

مطالعه خصوصیات فیتوشیمیایی و مورفولوژیک ارقام مختلف فندق (*Corylus avellana* L.)

علی شاهی قره‌لر^۱، نیما محمدنژادخیاوی^{۲*} و حسن ملکی لجایر^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۵/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۸)

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی ویژگی‌های فیتوشیمیایی و مورفولوژیک چهار رقم میوه فندق شامل سگورب، فرتیل، توندا دی جیفونی و نگر ت انجام شد. خصوصیات فیتوشیمیایی اسانس فندق‌ها با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی گازی - طیف‌سنج جرمی (GC-MS) مورد بررسی قرار گرفت. صفات مورفولوژیک مورد بررسی میوه شامل وزن خشک میوه، طول میوه، عرض میوه و وزن مغز بود. داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار مطالعه شدند. محاسبه ضریب همبستگی بین صفات نیز به روش پیرسون صورت گرفت. مشاهده شد که تمام صفات مورفولوژیک در ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشتند. نتایج نشان داد رقم نگر ت با میانگین ۲/۲۷۷ گرم بیشترین مقدار وزن خشک میوه، رقم سگورب با میانگین ۲۰/۱۰۷ میلی‌متر بیشترین مقدار طول میوه، با میانگین ۱/۰۱۲ گرم بیشترین وزن مغز و با میانگین ۱۹/۲۵۴ میلی‌متر، بیشترین مقدار عرض میوه را دارا بود. وزن میوه خشک با صفات طول میوه، عرض میوه و وزن مغز همبستگی معنی‌داری نشان داد. در صفت طول میوه با وزن مغز همبستگی معنی‌داری نشان داده نشد، اما با صفت عرض میوه معنی‌دار بود. عمده ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس فندق‌ها ترکیبات آلدئیدی، کتونی و الکلی بودند. ترکیبات عمده شناسایی شده در در رقم سگورب فندق عبارت بودند از intermedeol، alpha-eudesmol و beta-eudesmol neo. در رقم فرتیل ترکیبات شناسایی شده شامل Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one، 6-، piperitone oxide، methyl-3-(1-methylethyl)-7 و cineol بود. ترکیبات عمده موجود در اسانس رقم توندا دی جیفونی نیز cis-dihydrocarvone، nonanal، octanal، trans-dihydrocarvone بود و در رقم نگر ت، ترکیبات شناسایی شده شامل myrcene، dihydrocarvone و nonanal بود.

کلمات کلیدی: GC-MS، خواص فیتوشیمیایی، صفات مورفولوژیک، فندق

۱- استادیار گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشهدین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

۲- دانش آموخته دکتری تخصصی علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳- دانشیار گروه علوم گیاهی و گیاهان دارویی، دانشکده کشاورزی مشهدین شهر، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

* پست الکترونیک: nimanejad7@yahoo.com

مقدمه

فندق (*Corylus avellana* L.) گونه گیاهی از خانواده Betulaceae است که در آب و هوای معتدل و همچنین معتدل یا نیمه‌گرمسیری رشد می‌کند. درخت آن خزان پذیر، ناهم‌رس و تکپایه می‌باشد (نجد و گانت^۱، ۲۰۱۲). پراکنش جغرافیایی و رویشگاه‌های اصلی فندق در نیم‌کره شمالی و در کرانه دریاهای اقیانوس‌ها متمرکز بوده و شامل اروپا، قفقاز و بخش‌های شرقی آسیا و آمریکا می‌باشد (علی‌نیا^۲، ۱۹۹۸). فندق یکی از محصولات مهم خشکباری است که از نظر میزان تولید بعد از بادام هندی، گردو، بادام، شاه بلوط و پسته در رتبه ششم جهانی قرار دارد (آلاسوار^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). فندق علاوه بر این که یک محصول آجیلی پرمصرف می‌باشد، بلکه در صنایع غذایی، دارویی و عطری نیز استفاده می‌شود. مغز فندق به دلیل داشتن حدود ۶۰ درصد روغن، ۱۷/۵ درصد کربوهیدرات و ۱۳ تا ۱۷ درصد پروتئین و مقادیر زیادی مواد معدنی و ویتامین‌ها، می‌تواند نقش مهمی در تغذیه و سلامتی انسان داشته باشد (اوزدمیر و آکینجی^۴، ۲۰۰۴). در طب سنتی، فندق خام برای خستگی ذهنی و کم‌خونی توصیه می‌شود، عصاره‌های حاصل از مغز فندق در جلوگیری از اختلالات سیستم گردش خون استفاده می‌شود، (اولویرا^۵ و همکاران، ۲۰۰۷). اسانس‌ها مواد فرار و معطری هستند که از طریق تقطیر هیدرولیکی مواد گیاهی و میوه‌ها به‌دست می‌آیند. برای به دست آوردن اسانس می‌توان از قسمت‌های مختلف گیاهان از جمله گل‌ها، برگ‌ها، دانه‌ها، ریشه‌ها، ساقه‌ها و میوه‌ها استفاده کرد (اوگراش^۶ و همکاران، ۲۰۱۸). اسانس‌های حاصل از گیاهان و میوه‌های آن‌ها برای مدت طولانی به عنوان مواد معطر مورد استفاده در لوازم آرایشی، ضدعفونی، دارویی و ادویه شناخته شده‌اند. از نظر شیمیایی، آن‌ها مخلوط‌های چند جزئی از ترکیبات ترپن و مشتقات فیل پروپان و همچنین حاوی ترکیبات مشتق شده از نیتروژن، گوگرد و استیلن هستند (اوگراش و همکاران، ۲۰۱۸). ترکیبات موجود در اسانس‌ها شامل هیدروکربن، الکل، آلدئید، کتون، استر و اتر هستند. بیش از ۲۰۰۰ گونه گیاهی در سراسر جهان متعلق به ۲۵۰ خانواده گیاهی توانایی سنتز

اسانس‌ها را دارند (شریفی‌فر^۷ و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین اسانس‌ها گروهی ناهمگن از محصولات با منشاء گیاهی با ماهیت شیمیایی متنوع هستند و طیف وسیعی از خواص دارویی را نشان می‌دهند (لودویزوک^۸ و همکاران، ۲۰۰۱). امروزه، اسانس‌ها و اجزای آن‌ها به دلیل وضعیت نسبتاً ایمن، پذیرش گسترده مصرف‌کنندگان و کاربرد گسترده، علاقه بیشتری پیدا می‌کنند (ایوانو و همکاران، ۲۰۲۵).

