# بررسی ترکیبات فیتوشیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی11 رقم و ژنوتیپ میوه فندق در منطقه اشکورات رودسر

شبنم یعقوبی فر[1]، ولی ربیعی[2*]، فرهنگ رضوی[3]، داود جوادی[4]، اکبرحسنی[5]

1- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
2- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
3- استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
4- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان
5- استادیارگروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

**(تاریخ دریافت: 98 /11/19 تاریخ پذیرش: 99/03/17)**

## چکیده

فندق به عنوان یکی از مهمترین میوه‌های خشکباری حاوی مجموعه با ارزشی از آنتی‌اکسیدان‌ها و مواد مغذی است. کیفیت مغز فندق به شدت تحت تأثیر ترکیبات آن قرار دارد. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات بیوشیمیایی مغز فندق بیشتر به رقم، شرایط اقلیمی و اثر متقابل شرایط آب و هوایی و ژنوتیپ بستگی دارد. مطالعه حاضر، به منظور بررسی خصوصیات کیفی از جمله میزان ویتامین ث، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، فلاونوئید کل و عناصر معدنی در 11 رقم و ژنوتیپ شامل هفت رقم وارداتی به نام‌های روند دوپیمونت، نگرت، سگورب، سیوری، مورفینسکی، فرتیل دکوتارد، سوچی، و چهار ژنوتیپ بومی به نام‌های اشکور1، اشکور2، اشکور3 و اشکور4 در منطقه اشکورات رودسر در سال 1396 انجام شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد در کلیه صفات مورد مطالعه در بین ارقام و ژنوتیپ‌های فندق اختلاف معنی‌داری ($P\leq 0.01$) وجود دارد که این امر نشان دهنده تنوع ژنتیکی بالا در بین ارقام و ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. تجزیه همبستگی صفات نشان دهنده وجود ارتباط مثبت و منفی معنی‌داری در برخی از صفات مهم بود. با توجه به دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای به روش "وارد"، در فاصله اقلیدسی 27، ارقام و ژنوتیپ‌های فندق در چهار خوشه اصلی دسته بندی شدند.

**کلیدواژگان:** فندق، عناصر معدنی، خواص آنتی‌اکسیدانی، تجزیه خوشه‌ای

* مسئول مکاتبات: rabiei@znu. ac. ir



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

## 1- مقدمه

فندق به دلیل دارا بودن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی متنوع به بدن انسان درختنی سازی اثرات نامطلوب رادیکال‌های آزاد کمک موثری می‌کند. رادیکال‌های آزاد اتم‌های فعال هستند که بر حسب الکترون‌هایی که دارند باردار هستند. رادیکال‌ها در همه‌ی ارگانیسم‌های زنده در طی واکنش‌های اکسیداسیون که به عنوان بخشی از متابولیسم طبیعی رخ می‌دهد تشکیل می‌شوند [1]. رادیکال‌های آزاد حاوی اکسیژن که تحت عنوان گونه‌های فعال اکسیژن[1] نامیده می‌شوند (ROS) مهمترین رادیکال‌های آزاد بیولوژیک هستند [2]. شرایط نامطلوب مانند تنش‌های محیطی نظیر زخم، سرما، خشکی، تابش UV و حمله پاتوژن‌ها سبب افزایش بیش از حد غلظت رادیکال‌های آزاد و منجر به تنش اکسیداتیو می‌شود [3]. ویژگی عمده تنش اکسیداتیو تولید زیاد گونه‌های اکسیژن فعال در مقادیری فراتر از توان دفاعی سیستم آنتی‌اکسیدان سلول است [4]. بدن انسان می‌تواند آن‌ها را خنثی کند اما سیستم دفاعی بدن ما بطور کامل کارآمد نیست، از این رو با گذشت زمان تجمع رادیکال‌های آزاد موجب آسیب سلولی و پیری بدن می‌شود همچنین، به عنوان عامل ایجاد انواع عارضه‌های پاتولوژیک مانند آنروژنز و سرطان‌زایی مطرح شده است [5]. مکانیسم‌هایی که معمولا برای غیر فعال سازی ROS استفاده می‌شود از طریق استفاده از آنتی‌اکسیدان‌هاست [6]. در علم مواد غذایی آنتی‌اکسیدان‌ها در عمل جلوگیری از اکسیداسیون چربی در غذا و کاهش اثرات نامطلوب رادیکال‌های آزاد بر عملکرد فیزیولوژی طبیعی انسان بسیار مهم هستند [7]. آنتی‌اکسیدان‌های بدست آمده از طریق مصنوعی مانند BHA (بوتیل هیدروکسی آنیزول) و BHT (بوتیل هیدروکسیتولین) بطور گسترده در صنایع غذایی استفاده و در رژیم غذایی انسان قرار گرفته‌اند. با این حال در سال‌های اخیر استفاده از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی بدلیل نگرانی‌های مربوط به ایمنی ترکیبات مصنوعی افزایش پیدا کرده است [8]. انجمن قلب آمریکا مصرف مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی را به افراد توصیه نمی‌کند، تا اطلاعات بیشتری در این زمینه بدست آید. در عوض پیشنهاد می‌کنند روزانه تنوعی از غذاها را از همه گروههای غذایی اصلی مصرف کنند [9 و 10]. فندق حاوی مجموعه با ارزشی از آنتی‌اکسیدان‌های سینرژیت از جمله توکوفرول‌ها (بطور عمده: آلفاتوکوفرول)، فنل‌ها، فلاونوئیدها، ویتامین‌ها، فیتواستروژن، سلنیوم و اسکوآلن است که با همکاری متقابل یکدیگر می‌توانند به بدن ما در جلوگیری از تهدیدات رادیکال‌های آزاد کمک بالقوه‌ای کنند [11]. در عین حال فندق‌ها منبع فراوانی از مواد مغذی از جمله آهن، پتاسیم، فسفر، روی، کلسیم، منیزیوم، مس، منگنز، سلنیوم و بتاسیتوسترول می‌باشند [11]. علاوه بر مغز فندق، پوشش سبز و برگ آن نیز دارای خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد [2 و 12]. مواد فیتوشیمیایی که فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارند شامل ترکیبات فنولی (فلاونوئیدها)، ترکیبات نیتروژن‌دار (مشتقات کلروفیل)، توکوفرول‌ها، کارتنوئیدها و اسکوربیک اسید هستند [13]. فراوان‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های موجود در فندق به عنوان ترکیبات فنولیک شناخته می‌شوند. اشاره شده است که فنول‌های اصلی فندق تقریبا بطور انحصاری در پریسپرم دانه قرار دارد [14]. ترکیبات فنولی موجود در مغز فندق، دانه‌ها را از اکسیداسیون در طول انبارمانی محافظت می‌کند و بواسطه داشتن مواد با خاصیت گسی بر طعم و مزه تاثیر دارند. همچنین، باعث افزایش تلخی در مغزهای تازه می‌شود و این حالت در مغز، با درجات مختلف برشته شدن متفاوت است [6]. ترکیبات فنولی مانند فلاونوئیدها، لیگنین‌ها و تانن‌ها از متابولیت‌های ثانویه هستند که از مسیر فنول پروپانوئیدی تولید می‌شوند و نقش‌های متنوعی در گیاه بر عهده دارند. در میان گونه‌های آجیلی، فندق میزان متوسطی از فنول‌های کل را نشان می‌دهد، کمتر از آن‌ها گردو و پکان و بیشتر از آن کاج و ماکادمیا می‌باشند [15]. فلاونوئیدها گروهی از پلی فنول‌ها هستند که با یک عملکرد وسیع به فعالیت آنتی‌اکسیدانی فندق کمک می‌کنند. این ترکیبات فنولیک بطور وسیعی در فندق یافت می‌شوند و در برخی موارد متوسط 0/88 درصد وزن خشک آن‌ها را تشکیل می‌دهند. ثابت شده است که فلاونوئیدها در شلاته کردن گونه‌های اکسیژن فعال نقش اصلی را دارند و دارای یک اثر قوی حفاظت سلولی هستند [16]. بسیاری از ترکیبات فنولی که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی هستند مورد بررسی قرار گرفته و برای حفاظت از آسیب‌های متعدد در ارتباط با آسیب اکسیداتیو پیشنهاد شده‌اند. گزارش شده است که فنول‌های گیاهی اثرات ضد سرطانی، ضد چربی خون، ضد زخم معده، ضد میکروبی و اثرات مسکنی دارند [2 و 11]. در تحقیقی که توسط کوکسال و همکاران در سال 2006 در ترکیه

