

بررسی تنوع فیتوشیمیایی اسانس برخی از گونه‌های بومادران (*Achillea* spp.) متعلق به نواحی مختلف ایران

الهه فیاض^۱، علیرضا عباسی^{۱*}، محمدرضا نقوی^۲، و همایون خیری^۲

۱ و ۲- به ترتیب دانش آموخته دکتری، دانشیار و استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ۴- کارشناس ارشد، ایستگاه تحقیقات گیاهان دارویی همدان.
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۱۹ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۳/۲۹)

چکیده

بذرهای ۱۰ گونه مختلف گیاه بومادران جمع‌آوری شده از نواحی جغرافیایی مختلف ایران، در گلخانه باغ گیاهان دارویی همدان (سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷) کاشته شدند و در ادامه، تنوع فیتوشیمیایی اسانس حاصل از هر گونه، در دو مرحله قبل (سال اول) و پس از گلدهی (سال دوم) با GC-MS مورد ارزیابی قرار گرفت. در مرحله قبل از گلدهی، ۲۷ متابولیت گزارش شد و ترکیبات غالب (با فراوانی بیشتر از ۱۰ درصد) به صورت 1,8-cineol، nerolidol و Terpineol، dinalool، germacrene-D، camphor، artemesia ketone، artemesia alcohol بیشترین میزان 1,8-Cineole در گونه‌های *A. alepica*، *A. eriophora*، *A. biberstinii*، *A. filipendula* و *A. nobilis* به دست آمد و دو گونه *A. alepica* و *A. eriophora* نیز دارای بیشترین مقدار camphor را بودند. همچنین در این تحقیق برای اولین بار، ماده ارزشمند Germacrene D در دو گونه *A. tenuifolia* و *A. wilhelmsii* به ترتیب با فراوانی ۴۳/۱۹ و ۴۷/۰۳ درصد گزارش شد. در مرحله بعد از گلدهی، ۷۸ متابولیت به دست آمد و ترکیبات غالب بصورت Camphor، Cubenol، Chamazulene، Chamazulene، Eucalyptol، Germacrene D، Sabinol، trans-Nerolidol و در نهایت cis-2-Cyclohexen-1-ol، 1-methyl-4-(1-methylethyl)-، در ضمن، با توجه به نتایج تجزیه کلاستر و PCA، تمامی ۱۰ گونه مورد مطالعه با توجه به داده‌های فیتوشیمیایی قبل و بعد از گلدهی، به ترتیب در سه و چهار گروه مجزا قرار گرفتند. نهایتاً، نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت در نوع ترکیب شیمیایی اسانس بومادران، به فاکتورهایی نظیر نوع گونه مورد مطالعه، مراحل مختلف رشد و نمو، زمینه ژنتیکی و احتمالاً عوامل اقلیمی و جغرافیایی بستگی دارد و این که در بین گونه‌های مختلف بومادران بومی ایران، تنوع بین گونه‌ای نسبتاً بالایی از لحاظ تولید انواع متابولیت‌های ثانویه وجود دارد. با توجه به این که در هر مرحله، برخی ترکیبات غالب هستند، بنابراین بسته هدف و نوع ترکیب مورد نظر برای استفاده، می‌توان یکی از دو مرحله را توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، بومادران، تنوع فیتوشیمیایی متابولیت ثانویه، *Achillea*

Evaluation of phytochemical variation in the essential oils of Yarrow (*Achillea* spp.) from different regions of Iran

Elaheh Fayyaz¹, Alireza Abbasi^{1*}, Mohammad Reza Naghavi¹, and Homayon Kheiri²

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Agricultural & Natural Resources College, University of Tehran, Karaj, 2. Hamedan Medicinal Herbs Research Station, Hamedan, Iran.

(Received: April 8, 2019 - Accepted: June 19, 2019)

ABSTRACT

Seeds of 10 different species of the Yarrow (*Achillea* spp.) from different geographical regions of Iran were planted in the greenhouse of medicinal garden of Hamedan (2017-2018), and subsequently phytochemical variation of the essential oils of each individual species collected before and after flowering were assessed using GS-MS. Before flowering, 27 metabolites were detected, among which 1,8-cineol, artemesia alcohol, artemesia ketone, camphor, germacrene-D, linalool, Terpineol and nerolidol were the superior. The maximum amounts of 1,8-cineol was observed in *A. alepica*, *A. eriophora*, *A. biberstinii*, *A. filipendula*, and *A. nobilis*, while both *A. alepica* and *A. eriophora* contained the highest amounts of camphor. Meanwhile, the maximum amounts of Germacrene D were acquired in *A. tenuifolia* (43.19%) and *A. wilhelmsii* (47.03%). Upon flowering, 78 metabolites were detected, among which Cubenol, Eucalyptol, Camphor, germacrene-D, sabinol, trans-Nerolidol, Chamazulene, Chamazulene, and 2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis- were the superiors. Based on cluster analysis and PCA constructed by the metabolite data of before and after flowering, all the 10 species of the genus *Achillea* were respectively grouped into three and four distinguished categories. Lastly, the results indicated that both quantity and quality of chemical composition of yarrow essential oils could be influenced by studied species, various growth and development stages, genetic background and possibly geographical/climatological factors, and that there is an acceptable phytochemical variation among them.

Keywords: *Achillea*, essential oils, phytochemical variation, secondary metabolites, yarrow.

* Corresponding author E-mail: rezabbasi@ut.ac.ir

مقدمه

متفاوتی از مناطق مختلف گزارش شده است (El-Kalamouni et al., Polatoğlu et al., 2013); (2017; Saecidi et al., 2018).

در تحقیقی، خصوصیات زراعی و شیمیایی اسانس ۲۸ جمعیت از گونه *A. millefolium* که از مناطق مختلف صربستان جمع آوری شده بودند مورد ارزیابی قرار گرفت. ترکیبات اسانس، بسیار متنوع بودند، اما به‌طور کلی عمده‌ترین ترکیبات در بخش مونوترپن، β -pinene (حداکثر ۳۶/۳ درصد) و sabinene (حداکثر ۳۵/۷ درصد)، 1,8-cineol (حداکثر ۲۶/۶ درصد)، borneol (حداکثر ۲۰/۲ درصد)، trans- β -ocimene (حداکثر ۱۶/۱ درصد)، camphor (حداکثر ۱۱/۳ درصد)، cis-chrysanthemol (حداکثر ۱۱/۳ درصد) و trans-verbenol (حداکثر ۱۰/۱ درصد) قرار داشتند. در بخش sesquiterpene عمده‌ترین ترکیبات، trans-lavandulyl caryophyllene (حداکثر ۱۸/۶ درصد) و acetate elemol (حداکثر ۱۸/۱ درصد)، در پی آن α -bisabolo (حداکثر ۱۴/۹ درصد)، terpinen-4-ol (حداکثر ۱۲/۹ درصد) بودند. از بین ترکیبات آروماتیک (معطر)، فراوان‌ترین ترکیب، chamazulene (حداکثر ۲۹/۱ درصد) بود (Pljevljakušić et al., 2017). ترکیبات اسانس از بخش‌های هوایی پنج نمونه از گونه‌ی *Achillea biebersteinii* Afan اسپارتا و آنکارا جمع‌آوری شده بودند، تجزیه و تحلیل شدند. ۸۴ ترکیب شناسایی شد که ۸۷ تا ۹۹ درصد کل ترکیبات اسانس را شامل می‌شدند. ترکیبات اصلی شناسایی شده شامل 1,8-cineole (9-37%)، p-cymene (1-27%) و camphor (16-30%) بودند (Tabanca et al., 2011). در مطالعه‌ای ترکیبات شیمیایی اسانس حاصل از بخش‌های هوایی ۱۱ گونه از جنس *Achillea* مورد ارزیابی قرار گرفت و ترکیبات اصلی اسانس 1,8-cineole، p-cymene، viriflorol، caryophyllene oxide، α -bisabolol، nonacosane، α -bisabolon oxide، β -eudesmol، 15-camphor و hexadecanolidه بر مبنای تجزیه

گونه‌های جنس *Achillea* عمدتاً به عنوان بومادران^۱ شناخته می‌شوند که به دلیل داشتن خصوصیات داروئی فراوان، صدها سال در طب سنتی کاربرد داشته‌اند (Turkmenoglu et al., 2015). اسم *Achillea* از نام آکیلیس^۲ از اساطیر یونانی بر گرفته شده است. همچنین او بومادران را برای درمان خونریزی مچ پا و زخم‌ها استفاده می‌کرد (Turkmenoglu et al., 2015). بومادران با نام علمی *Achillea* spp. متعلق به تیره Asteraceae، گیاهی چند ساله، اغلب کرکدار و با ارتفاع متفاوت در گونه‌های مختلف است و اغلب بیخ ساقه ضخیم و چوبی می‌شود. گل‌های گونه‌ها و زیرگونه‌های مختلف جنس *Achillea* نیز دارای رنگ‌های مختلفی نظیر سفید یا زرد هستند. بومادران یکی از مهم‌ترین جنس‌های خانواده مرکبان است که برای این جنس در دنیا، بیش از ۱۰۰ گونه و در ایران ۱۹ گونه علفی چند ساله که اغلب معطر هستند وجود دارد (Mozaffarian, 1998).