در آینده با گسترش بازار جهانی و اهمیت کیفیت بالای محصولات، رقابت بین تولیدکنندگان افزایش پیدا خواهد کرد. کیفیت بالای فندق به شدت تحت تأثیر ترکیبات مغز می‌باشد که در ارقام مختلف متفاوت و بستگی به شرایط محیطی و اقلیمی دارد (کوکسال^۹ و همکاران، ۲۰۰۶). از طرفی به دلیل افزایش و شیوع بیماری‌های خطرناکی مانند سرطان، اهمیت مدیریت مواد غذایی غنی شده با بیواکتیوها و جا انداختن آن‌ها در رژیم غذایی معمول، حفظ فعالیت و زیست دسترس‌پذیری آن‌ها از مهمترین و چالش برانگیزترین مباحث پژوهشی در راستای تغذیه صحیح و سالم می‌باشد (شهیدی^{۱۰}، ۲۰۰۴). ارزیابی خصوصیات فیتوشیمیایی و مورفولوژیک میوه یکی از ابزارهای قابل اطمینان برای شناسایی و توصیف تنوع زیستی ارقام مختلف فندق است (حسین‌آوا و پیرخزری، ۱۳۸۹). وجود داده‌های قابل اعتماد حاصل از ارزیابی توده‌ها و ارقام گیاهی، شرایط اقلیمی، توپوگرافی و تراکم رویشگاه‌های طبیعی، پیش‌نیاز اولیه و مهم برای اتخاذ سیاست احیا، بهره‌برداری، کشت و توسعه اقتصادی فندق در هر منطقه است (سیلوستری^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۱). علاوه بر این، تنوع مورفولوژیک در ارقام مختلف فندق می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای اصلاح‌نژاد، افزایش عملکرد و سازگاری با شرایط محیطی ایفا کند. مطالعه هم‌زمان ویژگی‌های فیتوشیمیایی و مورفولوژیک ارقام مختلف فندق، نه تنها در شناسایی منابع ژنتیکی ارزشمند مؤثر است، بلکه می‌تواند به توسعه کشت پایدار و تولید محصولات با کیفیت بالا کمک کند (سیلوستری و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین، مطالعه و بررسی ترکیبات شیمیایی اسانس ممکن است به افزایش اهمیت میوه‌های درختی به عنوان یک نمونه غذایی

7. Sharififar
8. Ludwiczuk
9. Köksal
10. Shahidi
11. Silvestri

1. Najda and Gantner
2. AliNiaze
3. Alasalvar
4. Ozdemir and Akinci
5. Oliveira
6. Oğraş

۷/۹ و هدایت الکتریکی ۰/۵۳ میلی‌موس بر سانتی مترمربع، درصد آهک خاک ۷/۵ درصد، کربن آلی ۰/۸۱ درصد، نیتروژن کل ۰/۰۷۸ درصد، فسفر قابل جذب ۹/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم و پتاسیم قابل جذب ۲۰۹ پی‌پی‌ام بود. ارقام و ژنوتیپ‌های فندق شامل درختان بارور ۷ ساله به نام‌های سگورب، فرتیل، توندا دی‌جیفونی و نگرت به ترتیب با منشا اسپانیا، اسپانیا، ایتالیا و اسپانیا بودند که در فواصل ۴×۴ متر کاشته و به صورت تک‌پایه تربیت شده بودند. میوه‌ها در مرحله رسیدگی (زمانی که ۳۰ درصد رنگ پوست میوه‌ها به قهوه‌ای تغییر پیدا کرده بود) به صورت دستی و به‌طور تصادفی از تمامی جهات درخت میوه‌های سالم، بدون آفت و بیماری و با اندازه و شکل یکنواخت برداشت شدند. سپس میوه‌ها به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت انتقال داده شدند. تصاویر رقم‌های فندق مورد مطالعه در این تحقیق در شکل ۱ نشان داده شده است.

و دارویی کمک کند. این پژوهش با هدف بررسی و مقایسه چند رقم منتخب فندق از نظر شاخص‌های فیتوشیمیایی و ویژگی‌های مورفولوژیک، گامی مؤثر در جهت بهینه‌سازی برنامه‌های اصلاحی و بهره‌برداری علمی از این گیاه ارزشمند به‌شمار می‌آید. بنابراین، پژوهش حاضر با هدف بررسی ویژگی‌های فیتوشیمیایی و مورفولوژیک ۴ رقم میوه فندق شامل سگورب^۱، فرتیل^۲، توندا دی‌جیفونی^۳ و نگرت^۴ انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

روش تحقیق

این پژوهش به صورت میدانی در باغ شخصی واقع در شهرستان مشگین‌شهر با اقلیم سرد و کوهستانی که دارای زمستان‌های سرد و تابستان خنک می‌باشد، انجام شد. منطقه مورد نظر دارای بافت خاک لومی-رسی، pH برابر



شکل ۱- تصاویر رقم‌های فندق سگورب (a)، توندا دی‌جیفونی (b)، نگرت (c) و فرتیل (d).

میوه‌ها، پوست‌گیری شده و در شرایط سایه در گرمخانه مجهز به تهویه در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، خشک شدند. **آسیاب و الک کردن**
بعد از خشک شدن مغزهای فندق، به وسیله دستگاه آسیاب

تمیز کردن، پوسته‌گیری و خشک کردن

پس از جمع‌آوری میوه‌های مورد نظر در ابتدا پوشش سبز میوه‌ها جدا و تمیز شدند. پس از جدا کردن پوست سبز

3. Tonda di Giffoni
4. Negret

1. Segurbe
2. Fertile

مدل مولینکس ساخت کشور اسپانیا مغزهای مورد نظر آسیاب و سپس بوسیله الک آزمایشگاهی پارس (Testsieve-Mesh No.) الک گردید.

روش تهیه اسانس

اسانس مغزهای فندق (۵۰ گرم) به روش تقطیر با آب به کمک دستگاه اسانس‌گیری تیپ کلونجر استخراج گردید (در سه تکرار جداگانه) و پس از آب‌گیری توسط سولفات سدیم بدون آب تا زمان آنالیز در ظرف شیشه‌ای تیره در دمای یخچال نگهداری شد (عزیزی‌علیدوست^۱ و همکاران، ۲۰۲۰).

