاک همه‌ی آن‌ها با هم مخلوط شده و نهایتاً یک نمونه جهت آنالیز فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل گردید. اطلاعات آب‌وهوایی هر رویشگاه از نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی و مختصات جغرافیایی به کمک گوگل ارث[1] به‌دست آمد (جدول ۱).

اسانس‌گیری از میوه‌ها

برای استخراج اسانس، ۴۰ گرم میوه از هر رویشگاه توسط ترازوی دیجیتال توزین و سپس توسط آسیاب آزمایشگاهی به‌خوبی خرد گردید. اسانس‌گیری به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر به مدت سه ساعت انجام گردید. پس از اتمام مدت زمان مذکور، به دلیل حجم کم اسانس به‌دست آمده و مشکل بودن جداسازی آن از کلونجر، حدود یک میلی‌لیتر هگزان نرمال به آن اضافه گردید تا اسانس وارد فاز هگزانی گردد (Mojab *et al*., 2012). پس از حدود ۱۵ دقیقه، فاز هگزانی توسط سرنگ جداسازی و در ویال‌های شیشه‌ای تا زمان آنالیز در یخچال با دمای چهار درجه سلسیوس نگهداری گردید.

آنالیز اسانس‌ها

برای آنالیز کیفی اسانس‌ها از دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (GC-MS) و برای آنالیز کمی از کروماتوگراف گازی متصل به آشکارساز یونش شعله‌ای (GC-FID) استفاده گردید. مشخصات دستگاه‌های مذکور و شرایط کاری آن‌ها به شرح زیر بود:

GC-MS: از دستگاه کروماتوگرافی گازی مدل Agilent7990B متصل به طیف‌سنج جرمی مدل 5977A دارای ستونی از نوع HP-5 به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت لایه فاز ساکن ۰/۱ میکرومتر، و هلیوم با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه به عنوان گاز حامل استفاده گردید. ابتدا دمای آون به مدت ۵ دقیقه در ۶۰ درجه سلسیوس نگه داشته شد، سپس دمای آن با سرعت ۳ درجه سلسیوس در دقیقه به ۲۴۰ درجه سلسیوس رسانده شد و به مدت ۱۰ دقیقه در این دما نگه داشته شد. دمای محفظه تزریق ۲۶۰ درجه سلسیوس، ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت و محدود اسکن طیف‌ها ۴۰۰-۴۰ دالتون بود.

GC-FID: از دستگاه کروماتوگراف گازی مدل Agilent7990B، با آشکارساز FID و ستون از نوع VF-5MS به طول ۳۰ متر و قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و قطر لایه داخلی ۰/۵ میکرومتر استفاده شد. برنامه دمایی آون مشابه برنامه دمایی GC-MS بود. دمای محفظه تزریق ۲۳۰ درجه سلسیوس، دمای دتکتور ۲۴۰ درجه سلسیوس، و هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۱ میلی‌لیتر در دقیقه مورد استفاده قرار گرفت.

اسانس‌ها به نسبت ۱ به ۱۰۰ با هگزان رقیق شد و حدود ۱ میکرولیتر آن به دستگاه تزریق شد. نسبت اسپلیت ۱ به ۲۴ بود. برای محاسبه شاخص بازداری ترکیبات، مخلوطی از نرمال آلکان‌ها (C8-C40; Sigma Aldrich, USA) به دستگاه تزریق گردید. شناسایی ترکیبات از طریق مقایسه شاخص بازداری آن‌ها با شاخص‌های بازداری موجود در منابع مرجع (Adams, 2007; NIST, 2008) انجام گرفت و مقدار کمی ترکیبات از طریق محاسبه مساحت زیر پیک مربوط به هر ترکیب در GC-FID، تعیین شد (Morshedloo *et al*., 2018).

1Google earth

طرح آزمایشی و آنالیز داده‌ها

برای انجام این تحقیق از طرح آزمایشی آشیانه‌ای استفاده شد. همبستگی به روش پیرسون[1] بین ترکیبات اسانس با شرایط آب‌وهوایی و خاکی رویشگاه‌ها، مقایسه میانگین داده‌ها، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و نیز تجزیه خوشه‌ای براساس ترکیبات اسانس به روش وارد[2] با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۵) انجام گردید و نمودار بای‌پلات جمعیت‌ها بر مبنای ترکیبات اسانس توسط نرم‌افزار Statgraphics (نسخه ۱۹) رسم شد.

جدول ۱. خصوصیات آب و هوایی و خاکی رویشگاه‌های مورد مطالعه

رویشگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	شن (درصد)	فسفر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	پتاسیم قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم خاک)	نیتروژن کل (درصد)	مواد آلی (درصد)	آهک (درصد)	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتیمتر)	اسیدیته	رطوبت اشباع (درصد)	ظرفیت زراعی (درصد)	میانگین دمای سالیانه (درجه سلسیوس)	میانگین بارندگی سالیانه (میلی متر)	شیب (درصد)
پاوه	E ۴۶° ۲۰′ ۵۹″	N ۳۵° ۰۳′ ۳۲″	۱۴۴۹/۵	۳۷	۲۳	۴۰	۸/۱	۲۲۰	۰/۰۸	۱/۴۶	۱۰/۷۵	۰/۳۴۵	۷/۴۲	۴۹	۲۹	۱۶/۸	۷۳۹	۲۰/۶
که‌س نه-زان	E ۴۶° ۱۳′ ۱۰″	N ۳۶° ۰۵′ ۰۸″	۱۷۵۴/۵	۴۰	۱۳	۴۷	۷/۴	۱۸۰	۰/۱۱	۱/۹۳	۱۵	۰/۲۸۷	۷/۶	۴۷/۵	۲۹	۱۱/۸	۴۰۷	۳۰/۶
سماقلو	E ۴۶° ۱۱′ ۹۶″	N ۳۶° ۰۵′ ۰۱″	۱۷۹۳/۵	۲۸	۳۳	۳۹	۵/۴۱	۱۴۰	۰/۱۲	۲/۲	۵/۵	۰/۳۱۸	۷/۴۹	۴۲/۵	۳۱	۱۱/۸	۴۰۷	۱۱/۹
کانی گویز	E ۴۵° ۵۲′ ۸۱″	N ۳۵° ۵۷′ ۱۶″	۱۶۴۲	۳۷	۱۹	۴۴	۹/۵	۲۸۰	۰/۱۵	۲/۵۸	۸/۲۵	۰/۲۶۴	۷/۸۲	۵۰/۵	۲۹	۱۱/۸	۶۳۵	۱۵/۲
کماله	E ۴۶° ۱۳′ ۵۷″	N ۳۵° ۱۵′ ۵۹″	۱۵۷۶/۵	۴۶	۱۶	۳۸	۱۲/۱	۲۵۰	۰/۰۹	۱/۵۷	۱۱/۲۵	۰/۳۲	۷/۲۹	۴۹/۲	۲۹	۱۴/۱۲	۷۱۵	۴۰/۴
دگاگا	E ۴۶° ۲۷′ ۱۵″	N ۳۵° ۱۳′ ۰۳″	۱۶۰۱	۳۶	۱۹	۴۵	۶/۲	۱۹۰	۰/۱۷	۲/۹۶	۶/۷۵	۰/۲۹۸	۷/۶۴	۴۵	۲۹	۱۴/۱۲	۷۱۵	۳۷/۳
باخان	E ۴۶° ۲۲′ ۴۲″	N ۳۵° ۳۱′ ۵۳″	۱۴۷۴	۵۵	۱۳	۳۲	۱۱/۲	۱۷۰	۰/۱۴	۲/۴۱	۱۲/۲۵	۰/۳۷۹	۷/۸۵	۴۸	۳۱	۱۴/۱۲	۷۹۰	۳۳/۳
زیویه	E ۴۶° ۴۳′ ۰۵″	N ۳۴° ۵۶′ ۱۹″	۱۶۸۴/۵	۴۸	۹	۴۳	۹/۷۵	۲۶۰	۰/۱۶	۱/۶۲	۹/۷۵	۰/۴۱۵	۷/۸	۴۷/۵	۲۹	۱۴/۱۲	۵۱۷	۲۲/۱

1 Pearson's method
2 Ward's method

یافته‌های پژوهش

ترکیبات تشکیل دهنده اسانس

در مجموع، تعداد ۴۴ ترکیب در اسانس میوه جمعیت‌های سماق مورد مطالعه شناسایی شد که بسته به نوع جمعیت، تعداد ترکیب‌های شناسایی شده متفاوت بود، به‌طوری‌که کم‌ترین تعداد ترکیب‌های شناسایی شده (۲۳ ترکیب) متعلق به جمعیت پاوه و بیش‌ترین آن‌ها (۳۳ ترکیب) متعلق به جمعیت‌های باخان و زیویه بود. ترکیب‌های شناسایی شده در مجموع ۸۱/۱ درصد (جمعیت پاوه) تا ۹۶/۵ درصد (جمعیت دگاگا) کل ترکیب‌های موجود در اسانس را تشکیل می‌دادند. ترکیب‌های غالب اسانس بسته به نوع جمعیت متفاوت بودند. در اسانس جمعیت پاوه، سمبرن آ (۴۱/۲ درصد)، آلفاترپینولن (۹/۳ درصد) و ان–دکانال (۳/۶ درصد) غالب‌ترین ترکیبات بودند. در اسانس جمعیت کەس نەزان، سمبرن آ (۱۹ درصد)، ان–نونانال (۱۸/۷ درصد) و ترانس پینوکامفن (۱۵/۸ درصد) ترکیبات غالب اسانس را تشکیل می‌دادند. سمبرن آ (۳۳/۷ درصد)، ذ–کاریوفیلن (۱۳/۴ درصد) و (ای،ای)–۲و۴–دکادینال (۷/۲ درصد)، ترکیبات غالب اسانس جمعیت سماقلو بودند. ترکیبات ایزوبورنیل استات (۲۰/۵ درصد)، سمبرن آ (۱۹/۱ درصد) و (ای،ای)–۲و۴–دکادینال (۷/۵ درصد) به عنوان ترکیبات غالب اسانس جمعیت کانی‌گویز شناسایی شدند. در اسانس جمعیت کماله، سمبرن آ (۲۶/۸ درصد)، ذ–کاریوفیلن (۱۱/۳ درصد) و (ای،ای)–۲و۴–دکادینال (۸/۱ درصد) ترکیبات غالب اسانس بودند. کارواکرول (۲۰/۵ درصد)، (ای،ذ)–۲و۴–دکادینال (۲۰/۴ درصد) و سمبرن آ (۱۳/۴ درصد) به ترتیب غالب‌ترین ترکیبات اسانس جمعیت دگاگا بودند. در اسانس جمعیت باخان، به ترتیب سمبرن آ (۱۷/۳ درصد)، ذ–کاریوفیلن (۱۱/۳ درصد) و آلفاترپینولن (۱۰/۱ درصد) به عنوان ترکیبات غالب تعیین شدند و سمبرن آ (۲۰ درصد)، ذ–کاریوفیلن (۱۸/۲ درصد) و (ای،ای)–۲و۴–دکادینال (۱۰/۹ درصد) ترکیبات غالب اسانس جمعیت زیویه بودند (جدول ۲).