بومادران یکی از گیاهان دارویی مهم در دنیا می‌باشد که دارای مقادیر قابل توجهی متابولیت‌های ثانویه، به ویژه روغن‌های اسانسی می‌باشد. از مواد مؤثره این گیاه، استفاده فراوانی هم در طب و هم در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی می‌شود. این گیاه دارای زیر گونه‌های متعددی است که ترکیب‌های متفاوتی از مونوترپن‌ها و سزکوئی‌ترین‌ها در آن‌ها یافت می‌شود. ترکیب‌های اسانسی شناخته شده در این گیاه در حال حاضر، بیش از ۱۲۰ نوع است که از مهم‌ترین آن‌ها در این گیاه می‌توان به کامازولن، کامفور، 1،8-سینئول، لیمونن، لینالول، گاما-ترپینن، پارا-سیمن، آلفا-پینن و بتا-اسمین (β -Ocimene) اشاره کرد (Pljevljakušić et al., 2017). ترکیب‌های اسانسی بومادران، به دلیل اهمیت دارویی در برخی از کشورها مورد بررسی قرار می‌گیرند و مونه‌ها یا تیپ‌های شیمیایی^۳

¹Yarrow

² Achilles

³ Chemotypes

تحقیقات جنگل‌ها و مراتع واقع در پیکان‌شهر تهران تهیه شد (جدول ۱). در ادامه و به منظور بررسی گونه‌های مورد مطالعه از منظر میزان درصد اسانس و تفاوت در محتوی اسانس، بذرها در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۷ در گلخانه باغ گیاهان دارویی همدان، در مخلوطی از خاک مزرعه، ماسه و خاک برگ‌کشت شدند. بعد از جوانه زنی بذرها و در زمان مناسب، نشاها به زمین زراعی باغ گیاهان دارویی منتقل شدند. نمونه برداری طی دو سال انجام شد؛ در سال اول، از هر گونه به‌طور میانگین، ۱۰ بوته انتخاب شد و پس از برداشت بخش انتهایی اندام‌های هوایی شامل برگ و ساقه، در دمای اتاق خشک شدند. در سال دوم نیز پس از مرحله گلدهی، از همان بوته‌های سال قبل نمونه برداری انجام شد و در دمای اتاق خشک (به صورت مخلوط نمونه‌های هر گونه) شدند.

و تحلیل مولفه‌های اصلی شیمیایی ۱۳ ترکیب، سه گروه گونه و یک زیر گروه شناسایی شدند که در آن، هر گروه یک chemotype را تشکیل داد (Turkmenoglu *et al.*, 2015).

با وجود مطالعات انجام شده در زمینه بررسی تنوع ژنتیکی و فیتوشیمیایی در جنس *Achillea*، با توجه به اطلاعات موجود، تحقیق جامعی در رابطه با بررسی فیتوشیمیایی گونه‌های مختلف جنس *Achillea* بومی ایران، همزمان در دو مرحله قبل و پس از گلدهی و در یک مکان مشخص (برای مثال، کشت آن‌ها در یک گلخانه با شرایط همسان) انجام نشده است. بنابراین در تحقیق حاضر، تجزیه فیتوشیمیایی ۱۰ گونه مختلف جنس *Achillea* در دو مرحله قبل و پس از گلدهی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

بذرهای ۱۰ گونه مختلف گیاه بومادران از موسسه

جدول ۱- مشخصات ۱۰ گونه جنس *Achillea* spp. و محل جمع آوری آن‌ها

Table 1. Characteristics of 10 species of *Achillea* and their sampling sites

No	Sample ID	Species	Sampling place
1	31050	<i>A. alepica</i>	Lorestan
2	31051	<i>A. biebersteinii</i>	Lorestan
3	34000	<i>A. eriophora</i>	Yazd
4	30231	<i>A. filipendula</i>	Ardebil
5	42022	<i>A. millefolium</i>	Qom
6	27023	<i>A. nobilis</i>	Guilan
7	43384	<i>A. santolina</i>	Karaj
8	39374	<i>A. tenuifolia</i>	Qazvin
9	40051	<i>A. vermicularis</i>	Tehran
10	39899	<i>A. wilhelmsii</i>	Markazi

مقایسه با اطلاعات کتابخانه‌ای و ترکیبات استاندارد) انجام گرفت. داده‌های کروماتوگرافی و طیف سنجی با استفاده از یک کروماتوگراف گازی مدل Thermo Scientific Trace OQ301 متصل به طیف سنج جرمی مدل DSQ OQ301 (یونیزاسیون برخورد الکترونی، EI، 70 eV؛ Thermo Scientific) به دست آمدند. تزریق از نوع Split (با نسبت ۱:۵۰) بود و نرم افزار Xcalibur مجهز به کتابخانه‌های WILEY و NIST برای تجزیه و تحلیل داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. ستون DB-5MS (J&W Scientific) با طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰٫۲۵ mm با فاز ساکن پنج

استخراج اسانس

به‌منظور استخراج اسانس از نمونه‌های گیاهی مورد مطالعه، از دستگاه کلونجر استفاده شد. برای این کار، حدود ۱۰ گرم از هر نمونه با ترازو وزن شد و به یک بالن ته گرد یک لیتری حاوی ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر و تعدادی سنگ جوش منتقل شد. دمای هیتر منتل روی ۱۰۰ °C به مدت هشت ساعت تنظیم شد. اسانس حاصل پس از استخراج جمع آوری شد.

آنالیز اسانس با استفاده از دستگاه GC-MS

شناسایی ترکیبات، بر اساس معیارهای کروماتوگرافی (زمان بازداری) و طیف سنجی (تفسیر طیف جرمی،

نتایج و بحث

مرحله قبل از گلدهی

نتایج حاصل از آنالیز GC-MS نمونه‌های به‌دست آمده در مرحله قبل از گلدهی در جدول ۲ خلاصه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، در مجموع و در مرحله قبل از گلدهی، ۲۶ ترکیب شیمیایی گوناگون از ۱۰ گونه مختلف بومادران مورد مطالعه در این تحقیق به‌دست آمد. در تمامی گونه‌های مورد مطالعه و صرفنظر از برخی استثنائات، ترکیبات غالب (با فراوانی بیشتر از ۱۰ درصد) به‌صورت 1,8-cineol، artemesia، alcohol، camphor، artemesia ketone، nerolidol و Terpeneol، dinalool، germacrene-D گزارش شدند. از بین این ترکیبات نیز بسته به نوع گونه گیاهی، یک یا چند نوع از این ترکیبات غالب بودند. برای مثال برای گونه *A. biebersteinii*، سه ترکیب 1,8-cineol (۲۱/۴۵ درصد)، artemesia alcohol (۱۲/۵۳ درصد) و camphor (۲۴/۹۸ درصد)، ترکیبات غالب بودند. برای گونه‌های *A. millefolium* و *A. vermicularis* تنها ترکیبات غالب به ترتیب nerolidol (۱۶/۸۹ درصد) و germacrene-D (۷/۲۷ درصد) بودند. در گونه *A. eriophora* ترکیبات 1,8-cineol (۲۱/۵ درصد) و artemesia ketone (۱۵/۱۴ درصد)، camphor (۲۸/۸۹ درصد) غالب بودند، درحالی‌که برای گونه *A. santolina* بیشترین مقدار ترکیبات متعلق به ماده شیمیایی linalool (۱۳/۱۷) و Terpeneol (۱۱/۰۳) بود. برای سه گونه *A. alepica filipendula* و نیز *A. nobilis* تنها ترکیب غالب 1,8-cineol (به ترتیب، ۲۰/۶۴، ۳۴/۰۵ و ۱۸/۵۵ درصد) بود. در نهایت در دو گونه *A. tenuifolia* و *A. wilhelmsii* بیشترین فراوانی مربوط به ترکیب germacrene-D (به ترتیب ۴۳/۱۹ و ۴۷/۰۳ درصد) بود؛ اگرچه بردرای گونه *A. tenuifolia* میزان ترکیب elemene (۱۰/۰۳) نیز قابل توجه بود.