ارزیابی خصوصیات فیتوشیمیایی (آنالیز اسانس)

برای شناسایی اجزای تشکیل‌دهنده اسانس‌ها از روش‌های تجزیه‌ای GC-MS استفاده شد. جهت آنالیز GC-MS از دستگاه GC مدل Thermoquest 2000 متصل به طیف نگار جرمی مدل Thermofinnigan Mass مجهز به ستون موئین DB-1 (به طول ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر و ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر) استفاده شد. برنامه دمایی آون به این صورت تنظیم شد که دمای ابتدایی آن ۵۰ درجه سانتی‌گراد و توقف در این دما به مدت ۵ دقیقه، دمای انتهایی ۲۴۰ درجه سانتی‌گراد و گرادیان حرارتی ۳ درجه سانتی‌گراد در هر دقیقه، افزایش دما تا ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵ درجه در هر دقیقه و سه دقیقه توقف در این دما بود. دمای اتانک تریق ۲۹۰ درجه سانتی‌گراد بود و از گاز هلیوم به عنوان گاز حامل با سرعت جریان ۰/۸ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. طیف‌نگار جرمی مورد استفاده مدل ۵۹۷۳ Agilent با ولتاژ یونیزاسیون ۷۰ الکترون ولت، روش یونیزاسیون EI و دمای منبع یونیزاسیون ۲۲۰ درجه سانتی‌گراد بود.

درصد نسبی هر یک از ترکیبات با توجه به سطح زیر منحنی هر ترکیب در طیف کروماتوگراف گازی محاسبه گردید. شناسایی اجزا با کمک پارامتر اندیس بازداری و طیف‌های جرمی و مقایسه آن‌ها با ترکیبات استاندارد و اطلاعات موجود در بانک اطلاعات جرمی و مقایسه آن‌ها با ترکیبات استاندارد و اطلاعات موجود در بانک اطلاعات جرمی Wiley275.L صورت گرفت (امیرمحمدی^۲ و همکاران، ۲۰۲۰).

به منظور تعیین میزان اسانس در میوه، مقدار ۵۰ گرم از میوه‌ها به صورت تصادفی برداشت شد. هر نمونه بعد از آسیاب شدن به درون یک بالن یک لیتری ریخته شد و مقدار ۳۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه شد. سپس به مدت ۴ ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر، اسانس‌گیری صورت گرفت. اسانس به دست آمده توسط سولفات سدیم بدون آب، آب‌گیری شد و در نهایت، درصد اسانس با استفاده از رابطه زیر تعیین شد:

$$100 \times (\text{وزن میوه} / \text{وزن اسانس استخراج شده}) = \text{درصد اسانس}$$

ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی

صفات میوه از قبیل وزن، طول و عرض میوه و وزن مغز بعد از برداشت و خشک شدن در آزمایشگاه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ و ریزسنج دیجیتالی در سه تکرار اندازه گیری و نتایج به صورت میانگین گزارش شدند.

آنالیز آماری داده‌ها

داده‌ها در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه 24.0 تجزیه آماری شده و مقایسه میانگین به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد. محاسبه ضریب همبستگی بین صفات نیز به روش پیرسون صورت گرفت.

نتایج و بحث

ارزیابی خصوصیات مورفولوژیکی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین حاصل از اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک ۴ رقم مختلف فندق (جدول ۱)، مشاهده شد که تمام صفات مورفولوژیک در ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشتند. رقم نگر با میانگین ۲/۲۷۷ گرم بیشترین وزن خشک میوه را داشت که نشان‌دهنده پتانسیل بالای این رقم در تولید میوه‌های درشت‌تر و احتمالاً با ارزش اقتصادی بالاتر است. در مقابل، رقم فرتیل با میانگین ۱/۷۰۱ گرم کمترین وزن را داشت، که ممکن است به دلیل محدودیت‌های ژنتیکی یا سازگاری کمتر با شرایط محیطی باشد. ارقام سگورب توندا دی جیفونی به ترتیب با میانگین ۲۰/۱۰۷ و ۱۹/۵۱۴ میلی‌متر بیشترین مقدار و ارقام فرتیل و نگر به ترتیب با میانگین ۱۵/۱۰۳ و ۱۶/۶۵۴ میلی‌متر کمترین طول میوه را دارا

بودند. این ویژگی‌ها می‌توانند در بازارپسندی و فرآوری صنعتی فندق مؤثر باشند. مطالعات نشان داده‌اند که ابعاد میوه نقش مهمی در پذیرش مصرف‌کننده و قابلیت فرآوری دارند. ارقام سگورب و توندا دی جیفونی به ترتیب با میانگین های ۱۹/۲۵۴ و ۱۸/۹۸۷ میلی‌متر بیشترین مقدار عرض میوه را در بین ارقام داشته‌اند و رقم فرتیل با میانگین ۱۵/۶۲۴ میلی‌متر کمترین عرض میوه را داشتند. با توجه به نتایج به‌دست آمده رقم سگورب با میانگین ۱/۰۱۲ گرم بیشترین وزن مغز را داشته که از نظر ارزش تغذیه‌ای و اقتصادی اهمیت دارد. وزن مغز یکی از شاخص‌های کلیدی در ارزیابی کیفیت فندق است، زیرا بخش خوراکی میوه را تشکیل می‌دهد. رقم فرتیل نیز با میانگین ۰/۶۶۵ گرم با کمترین وزن مغز شناخته شد. فاکتور وزن خشک میوه یکی از صفات مهم در بررسی ارقام و ژنوتیپ‌های فندق است. به طوری که بر اساس بررسی‌های انجام شده روی ۲۹ ژنوتیپ فندق در کشور اسلونی، این صفت یکی از متنوع‌ترین صفت در بین ژنوتیپ‌ها تشخیص داده شد (سولار و اشتامپار، ۲۰۰۹). صفت وزن مغز نیز پراکندگی بیشتری در اطراف میانگین نسبت به بقیه صفات نشان داد. حسین‌آوا و پیرخزری (۱۳۸۹) در مطالعه تنوع مورفولوژیک ده ژنوتیپ فندق بیشترین و کمترین وزن میوه را به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های پشمینه (۲/۷ گرم) و شصتک (۱/۹ گرم) و کمترین وزن مغز در شیروانی (۱/۱ گرم) و گرد اشکورات (۱/۱ گرم) مشاهده کردند (حسین‌آوا و پیرخزری، ۱۳۸۹). در بررسی ۲۹ رقم فندق ایرانی از مناطق کلیبر، اشکورات و فندقلو، به‌همراه ۱ رقم تجاری فندق، میانگین طول میوه، ضخامت میوه، طول مغز و درصد مغز به ترتیب برای