1. Reactive oxygen species



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

انجام شد ترکیبات مغز 17 رقم فندق شامل: کارگالاک[1]، کوس[2]، مینجان[3]، کاکیلداک[4]، فوسه[5]، اینجکارا[6]، کالینکارا[7]، کارجاوا[8]، آجی[9]، یووارلاک بادام[10]، پالاز[11]، سیوری[12]، تومبول[13]، اوزون موسی[14]، یاسی بادام[15]، گان[16] و گره فیندیک[17] مورد ارزیابی قرار گرفت. متوسط مقدار نیاسین، ویتامین ب1، ویتامین ب2، ویتامین ب6، اسکوربیک اسید، فولیک اسید، رتینول و محتوای توکوفرول کل مغزهای فندق به ترتیب 1/45، 0/28، 0/05، 0/5، 2/45، 0/043، 3/25 و 26/9 میلی گرم در 100 گرم بودند. مواد معدنی پتاسیم، منگنز، منیزیوم، کلسیم، آهن، روی، سدیم و مس نیز به ترتیب با مقادیر 863، 186، 173، 5/6، 4/2، 2/9، 2/6 و 2/3 میلی گرم در 100 گرم در ارقام فندق اندازه گیری شد [17]. در آینده با گسترش بازار جهانی و اهمیت کیفیت بالای محصولات، رقابت بین تولیدکنندگان افزایش پیدا خواهد کرد. در حال حاضر، حدود 90 درصد ارقام فندق برای فرآوری و بدست آوردن آجیل‌هایی با کیفیت بالا و یکنواخت انتخاب می‌شوند این در حالی است که کیفیت بالای فندق به شدت تحت تاثیر ترکیبات مغز می-باشد که در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت و بستگی به شرایط محیطی و اقلیمی دارد [17]. از طرفی بدلیل 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 دسترس پذیری آن‌ها از مهم‌ترین و چالش برانگیزترین مباحث پژوهشی در راستای تغذیه صحیح و سالم می‌باشد [18]. تحقیقات در مورد ترکیبات مغز فندق به طور عمده روی محتوای روغن و اسید-های چرب انجام گرفته است. در حالی که میزان و مشخصات ترکیبات ثانویه مانند فنول‌ها، فلاونوئیدها و عناصر غذایی بطور کامل مورد بررسی قرار نگرفته است. لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی ترکیبات فیتوشیمیایی و آنتی اکسیدانی ارقام روند دوپیمونت[7]، نگرت[8]، سگورب[9]، سیوری، مورفینسکی[10] و فرتیل دکوتارد[11] و ژنوتیپ‌های سوچی[12]، اشکور1، اشکور2، اشکور3 و اشکور4 صورت گرفته است.

1. Kargalak
2. Kus
3. Mincan
4. Cakildac
5. Fosu
6. Incekara
7. Kalinkara
8. Carcava
9. Aci
10. Yuvarlakbadem
11. Palaz
12. Sivri
13. Tombul
14. Uzunmusa
15. Yassibadem
16. Kan
17. Karafindik

## 2- مواد و روش ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار روی 11 رقم و ژنوتیپ فندق در ایستگاه تحقیقاتی فندق اشکورات رودسر در شهریور سال 1396 اجرا شد. این ایستگاه در مختصات طول جغرافیایی ″94 □48 °36 و عرض جغرافیایی ″29 □52 °50 شهرستان رودسر واقع شده است و ارتفاع آن از سطح دریا 22 متر با متوسط بارندگی 1200 میلی متر و متوسط دمای روزانه 15/8 درجه سانتی گراد می‌باشد. بافت خاک منطقه شنی با pH= 6/8 است که برای زهکشی در ماه‌های بارندگی در دو طرف قطعه کانال‌های زهکشی حفر شده‌اند. درختان انتخاب شده 25 ساله بوده که همگی به صورت 5-4 تنه نگهداری می‌شوند که همه ساله حذف پاجوش‌ها و شاخه‌های خشکیده انجام می‌شود. ارقام مورد بررسی شامل: روندوپیمونت، فرتیل دکوتارد، سگورب، نگرت، سیوری، مورفینسکی و ژنوتیپ‌های سوچی، اشکور1، اشکور2، اشکور3 و اشکور4 بودند. میوه‌ها در مرحله رسیدگی (زمانی که 30 درصد رنگ آن‌ها به قهوه‌ای تغییر پیدا کند) به صورت دستی و بطور تصادفی از تمامی جهات درخت میوه‌های سالم، بدون آفت و بیماری وبا اندازه وشکل یکنواخت برداشت شدند(برای هر رقم 120میوه که از سه درخت و از هر درخت 40 میوه انتخاب شد). سپس میوه‌ها به آزمایشگاه فیزیولوژی پس از برداشت دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انتقال داده شدند. در ابتدا پوشش سبز میوه‌ها جدا و تمیز شدند. پس از جدا کردن پوست سبز، برای اندازه گیری عناصر غذایی میوه‌ها به آون با دمای 50-45 درجه سانتی‌گراد منتقل شدند [19]. خشک شدن تا مرحله‌ای ادامه پیدا کرد که دیگر کاهش وزنی در میوه‌ها دیده نشد، اندازه گیری ویتامین ث بلافاصله و برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی-

1. Ronde dupimont
2. Negreta
3. Segorbe
4. Morfineski
5. Fertile decotard
6. Sochi



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

اکسیدانی، فنول کل و فلاونوئید، نمونه‌هایی از مغز ارقام به فریزر 20- درجه سانتی‌گراد منتقل شدند.

## 3- صفات مورد بررسی

### 3-1- ویتامین ث

برای اندازه گیری ویتامین ث ابتدا متافسفریک 1% تهیه شد ( ده گرم در یک لیتر). سپس دو گرم از مغز فندق وزن و با میکسر پودر و با 12 سی سی از محلول متافسفریک به خوبی ساییده شد و در 600 دور به مدت 15 دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد. سپس محلول رویی جمع آوری گردید. 50 میلی‌گرم از پودر دی کلرواندوفنل در 200 سی سی آب گرم حل شد و به آن 42 میلی‌گرم بی‌کربنات سدیم اضافه گردید. این ماده رنگی داخل فویل و در یخچال به مدت کوتاه نگهداری گردید. سپس در هر لوله آزمایش دو میلی‌لیتر از محلول رنگی اضافه شد. سپس 100 میکرولیتر از عصاره استخراج شده به هر نمونه اضافه شد. جذب محلول حاصل در طول موج 520 نانومتر خوانده شد. غلظت آسکوربیک اسید با استفاده از منحنی استاندارد تهیه شده از غلظت‌های مختلف آسکوربیک اسید در حضور دی کلرواندوفنل محاسبه شد [20].

### 3-2- فنول کل، فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

برای اندازه‌گیری فنول و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار یک گرم از بافت تازه میوه وزن و توسط میکسر پودر شد و سپس در هاون با اضافه کردن متانول 80 درصد کوبیده و به حجم نهایی هشت میلی لیتر رسانده و در داخل فالکون ریخته شد و در دور 10000 به مدت 10 دقیقه سانتریفیوژ و سپس به داخل میکروتیوب منتقل شد و برای اندازه‌گیری میزان فنول و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی مورد استفاده قرار گرفت [21 و 22]. میزان فنول کل (TPC)[1] با استفاده از معرف فولین سیوکالتو [22] اندازه‌گیری و میزان جذب نمونه و استاندارد توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (Specorp 250 Jena-History) ساخت کشور آلمان در طول موج 720 نانومتر قرائت گردید و در نهایت میزان فنول کل نمونه بر حسب میلی‌گرم اسید گالیک بر 100 گرم وزن تر میوه ( mg GAE/100gr FW) بیان شد. محتوای فلاونوئید کل (TFC)[2] عصاره‌ها با روش ارائه شده توسط کاجو و همکاران (2006) اندازه گیری و جذب محلول در طول موج 507 نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل (Specorp 250 Jena-History) خوانده شد و مقدار آن بر حسب میلی‌گرم کوئرستین بر 100گرم وزن تر میوه (mgQ/100gr FW) بیان گردید [21]. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس روش DPPH(RSA)اندازه گیری و جذب آن در طول موج 517 نانومتر قرائت شد [23] و با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید:

$$\%RSA = 100\frac{Ac - As}{AC}$$

As: جذب نمونه حاوی عصاره

Ac: جذب کنترل

### 3-3- عناصر غذایی

برای تهیه عصاره جهت اندازه‌گیری عناصر غذایی از دو روش هضم به روش مخلوط اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک(هضم تر) و هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCl(هضم خشک) استفاده شد.

#### 3-3-1- هضم به روش مخلوط اسید سولفوریک و اسید سالیسیلیک

عصاره تهیه شده در این روش جهت اندازه‌گیری عنصر غذایی نیتروژن مغز فندق استفاده شد. به این صورت که ابتدا برای تهیه مخلوط اسیدها: 18 میلی‌لیتر آب مقطر داخل ارلن 250 ریخته و مقدار 100 میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ (96%) را به دفعات و در حجم‌های کم به آن اضافه سپس شش گرم اسید سالسیلیک را به محلول اضافه و با کمک مگنت حل شد. 0/3 گرم از نمونه فندق آسیاب شده وزن شده داخل بالن هضم 50 میلی‌لیتری ریخته و به آن 2/5 میلی‌لیتر از مخلوط اسیدها اضافه شد. سپس نمونه روی هیتری که دمای آن قبلا به 120 درجه سانتی‌گراد رسیده بود به مدت یک ساعت قرار داده شد. نمونه به کمک گیره از روی هیتر پایین آورده و پس از خنک شدن به هرنمونه حدود 0/5 میلی‌لیتر آب اکسیژنه اضافه شد. این عمل تا جایی که نمونه بی‌رنگ شود ادامه داده شد و پس از خنک شدن به یک بالن حجم سنجی 50 منتقل و با آب مقطر به حجم رسانده و از کاغذ صافی عبور داده شد [24].