درصد فنیل پلی‌متیل سایلوکسان با ضخامت ۰/۲۵ مورد استفاده قرار گرفت. برنامه دمایی آون GC به‌صورت ۵۰°C (به مدت ۱ min)، افزایش دما با سرعت ۱۰°C/min تا ۲۸۰°C و توقف به مدت ۱۵ دقیقه تنظیم شد. دمای منطقه تزریق و خط انتقال، به ترتیب ۲۵۰°C و ۲۸۰°C تنظیم شده و هلیوم (۹۹/۹۹۵ درصد) نیز به‌عنوان گاز حامل با فشار ۱۵۵ kPa و سرعت ۲۷ cm/min (جریان ثابت یک ml/min) مورد استفاده قرار گرفت. طیف جرمی و کروماتوگرام با روش اسکن جرمی در گستره ۴۵-۵۰۰ در ۵/۱ scan/sec تنظیم شد. همچنین جهت تایید صحت ترکیبات از ضریب کواتر^۱ استفاده شد.

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) و تجزیه خوشه‌ای تجمیعی^۲ (AHC)

برای انجام PCA و AHC، به ترتیب از نرم‌افزارهای XLSTAT 2017: Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel (Addinsoft, Paris, France (2017) و PAST (Paleontological Statistics Software Package; Version 3.22) استفاده شد (Hammer et al., 2001). بدین منظور، ابتدا هر کدام داده‌های خام حاصل از تفسیر طیف جرمی اسانس ۱۰ گونه بومادران مورد مطالعه قبل و بعد از گلدهی، به‌صورت یک ماتریس متشکل از نمونه‌ها، به‌عنوان ردیف‌های ماتریس و درصد نسبی اجزای تشکیل دهنده اسانس‌های استخراجی به‌عنوان ستون‌های ماتریس طراحی شد. سپس از بین تمامی ترکیبات به‌دست آمده، اجزای با فراوانی بیش از ۱۰ درصد در تمامی ۱۰ گونه مورد مطالعه انتخاب شدند و برای آنالیزهای آماری استفاده شدند. آنالیز PCA بر اساس Pearson type (n) انجام شد و به‌منظور ترسیم بای‌پلات مربوطه، از اولین و دومین مؤلفه استفاده شد. برای تجزیه خوشه‌ای تجمیعی نیز از فاصله اقلیدوسی و روش وارد استفاده شد. توانمندی خوشه‌ها با استفاده از آزمون بوت‌استرپ با ۱۰۰۰ نمونه مدل محاسبه شد.

¹ Kovats index

² Agglomerative hierarchical clustering

جدول ۲- درصد ترکیب‌های شناسایی شده در اسانس ۱۰ گونه جنس *Achillea* spp قبل از مرحله گلدهی
Table 2. The percentage of the identified compounds in the essential oil (EO) of 10 species of *Achillea* spp., before flowering.

NO.	components	RT	<i>A. biberstini</i>	<i>A. millefolium</i>	<i>A. vernicularis</i>	<i>A. eriophora</i>	<i>A. filipendula</i>	<i>A. alepica</i>	<i>A. santolina</i>	<i>A. nobilis</i>	<i>A. tenuifolia</i>
1	1,8-cineol	6.46	21.45	1.2	1.6	21.5	20.64	34.05	1.25	18.55	7.98
2	α . pinene	4.98	5.09	0.9	0	1.57	0	7.48	0	0.82	0.48
3	artemesia alcohol	7.25	12.53	0	0	8.58	0	0	0	0	0.37
4	artemesia ketone	6.89	2.72	0	0	15.14	0	0	0	0	0.66
5	camphor	8.26	24.98	0	2.2	28.89	0	0	0	1.04	3.95
6	camphene	5.23	0	0	0	3.01	2.5	0	0	0	0
7	Caryophyllene oxide	14.19	0	0	0	0	0	0	4.37	5.14	0
8	germacrene-D	12.88	0.51	0.79	7.27	0	4.79	7.56	0	7.76	43.19
9	Isoborneol	8.57	0.87	0	0	0	0	0	2.81	0.76	0
10	linalool	7.5	4.4	0	0	1.16	0	0	13.17	0.83	0
11	limonene	6.42	0	1.25	1.32	0	0	3.38	0	0	0
12	sabinene	5.57	1.73	0	0	1.19	0	3.03	0	0	0.2
13	Terpineol	7.63	0.85	0.41	0.79	0.61	0	0	11.03	1.13	0.71
14	phytol	19.47	0.39	2.69	5.41	0.18	1.64	1.14	2.08	2.31	0
15	pinocarvone	8.51	1.78	0	0	1.81	1.24	0	0	0	0.43
16	spathulenol	14.1	0.45	0	3.71	0	0	3	0	8	6.83
17	yomogi alcohol	5.94	1.09	0	0	2.93	0	0	0	0	0.28
18	Aristolene epoxide	14.06	0	0	0	0	0	0	0	1.1	0.63
19	isoaromadendrene-oxide	14.17	0	1.11	0	0	0	0	0	0	0.54
20	nerolidol	13.78	0	16.89	0	0.27	0	0	0	1.08	0
21	caryophyllene	12.09	0	0	1.39	1.1	0	1.72	0	0	0
22	copaene	11.48	0	0	2.17	0	0	0	0	0.37	0
23	docosane	21.03	0	0	0.92	0.08	0	0	0	0.25	0
24	elemene	10.94	0	0	0.7	0	0	0	0	0.86	5.82
25	elemene	13.07	0	0	4.25	0.12	0	0	0	0	10.03
26	Di-n-octyl phthalate	23.19	0	0	0	0.11	0	0	0	1.23	0

مرحله بعد از گلدهی

نتایج حاصل از آنالیز GC-MS نمونه‌های به‌دست آمده در مرحله بعد از گلدهی در جدول ۳ خلاصه شده است. در مجموع، ۷۸ ترکیب شیمیایی گوناگون از ۱۰ گونه مختلف بومادران مورد مطالعه در این تحقیق به‌دست آمد. در تمامی گونه‌های مورد مطالعه و صرف‌نظر از برخی استثنائات، ترکیبات (با فراوانی بیش از ۱۰ درصد) Camphor، Cubenol، Chamazulene، trans-Eucalyptol، Germacrene D، Sabinol، Nerolidol و در نهایت 1-Cyclohexen-1-ol، methyl-4-(1-methylethyl)-، cis- به‌عنوان ترکیبات غالب گزارش شدند.

با توجه به نتایج GC-MS، دامنه تغییرات ترکیبات اصلی گیاه بومادران نظیر 1,8-Cineole بین ۱/۲ تا ۳۴/۰۵ درصد و camphor بین صفر تا ۲۸/۸۹ درصد متغیر بود. بیشترین میزان 1,8-Cineole در گونه‌های *A. biberstini*، *A. eriophora*، *A. alepica*، *A. filipendula* و *A. nobilis* به‌دست آمد و دو گونه *A. eriophora* و *A. alepica* نیز بیشترین مقدار camphor را نشان دادند. همچنین در این تحقیق برای اولین بار، ماده ارزشمند Germacrene D در دو گونه *A. wilhelmsii* و *A. tenuifolia* به‌ترتیب با فراوانی ۴۳/۱۹ و ۴۷/۰۳ درصد گزارش شد؛ اگرچه در تحقیقات پیشین مقدار این ماده کمتر گزارش شده بود.