ژنوتیپ‌های کلیبر ۲/۸۹ سانتی‌متر، ۱/۶۳ سانتی‌متر و ۱/۲۵ سانتی‌متر و ۲۰/۸۶٪، برای ژنوتیپ‌های اشکورات ۱/۷۲ سانتی‌متر، ۱/۶۸ سانتی‌متر، ۱/۳۴ سانتی‌متر ۴۵/۶۹٪ و برای ژنوتیپ‌های فندقلو ۱/۳۱ سانتی‌متر، ۱/۰۴ سانتی‌متر، ۰/۹۷ سانتی‌متر و ۳۹/۴۰٪ گزارش شد (قنبری و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج به‌دست آمده برای ارقام اشکورات با نتایج این پژوهش در مورد رقم سگورب مطابقت داشته و نشانگر اندازه نسبتاً کوچک میوه ولی درصد بالای مغز در این ارقام است. در کل مطالعات نشان می‌دهد که تنوع مورفوفیزیولوژیک بین جمعیت‌های فندق قابل توجه است و صفات مورفولوژیک مانند وزن میوه، طول و عرض آن و وزن مغز تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارند (اوجی اردبیلی^۲ و همکاران، ۲۰۲۳). همچنین، بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تفاوت‌های مورفولوژیک بین ارقام فندق می‌تواند به منشأ جغرافیایی و شرایط رشد بستگی داشته باشد (کرول و گانتنر^۳، ۲۰۲۰). بررسی تنوع و تفاوت ارقام فندق و گزینش ارقام با وزن مغز بالا، بخش قابل توجهی از برنامه‌های اصلاحی فندق را تشکیل می‌دهد (مهلنباچر و مولنار^۴، ۲۰۲۱). این تفاوت‌ها می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش عملکرد، بهبود کیفیت میوه و سازگاری با شرایط محیطی مورد استفاده قرار گیرند. به‌عنوان مثال، رقم سگورب با وزن مغز بالا و ابعاد مناسب می‌تواند گزینه‌ای مطلوب برای توسعه باغات تجاری باشد. در مقابل، رقم فرتیل با صفات ضعیف‌تر ممکن است برای اهداف خاصی مانند مقاومت به تنش‌ها یا استفاده در ترکیب‌های اصلاحی مناسب باشد.

جدول ۱- نتایج مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک میوه ارقام مختلف فندق

وزن مغز (g)	عرض میوه (mm)	طول میوه (mm)	وزن خشک میوه (g)	رقم
۱/۱۱۲ ^a	۱۹/۲۵۴ ^a	۲۰/۱۰۷ ^a	۲/۱۰۱ ^{b*}	سگورب
۰/۵۶۵ ^d	۱۵/۶۲۴ ^d	۱۵/۱۰۳ ^d	۱/۷۰۱ ^d	فرتیل
۰/۷۳۹ ^c	۱۸/۹۸۷ ^b	۱۹/۵۱۴ ^b	۱/۹۳۹ ^c	توندا دی جیفونی
۰/۹۰۱ ^b	۱۷/۸۴۰ ^c	۱۶/۶۵۴ ^c	۲/۲۷۷ ^a	نگرت

* اعداد دارای حروف غیرمشترک، تفاوت معنی‌دار بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارند.

همبستگی بین صفات

از همبستگی صفات برای بررسی و ایجاد رابطه منطقی و معنی‌دار بین صفات استفاده می‌شود. وجود همبستگی بین

دو صفت، رابطه خطی بین آن دو را نشان می‌دهد که در محدوده +۱ و -۱ متغیر است. همبستگی بالا بین صفات این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان از راه اندازه‌گیری هر کدام از صفات به وضعیت صفت همبسته پی برد، بنابراین از این طریق می‌توان با صرف زمان و هزینه کمتر بطور غیر مستقیم یک صفت را اندازه‌گیری کرد. ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی که در جدول ۲ آورده شده است نشان می‌دهد در بین بیشتر صفات اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، وزن خشک میوه با صفت‌های طول میوه، عرض میوه و وزن مغز همبستگی معنی‌داری نشان داد ($p < 0.01$). با توجه به نتایج به‌دست آمده در صفت طول میوه با وزن مغز همبستگی معنی‌داری نشان داده نشد، ولی با صفت عرض میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. صفت عرض میوه با وزن مغز همبستگی معنی‌داری نداشت این نتایج با نتایج حاصل از حسنی و همکاران (۱۳۹۶) که خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی میوه چند رقم فندق را بررسی کردند، کاملاً مطابقت داشت (حسنی و همکاران، ۱۳۹۶). در آن مطالعه نیز این نتیجه به‌دست آمد که وزن خشک میوه با صفت

های طول میوه، عرض میوه و وزن مغز همبستگی معنی‌داری نشان داد. همچنین نتایج حسنی و همکاران (۱۳۹۶) نشان داد که در صفت طول میوه با صفت عرض میوه همبستگی وجود داشت. بررسی همبستگی بین صفات مورفولوژیکی ارقام مختلف فندق در این مطالعه این امکان را می‌دهد تا روابط درونی بین ویژگی‌های میوه را شناسایی کرد. با تحلیل همبستگی، مشخص شد که برخی صفات مانند وزن خشک میوه با سایر صفات مهم مانند طول میوه، عرض میوه و وزن مغز همبستگی مثبت و معنی‌داری دارند. این یافته‌ها به شناسایی صفاتی کمک کرد که می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های غیرمستقیم برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند. بنابراین، همبستگی‌های بالا بین برخی صفات نشان داد که می‌توان از برخی ویژگی‌ها به‌عنوان نماینده گروهی از صفات استفاده کرد و بدین ترتیب از پیچیدگی تحلیل‌ها کاست. همچنین، این تحلیل به درک بهتر ساختار فنوتیپی ارقام فندق کمک کرد و نشان داد که چگونه تغییر در یک صفت می‌تواند بر سایر صفات تأثیرگذار باشد.

