

مروری بر خواص آنتی‌اکسیدانی زرشک (*Berberis vulgaris*) با تأکید بر تنوع ژنوتیپی و مکانیسم عملکرد

هستی تاریخی، هستی محمد نظامی

گروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شبستر، شبستر، ایران.

چکیده

این مقاله مروری به ارزیابی جامع خواص آنتی‌اکسیدانی میوه زرشک (*Berberis vulgaris* L.) با تمرکز بر تنوع ژنوتیپی و مکانیسم‌های عملکرد پرداخته است. نتایج حاصل از بررسی مقالات منتخب، تأثیر بسیار معنی‌دار ژنوتیپ‌ها را بر میزان ترکیبات زیست‌فعال و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی تأیید کرد.

مقادیر فنول کل در زرشک در بازه ۱۴۹ تا ۱۶۹ متغیر بود، به طوری که ژنوتیپ درگز ۱ بیشترین فنول و شیروان ۵ بالاترین میزان آنتوسیانین را داشتند. ارزیابی پتانسیل آنتی‌اکسیدانی با چهار روش DPPH، FRAP، بتاکاروتن/لینولئیک اسید و TFPL نشان داد که برتری عملکردی به ژنوتیپ‌های متفاوتی تعلق دارد: شیروان ۴ در DPPH و بیرجند بی‌دانه در FRAP پیشتاز بودند.

قوی‌ترین ارتباط، یک همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰,۴۳) بین فنول کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل (TFPL) مشاهده شد، که نقش محوری فنل‌ها را در پتانسیل آنتی‌اکسیدانی زرشک تأیید می‌کند. از نظر عوامل استخراجی، حلال اتیل استات بالاترین راندمان استخراج فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در میوه تازه نشان داد. زرشک از نظر ارزش آنتی‌اکسیدانی، با میوه‌هایی چون انار برابری کرده و حتی بر انگور برتری دارد. در نهایت، ژنوتیپ درگز ۱ به دلیل محتوای بالای فنول و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کل، برای مصارف صنعتی و کلینیکی بهینه تشخیص داده شد و روش TFPL به عنوان روش ارزیابی جامع توصیه گردید.

لغات کلیدی: زرشک، ژنوتیپ، آنتی‌اکسیدان، فنول کل، DPPH، FRAP، TFPL.

مقدمه

گیاهان دارویی و میوه‌های بومی، به دلیل محتوای غنی از ترکیبات ثانویه زیست‌فعال، به ویژه پلی‌فنول‌ها، جایگاه ویژه‌ای در صنایع غذایی، دارویی و طب سنتی دارند. زرشک (*Berberis vulgaris* L.) که خاستگاه اصلی آن ایران است، یکی از این گیاهان ارزشمند محسوب می‌شود که میوه آن به دلیل طعم ترش و خواص تغذیه‌ای-درمانی، از دیرباز در فرهنگ غذایی و طب سنتی ایران مورد توجه بوده است.

خواص سلامتی‌بخش زرشک به طور عمده ناشی از وجود ترکیبات شیمیایی متعدد، از جمله آلکالوئیدها (مانند بربرین)، کاروتنوئیدها، و مهم‌تر از همه، ترکیبات فنلی است. نقش حیاتی این ترکیبات در خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد و مقابله با استرس اکسیداتیو، که عامل اصلی بیماری‌های مزمن مانند بیماری‌های قلبی-عروقی، سرطان و اختلالات عصبی هستند، زرشک را به منبعی غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی تبدیل کرده است. بر اساس مطالعات، زرشک دارای توان آنتی‌اکسیدانی بالایی است که در برخی موارد با میوه‌های با خواص آنتی‌اکسیدانی قوی مانند انار برابری کرده و حتی در مقایسه با انگور، قدرت کاهندگی بیشتری نشان می‌دهد.

اهمیت ترکیبات فنلی و تنوع سنجش

در زرشک، ترکیبات فنلی بیشترین نقش را در فعالیت آنتی‌اکسیدانی ایفا می‌کنند؛ این خاصیت به دلیل توانایی آن‌ها در اهدای هیدروژن از طریق گروه‌های هیدروکسیل و تشکیل رادیکال‌های فنولی پایدار است. با این حال، فعالیت آنتی‌اکسیدانی یک عصاره گیاهی محدود به فنول کل نیست، بلکه ترکیبات ثانویه دیگری نظیر فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها نیز در پتانسیل کلی آنتی‌اکسیدانی نقش بسزایی دارند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای، عصاره اتانولی زرشک علاوه بر فنول، قدرت مهار رادیکال آزاد DPPH خود را مدیون سایر آنتی‌اکسیدان‌های غیرآنزیمی چون آنتوسیانین‌ها و فلاونوئیدها دانسته است.