جدول ۳- درصد ترکیب‌های شناسایی شده در اسانس ۱۰ گونه جنس *Achillea* spp بعد از مرحله گلدهی
 Table 3. The percentage of the identified compounds in the essential oil (EO) of 10 species of *Achillea* genus

No.	Components	No.	<i>A. santolina</i>	<i>A. eriophora</i>	<i>A. wilhelmstii</i>	<i>A. millefolium</i>	<i>A. alepica</i>	<i>A. bibrastinii</i>	<i>A. remifolia</i>	<i>A. verucularis</i>	<i>A. nobilis</i>	<i>A. filifendula</i>
1	1-Heptadecanol	19.33	0.47	0	0	0	0	0.26	0	0.2	0	0.17
2	4-Terpineol	8.71	2.67	3.44	2.61	0.17	3.57	0	3.9	4.15	1.37	1.52
3	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl)-, cis-	7.87	0	11.18	9.29	0	0	0	2.41	0	0.45	0
4	2-Isopropenyl-5-methylhex-4-enal	18.4	0	0	1.89	0	0	0	0.38	0.28	0	0
5	8-Camphenemethanol	13.6	0	0	0	0	0.23	0.31	0.34	0.74	0	0
6	4-Isopropyl-1-methyl-2-cyclohexen-1-ol	8.18	0	0	0	0	0	0	2.24	1.11	0.44	0
7	Artemisia alcohol	7.12	0.42	0.23	0.21	0.31	1.64	1.02	0	0.54	0	0
8	Artemisia ketone	6.79	0	3.88	1.5	1.45	3.03	0	0	5.82	0	0
9	Aristolene epoxide	14	0	2.29	2.23	0	0	0	0.41	0	0	0
10	Aristolene epoxide(isomer)	14.2	0	0.75	0.84	0	0	0.13	1.04	0	0	0
11	Aromadendrene oxide-(1)	14.9	0	0.42	0	0	0.14	0.16	0.53	0	0	0
12	Aromadendrene oxide-(2)	16	0	1.01	0	0	0.21	0.06	0.79	0	0.46	0
13	Borneol	8.6	1.15	2.45	2.14	0.25	1.96	0.95	2.43	1.3	1.53	5.21
14	Bornyl acetate	10.2	0	0.66	0.63	0.08	0	0	0.27	0.14	0	3.43
15	Camphene	5.14	0.44	0.69	0.58	0.44	1.58	2.26	0.48	1.53	0.88	0
16	Campholenal	7.9	0.5	0	0	0	0.4	0.45	0	0	0	0.57
17	Camphor	8.22	2.35	4	3.24	2.31	14.06	15.15	15.48	18.48	0.69	0
18	Caryophyllene	12.1	0.4	0	0.36	1.37	0.37	0.36	0.31	0	0	0
19	Caryophyllene oxide	14.1	1.47	3.26	0.45	0.49	1.31	0.83	0.24	5.39	3.43	0
20	cis-9-Hexadecenoic acid	17	0.75	0	0	0	1.3	0.6	0.27	1.84	0	0
21	Cadinene	13.3	0	0.72	0.81	0	0	0.24	0.31	0	0.29	0
22	Cadinol	14.9	0	2.09	1.43	0	0	0.28	0	0	0.94	0
23	Copaene	11.5	0	0.52	0.28	0	0	0	0	0	0.8	0
24	Cubenol	14.4	0	0.49	0.6	0.45	0.25	0	0	0	0	12.81
25	Chamazulene	15.9	0	0	0	55.78	0.63	0.06	0	0	0	0
26	Chrysanthenone	7.82	0	0	0	0	1.19	0	1.59	6.67	0	0
27	Cedren-13-ol, 8-	15.2	0	0	0	0	0	0	0.21	0	0.23	9.53
28	Chrysanthenyl Acetate	9.76	0	0	0	0	0	0	0.8	1.2	0	0.26
29	Dibutyl phthalate	18.1	0	0	0	0	0.33	0.07	0	0	0	0.31
30	Di-n-octyl phthalate	24	0	0	0	0	0.07	0.04	0.04	0.04	0.06	0.07
31	Elemene	13	0.61	1.7	1.63	0.99	0.27	0.87	0.21	0.07	1.12	0.65
32	Eucalyptol	6.43	48.01	0	0.8	3.63	19.49	12.54	9.59	24.26	9.77	0
33	Elemol	13.7	0	0.16	0	0	0	0	0.77	0.25	0	0
ادامه جدول ۳												
34	Eudesmol	14.7	0	1.81	2.03	0	0.79	0	2.26	1.19	0	0
35	Germacrene D	12.8	0.29	11.71	11.09	2.75	2.17	1.96	3.97	0.6	7.44	1.64
36	Farnesene	12.4	0	0	0.25	0	0	0.07	0.23	0	0	0
37	Filifolone	7.47	0	0	0	0	0	0	1.15	2.44	0.44	0
38	Heptacosane	23.5	0	0	0.46	0	0	0	0	0.15	0.61	0.23
39	Himachalene	12.5	0	0	0.13	0.61	0	0	0.67	0.47	1.51	7.58
40	Hedycaryol	13.7	0	0	0	0.45	0	0.3	0	0	0	0
41	Hexacosane	23.5	0	0	0	0	0.43	0.33	0.22	0.02	0.03	0.21
42	Hexadecanoic acid	18.2	0	0	0	0	0.63	0	0	0	0.88	0.94
43	Isoaromadendrene epoxide	15.9	0	0	0	0	0.14	0.11	0	0	0.53	0
44	Lanceol, cis	17.9	5.62	0	0	0	1.49	0.11	0	1.09	0	0.43
45	Lanceol, trans	20.4	0.33	0	0	0	0.6	0	0.36	0	0	0

46	Linalool	7.42	5.35	0	0	0	2.31	1.11	0	0	0	0
47	Longipinocarveol, trans-	15.3	0	0.62	0	0	0	0	0.18	1.22	1.26	0
48	Lavandulol, acetate	11.4	0	0	0.1	0	0.2	0	0	0	2.27	0.46
49	Ledene oxide-(II)	15.3	0	0	1.38	0.28	0.11	0	0	0	2.83	1.44
50	Limonene	6.36	0	0	0.8	0.44	0	0	0.55	0	0	0
51	Myrtenol	8.87	0	0	0	0	0	0.16	2.49	0.13	0	0
52	Oxacyclotetradecan-2-one, 14-methyl-	14.9	0.46	0	0	0	0.55	0.58	0.58	0	0	0
53	Octacosane	27.1	0	0	0.34	0	0.29	0	0	0	0.25	0.66
54	n-Heptadecanol	19.3	0	0	0	0	0.31	0.22	0.01	0.13	0	0
55	Phytol	19.5	0.88	0.19	0	0	1.03	0.81	0.27	0.42	0.39	0
56	Pinocarvone	8.45	0.78	0	0	0.11	0.69	1.05	0.33	1.52	0.7	0
57	p-Cymene	6.26	0	2.42	3.9	0	1.81	0	6.14	0.89	0.43	0
58	Patchoulene	12.7	0	0	0	0.1	0	0.06	0.17	0	0	0
59	Sabinene	5.48	3.94	0.26	0.22	0.48	2.6	4.96	0.64	1.58	0.97	0
60	Sabinol	8.08	1.95	0	0	0	7.61	15.43	0	0	0	0
61	Selinene	12.7	0	1.94	1.79	0	0	0.2	0	0	0	0.35
62	Spathulenol	14.1	0	5.11	5.72	0	0.34	0.44	2.96	1	1.86	1.23
63	Spathulenol(isomer)	14.1	0	0.61	0.63	0	0.34	0.31	0.62	0	0.62	3.4
64	Terpinene	6.16	0.36	0	0	0	0.69	0.82	0.63	0.98	0.23	0
65	Terpinene(isomer)	6.81	1.22	0	1.7	0	0	1.71	4.73	0	0.48	0
66	Terpineol, Cis-β	7.02	0.89	0.11	0.15	0	1	0.5	1.48	0.69	0.09	0
67	Thujone	7.58	0.33	0	0	0	1.49	5.96	0	0	4.13	0
68	trans-Nerolidol	13.8	1.2	0	0	13.57	1.17	0.2	0	0	21.31	0.92
69	Terpineol	8.94	4.44	4.32	3.65	0	3.38	1.51	4.15	1.38	2.84	1.23
70	α-Pinene	4.88	7.58	2.38	2.05	3.34	2.91	3.64	1.78	2.12	0.62	0
71	β-Pinene	5.58	1.54	0.3	0.23	0.21	0.78	0.77	0.44	0.49	0.08	0
72	Yomogi alcohol	5.79	0	0.85	0.67	0.25	0.58	0	0.48	0	0	0.14
73	Terpinolene	6.16	0	0.76	0.68	0.23	0	0	0	0	0	0
74	Terpinolene(isomer)	7.23	0	0.22	0.23	0.17	0	0.27	0.31	0.35	0.14	0
75	Widdrol	17.9	0	0	4.09	0	0	0	1.07	0.58	0	0
76	Tricosane	21.2	0	0	0	0	0.22	3.64	0.05	0.07	0.51	0.58
77	Tetracosane	22.3	0	0	0	0	0.04	0.03	0.01	0.01	0.06	0.06
78	trans-Piperitol	9.13	0	0	0	0	0	0	1.69	0.41	0.23	0