جدول ۲- ضریب همبستگی صفات مورد مطالعه در ارقام مختلف فندق

عرض میوه	طول میوه	وزن خشک میوه	صفت
			وزن خشک میوه
		۰/۲۸۹ *	طول میوه
	۰/۲۸۵ *	۰/۳۷۲ **	عرض میوه
۰/۱۹۵ ns	- ۰/۰۷۰ ns	۰/۷۴۳ **	وزن مغز

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ارزیابی خصوصیات فیتوشیمیایی (آنالیز اسانس)

بررسی فیتوشیمیایی اسانس ارقام مختلف فندق نشان دهنده تنوع قابل توجه ترکیبات زیست‌فعال است که با مطالعات اخیر نیز هم‌راستا بوده و می‌تواند مبنای انتخاب ارقام برتر برای کاربردهای دارویی، غذایی و اصلاحی باشد. میزان اسانس رقم سگورب ۵۱/۰ درصد اندازه‌گیری گردید. با توجه به نتایج در مجموع ۲۹ ترکیب از اسانس رقم سگورب فندق شناسایی شد (جدول ۳). ترکیبات عمده شناسایی شده در در رقم سگورب فندق عبارت بودند از ntermedeol neo (۱۹/۸۷٪)، beta-eudesmol (۸/۰۳٪) و alpha-eudesmol (۷/۰۱٪). میزان اسانس اندازه‌گیری شده برای رقم فرتیل ۳۹/۰ درصد بود. در رقم فرتیل فندق

۲۷ ترکیب شناسایی گردید که ترکیبات عمده شناسایی شده در آن شامل Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one, 6- piperitone (۱۸/۲۵٪)، 7-methyl-3-(1-methylethyl) oxide (۱۴/۴۸٪) و 1,8-cineol (۸/۱۳٪) بودند (جدول ۴). ترکیب piperitone oxide از جمله ترکیبات مشترک بین رقم سگورب و فرتیل بود. میزان اسانس رقم توندا دی جیفونی ۴۱/۰ درصد اندازه‌گیری گردید. ترکیبات عمده موجود در اسانس رقم توندا دی جیفونی octanal (۸/۲۴٪)، nonanal (۵/۲۷٪)، cis-dihydrocarvone (۵/۸۰٪) و trans-dihydrocarvone (۵/۰۸٪) مشاهده گردید (جدول ۵). ترکیب آلدئیدی octanal در همه ارقام فندق مورد مطالعه در این پژوهش به غیر از رقم سگورب مشاهده شد

که مسئول عطر روغنی-پرتقالی فندق می باشد (آرتیک^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). همچنین nonanal ترکیب آلدئیدی دیگری بود که در همه ارقام مورد مطالعه فندق شناسایی شد. میزان اسانس رقم نگرت ۰/۴۷ درصد بود. از جمله ترکیبات عمده شناسایی شده در رقم نگرت dihydrocarvone (۱۴/۳۵٪)، myrcene (۷/۰۱٪) و nonanal (۶/۸۶٪) بود (جدول ۶). ترکیب myrcene یک هیدروکربن طبیعی آلکن و مسئول عمده عطر فندق است که در همه ارقام مورد مطالعه فندق شناسایی گردید. ترکیب dihydrocarvone که از جمله ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس اکثر گیاهان می باشد، به‌غیر از رقم سگورب در ارقام دیگر مورد مطالعه در این پژوهش شناسایی شد. رقم نگرت بیشترین میزان dihydrocarvone در همه ارقام مورد مطالعه به خود اختصاص داد (۱۴/۳۵٪) و کمترین میزان آن در رقم فرتیل با ۱/۳۷٪ مشاهده گردید. علاوه بر ترکیبات ذکر شده، چند ترکیب ضد میکروبی نیز در ارقام فندق مورد مطالعه در این پژوهش شناسایی گردید که از شاخص‌ترین این ترکیبات می‌توان به germacrene-D، beta-cariophyllene و limonene اشاره کرد. ترکیب ضد میکروبی beta-cariophyllene در همه ارقام مورد مطالعه فندق شناسایی گردید که بیشترین مقدار آن با ۴/۲۴٪ مربوط به رقم فرتیل بود و کمترین میزان آن در رقم توندا دی‌جیفونی با ۱/۲۰٪ مشاهده شد. ترکیب germacrene-D در ارقام فرتیل و نگرت فندق شناسایی گردید که بیشترین مقدار آن با ۲/۶۲٪ به رقم ۴ و کمترین میزان آن به رقم ۲ با ۱/۵۳٪ مربوط بود. ترکیب limonene در ارقام فرتیل، توندا دی‌جیفونی و نگرت مشاهده گردید که بیشترین مقدار آن با ۳/۰۸٪ به رقم فرتیل و کمترین میزان آن به رقم توندا دی‌جیفونی با ۱/۲۶٪ مربوط بود. نتایج حاصل از آنالیز اسانس ارقام مختلف فندق در این پژوهش نشان داد که ترکیبات غالب شامل گروه‌های آلدئیدی، کتونی، الکلی و ترپنی هستند. ترکیباتی مانند nonanal، myrcene، octanal، dihydrocarvone و beta-caryophyllene نه تنها در ایجاد عطر و طعم فندق نقش دارند، بلکه دارای خواص زیستی مهمی نیز هستند. مطالعات اخیر نیز این یافته‌ها را تأیید می‌کنند. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای که توسط نواز و خلیفه^۲ (۲۰۲۱) انجام شد،

