فرآیند و کارکرد گیاهی، جلد ۱۲، شماره ۵۶، مهر و آبان‌ماه ۱۴۰۲ صفحه: ۷۵-۸۸

مقاله پژوهشی

بررسی ارزش تغذیه‌ای و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ریزسبزی ارقام مختلف ریحان

فردین قنبری*[۱]، پریسا محمدیان[۱] و علی چابک[۲]

[۱] گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

[۲] گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳، تاریخ پذیرش نهایی:۱۴۰۲/۰۴/۲۷)

چکیده

میکروگرین‌ها (ریزسبزی‌ها) سبزی‌های نارسی هستند که پس از رشد اولین برگ‌های حقیقی برداشت می‌شوند و ممکن است ارزش تغذیه‌ای بالاتری نسبت به گیاهان بالغ خود داشته باشند. در تحقیق حاضر ارزش تغذیه‌ای و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ۱۳ رقم ریحان در مرحله ریزسبزی بررسی شده است. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام انجام گرفت. نتایج نشان داد که ارقام مختلف ریحان مقادیر بسیار متفاوتی از ویتامین‌ها و رنگدانه‌های گیاهی در مرحله ریزسبزی دارند. بیشترین میزان کلروفیل در ارقام ویولتا و گنووس و بیشترین کاروتنوئید کل در رقم ریحان مقدس مشاهده شد. محتوای آنتوسیانین ارقام ریحان در آزمایش حاضر بین ۰/۰۷۸ تا ۰/۱۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر متفاوت بود. کمترین محتوای فنل کل در ریحان سبز و بیشترین آن در رقم ناپولتانو مشاهده شد. بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در رقم ناپولتانو و کمترین آن در رقم گنووس به دست آمد. همچنین محتوای ویتامین ث در ارقام شب سیاه و ریحان بنفش بالاتر از ارقام دیگر بود. به منظور تعیین مهمترین صفات بیولوژیکی در ایجاد تمایز بین ارقام ریحان از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. سه عامل اول ۸۰/۹۵ درصد از کل تنوع موجود را به خود اختصاص دادند. با استفاده از تجزیه کلاستر ارقام ارزیابی‌شده در پنج گروه اصلی قرار گرفتند. به‌طورکلی نتایج نشان داد که ارقام ریحان در مرحله ریزسبزی منابع مناسبی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند و تغییرات قابل توجهی در ارزش تغذیه‌ای ارقام ریحان وجود دارد.

کلمات کلیدی: آنتوسیانین، ریزسبزی، فلاونوئید، کیفیت غذایی، ویتامین ث

مقدمه

ریزسبزی‌ها یک شکل جدید از محصولات تازه هستند که در سال‌های اخیر محبوبیت روزافزونی را در بین مصرف‌کنندگان پیدا کرده‌اند. ریزسبزی‌ها گیاهچه جوان سبزیجات و گیاهان هستند که وقتی لپه‌ها کاملاً رشد کرده و اولین برگ‌های حقیقی ظاهر شدند، معمولاً ۷ تا ۱۴ روز بعد از کاشت، برداشت می‌شوند (Teng *et al.*, 2023). طیف گسترده‌ای از سبزی‌ها مانند ریحان، گشنیز، تربچه، کلم‌ها، و حتی گیاهان زراعی مانند آفتابگردان به عنوان ریزسبزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Turner *et al.*, 2020). ریزسبزی‌ها طعم و مزه و همچنین ارزش تغذیه‌ای بسیار بالاتر از گیاهان بالغ خود دارند و ممکن است عناصر غذایی و ویتامین‌های آنها چندین برابر بیشتر از گیاهان بالغ باشد (Xiao *et al.*, 2012). به دلیل طعم‌های قوی و خاصیت حسی جذاب، چند سال است که ریزسبزی‌ها

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: F.ghanbari@ilam.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

محبوبیت زیادی پیدا کرده‌اند و معمولاً آشپزهای سطح بالا برای تزیین سوپ و ساندویچ از آنها استفاده می‌کنند (Tan *et al.*, 2020). مزایای عملکردی آنها نیز مورد توجه محققان تغذیه قرار گرفته و افق‌های جدیدی را برای استفاده در زمینه تغذیه و سلامت جوامع گشوده است. خاصیت تغذیه‌ای آن‌ها به محتوای بالای ویتامین‌ها، مواد معدنی و همچنین سایر ترکیبات فعال زیستی نسبت داده می‌شود (Pinto *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2015). ریزسبزی‌ها حاوی ویتامین‌های زیاد یا پیش-سازهای آنها از جمله کاروتنوئیدها، اسید آسکوربیک، توکوفرول‌ها و توکوترینول‌ها، فیلوکینون و فولات هستند (Kyriacou *et al.*, 2019). تحقیقات در این زمینه بیشتر در مورد بهبود ماندگاری در دوره پس از برداشت متمرکز شده است و تحقیقات کمتری درباره مقایسه ارزش تغذیه‌ای ریزسبزی‌های مختلف وجود دارد. در تحقیقی، Xiao و همکاران (۲۰۱۲) غلظت اسید آسکوربیک، کاروتنوئیدها، فیلوکینون و توکوفرول‌ها را در ۲۵ ریزسبزی تجاری موجود بررسی کردند. نتایج نشان داد که ریزسبزی‌های مختلف مقدار بسیار متفاوتی از ویتامین‌ها و کاروتنوئیدها را تأمین می‌کنند. در میان ۲۵ ریزسبزی مورد بررسی، کلم قرمز، گشنیز، آمارانت و تربچه به ترتیب بیشترین غلظت اسیدهای آسکوربیک، کاروتنوئیدها، فیلوکوینون و توکوفرول‌ها را داشتند. مطالعه‌ای Javanmardi و همکاران (۲۰۰۳) ترکیبات فنلی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی ۲۳ جمعیت ریحان ایرانی را بررسی کردند و گزارش دادند که این گونه‌ها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی هستند و می‌تواند در صنایع دارویی و غذایی مورد استفاده قرار گیرند. در تحقیق دیگر، Paradiso و همکاران (۲۰۱۸) ارزش تغذیه‌ای شش ژنوتیپ ریزسبزی از خانواده‌های مختلف را بررسی کردند و گزارش دادند که ریزسبزی کلم آنتی‌اکسیدان بالاتر و ویتامین E بیشتری نسبت به گونه‌های دیگر دارد. در ایران نیز تحقیقی درباره بررسی ارزش تغذیه‌ای گونه‌های مختلف ریزسبزی منتشر شده است (پورشاه آبادی و همکاران، ۱۳۹۸). در این تحقیق ترکیبات فعال و عناصر غذایی شش گونه ریزسبزی (ریحان سبز، ریحان بنفش، کاهو، تربچه، شوید و گشنیز) در دو سیستم کشت خاکی و هیدروپونیک بررسی شده است. نتایج نشان داد که بین سبزی‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت و به‌طورکلی ارزش غذایی این سبزی‌ها در مرحله ریزسبزی بالاتر از گیاهان بالغ بود (پورشاه آبادی و همکاران، ۱۳۹۸).