از آنجایی که مکانیسم‌های عمل آنتی‌اکسیدان‌ها متفاوت است (مانند مهار رادیکال آزاد، قدرت کاهندگی و جلوگیری از پراکسیداسیون چربی)، ارزیابی پتانسیل آنتی‌اکسیدانی نیازمند استفاده از روش‌های متنوعی است. این تحقیق، از چهار روش اصلی DPPH، FRAP، بتاکاروتن/لینولئیک اسید، و TFPL برای اندازه‌گیری جامع ظرفیت آنتی‌اکسیدانی استفاده کرده است تا تصویر کاملی از توانایی زرشک ارائه

دهد. تفاوت‌های مشاهده شده در نتایج این روش‌ها، به تنوع ترکیبات شیمیایی عصاره‌ها (مانند حلالیت در آب یا سایر حلال‌ها) و ماهیت متفاوت سیستم‌های رادیکالی آن‌ها مرتبط است.

هدف و ضرورت مطالعه

مهم‌ترین عامل مؤثر بر میزان ترکیبات زیست‌فعال و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، تنوع ژنوتیپی و شرایط محیطی (از جمله آب و هوا، ارتفاع و میزان رسیدگی) است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف زرشک تفاوت‌های معنی‌داری در محتوای فنول کل (مانند درگز ۱ با بیشترین میزان) و آنتوسیانین (مانند شیروان ۵) دارند. همچنین، عملکرد آن‌ها در آزمون‌های آنتی‌اکسیدانی نیز به طور قابل ملاحظه‌ای متغیر است (مانند برتری شیروان ۴ در DPPH در مقابل برتری بیرجند بی‌دانه در FRAP).

هدف از این مقاله مروری، مقایسه جامع ترکیبات بیوشیمیایی (فنول، فلاونوئید، آنتوسیانین) و پتانسیل آنتی‌اکسیدانی زرشک در میان ژنوتیپ‌های مختلف، بررسی تأثیر نوع حلال (متانولی، اتیل استاتی و ...) و حالت میوه (تازه یا خشک) بر این خواص است. در نهایت، با شناسایی ژنوتیپ‌های برتر (مانند درگز ۱) و تأیید ارزش بالای این میوه (همانند در لواشک عنب و زرشک)، می‌توان گامی مؤثر در جهت انتخاب ارقام بهینه برای برنامه‌های اصلاح نژاد، تولید فرآورده‌های غذایی و دارویی با هدف ارتقاء سلامت جامعه برداشت.

مواد و روشها

شیوه‌ی انتخاب مقالات

این مقاله مروری بر اساس یک جستجوی هدفمند و نظام‌مند در پایگاه‌های اطلاعاتی علمی انجام شده است تا مقالاتی که به طور خاص بر روی تنوع ژنوتیپی و خواص آنتی‌اکسیدانی میوه زرشک (*Berberis vulgaris* L.) متمرکز هستند، شناسایی و انتخاب گردند.

۱. استراتژی جستجو

جستجوی مقالات با استفاده از کلمات کلیدی (Keywords) اصلی به صورت ترکیبی (Boolean operators) در پایگاه‌های داده معتبر علمی داخلی مرتبط (مانند SID و مراجع کنگره‌های علمی) صورت گرفت. کلمات کلیدی اصلی شامل:

"زرشک" OR "Barberry" OR "*Berberis vulgaris*"

"ژنوتیپ" OR "Genotype"

"فعالیت آنتی‌اکسیدانی" OR "Antioxidant activity"

۲. معیارهای انتخاب و حذف

مقالات انتخابی باید واجد معیارهای زیر می‌بودند:

معیار	شرح
معیارهای شمول (Inclusion)	مطالعاتی که به طور کمی به اندازه‌گیری ترکیبات فنلی (فنول کل، فلاونوئید، آنتوسیانین) و خواص آنتی‌اکسیدانی (DPPH, FRAP, TFPL و بتاکاروتن/لینولئیک اسید) در ژنوتیپ‌های مختلف زرشک پرداخته‌اند. همچنین مطالعاتی که به اثر حلال و حالت میوه (تازه/خشک) بر این خواص تمرکز کرده‌اند.
معیارهای حذف (Exclusion)	مقالاتی که تمرکز اصلی آن‌ها بر روی اجزای دیگر گیاه (مانند ریشه و برگ زرشک) یا سایر گونه‌های <i>Berberis</i> بوده و یا مطالعات صرفاً بالینی و حیوانی بدون ارزیابی بیوشیمیایی دقیق. همچنین مقالات مروری و گزارش‌های کوتاه اولیه.