ترکیبات زیست‌فعال موجود در فرآورده‌های روغنی فندق از جمله monoterpenes و sesquiterpenes به‌عنوان عوامل مؤثر در خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی معرفی شدند. همچنین، پژوهشی در سال ۲۰۲۰ نشان داد که عصاره‌های فلی فندق آمریکایی دارای فعالیت ضد میکروبی قابل توجهی علیه باکتری‌های گرم مثبت و منفی هستند که نقش ترکیباتی مانند limonene و germacrene-D را برجسته می‌سازد (بارتا^۳ و همکاران، ۲۰۲۰). در مطالعه‌ای دیگر، ترکیبات موجود در پوست و روغن فندق خام و برشته شده مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که ترکیباتی مانند myrcene و cineol در ایجاد اثرات آنتی‌اکسیدانی و ضد التهابی نقش دارند (روندانی^۴ و همکاران، ۲۰۲۳). این یافته‌ها با نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا هستند به‌ویژه در مورد ترکیب myrcene که در همه ارقام مورد مطالعه شناسایی شد و به‌عنوان عامل اصلی عطر فندق شناخته می‌شود. از منظر کاربردی، شناسایی ترکیباتی مانند beta-caryophyllene و limonene که در مطالعات متعدد به عنوان ترکیبات ضد میکروبی و ضد التهابی معرفی شده‌اند، نشان‌دهنده پتانسیل بالای اسانس فندق برای استفاده در صنایع دارویی و آرایشی است. همچنین، تنوع نسبی در غلظت این ترکیبات بین ارقام مختلف می‌تواند مبنایی برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در برنامه‌های اصلاحی و زیست فناوری باشد. در مجموع، نتایج این پژوهش با ارائه داده‌های دقیق از ترکیبات غالب و منحصر به فرد در هر رقم، زمینه‌ساز توسعه کاربردهای صنعتی و پژوهش‌های آینده در حوزه فندق و فرآورده‌های آن خواهد بود.

بررسی بین ارقام و جمعیت‌های مختلف تأیید می‌کند که علاوه بر ژنوتیپ، اقلیم منطقه نیز فاکتور مهم و تأثیرگذاری روی ترکیبات محتوایی فندق است (اوزدمیر و آکینچی، ۲۰۰۴). نکته قابل توجه دیگر این است که در مطالعه حاضر مشابه با اکثر مطالعات دیگر که به ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف فندق پرداخته شده است، در مقدار ترکیبات، اختلاف وجود دارد. این اختلاف در ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس به تفاوت در درجه حرارت، رطوبت نسبی، مدت زمان نور خورشید، شرایط آب و هوایی و بارش باران بستگی دارد (اوچی اردبیلی و همکاران، ۲۰۲۳، لودویزوک و همکاران، ۲۰۰۱).

3. Barta

4. Rondanelli

1. Artik

2. Nawaz and Khalifa

جدول ۳- ترکیبات شناسایی شده در اسانس فندق- رقم سگورب

ردیف	نام ترکیب	شاخص	درصد	ردیف	نام ترکیب	شاخص	درصد
		بازداری				بازداری	
۱	alpha-thujene	۹۲۹	۰/۷۵	۱۶	Spathulenol	۱۵۷۵	۱/۵۷
۲	Cyclofenchene	۹۳۷	۰/۶۳	۱۷	Globulol	۱۵۸۱	۴/۵۲
۳	alpha-fenchene	۹۵۰	۰/۲۷	۱۸	gamma-eudesmol	۱۶۲۹	۳/۵۳
۴	Myrcene	۹۹۱	۱/۷۲	۱۹	tau-muurolol	۱۶۴۰	۲/۰۲
۵	p-cymene	۱۰۲۵	۰/۲۵	۲۰	beta-eudesmol	۱۶۴۸	۸/۰۳
۶	gamma-terpinene	۱۰۶۰	۲/۷۵	۲۱	alpha-eudesmol	۱۶۵۲	۷/۰۱
۷	Nonanal	۱۱۰۲	۲/۵۲	۲۲	intermedeol neo	۱۶۵۷	۱۹/۸۷
۸	myroxide (Z)	۱۱۳۳	۲/۳۳	۲۳	Cinnamaldehyde, α -hexyl-	۱۷۴۴	۱/۶۴
۹	terpinen-4-ol	۱۱۷۶	۲/۳۸	۲۴	3-octadecene	۱۷۸۹	۱/۱۳
۱۰	Unknown (1)	۱۲۱۵	۰/۶۷	۲۵	Si compound (probably from GC column)	۱۸۱۷	۲/۸۹
۱۱	piperitone oxide	۱۳۶۷	۴/۲۲	۲۶	disobutyl phtalate (plasticizer)	۱۸۷۱	۱/۰۶
۱۲	beta-cariophyllene	۱۴۱۶	۲/۲۲	۲۷	dibutyl phtalate (plasticizer)	۱۹۶۴	۳/۰۳
۱۳	Unknown (2)	۱۵۲۵	۲/۰۰	۲۸	hexadecanoic acid	۱۹۶۸	۲/۱۹
۱۴	Dihydroagarofuran <-cis>	۱۵۲۷	۳/۱۷	۲۹	1-docosene	۱۹۹۰	۱/۱۱
۱۵	Unknown (3)	۱۵۵۵	۱/۹۱				

جدول ۴- ترکیبات شناسایی شده در اسانس فندق- رقم فرتیل

ردیف	نام ترکیب	شاخص	درصد	ردیف	نام ترکیب	شاخص	درصد
		بازداری				بازداری	
۱	1-hexanol	۸۶۶	۰/۳۱	۱۵	alpha-terpineol	۱۱۸۸	۱/۱۴
۲	alpha-thujene	۹۲۹	۱/۵۰	۱۶	dihydrocarvone	۱۱۹۳	۱/۳۷
۳	Cyclofenchene	۹۳۶	۲/۲۴	۱۷	Unknow	۱۲۱۵	۰/۶۷
۴	alpha-fenchene	۹۵۰	۱/۱۱	۱۸	E-dihydrocarvone	۱۲۳۷	۰/۷۵
۵	Sabinene			۱۹	7-Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one,		۱۸/۲۵
		۹۷۵	۰/۳۶		6-methyl-3-(1-methylethyl)-	۱۲۵۳	
۶	beta-pinene	۹۷۸	۱/۶۸	۲۰	alpha-terpineol acetate	۱۳۴۸	۳/۵۴
۷	Myrcene	۹۹۱	۳/۵۱	۲۱	piperitone oxide	۱۳۶۴	۱۴/۴۸
۸	Octanal	۱۰۰۱	۰/۱۷	۲۲	beta-cariophyllene	۱۴۱۶	۴/۲۴
۹	p-cymene	۱۰۲۵	۰/۵۰	۲۳	germacrene-D	۱۴۷۸	۱/۵۳
۱۰	Limonene	۱۰۲۹	۳/۰۸	۲۴	carvone acetate	۱۵۶۳	۳/۱۱
۱۱	1,8-cineol	۱۰۳۱	۸/۱۳	۲۵	diethyl phtalate	۱۵۹۰	۳/۸۸
۱۲	gamma-terpinene	۱۰۶۰	۱/۵۶	۲۶	Diisobutyl phtalate	۱۸۷۰	۳/۴۸
۱۳	Nonanal	۱۱۰۲	۰/۶۹	۲۷	Dibutyl phtalate	۱۹۶۳	۲/۹۱
۱۴	terpinen-4-ol	۱۱۷۶	۱/۰۰				