1. Total phenol content

2. Total flavonoid content



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

**3-3-2- هضم به روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCl**

عصاره تهیه شده در این روش جهت اندازه‌گیری سایر عناصر غذایی از جمله: کلسیم، منیزیم، منگنز، پتاسیم، فسفر، سلنیوم، روی، مس، آهن، بر و سیلسیم در اجزاء گیاه به کار می‌رود. یک گرم نمونه مغز فندق خشک وآسیاب شده را با دقت 0/001 گرم توزین و در کروزه چینی ریخته و در کوره به مدت چهار الی پنج ساعت با حرارت معمولی (550 درجه سانتی گراد) قرار داده شد. سپس کوره خاموش شده و پس از خنک شدن کروزه‌ها از کوره خارج شدند. خاکسترها را با چند قطره آب مقطر خیس کرده و پنج میلی‌لیتر اسید کلریدریک دو مولار به آن اضافه شد. پس از انجام فعل و انفعالات کروزه‌ها روی حمام بن ماری با دمای 80 درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از یک ساعت محتویات کروزه به وسیله یک قیف در یک بالن 50 ریخته و به حجم رسانده شد. محتویات بالن را از کاغذ صافی عبور داده وعصاره بدست آمده جهت قرائت عناصر آماده شد [24].

بعد از عصاره‌گیری، عنصر نیتروژن به روش کجلدال، فسفر به روش کالریمتری توسط دستگاه اسپکتروفتومتر ساخت انگلستان، پتاسیم توسط دستگاه فلیم فتومتر (مدل Jenway PFP7 ساخت انگلستان)، بور به روش رنگ‌سنجی و مبتنی بر روش آزومتین H توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و عناصر کلسیم، منیزیوم، آهن، منگنز، روی، مس، سلنیوم و سیلسیم با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل CTA-2000 A. AS) اندازه‌گیری شدند و میزان عناصر مغز فندق بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم ماده خشک بیان شد [25].

**3-3-3- تجزیه آماری**

تجزیه واریانس داده‌ها پس از کنترل مفروضات (شامل نرمال بودن خطای آزمایشی) با استفاده از نرم افزار آماری SPSS (Ver, 23) انجام شده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. تجزیه خوشه‌ای به روش "وارد" و ضرایب همبستگی بین صفات با استفاده از ضریب پیرسون و با کمک نرم افزار SPSS تعیین شد.

## 4- نتایج و بحث

### 4-1- ویتامین ث

مقایسه میانگین‌ها (جدول 1) نشان داد که بیشترین میزان ویتامین ث مربوط به رقم روند دوپیمونت (77/63 میلی‌گرم بر 100 گرم میوه) و کمترین میزان ویتامین ث مربوط به ژنوتیپ سوچی (43/26 میلی‌گرم بر 100 گرم میوه) بود. آلاسالوار و همکاران [26] مقدار ویتامین ث رقم تومبول را (5/54 میلی-گرم بر 100 گرم) و کوکسال و همکاران [17] میزان ویتامین ث 17 رقم ترکیه‌ای را در حدود 1/38 تا 2/63 میلی‌گرم بر 100 گرم گزارش کردند. در مطالعه آن‌ها میزان ویتامین ث رقم سیوری در حدود 2/63 میلی‌گرم بر 100 گرم بود. در صورتی که در این تحقیق مقدار بیشتری برای همین رقم (51/44 میلی-گرم بر 100 گرم وزن تر) اندازه‌گیری شد. این تفاوت‌ها می-تواند به دلیل اثرات منشأ جغرافیایی و شرایط اقلیمی (نور، دما و رطوبت نسبی) و ترکیبات خاک باشد. آکارت و همکاران [27] اثرات منشأ جغرافیایی و تنوع در ترکیبات ویتامین‌ها و مواد معدنی موجود در 11 رقم فندق ترکیه‌ای را مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها بیان کردند که شرایط رشد و میزان رسیدگی محصولات هنگام برداشت بر محتوای ویتامین ث موجود در محصولات تأثیر می‌گذارد که در نتیجه بر استحکام و کیفیت تولید تأثیر گذار خواهد بود.

### 4-2- میزان آنتی‌اکسیدان کل

مقایسه میانگین‌ها(جدول 1) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام از لحاظ فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در رقم نگرت (91/76 %) و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های اشکور2 (21/72 %) و اشکور4 (21/83 %) بود. آلتن و همکاران [3] فعالیت آنتی‌اکسیدانی 15 رقم فندق ترکیه‌ای را در حدود (51 تا 86 %) گزارش کردند. در مطالعه آن‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی رقم سیوری (86%) بود در حالیکه در تحقیق حاضر مقدار کمتری برای همین رقم (76/56%) بدست آمد. رضائی و همکاران [28] فعالیت آنتی-اکسیدانی ارقام فرتیل دکوتارد و روند دوپیمونت در منطقه آستارا را به ترتیب 70/3 و68/9 % گزارش کردند. در حالیکه در تحقیق حاضر فعالیت آنتی‌اکسیدانی رقم فرتیل دکوتارد (91/03 %) و برای رقم روند دوپیمونت (38/81 %) بود که



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

نشان دهنده سازگاری بهتر رقم فرتیل دکوتارد با شرایط آب و هوایی منطقه اشکورات رودسر است.

## 4-3- میزان فنول و فلاونوئید کل

مقایسه میانگین‌ها(جدول 1) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار فنول کل مربوط به رقم فرتیل دکوتارد (79/23 میلی‌گرم گالیک اسید بر 100 گرم وزن تر میوه) و کمترین مربوط به ژنوتیپ اشکور2 (12/10 میلی‌گرم گالیک اسید بر 100 گرم وزن تر میوه) است. مقایسه میانگین‌ها(جدول 1) نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین ارقام در فلاونوئید کل وجود دارد. بیشترین مقدار فلاونوئید کل در رقم فرتیل دکوتارد (10/70 میلی‌گرم بر 100 گرم وزن تر میوه) و کمترین مربوط به ژنوتیپ اشکور2 (0/85 میلی‌گرم بر 100 گرم وزن تر میوه) بود. اولیویرا و همکاران [13] مقدار فنول کل رقم فرتیل دکوتارد را 11/17 میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم، کریستوفوری و همکاران [29] میزان فنول کل سه رقم ایتالیایی به نام‌های نوچیونه[1]، توندا جنتیله رومانا[2] و توندا دوجیفونی[3] را به ترتیب (49/05، 47/56 و 44/36 میلی‌گرم گالیک اسید بر 100 گرم) و لی و پری [30] محتوای فنول کل فندق ترکیه‌ای را 6/61 میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم و فندق اروگوئه را 17/97 میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم گزارش کردند. آلاسالوار و همکاران [26] نشان دادند که روش‌های متفاوت استخراج عصاره باعث تفاوت چشمگیری در نتیجه کل می‌شود به طوری که آن‌ها میزان فنل کل عصاره استخراج شده از مغز فندق با اتانول را 23/2 میلی-گرم گالیک اسید بر 100 گرم و میزان فنل کل استخراج شده با استون را 103 میلی‌گرم گالیک اسید بر 100 گرم گزارش کردند. آلاسالوار و همکاران [2] همچنین، مقدار فنول کل استخراج شده از مغز فندق با استون (686 میلی‌گرم کاتچین بر گرم) و متانول را (701 میلی‌گرم کاتچین بر گرم) گزارش کردند. بنابراین ضروری است که تحقیقات بیشتری نه تنها در مورد عصاره گیری با حلال‌ها و روش‌های مختلف بلکه در مورد روش‌های اندازه گیری با سیستم‌های مختلف انجام گیرد.

## 4-4- نیتروژن

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین(جدول 2) در میزان نیتروژن موجود در مغز فندق، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بین ارقام مشاهده شد. بیشترین مقدار نیتروژن در ژنوتیپ‌های اشکور3 (16434/50 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و اشکور4 (16272/50 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار نیتروژن مربوط به ارقام نگرت (10228/33 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سگورب (10130/50 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود.

## 4-5- فسفر

بررسی‌های آماری نشان داد که رقم‌های مختلف از نظر میزان فسفر موجود در مغز فندق، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند(جدول 2). بیشترین مقدار فسفر در ژنوتیپ اشکور4 (5243 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار فسفر مربوط به ژنوتیپ سوچی (3033 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و رقم نگرت (2979/67 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. آلاسالوار و همکاران [26] مقدار فسفر رقم تومبول را (355/7 میلی‌گرم بر 100 گرم) گزارش کردند، آن‌ها همچنین اعلام کردند که مواد معدنی فندق تحت تاثیر واریته، منطقه جغرافیایی، زمان برداشت، آب و هوا، ترکیبات خاک، آبیاری، کوددهی و روش‌های کشت قرار می‌گیرد. نور بالا و درجه حرارت بالا باعث افزایش تعرق میوه و یک عامل مهم برای انتقال مواد معدنی به میوه‌ها محسوب می‌شود [31]. علاوه بر این، تفاوت آب و هوایی جزئی که توسط موقعیت پوشش تاج ایجاد می‌شود ممکن است تجمع مواد معدنی در میوه‌ها را تحت تاثیر قرار دهد [32].