به حدود ۱۴/۰۶ درصد رسید. نکته قابل توجه این است که در گونه *A. filipendula* و در هر دو مرحله نمونه برداری از گیاه، مقدار این ماده صفر بود. بیشترین مقدار Germacrene-D در مرحله قبل از گلدهی و در دو گونه *A. tenuifolia* و *A. wilhelmsii* (به ترتیب ۴۳/۱۹ و ۴۷/۰۳ درصد) یافت شد، ولی در مرحله پس از گلدهی، این مقدار در این دو گونه کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت (به ترتیب حدود ۳/۹۷ و ۱۱/۰۹ درصد). نکته قابل توجه دیگر این است که مقدار Germacrene-D در مرحله قبل از گلدهی در گونه *A. eriophora* حدود صفر بود، در حالی که پس از مرحله گلدهی، مقدار آن به میزان قابل ملاحظه‌ای رسید (یعنی حدود ۱۱/۷۱ درصد). در گونه *A. santolina* نیز تقریباً در هر دو مرحله قبل و پس از گلدهی، مقدار این ترکیب بسیار ناچیز بود (به ترتیب صفر و ۰/۲۹ درصد). بیشترین مقدار nerolidol در مرحله قبل از گلدهی و در گونه *A. millefolium* یافت شد (حدود ۱۶/۸۹ درصد) ولی در مرحله پس از

به طور گسترده پذیرفته شده است که فاکتورهای ژنتیکی و محیطی و همچنین روش‌های زراعی (تاریخ کاشت و برداشت، نگهداری و عملیات پس از برداشت، سن گیاه و غیره)، مسئول تنوع بین و درون گونه‌ای برای محتوی و ترکیبات اساسی می‌باشند (Potzernheim *et al.*, 2012; Pluhár *et al.*, 2016; Saeidi *et al.*, 2018). با مقایسه ترکیبات غالب در مرحله قبل و پس از گلدهی، تنها سه ترکیب غالب *nerolidol*، *Germacrene-D*، *camphor* در بین گونه‌ها (و نه تمامی گونه‌ها) مشترک بودند. بیشترین مقدار *camphor* در مرحله قبل از گلدهی و در گونه *A. eriophora* یافت شد (حدود ۲۹/۸۹ درصد)، ولی در مرحله پس از گلدهی، این مقدار در این گونه کاهش قابل ملاحظه‌ای داشت (حدود چهار درصد). در مقابل در برخی از گونه‌ها، مقدار این ماده پس از گلدهی و در مقایسه با قبل از گلدهی، تا حدودی بهبود یافت؛ برای مثال، مقدار این ماده در گونه *A. alepica* صفر بود، ولی پس از گلدهی، این مقدار

شده اند، اما احتمالاً تولید بالای این دو ترکیب در این دو گونه تثبیت شده است.

نکته قابل توجه دیگر این است که اگر نتایج میزان ترکیبات اسانس گونه *A. wilhelmsii* را با مقالات پیشین مقایسه کنیم، مشاهده می‌شود که در برخی از مطالعات (Lori-Gooini et al., 2018)، میزان ترکیب germacrene-D درصد پایینی را به خود اختصاص داده است (حدود ۰/۲۴ درصد) که احتمالاً این امر به تنوع درون گونه‌ای در این گونه مربوط می‌شود. همچنین در مطالعه دیگری روی درصد ترکیبات موجود در اسانس *A. wilhelmsii* جمع‌آوری شده از سه منطقه شمال، غرب و شرق هرمزگان، میزان ماده germacrene-D حدود دو درصد (در توده شمال) بود و در دو توده دیگر، میزان این ماده قابل ردیابی نبود (TAHERI et al., 2016). در مطالعه دیگری، ترکیبات عمده موجود در اسانس برگ گونه *A. wilhelmsii* سه ترکیب Camphor (۲۴/۱ درصد)، 1,8-Cineole (۲۲/۳ درصد) و Borneol (۱۱/۱ درصد) و در اسانس گل گیاه Camphor (۲۱/۲ درصد)، Myrtenol (۱۴/۴ درصد) و Myrtenyl acetate (۸/۹ درصد) گزارش شد (Azadbakht et al., 2003). از سوی دیگر، در سه تحقیق یاد شده که بر روی گونه *A. wilhelmsii* انجام شده است، ترکیبات دیگری غالب بودند که از بین آنها، 1,8-Cineole و camphor قابل توجه بودند؛ هرچند ترکیبات دیگری نیز فراوانی محسوسی داشتند. در تحقیق دیگری، میزان ترکیبات موجود در اسانس سه گیاه دارویی گیشنیز، شوید و بومادران (*A. wilhelmsii*) مورد ارزیابی قرار گرفت که بیشترین میزان ترکیب موجود در اسانس گیاه بومادران، به آلفا-پینن (۱۹/۷۶ درصد) و بتا-پینن (۱۰/۰۶ درصد) اختصاص داده شد و ترکیب camphor در رده نهم قرار گرفت (Ghaderi et al., 2012). در مقابل در مطالعه‌ای بر روی اسانس هشت گونه مختلف جنس *Achillea*، پایین‌ترین و بالاترین مقادیر germacrene-D به ترتیب متعلق به گونه‌های *A. nobilis* (۸/۷۴) و *A. tenuifolia* (۵۵/۸۴ درصد) تعلق داشت؛ ضمن این‌که مقدار این ماده برای گونه *A. wilhelmsii* نیز