نتیجه‌گیری کلی

در این مطالعه ویژگی‌های فیتوشیمیایی و مورفولوژیک ۴ رقم میوه فندق شامل سگورب، فرتیل، توندا دی‌جیفونی و نگر ت بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که تمام صفات مورفولوژیک در ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری داشتند. نتایج نشان داد رقم نگر ت با میانگین ۲/۲۷۷ گرم بیشترین مقدار وزن خشک میوه، رقم سگورب با میانگین

۲۰/۱۰۷ میلی‌متر بیشترین مقدار طول میوه با میانگین ۱/۰۱۲ گرم بیشترین وزن مغز و با میانگین ۱۹/۲۵۴ میلی‌متر، بیشترین مقدار عرض میوه را دارا بود. وزن میوه خشک با صفات‌های طول میوه، عرض میوه و وزن مغز همبستگی معنی‌داری نشان داد. در صفت طول میوه با وزن مغز همبستگی معنی‌داری نشان داده نشد، ولی با صفت عرض میوه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. عمده ترکیبات

1,8- piperitone oxide, 7-methyl-3-(1-methylethyl) cineol بود. ترکیبات عمده موجود در اسانس رقم توندا دی‌جیفونی نیز nonanal, octanal, cis-dihydrocarvone و trans-dihydrocarvone بود و در رقم نگرت، ترکیبات dihydrocarvone, myrcene و nonanal شناسایی شد.

تشکیل‌دهنده اسانس فندق‌ها ترکیبات آلدئیدی، کتونی و الکلی بودند. ترکیبات عمده شناسایی شده در در رقم سگورب فندق عبارت بودند از beta- intermedeol neo, eudesmol و alpha-eudesmol. در رقم فرتیل ترکیبات شناسایی شامل 6- Oxabicyclo[4.1.0]heptan-2-one,

جدول ۵- ترکیبات شناسایی شده در اسانس فندق - رقم توندا دی‌جیفونی

ردیف	نام ترکیب	شاخص درصد بازداری	ردیف	نام ترکیب	شاخص درصد بازداری
۱	1-hexanol	۸۶۶	۱۴	gamma-terpinene	۱۰۶۰
۲	2-heptanone	۸۸۹	۱۵	1-octanol	۱۰۷۳
۳	Heptanal	۹۰۰	۱۶	nonanal	۱۱۰۱
۴	alpha-yhujene	۹۲۹	۱۷	terpinen-4-ol	۱۱۷۶
۵	Cyclofenchene	۹۳۶	۱۸	cis-dihydrocarvone	۱۱۹۳
۶	alpha-fenchene	۹۴۹	۱۹	trans-dihydrocarvone	۱۲۳۷
۷	1-heptanol	۹۷۱	۲۰	beta-cariophyllene	۱۴۱۶
۸	Methacrylic acid anhydride (?)	۹۷۴	۲۱	gamma-cadinene	۱۵۱۰
۹	Sabinene	۹۷۷	۲۲	delta-cadinene	۱۵۲۰
۱۰	Myrcene	۹۹۱	۲۳	4-Butyl-1,3-cyclopentanedione	۱۵۸۹
۱۱	Octanal	۱۰۰۰	۲۴	1-octadecene	۱۷۸۸
۱۲	p-cymene	۱۰۲۴	۲۵	Phtalic acid, hex-2-yn-4-yl hexyl ester	۱۸۷۱
۱۳	Limonene	۱۰۲۹	۲۶	dibutyl phtalate	۱۹۶۳

جدول ۶- ترکیبات شناسایی شده در اسانس فندق - رقم نگرت

ردیف	نام ترکیب	شاخص درصد بازداری	ردیف	نام ترکیب	شاخص درصد بازداری
۱	Heptanal	۹۰۰	۱۳	nonanal	۱۱۰۱
۲	alpha-thujene	۹۲۹	۱۴	myroxide (Z)	۱۱۳۳
۳	Cyclofenchene	۹۳۶	۱۵	terpinen-4-ol	۱۱۷۶
۴	alpha-fenchene	۹۴۹	۱۶	dihydrocarvone (Z)	۱۱۹۳
۵	1-heptanol	۹۷۱	۱۷	Unknown (I)	۱۲۱۵
۶	Sabinene	۹۷۷	۱۸	beta-cariophyllene	۱۴۱۶
۷	Myrcene	۹۹۱	۱۹	germacrene-D	۱۴۷۸
۸	Octanal	۱۰۰۰	۲۰	diethyl phtalate	۱۵۸۹
۹	Limonene	۱۰۲۹	۲۱	dibutyl phtalate	۱۹۶۳
۱۰	1,8-cineole	۱۰۳۱	۲۲	5-octadecene	۱۹۸۹
۱۱	gamma-terpinene	۱۰۶۰	۲۳	Heneicosane, 1-cyclopentyl-	۲۰۶۴
۱۲	1-octanol	۱۰۷۳			

با مراحل مختلف رویش گیاه و همچنین شرایط محیطی (تغییرات فصلی و جغرافیایی، ترکیب خاک) مرتبط باشد. در مقدار درصد ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس ارقام مختلف فندق نیز، اختلاف مشاهده شد. بنابراین مقایسه ویژگی‌های مورفولوژیک و ترکیبات به‌دست آمده از اسانس ارقام مختلف با نتایج سایر محققان نشان می‌دهد که مسائل ژنتیکی و

تفاوت‌های نسبتاً زیادی بین ارقام مختلف از نظر حضور یا عدم حضور برخی ترکیبات وجود داشت. با این حال، برخی ارقام فندق از نظر حضور برخی ترکیبات مشترک بودند. بنابراین در ترکیب شیمیایی اسانس ارقام مختلف فندق در مطالعه حاضر و در میان مطالعات انجام شده تاکنون تغییرات زیادی وجود دارد. تغییرپذیری چنین ممکن است

عوامل محیطی از جمله عوامل مهم تأثیرگذار در تغییرات صفات مورفولوژیک و تغییرات نوع و درصد ترکیبات اسانس می‌باشند.