## 4-6- پتاسیم

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد ( جدول 2) مقدار پتاسیم موجود در مغز فندق بین رقم‌های مختلف در سطح احتمال یک درصد دارای اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین میزان پتاسیم در رقم سیوری (3535 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان پتاسیم مربوط به رقم نگرت (1917 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. اوزدمیر و همکاران [33] مقدار پتاسیم ده رقم تجاری و هیبرید ترکیه‌ای را در حدود 415 تا 530 میلی‌گرم بر 100 گرم گزارش کردند، که بسیار بیشتر از مقدار پتاسیم ارقام مورد مطالعه در این پژوهش بود.

## 4-7- کلسیم

با توجه به بررسی‌های آماری(جدول 2) انجام شده، مشخص شد که رقم‌های مورد مطالعه از نظر میزان کلسیم با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. بیشترین مقدار کلسیم در ژنوتیپ

1. Nocchione
2. Tonda Gentile Romana
3. Tonda di Giffoni



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

اشکور2 (1884 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار کلسیم مربوط به ژنوتیپ سوچی (755 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود. کوکسال و همکاران [17] مقدار کلسیم 17 رقم ترکیه‌ای را در حدود (65 تا 328 میلی‌گرم بر 100 گرم) گزارش کردند.

## 4-8- منیزیم

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد ( جدول 2)که میزان منیزیم موجود در مغز فندق رقم‌های مختلف اختلاف معنی‌دار دارند. در مقایسه بین مقدار منیزیم موجود در مغز میوه‌ها، بیشترین مقدار منیزیم در ژنوتیپ اشکور1 (2105/33 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود در حالیکه کمترین مقدار منیزیم در ارقام فرتیل دکوتارد (923/33 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و سگورب (917 میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. آلاسالوار و همکاران [26] مقدار منیزیم رقم تومبول را (176/5 میلی‌گرم بر 100 گرم) و اوزدمیر و آکینکی [19] مقدار منیزیم ارقام ترکیه‌ای به نام‌های پالاز، تومبول، کاکیلداک و کارا[1] را به ترتیب در حدود (1735، 1588، 1867 و 1714 میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش کردند. با توجه به تحقیقات آن‌ها مواد معدنی فندق تنها به واریته بستگی ندارد بلکه تحت تاثیر شرایط رشدی می‌باشد.

## 4-9- آهن

مقایسه میانگین‌ها و بررسی‌های آماری نشان داد که ارقام از نظر مقدار آهن موجود در مغز فندق، با یکدیگر در دارای اختلاف معنی‌دار هستند ( جدول 2). بیشترین میزان آهن در ژنوتیپ اشکور2 (72/67 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین میزان آهن در رقم فرتیل دکوتارد (21/27 میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. آهن، مس و منگنز در اکسیداسیون چربی‌ها و بیوسنتز لینولئیک اسید دخالت دارند [34]. آهن و مس به عنوان عناصر اکسید کننده‌ای که باعث کاهش عمر انبارمانی و ویژگی‌های کیفی فندق می‌شوند مورد توجه قرار گرفته‌اند، چرا که درتغییر طعم مغز فندق نقش دارند [35]. امینی نوری و زیارتی [36] میانگین مقدار آهن ارقام کشت شده در حومه رودسر و طارم را به ترتیب 39/54 و 45/22 میلی‌گرم بر 100 گرم گزارش کردند.

## 4-10- منگنز

مقایسه میانگین‌ها و بررسی‌های آماری نشان داد که رقم‌های مورد مطالعه از نظر میزان منگنز موجود در مغز فندق با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند ( جدول 2). رقم سگورب (43/93 میلی گرم بر کیلوگرم) دارای بیشترین مقدار منگنز و رقم فرتیل دکوتارد (15/54 میلی گرم بر کیلوگرم) دارای کمترین مقدار منگنز بود. آلاسالوار و همکاران [26] مقدار منگنز رقم تومبول را (3/29 میلی گرم بر 100 گرم)، اوزدمیر و همکاران [33] میزان منگنز ده رقم تجاری و هیبرید جدید ترکیه‌ای را در حدود 1/4 تا 3/1 میلی‌گرم بر 100 گرم و کوکسال و همکاران [17] میزان منگنز 17 رقم ترکیه‌ای را در حدود (2/4 تا 10 میلی‌گرم بر 100 گرم) گزارش کردند.

## 4-11- روی

بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها ( جدول 2) بین ارقام از نظر میزان روی موجود در مغز فندق، اختلاف معنی‌دار وجود دارد. ژنوتیپ اشکور2 (65/05 میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای بیشترین و رقم سیوری (20/87 میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای کمترین مقدار روی است. آلاسالوار و همکاران [26] مقدار روی رقم تومبول را (1/94 میلی‌گرم بر 100 گرم)، اوزدمیر و همکاران [33] میزان روی ده رقم تجاری و هیبرید جدید ترکیه‌ای را در حدود 2/3 تا 2/9 میلی‌گرم بر 100 گرم، کوکسال و همکاران [17] میزان روی 17 رقم ترکیه‌ای را در حدود (2/2 تا 4/4 میلی‌گرم بر 100 گرم) و اوزدمیر و آکینکی [19] مقدار روی ارقام ترکیه‌ای به نام‌های پالاز، تومبول، کاکیلداک و کارا را به ترتیب در حدود (51/37، 36/33، 46/51 و 30/41 میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش کردند.

## 4-12- مس

نتایج نشان داد که، میزان مس موجود در مغز فندق رقم‌های مختلف دارای اختلاف معنی‌دار است. در مقایسه بین میانگین-های (جدول 2) مقدار مس موجود در مغز فندق، بیشترین مقدار مربوط به ژنوتیپ اشکور2 (4/30 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بود در حالیکه کمترین مقدار در ارقام سیوری (1/63 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نگرت (1/61 میلی‌گرم بر کیلوگرم) مشاهده شد. آلاسالوار و همکاران [26] مقدار مس رقم تومبول را (1/60 میلی‌گرم بر 100 گرم)، اوزدمیر و همکاران [33] مقدار مس ده رقم تجاری و هیبرید ترکیه‌ای را در حدود 1/2 تا 2/2 میلی‌گرم بر 100 گرم و اوزدمیر و آکینکی [19] میزان مس ارقام ترکیه‌ای به نام‌های پالاز، تومبول، کاکیلداک و کارا را به ترتیب در حدود (30/62، 32/97، 34/67 و 28/21 میلی‌گرم بر کیلوگرم) گزارش کردند.

1. Kara



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

## 13-4- سلنیوم

سلنیوم به عنوان یک عنصر ضروری برای بدن انسان در غلظت کم شناخته شده است. این ماده مغذی بخش مهمی از آنزیم-های آنتی‌اکسیدانی است که از سلول‌ها در برابر اثرات رادیکال‌های آزاد که به توسعه برخی از بیماری‌های مزمن کمک می‌کنند، محافظت می‌کند [37]. سلنیوم به صورت سینرژیتی با ویتامین E عمل می‌کند و در ساختار گلوتاتیون پراکسیداز که یکی از پالایشگرهای قوی $H_2O_2$ می‌باشد شرکت دارد [38]. سلنیوم در تشکیل آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی که سلنو پروتئین نامیده می‌شوند و برای سلامتی مفید هستند، لازم و ضروری است. سلنو پروتئین به کارکرد منظم تیروئید کمک کرده و در سیستم ایمنی بدن نقش مهمی ایفا می‌کند [39]. ارقام بررسی شده از نظر میزان سلنیوم موجود در مغز فندق، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نشان دادند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد( جدول 2) که ژنوتیپ اشکور2 (11/54 میلی‌گرم بر کیلوگرم) بیشترین و رقم مورفینسکی (2/81 میلی‌گرم بر 100 گرم) کمترین مقدار سلنیوم را دارا هستند. آلاسالوار و همکاران [26] مقدار سلنیوم رقم تومبول را (0/06 میلی‌گرم بر 100 گرم)، دوندر و آلتنداق [37] محتوای سلنیوم سه رقم فندق ترکیه‌ای به نام‌های گره فیندیک، تومبول و دلساوا[1] را به ترتیب در حدود80، 220 و60 میکروگرم بر 100 گرم گزارش کردند.

## 14-4- بور

مقایسه میانگین‌ها و بررسی‌های آماری نشان داد که رقم‌های بررسی شده از نظر مقدار بور موجود در مغز فندق، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. (جدول 2) نشان می‌دهد که ژنوتیپ اشکور1 (11/50 میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای بیشترین و ژنوتیپ سوچی (2/36 میلی‌گرم بر کیلوگرم) دارای کمترین میزان بور است.