ریحان یک گیاه دارویی مهم و یک سبزی خوردنی از خانواده نعناعیان است. گیاهی یک ساله و علفی است که تنوع زیادی در سطح مورفولوژی و ترکیبات ثانویه و مخصوصاً اسانس دارد. این جنس دارای ۵۰ تا ۱۵۰ گونه علفی و بوته‌ای است و به همین دلیل یکی از بزرگترین جنس‌های خانواده نعناعیان است. تاکسونومی این گیاه دارای پیچیدگی‌های خاصی است و هیبریداسیون‌های بین گونه‌ای و پلی‌پلوئیدی در این جنس به وفور دیده می‌شود. منشأ این گیاه هند، ایران و افغانستان گزارش شده است (ضیائی و همکاران، ۱۳۹۳). ریحان به‌طور گسترده در صنایع غذایی استفاده می‌شود و حاوی مقادیر زیادی از ترکیبات فنلی با فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا است که قادرند اکسیداسیون لیپیدها یا سایر مولکول‌ها را با تداخل در واکنش‌های زنجیره‌ای اکسیداتیو به تأخیر بیندازند و رادیکال‌های آزاد را خنثی کنند (Lobiuc *et al.*, 2017). همچنین ریزسبزی این گیاه دارای محبوبیت زیادی در بین مصرف‌کنندگان است (Xiao *et al.*, 2015). بر این اساس، شناسایی و معرفی ژنوتیپ‌های مختلف گیاهان در قالب ریزسبزی و مقایسه ارزش تغذیه‌ای آنها افق‌های جدیدی برای تولید این محصولات ویژه را باز می‌کند. در تحقیق حاضر برخی ترکیبات فیتوشیمیایی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی ارقام مختلف ریحان در قالب ریزسبزی بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۴۰۱ در دانشکده کشاورزی دانشگاه ایلام در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. بذرهای ارقام مختلف ریحان (۱۳ رقم) از فروشگاه‌های بذر عنبری و پوپونیک تهیه شد (جدول ۱). پس از ضدعفونی با استفاده از هیپوکلرید سدیم یک درصد به مدت ۵ دقیقه و شستشوی بذرها، کشت آنها در سینی‌های کشت (با ابعاد ۲۱×۱۱×۴ سانتی‌متر) حاوی خاک مزرعه و ورمی کمپوست

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

جدول ۱- مشخصات ارقام ریحان مورد استفاده در آزمایش

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	اسم علمی
۱	قرمز آتشین	Red basil	*Ocimum basilicum*
۲	ناپولتانو	Napoletano	*Ocimum basilicum*
۳	ریحان شیرین هوراپا	Horapa sweet basil	*Ocimum basilicum*
۴	ریحان برگ کاهویی	Lettuce *leaf* basil	*Ocimum basilicum*
۵	ریحان شب سیاه	Midnight basil	*Ocimum basilicum*
۶	ویولتا ایتالیایی	*Violetto*	*Ocimum basilicum*
۷	ریحان اوپال تیره	Dark opal basil	*Ocimum basilicum*
۸	ریحان مقدس	Holy basil	*Ocimum sanctum*
۹	گنووس	Genovese	*Ocimum basilicum*
۱۰	برگ بزرگ ایتالیایی	Italian large leaf	*Ocimum basilicum*
۱۱	ریحان بنفش	Purple basil	*Ocimum basilicum*
۱۲	ریحان سبز	Green basil	*Ocimum basilicum*
۱۳	ریحان ابلق	Variegated basil	*Ocimum basilicum*

(نسبت ۳:۷) انجام شد (Ghoora *et al.*, 2020). بذرها در شرایط تاریکی و رطوبت نسبی ۵±۹۵ درصد به مدت چهار روز جوانه زدند. پس از جوانه‌زنی، آن‌ها در معرض نور خورشید (شدت نور ۴۱۰۰-۲۶۰۰ لوکس) با میانگین دمای هوا ۵±۲۳ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱۰±۵۵ درصد قرار گرفتند. پس از اینکه برگ‌های لپه‌ای به‌طور کامل گسترش یافتند و ظهور اولین جفت برگ واقعی قابل مشاهده بود، ریزسبزی‌ها از یک سانتی‌متری سطح بستر کاشت با یک قیچی تیز و استریل برداشت شدند. برای اندازه‌گیری ترکیبات فیتوشیمیایی، نمونه‌هایی از ماده تازه ریزسبزی‌ها به‌طور تصادفی انتخاب شده بلافاصله در نیتروژن مایع منجمد شده و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Kyriacou *et al.*, 2019).

اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید: برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل و کارتنوئید، ۰/۲ گرم بافت نمونه در یک هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر استون سایبده و به صورت یک توده یکنواخت درآمد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴ هزار دور در دقیقه سانتریفیوژ (Labnet Prism R) شد. پس از جدا کردن عصاره رویی مرحله بالا دو بار دیگر تکرار گردید و در نهایت با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Specord 50, Analytic Jena)، میزان جذب آن در طول‌موج‌های، ۴۷۰، ۶۴۵ و ۶۶۴ نانومتر خوانده و کلروفیل‌های a، b و کل و کارتنوئید محاسبه گردید (Srain and Svec, 1966).

آنتوسیانین: برای اندازه‌گیری محتوای آنتوسیانین کل از روش Paradiso و همکاران (۲۰۱۸) با اندکی تغییرات استفاده شد. به این منظور ۱۰۰ میلی‌گرم از نمونه گیاهی با ۱۰ میلی‌لیتر متانول اسیدی (ترکیب متانول ۷۰ درصد و یک درصد HCl) ساییده شده و سپس بر روی شیکر با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲ ساعت و در شرایط تاریکی قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شدند و پس از آن جذب روشناور در طول-موج ۵۳۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد.

اندازه‌گیری فنل کل: محتوی فنل کل با استفاده از روش Singleton و Rossi (۱۹۶۵) اندازه‌گیری شد. ابتدا ۰/۵ گرم بافت ریزسبزی با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۸۵ درصد مخلوط شده و در هاون چینی کاملاً ساییده شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۰

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور بر دقیقه سانتریفیوژ شد. از عصاره به دست آمده برای اندازه‌گیری فنل، فلاونوئید و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل استفاده شد. به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره به‌دست‌آمده ۲۵۰۰ میکرولیتر فولین ۱۰ درصد افزوده شده و پس از ۱۰ دقیقه قرارگرفتن در تاریکی، ۲۰۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷/۵ درصد اضافه شد و به مدت ۱/۵ ساعت در تاریکی قرار گرفت. سپس میزان جذب محلول‌ها در طول‌موج ۷۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. در نهایت میزان فنل کل برحسب میلی‌گرم گالیک اسید بر گرم وزن تر گزارش گردید.

اندازه‌گیری فلاونوئید کل: اندازه‌گیری فلاونوئید کل مطابق روش Hasperue و همکاران (۲۰۱۶) انجام شد. به ۵۰۰ میکرولیتر عصاره استخراج شده به ترتیب ۱۷۰۰ میکرولیتر اتانول ۳۰ درصد، ۳۰۰ میکرولیتر نیتریت سدیم ۰/۵ مولار و ۳۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ۰/۳ مولار اضافه شد. پس از ۵ دقیقه ۵۰۰ میکرولیتر محلول هیدروکسید سدیم (NaOH) یک مولار اضافه و ورتکس شده، پس از ۱۰ دقیقه قرار گرفتن در تاریکی میزان جذب نمونه‌ها با کمک دستگاه اسپکتروفتومتر در طول‌موج ۵۱۰ نانومتر خوانده شد.

اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل: ظرفیت حذف رادیکال‌های آزاد نمونه‌ها با استفاده از روش 1, 1-diphenyl-2-picrilhydrazyl (DPPH) ارزیابی شد (Akowuah *et al.*, 2005). برای اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۲۹۰۰ میکرولیتر محلول DPPH مخلوط شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفته و جذب آن‌ها در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد. با استفاده از رابطه زیر فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس درصد محاسبه شد.

$$Antioxidant\ acivity = \frac{(A\ blank - A\ sample)}{A\ blanke} \times 100$$

در رابطه فوق، A blank میزان جذب شاهد و A sample میزان جذب نمونه‌های آزمایشی است.