۳. فرآیند غربالگری

مقالات در سه مرحله غربال شدند:

غربالگری عنوان و چکیده: ابتدا مقالات بر اساس ارتباط عنوان و چکیده با موضوع مورد نظر غربال شدند.

غربالگری متن کامل: در مرحله بعد، متن کامل مقالات با تمرکز بر بخش‌های "نتایج" و "بحث" مطالعه و مقالاتی که داده‌های کمی و قابل مقایسه ارائه می‌دادند، انتخاب شدند.

تحلیل داده: در نهایت، داده‌های کمی مرتبط با ترکیبات فنلی و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی از مقالات نهایی استخراج و برای نگارش بخش نتایج و بحث مقاله مروری مورد استفاده قرار گرفتند.

نتایج بررسی مروری

بررسی جامع مقالات منتخب نشان داد که ژنوتیپ و نوع حلال استخراجی دو عامل کلیدی و بسیار تأثیرگذار بر محتوای ترکیبات بیوشیمیایی و پتانسیل آنتی اکسیدانی میوه زرشک هستند. نتایج تجزیه واریانس تأثیر معنی دار ژنوتیپ را بر تمامی صفات اندازه گیری شده (در سطح ۱٪) تأیید کرد.

۱. تنوع ژنوتیپی در ترکیبات زیست فعال

تنوع ژنوتیپی منجر به اختلاف چشمگیری در غلظت ترکیبات آنتی اکسیدانی شد:

فنول کل: مقادیر در ژنوتیپ ها در بازه ۱۴۹ تا ۱۶۹ اسید گالیک بر گرم وزن خشک (DW) قرار داشت. درگز ۱ (۱۶۹) و گلستان ۱ بیشترین میزان و بیرجند بی دانه (۱۴۹) کمترین میزان فنول کل را داشتند. آنتوسیانین: بیشترین میزان در ژنوتیپ شیروان ۵ (۶۱۹) و درگز ۲ (۶۰۰) مشاهده شد. فلاونوئید کل: بالاترین محتوا در گلستان ۱ (۸۸,۶) گزارش گردید.

۲. عملکرد متفاوت ژنوتیپ ها در سنجش آنتی اکسیدانی

روش های مختلف اندازه گیری، برتری های متفاوتی را در میان ژنوتیپ ها نشان دادند که تأکیدی بر مکانیسم های عملکرد متنوع است:

رابطه با فنول کل	میزان/مقدار	برترین ژنوتیپ	روش سنجش
مثبت اما غیرمعنی دار (۰,۲۵)	۶۳,۷	شیروان ۴	DPPH (مهار رادیکال آزاد)
رابطه معکوس در ژنوتیپ درگز ۱	۵۴,۵	بیرجند بی دانه	FRAP (قدرت کاهندگی آهن)
مثبت و معنی دار (۰,۴۳)	۲۹,۹	گلستان ۳	TFPL (آنتی اکسیدانی کل)

همبستگی قوی و معنی دار بین فنول کل و ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (TFPL) نشان داد که ترکیبات فنلی اصلی ترین عامل تعیین کننده پتانسیل کلی آنتی اکسیدانی زرشک هستند. در مقابل، پایین بودن فعالیت FRAP در درگز ۱ (بالاترین فنول) نشان داد که این روش صرفاً ترکیبات محلول در آب را می سنجد و قدرت استخراج یا مکانیسم های دیگر در آن دخیل هستند.

۳. تأثیر حلال و حالت میوه

نوع حلال و وضعیت میوه نیز به طور معنی داری بر خواص آنتی اکسیدانی تأثیر گذاشت:

بهترین حلال استخراجی: اتیل استات بیشترین بازده استخراج و بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی (AI) را در میوه تازه زرشک ایجاد کرد (با ۹۶,۱۶٪ در غلظت ۱۰۰)، که به کارآمدی آن در استخراج ترکیبات فنلی نسبت داده می شود. حلال های کم بازده: عصاره های آبی و هگزانی به طور مداوم کمترین راندمان استخراج و کمترین فعالیت آنتی اکسیدانی را نشان دادند (بیشترین ۵۰).