## 15-4- سیلسیم

با توجه به بررسی‌های انجام شده، مشخص شد که رقم‌های مورد مطالعه از نظر میزان سیلسیم موجود در مغز فندق، با یکدیگر اختلاف معنی‌دار دارند. مقایسه میانگین داده‌ها نشان می‌دهد ( جدول 2) که بیشترین مقدار سیلسیم در ژنوتیپ اشکور4 (235/33 میلی‌گرم بر کیلوگرم) و کمترین مقدار سیلسیم در رقم سگورب (48/15 میلی‌گرم بر کیلوگرم) است.

## 5- 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 1+ و1- متغییر است [40]. 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 (3) آورده شده است نشان می‌دهد در بین بیشتر صفات اندازه‌گیری شده همبستگی معنی‌داری در سطح احتمال یک و پنج درصد وجود دارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بین ویتامین ث با مقدار کلسیم و منیزیم در سطح احتمال یک درصد و مس، بور، سلنیوم و سیلسیم در سطح احتمال پنج درصد همبستگی مثبت و با منگنز در سطح احتمال یک درصد همبستگی منفی وجود دارد. از آن‌جایی که ویتامین ث به راحتی می‌تواند الکترون بدهد و با این فرآیند می‌تواند به صورت قابل برگشت به رادیکال آسکوربیک اکسیده شود قادر است یک سیستم اکسایش کاهشی فراهم آورد که بسیاری از واکنش‌های انتقال الکترون در آن صورت می‌گیرد را شامل می‌شود. وجود همبستگی بالا بین ویتامین ث با مقدار کلسیم و منیزیم می‌تواند به دلیل نقش مهم سیگنال دهنده ویتامین ث برای این دو عنصر و افزایش جذب آن‌ها در منابع گیاهی باشد. محتوای آنتی‌اکسیدان کل با فنول و فلاونوئید کل در سطح احتمال یک درصد دارای همبستگی مثبت و با تمامی عناصر بجز پتاسیم و منگنز دارای همبستگی منفی در سطح احتمال یک درصد بود. همبستگی بالای محتوای آنتی‌اکسیدان کل با فنول و فلاونوئید کل نشان می‌دهد که مقادیر بالای ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌شوند. بین محتوای فنول کل با فلاونوئید در سطح احتمال یک درصد همبستگی مثبت و با فسفر، نیتروژن، کلسیم، بور، سلنیوم، سیلسیم، آهن، روی و مس همبستگی منفی وجود داشت. همچنین بین فلاونوئید با منگنز، فسفر، نیتروژن، بور، سلنیوم، سیلسیم و مس همبستگی منفی مشاهده شد. در این

1. Delisava



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

بررسی نشان داده شد که بین نیتروژن و فسفر، کلسیم، منیزیوم، بور، سلنیوم، سیلسیم، آهن، روی و مس همبستگی مثبت و با منگنز همبستگی منفی وجود دارد. از سویی ارتباط مثبتی بین کلسیم و منیزیم، بور، سلنیوم، سیلسیم مشاهده شد. نتایج حاصل از همبستگی دادهها بین آهن و مس و اغلب عناصر ارتباط مثبت و با پتاسیم رابطهی منفی و بین منگنز با مس، فسفر، نیتروژن، کلسیم، منیزیوم، بور و سیلسیم رابطه منفی معنیداری را نشان داد. اوزدمیر و همکاران [33] اعلام کردند که منگنز همبستگی مثبتی با روی و کلسیم دارد در صورتی که در نتایج ما بین منگنز با کلسیم همبستگی منفی وجود داشت. همچنین بین روی با فسفر، نیتروژن، کلسیم، منیزیم، بور، سلنیوم، سیلسیم و مس همبستگی مثبت مشاهده شد که مطابق با نتایج اوزدمیر و همکاران [33] بود که اعلام کردند روی همبستگی مثبتی با کلسیم دارد.

**Table 1** Mean comparison of antioxidant composition of 11 cultivar and genotypes of hazelnut fruit in Rudsar Eshkevarat region

| Genotype/cultivar | Source | Antioxidant capacity (%) | Total phenols (mg GAE/100gr FW) | Total flavonoid (mgQ/100gr FW) | Ascorbic acid (mg/100gr FW) |
|---|---|---|---|---|---|
| Eshkevar3 | Iran | 28. 71±0. 13$^{h}$ | 25. 69±0. 07$^{h}$ | 1. 43±0. 02$^{h}$ | 46. 84±0. 91$^{g}$ |
| Fertile decotard | France | 91. 03±0. 13$^{b}$ | 79. 23±0$^{a}$ | 10. 70±0. 03$^{a}$ | 67. 60±0. 02$^{c}$ |
| Ronde dupimont | Italy | 38. 81±0. 23$^{f}$ | 61. 86±0. 23$^{d}$ | 4. 38±0. 01$^{e}$ | 77. 63±0. 14$^{a}$ |
| Negreta | Spain | 91. 76±0. 11$^{a}$ | 77. 95±0. 23$^{b}$ | 10. 49±0. 18$^{b}$ | 52. 26±0. 06$^{f}$ |
| Segorbe | Spain | 23. 25±0. 12$^{i}$ | 26. 20±0. 20$^{h}$ | 1. 13±0. 01$^{i}$ | 46. 30±0. 39$^{g}$ |
| Eshkevar4 | Iran | 21. 83±0. 11$^{j}$ | 19. 67±0. 11$^{i}$ | 1. 49±0. 02$^{h}$ | 67. 98±0. 04$^{c}$ |
| Eshkevar2 | Iran | 21. 72±0. 17$^{j}$ | 12. 10±0. 19$^{j}$ | 0. 85±0. 02$^{j}$ | 58. 47±1. 40$^{e}$ |
| Eshkevar1 | Iran | 31. 34±0. 04$^{g}$ | 46. 85±0. 32$^{e}$ | 6. 21±0. 02$^{c}$ | 71. 59±0. 12$^{b}$ |
| Morfineski | Georgia | 58. 23±0. 04$^{e}$ | 40. 98±0. 04$^{g}$ | 3. 10±0. 01$^{f}$ | 61. 26±0. 14$^{d}$ |
| Sivri | Turkey | 76. 56±0. 06$^{c}$ | 42. 38±0. 16$^{f}$ | 1. 84±0. 03$^{g}$ | 51. 44±0. 06$^{f}$ |
| Sochi | Russia | 61. 63±0. 15$^{d}$ | 68. 27±0. 67$^{c}$ | 4. 90±0. 01$^{d}$ | 43. 26±0. 14$^{h}$ |

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test (5%).
±: Standard deviation

**Table 2** Mean comparison of phytochemical composition of 11 cultivar and genotypes of hazelnut fruit in Rudsar Eshkevarat region

| Genotype/cultivar | Source | Silicon (mg/kg) | Copper (mg/kg) | Iron (mg/kg) | Magnesium (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| Eshkevar3 | Iran | 189. 33±4. 10$^{c}$ | 2. 58±0. 15$^{d}$ | 59. 51±0. 94$^{b}$ | 1875. 50±10. 10$^{c}$ |
| Fertile decotard | France | 83. 80±4. 10f$^{g}$ | 2. 15±0. 10$^{e}$ | 21. 27±0. 36$^{g}$ | 923. 33±30. 33$^{g}$ |
| Ronde dupimont | Italy | 119. 67±1. 86$^{e}$ | 2. 56±0. 05$^{d}$ | 56. 63±0. 69$^{c}$ | 1958±15. 01$^{b}$ |
| Negreta | Spain | 92. 10±0. 81$^{f}$ | 1. 61±0. 17$^{g}$ | 45. 70±0. 66$^{d}$ | 1352. 33±18. 62$^{d}$ |
| Segorbe | Spain | 48. 15±0. 38$^{i}$ | 1. 84±0. 05$^{fg}$ | 37. 96±0. 09$^{e}$ | 917±2. 31$^{g}$ |
| Eshkevar4 | Iran | 235. 33±11. 57$^{a}$ | 3. 68±0. 01$^{b}$ | 44. 16±0. 41$^{d}$ | 1863. 67±49. 46$^{c}$ |
| Eshkevar2 | Iran | 214. 33±4. 91$^{b}$ | 4. 30±0. 10$^{a}$ | 72. 67±0. 30$^{a}$ | 1351±48. 50$^{d}$ |
| Eshkevar1 | Iran | 166. 50±0. 29$^{d}$ | 3±0. 07$^{c}$ | 61. 03±1. 01$^{b}$ | 2105. 33±19. 20$^{a}$ |
| Morfineski | Georgia | 81. 60±0. 69$^{fg}$ | 2. 27±0. 03$^{e}$ | 27. 53±0. 80$^{f}$ | 1102. 50±1. 44$^{ef}$ |
| Sivri | Turkey | 76±1. 85$^{g}$ | 1. 63±0. 09$^{g}$ | 27. 78±0. 39$^{f}$ | 1149. 50±16. 45$^{e}$ |
| Sochi | Russia | 61. 55±0. 66$^{h}$ | 2. 06±0. 07$^{ef}$ | 37. 51±0. 11$^{e}$ | 1060. 50±10. 10$^{f}$ |