اندازه‌گیری ویتامین ث: اندازه‌گیری ویتامین ث به وسیله تیتراسیون با ۲،۶ دی کلروفنول ایندوفنول انجام گرفت (Ranganna, 1997). برای تعیین میزان آسکوربیک اسید مقدار یک سی‌سی از عصاره را با پنج سی‌سی متافسفریک مخلوط کرده و پس از سانتریفیوژ به مدت ۳ دقیقه، محلول رویی را برداشته و با ایندوفنول تیتر کردیم. ظهور رنگ ارغوانی نشان‌دهنده پایان تیتراسیون بود. براساس میزان محلول مصرف شده غلظت اسید آسکوربیک نمونه‌ها محاسبه و براساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ گزارش شد.

نرمال‌بودن داده‌ها به کمک آزمون‌های شاپیرو ویلک و کلموگرو- اسمیرنوف تأیید شد. همچنین یکسان بودن واریانس متغیرها با آزمون لون تأیید شد. تجزیه آماری داده‌های حاصل از این آزمایش، با استفاده از نرم‌افزارهای آماری SAS (نسخه ۹,۱) و SPSS (نسخه ۱۶) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد محاسبه گردید. رسم نمودارها نیز به وسیله نرم‌افزار اکسل انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

فراوانی ترکیبات زیستی ریزسبزی‌ها از جمله رنگدانه‌های گیاهی، ویتامین‌ها، مواد معدنی و ترکیبات زیست فعال در بسیاری از تحقیقات مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که محتوای رنگدانه‌های گیاهی و سایر ترکیبات زیست فعال ارقام مختلف ریحان با هم تفاوت معنی‌داری دارند (جدول ۲). محتوای کلروفیل a از ۰/۲۳۰ تا ۰/۸۰۷، کلروفیل b از ۰/۱۵۹ تا ۰/۶۱۲ و کلروفیل کل از ۰/۲۴۲ تا ۱/۶۷۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر متفاوت بود (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a (۰/۸۰۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۶۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱/۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به ترتیب در ارقام ویولتا، گنووس و گنووس مشاهده شد. همچنین کمترین میزان کلروفیل a (۰/۲۳۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۱۵۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۰/۲۴۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) به ترتیب در ارقام شیرین هورپا، برگ کاهویی و ویولتا ثبت شد (جدول ۳). به‌طور مشابه با این

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی ریزسبزی ارقام مختلف ریحان

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئید	آنتوسیانین	فنل کل	فلاونوئید کل	ویتامین ث	ظرفیت آنتی اکسیدانی کل
تیمار	۱۲	۰/۱۲**	۰/۱۷**	۰/۴۰**	۰/۰۳۱**	۰/۰۰۱۱**	۰/۰۷۴**	۰/۰۰۰۷۶**	۰/۰۱۷**	۵۶/۵۷**
خطای آزمایشی	۲۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۶	۰/۰۱۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۵	۰/۶۳
ضریب تغییرات	-	۱۰/۱۶	۱۵/۹۹	۱۲/۶۸	۶/۵۵	۴/۱۹	۴/۲۲	۵/۵۶	۴/۶۷	۱۲/۶۶

****نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد است.**

جدول ۳- مقایسه میانگین رنگدانه‌های گیاهی در ریزسبزی ارقام مختلف ریحان

ارقام	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	کاروتنوئیدها
	میلی‌گرم بر گرم وزن تر			
قرمز آتشین	۰/۳۳۴±۰/۰۰۶۷^{e}	۰/۱۸۴±۰/۰۰۳۹^{ef}	۰/۵۷۱±۰/۰۰۹۹^{e}	۰/۱۸۲±۰/۰۰۰۸^{h}
ناپولتانو	۰/۵۱۷±۰/۰۵۰۲^{d}	۰/۴۶۰±۰/۱۲۳۵^{bcd}	۰/۹۹۰±۰/۱۵۷۱^{c}	۰/۲۸۳±۰/۰۳۰۶^{cd}
شیرین هوراپا	۰/۲۳۰±۰/۰۱۰۹^{f}	۰/۲۲۵±۰/۰۲۹۳^{ef}	۰/۵۰۸±۰/۰۳۶۴^{e}	۰/۴۰۰±۰/۰۰۷۳^{a}
برگ کاهویی	۰/۲۳۴±۰/۰۰۴۳^{f}	۰/۱۵۹±۰/۰۰۵۴^{f}	۰/۴۵۳±۰/۰۰۹۰^{e}	۰/۲۵۶±۰/۰۰۰۷^{def}
شب سیاه	۰/۴۹۹±۰/۰۰۳۳^{d}	۰/۴۰۴±۰/۰۰۵۵^{cd}	۰/۹۲۳±۰/۰۰۸۰^{cd}	۰/۳۱۲±۰/۰۰۱۱^{c}
ویولتا	۰/۸۰۷±۰/۰۰۲۰^{a}	۰/۴۳۲±۰/۰۰۱۷^{cd}	۰/۲۴۲±۰/۰۰۳۴^{b}	۰/۲۰۸±۰/۰۰۰۷^{gh}
اوپال تیره	۰/۴۸۴±۰/۰۰۴۵^{d}	۰/۲۴۵±۰/۰۱۶۶^{ef}	۰/۷۶۹±۰/۰۱۹^{d}	۰/۲۳۵±۰/۰۱۷۹^{fg}
مقدس	۰/۴۴۲±۰/۰۰۰۳^{d}	۰/۴۵۴±۰/۰۰۲۹^{bcd}	۰/۹۱۳±۰/۰۰۲۲^{cd}	۰/۴۲۸±۰/۰۰۲۲^{a}
گنووس	۰/۷۷۹±۰/۰۸۹۸^{ab}	۰/۶۱۲±۰/۱۰۵۸^{ab}	۱/۶۷۵±۰/۱۷۹۴^{a}	۰/۰۲۴±۰/۰۰۳۳^{i}
برگ بزرگ ایتالیایی	۰/۲۴۳±۰/۰۰۳۴^{f}	۰/۱۹۶±۰/۰۰۶۱^{ef}	۰/۴۹۴±۰/۰۰۸۷^{e}	۰/۲۷۸±۰/۰۰۱۷^{d}
بنفش	۰/۷۳۶±۰/۰۰۵۱^{ab}	۰/۴۷۶±۰/۰۰۳۲^{bc}	۱/۲۱۳±۰/۰۰۷۷^{b}	۰/۲۶۹±۰/۰۰۰۷^{de}
سبز	۰/۶۳۷±۰/۰۲۱۲^{c}	۰/۳۲۴±۰/۰۰۸۳^{ed}	۰/۹۸۴±۰/۰۲۷۷^{c}	۰/۲۴۶±۰/۰۰۰۸^{ef}
ابلق	۰/۷۰۸±۰/۰۰۹۳^{bc}	۰/۵۹۲±۰/۰۰۷۴^{b}	۱/۲۸۹±۰/۰۰۲۳^{b}	۰/۳۶۳±۰/۰۰۰۱^{b}

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

نتایج، محتوای کلروفیل a از ۰/۵۱ تا ۱/۴۱۰، کلروفیل b از ۰/۱۳۷ تا ۰/۴۶۹ و کلروفیل کل از ۰/۶۴۷ تا ۱/۸۵۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در گونه‌های مختلف ریزسبزی از جمله ریحان گزارش شده است (Kyriacou *et al*., 2019). از آنجا که کلروفیل رنگدانه فتوسنتزکننده گیاهان است، بنابراین غلظت بالاتر آن ممکن است نشان‌دهنده تولید مواد مغذی بیشتر در گیاهان باشد. مصرف کلروفیل به عنوان عامل پیشگیری از برخی بیماری‌ها گزارش شده است که به توانایی کلروفیل در تشکیل کمپلکس‌هایی با مواد خاص و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدجهش‌زایی آن نسبت داده شده است (Zepka *et al*., 2019). برخی دیگر از خواص پیشگیرانه یا درمانی کلروفیل مانند تحریک سیستم ایمنی، سم‌زدایی از کبد و تنظیم فشار خون نیز گزارش شده است (Inanc, 2011). همچنین محتوای کلروفیل در سبزی‌های برگی معیاری برای انتخاب مصرف‌کننده است و بایستی یکنواخت و با غلظت مناسب در سبزی‌ها موجود باشد (Lenzi *et al*., 2019).