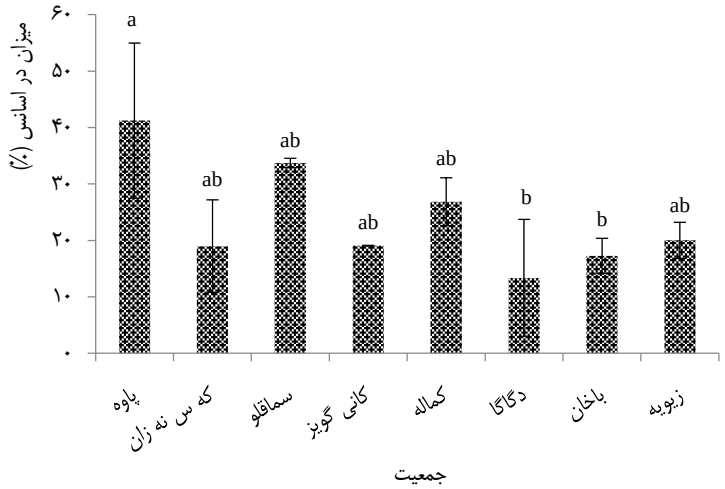
جدول ۲. ترکیبات تشکیل دهنده اسانس میوه سماق جمعیت‌های مورد مطالعه

ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	شاخص بازداری کواتس	رویشگاه								سطح معنی‌داری
			پاوه	کەس نەزان	سماقلو	کانی گویز	کماله	دگاگا	باخان	زیویه	
Hexenal	۴/۳	۸۴۵	–	۰/۵±۰/۹	-	-	-	-	۰/۴±۰/۷	۰/۶±۰/۵	
α-Pinene	۶/۴	۹۳۰	–	۱/۶±۲/۸	-	-	-	-	۱/۲±۲/۱	۱/۵±۰/۹	
Camphene	۷/۰	۹۴۴	۰/۱±۰/۲	۰/۳±۰/۵	۰/۵±۰/۰	۰/۷±۰/۰	۰/۹±۰/۱	۰/۲±۰/۲	۰/۲±۰/۳	۰/۶±۰/۱	
β-Pinene	۸/۱	۹۷۲	–	-	۱/۷±۰/۱	۱/۷±۱/۰	۱/۴±۰/۱	۰/۹±۱/۱	-	۱/۳±۰/۳	
β-Myrcene	۸/۷	۹۸۹	–	-	-	-	-	۰/۴±۰/۶	-	-	
p-Cymene	۱۰/۱	۱۰۲۱	–	۰/۴±۰/۷	-	-	-	۰/۲±۰/۴	-	-	
Limonene	۱۰/۳	۱۰۲۵	-	-	-	-	-	۰/۳±۰/۳	۱/۲±۱/۱	-	
cis-Ocimene	۱۰/۸	۱۰۳۶	۱/۸±۰/۶	۲/۵±۲/۱	-	-	۰/۲±۰/۳	۰/۱±۰/۳	۰/۵±۰/۹	-	
trans-Ocimene	۱۱/۳	۱۰۴۶	-	-	-	۰/۲±۰/۴	۰/۳±۰/۳	-	-	۰/۱±۰/۲	
γ-Terpinene	۱۱/۷	۱۰۵۵	-	۱/۸±۲/۶	۱/۳±۰/۳	۱/۶±۰/۶	۱/۴±۰/۳	۰/۶±۰/۴	۰/۳±۰/۵	۱/۷±۰/۶	
α-Terpinolene	۱۳/۱	۱۰۸۵	۹/۳±۲/۱a	۱/۳±۱/۶c	۱/۵±۰/۳c	۴/۷±۰/۱b	۲/۵±۰/۵bc	۹/۲±۲/۱a	۱۰/۱±۱/۳a	۱/۹±۰/۵c	**
n-Nonanal	۱۳/۹	۱۱۰۳	۲/۵±۰/۶b	۱۸/۷±۲/۵a	۲/۵±۰/۲b	۲/۷±۰/۰b	۲/۹±۰/۴b	۱/۸±۰/۴b	۲/۹±۰/۳b	۲/۸±۰/۴b	*
trans-Pinocamphone	۱۶/۵	۱۱۵۷	۱/۹±۰/۵b	۱۵/۸±۲/۸a	۲/۰±۰/۶b	۲/۵±۲/۱b	۰/۹±۰/۵b	۱/۷±۱/۶b	۱/۹±۰/۲b	۱/۱±۰/۹b	**
α-Terpineol	۱۷/۹	۱۱۸۷	۲/۷±۴/۱	۰/۷±۰/۶	۱/۰±۰/۱	۱/۳±۱/۱	۰/۷±۰/۱	۰/۸±۱/۳	۵/۸±۴/۵	۱/۲±۰/۱	
n-Decanal	۱۸/۷	۱۲۰۴	۳/۶±۵/۱a	۱/۰±۱/۱b	۰/۸±۰/۱b	۱/۴±۰/۳b	۰/۸±۰/۲b	۱/۸±۱/۳b	۱/۳±۰/۲b	۰/۹±۰/۳b	*
2-Decanal	۲۱/۳	۱۲۶۰	۲/۵±۱/۶	۱/۲±۰/۴	۲/۴±۰/۱	۳/۲±۰/۳	۲/۸±۰/۲	۲/۰±۰/۴	۱/۷±۰/۰	۲/۴±۰/۱	
Nonanoic acid	۲۱/۹	۱۲۷۳	۰/۲±۰/۴	۱/۰±۰/۹	۴/۲±۰/۳	۳/۲±۰/۶	۲/۷±۲/۴	۳/۱±۲/۱	۱/۹±۰/۲	۲/۴±۱/۶	
Isobornyl acetate	۲۲/۴	۱۲۸۳	۱/۶±۰/۴b	۴/۷±۴/۷b	۴/۶±۰/۴b	۲۰/۵±۲/۷a	۷/۱±۱/۸b	۱۰/۳±۱۶/۵ab	۲/۵±۱/۴b	۳/۴±۰/۶b	*
(*E,Z*)-2,4-Decadienal	۲۲/۷	۱۲۹۱	۰/۴±۰/۳b	۰/۴±۰/۳b	۳/۱±۰/۱b	۲/۶±۰/۱b	۳/۲±۰/۴b	۲۰/۴±۳۴/۶a	۲/۵±۰/۴b	۴/۷±۰/۴b	**
Carvacrol	۲۳/۲	۱۳۰۱	-	-	-	-	-	۲۰/۵±۳۵/۴a	-	۰/۱±۰/۲b	**
(*E,E*)-2,4-Decadienal	۲۳/۷	۱۳۱۴	۱/۱±۰/۲d	۱/۱±۱/۱d	۷/۲±۰/۳b	۷/۵±۰/۳b	۸/۱±۱/۲b	۴/۶±۰/۶c	۷/۱±۰/۷b	۱۰/۹±۱/۵a	**
α-Terpinyl acetate	۲۵/۲	۱۳۴۸	-	-	-	۰/۱±۰/۲	۰/۳±۰/۳	۰/۳±۰/۲	-	-	
(*2,E*)-Undecanal	۲۵/۸	۱۳۶۲	-	۰/۱±۰/۲	۱/۵±۰/۱	۲/۰±۰/۱	۱/۲±۱/۱	۱/۳±۰/۲	۱/۰±۰/۱	۱/۵±۰/۲	
α-Ylangene	۲۶/۱	۱۳۶۸	-	۰/۷±۰/۵	-	-	-	-	-	-	
α-Copaene	۲۶/۳	۱۳۷۲	-	-	۰/۲±۰/۳	-	۰/۲±۰/۳	-	۰/۲±۰/۳	۰/۳±۰/۳	

نرمال آلکان‌های سری C۸–C۴۰ (سیگما آلدریچ، آمریکا) جهت محاسبه شاخص بازداری استفاده گردید. کتابخانه‌های Adams (Adams, 2007) و NIST 08 (NIST, 2008) برای شناسایی ترکیبات استفاده شدند. عدد بعد از ± بیانگر انحراف معیار است. ** و *: به‌ترتیب بیانگر اختلاف معنی‌دار درسطح احتمال ۱ و ۵ درصد. (منبع: یافته‌های تحقیق)

ادامه جدول ۲.

ترکیب	زمان بازداری (دقیقه)	شاخص بازداری کواتس	رویشگاه								سطح معنی داری
			پاوه	که‌س نه-زان	سماقلو	کانی گویز	کماله	دگاگا	باخان	زیویه	
Z-Caryophyllene	۲۷/۸	۱۴۰۸	۳/۰±۰/۷c	۲/۶±۱/۵c	۱۳/۴±۲/۰ab	۶/۰±۰/۳c	۱۱/۳±۲/۵b	۱/۵±۰/۵c	۱۱/۳±۴/۶b	۱۸/۲±۵/۷a	**
E-Caryophyllene	۲۸/۲	۱۴۱۶	-	-	۰/۶±۰/۰	۰/۵±۰/۴	۰/۳±۰/۳	-	-	-	
Isoamyl benzoate	۲۸/۹	۱۴۳۴	-	-	-	-	۰/۲±۰/۳	-	۰/۸±۰/۱	۰/۸±۰/۱	
α-Humulene	۲۹/۶	۱۴۵۰	۰/۱±۰/۲	۰/۴±۰/۴	۱/۴±۰/۲	-	۱/۲±۰/۲	۰/۱±۰/۱	۰/۹±۰/۸	۱/۸±۰/۵	
Geranyl acetone	۲۹/۶	۱۴۵۲	۰/۳±۰/۳	۰/۸±۰/۳	-	-	-	-	۱/۰±۰/۳	-	
γ-Muurolene	۳۰/۷	۱۴۷۷	۰/۱±۰/۱	-	-	-	-	-	-	-	
α-Muurolene	۳۱/۵	۱۴۹۷	-	-	-	-	-	-	-	۰/۲±۰/۳	
Selina-3,7(11)-diene	۳۳/۱	۱۵۳۸	-	-	۰/۷±۰/۰	-	۰/۷±۰/۱	-	-	۰/۶±۰/۵	
Caryophyllenyl alcohol	۳۴/۲	۱۵۶۶	۱/۳±۰/۲	۱/۸±۰/۷	۲/۸±۰/۴	۱/۵±۰/۱	۳/۶±۰/۱	۰/۱±۰/۲	۲/۳±۲/۱	۲/۶±۱/۳	
Caryophyllene oxide	۳۴/۷	۱۵۷۹	۱/۲±۱/۲	۰/۷±۱/۳	-	۰/۷±۰/۱	-	-	۱/۴±۲/۳	۲/۲±۲/۱	
Hexadecan	۳۵/۵	۱۵۹۹	۰/۹±۰/۹	۰/۴±۰/۴	۱/۱±۰/۲	۱/۱±۰/۲	۱/۱±۰/۲	۰/۴±۰/۳	۰/۹±۰/۲	۱/۲±۰/۳	
α-Eudesmol	۳۵/۷	۱۶۰۵	۱/۵±۰/۲	-	۱/۲±۱/۰	۱/۹±۰/۴	۰/۹±۰/۸	-	۰/۸±۰/۴	۱/۳±۰/۴	
epi-Cubenol	۳۶/۶	۱۶۲۸	-	۰/۵±۰/۵	-	-	۲/۱±۰/۰	-	۱/۸±۰/۵	۲/۴±۰/۸	
α-Cadinol	۳۷/۶	۱۶۵۴	۲/۵±۱/۲	۲/۱±۰/۶	۱/۳±۰/۴	۰/۹±۰/۱	۱/۱±۰/۱	-	۱/۱±۰/۳	۱/۰±۰/۲	
Hydroxy caryophyllene	۳۸/۱	۱۶۶۸	-	-	۰/۷±۰/۱	۰/۳±۰/۴	-	-	۱/۸±۰/۵	-	
octadecane	۴۲/۷	۱۷۹۸	-	۱/۴±۰/۳	-	۱/۶±۰/۳	۱/۲±۰/۱	-	۱/۵±۰/۵	۱/۱±۰/۳	
Hexahydrofarnesyl acetone	۴۴/۳	۱۸۴۴	۱/۴±۰/۲	۰/۹±۰/۳	۱/۱±۰/۱	۰/۶±۰/۱	۰/۶±۰/۲	۰/۳±۰/۳	۰/۸±۰/۳	-	
n-Nonadecane	۴۶/۲	۱۹۰۰	-	-	۰/۸±۰/۱	۰/۹±۰/۲	۰/۵±۰/۴	۰/۳±۰/۱	۰/۷±۰/۲	۰/۲±۰/۴	
Cembrene A	۴۷/۱	۱۹۲۸	۴۱/۲±۲۳/۸a	۱۹/۰±۱۴/۲ab	۳۳/۷±۱/۴ab	۱۹/۱±۰/۱ab	۲۶/۸±۷/۴ab	۱۳/۴±۱۷/۹b	۱۷/۳±۵/۴b	۲۰/۰±۵/۵ab	**
مجموع			۸۱/۱±۲۳/۰	۸۴/۲۶±۵/۶	۹۳/۴±۲/۲	۹۰/۸±۱/۴	۸۹/۰±۴/۸	۹۶/۵±۱/۴	۸۷/۲±۶/۳	۹۳/۰±۳/۰	