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test (5%).
±: Standard deviation

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

**Continued Table 2** Mean comparison of phytochemical composition of 11 cultivar and genotypes of hazelnut fruit in Rudsar Eshkevarat region

| Genotype/cultivar | Source | Calcium (mg/kg) | Boron (mg/kg) | Zinc (mg/kg) | Selenium (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| Eshkevar3 | Iran | 1586. 33±63. 73$^{c}$ | 9. 29±0. 03$^{c}$ | 55. 26±0. 07$^{b}$ | 8. 56±0. 16$^{c}$ |
| Fertile decotard | France | 1161. 67±9. 53$^{f}$ | 3. 64±0. 07$^{g}$ | 27. 69±1. 32$^{g}$ | 4. 55±0. 10$^{f}$ |
| Ronde dupimont | Italy | 1247. 33±21. 40$^{e}$ | 7. 55±0. 17$^{e}$ | 51. 61±0. 29$^{c}$ | 7. 84±0. 06$^{d}$ |
| Negreta | Spain | 928±5. 77$^{g}$ | 3. 46±0. 20$^{g}$ | 38. 51±0. 80$^{e}$ | 3. 53±0. 13$^{g}$ |
| Segorbe | Spain | 935±10. 69$^{g}$ | 4. 33±0. 03$^{f}$ | 26. 35±0. 61$^{g}$ | 4. 49±0. 04$^{f}$ |
| Eshkevar4 | Iran | 1481. 67±57. 85$^{d}$ | 10. 12±0. 08$^{b}$ | 48. 32±0. 56$^{d}$ | 9. 31±0. 21$^{b}$ |
| Eshkevar2 | Iran | 1884±3. 46$^{a}$ | 8. 64±0. 27$^{d}$ | 65. 05±1. 33$^{a}$ | 11. 54±0. 17$^{a}$ |
| Eshkevar1 | Iran | 1771±9. 64$^{b}$ | 11. 50±0. 16$^{a}$ | 33. 83±0. 30$^{f}$ | 9. 20±0. 03$^{b}$ |
| Morfineski | Georgia | 1257. 67±10. 93$^{e}$ | 3. 57±0. 19$^{g}$ | 33. 50±0. 17$^{f}$ | 2. 81±0. 02$^{h}$ |
| Sivri | Turkey | 856. 67±11. 26$^{g}$ | 7. 50±0. 23$^{e}$ | 20. 87±1. 40$^{h}$ | 3. 47±0. 19$^{g}$ |
| Sochi | Russia | 755±16. 17$^{h}$ | 2. 36±0. 08$^{h}$ | 32. 63±0. 61$^{f}$ | 5. 41±0. 03$^{e}$ |

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test (5%).
±: Standard deviation

**Continued Table 2** Mean comparison of phytochemical composition of 11 cultivar and genotypes of hazelnut fruit in Rudsar Eshkevarat region

| Genotype/cultivar | Source | Nitrogen (mg/kg) | Phosphorus (mg/kg) | Potassium (mg/kg) | Manganese (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|
| Eshkevar3 | Iran | 16434. 50±26. 27$^{a}$ | 4909. 67±61. 72$^{b}$ | 2307. 67±20. 50$^{f}$ | 25. 83±0. 06$^{d}$ |
| Fertile decotard | France | 11390. 67±56. 13$^{e}$ | 3791. 33±92. 66$^{e}$ | 2543. 33±38. 72$^{d}$ | 15. 54±0. 03$^{g}$ |
| Ronde dupimont | Italy | 12358. 50c±140. 01$^{c}$ | 3530. 67±86. 03$^{f}$ | 3397. 33±32. 82$^{b}$ | 23. 60±0. 13$^{e}$ |
| Negreta | Spain | 10228. 33±103. 09$^{f}$ | 2979. 67±28. 94$^{h}$ | 1917±39. 31$^{h}$ | 23. 52±0. 06$^{e}$ |
| Segorbe | Spain | 10130. 50±71. 30$^{f}$ | 3737. 33±79. 74$^{e}$ | 2709±21. 36$^{c}$ | 43. 93±1. 13$^{a}$ |
| Eshkevar4 | Iran | 16272. 50±22. 23$^{a}$ | 5243±7. 51$^{a}$ | 2111±15. 01$^{g}$ | 18. 18±0. 06$^{f}$ |
| Eshkevar2 | Iran | 13844. 50±78. 81$^{b}$ | 4172. 33±58. 98$^{d}$ | 2385. 33±45. 18$^{ef}$ | 25. 65±0. 22$^{d}$ |
| Eshkevar1 | Iran | 13668±192. 31$^{b}$ | 4473±66. 65$^{c}$ | 2431. 33±22. 36$^{e}$ | 17. 79±0. 22$^{f}$ |
| Morfineski | Georgia | 11913±289. 25$^{d}$ | 3473. 67±17. 13$^{f}$ | 2120. 33±38. 62$^{g}$ | 23. 35±0. 03$^{e}$ |
| Sivri | Turkey | 12480±120. 67$^{c}$ | 3199±31. 34$^{g}$ | 3535±32. 08$^{a}$ | 35. 71±1. 11$^{c}$ |
| Sochi | Russia | 11680±56. 04d$^{e}$ | 3033±43. 09$^{h}$ | 2384±17. 01$^{ef}$ | 41. 94±1. 15$^{b}$ |

In each column similar letters show no significant differences based on Duncan's multiple range test (5%).
±: Standard deviation

**Table 3** Correlation coffecients between evaluated traits in 11 cultivar and genotypes of hazelnut fruit

| | An | Ph | Fl | VC | Si | Cu | Fe | Mg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| An | 1 | | | | | | | |
| Ph | 0. 82$^{**}$ | 1 | | | | | | |
| Fl | 0. 75$^{**}$ | 0. 89$^{**}$ | 1 | | | | | |
| VC | 0. 12$^{ns}$ | 0. 12$^{ns}$ | 0. 23$^{ns}$ | 1 | | | | |
| Si | -0. 61$^{**}$ | -0. 59$^{**}$ | -0. 34$^{*}$ | 0. 36$^{*}$ | 1 | | | |
| Cu | -0. 67$^{**}$ | -0. 61$^{**}$ | -0. 40$^{*}$ | 0. 40$^{*}$ | 0. 87$^{**}$ | 1 | | |
| Fe | -0. 68$^{**}$ | -0. 43$^{*}$ | -0. 29$^{ns}$ | 0. 16$^{ns}$ | 0. 70$^{**}$ | 0. 67$^{**}$ | 1 | |
| Mg | -0. 51$^{**}$ | -0. 22$^{ns}$ | -0. 13$^{ns}$ | 0. 52$^{**}$ | 0. 71$^{**}$ | 0. 48$^{**}$ | 0. 69$^{**}$ | 1 |
| Ca | -0. 63$^{**}$ | -0. 56$^{**}$ | -0. 27$^{ns}$ | 0. 46$^{**}$ | 0. 84$^{**}$ | 0. 85$^{**}$ | 0. 72$^{**}$ | 0. 63$^{**}$ |
| B | -0. 63$^{**}$ | -0. 58$^{**}$ | -0. 42$^{*}$ | 0. 42$^{*}$ | 0. 81$^{**}$ | 0. 65$^{**}$ | 0. 65$^{ns}$ | 0. 82$^{**}$ |
| Zn | -0. 56$^{**}$ | -0. 45$^{**}$ | -0. 32$^{ns}$ | 0. 21$^{ns}$ | 0. 78$^{**}$ | 0. 76$^{**}$ | 0. 81$^{**}$ | 0. 55$^{**}$ |
| Se | -0. 74$^{**}$ | -0. 54$^{**}$ | -0. 37$^{*}$ | 0. 34$^{*}$ | 0. 88$^{**}$ | 0. 89$^{**}$ | 0. 85$^{**}$ | 0. 68$^{**}$ |

Ph: Phenol Fl: Flavonoid VC: Vitamin C Si: Silicon Cu: Copper Fe: Iron Mg: Magnesium Ca: Calcium B: Boron Zn: Zinc Se: Selenium An: Antioxidan
**,*, ns: significant difference at P< 0. 01 and P< 0. 05 and non-significant, respectively.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]
[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