کاروتنوئیدها گروهی از رنگدانه‌های محلول در چربی هستند که به‌طور طبیعی در بسیاری از میوه‌ها و سبزیجات

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

وجود دارند. چندین کاروتنوئید پیش‌ساز ویتامین A (مانند β-کاروتن) هستند و به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند که قادر به از بین بردن رادیکال‌های آزاد هستند (Sun *et al*., 2022). نتایج نشان داده است که ریزسبزی‌ها به‌طورکلی مملو از سطوح متوسط تا زیاد کاروتنوئیدها هستند (Xiao *et al*., 2012). در تحقیق حاضر نیز تفاوت آماری معنی‌داری در غلظت کاروتنوئید ریزسبزی ارقام مختلف ریحان مشاهده شد. بیشترین میزان کاروتنوئید (۰/۴۲۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ریحان مقدس و کمترین غلظت کاروتنوئید (۰/۰۲۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم گنووس مشاهده شد (جدول ۳). گزارش شده است که محتوای کاروتنوئید در ریزسبزی گونه‌های مختلف متفاوت بوده و ریزسبزی‌ها محتوای کاروتنوئید و ویتامین‌های بیشتری نسبت به گیاهان بالغ دارند (Xiao *et al*., 2012). جدای از تفاوت‌های ژنتیکی بین گونه‌ها و واریته‌های ریزسبزی، تنوع گزارش‌های مربوط به محتوای کاروتنوئیدی ریزسبزی‌ها به تفاوت در شرایط تولید و نگهداری ریزسبزی‌ها مربوط می‌شود (Kyriacou *et al*., 2019).

آنتوسیانین‌ها به عنوان رنگدانه‌های اصلی گل‌ها و میوه‌ها برای ایجاد رنگ‌های قرمز، نارنجی، آبی و بنفش در بافت‌های گیاهی تجمع می‌یابند. علاوه بر این، آنتوسیانین‌ها نقش حیاتی در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف گیاهان، مانند محافظت از گیاهان در برابر تابش اشعه ماوراء بنفش، جذب گرده افشان‌ها و از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن دارند (Yanez-Apam *et al*., 2023). در سال‌های اخیر، آنتوسیانین به دلیل خواص غذایی مانند فعالیت آنتی‌اکسیدانی، خواص ضدمیکروبی، ضدالتهابی و مهار تکثیر سلولی، مورد توجه قرار گرفته است (Zhang *et al*., 2019). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنوع قابل توجهی در محتوای آنتوسیانین ارقام مختلف ریحان وجود دارد. محتوای آنتوسیانین ارقام ریحان در آزمایش حاضر بین ۰/۰۷۸ تا ۰/۱۴۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر متفاوت بود. بیشترین محتوای آنتوسیانین در رقم ریحان ابلق و کمترین میزان آن در رقم ریحان برگ کاهویی مشاهده شد (جدول ۴). نتایج تحقیق حاضر با گزارش Nguyen و همکاران (۲۰۱۰) که گزارش دادند محتوای آنتوسیانین در رقم اپال تیره بیشتر از رقم گنووس است، مطابقت دارد. نتایج آزمایش‌های دیگر نیز نشان داده است که محتوای آنتوسیانین در ارقام ریحان به شدت تحت تأثیر ژنتیک قرار می‌گیرد (Kwee and Niemeyer, 2011). اگر چه ارقام ریحان سبز دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نسبتاً بالایی هستند، وجود آنتوسیانین در ارقام ارغوانی ممکن است چنین خواصی را افزایش دهد (Flanigan and Niemeyer, 2014).

ترکیبات فنلی دسته بزرگی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند که از یک حلقه معطر با یک یا چند جایگزین هیدروکسیل تشکیل شده‌اند (Cheynier, 2012). این ترکیبات برای کیفیت گیاهان مهم هستند و به شدت با خواص ارگانولپتیکی سبزیجات مانند طعم و رنگ مرتبط هستند. ترکیبات فنلی خواص زیست‌فعال متعددی از خود نشان می‌دهند که شناخته‌شده‌ترین آن‌ها فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی آنها است (Rodriguez-Perez *et al*., 2019). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که محتوای ترکیبات فنلی و فلاونوئید در ارقام ریحان به طور معنی‌داری متفاوت است (جدول ۲). کمترین محتوای فنل کل با میانگین ۰/۷۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در ریحان سبز و بیشترین آن با میانگین ۱/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در رقم ناپولتانو مشاهده شد (جدول ۴). همچنین کمترین محتوای فلاونوئید (۰/۰۵۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در ریحان بنفش و بیشترین آن (۰/۱۱۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم ویولتا به دست آمد (جدول ۴). گزارش شده است که ژنوتیپ به شدت بر تولید ترکیبات فنلی در گیاهان تأثیر می‌گذارد (Pathiraja *et al*., 2023) و ریحان به دلیل تنوع در ترکیب شیمیایی و محتوای ترکیبات فنلی در بین گیاهان شناخته شده است (Nguyen *et al*., 2010). همچنین غلظت فنل‌ها در گیاهان ممکن است به طور مشخص در طول رشد و نمو گیاه متفاوت باشد، بنابراین، تفاوت در محتوای فنل کل و فلاونوئید ممکن است با وضعیت فیزیولوژیکی و میزان رشد متفاوت ارقام توضیح داده شود (Keutgen *et al*., 2021). در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات بیوشیمیایی در ریزسبزی ارقام مختلف ریحان