شکل ۱. میزان سمبرن آ در اسانس میوه جمعیت‌های مختلف سماق (منبع: یافته‌های تحقیق)

تجزیه به مولفه‌های اصلی و تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌ها

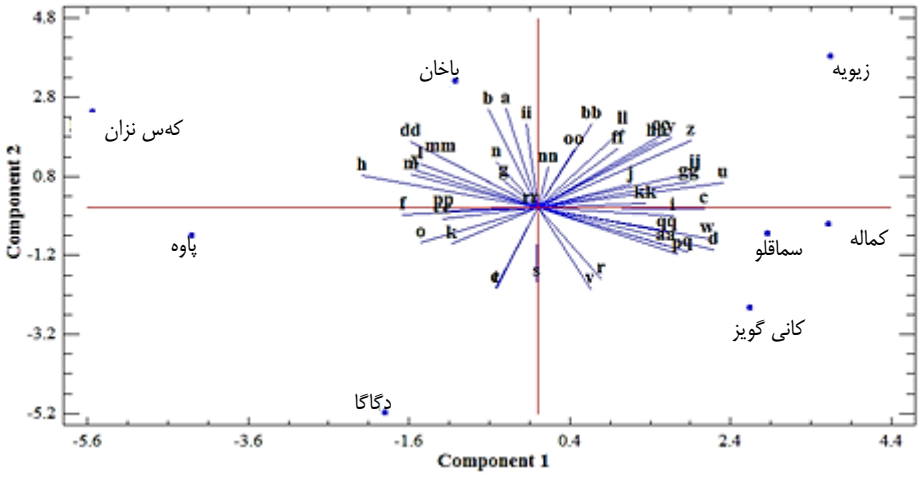
هفت مؤلفه اصلی کل واریانس بین جمعیت‌ها را تبیین نمودند. مؤلفه اول، ۳۰/۹۶ درصد واریانس بین جمعیت‌ها را تبیین نمود و ترکیبات (ای،ای)-۲و۴-دکادینال، بتاپینن، (۲،ای)-آن‌دکانال و کامفن با ضرایب عددی مثبت و بالا و ترکیب سیس

اُسیمن با ضریب عددی بالا و منفی، مهم‌ترین ترکیبات در تفکیک جمعیت‌ها بودند. ۲۱/۱۸ درصد واریانس بین جمعیت‌ها توسط مؤلفه دوم قابل تبیین بود و ترکیبات هگزنال و آلفاپینن با داشتن بیش‌ترین ضرایب عددی و مثبت، مهم‌ترین ترکیبات در تفکیک جمعیت‌ها تشخیص داده شدند. براساس مؤلفه‌های اول و دوم که در مجموع ۵۲/۱۴ درصد واریانس بین جمعیت‌ها را تبیین می‌کردند، جمعیت‌های پاوه و دگاگا در یک پلات، کەس نەزان و باخان در پلاتی یکسان، کانی‌گویز، سماقلو و کماله در یک پلات و جمعیت زیویه به تنهایی در پلاتی مجزا قرار گرفت (جدول ۳ و شکل ۲).

جدول ۳. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ترکیبات اسانس شناسایی شده در جمعیت‌های سماق مورد مطالعه

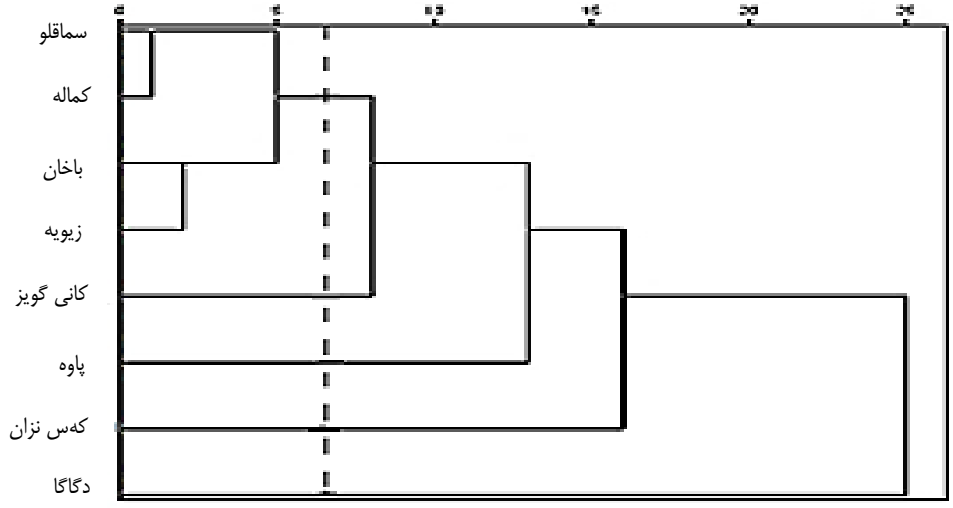
ترکیب	علامت اختصاری	مؤلفه						
		۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
Hexenal	a*	-۰/۱۵۹	۰/۸۴۹	۰/۴۱۷	۰/۱۴۰	-۰/۱۲۵	۰/۱۳۲	-۰/۱۶۵
α-Pinene	b	-۰/۲۴۹	۰/۸۴۱	۰/۴۳۳	۰/۱۱۷	-۰/۰۳۳	۰/۱۰۱	-۰/۱۳۷
Camphene	c	۰/۸۳۴	-۰/۰۰۲	۰/۱۰۶	-۰/۴۴۲	۰/۰۹۱	۰/۰۹۹	۰/۲۸۱
β-Pinene	d	۰/۸۷۹	-۰/۳۵۹	۰/۱۳۶	-۰/۲۲۶	-۰/۰۳۱	-۰/۰۳۴	-۰/۱۶۴
β-Myrcene	e	-۰/۲۰۷	-۰/۶۸۶	۰/۴۲۹	۰/۴۵۲	-۰/۲۹۱	-۰/۱۱۴	۰/۰۱۲
p-Cymene	f	-۰/۶۷۳	-۰/۰۵۵	۰/۶۹۴	-۰/۲۳۰	-۰/۰۱۳	-۰/۰۹۰	-۰/۰۳۱
Limonene	g	-۰/۱۷۱	۰/۲۲۹	-۰/۰۱۱	۰/۸۳۸	۰/۴۲۹	-۰/۱۱۶	۰/۱۳۵
cis-Ocimene	h	-۰/۸۷۵	۰/۲۷۶	-۰/۰۵۴	-۰/۳۸۵	-۰/۰۰۸	۰/۰۵۳	۰/۰۶۵
trans-Ocimene	i	۰/۶۷۸	-۰/۰۷۱	۰/۰۷۱	-۰/۳۰۶	۰/۰۷۶	۰/۴۵۲	۰/۴۷۷
γ-Terpinene	j	۰/۴۶۷	۰/۲۰۶	۰/۵۸۸	-۰/۵۹۲	۰/۰۵۲	۰/۱۲۷	-۰/۱۵۴
α-Terpinolene	k	-۰/۴۲۵	-۰/۳۰۹	-۰/۳۶۹	۰/۷۳۷	۰/۰۷۵	۰/۱۶۵	۰/۱۱۰
n-Nonanal	l	-۰/۵۸۱	۰/۳۷۰	۰/۴۸۸	-۰/۵۰۹	۰/۱۶۷	-۰/۰۱۷	-۰/۰۲۰
trans-Pinocamphone	m	-۰/۶۲۷	۰/۲۸۵	۰/۴۷۸	-۰/۴۹۴	۰/۲۰۴	-۰/۰۱۸	-۰/۱۰۴
α-Terpineol	n	-۰/۲۰۴	۰/۳۹۰	-۰/۴۵۰	۰/۶۶۹	۰/۳۸۹	۰/۰۳۳	۰/۰۶۵
n-Decanal	o	-۰/۵۸۲	-۰/۳۰۱	-۰/۶۵۶	۰/۱۱۸	-۰/۲۶۲	۰/۲۳۸	-۰/۰۳۰
2-Decanal	p	۰/۶۹۹	-۰/۳۹۰	-۰/۴۳۶	-۰/۱۷۵	-۰/۰۵۰	۰/۳۶۹	-۰/۰۰۱
Nonanoic acid	q	۰/۷۴۸	-۰/۳۷۴	۰/۲۶۳	۰/۰۷۲	۰/۱۹۸	-۰/۳۵۳	-۰/۲۴۹
Isobornyl acetate	r	۰/۳۱۶	-۰/۶۰۵	۰/۲۶۲	-۰/۱۳۰	۰/۳۹۵	۰/۵۰۶	-۰/۱۹۰
(*E*,*Z*)-2,4-Decadienal	s	-۰/۰۰۴	-۰/۶۳۷	۰/۴۶۴	۰/۵۰۶	-۰/۳۲۹	-۰/۱۲۲	-۰/۰۰۳
Carvacrol	t	-۰/۲۰۵	-۰/۶۸۳	۰/۴۳۱	۰/۴۵۳	-۰/۲۹۵	-۰/۱۱۳	۰/۰۱۰
(*E*,*E*)-2,4-Decadienal	u	۰/۹۲۶	۰/۲۱۵	۰/۱۳۳	۰/۲۶۹	-۰/۰۳۳	۰/۰۶۰	-۰/۰۳۳
α-Terpinyl acetate	v	۰/۲۶۷	-۰/۶۹۳	۰/۳۳۳	۰/۰۶۰	-۰/۰۲۴	۰/۱۳۵	۰/۵۶۱
(*2*,*E*)-Undecanal	w	۰/۸۵۰	-۰/۲۶۴	۰/۲۲۱	۰/۲۰۳	۰/۲۰۱	۰/۱۲۲	-۰/۲۴۸
α-Ylangene	x	-۰/۶۰۷	۰/۳۲۲	۰/۵۰۶	-۰/۴۹۸	۰/۱۴۸	-۰/۰۳۳	-۰/۰۳۹
α-Copaene	y	۰/۶۶۶	۰/۶۰۳	۰/۰۱۳	۰/۲۰۲	-۰/۳۰۲	-۰/۲۴۵	-۰/۰۳۸
Z-Caryophyllene	z	۰/۷۶۹	۰/۵۷۳	-۰/۰۶۵	۰/۱۳۰	-۰/۱۳۹	-۰/۱۹۲	-۰/۰۶۰
E-Caryophyllene	aa	۰/۶۴۲	-۰/۳۲۷	-۰/۱۶۸	-۰/۴۴۰	۰/۴۳۱	-۰/۲۱۹	-۰/۱۶۰
Isoamyl benzoate	bb	۰/۲۷۱	۰/۷۱۸	۰/۰۳۴	۰/۶۲۵	-۰/۰۷۲	۰/۱۱۹	۰/۰۳۱
α-Humulene	cc	۰/۶۱۵	۰/۶۲۵	۰/۰۵۶	۰/۰۳۲	-۰/۲۶۷	-۰/۳۹۳	۰/۰۳۷
Geranyl acetone	dd	-۰/۶۳۴	۰/۵۶۵	۰/۰۳۸	۰/۲۳۹	۰/۴۵۷	-۰/۰۵۴	۰/۰۹۶
γ-Muurolene	ee	-۰/۴۷۱	-۰/۰۹۲	-۰/۷۸۳	-۰/۱۰۹	-۰/۳۴۳	۰/۱۶۲	۰/۰۴۱
α-Muurolene	ff	۰/۳۹۹	۰/۵۰۷	۰/۱۸۱	۰/۱۲۸	-۰/۶۳۴	۰/۲۵۱	-۰/۲۶۳
Selina-3,7(11)-diene	gg	۰/۷۵۴	۰/۲۲۲	-۰/۰۰۷	-۰/۲۷۵	-۰/۳۲۱	-۰/۴۲۴	۰/۱۵۸
Caryophyllenyl alcohol	hh	۰/۵۹۶	۰/۵۶۶	-۰/۱۳۶	-۰/۳۱۰	۰/۱۲۶	-۰/۲۷۱	۰/۳۴۷
Caryophyllene oxide	ii	-۰/۰۵۴	۰/۷۱۶	-۰/۱۸۱	۰/۲۹۶	-۰/۲۸۲	۰/۴۶۳	-۰/۲۶۶
Hexadecan	jj	۰/۷۸۴	۰/۳۰۷	-۰/۵۲۸	-۰/۰۵۴	۰/۰۲۵	۰/۰۶۲	-۰/۰۶۵
α-Eudesmol	kk	۰/۵۳۶	۰/۰۴۰	-۰/۶۶۸	-۰/۱۶۱	۰/۰۵۷	۰/۳۹۹	-۰/۲۷۶
epi-Cubenol	ll	۰/۴۲۴	۰/۶۷۵	۰/۱۷۱	۰/۲۴۳	-۰/۱۶۹	۰/۱۱۶	۰/۴۸۴
α-Cadinol	mm	-۰/۴۸۴	۰/۴۴۰	-۰/۵۲۱	-۰/۵۴۷	-۰/۰۲۵	۰/۰۲۰	۰/۰۱۳
Hydroxy caryophyllene	nn	۰/۰۵۱	۰/۳۴۳	-۰/۲۱۴	۰/۵۹۲	۰/۶۲۳	-۰/۳۰۰	-۰/۰۷۸
octadecane	oo	۰/۱۸۰	۰/۵۰۰	۰/۳۲۲	-۰/۰۳۱	۰/۵۴۷	۰/۵۲۸	۰/۱۸۴
Hexahydrofarnesyl acetone	pp	-۰/۴۶۶	-۰/۰۲۳	-۰/۶۹۵	-۰/۳۱۳	۰/۲۹۳	-۰/۳۳۹	-۰/۰۰۷
n-Nonadecane	qq	۰/۶۴۷	-۰/۲۰۵	-۰/۰۹۷	۰/۱۷۹	۰/۶۸۰	-۰/۱۰۵	-۰/۱۵۵
Cembrene A	rr	-۰/۰۳۵	-۰/۰۰۵	-۰/۸۲۹	-۰/۴۳۶	-۰/۲۱۸	-۰/۲۶۹	۰/۰۴۱
واریانس (٪)		۳۰/۹۵۹	۲۱/۱۸۴	۱۵/۶۷۸	۱۴/۲۳۸	۸/۳۴۴	۵/۸۶۴	۳/۷۳۴
واریانس تجمعی (٪)		۳۰/۹۵۹	۵۲/۱۴۲	۶۷/۸۲	۸۲/۰۵۸	۹۰/۴۰۳	۹۶/۲۶۶	۱۰۰