تقدیر و تشکر

از دانشگاه محقق اردبیلی به دلیل تأمین هزینه و امکانات این تحقیق تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

- حسنی، ح.، حق‌جویان، ر. و میری، س. ۱۳۹۶. مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی میوه چند رقم و ژنوتیپ فندق. کنفرانس بین‌المللی علوم کشاورزی، گیاهان دارویی و طب سنتی، مشهد.
- حسین‌آوا، س. و پیرخضری، م. ۱۳۸۹. ارزیابی خصوصیات کمی و کیفیت در تعدادی از ارقام فندق (*Corylus avellana* L.) در شرایط اقلیمی کرج. به زراعی نهال و بذر، ۲۶(۳): ۳۲۹-۳۴۲.
- قنبری، ع.، آقاپور، م. و پیرایش‌بیگباغی، ع. ۱۳۹۷. ارزیابی تنوع ژنتیکی برخی تیپ‌های بومی فندق (*Corylus avellana* L.) بر اساس صفات مورفولوژیکی در منطقه اهر. مجله پژوهش‌های گیاهی، ۳۱(۴): ۹۲۲-۹۳۵.
- Alasalvar, C., Salas-Salvadó, J., Ros, E. and Sabaté, J. eds. 2020. Health benefits of nuts and dried fruits. CRC Press.
- AliNiazee, M.T. 1998. Ecology and management of hazelnut pests. Annual Review of Entomology, 43(1): 395-419.
- Amirmohammadi, F.Z., Azizi, M., Nemati, S.H., Iriti, M. and Vitalini, S. 2020. Analysis of the essential oil composition of three cultivated *Nepeta* species from Iran. Zeitschrift für Naturforschung C, 75(7-8): 247-254.
- Artik, N., Akan, S., Okay, Y., Durmaz, N. and Köksal, A.İ. 2021. Volatile aroma component of natural and roasted hazelnut varieties using solid-phase microextraction gas chromatography/mass spectrometry. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 20(5): 85-96.
- Azizi Alidoust, F., Anvari, M. and Ataei Jaliseh, S. 2020. Antimicrobial activity of aqueous and alcoholic extracts of chamomile, fleawort, aquatic pennyroyal and nettle plants on *Klebsiella pneumoniae* and comparing their effects with common antibiotics. Iranian Journal of Medical Microbiology, 14(4): 361-373.
- Barta, T., Demchik, M., Moll, S., Gontkovic, A., Hall, J. and Fischbach, J. 2020. Antimicrobial properties of American Hazelnut oil and extracts. American Journal of Essential Oils and Natural Products, 8(1): 13-16.
- Ivanova, S., Staynova, R., Koleva, N., Ivanov, K. and Grekova-Kafalova, D., 2025. Public perception and usage trends of essential oils: findings from a nationwide survey. Cosmetics, 12(2): 53.
- Köksal, A.İ., Artik, N., Şimşek, A. and Güneş, N. 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. Food Chemistry, 99(3): 509-515.
- Król, K. and Gantner, M. 2020. Morphological traits and chemical composition of hazelnut from different geographical origins: A review. Agriculture, 10(9): 375.
- Ludwiczuk, A., Najda, A., Wolski, T. and Baj, T. 2001. Chromatographic determination of the content and the composition of extracts and essential oils from the fruits of three varieties of stalk celery (*Apium graveolens* L. var. dulce Mill. Pers.). JPC-Journal of Planar Chromatography-Modern TLC, 14(6): 400-404.
- Mehlenbacher, S.A. and Molnar, T.J. 2021. Hazelnut breeding. Plant breeding reviews, 45: 9-141.
- Mehlenbacher, S.A. 2012. Integrating molecular tools and conventional approaches in the Oregon State University hazelnut breeding program. Snieszko, Richard A.; Yanchuk, Alvin D.; Kliejunas, John T: 171-173.
- Najda, A. and Gantner, M. 2012. Chemical composition of essential oils from the buds and leaves of cultivated hazelnut. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus, 11(5): 91-100.
- Nawaz, A. and Khalifa, I. 2021. Bioactive Phytochemicals from Hazelnut (*Corylus*) Oil-Processing By-Products. In Bioactive Phytochemicals from Vegetable Oil and Oilseed Processing By-products (1-18). Cham: Springer International Publishing.
- Ochi-Ardabili, M., Nourafcan, H., Naghdi Badi, H., Mohebalipour, N. and Qaderi, A. 2023. Morphophysiological and phytochemical diversity of hazelnut (*Corylus avellana* L.) populations in northwestern Iran. Journal of Medicinal plants and By-products, 12(4): 305-318.

- Oğraş, Ş.Ş., Kaban, G. and Kaya, M. 2018. Volatile compounds and fatty acid composition of crude and refined hazelnut oils. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 49(2): 104-110.
- Oliveira, I., Sousa, A., Valentão, P., Andrade, P.B., Ferreira, I.C., Ferreres, F., Bento, A., Seabra, R., Estevinho, L. and Pereira, J.A. 2007. Hazel (*Corylus avellana* L.) leaves as source of antimicrobial and antioxidative compounds. Food chemistry, 105(3): 1018-1025.
- Ozdemir, F. and Akinci, I. 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. Journal of Food Engineering, 63(3): 341-347.
- Rondanelli, M., Nichetti, M., Martin, V., Barrile, G.C., Riva, A., Petrangolini, G., Gasparri, C., Perna, S. and Giacosa, A. 2023. Phytoextracts for human health from raw and roasted hazelnuts and from hazelnut skin and oil: A narrative review. Nutrients, 15(11): 2421.
- Shahidi, F. 2004. Functional foods: Their role in health promotion and disease prevention. Journal of Food Science, 69(5): 146-149.
- Sharififar, F., Mozaffarian, V. and Moradkhani, S. 2007. Comparison of antioxidant and free radical scavenging activities of the essential oils from flowers and fruits of *Otostegia persica* Boiss. Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBS, 10(21): 3895-3899.
- Silvestri, C., Bacchetta, L., Bellincontro, A. and Cristofori, V. 2021. Advances in cultivar choice, hazelnut orchard management, and nut storage to enhance product quality and safety: an overview. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(1): 27-43.
- Solar, A. and Štampar, F. 2009. Performance of hazelnut cultivars from Oregon in northeastern Slovenia. HortTechnology, 19(3): 653-659.