ارقام	آنتوسیانین	فنل کل	فلاونوئید کل	ویتامین ث	ظرفیت آنتی اکسیدانی (درصد)
	(میلی‌گرم بر گرم وزن تر)				
قرمز آتشین	۰/۱۳۰±۰/۰۰۱۴^{b}	۱/۰۸±۰/۰۱۵۳^{bc}	۰/۰۶۳±۰/۰۰۰۷^{fg}	۰/۴۳۰±۰/۰۰۵۰^{de}	۳۲/۲۳±۰/۳۱۱^{de}
ناپولتانو	۰/۰۹۶±۰/۰۰۱۴^{e}	۱/۲۲±۰/۰۰۱۲^{a}	۰/۰۷۷±۰/۰۰۱۱^{de}	۰/۳۹۸±۰/۰۱۵۶^{e}	۳۵/۸۲±۰/۶۵۷^{a}
شیرین هوراپا	۰/۱۰۹±۰/۰۰۲۲^{d}	۰/۷۷±۰/۰۱۹۸^{ef}	۰/۰۷۲±۰/۰۰۱۷^{e}	۰/۴۵۵±۰/۰۰۰۳^{cd}	۲۹/۲۲±۰/۵۴۲^{gh}
برگ کاهویی	۰/۰۷۸±۰/۰۰۱۷^{g}	۰/۹۲±۰/۰۳۹۱^{d}	۰/۰۷۶±۰/۰۰۰۹^{de}	۰/۴۸۷±۰/۰۰۵۱^{c}	۲۸/۰۹±۰/۸۷۴^{hi}
شب سیاه	۰/۱۲۱±۰/۰۰۰۹^{c}	۱/۰۴±۰/۰۱۳۱^{c}	۰/۱۰۱±۰/۰۰۳۵^{b}	۰/۶۶۰±۰/۰۲۵۱^{a}	۳۴/۶۳±۰/۱۸۹^{ab}
ویولتا	۰/۱۲۰±۰/۰۰۵۷^{c}	۱/۱۳±۰/۰۱۱۵^{b}	۰/۱۱۳±۰/۰۰۲۸^{a}	۰/۴۶۸±۰/۰۱۴۲^{cd}	۳۴/۰۱±۰/۳۲۱^{bc}
اوپال تیره	۰/۱۲۰±۰/۰۰۱۷^{c}	۰/۹۵±۰/۰۰۱۳^{d}	۰/۰۸۱±۰/۰۰۳۸^{cd}	۰/۴۶۷±۰/۰۰۱۴^{cd}	۳۰/۵۰±۰/۴۰۳^{fg}
مقدس	۰/۱۰۸±۰/۰۰۴۷^{d}	۰/۹۲±۰/۰۴۴۸^{d}	۰/۰۸۴±۰/۰۰۱۰^{c}	۰/۴۷۱±۰/۰۰۳۸^{cd}	۳۳/۰۷±۰/۵۸۸^{cd}
گنووس	۰/۰۸۷±۰/۰۰۱۲^{f}	۰/۸۰±۰/۰۰۷۳^{e}	۰/۰۶۹±۰/۰۰۰۱^{ef}	۰/۳۵۶±۰/۰۰۱۶۵^{f}	۲۰/۹۱±۰/۲۴۳^{k}
برگ بزرگ ایتالیایی	۰/۰۸۳±۰/۰۰۳۳^{fg}	۰/۸۱±۰/۰۰۹۵^{e}	۰/۰۶۲±۰/۰۰۲۸^{fg}	۰/۴۵۴±۰/۰۰۱۳^{cd}	۲۵/۷۸±۰/۴۱۲^{j}
بنفش	۰/۱۱۹±۰/۰۰۰۵^{c}	۰/۷۸±۰/۰۰۳۰^{ef}	۰/۰۵۷±۰/۰۰۱۴^{g}	۰/۵۶۲±۰/۰۱۳۰^{b}	۲۷/۴۹±۰/۱۶۱^{i}
سبز	۰/۰۹۸±۰/۰۰۰۹^{e}	۰/۷۲±۰/۰۱۲۱^{f}	۰/۰۷۲±۰/۰۰۵۱^{e}	۰/۴۷۹±۰/۰۰۲۱^{c}	۲۴/۷۷±۰/۲۵۶^{j}
ابلق	۰/۱۴۸±۰/۰۰۲۴^{a}	۰/۸۰±۰/۰۴۲۵^{e}	۰/۰۶۴±۰/۰۰۰۴^{fg}	۰/۵۳۶±۰/۰۲۹۱^{b}	۳۱/۵۵±۰/۴۳۲^{ef}

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف آماری معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

این رابطه، Xiao و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که غلظت فنل کل به شدت با کیفیت کلی محصول و چندین جنبه از کیفیت‌های حسی، از جمله ترشی، تلخی و شیرینی ریزسبزی‌ها مرتبط است. بنابراین، ریزسبزی‌ها می‌توانند به‌عنوان منابع عالی این دسته از فیتوکمیکال‌ها در نظر گرفته شوند.

بسیاری از مطالعات نشان داده است که گیاهان در مرحله ریزسبزی غنی از آنتی‌اکسیدان‌ها و سایر ترکیبات تقویت‌کننده سلامت هستند، به همین دلیل است که ریزسبزی‌ها به عنوان غذای کاربردی مورد توجه قرار گرفته‌اند (Lenzi *et al.*, 2019). بسیاری از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در سبزیجات وجود دارند و مشخص نیست که کدام یک بیشتر با فواید آن مرتبط هستند. اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، که ظرفیت تجمعی اجزای غذا برای از بین‌بردن رادیکال‌های آزاد است، به روشی مؤثر برای ارزیابی مزایای بالقوه سبزیجات مختلف در پیشگیری یا مدیریت بیماری‌های مزمن تبدیل شده است (Tan *et al.*, 2020). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل ارقام ریحان در مرحله ریزسبزی با هم تفاوت معنی‌داری دارد (جدول ۲). بر طبق نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین‌ها بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۳۵/۸۲ درصد) در رقم ناپولتانو و کمترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی (۲۰/۹۱ درصد) در رقم گنووس به دست آمد (جدول ۴). به طور مشابه Nguyen و همکاران (۲۰۱۰) اختلاف آماری معنی‌داری در ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ارقام ریحان در مرحله ریزسبزی گزارش دادند. در برخی مطالعات سطوح کلی آنتی‌اکسیدانی در سبزی‌ها به سطوح بالای فیتوکمیکال‌های آنتی‌اکسیدانی مانند اسید آسکوربیک، کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها و ترکیبات فنلی و همچنین گلوکوزینولات‌ها نسبت داده شده است (Xiao *et al.*, 2019). همچنین ترکیبات فنلی به عنوان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مهم در ریزسبزی‌ها معرفی شده‌اند (Zhang *et al.*, 2021). در تحقیق حاضر رقم ناپولتانو بالاترین ترکیبات فنلی و ظرفیت‌آنتی‌اکسیدانی را نشان داد که این ارتباط در تحقیقات دیگر نیز گزارش شده است (Javanmardi *et al.*, 2003; Kwee and Niemeyer, 2011). به

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

جدول ۵- تجزیه به عامل‌ها با دوران واریماکس برای صفات مورد مطالعه در گیاه ریحان

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
کلروفیل کل	۰/۹۹۰	-۰/۰۱۸	-۰/۰۱۷
کلروفیل a	۰/۹۱۷	۰/۱۰۶	۰/۲۰۲
کلروفیل b	۰/۸۸۱	-۰/۱۲۶	-۰/۲۱۲
فنول کل	-۰/۰۶۲	۰/۹۵۰	-۰/۱۲۷
فعالیت آنتی‌اکسیدانی	-۰/۱۸۵	۰/۸۲۰	۰/۴۶۸
فلاونوئید	۰/۱۲۶	۰/۷۷۶	۰/۱۱۸
ویتامین c	-۰/۰۳۱	۰/۰۳۴	۰/۸۲۹
آنتوسیانین	-۰/۲۷۹	۰/۲۰۵	۰/۷۵۰
کاروتنوئید	-۰/۴۷۶	۰/۰۱۴	۰/۷۰۴
مقادیر ویژه	۳/۱۱۱	۲/۶۲۰	۱/۵۵۵
واریانس (٪)	۳۴/۵۶۵	۲۹/۱۱۳	۱۷/۲۷۳
واریانس تجمعی (٪)	۳۴/۵۶۵	۶۳/۶۷۸	۸۰/۹۵۱