*: حروف این ستون بیانگر علائم اختصاری ترکیبات اسانس هستند (منبع: یافته‌های تحقیق)



شکل ۲. بای پلات جمعیت‌های سماق مورد مطالعه بر مبنای ترکیبات اسانس با استفاده از مؤلفه‌ای اصلی (اول و دوم) (منبع: یافته‌های تحقیق)

گروه‌بندی جمعیت‌ها به لحاظ میزان تشابهی که در مجموع ترکیبات شناسایی شده در اسانس داشتند، آن‌ها را در پنج گروه طبقه‌بندی کرد که می‌توان آن‌ها را کموتایپ‌های کارواکرول/(ای،ذ)-۲و۴-دکادینال (جمعیت دگاگا)، سمبرن آ/ان-نونانال (جمعیت کەس نەزان)، سمبرن آ/آلفاترپینولن (جمعیت پاوه)، ایزوبورنیل استات/سمبرن آ (جمعیت کانی‌گویز) و سمبرن آ/ذ-کاریوفیلن (جمعیت‌های زیویه، باخان، کماله و سماقلو) نامگذاری نمود (شکل ۳).



شکل ۳. تجزیه خوشه‌ای جمعیت‌های مطالعه‌شده براساس اجزای اسانس (منبع: یافته‌های تحقیق)

همبستگی بین ترکیبات اسانس با شرایط آب‌وهوایی،خاکی و جغرافیایی رویشگاه

همبستگی‌های قابل توجهی بین ویژگی‌های رویشگاه با ترکیبات اسانس به‌دست آمد که از جمله آن‌ها می‌توان به همبستگی مثبت و معنی‌دار ارتفاع از سطح دریا با میزان گاماترپینن (r=+۰/۷۹۶)، میانگین بارندگی سالیانه با میزان آلفاترپینولن (r=+۰/۸۲۴)، میانگین دمای سالیانه با محتوای ان-دکِنال (r=+۰/۷۳۳) و گاماموررولن (r=+۰/۷۴۹)، میزان آهک خاک با محتوای سیس اُسیمن (r=+۰/۷۲۵) و ژرانیل استون (r=+۰/۷۴۸)، هدایت الکتریکی خاک با میزان آلفاکوپائن (r=+۰/۷۸۰) و ایزوآمیل بنزوات (r=+۰/۸۵۶) و کاریوفیلن اُکساید (r=+۰/۷۵۳)، ظرفیت زراعی خاک با میزان هیدروکسی کاریوفیلن

(r=+۰/۸۷۸)، سیلت خاک با محتوای ایزوآمیل بنزوات (r=+۰/۷۳۷) و اپی‌کوبنول (r=+۰/۸۴۳)، پتاسیم خاک با میزان ترانس اُسیمن (r=+۰/۷۸۰)، و فسفر خاک با اپی‌کوبنول (r=+۰/۷۷۳) و اُکتادکان (r=+۰/۷۱۸) اشاره نمود. همچنین همبستگی‌های منفی معنی‌داری بین ارتفاع از سطح دریا با میزان آلفاترپینولن (r= −۰/۸۳۲)، میانگین دمای سالیانه با میزان گاماترپینن (r= −۰/۷۳۷)، میزان آهک خاک با محتوای بتاپینن (r= −۰/۷۰۹) و نونانیک اسید (r= −۰/۷۷۴)، شن خاک با میزان آلفا–ترپینئول (r= −۰/۷۸۱) و هیدروکسی کاریوفیلن (r= −۰/۷۸۹)، میزان رس با محتوای هگزنال (r= −۰/۷۳۲) و آلفاپینن (r= −۰/۷۱۶)، مواد آلی خاک با میزان آلفا–کادینول (r= −۰/۷۲۰)، و نیز بین میزان نیتروژن خاک با محتوای آلفا–کادینول (r= −۰/۷۹۹) و هگزاهیدروفارنسیل استون (r= −۰/۷۵۲) و سمبرن آ (r= −۰/۷۷۸) مشاهده گردید.

بحث

تنوع فیتوشیمیایی چشمگیری از نظر ترکیبات تشکیل دهنده اسانس میوه سماق در مطالعات مختلف گزارش شده است که می‌تواند به دلایل مختلفی از جمله ژنتیک جمعیت‌ها و شرایط آب‌وهوایی و خاکی رویشگاه‌ها (Giovanelli *et al*., 2017)، مرحله نموی برداشت، تر یا خشک بودن میوه‌ها، روش اسانس‌گیری، شرایط پس از استخراج اسانس و نیز شرایط آنالیز دستگاهی باشد. Morshedloo *et al*. 2018 ۵۷ ترکیب در اسانس میوه سماق جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران شناسایی کردند که در بین آن‌ها، کاریوفیلن، ان–نونانال، سمبرن، آلفاپینن، دکادینال و نونانیک اسید به‌عنوان ترکیبات غالب گزارش شدند. در پژوهشی Mojab *et al*. 2012 اسانس میوه سماق رویش‌یافته در شمال ایران (روستای آدران) را مورد بررسی قرار داده و ۵۴ ترکیب را شناسایی کردند که ترکیبات عمده اسانس شامل کاریوفیلن، سمبرن، دکادینال و آلفا ترپینئول بودند. ترکیبات غالب اسانس میوه سماق رویش‌یافته در سیسیلین ایتالیا، سمبرن، دکِنال و کاریوفیلن گزارش شده است (Giovanelli *et al*., 2017). سمبرن و بتاکاریوفیلن ترکیبات عمده اسانس میوه جمع‌آوری شده از کرمانشاه عنوان شده است (Zhaleh *et al*., 2018). در مطالعه‌ای که Gharaei *et al*. (2013) روی سماق رویش‌یافته در استان خراسان انجام دادند، ۲۱ ترکیب در اسانس میوه شناسایی نمودند که بتاکاریوفیلن و سمبرن به‌ترتیب بیش‌ترین مقدار را داشتند. از بین ۷۴ ترکیب موجود در اسانس میوه سماق رویش‌یافته در نابلوس (فلسطین)، آلفاپینن، نفتالن و اُسیمن ترکیبات عمده اسانس گزارش شده‌اند (Farag *et al*., 2018). سمبرن به‌عنوان یکی از اجزای اصلی اسانس میوه سماق در اغلب گزارشات بیان شده است و در همه جمعیت‌های مورد مطالعه پژوهش حاضر نیز به میزان بالایی وجود داشت. بیش‌ترین (۴۱/۲ درصد) و کم‌ترین (۱۳/۴ درصد) میزان سمبرن آ به‌ترتیب در اسانس جمعیت‌های پاوه و دگاگا مشاهده گردید (شکل ۱). سمبرن یک دی‌ترپن تک حلقه‌ای است که دارای خواص ضد تومور، ضد التهاب، ضد میکروب و ضد ویروس بوده و لذا میزان بالای آن در اسانس می‌تواند یکی از شاخصه‌های مهم کیفیت اسانس باشد (Abou El-Ezz *et al*., 2013; Liang & Guo, 2013; Hegazy *et al*., 2015). سماق پراکنش وسیعی در مناطق مختلف جهان دارد که بیانگر قدرت سازگاری بالای آن با اغلب شرایط اکولوژیکی است، و طبیعی است که یکی از راهکارهای ایجاد این سازگاری، تولید و تجمع ترکیبات مختلف در اندام‌های مختلف آن می‌باشد (Ghollasimod & Memarian, 2018; Rezaipor *et al*., 2014; Doroudi *et al*., 2010). همچنین براساس مطالعات انجام شده، سماق از تنوع ژنتیکی بالایی نیز برخوردار می‌باشد که می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور انتخاب و توسعه ژنوتیپ‌های برتر، مهم و قابل توجه باشد (Rawashdeh *et al*., 2009; Mohammadi *et al*., 2018). تجزیه به مؤلفه‌های اصلی یکی از راهکارهای کاهش صفات مؤثر در تفکیک جمعیت‌ها می‌باشد و صفاتی که بیش‌ترین اهمیت را در تفکیک جمعیت‌ها دارند، مشخص می‌کند (Fereidoonfar *et al*., 2018). مؤلفه‌هایی که درصد بیش‌تری از واریانس بین جمعیت‌ها را توجیه می‌نمایند، از اهمیت بالاتری برخوردار بوده و صفاتی که در این مؤلفه‌ها از ضریب واریانس بالاتری برخوردار هستند، نقش مؤثرتری در تمایز جمعیت‌ها ایفا می‌کنند (Khorshidi *et al*., 2016). در این پژوهش، انتخاب براساس مؤلفه اول منجر به انتخاب جمعیت‌هایی خواهد شد که دارای مقادیر بالایی از ترکیبات (ای،ای)–۲و۴–دکادینال، بتاپینن، (۲،ای)–آن‌دکانال و کامفن و مقادیر کمی از ترکیب سیس اُسیمن