**Continued Table 3** Correlation coffecients between evaluated traits in 11 cultivar and genotypes of hazelnut fruit

| | N | P | K | Mn | Ca | B | Zn | Se |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 1 | | | | | | | |
| P | 0. 85$^{**}$ | 1 | | | | | | |
| K | -0. 14 | -0. 27 | 1 | | | | | |
| Mn | -0. 39$^{*}$ | -0. 46$^{**}$ | 0. 31 | 1 | | | | |
| Ca | 0. 69$^{**}$ | 0. 75$^{**}$ | -0. 23 | -0. 60$^{**}$ | 1 | | | |
| B | 0. 79$^{**}$ | 0. 76$^{**}$ | 0. 13 | -0. 40$^{*}$ | 0. 76$^{**}$ | 1 | | |
| Zn | 0. 60$^{**}$ | 0. 50$^{**}$ | -0. 24 | -0. 33 | 0. 69$^{**}$ | 0. 48$^{**}$ | 1 | |
| Se | 0. 72$^{**}$ | 0. 72$^{**}$ | -0. 09 | -0. 33 | 0. 83$^{**}$ | 0. 78$^{**}$ | 0. 80$^{**}$ | 1 |
| An | -0. 58$^{**}$ | -0. 69$^{**}$ | 0. 03 | -0. 07 | -0. 63$^{**}$ | -0. 63$^{**}$ | -0. 56$^{**}$ | -0. 74$^{**}$ |
| Ph | -0. 60$^{**}$ | -0. 64$^{**}$ | 0. 06 | -0. 12 | -0. 56$^{**}$ | -0. 58$^{**}$ | -0. 45$^{**}$ | -0. 54$^{**}$ |
| FL | -0. 49$^{**}$ | -0. 40$^{*}$ | -0. 23 | -0. 41$^{*}$ | -0. 27 | -0. 42$^{*}$ | -0. 32 | -0. 37$^{*}$ |
| Vc | 0. 19 | 0. 29 | 0. 16 | -0. 76$^{**}$ | 0. 46$^{**}$ | 0. 42$^{*}$ | 0. 21 | 0. 34$^{*}$ |
| Si | 0. 87$^{**}$ | 0. 84$^{**}$ | -0. 29 | -0. 55$^{**}$ | 0. 85$^{**}$ | 0. 81$^{**}$ | 0. 78$^{**}$ | 0. 88$^{**}$ |
| Cu | 0. 66$^{**}$ | 0. 69$^{**}$ | -0. 24 | -0. 42$^{*}$ | 0. 85$^{**}$ | 0. 65$^{**}$ | 0. 76$^{**}$ | 0. 89$^{**}$ |
| Fe | 0. 48$^{**}$ | 0. 45$^{**}$ | -0. 11 | -0. 18 | 0. 72$^{**}$ | 0. 65 | 0. 81$^{**}$ | 0. 85$^{**}$ |
| Mg | 0. 68$^{**}$ | 0. 61$^{**}$ | -0. 01 | -0. 51$^{**}$ | 0. 63$^{**}$ | 0. 82$^{**}$ | 0. 55$^{**}$ | 0. 68$^{**}$ |

N: Nitrogen P: Phosphorus K: Potassium Mn: Manganese Mg: Magnesium Ca: Calcium B: Boron Zn: Zinc Se: Selenium

**,*, ns: significant difference at P< 0. 01 and P< 0. 05 and non-significant, respectively.

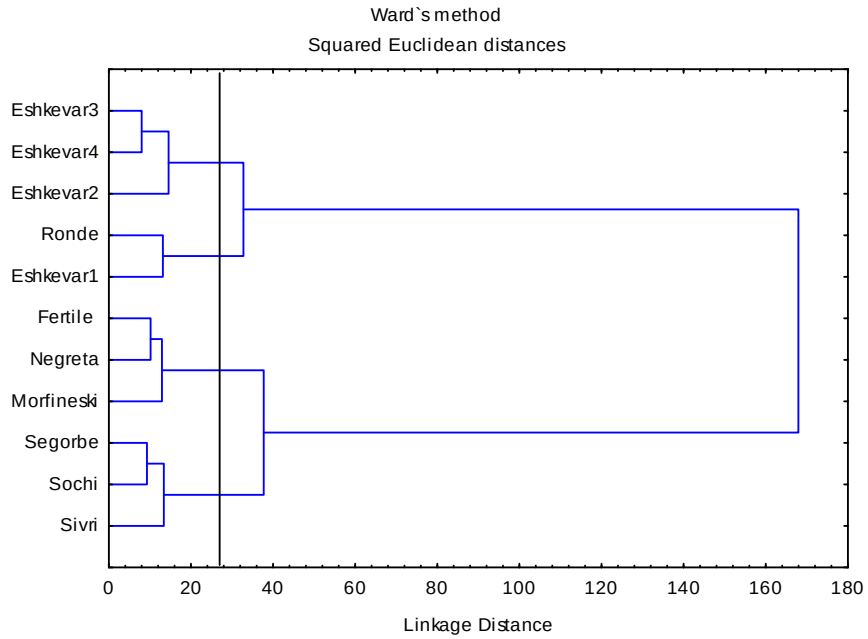


**Fig 1** Dendrogram of cultivars and genotypes of hazelnut based on ward's method

## 6- تجزیه خوشه‌ای

برای بررسی میزان همانندی‌ها و تفاوت‌های بین ارقام و ژنوتیپ‌های فندق از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد (شکل 1). در این بررسی گروه‌بندی ارقام و ژنوتیپ‌های فندق با استفاده از همه صفات مورد بررسی به روش وارد و با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی صورت گرفت. با برش نمودار شجره‌ای یا درختواره‌ای دندروگرام به دست آمده در فاصله 27 بر پایه تجزیه تابع تشخیص، ارقام به چهار گروه اصلی تقسیم شدند. گروه اول شامل ژنوتیپ‌های اشکور3، اشکور4 و اشکور2 بود که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و عناصر غذایی نقش مهمی را در تفکیک این گروه داشتند. در گروه دوم رقم روند دوپیمونت و ژنوتیپ اشکور1 قرار گرفتند. که بیش‌ترین میانگین مقدار



[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

اسکوربیک اسید و منیزیم را داشتند. گروه سوم شامل ارقام فرتیل دکوتارد، نگرت و مورفینسکی بود که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، مقدار فنول و فلاونوئید کل در تفکیک این گروه بیش‌ترین تأثیر را داشتند. در گروه چهارم نیز ارقام سگورب، سیوری و ژنوتیپ سوچی قرار گرفتند که بیش‌ترین مقدار منگنز را داشتند. نتایج بدست آمده از تجزیه خوشه‌ای نشان داد که قرار گرفتن ارقام و ژنوتیپ‌های فندق در خوشه‌های مختلف نشان‌دهنده وجود تنوع بالا در بین ارقام از نظر صفات مورد بررسی می‌باشد.

## 7- نتیجه‌گیری کلی

ژنوتیپ‌های بومی از لحاظ عناصر معدنی نسبت به ارقام وارداتی مقادیر بیشتری را داشتند که نشان‌دهنده سازگاری بیشتر این ارقام با خاک منطقه و جذب و دریافت بهتر عناصر از خاک می‌باشد. رقم فرتیل دکوتارد دارای بیشترین مقدار فنول و فلاونوئید کل بود و از آن جایی که مواد فنولی از اکسیداسیون مغز فندق در طول انبارداری محافظت می‌کنند می‌تواند عمر ماندگاری بیشتری نسبت به بقیه ارقام داشته باشد. رقم روند دوپیمونت دارای بیشترین میزان ویتامین ث، رقم سگورب دارای بیشترین مقدار منگنز، بیشترین مقدار پتاسیم در رقم سیوری و بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در رقم نگرت مشاهده شد. که نشان دهنده پتانسیل عالی آن‌ها به عنوان منبع ترکیبات زیست فعال می‌باشد. در نتیجه این ارقام می‌توانند به عنوان ارقامی مفید در صنایع غذایی و دارویی مورد استفاده قرار گیرند. نتایج بدست آمده از این پژوهش اطلاعات مهمی درباره ترکیبات فیتوشیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی برخی ارقام و ژنوتیپ‌های فندق در منطقه اشکورات رودسر را فراهم می‌کند که این نتایج می‌تواند در انتخاب ارقام مناسب به منظور ارتقای کیفیت تغذیه‌ای بسیار سودمند باشد.

### 8- منابع


[1] Alasalvar, C. , Karamać, M. , Kosińska, A. , Rybarczyk, A. , Shahidi, F. and Amarowicz, R. 2009. Antioxidant activity of hazelnut skin phenolics. Journal of Agricultural and Food Chemistry,57: 4645-4650.

[2] Alasalvar, C. , Karamać, M. , Amarowicz, R. and Shahidi, F. 2006. Antioxidant and antiradical activities in extracts of hazelnut kernel (*Corylus avellana* L. ) and hazelnut green leafy cover. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54: 4826-4832.

[3] Altun, M. , Celik, S. E. , Güçlü, K. , Özyürek, M. , Erçağ, E. and Apak, R. , 2011. Total antioxidant capacity and phenolic contents of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L. ) kernels and oils. Journal of Food Biochemistry, 37: 53-61.

[4] Amaral, J. S. , Ferreres, F. , Andrade, P. B. , Valentão, P. , Pinheiro, C. , Santos, A. and Seabra, R. , 2005. Phenolic profile of hazelnut (*Corylus avellana* L. ) leaves cultivars grown in Portugal. Natural Product Research, 19: 157-163.

[5] Contini, M. , Baccelloni, S. , Massantini, R. and Anelli, G. , 2008. Extraction of natural antioxidants from hazelnut (*Corylus avellana* L. ) shell and skin wastes by long maceration at room temperature. Food Chemistry, 110: 659-669.