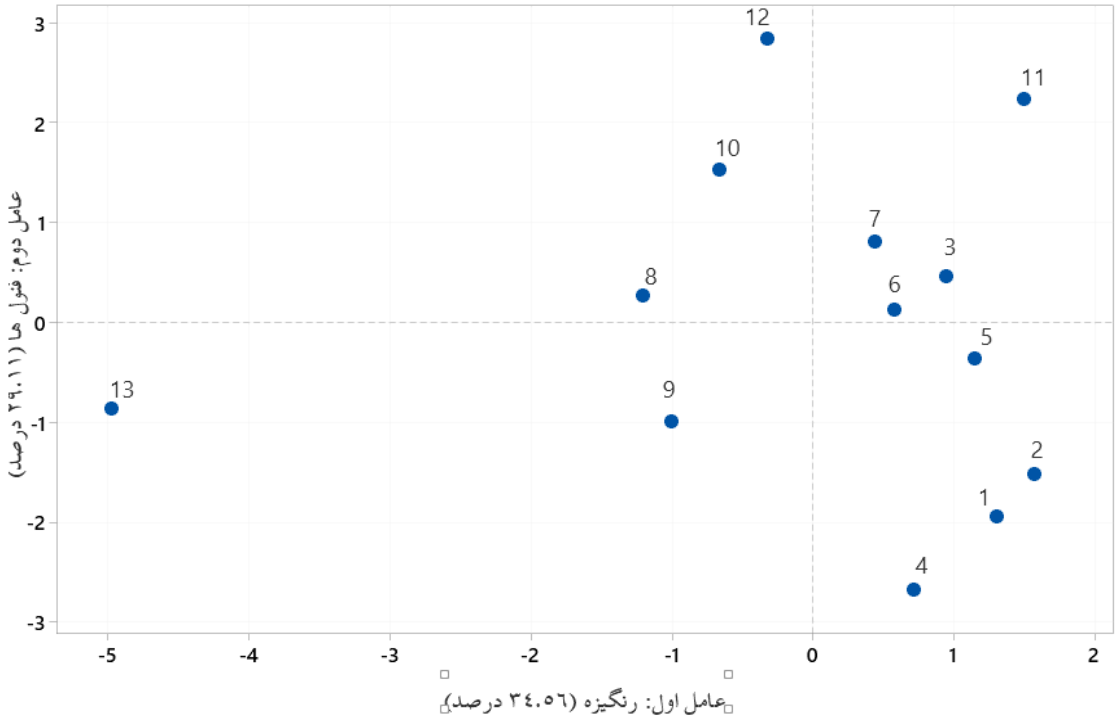
هر حال وجود ترکیبات آنتی‌اکسیدانی متفاوت در ریزسبزی‌ها پتانسیل آنتی‌اکسیدانی آن‌ها را افزایش داده و ارزش بالقوه‌ای را در پیشگیری و درمان بیماری‌های مزمن نشان می‌دهند (Zhang *et al.*, 2021).

ویتامین‌ها و پیش‌سازهای آن‌ها یکی دیگر از کلاس‌های مواد مغذی هستند که ارزش غذایی ریزسبزی‌ها را تعیین می‌کنند (Paradiso *et al.*, 2018). ویتامین ث (اسید آسکوربیک) یک ماده مغذی ضروری برای بدن انسان است که به عنوان یک آنتی‌اکسیدان نیز عمل می‌کند (Xiao *et al.*, 2012). به‌طورکلی ریزسبزی‌ها منابع عالی از ویتامین ث معرفی شده‌اند (Kyriacou *et al.*, 2016). در تحقیق حاضر محتوای ویتامین ث ریزسبزی ارقام مختلف ریحان بررسی شده که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. نتایج نشان داد که محتوای ویتامین ث ارقام ریحان بین ۰/۳۵۶ تا ۰/۶۶۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر متفاوت بود. بیشترین محتوای ویتامین ث به ترتیب در ارقام شب سیاه (۰/۶۶۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، ریحان بنفش (۰/۵۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و ریحان ابلق (۰/۵۳۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) مشاهده شد. همچنین کمترین میزان ویتامین ث (۰/۳۵۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) در رقم گنووس ثبت شد (جدول ۴). در تحقیقی دیگر Xiao و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی محتوای ویتامین ث ۲۵ گونه مختلف ریزسبزی گزارش دادند که محتوای ویتامین ث آن‌ها بین ۰/۲۰۴ تا ۱/۴۷ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر است. همچنین محتوای ویتامین ث در ۱۰ ریزسبزی از خانواده‌های مختلف بین ۰/۲۹۹ تا ۱/۲۳۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر گزارش شده است (Ghoora *et al.*, 2020). در این رابطه گزارش شده است که شرایط رشد گیاه مانند تغذیه، محیط‌های کشت و تنش‌های محیطی ممکن است بر بیوسنتز ویتامین ث در ریزسبزی‌ها تأثیر بگذارد و منجر به تفاوت محتوای ویتامین ث در آنها شود (Tan *et al.*, 2020).

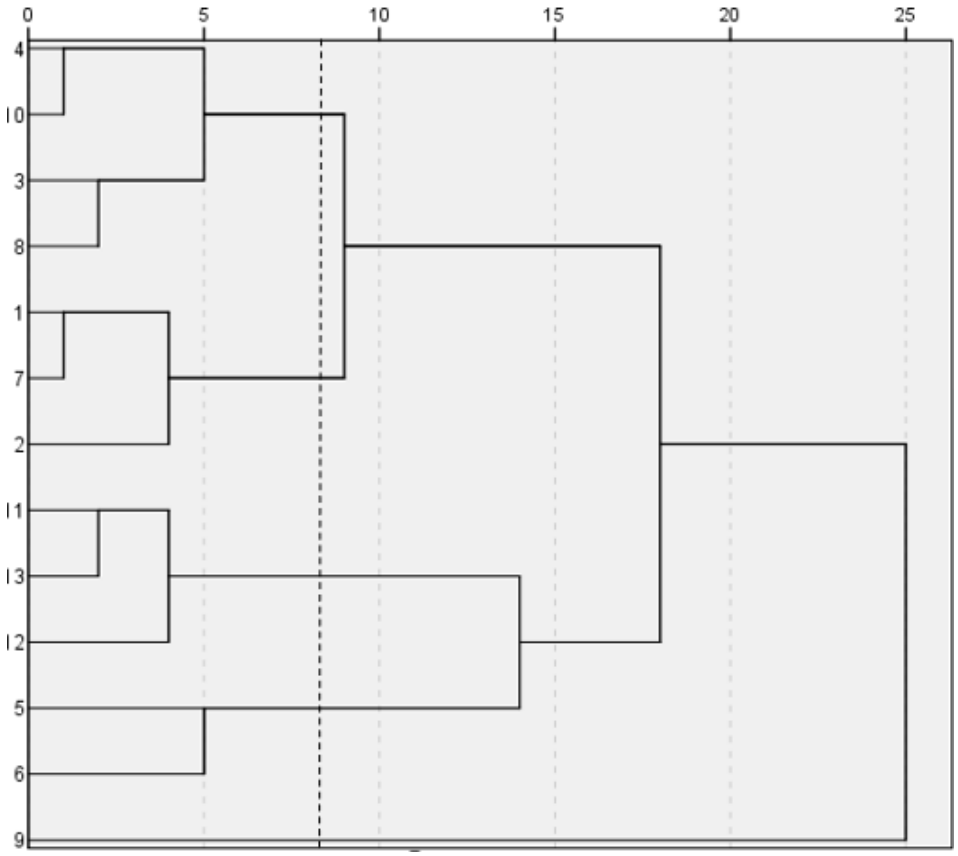
تجزیه به عامل‌ها: در این مطالعه نتایج تجزیه عاملی روی نه صفت فیزیولوژیک و بیوشیمیایی با توجه به نتایج مقادیر ویژه، سه عامل اصلی را تفکیک نمود (جدول ۵). این سه عامل به ترتیب ۳۴/۵۶، ۲۹/۱۱ و ۱۷/۲۷ درصد و در مجموع ۸۰/۹۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین نمودند. با مشاهده ضرایب عاملی دوران یافته به روش واریماکس مشخص شد، که عامل اول که بیشترین حجم داده‌ها را در بر گرفت، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات کلروفیل کل، کلروفیل a، و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]



شکل ۱- نمودار پلات دو بعدی ارقام ریحان براساس عامل اول (رنگیزه) و عامل دوم (فنول‌ها)



شکل ۲- گروه‌بندی ارقام ریحان بر اساس صفات مورد مطالعه با استفاده از روش UPGMA (خط برش برای نشان‌دادن گروه‌های مختلف است).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