گلدھی، این مقدار در این گونه به میزان کمی کاهش یافت (حدود ۱۳/۵۷ درصد). در مقابل در برخی از گونه‌ها، مقدار این ماده پس از گلدھی و در مقایسه با قبل از گلدھی، تا حدودی بهبود یافت؛ برای مثال، مقدار این ماده در گونه *A. nobilis* حدود ۱/۰۸ درصد بود، ولی پس از گلدھی، این مقدار به حدود ۲۱/۳۱ درصد رسید. با این وجود و در سه گونه *A. tenuifolia*، *A. wilhelmsii* و *A. vermicularis* در هر دو مرحله نمونه‌برداری، مقدار این ماده صفر بود. به‌طور کلی در اکثر تحقیقات پیشین، ترکیبات 1,8-Cineole، Chamazulene و Eucalyptol به همراه برخی ترکیبات دیگر (بویژه Camphor)، از جمله ترکیبات غالب موجود در اسانس گونه‌های مختلف بومادران بوده‌اند. با این وجود در این تحقیق، ترکیب 1,8-Cineole، تنها در اسانس حاصل از تمامی نمونه‌های قبل از مرحله گلدھی یافت شد (یعنی تمامی ۱۰ گونه)، ولی در مرحله پس از گلدھی، در هیچ کدام از ۱۰ گونه مورد مطالعه یافت نشد. دو ترکیب Chamazulene (تنها در سه گونه) و Eucalyptol (در هشت گونه) نیز تنها در اسانس حاصل از نمونه‌های بعد از مرحله گلدھی یافت شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در مجموع می‌توان گفت که در جنس *Achillea*، بسته به نوع گونه، ترکیبات شیمیایی مختلفی غالب هستند که این امر در حقیقت می‌تواند به محیط درونی گیاه و نیز محیط جغرافیایی که در آن تکامل یافته و زیست می‌کند، نسبت داده شود. برای مثال، در دو گونه *A. tenuifolia* و *A. wilhelmsii* بیشترین فراوانی مربوط به ترکیب germacrene-D (به ترتیب ۴۳/۱۹ و ۴۷/۰۳ درصد) بود، در حالی که فراوانی این دو متابولیت در هشت گونه دیگر بسیار کم بود. با نگاهی به منشأ این دو گونه، یعنی استان مرکزی و قزوین، می‌توان این گونه پنداشت که احتمالاً شرایط جغرافیایی و آب و هوایی این دو منطقه که هم مرز نیز هستند، منجر به تولید بالای این دو ماده در این دو گیاه به صورت یک متابولیت دائمی شده است. به عبارت دیگر، هرچند این دو گونه به همراه سایر گونه‌ها در شرایط مشابهی، یعنی گلخانه واقع در همدان، کشت

درصد) قرار داشتند. در بخش sesquiterpene عمده‌ترین ترکیبات، trans-caryophyllene (حداکثر ۱۸/۶ درصد) و lavandulyl acetate (حداکثر ۱۸/۱ درصد)، در پی آن elemol (حداکثر ۱۵/۵ درصد)، α -bisabolo (حداکثر ۱۴/۹ درصد)، terpinen-4-ol (حداکثر ۱۲/۹ درصد) بودند. از بین ترکیبات آروماتیک (معطر)، فراوان‌ترین chamazulene (حداکثر ۲۹/۱ درصد) بود (Pljevljakušić et al., 2017). در مطالعه‌ای دیگری، ترکیبات اسانس بخش هوایی گیاه وحشی

A. millefolium موجود در فرانسه مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع، ۴۳ ترکیب در اسانس *A. millefolium* شناسایی شدند که ۹۶/۳ درصد کل اسانس را تشکیل می‌دهند. Oxygenated monoterpenes جزء اصلی اسانس (۴۰/۷ درصد) بودند. سایر بخش‌های مهم از نظر کیفیت oxygen- و hydrocarbon sesquiterpenes (17%) germacrene-containing sesquiterpenes (19.5%) D (12.0%) و (E)-nerolidol (7.3%) بودند. بخش monoterpene تنها ۱۵ درصد را شامل شد و sabinene (6.7%) و β -pinene (3.4%) جزء اصلی آن بودند. این نتایج تایید می‌کنند که چندشکلی شیمیایی، یک ویژگی خاص در گونه بومادران می‌باشد (El-Kalamouni et al., 2017).

ارزیابی ارتباط بین ۱۰ گونه بومادران بر مبنای صفات فیتوشیمیایی

نتایج تجزیه کلاستر و PCA در مرحله قبل از

گلدھی

به‌طور کلی و با توجه به دندوگرام ترسیم شده مربوط به نه ترکیب غالب (با فراوانی بالای ۱۰ درصد)، تمامی ۱۰ گونه مورد مطالعه در سه گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱، سمت چپ). در گروه اول، دو گونه *A. wilhelmsii* و *A. tenuifolia* قرار گرفتند و این دو گونه از لحاظ دو ترکیب germacrene-D (به ترتیب ۴۷/۰۳ و ۴۳/۱۹ درصد) و elemene (به ترتیب ۴/۷۸ و ۱۰/۰۳ درصد) غالب بودند. گروه دوم شامل *A. eriophora* و *A. bibrestinii* بود که هر دو از

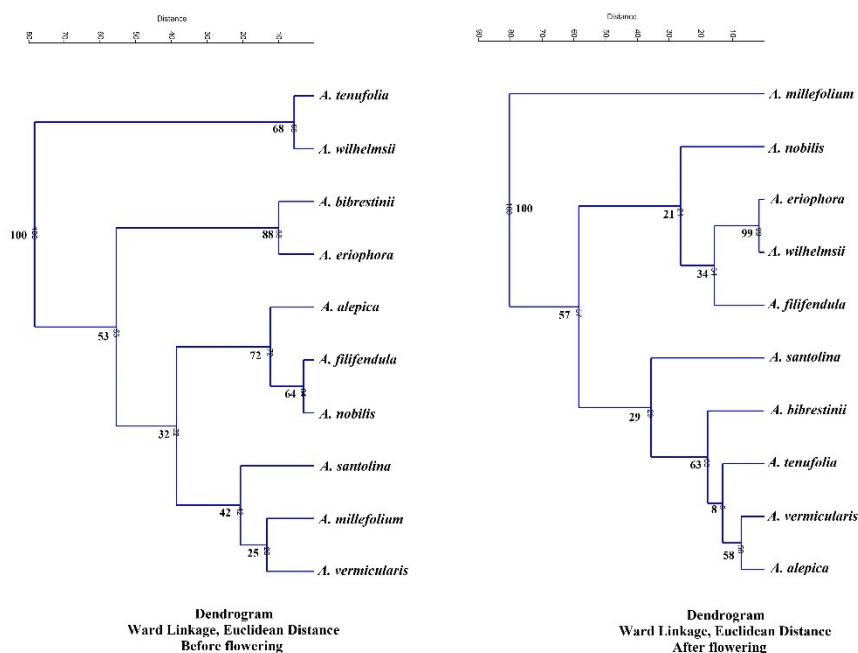
قابل توجه بود (۱۹/۹۵ درصد) (Gharibi et al., 2015) که با نتایج این تحقیق همخوانی داشت.

برای گونه *A. millefolium* نیز نتایج جالبی به‌دست آمد. درحقیقت، همان‌طور که گفته‌شد، برای گونه *A. millefolium* تنها ترکیب غالب nerolidol (۱۶/۸۹ درصد) بود؛ درحالی‌که در مطالعات پیشین برای این گونه از جنس بومادران، ترکیبات دیگری غالب بوده‌اند. برای مثال، در مطالعه‌ای ترکیب‌های شیمیایی و مقدار اسانس ۱۵ جمعیت رویشگاهی بومادران هزاربرگ (*A. millefolium*) ایران مورد بررسی قرار گرفت (Kheiry et al., 2013). نتایج به‌دست آمده، تنوع فیتوشیمیایی بالایی را در میزان اسانس و نوع ترکیب‌های تشکیل دهنده نمونه‌های مناطق مختلف کشور نشان داد؛ به‌طور مثال، دامنه تغییرات ترکیبات اصلی نظیر 1,8-Cineole، بین پنج تا ۴۱/۹ درصد و camphor، بین ۰/۷ تا ۳۹/۶ درصد متغیر بود. بیشترین میزان 1,8-Cineole در جمعیت‌های تبریز، همدان، رینه، آبعلی و لار به‌دست آمد و جمعیت‌های اردبیل، تبریز، ارومیه، زنجان، همدان و طالقان، بیشترین مقدار کامفور را نشان دادند. همچنین در این تحقیق برای اولین بار، ماده ارزشمند 1,8-Cineole با فراوانی ۴۱/۹ درصد گزارش شد. بر مبنای نتایج به‌دست آمده، تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در هفت کموتیپ دسته بندی شدند. همچنین در این پژوهش برای اولین بار، دو ترکیب Hinesol و Cubenol را از بومادران هزاربرگ گزارش نمودند (Kheiry et al., 2013).