می‌باشند که شامل جمعیت‌های زیویه، کماله، سماقلو و کانی‌گویز خواهند بود، در حالی‌که انتخاب براساس مؤلفه دوم منجر به گزینش جمعیت‌هایی خواهد شد که دارای بیش‌ترین مقادیر ترکیبات هگزنال و آلفاپینن می‌باشند که شامل جمعیت‌های زیویه، باخان و کەس نەزان خواهند بود.

کموتایپ‌های متفاوت در بین جمعیت‌های سماق مورد مطالعه امری طبیعی است که ناشی از پتانسیل ژنتیکی و شرایط اکولوژیکی متفاوت جمعیت‌ها می‌باشد. گیاهان برای سازگاری با شرایطی که در آن قرار دارند، تولید و تجمع یکسری از متابولیت‌های ثانویه را افزایش و برخی دیگر را کاهش می‌دهند، و همین امر موجب بوجود آمدن کموتایپ‌های مختلف در جمعیت‌های مختلف متعلق به یک گونه گیاهی خاص می‌گردد (Fejér *et al*., 2018). در مطالعه‌ای که Morshedloo *et al*. (2018) روی ترکیبات اسانس سماق‌های مناطق مختلف ایران انجام دادند، جمعیت‌های مورد مطالعه را به پنج کموتایپ مختلف کاریوفیلن، کاریوفیلن/آلفاپینن، کاریوفیلن/سمبرن، نونانیک اسید/سمبرن و ان–نونانال/دکادینال گروه‌بندی نمودند که تا حدودی متفاوت از نتایج پژوهش حاضر است که می‌تواند ناشی از تنوع ژنتیکی جمعیت‌ها و یا شرایط متفاوت رویشگاه جمعیت‌های مطالعه شده باشد (Figueiredo *et al*., 2008). معمولاً جمعیت‌های گیاهی که در رویشگاه‌های نزدیک به هم قرار دارند، به دلیل شباهت بیش‌تر به لحاظ شرایط آب‌وهوایی، از نظر فیتوشیمیایی نیز شباهت بیش‌تری به هم دارند (Moghaddam & Farhadi, 2015)، برخلاف این موضوع، نتایج پژوهش حاضر نشان داد که در جمعیت‌های مورد مطالعه سماق، تأثیر ژنتیک بر نوع و میزان ترکیبات تشکیل دهنده اسانس، بیش‌تر از تأثیر شرایط آب‌وهوایی بوده است.

ارزیابی همبستگی‌ها بین شرایط اکولوژیکی رویشگاه با ویژگی‌های فیتوشیمیایی گیاه، این امکان را فراهم می‌کند تا مناسب‌ترین شرایط جهت تولید بهینه متابولیت‌های ثانویه مدنظر شناخته شوند. این امر می‌تواند گام مهمی در راستای اهلی-سازی، اصلاح و توسعه کشت و کار یک گونه گیاهی باشد (Khorshidi *et al*., 2019). در این ارتباط مطالعاتی روی برخی گیاهان دارویی صورت گرفته است. در گیاه دارویی آنغوزه (*Ferula assa-foetida*) بین میزان ترکیبات گوگردی اسانس با ارتفاع از سطح دریا همبستگی منفی و با میانگین دمای سالیانه رویشگاه همبستگی مثبت مشاهده شده است (Moghaddam & Farhadi, 2015). ارزیابی همبستگی‌ها بین ترکیبات ۱و۸–سینئول و لینالول اسانس *Lavandula latifolia* با شرایط رویشگاه، نشان داد که تغییرات این دو جزء مهم اسانس تحت تأثیر شرایط رویشگاه کاملاً متفاوت است، به‌طوری‌که میزان ۱و۸–سینئول با افزایش هدایت الکتریکی، مواد آلی و نیتروژن خاک، افزایش و با افزایش ارتفاع از سطح دریا، کاهش نشان داد، درحالی‌که محتوای لینالول با کاهش هدایت الکتریکی، مواد آلی و نیتروژن خاک، افزایش و با افزایش ارتفاع از سطح دریا، افزایش یافت (Fernández-Sestelo & Carrillo, 2020). افزایش میزان لینالول و کاهش محتوای ۱و۸–سینئول تحت تأثیر افزایش دما و افزایش محتوای ۱و۸– سینئول با افزایش میزان بارندگی رویشگاه، در اسانس اسطوخودوس (*Lavandula angustifolia*) مشاهده شده است (Hassiotis *et al*., 2014). در گیاه لعل کوهستان (*Oliveria decumbens*)، بین میزان تیمول اسانس با فاکتورهای محیطی همبستگی معنی‌داری مشاهده نشده است، ولی میزان کارواکرول همبستگی مثبتی با میانگین دمای روزانه و همبستگی منفی با ارتفاع از سطح دریا نشان داده است (Ale Omrani Nejad *et al*., 2019). همبستگی مثبت تیمول با میانگین دمای روزانه رویشگاه و پتاسیم، مواد آلی و شن خاک، و همبستگی منفی آن با ارتفاع از سطح دریا و میزان سیلت و رس خاک در گیاه آویشن آذربایجانی (*Thymus migricus*) گزارش شده است. همچنین، در این گیاه بین میزان گاماترپینن با ارتفاع از سطح دریا و فسفر و شن خاک، همبستگی مثبت و با میانگین دمای روزانه رویشگاه و سیلت و رس خاک همبستگی منفی، بین میزان پ–سیمن با میانگین دمای روزانه، پتاسیم، شن و مواد آلی خاک همبستگی مثبت و با سیلت و رس خاک همبستگی منفی مشاهده شده است (Yavari *et al*., 2010). بر خلاف نتایج مطالعه Yavari *et al*. (2010)، در گیاه آویشن شیرازی (*Zataria multiflora* Boiss.)، بین محتوای تیمول اسانس با میزان شن خاک همبستگی منفی و با میزان رس، همبستگی مثبت گزارش شده است (Karimi *et al*., 2020). تناقض مشاهده شده در همبستگی‌های بین فاکتورهای محیطی با ترکیبات تشکیل دهنده اسانس، می‌تواند به دلیل تفاوت در گونه گیاهی مورد مطالعه باشد، چراکه گیاهان مختلف برای سازگاری با شرایطی که در آن قرار دارند، مکانیسم‌های متفاوتی اعمال می‌کنند. مکانیسم افزایش یا کاهش اجزای تشکیل

دهنده اسانس در واکنش به تغییرات فاکتورهای محیطی به‌خوبی روشن نیست و در اغلب مطالعات انجام شده در این زمینه تنها به بیان افزایش یا کاهش این ترکیبات اکتفا شده است، لذا نیاز به تحقیقات عمیق‌تری در این ارتباط می‌باشد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

تعداد، نوع و میزان ترکیبات تشکیل دهنده اسانس در جمعیت‌های مطالعه شده سماق تا حدود زیادی با هم متفاوت بود، که می‌تواند به دلیل ژنتیک جمعیت‌ها و یا تأثیر فاکتورهای محیطی باشد. در مجموع، تعداد ۴۴ ترکیب در اسانس میوه جمعیت‌های سماق مورد مطالعه شناسایی شد که از بین آن‌ها ترکیبات (ای،ای)-۲و۴-دکادینال، بتاپینن، (۲،ای)-آن‌دکانال و کامفن با ضرایب عددی مثبت و بالا و ترکیب سیس اُسیمن با ضریب عددی بالا و منفی در مؤلفه اول، مهم‌ترین ترکیبات در تفکیک جمعیت‌ها بودند. از آنجا که میزان تشابه جمعیت‌ها به لحاظ ترکیبات تشکیل دهنده اسانس، ارتباط نزدیکی با فاصله جغرافیایی جمعیت‌ها نداشت، می‌توان نتیجه گرفت که تنوع فیتوشیمیایی اسانس جمعیت‌های مورد مطالعه بیش‌تر تحت تأثیر ژنتیک بوده است. تعیین و معرفی جمعیت برتر، بستگی به نوع ترکیب هدف دارد. چنانچه سمبرن که یکی از مهم‌ترین ترکیبات اسانس سماق است، ترکیب هدف باشد، جمعیت پاوه را می‌توان به عنوان جمعیت برتر معرفی نمود. بین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس با خصوصیات جغرافیایی، آب‌وهوایی و خاکی رویشگاه‌ها، همبستگی‌های قابل توجهی مشاهده گردید. از این همبستگی-ها می‌توان در تعیین محیط کشت ثانویه سماق به هنگام اهلی‌سازی آن بهره گرفت تا به مطلوب‌ترین کیفیت اسانس دست یافت.