کلروفیل b است که می‌توان آن را عامل رنگیزه‌های فتوسنتزی نامگذاری کرد (جدول ۵). از این‌رو در صورتی که انتخاب بر اساس این عامل صورت گیرد ارقام انتخاب شده از تنوع رنگی بالایی برخوردار بوده که در مطالعات گذشته این مطلب در مورد ارقام مختلف ریحان گزارش شده است (Turrini *et al.*, 2022). عامل دوم که ۲۹/۱۱ درصد از تغییرات داده‌ها را در بر می‌گیرد، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات فنول کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فلاونوئید است که می‌توان آن را عامل فنل‌ها نامگذاری کرد. انتخاب براساس این عامل می‌تواند به شناسایی ارقامی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالا منجر شود. عامل سوم، ۱۷/۲۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را شامل می‌شود و دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفت ویتامین c، آنتوسیانین و کارتنوئید است که به نام عامل ویتامین‌ها و رنگدانه‌ها نام‌گذاری می‌شود. در نتایج دیده می‌شود مهم‌ترین عامل در بحث تجزیه به عامل‌ها میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی می‌باشد که ۳۴/۵۰ درصد تغییرات را توجیه می‌کند. لذا بررسی رنگیزه‌های فتوسنتزی برای مقایسه ارقام ریحان می‌تواند بسیار مفید باشد.

سودمندی استفاده از مؤلفه‌های اصلی آن است که می‌توان رابطه بین ژنوتیپ‌ها و صفات مورد بررسی را در یک فضای دو چند بعدی مشاهده نمود. از آن جایی که دو مؤلفه اول بالاترین مقادیر ویژه را دارا هستند، گروه‌بندی ارقام براساس این دو مؤلفه انجام شد (شکل ۱). بر این مبنا ۱۳ رقم ریحان مورد مطالعه در چهار گروه متمایز قرار گرفتند. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود ارقام شیرین هورپا، ویولتا، اوپال تیره و ریحان بنفش که از نظر عامل‌ها مثبت و بالاتر بودند از نظر ویتامین‌ها و رنگدانه‌ها نیز وضعیت قابل قبولی نشان دادند.

تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های تجزیه و تحلیل چند متغیره است که جهت بررسی رابطه خویشاوندی مواد گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش برای گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه یک گیاه از نظر ژنتیکی و صفات مورد بررسی و تعیین والدین در هیبریداسیون مفید است. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۱۳ ژنوتیپ براساس صفات مورد بررسی در شکل ۲ آمده است. این تجزیه به روش UPGMA انجام گرفت و برای تعیین محل برش دندروگرام از تابع تشخیص استفاده شد. تجزیه کلاستر ارقام بررسی شده را در پنج گروه اصلی قرار داد. خوشه اول شامل ارقام برگ کاهویی، شیرین هورپا، ریحان مقدس و برگ بزرگ ایتالیایی، خوشه دوم شامل ارقام قرمز آتشین، ناپولتانو و اپال تیره، خوشه سوم شامل ریحان سبز، بنفش و ابلق، خوشه چهارم شامل ارقام شب سیاه و ویولتا و خوشه پنجم فقط رقم گنووس را شامل شد (شکل ۲). در واقع ارقام درون هر گروه بیشترین شباهت را از نظر صفات مورد ارزیابی داشتند و پنج گروه از نظر همین صفات با هم تفاوت داشتند. این نتایج تنوع ترکیبات غذایی در ارقام ریحان وابسته به ژنوتیپ را تأیید می‌کند که مشابه نتایج Ciriello و همکاران (۲۰۲۱) است. تحقیقات بیشتری برای بررسی نقش عوامل تولید بر ترکیبات زیست فعال ارقام ریحان در مرحله ریزسبزی نیاز است تا بتوان ارقام مناسب‌تر برای این روش تولید سبزی را پیشنهاد کرد.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تنوع قابل ملاحظه‌ای در ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و رنگدانه‌های گیاهی در ارقام مختلف ریحان در مرحله ریزسبزی وجود دارد. بیشترین میزان کلروفیل، کاروتنوئید و آنتوسیانین به ترتیب در ارقام ویولتا، ریحان مقدس و ریحان ابلق به‌دست آمد. همچنین بیشترین محتوای فنل کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل در رقم ناپولتانو مشاهده شد. با توجه به گسترش شیوه‌های نوین پرورش گیاهان و ارزش تغذیه‌ای قابل‌توجه ریزسبزی‌ها تحقیقات بیشتری به منظور شناخت بهتر ریزسبزی‌ها و بررسی تأثیر روش‌های کاشت، داشت و برداشت بر کیفیت تغذیه‌ای آنها مورد نیاز است.

منابع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

ضیایی، محبوبه، شریفی، مظفر، نقدی بادی، حسنعلی، تحصیلی، ژاله، و قربانی نهوچی، مجید (۱۳۹۳). مروری بر گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) با تأکید بر عمده‌ترین ترکیبات ثانویه و ویژگی‌های زراعی و دارویی آن. *فصلنامه گیاهان دارویی، ۵۲*، ۲۶-۴۰. DOR: 20.1001.1.2717204.2014.13.52.2.4

پورشاه آبادی، لاله، میردهقان، سید حسین، و روستا، حمیدرضا (۱۳۹۸). مقایسه مواد معدنی و ترکیبات زیست فعال شش گونه سبزی در مرحله ریزسبزی در دو سیستم آبکشت و کشت خاکی. *علوم باغبانی، ۳۳*، ۱۱۳-۱۲۶. DOR: 20.1001.1.20084730.1398.33.1.10.6

Akowuah, G. A., Ismail, Z., Norhayati, I., & Sadikun, A. (2005). The effects of different extraction solvents of varying polarities on polyphenols of *Orthosiphon stamineus* and evaluation of the free radical-scavenging activity. *Food Chemistry*, *93*(2), 311-317. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.028.

Cheynier, V. (2012). Phenolic compounds: From plants to foods. *Phytochemistry Reviews, 11*, 153-177. https://doi.org/10.1007/s11101-012-9242-8.

Ciriello, M., Formisano, L., El-Nakhel, C., Corrado, G., Pannico, A., De Pascale, S., & Rouphael, Y. (2021). Morpho-physiological responses and secondary metabolites modulation by preharvest factors of three hydroponically grown genovese basil cultivars. *Frontiers in Plant Science, 12*, 671026. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.671026.

Flanigan, P. M., & Niemeyer, E. D. (2014). Effect of cultivar on phenolic levels, anthocyanin composition, and antioxidant properties in purple basil (*Ocimum basilicum* L.). *Food Chemistry, 164*, 518-526. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.061.

Ghoora, M. D., Babu, D. R., & Srividya, N. (2020). Nutrient composition, oxalate content and nutritional ranking of ten culinary microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis, 91*, 103495. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103495.

Hasperue, J. H., Rodoni, L. M., Guardianelli, L. M., Chaves, A. R., & Martinez, G. A. (2016). Use of LED light for Brussels sprouts postharvest conservation. *Scientia Horticulturae, 213*, 281-286. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.004.

Inanc, A. L. (2011). Chlorophyll: Structural properties, health benefits and its occurrence in virgin olive oils. *Academic Food Journal*, *9*, 26-32.

Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., & Vivanco, J. M. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *Food Chemistry, 83*(4), 547-550. https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00151-1.

Keutgen, N., Hausknecht, M., Tomaszewska-Sowa, M., & Keutgen, A. J. (2021). Nutritional and sensory quality of two types of cress microgreens depending on the mineral nutrition. *Agronomy, 11*(6), 1110. https://doi.org/10.3390/agronomy11061110.