در تحقیقی، خصوصیات زراعی و شیمیایی اسانس ۲۸ جمعیت از گونه *A. millefolium* که از مناطق مختلف صربستان جمع آوری شده بودند مورد ارزیابی قرار گرفت. ترکیبات اسانس، بسیار متنوع بودند اما بطورکلی، عمده‌ترین ترکیبات در بخش مونوترپن، β -pinene (حداکثر ۳۶/۳ درصد) و sabinene (حداکثر ۳۵/۷ درصد)، 1,8-cineol (حداکثر ۲۶/۶ درصد)، borneol (حداکثر ۲۰/۲ درصد)، trans- β -ocimene (حداکثر ۱۶/۱ درصد)، camphor (حداکثر ۱۱/۳ درصد)، cis-chrysanthemol (حداکثر ۱۱/۳ درصد) و trans-verbenol (حداکثر ۱۰/۱

cinol حایز اهمیت هستند. نتایج PCA نیز نتایج تجزیه کلاستر را تا حدودی تایید نمود (شکل ۲، سمت چپ). بطورکلی، دو مولفه اول، حدود ۶۲/۱۴ درصد از تغییرات را توجیه کردند و با توجه به فراوانی‌های ترکیبات غالب موجود در اسانس، تمامی ۱۰ گونه را به سه گروه مجزا تقسیم نمود.

لحاظ چهار ترکیب artemesia ketone, camphor, artemesia alcohol و 1,8-cineol غالب بودند. گروه سوم نیز شامل شش گونه *A. vermicularis*, *A. nobilis*, *A. filifendula*, *A. santolina*, *A. alepica* و *A. wilhelmsii* بود که از لحاظ دارا بودن مقادیر بالای ترکیبات Linalool, Terpineol, nerolidol و 1,8-



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای تجمیعی و روابط بین ۱۰ گونه بومادران بر مبنای اجزای اسانس در مرحله قبل از گلدهی (سمت چپ) و بعد از گلدهی (سمت راست). اعداد پایین شاخه، نمایانگر شاخص بوت استرپ می باشد.

Figure 1. Dendrogram of cluster analysis constructed from quantitative data of essential oil components in 10 species of *Achillea* genus before flowering (left) and after flowering (right). Bootstrap values (1000 replicates) are presented at each node.

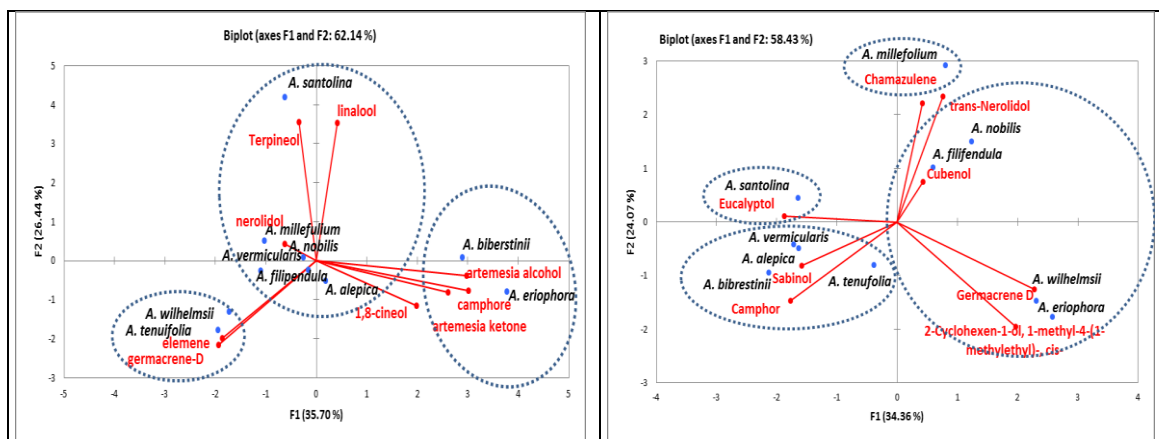
Camphor و تا حدودی ترکیب Sabinol (به‌ویژه برای گونه *A. bibrestinii* با مقدار ۱۵/۴۳ درصد) نسبت به سایرین متمایز بودند. گروه سوم شامل تنها یک گونه موسوم به *A. santolina* بود که این گونه دارای بالاترین مقدار ترکیب Eucalyptol (۴۸/۰۱ درصد) بود. گروه چهارم شامل *A. eriophora*, *A. filifendula*, *A. nobilis* و *A. wilhelmsii* بود که از بین آن‌ها دو گونه *A. eriophora* و *A. wilhelmsii* دارای بیشترین مقادیر Germacrene D و cis, بودند و بنابراین برای این دو نوع ترکیب، یک نوع کموتایپ محسوب شدند، درحالی که برای دو گونه

نتایج PCA و تجزیه کلاستر در مرحله بعد از گلدهی

بطورکلی و با توجه به دندوگرام ترسیم شده مربوط به هشت ترکیب غالب (با فراوانی بالای ۱۰ درصد)، تمامی ۱۰ گونه مورد مطالعه در چهار گروه مجزا قرار گرفتند (شکل ۱، سمت راست). در گروه اول، تنها گونه *A. millefolium* قرار گرفت، که این گونه نیز تنها دارای مقدار بالای ترکیب Chamazulene بود. در گروه دوم، چهار گونه *A. bibrestinii*, *A. vermicularis*, *A. alepica* و *A. tenuifolia* جای گرفتند و جالب این که هر چهار گونه از نظر دارا بودن مقادیر بالای ترکیب

ترکیبات غالب موجود در اسانس، تمامی ۱۰ گونه را به چهار گروه مجزا تقسیم نمودند. نکته قابل توجه این است که کموتایپ چهارم، مشابه با تجزیه کلاستر به دو زیرکموتایپ تقسیم بندی شد.

دیگر یعنی *A. filifendula* و *A. nobilis* دو ترکیب Cubenol و Nerolidol بیشینه بودند. نتایج PCA نیز نتایج تجزیه کلاستر را تایید نمود (شکل ۲، سمت چپ). بطور کلی، دو مولفه اول حدود ۵۸/۴۳ درصد از تغییرات را توجیه کردند و با توجه به فراوانی‌های



شکل ۲- بای پلات تجزیه به مؤلفه‌های اصلی ۱۰ گونه بومادران بر مبنای اجزای اسانس در مرحله قبل (سمت چپ) و بعد از گلدهی (سمت راست)

Figure 2. Biplot of principal component analysis (PCA) based on quantitative data of essential oil components in 10 species of *Achillea* genus before (left) and after (right) flowering

سازگاری خود با محیط جدید، تحت تأثیر محیط جدید قرار گیرند و بنابراین ترکیبات شیمیایی متنوعی با کمیت‌های گوناگون تولید کنند. نتایج مشابهی در تحقیقات پیشین در رابطه با این گیاه و یا سایر گیاهان دارویی گزارش شده است (Amin *et al.*, 2008; Herraiz-; Medina-Holguín *et al.*, 2008; Polatoğlu *et al.*, 2013; Peñalver *et al.*, 2013; Turkmenoglu *et al.*, 2015; Sadeghi *et al.*, 2014; El-Kalamouni *et al.*, 2017; Fattahi *et al.*, 2016; Saeidi *et al.*, 2018; Pljevljakušić *et al.*, 2017).