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین اجزای اسانس با شرایط آب‌وهوایی، خاکی و جغرافیایی رویشگاه

	α-Terpinyl acetate	(E,E)-2,4-Decadienal	Carvacrol	(E,Z)-2,4-Decadienal	Isobornyl acetate	Nonanoic acid	2-Decanal	n-Decanal	α -Terpineol	trans-Pinocamphone	n-Nonanal	α-Terpinolene	γ-Terpinene	trans-Ocimene	cis-Ocimene	Limonene	p-Cymene	β-Myrcene	β-Pinene	Camphene	α-Pinene	Hexenal
ارتفاع از سطح دریا	-۰/۱۴	۰/۱۷	-۰/۰۷	-۰/۰۱	۰/۱۶	۰/۵۱	-۰/۱۲	-۰/۶۶	-۰/۶۷	۰/۴۴	۰/۴۳	-۰/۸۳۲*	۰/۷۹۶*	-۰/۰۲	-۰/۰۸	-۰/۵۱	۰/۳۷	-۰/۰۷	۰/۴۹	۰/۳۴	۰/۲۰	۰/۲۰
شیب	۰/۵۷	-۰/۱۰	۰/۴۲	۰/۳۹	-۰/۱۶	-۰/۲۳	-۰/۴۰	-۰/۱۳	۰/۰۹	۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۲۶	-۰/۱۷	۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۴۲	-۰/۳۴	-۰/۰۶	۰/۱۶	۰/۱۲
میانگین بارندگی سالیانه	۰/۴۳	-۰/۰۱	۰/۲۶	۰/۲۴	۰/۰۷	-۰/۲۴	۰/۲۳	۰/۴۸	۰/۵۶	-۰/۵۵	-۰/۵۵	۰/۸۲۴*	-۰/۷۰	۰/۱۷	-۰/۱۷	۰/۵۴	-۰/۳۸	۰/۲۶	-۰/۲۶	-۰/۱۸	-۰/۳۴	-۰/۳۴
میانگین دمای سالیانه	۰/۰۳	-۰/۲۰	۰/۱۳	۰/۰۹	-۰/۴۸	-۰/۵۸	۰/۰۹	۰/۷۳۳*	۰/۳۷	-۰/۴۵	-۰/۴۲	۰/۶۲	-۰/۷۳۷*	-۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۱۶	-۰/۳۲	۰/۱۲	-۰/۴۴	-۰/۳۶	-۰/۱۶	-۰/۱۲
ظرفیت زراعی	-۰/۴۲	۰/۲۱	-۰/۲۲	-۰/۱۷	-۰/۳۳	۰/۳۶	-۰/۲۲	-۰/۲۴	۰/۵۸	-۰/۱۹	-۰/۲۱	۰/۱۲	-۰/۲۶	-۰/۴۱	-۰/۲۴	۰/۵۹	-۰/۳۲	-۰/۲۲	-۰/۰۳	-۰/۱۴	۰/۰۶	۰/۰۳
رطوبت اشباع	۰/۱۳	-۰/۰۲	-۰/۳۸	-۰/۴۱	۰/۳۰	-۰/۵۰	۰/۳۳	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۰۲	۰/۰۵	۰/۱۶	۰/۰۳	۰/۵۶	۰/۲۰	-۰/۰۱	-۰/۱۸	-۰/۳۸	-۰/۱۹	۰/۲۰	۰/۰۸	۰/۰۷
اسیدیته	-۰/۳۰	۰/۳۳	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۸	۰/۱۱	-۰/۱۴	-۰/۱۹	۰/۳۹	۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۰۹	-۰/۱۹	-۰/۲۲	۰/۴۸	۰/۰۰	۰/۰۵	-۰/۰۵	-۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۵۲
هدایت الکتریکی	-۰/۴۴	۰/۴۳	-۰/۲۴	-۰/۱۴	-۰/۶۹	-۰/۲۲	-۰/۱۰	۰/۰۱	۰/۴۸	-۰/۳۸	-۰/۳۱	۰/۱۲	-۰/۲۴	-۰/۱۳	-۰/۱۶	۰/۳۴	-۰/۴۴	-۰/۲۵	-۰/۲۰	-۰/۱۲	۰/۴۷	۰/۵۵
آهک	-۰/۲۷	-۰/۳۷	-۰/۴۲	-۰/۵۱	-۰/۳۷	-۰/۷۷۴*	-۰/۵۴	۰/۰۱	۰/۲۸	۰/۶۳	۰/۷۰	-۰/۰۴	۰/۰۵	-۰/۲۵	-۰/۳۷	۰/۱۸	۰/۴۰	-۰/۴۲	-۰/۷۰۹*	-۰/۱۸	۰/۶۶	۰/۶۰
مواد آلی	۰/۳۳	۰/۰۳	۰/۶۵	۰/۶۵	۰/۵۷	۰/۵۲	-۰/۱۱	-۰/۱۴	۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۱۶	۰/۳۸	-۰/۱۱	-۰/۲۵	-۰/۳۷	۰/۴۳	۰/۲۳	۰/۶۵	۰/۱۶	-۰/۲۵	-۰/۲۰	-۰/۲۳
نیتروژن	۰/۱۴	۰/۴۸	۰/۵۳	۰/۶۳	۰/۴۱	۰/۴۹	-۰/۰۳	-۰/۳۴	-۰/۰۱	-۰/۲۰	-۰/۲۴	۰/۱۳	۰/۱۷	-۰/۱۰	-۰/۵۵	۰/۳۰	۰/۰۷	۰/۵۲	۰/۳۱	-۰/۱۰	۰/۲۰	۰/۲۵
پتاسیم قابل جذب	۰/۳۴	۰/۳۶	-۰/۱۷	-۰/۱۱	۰/۵۰	-۰/۰۸	۰/۶۸	۰/۰۳	-۰/۲۴	-۰/۲۷	-۰/۲۳	-۰/۱۳	۰/۳۳	۰/۷۸۰*	-۰/۲۴	-۰/۳۹	-۰/۳۳	-۰/۱۷	۰/۳۶	۰/۵۲	-۰/۱۱	-۰/۰۴
فسفر قابل جذب	۰/۱۸	۰/۴۴	-۰/۴۳	-۰/۳۶	۰/۰۲	-۰/۲۰	۰/۲۶	-۰/۱۹	۰/۴۰	-۰/۲۶	-۰/۱۷	-۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۶۷	-۰/۱۸	۰/۳۱	-۰/۴۳	-۰/۴۳	-۰/۰۳	۰/۴۴	۰/۲۰	۰/۲۲
شن	۰/۱۶	-۰/۳۰	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۴۰	-۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۰۱	-۰/۷۸۱*	۰/۵۱	۰/۴۷	-۰/۳۷	۰/۵۰	-۰/۰۱	۰/۲۷	-۰/۶۶	۰/۶۵	۰/۳۴	۰/۱۵	-۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۷
رس	-۰/۰۴	-۰/۲۰	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۶	۰/۴۱	۰/۲۹	۰/۲۳	-۰/۱۷	-۰/۲۳	-۰/۳۰	۰/۰۰	-۰/۲۲	-۰/۲۵	-۰/۱۴	-۰/۲۶	-۰/۲۴	۰/۰۵	۰/۳۱	۰/۰۰	-۰/۷۱۶*	-۰/۷۳۲*
سیلت	-۰/۰۶	۰/۳۵	-۰/۲۳	-۰/۱۷	-۰/۲۹	-۰/۳۴	-۰/۲۲	-۰/۲۰	۰/۵۹	-۰/۰۹	۰/۰۰	۰/۲۱	-۰/۰۹	۰/۲۳	-۰/۰۳	۰/۶۱	-۰/۱۶	-۰/۲۳	-۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۵۹	۰/۶۰

	Cembrene A	n-Nonadecane	Hexahydrofarnesyl acetone	octadecane	Hydroxy caryophyllene	α -Cadinol	*epi*-Cubenol	α-Eudesmol	Hexadecan	Caryophyllene oxide	Caryophyllenyl alcohol	Selina-3,7(11)-diene	α-Muurolene	γ-Muurolene	Geranyl acetone	α-Humulene	Isoamyl benzoate	E-Caryophyllene	Z-Caryophyllene	α-Copaene	α-Ylangene	(2,E)-Undecanal
ارتفاع از سطح دریا	-۰/۱۵	۰/۱۱	-۰/۲۱	-۰/۰۱	-۰/۲۶	-۰/۱۰	-۰/۱۶	-۰/۱۵	-۰/۰۳	-۰/۲۶	۰/۲۱	۰/۴۲	۰/۲۱	-۰/۵۷	-۰/۲۶	۰/۳۳	-۰/۲۵	۰/۴۴	۰/۲۲	۰/۲۱	۰/۴۴	۰/۲۹
شیب	-۰/۴۵	-۰/۲۹	-۰/۳۱	۰/۲۰	-۰/۰۱	-۰/۲۹	۰/۴۴	-۰/۷۰	-۰/۴۹	-۰/۱۹	-۰/۰۳	-۰/۱۲	-۰/۱۷	-۰/۲۲	۰/۲۸	-۰/۰۷	۰/۱۶	-۰/۵۰	-۰/۲۲	-۰/۱۱	۰/۱۶	-۰/۲۴
میانگین بارندگی سالیانه	-۰/۰۵	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۲۵	-۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۵	-۰/۲۳	-۰/۳۷	-۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۱۰	-۰/۳۵	۰/۲۱	-۰/۲۹	-۰/۲۲	-۰/۲۲	-۰/۵۵	-۰/۰۲
میانگین دمای سالیانه	۰/۴۰	-۰/۴۹	۰/۱۷	-۰/۳۷	-۰/۱۰	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۳۵	-۰/۱۷	-۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۷۴۹*	۰/۰۱	-۰/۰۹	۰/۲۱	-۰/۵۷	-۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۴۲	-۰/۴۵
ظرفیت زراعی	۰/۱۱	۰/۵۶	۰/۳۵	-۰/۰۷	۰/۸۷۸**	-۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۳۰	-۰/۰۵	۰/۳۲	۰/۱۷	-۰/۲۲	-۰/۲۲	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۳۳	۰/۲۸	۰/۴۰	۰/۳۶	-۰/۲۲	۰/۱۵
رطوبت اشباع	-۰/۰۶	-۰/۰۷	-۰/۰۶	۰/۶۵	-۰/۱۴	۰/۲۶	۰/۲۷	۰/۳۹	۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۰۴	-۰/۳۴	۰/۰۲	۰/۲۵	۰/۱۶	-۰/۳۲	۰/۱۳	-۰/۱۶	-۰/۱۶	-۰/۲۴	۰/۰۲	-۰/۰۸
اسیدیته	-۰/۶۷	-۰/۴۷	۰/۲۷	۰/۴۷	۰/۴۳	-۰/۳۷	۰/۱۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۵۶	-۰/۳۰	-۰/۳۹	۰/۳۷	-۰/۳۸	۰/۲۹	-۰/۰۲	۰/۵۶	-۰/۲۲	۰/۱۷	۰/۱۵	-۰/۰۳	۰/۴۰
هدایت الکتریکی	۰/۱۰	-۰/۲۱	-۰/۲۰	۰/۰۰	۰/۳۱	۰/۰۷	۰/۷۰	۰/۱۶	۰/۴۴	۰/۷۵۳*	۰/۳۵	۰/۳۴	۰/۷۱	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۶۹	-۰/۸۵۶**	-۰/۴۶	۰/۶۹	۰/۷۸۰*	-۰/۳۴	-۰/۰۸
آهک	-۰/۱۲	-۰/۴۹	۰/۱۳	۰/۵۹	۰/۰۴	۰/۵۶	۰/۴۰	-۰/۳۱	-۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۱۸	-۰/۳۱	-۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۷۴۸*	-۰/۰۶	۰/۲۵	-۰/۵۵	-۰/۱۷	-۰/۱۳	۰/۶۷	-۰/۶۵
مواد آلی	-۰/۶۳	۰/۴۹	-۰/۲۶	-۰/۰۳	۰/۳۲	-۰/۷۲۰*	-۰/۴۴	-۰/۲۹	-۰/۴۰	-۰/۳۸	-۰/۵۸	-۰/۴۴	-۰/۳۵	-۰/۴۷	۰/۰۰	-۰/۴۳	-۰/۱۳	۰/۱۳	-۰/۳۳	-۰/۳۵	-۰/۱۲	۰/۴۷
نیتروژن	-۰/۷۷۸*	۰/۲۹	-۰/۷۵۲*	۰/۱۳	۰/۱۶	-۰/۷۹۹*	۰/۰۴	-۰/۱۲	-۰/۱۱	۰/۱۸	-۰/۴۰	-۰/۱۴	۰/۴۰	-۰/۵۸	-۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۳۶	-۰/۱۰	۰/۱۶	۰/۲۰	-۰/۲۲	۰/۶۴
پتاسیم قابل جذب	-۰/۰۹	۰/۰۰	-۰/۴۶	۰/۴۲	-۰/۴۹	-۰/۰۹	۰/۳۰	۰/۵۵	۰/۳۶	۰/۳۶	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۴۰	۰/۰۷	-۰/۴۵	-۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۶	۰/۱۱	۰/۰۴	-۰/۲۶	۰/۳۴
فسفر قابل جذب	-۰/۱۶	۰/۱۷	-۰/۲۶	۰/۷۱۸*	۰/۲۳	-۰/۰۱	۰/۷۷۳*	۰/۲۸	۰/۴۴	۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۱۳	۰/۱۸	-۰/۱۰	۰/۱۹	۰/۲۵	۰/۵۶	-۰/۰۹	۰/۳۷	۰/۳۱	-۰/۲۲	۰/۱۴
شن	-۰/۲۵	-۰/۴۳	-۰/۳۱	-۰/۱۰	-۰/۷۸۹*	-۰/۰۴	-۰/۴۱	-۰/۲۳	-۰/۵۰	-۰/۱۲	-۰/۴۹	-۰/۱۹	۰/۱۷	-۰/۰۸	-۰/۳۳	-۰/۳۶	-۰/۵۲	-۰/۰۸	-۰/۴۴	-۰/۳۹	۰/۵۱	-۰/۰۴
رس	۰/۶۲	۰/۳۵	۰/۶۲	-۰/۶۸	۰/۰۴	۰/۱۰	-۰/۶۹	۰/۲۴	۰/۱۵	۰/۵۹	-۰/۰۴	۰/۱۷	-۰/۵۰	۰/۲۶	-۰/۳۷	-۰/۱۳	-۰/۶۲	۰/۶۴	-۰/۱۳	-۰/۲۱	-۰/۲۸	۰/۰۷
سیلت	-۰/۴۰	-۰/۰۶	-۰/۳۷	۰/۶۶	۰/۴۱	-۰/۰۷	۰/۸۴۳**	-۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۵۹	۰/۳۱	-۰/۰۵	۰/۳۴	-۰/۱۹	۰/۵۱	۰/۳۲	۰/۸۳۷**	-۰/۵۲	۰/۳۷	۰/۴۰	-۰/۰۴	-۰/۰۴