[6] Locatelli, M. , Travaglia, F. , Coisson, J. D. , Martelli, A. , Stevigny, C. and Arlorio, M. , 2010. Total antioxidant activity of hazelnut skin (Nocciola Piemonte PGI): Impact of different roasting conditions. Food Chemistry, 119: 1647-1655.

[7] Huang, D. , Ou, B. and Prior, R. L. 2005. The chemistry behind antioxidant capacity assays. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53: 1841-1856.

[8] Delgado, T. , Malheiro, R. , Pereira, J. A. and Ramalhosa, E. , 2010. Hazelnut (*Corylus avellana* L. ) kernels as a source of antioxidants and their potential in relation to other nuts. Industrial Crops and Products, 32: 621-626.

[9] Kaur, C. and Kapoor, H. C. 2001. Antioxidants in fruits and vegetables–the millennium's health. International Journal of Food Science and Technology, 36: 703-725.

[10] Moure, A. , Cruz, J. M. , Franco, D. , Domínguez, J. M. , Sineiro, J. , Domínguez, H. , Núñez, M. J. and Parajó, J. C. 2001. Natural antioxidants from residual sources. Food Chemistry, 72: 145-171.

[11] Contini, M. , Frangipane, M. T. and Massantini, R. , 2011. Antioxidants in hazelnuts (*Corylus avellana* L. ). In Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention, 611-625.


[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

[12] Shahidi, F. , Alasalvar, C. and Liyana-Pathirana, C. M. 2007. Antioxidant phytochemicals in hazelnut kernel (*Corylus avellana* L. ) and hazelnut byproducts. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55: 1212-1220.

[13] Oliveira, I. , Sousa, A. , Morais, J. S. , Ferreira, I. C. , Bento, A. , Estevinho, L. and Pereira, J. A. 2008. Chemical composition, and antioxidant and antimicrobial activities of three hazelnuts (*Corylus avellana* L. ) cultivars. Food and Chemical Toxicology, 46: 1801-1807.

[14] Senter, S. D. , Horvat, R. J. and Forbus, W. R. 1983. Comparative GLC□MS Analysis of phenolic acids of selected tree nuts. Journal of Food Science, 48: 798-799.

[15] 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: 1018-1025.

[16] Kornsteiner, M. , Wagner, K. H. and Elmadfa, I. 2006. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. Food Chemistry, 98: 381-387.

[17] 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: 509-515.

[18] Shahidi, F. Functional foods. Their role in health promotion and disease prevention. Journal of Food Science, 2004: 146-149.

[19] Ozdemir, F. and Akinci, I. 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. Journal of Food Engineering, 63: 341-347.

[20] Bor, J. Y. , Chen, H. Y. and Yen, G. Ch. 2006. Evaluation of antioxidant activity and inhibitory effect on nitric oxide production of some common vegetables. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 54: 1680–1686.

[21] Kaijv, M. , Sheng, L and Chao, C. 2006. Antioxidation of flavonoids of Green Rhizome. Food Science and Technology, 27: 110–115.

[22] Singleton, V. L. and Rossi, J. A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16: 144-158.

[23] Dehghan, G. and Khoshkam, Z. 2012. Tin (II)-quercetin complex: Synthesis, spectral characterization and antioxidant activity. Food Chemistry, 131: 422-427.

[24] Simonne, E. H. , Jones, H. A. , Mills, D. A. , Snittleand C. and Hussey, G. 1993. Influence of catalyst, sample weight, and digestion conditions on Kjeldahl N. Commun. Soil Science Plant Anal, 24: 1609-1616.

[25] Emami A. (1996). Plant decomposition methods. Soil &Water Research lnstitute. Tehran Iran. 1, 128

[26] Alasalvar, C. , Shahidi, F. , Liyanapathirana, C. M. and Ohshima, T. , 2003. Turkish tombul hazelnut (*Corylus avellana* L. ). 1. Compositional characteristics. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51: 3790-3796.

[27] Açkurt, F. , Özdemir, M. , Biringen, G. and Löker, M. , 1999. Effects of geographical origin and variety on vitamin and mineral composition of hazelnut (*Corylus avellana* L. ) varieties cultivated in Turkey. Food Chemistry, 65: 309-313.

[28] Rezaei, F. , Bakhshi, D. , Ghazvini, R. F. , Majd, D. J. and Pourghayoumi, M. , 2014. Evaluation of fatty acid content and nutritional properties of selected native and imported hazelnut (*Corylus avellana* L. ) varieties grown in Iran. Journal of Applied Botany and Food Quality, 87.

[29] Cristofori, V. , Bertazza, G. and Bignami, C. , 2015. Changes in kernel chemical composition during nut development of three Italian hazelnut cultivars. Fruits, 70: 311-322.

[30] Li, H. and Parry, J. W. , 2011. Phytochemical compositions, antioxidant properties, and colon cancer antiproliferation effects of Turkish and Oregon hazelnut. Food and Nutrition Sciences, 2: 11-42.

[31] Lewallen, K. S. and Marini, R. P. , 2003. Relationship between flesh firmness and ground color in peach as influenced by light and canopy position. Journal of the American Society for Horticultural Science, 128: 163-170.

[32] Pannico, A. , Cirillo, C. , Giaccone, M. , Scognamiglio, P. , Romano, R. , Caporaso, N. , Sacchi, R. and Basile, B. , 2017. Fruit position within the canopy affects kernel lipid composition of hazelnuts. Journal of the Science of Food and Agriculture, 97: 4790-4799.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

[33] Oèzdemir, M. , Açkurt, F. , Kaplan, M. , Yıldız, M. , Löker, M. , Gürcan, T. , Biringen, G. , Okay, A. and Seyhan, F. G. 2001. Evaluation of new Turkish hybrid hazelnut (*Corylus avellana* L. ) varieties: fatty acid composition, α-tocopherol content, mineral composition and stability. Food Chemistry, 73: 411-415.

[34] Parcerisa, J. , Boatella, J. , Codony, R. , Rafecas, M. , Castellote, A. I. and Romero, A. , 1995. Comparison of fatty acid and triacylglycerol compositions of different hazelnut varieties (*Corylus avellana* L. ) cultivated in Catalonia (Spain). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 13-16.

[35] White, P. J. and Broadley, M. R. , 2005. Historical variation in the mineral composition of edible horticultural products. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 80: 660-667.

[36] Amini-Nouri, F. and Ziarati, P. , 2015. Chemical composition of native hazelnut (*Corylus avellana* L. ) varieties in Iran, association with ecological conditions. Bioscience and Biotechnology Research Asia, 12: 2053-2060.

[37] Dundar, M. S. and Altundag, H. , 2004. Selenium content of Turkish hazelnut varieties: kara Fındık, Tombul and Delisava. Journal of Food Composition and Analysis, 17: 707-712.

[38] Beladel, B. , Nedjimi, B. , Mansouri, A. , Tahtat, D. , Belamri, M. , Tchanchane, A. , Khelfaoui, F. and Benamar, M. E. A. , 2013. Selenium content in wheat and estimation of the selenium daily intake in different regions of Algeria. Applied Radiation and Isotopes, 71: 7-10.

[39] Hartikainen, H. , 2005. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 18: 309-318.

[40] Forde, H. I. (1975). Walnuts. In: Janick, J. and Moore, J. N. Purdue University Press, West Lafayette, IN. (Eds. ). Advances in Fruit Breeding, 439-455.

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

# Investigation of phytochemical compounds and antioxidant capacity of 11 cultivars and genotypes of hazelnut fruit in Rudsar Eshkevarat region

**Yaghobifar, Sh. [1], Rabiei, V. [2*], Razavi, F. [3], Javadi, D. [4], Hassani, A.[5]**

1. Former M. Sc. Student Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
2. Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.
4. Scientific Member of Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Guilan, Iran.
5. Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran.

**(Received: 2020/02/08 Accepted: 2020/06/06)**

As one of the most important nuts, hazelnut (*Corylus avellana* L. ) contain a valuable set of antioxidants and nutrients. The quality of hazelnut kernel was strongly affected by kernel compounds. The antioxidant capacity and biochemical compounds depends more on the cultivar, climatic conditions and the interaction between climatic conditions and genotypes. The present study was conducted to determine the quality properties including vitamin C, antioxidant activity, total phenol, flavonoid and mineral element in 11 cultivars and genotypes included seven imported cultivars (Ronde dupimont, Negreta, Segorbe, Sivri, Morfineski, Fertile decotard and Sochi), and four local Iranian genotypes (Eshkevar1, Eshkevar2, Eshkevar3 and Eshkevar 4) in the Rudsar Eshkevarat region in 2017. Analysis of variance results were showed that there was significant difference ($P \leq 0.01$) among examined cultivars for all characters and showed high genetic variation in all of the studied cultivars. Correlation analysis showed the existence of significant positive and negative correlation among some important traits. According to the cluster analysis dendrogram performed by "Ward" method, cultivar and genotypes of hazelnut in Euclidian distance 27 were classified into four clusters.

**Keywords**: Hazelnut, Mineral elements, Antioxidant properties, Cluster analysis

[ Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2025-01-03 ]

[ DOI: 10.52547/fsct.17.103.151 ]

* Corresponding Author E-Mail Address: rabiei@znu. ac. ir