

بررسی اثر کودهای زیستی و قارچ مایکوریز بر میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و خواص آنتی-اکسیدانی گیاه مرزنجوش استانبولی (*Origanum vulgare* L. spp. *hirtum*) جهت کاربرد در بستنی

Investigating the effect of biofertilizers and mycorrhizal fungi on the levels of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant properties of (*Origanum vulgare* L. spp. *hirtum*) for application in ice cream

شیدا قیطرانی^۱، امیر رحیمی^{۲*}، منصوره سلیمانی فرد^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
۲. دانشیار گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه (نگارنده مسئول)
۳. استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۰۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۰ - شناسانه برنمود رقمی: 10.22092/mpt.2026.372404.1217

چکیده

قیطرانی، ش.، رحیمی، ا.، سلیمانی فرد، م.، . بررسی اثر کودهای زیستی و قارچ مایکوریز بر میزان ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و خواص آنتی-اکسیدانی گیاه مرزنجوش استانبولی (*Origanum majorana* L.) جهت کاربرد در بستنی
نشریه علمی فناوری گیاهان دارویی ایران، دوره ۷- شماره ۲- پیاپی ۱۳- پائیز و زمستان ۱۴۰۳ صفحه: ۱۳۱-۱۱۷

در این پژوهش، تأثیر تعدیل‌کننده‌های تنش بر ویژگی‌های کمی و کیفی مرزنجوش استانبولی (*Origanum majorana* L. spp. *hirtum*) در گلخانه دانشگاه ارومیه بررسی شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح تعدیل‌کننده (شاهد، مایکوریز، مایکوریز همراه با روی؛ مایکوریز همراه با نانوگرین روی) و چهار سطح تنش شوری (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌مولار کلرید سدیم) بودند. در این تحقیق مقادیر فنل کل، فلاونوئیدها و قدرت مهار رادیکال آزاد DPPH اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که ترکیب تیمار مایکوریز همراه با نانوگرین روی بالاترین میزان فنل کل (۱۵/۴۵۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) را دارا بود. بیشترین میزان فلاونوئید (۱/۲۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بالاترین درصد مهار رادیکال آزاد DPPH (۲۹/۲۸۹ درصد) در شوری ۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد. در ارزیابی ویژگی‌های حسی، نمونه‌های بستنی حاوی اسانس مرزنجوش حاصل از شوری ۲۵ و ۵۰ میلی‌مولار، بیشترین امتیاز را از نظر پذیرش کلی، عطر و طعم، بافت و حجم کسب کردند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تعدیل‌کننده، متابولیت‌های ثانویه، مرزنجوش استانبولی، نانو گرین روی

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: emir10357@gmail.com

مقدمه

گیاهان دارویی تقریباً در همه فرهنگ‌ها به عنوان منبع دارویی مورد استفاده قرار می‌گیرند، اطمینان از سلامت، کیفیت و کارایی گیاهان دارویی اکنون به یک موضوع کلیدی در کشورهای درحال توسعه تبدیل شده است (Singh, 2015). مرزنجوش (*Origanum majorana L*) گیاهی بوته‌ای از تیره نعنائیان و چندساله با رشدی به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر که به صورت ساقه‌های درختچه مانند و کرک‌دار، برگ‌های بیضی به رنگ سبز تیره و گل‌های سفید یا قرمزخوشه‌ای دیده می‌شود (Bina & Rahimi, 2017). این گیاه بومی اروپا، شمال آفریقا و بیشتر مناطق معتدل آسیا است. بیشترین تنوع آن در منطقه مدیترانه به ویژه ترکیه یافت می‌شود (Lombrea et al., 2020). تنش‌های غیرزیستی یکی از مهمترین دلایل کاهش عملکرد محصولات کشاورزی به شمار می‌روند. مهمترین این عوامل شامل شوری بیش از حد، افزایش خشکسالی، گرما و آلودگی اکوسیستم‌ها به آلاینده‌های مختلف است (Brokate et al., 2024). از این رو افزایش تحمل گیاهان به شوری در مناطق خشک و نیمه‌خشک از اهمیت بالایی برخوردار است (Alinia et al., 2024). امروزه بیوسنتز نانوذرات فلزی با استفاده از عصاره‌های مختلف گیاهی به عنوان یک رویکرد نوآورانه در نانوتکنولوژی توجه زیادی جلب کرده است (Kaushal et al., 2024). عنصر روی به عنوان یک عنصر معدنی ضروری نقش مهمی در بسیاری از فرآیندهای متابولیک ایفا میکند و با تأثیر بر ساختار و

عملکرد انواع غشا، جلوگیری از ورود سدیم اضافی و کاهش اثرات منفی تنش‌های متنوع زیستی و غیر زیستی، به بهبود رشد گیاه در شرایط نامساعد کمک می‌کند (Ghodrati et al., 2023). اکسید روی یک ترکیب معدنی که نقش مهمی در دفاع گیاهان در برابر پاتوژن‌های بیماری‌زا دارد (Daniel et al., 2023).

قارچ‌های مایکوریز (*Arbuscular Mycorrhiza*) با بهبود جذب مواد معدنی و افزایش مقاومت در برابر تنش‌ها به رشد و سلامت گیاهان کمک می‌کند (Miura et al., 2024). این قارچ‌ها با ۸۰ درصد از ریشه‌های گونه‌های مختلف گیاهی رابطه همزیستی برقرار می‌کنند که نقش مؤثری در جذب و انتقال مواد مغذی از خاک دارد (Evelin et al., 2019).