Kwee, E. M., & Niemeyer, E. D. (2011). Variations in phenolic composition and antioxidant properties among 15 basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chemistry, 128*(4), 1044-1050. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.011.

Kyriacou, M. C., El-Nakhel, C., Graziani, G., Pannico, A., Soteriou, G. A., Giordano, M., & Rouphael, Y. (2019). Functional quality in novel food sources: Genotypic variation in the nutritive and phytochemical composition of thirteen microgreens species. *Food Chemistry, 277*, 107-118. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.098.

Kyriacou, M. C., Rouphael, Y., Di Gioia, F., Kyratzis, A., Serio, F., Renna, M., & Santamaria, P. (2016). Micro-scale vegetable production and the rise of microgreens. *Trends in Food Science & Technology, 57*, 103-115. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.005.

Lenzi, A., Orlandini, A., Bulgari, R., Ferrante, A., & Bruschi, P. (2019). Antioxidant and mineral composition of three wild leafy species: A comparison between microgreens and baby greens. *Foods, 8*(10), 487. https://doi.org/ 10.3390/foods8100487.

Lobiuc, A., Vasilache, V., Oroian, M., Stoleru, T., Burducea, M., Pintilie, O., & Zamfirache, M. M. (2017). Blue and red LED illumination improves growth and bioactive compounds contents in acyanic and cyanic *Ocimum basilicum* L. microgreens. *Molecules, 22*(12), 2111. https://doi.org/10.3390/molecules22122111.

Nguyen, P. M., Kwee, E. M., & Niemeyer, E. D. (2010). Potassium rate alters the antioxidant capacity and phenolic concentration of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Food Chemistry, 123*(4), 1235-1241. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.092.

Paradiso, V. M., Castellino, M., Renna, M., Gattullo, C. E., Calasso, M., Terzano, R., & Santamaria, P. (2018). Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens. *Food & Function, 9*(11), 5629-5640. https://doi.org/10.1039/C8FO01182F.

Pathiraja, D., Wanasundara, J. P., Elessawy, F. M., Purves, R. W., Vandenberg, A., & Shand, P. J. (2023). Water-soluble phenolic compounds and their putative antioxidant activities in the seed coats from different lentil (*Lens culinaris*) genotypes. *Food Chemistry, 407*, 135-145. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135145.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

Pinto, E., Almeida, A. A., Aguiar, A. A., & Ferreira, I. M. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis, 37*, 38-43. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018.

Ranganna, S. (1997). Handbook of Analysis of Quality Control of Fruit and Vegetable Product, Tata McGraw-Hill. New Delhi, India.

Rodriguez-Perez, C., Segura-Carretero, A., & del Mar Contreras, M. (2019). Phenolic compounds as natural and multifunctional anti-obesity agents: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59*(8), 1212-1229. https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1399859.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture, 16*(3), 144-158. https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144.

Srain, H. H., & Svec, W. A. (1966). Extraction, Separation, Estimation, and Isolation of the Chlorophylls. In The chlorophylls, Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-1-4832-3289-8.50008-4.

Sun, T., Rao, S., Zhou, X., & Li, L. (2022). Plant carotenoids: Recent advances and future perspectives. *Molecular Horticulture, 2*(1), 1-21. https://doi.org/10.1186/s43897-022-00023-2.

Tan, L., Nuffer, H., Feng, J., Kwan, S. H., Chen, H., Tong, X., & Kong, L. (2020). Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms. *Food Science and Human Wellness, 9*(1), 45-51. https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.12.002.

Teng, Z., Luo, Y., Pearlstein, D. J., Wheeler, R. M., Johnson, C. M., Wang, Q., & Fonseca, J. M. (2023). Microgreens for home, commercial, and space farming: A comprehensive update of the most recent developments. *Annual Review of Food Science and Technology, 14*, 539-562. https://doi.org/10.1146/annurev-food-060721-024636.

Turner, E. R., Luo, Y., & Buchanan, R. L. (2020). Microgreen nutrition, food safety, and shelf life: A review. *Journal of Food Science, 85*(4), 870-882. https://doi.org/10.1111/1750-3841.15049.

Turrini, F., Farinini, E., Leardi, R., Grasso, F., Orlandi, V., & Boggia, R. (2022). A preliminary color study of different basil-based semi-finished products during their storage. *Molecules, 27*(7), 20-59. https://doi.org/10.3390/molecules27072059.

Xiao, Z., Lester, G. E., Luo, Y., & Wang, Q. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: Edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 60*(31), 7644-7651. https://doi.org/10.1021/jf300459b.

Xiao, Z., Lester, G. E., Park, E., Saftner, R. A., Luo, Y., & Wang, Q. (2015). Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens. *Postharvest Biology and Technology, 110*, 140-148. https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.07.021.

Xiao, Z., Rausch, S. R., Luo, Y., Sun, J., Yu, L., Wang, Q., & Stommel, J. R. (2019). Microgreens of brassicaceae: Genetic diversity of phytochemical concentrations and antioxidant capacity. *Food Science and Technology, 101*, 731-737. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.076.

Yanez-Apam, J., Dominguez-Uscanga, A., Herrera-Gonzalez, A., Contreras, J., Mojica, L., Mahady, G., & Luna-Vital, D. A. (2023). Pharmacological activities and chemical stability of natural and enzymatically acylated anthocyanins: A comparative review. *Pharmaceuticals, 16*(5), 638. https://doi.org/10.3390/ph16050638.

Zepka, L. Q., Jacob-Lopes, E., & Roca, M. (2019). Catabolism and bioactive properties of chlorophylls. *Current Opinion in Food Science, 26*, 94-100. https://doi.org/10.1016/j.cofs.2019.04.004.

Zhang, X., Wei, J., Tian, J., Li, N., Jia, L., Shen, W., & Cui, J. (2019). Enhanced anthocyanin accumulation of immature radish microgreens by hydrogen-rich water under short wavelength light. *Scientia Horticulturae, 247*, 75-85. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.060.

Zhang, Y., Xiao, Z., Ager, E., Kong, L., & Tan, L. (2021). Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture. Journal of Future Foods, *1*(1), 58-66. https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2021.07.001.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]

Evaluation of the nutritional value and antioxidant compounds of different cultivars of basil microgreens

Fardin Ghanbari[1]*, Parisa Mohammadian[1], Ali Chabok[2]

[1] Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
[2] Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
(Received: 14/03/2023, Accepted: 18/07/2023)

Abstract

Microgreens are immature vegetables harvested after the development of the first true leaves, and they may contain higher nutritional value than mature vegetables. In this research, the nutritional value and antioxidant compounds of 13 varieties of basil microgreens have been investigated. The results showed a significant difference between microgreens in terms of all studied traits. As compared to the others, Violetto and Genovese microgreens gained the highest chlorophyll a, but Holy Basil was found to have the highest total carotenoids. Likewise, the highest and lowest contents of total phenol were found in Napoletano and Green basil, respectively. Also, the rate of anthocyanin in the microgreens varied from 0.078 to 0.148 mg/g of fresh weight. Furthermore, the highest antioxidant capacity was obtained in Napoletano and the lowest in Genovese. Among the 13 studied microgreens, Midnight basil and Purple basil cultivars demonstrated the highest concentration of ascorbic acid. In order to determine the most important biological traits effective in differentiating genotypes, factor analysis was employed. The first three factors accounted for 80.95% of the total variance. In addition, cluster analysis grouped 13 genotypes into five main groups. In conclusion, the results indicate that the microgreens provided by basil cultivars are good sources of antioxidant compounds and various nutrients.

Keywords: Anthocyanin, Micro-vegetables, Flavonoid, Food quality, Vitamin C

Corresponding author, Email: F.ghanbari@ilam.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-05-15]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1402.12.56.6.0]