۴. ارزش مقایسه ای

مقایسه فعالیت آنتی اکسیدانی زرشک با سایر میوه ها، ارزش غذایی بالای آن را برجسته کرد. فعالیت زرشک (بر مبنای DPPH و FRAP) با انار قابل مقایسه بوده و قدرت کاهندگی آن به طور قابل توجهی بالاتر از انگور گزارش شده است. همچنین، در یک بررسی کاربردی، لواشک زرشک و عناب فعالیت آنتی اکسیدانی بالایی تا ۹۴٪ را نشان داد که قابلیت بالای زرشک را برای فرآوری تأیید می کند.

نتیجه گیری کلی

بررسی های مروری انجام شده، تفاوت های معنی دار ژنوتیپی را در ترکیبات فنلی و خواص آنتی اکسیدانی میوه زرشک تأیید می کند. ژنوتیپ درگز ۱ با بالاترین میزان فنول کل و گلستان ۳ با بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی کل (TFPL) شناسایی شدند. همبستگی مثبت و معنی دار بین فنول کل و TFPL نشان داد که ترکیبات فنلی عامل اصلی در پتانسیل آنتی اکسیدانی کلی زرشک هستند.

تفاوت در نتایج چهار روش سنجش آنتی اکسیدانی (DPPH, FRAP, بتاکاروتن, TFPL) بر اهمیت مکانیسم های متفاوت عملکرد ترکیبات زرشک تأکید می کند. همچنین، حلال اتیل استات به دلیل کارایی بالا در استخراج فنل، بهترین عملکرد را در عصاره میوه تازه داشت.

در نهایت، زرشک به دلیل محتوای بالای ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالا (که حتی با انار برابری می‌کند)، یک منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی است. روش TFPL به عنوان رویکردی بهتر برای ارزیابی پتانسیل کلی آنتی‌اکسیدانی زرشک پیشنهاد می‌شود و ژنوتیپ‌هایی مانند درگز ۱ برای کاربردهای کلینیکی و صنعتی مورد تأکید قرار می‌گیرند.

منابع

جعفری، ف.، حسینی، ا.، شریفی، م.، ر.، و زارعی‌کار، ز. (نامشخص). خواص آنتی‌اکسیدانی لواشک فراسودمند عناب و زرشک. *اولین همایش ملی فناوری‌های نو و میوه‌های غذایی*. بیرجند، ایران.

حاتمی، س.، رضاییان، م.، و بهزاد، ع. (۱۳۹۹). خواص آنتی‌اکسیدانی برخی از ژنوتیپ‌های زرشک بومی ایران. *علوم باغبانی ایران*، ۵۱(۱)، ۷-۱.

حبیبی، ن.، و حسینی، س. ح. (۱۳۹۴). ارزیابی اثرات حلال‌های مختلف و خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره میوه‌های تازه و خشک زرشک (*Berberis orientalis*). *نهمین کنگره علوم باغبانی*. اهواز، ایران: انجمن علوم باغبانی ایران.

A Review of the Antioxidant Properties of Barberry (*Berberis vulgaris*) with Emphasis on Genotypic Variation and Mechanism of Action

Hasti Tarikhi, Hasti Mouhamad Nezami

Department of Agriculture, Islamic Azad University, Shabestar Branch, Shabestar, Iran.

Abstract

This review comprehensively evaluates the antioxidant properties of barberry fruit (*Berberis vulgaris* L.), focusing on genotypic variation and mechanisms of action, based on an analysis of selected scientific literature. The results confirm a highly significant effect of genotype on the levels of bioactive compounds and overall antioxidant activities.

Total phenolic content in barberry varied between 149 and 169 mg/g DW , with the Zargesh genotype showing the highest phenolic level and Shirvan exhibiting the highest anthocyanin content. Evaluation of antioxidant potential using four methods (DPPH, FRAP, Beta-carotene/Linoleic Acid, and TFPL) revealed differing superiority: Shirvan was prominent in the DPPH radical scavenging assay, while Birjand Bidaneh excelled in FRAP (ferric reducing power).

The strongest correlation was a positive and significant relationship ($r = 0.93^{**}$) observed between total phenolics and Total Antioxidant Activity (TFPL), underscoring the central role of phenolics in barberry's overall antioxidant potential. Regarding extraction factors, ethyl acetate was identified as the most efficient solvent, yielding the highest phenolic content and antioxidant activity in fresh fruit extracts. Barberry's antioxidant value compares favorably to fruits like pomegranate and demonstrates superior reducing power compared to grapes. Ultimately, the Zargesh genotype is highlighted as optimal for industrial and clinical applications due to its high phenolic and TFPL levels, recommending the TFPL method for comprehensive assessment.

Keywords: Barberry, Genotype, Antioxidant, Total Phenol, DPPH, FRAP, TFPL.