منابع

احمدیان عطاری، محمد مهدی؛ امین، غلامرضا؛ فاضلی، محمدرضا و جمالی‌فر، حسین (۱۳۸۶). مروری بر اثرات ضدمیکروبی میوه سماق (*Rhus coriaria* L.). *فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان دارویی*، ۷(۲۵)، ۱-۱۱.

پارسانیا، مسعود؛ رضایی، محمدباقر؛ منوری، سید حمیدرضا؛ جایمند، کامکار؛ موسوی جزایری، سید میلاد؛ رزازیان، مهدی و نجارها، محمد حسین (۱۳۹۶). بررسی اثرات ضد ویروسی عصاره میوه سماق (*Rhus coriaria* L.) بر ویروس هرپس سیمپلکس تیپ یک مقاوم به آسیکلوویر. *فصلنامه علوم پزشکی دانشگاه آزاد اسلامی تهران*، ۲۷(۱)، ۱-۸.

ثابتی، حبیب‌الله (۱۳۸۷). *جنگلها، درختان و درختچه‌های ایران*، چاپ پنجم. انتشارات دانشگاه یزد.

خورشیدی، جلال؛ شکرپور، مجید و ناظری، وحیده (۱۳۹۴). ارزیابی پاسخ به تنش کم‌آبی در اکوتیپ‌های مختلف آویشن دنایی (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) با استفاده از شاخص‌های تحمل تنش. *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۴۶(۴)، ۵۶۳-۵۷۳.

خورشیدی، جلال؛ شکرپور، مجید و ناظری، وحیده (۱۳۹۸). تأثیر برخی از شرایط اقلیمی و خاکی بر کمیت و کیفیت اسانس اکوتیپ‌های مختلف آویشن دنایی (*Thymus daenensis* Celak subsp. *daenensis*). *نشریه علوم باغبانی ایران*، ۵۰(۱)، ۱۳-۲۳.

درودی، هادی؛ اکبری‌نیا، مسلم؛ جلالی، سیدغلامعلی و خسروجردی، ابراهیم (۱۳۸۹). تأثیر برخی از عوامل فیزیوگرافی رویشگاهها رویخصوصیات رویشی سماق در دامنه‌های جنوبی رشته کوههای بینالود (نیشابور). *زیست‌شناسی ایران*، ۲۳(۲)، ۲۸۷-۲۹۸.

رضائی‌پور، محمد؛ جهانی، حسن؛ حسینی، سید محسن؛ میرزایی، جواد و جعفری، قدرت (۱۳۹۲). بررسی اکولوژیکی درختچه سماق در غرب ایران. *پژوهشهای گیاهی (زیست شناسی ایران)*، ۲۶(۴)، ۴۴۴-۴۵۲.

قاسم‌پور، صابر؛ علیجانپور، احمد و بانج شفیعی، عباس (۱۳۹۵). ویژگی‌های رویشی و خاک توده‌های طبیعی سماق (*Rhus coriaria* L.) در شهرستان ارومیه. *تحقیقات جنگل و صنوبر ایران*، ۲۴(۲)، ۳۳۲-۳۴۳.

قلاسی مود، شعله و معماریان، هادی (۱۳۹۷). بررسی ادافیکی رویشگاه سماق و رابطه آن با تنوع زیستی (مطالعه موردی: رویشگاه بیدسکان فردوس–خراسان جنوبی). *مجله مهندسی اکوسیستم بیابان*، ۷(۱۹)، ۱۷–۳۲.

گلشنی، یوسف؛ محمدی، سعید و گلشنی، مجید (۱۳۹۸). بررسی اثرات اسانس سماق بر افسردگی و اضطراب در موش‌های صحرایی نر. *فیض*، ۲۳(۵)، ۴۷۶–۴۸۴.

مجاب، فراز؛ عبدی، خسرو و نظرنیا، علیرضا (۱۳۹۱). بررسی مواد تشکیل دهنده‌ی اسانس دانه‌ها و برگ .*Rhus coriaria* L. *فصلنامه علمی پژوهشی گیاهان دارویی*، ۱۱(۴۴)، ۵۵–۶۱.

محمدی آلاگوز، رسول؛ درویش‌زاده، رضا؛ علیجانپور، احمد و رازی، میترا (۱۳۹۹). ارزیابی تنوع مورفولوژیکی جمعیت های سماق (*Rhus coriaria*) در ارتباط با متغیرهای محیطی با استفاده از تحلیل همبستگی کانونی. *پژوهش و توسعه جنگل*، ۶(۴)، ۶۲۷–۶۴۳.

محمدی آلاگوز، رسول؛ درویش‌زاده، رضا؛ علیجانپور، احمد؛ حاتمی ملکی، حمید و ابراهیمی، راحله (۱۳۹۷). شناسایی نشانگرهای DNA مرتبط با ویژگی های فیتوشیمیایی میوه سماق (*Rhus coriaria* L.). بیوتکنولوژی کشاورزی، ۱۰(۲)، ۱۳۰–۱۴۲.

REFERENCES

Abou El-Ezz, R. F., Ahmed, S. A., Radwan, M. M., Ayoub, N. A., Afifi, M. S., Ross, S. A., Szymanski, P. T., Fahmy, H., & Khalifa, Sh.L. (2013). Bioactive cembranoids from the Red Sea soft coral *Sarcophyton glaucum*. *Tetrahedron Letters*, 54(8), 989-992.

Abu-Reidah, I. M., Jamous, R. M., & Ali-Shtayeh, M. S. (2014). Phytochemistry, pharmacological properties and industrial applications of *Rhus coriaria* L. (sumac). *Jordan Journal of Biological Sciences*, 7(4), 233-244.

Adams, R. P. (2007). *Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry*. Allured Publishing Corporation. United States.

Adwan, Gh. M., Abu-Shanab, B. A., & Adwan, K. M. (2009). In vitro activity of certain drugs in combination with plant extracts against *Staphylococcus aureus* infections. *African Journal of Biotechnology*, 8(17), 4239-4241.

Ahmadian-Attari, M., Amin, G., Fazeli, M., & Jamalifar, H. (2008). A Review on antimicrobial activities of sumac fruit (*Rhus coriaria* L.). *Journal of Medicinal Plants*, 7(25), 1-11. (In Persian).

Ale Omrani Nejad, S. M. H., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A., Abdossi, V., & Khalighi-Sigaroodi, F. (2019). The impact of macro environmental factors on essential oils of *Oliveria decumbens* Vent. from different regions of Iran. *Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products*, 14(2), e59456.

Anwer, T., Sharma, M., Khan, G., Iqbal, M., Ali, M. S., Alam, M. S., Safhi, M. M., & Gupta, N. (2013). *Rhus coriaria* ameliorates insulin resistance in non-insulin-dependent diabetes mellitus (NIDDM) rats. *Acta Poloniae Pharmaceutica*, 70(5), 861-867.

Bahar, B., & Altug, T. (2009). Flavour characterization of sumach (*Rhus coriaria* L.) by means of GC/MS and sensory flavour profile analysis techniques. *International Journal of Food Properties*, 12, 379-387.

Bozan, B., Kosar, M., Tunalier, Z., Ozturk, N., & Baser, K. H. (2003). Antioxidant and free radical scavenging activities of *Rhus coriaria* and *Cinnamomum cassia* extracts. *Acta Alimentaria*, 32(1), 53-61.

Bursal, E., & Köksal, E. (2011). Evaluation of reducing power and radical scavenging activities of water and ethanol extracts from sumac (*Rhus coriaria* L.). *Food Research International*, 44(7), 2217-2221.

Daniel, M. (2006). *Medicinal plants: chemistry and properties*. CRC Press.

Demchik, S., Rajangam, A., Hall, J., & Singsaas, E. (2015). Fatty acids, carbohydrates and total proteins of wild sumac (*Rhus typhina* L.) drupes from the upper midwest of the United States. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 3, 30-34.

Dogan, M., & Akgul, A. (2005). Characteristics and fatty acid compositions of *Rhus coriaria* cultivars from South East Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 41, 724-725.

Doroudi, H., Akbarinia, M., Jalali, S. Gh., & Khosrojerdi, E. (2010). Effect of some physiographic factors of sumac habitats on ecological characteristics of sumac in Binalood mountains. *Iranian Journal of Biology*, 23(2), 287-298. (In Persian).

Ertürk, Ö. (2010). Antibacterial and antifungal effects of alcoholic extracts of 41 medicinal plants growing in Turkey. *Czech Journal of Food Sciences*, 28(1), 53-60.

Falzari, L. M., Menary, R. C., & Dragar, V. A. (2006). Optimum stand density for maximum essential oil yield in commercial fennel crops. *HortScience*, 41(3), 646-650.

Farag, M. A., Fayek, N. M., & Abou Reidah, I. (2018). Volatile profiling in *Rhus coriaria* fruit (sumac) from three different geographical origins and upon roasting as analyzed via solid-phase microextraction. *Peerj*, 6, e5121.