نتیجه گیری نهایی

بطور کلی نتایج این تحقیق، طیف وسیعی از تنوع فیتوشیمیایی را در اسانس ۱۰ گونه مختلف از گیاه بومادران نشان داد. در مرحله قبل از گلدهی و در تمامی گونه‌های مورد مطالعه و صرفنظر از برخی استثناات، ترکیبات 1,8-cineol، artemesia alcohol، germacrene-D، camphor، artemesia ketone، linalool، Terpineol و nerolidol به عنوان ترکیبات غالب (با فراوانی بیشتر از ۱۰ درصد) بصورت گزارش

همان‌طور که مشاهده می‌شود، گروه‌بندی ۱۰ گونه بومادران مورد مطالعه بر مبنای اجزای اسانس در مرحله قبل و بعد از گلدهی، تا حدودی متفاوت است. این امر نشان می‌دهد که احتمالاً گونه‌های مختلف بومادران طی مراحل مختلف رشد و نمو (برای مثال، قبل و بعد از گلدهی)، متابولیت‌های متفاوتی را تولید می‌نمایند. برای مثال، ممکن است گیاه برای جذب حشرات گرده‌افشان، ترکیبات معطر فراری تولید نماید که در مرحله قبل از گلدهی نیازی به تولید آن‌ها نیست. برعکس، ممکن است گیاه در مرحله قبل از گلدهی نیاز به متابولیت(هایی) داشته باشد که برای این مرحله ضروری هستند. درضمن، گروه‌بندی آن‌ها بر مبنای نواحی جغرافیایی نزدیک به هم نیز صورت پذیرفته است. برای توضیح این امر، باید خاطر نشان کرد که بذره‌های هر ۱۰ گونه، در یک مکان و تحت شرایط آب و هوایی کاملاً مشابه کشت شده‌اند؛ بنابراین تفاوت مشاهده شده، احتمالاً بیشتر منشأ ژنتیکی دارد؛ هرچند احتمال می‌رود که گونه‌های مربوط به نواحی جغرافیایی دیگر، احتمالاً و به‌منظور

ترکیبات غالب (با فراوانی بیش از ۱۰ درصد) بصورت گزارش شدند. همچنین با توجه به نتایج تجزیه کلاستر و PCA و با توجه به داده‌های فیتوشیمیایی قبل و بعد از گلدهی، تمامی ۱۰ گونه مورد مطالعه به ترتیب در سه و چهار گروه مجزا قرار گرفتند. در نهایت، نتایج این تحقیق نشان داد که تفاوت در نوع ترکیب شیمیایی اسانس ۱۰ گونه مورد مطالعه، چه از لحاظ کمیت و چه از لحاظ کیفیت، به فاکتورهای مختلفی نظیر نوع گونه مورد مطالعه، مراحل مختلف رشد و نموی (قبل و پس از گلدهی)، بک گراند ژنتیکی و احتمالاً فاکتورهای اقلیمی و جغرافیایی بستگی دارد.

شدند. بیشترین میزان 1,8-Cineole در گونه‌های *A. biberstini*، *A. eriophora*، *A. alepica*، *A. nobilis* و *A. filipendula* به دست آمد و دو گونه *A. eriophora* و *A. alepica* نیز بیشترین مقدار camphor را داشتند. همچنین در این تحقیق برای اولین بار، ماده ارزشمند Germacrene D در دو گونه *A. tenuifolia* و *A. wilhelmsii* به ترتیب با فراوانی ۴۳/۱۹ و ۴۷/۰۳ درصد گزارش شد. در مرحله بعد از گلدهی و در تمامی گونه‌های مورد مطالعه و صرفنظر از برخی استثنائات، ترکیبات Cubenol، Camphor، Germacrene D، Eucalyptol، Chamazulene، trans-Nerolidol، Sabinol و نهایتاً 2-Cyclohexen-1-ol، 1-methyl-4-(1-methylethyl)-، cis-

REFERENCES

1. Amin, G., Sourmaghi, M. S., Azizzadeh, M., Yassa, N. & Asgari, T. (2008). Seasonal variation of the essential oil composition of cultivated yarrow in Tehran-Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 11(6), 628-633.
2. Azadbakht, M., Morteza-Semnani, K. & Khansari, N. (2003). The essential oils composition of *Achillea wilhelmsii* C. Koch leaves and flowers. *Journal of Medicinal Plants*, 2(6), 55-58.
3. El-Kalamouni, C., Venskutonis, P., Zebib, B., Merah, O., Raynaud, C. & Talou, T. (2017). Antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil of *Achillea millefolium* L. grown in France. *Medicines*, 4(2), 30.
4. Fattahi, B., Nazeri, V., Kalantari, S., Bonfill, M. & Fattahi, M. (2016). Essential oil variation in wild-growing populations of *Salvia reuterana* Boiss. collected from Iran: Using GC-MS and multivariate analysis. *Industrial Crops and Products*, 81, 180-190.
5. Ghaderi, S., Sarailoo, M. H. & Ghanbari, V. (2012). Investigation of the components and antibacterial effects of three plant's essential oil *Coriandrum sativum*, *Achillea millefolium*, *Anethum graveolens* in vitro. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences*, 14.
6. Gharibi, S., Tabatabaei, B. E. S. & Saeidi, G. (2015). Comparison of essential oil composition, flavonoid content and antioxidant activity in eight *Achillea* species. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(6), 1382-1394.
7. Hammer, Ø., Harper, D. A. & Ryan, P. D. (2001). PAST: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 9.
8. Herraiz-Peñalver, D., Cases, M. Á., Varela, F., Navarrete, P., Sánchez-Vioque, R. & Usano-Aleman, J. (2013). Chemical characterization of *Lavandula latifolia* Medik. essential oil from Spanish wild populations. *Biochemical Systematics and Ecology*, 46, 59-68.
9. Kheiry, A., Sefidkon, F., Delshad, M., FATTAHI, M. M. & Izadi, A. (2013). Phytochemical variation of essential oils of *Achillea millefolium* L. from different habitats of Iran.
10. Lori-Gooini, Z., Rabiei, Z., Farhadi, B., Bijad, E., Azomon, E., & Rafieian-Kopaei, M. (2018). Investigation of chemical compounds and effects of *Achillea wilhelmsii* L essential oil on antioxidant and malondialdehyde levels of serum and brains of reserped mice. *Iranian Journal of Physiology and Pharmacology*, 2(3), 176-166.
11. Medina-Holguín, A. L., Holguín, F. O., Micheletto, S., Goehle, S., Simon, J. A. & O'Connell, M. A. (2008). Chemotypic variation of essential oils in the medicinal plant, *Anemopsis californica*. *Phytochemistry*, 69(4), 919-927.
12. Pljevljakušić, D., Ristić, M. & Šavikin, K. (2017). Screening of yarrow (*Achillea millefolium* Agg.) populations in Serbia for yield components and essential oil composition. *Lekovite Sirovine*, 37, 25-32.
13. Pluhár, Z., Szabó, D. & Sárosi, S. (2016). Effects of different factors influencing the essential oil properties of *Thymus vulgaris* L. *Plant Science Today*, 3(3), 312-326.

14. Polatoğlu, K., Karakoç, Ö. C. & Gören, N. (2013). Phytotoxic, DPPH scavenging, insecticidal activities and essential oil composition of *Achillea vermicularis*, *A. teretifolia* and proposed chemotypes of *A. biebersteinii* (Asteraceae). *Industrial Crops and Products*, 51, 35-45 .
15. Potzernheim, M. C., Bizzo, H. R., Silva, J. P. & Vieira, R. F. (2012). Chemical characterization of essential oil constituents of four populations of *Piper aduncum* L. from Distrito Federal, Brazil. *Biochemical Systematics and Ecology*, 42, 25-31.
16. Sadeghi, H., Jamalpoor, S. & Shirzadi, M. H. (2014). Variability in essential oil of *Teucrium polium* L. of different latitudinal populations. *Industrial Crops and Products*, 54, 130-134.
17. Saeidi, K., Moosavi, M., Lorigooini, Z. & Maggi, F. (2018). Chemical characterization of the essential oil compositions and antioxidant activity from Iranian populations of *Achillea wilhelmsii* K. Koch. *Industrial Crops and Products*, 112, 274-280.
18. Tabanca, N., Demirci, B., Gurbuez, I., Demirci, F., Becnel, J. J., Wedge, D. E. & Baser, K. H. (2011). Essential oil composition of five collections of *Achillea biebersteinii* from central Turkey and their antifungal and insecticidal activity: Agricultural Research Service University Ms Natural Products Utilization, 701-706.
19. Taheri, E., Shirzadian, K. R., Sharifi, S. G. R., Sabouri, A. & Abbaszadeh, K. (2016). Investigation of genetic and photochemical diversities of yarrow (*Achillea willhelmsii*) in Iran. *Modern Genetics Journal*, 367-376.
20. Turkmenoglu, F., Agar, O., Akaydin, G., Hayran, M. & Demirci, B. (2015). Characterization of volatile compounds of eleven *Achillea* species from Turkey and biological activities of essential oil and methanol extract of *A. hamzaoglu* Arabacı & Budak. *Molecules*, 20(6), 11432-11458.