Fazeli, M. R., Amin, Gh., Ahmadian Attari, M. M., Ashtiani, H., Jamalifar, H., & Samadi, N. (2007). Antimicrobial activities of Iranian sumac and avishan-e shirazi (*Zataria multiflora*) against some food-borne bacteria. *Food Control*, 18(6), 646-649.

Fejér, J., Grulová, D., Eliašová, A., Kron, I., & De Feo, V. (2018). Influence of environmental factors on content and composition of essential oil from common juniper ripe berry cones (*Juniperus communis* L.). *Plant Biosystems*, 152(6), 1227-1235.

Fereidoonfar, H., Salehi-Arjmand, H., Khadivi, A., & Akramian, M. (2018). Morphological variability of sumac (*Rhus coriaria* L.) germplasm using multivariate analysis. *Industrial Crops & Products*, 120, 162-170.

Fereidoonfar, H., Salehi-Arjmand, H., Khadivi, A., Akramian, M., & Safdari, L. (2019). Chemical variation and antioxidant capacity of sumac (*Rhus coriaria* L.). *Industrial Crops & Products*, 139, 111518.

Fernández-Sestelo, M., & Carillo, J. M. (2020). Environmental effects on yield and composition of essential oil in wild populations of spike lavender (*Lavandula latifolia* Medik.). *Agriculture*, 10(12), 626-643.

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

Gabr, S. A., & Alghadir, A. H. (2021). Potential anticancer activities of *Rhus coriaria* (sumac) extract against human cancer cell lines. *Bioscience Reports*, 41(5):BSR20204384.

Gharaei, A., Khajeh, M., Ghaffari, M., & Choopani, A. (2013). Iranian *Rhus coriaria* (sumac) essential oils extraction. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 16(2), 270-273.

Ghasempour, S., Alijanpour, A., & Banj Shafiei, A. (2016). Growth and soil characteristics of sumac (*Rhus coriaria* L.) natural stands in Urmia. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 24(2), 332-343. (In Persian).

Ghollasimod, Sh., & Memarian, H. (2018). Edaphically investigation of the sumac habitat and its relationship with biological diversity (Case study: Bideskan habitat, Ferdows, Southeastern Khorasan, Iran). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 7(19), 17-32. (In Persian).

Giovanelli, S., Giusti, G., Cioni, P. L., Minissale, P., Ciccarelli, D., & Pistelli, L. (2017). Aroma profile and essential oil composition of *Rhus coriaria* fruits from four Sicilian sites of collection. *Industrial Crops & Products*, 97, 166-174.

Golshani, Y., Mohammadi, S., & Golshani, M. (2019). Effects of *Rhus coriaria* essential oil on depression and anxiety in male rats. *Feyz*, 23(5), 475-484. (In Persian).

Hajmohammadi, Z., Shams, M., Zibainejad, M. J., Nimrouzi, M., Fardidi, P., & Heydari, M. (2016). *Rhus coriaria* L. (sumac) in patients with hyperlipidemia: a double blind randomized clinical trial. *Iranian Journal of Medical Sciences*, 41(3), S10.

Hassiotis, C. N., Ntana, F., Lazari, D. M., Poulios, S., & Vlachonasios, K. E. (2014). Environmental and developmental factors affect essential oil production and quality of *Lavandula angustifolia* during flowering period. *Industrial Crops and Products*, 62, 359-366.

Hegazy, M. E. F., Mohamed, T. A., Alhammady, M. A., Shaheen, A. M., Reda, E. H., Elshamy, A. I., Aziz, M., & Paré, P.W. (2015). Molecular architecture and biomedical leads of terpenes from Red Sea marine invertebrate. *Marine Drugs*, 13(5), 3154-3181.

Karimi, A., Krähmer, A., Herwig, N., Schulz, H., Hadian, J., & Meiners, T. (2020). Variation of secondary metabolite profile of *Zataria multiflora* Boiss. populations linked to geographic, climatic, and edaphic factors. *Frontiers of Plant Science*, 11, 1-15.

Khorshidi, J., Morshedloo, M. R., & Moradi, Sh. (2020). Essential oil composition of three Iranian *Hypericum* species collected from different habitat conditions. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 28, 101755.

Khorshidi, J., Shokrpour, M., & Nazeri, V. (2016). Evaluation of response to water deficit stress in *Thymus daenensis* subsp. *daenensis* using stress tolerance indices. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 46(4), 563-573. (In Persian).

Khorshidi, J., Shokrpour, M., & Nazeri, V. (2019). Influence of some climatic and soil conditions on essential oil quantity and quality of different *Thymus daenensis* Celak subsp. *daenensis* ecotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 50(1), 13-23. (In Persian).

Kizil, S., & Turk, M. (2010). Microelement contents and fatty acid compositions of *Rhus coriaria* L. and *Pistacia terebinthus* L. fruits spread commonly in the south eastern Anatolia region of Turkey. *Natural Product Research*, 24(1), 92-98.

Kosar, M., Bozan, B., Temelli, F., & Baser, K. H. C. (2007). Antioxidant activity and phenolic composition of sumac (*Rhus coriaria* L.) extracts. *Food Chemistry*, 103(3), 952-959.

Kossah, R., Nsabimana, C., Zhang, H., & Chen, W. (2010). Optimization of extraction of polyphenols from Syrian sumac (*Rhus coriaria* L.) and Chinese sumac (*Rhus typhina* L.) fruits. *Research Journal of Phytochemistry*, 4(3), 146-153.

Liang, L. F., & Guo, Y. W. (2013). Terpenes from the soft corals of the genus *Sarcophyton*: chemistry and biological activities. *Chemistry & Biodiversity*, 10(12), 2161-2196.

Matthaus, B., & Özcan, M. M. (2015). Fatty acid composition, tocopherol, and sterol contents of sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit oils. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(8), 1301-1302.

Moghaddam, M., & Farhadi, N. (2015). Influence of environmental and genetic factors on resin yield, essential oil content and chemical composition of *Ferula assa-foetida* L. populations. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(3), 69-76.

Mohammadi Alaghoz, A., Darvishzadeh, R., Alijanpour, A., & Razi, M. (2021). Assessment of relationship between morphological variability in sumac population and environmental variants by canonical correlation analysis. *Journal of Forest Research and Development*, 6(4), 627-643. (In Persian).

Mohammadi, R., Darvishzadeh, R., Alijanpour, A., Hatami-Maleki, H., & Ebrahimi, R. (2018). Identification of DNA markers related to phytochemical characteristics in Sumac (*Rhus coriaria* L.) fruits. *Agricultural Biotechnology Journal*, 10(2), 130-142. (In Persian).

Mohammadi, S., Montasser Kouhsari, S., & Monavar Feshani, A. (2010). Antidiabetic properties of the ethanolic extract of *Rhus coriaria* fruits in rats. *Daru*, 18(4), 270-275.

Mohammadi, S., Zarei, M., Zarei, M. M., & Salehi, I. (2016). Effect of hydroalcoholic leaves extract of *Rhus coriaria* on pain in male rats. *Anesthesia and Pain Medicine*, 6(1), e32128.

Mojab, F., Abdi, K., & Nazarnia, A. (2012). Chemical components of the essential oil from fruits and leaves of *Rhus coriaria*. *Journal of Medicinal Plants*, 11(44): 55-61. (In Persian).

Morshedloo, M. R., Maggi, F., Tavakoli Neko, H., & Soleimani Aghdam, M. (2018). Sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit: Essential oil variability in Iranian populations. *Industrial Crops & Products*, 111, 1-7.

Morshedloo, M. R., Salami, S. A., Nazeri, V., Maggi, F., & Craker, L. (2018). Essential oil profile of oregano (*Origanum vulgare* L.) populations grown under similar soil and climate conditions. *Industrial Crops and Products*, 119, 183-190.

Nasar-Abbas, S. M., & Halkman, A. K. (2004). Antimicrobial effect of water extract of sumac (*Rhus coriaria* L.) on the growth of some food borne bacteria including pathogens. *International Journal of Food Microbiology*, 97(1), 63-69.

NIST 08, National Institute of Standards and Technology. (2008). *Mass spectral library*. Gaithersburg.

Özcan, M., & Haciseferogullari, H. (2004). A condiment sumac (*Rhus coriaria* L.) fruits: some physicochemical properties. *Journal of Plant Physiology*, 30(3), 74-84.

Parsania, M., Rezaee, M. B., Monavari, S. H., Jaimand, K., Mousavi Jazayeri, S. M., Razazian, M., & Najarha, M. H. (2017). Evaluation of antiviral effects of sumac (*Rhus coriaria* L.) fruit extract on acyclovir resistant *Herpes simplex* virus type 1. *Medical Sciences Journal of Islamic Azad University*, 27(1), 1-8. (In Persian).

Pourahmad, J., Eskandari, M. R., Shakibaei, S., & Kamalinejad, M. (2010). A search for hepatoprotective activity of aqueous extract of *Rhus coriaria* L. against oxidative stress cytotoxicity. *Food and Chemical Toxicology*, 48(3), 854-858.

Rawashdeh, I. M., Ghzawi, A. L., Rawasgdeh, N. Q., Kheirallh, K., Al-Tawaha, A. R., & Salama, B. (2009). Genetic variation among sumac (*Rhus coriaria* L.) samples collected from three locations in Jordan as revealed by AFLP markers. *Advances in Environmental Biology*, 3(1), 107-112.

Rezaipor, M., Jehani, H., Hoseini, S. M., Mirzai, J., & Jafari, Gh. (2014). Ecological survey *Rhus coriaria* L. shrub in west of Iran. *Journal of Plant Research*, 26(4), 444-452. (In Persian).

Romeo, F. V., Ballistreri, G., Fabroni, S., Pangallo, S., Nicosia, M. G. L. D., Schena, L., & Rapisarda, P. (2015). Chemical characterization of different sumac and pomegranate extracts effective against *Botrytis cinerea* rots. *Molecules*, 20(7), 11941-11958.

Sabeti, H. (2008). *Iran's forests, trees and shrubs*. Yazd University Press. (In Persian).

Sangwan, N. S., Farooqi, A. H. A., Shabih, F., & Sangwan, R. S. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34, 3-21.

Singh, O., Ali, M., & Akhtar, N. (2011). New antifungal xanthones from the seeds of *Rhus coriaria* L. *Zeitschrift für Naturforschung*, 66(1), 17-23.

Soleymani Majd, N., Coe, S., Thondre, S., & Lightowler, H. (2017). Determination of the antioxidant activity and polyphenol content of different types of *Rhus coriaria* Linn (sumac) from different regions. *Proceedings of the Nutrition Society*, 76(OCE4), E137.

Vilčinskas, R., Vilkaitytė, A., Zybartaitė, L., Paulauskas, A., & Kupčinskienė, E. (2013). Genetic characteristics of *Juniperus communis* L. from diferent ecotypes. *Biologija*, 59(1), 129-134.

Yavari, A., Nazeri, V., Sefidkon, F., & Hassani, M. E. (2010). Influence of some environmental factors on the essential oil variability of *Thymus migricus*. *Natural Product Communications*, 5(6), 943-948.

Zhaleh, M., Sohrabi, N., Zangeneh, M. M., Zangeneh, A., Moradi, R., & Zhaleh, H. (2018). Chemical composition and antibacterial effects of essential oil of *Rhus coriaria* fruits in the west of Iran (Kermanshah). *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 21(2), 493-501.