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر کاربرد جداگانه و ترکیبی قارچ مایکوریز، روی و نانوگرین روی (نانوگرین اکسید روی سنتز شده با عصاره مرزنجوش استانبولی) بر بهبود شاخص‌های بیوشیمیایی (محتوای فنل کل، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی) گیاه مرزنجوش استانبولی (*Origanum vulgare L.*) تحت تنش شوری در سیستم کشت هیدروپونیک انجام شد. همچنین در این مطالعه، کیفیت حسی و قابلیت کاربرد اسانس حاصل از تیمارهای منتخب در فرمولاسیون بستنی به عنوان یک محصول فراسودمند مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی و بررسی تأثیر تعدیل‌کننده‌های تنش بر برخی ویژگی‌های

۲۶ درجه سانتیگراد و دمای شبانه ۱۸ درجه سانتیگراد و میزان رطوبت نسبی ۵۰ درصد) انجام شد و به منظور جلوگیری از مسمومیت گیاه، زرد شدن و تجمع نمک، در فواصل ۵ روز یکبار، آبخویی بستر گیاه با آب شهری صورت گرفت.

تهیه تیمارها و ویژگی‌های شرایط تنش

عامل‌های مورد بررسی شامل تعدیل کننده‌های تنش در ۴ سطح (شاهد، ۵ گرم مایکوریز، ۵ گرم مایکوریز همراه با ۲ گرم بر لیتر روی و ۵ گرم مایکوریز همراه با ۱۵۰ میلی‌لیتر بر لیتر نانو گرین روی) و تنش شوری در ۴ سطح (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵) میلی‌مول در لیتر آب کلرید سدیم بود. برای اعمال تیمارهای شوری گلدان‌های شاهد با آب شهری و سایر گلدان‌ها با محلول کلرید سدیم با غلظت‌های (۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵) میلی‌مول در لیتر آب به مدت ۴ ماه آبیاری گردید. قارچ مایکوریز هم‌زمان با کاشت قلمه‌ها، به بستر ریشه افزوده شد. سایر تیمارهای تعدیل کننده تنش ۳ بار و به صورت محلول‌پاشی با فاصله زمانی ۱۰ روز در مرحله قبل از ورود گیاه به فاز زایشی و هم‌زمان با شروع تنش شوری اعمال شد. در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، برداشت محصول تمامی تیمارهای آزمایشی به طور جداگانه انجام شد و پس از برداشت به‌منظور پاکسازی گیاهان ابتدا دو بار با آب مقطر شستشو شد و پس از خشک کردن نمونه‌ها در سایه، نمونه‌ها جهت انجام آزمون‌های بعدی آماده شدند.

استخراج اسانس برگ مرزنجوش استانبولی

ابتدا برگ‌ها با آب شهری شستشو و در

گیاه دارویی مرزنجوش استانبولی در شرایط تنش شوری در کشت هیدروپونیک، این تحقیق در سال ۱۴۰۲-۱۴۰۳ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام گرفت. بررسی صفات مورد مطالعه در گلخانه مذکور و آزمایشگاه گروه زراعت انجام گرفت (در شرایط کنترل شده گلخانه دمای روزانه ۲۶ درجه سانتیگراد و دمای شبانه ۱۸ درجه سانتیگراد و میزان رطوبت نسبی ۵۰ درصد). برای انجام این آزمایش تعداد ۱۴۴ عدد گلدان پلاستیکی (۳×۳×۴) با بستر پرلیت و پیت ماس (۵۰:۵۰) جهت کشت هیدروپونیک بذرها (ارومیه، شرکت مهندسی کشاورزی پارس برزگر آذربایجان) مورد استفاده قرار گرفت. پس از انتقال نشاها (دارای ۳ الی ۴ برگ) به گلدانهای اصلی، گلدان‌ها به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در شرایط تنش شوری با سه تکرار انجام گرفت و در هر گلدان پنج گیاه کشت شد.

آماده‌سازی محلول‌های غذایی

برای تهیه محلول غذایی در کشت هیدروپونیک پس از تعیین دقیق نیاز تغذیه‌ای گونه گیاهی مرزنجوش استانبولی، محلول غذایی مناسب بر پایه هوگلند آماده شد. محلول‌های غذایی با اضافه کردن هوگلند (۲۰ گرم در ۲۰ لیتر آب، با کنترل pH با اسید فسفریک و اسید نیتریک در محدوده ۶) در بشکه‌هایی با رنگ تیره و روکشدار شده با پوشش‌های تیره نایلونی (به منظور جلوگیری از رشد جلبک) تهیه شد. تغذیه گیاه با محلول‌های غذایی هوگلند روزانه در شرایط کنترل شده گلخانه (دمای روزانه

آزمایشگاه و سایه خشک شدند (دمای ۲۵ درجه سانتیگراد) سپس با آسیاب آزمایشگاهی به صورت پودر تهیه شدند. اسانس گیری برگ با استفاده از دستگاه کلونجر (به روش تقطیر با آب) انجام شد. به این صورت که ۱۰ گرم برگه‌ای خشک شده را در بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن حدود ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر افزوده و عمل استخراج و اسانس گیری انجام شد. حدود ۳ ساعت زمان برای استخراج در نظر گرفته شد. در این مدت ترکیبات فرار همراه با بخار آب خارج شده و پس از سرد شدن به صورت لایه‌ی متمایز بر روی سطح آب در لوله‌ی مدرج دستگاه کلونجر قابل مشاهده بود؛ اسانس‌ها در میکروتیوب ریخته شد و محتوای اسانس بر حسب درصد محاسبه شد. (Samsam, Shariat, 2007)

تهیه نانوگرین حاوی اکسید روی

جهت تهیه نانوگرین حاوی روی، ابتدا ۱۰ گرم مرزنجوش استانبولی خشک را با آسیاب به صورت پودر تهیه نموده و با آب مقطر در بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتر به حجم رسانده و در حمام بخار آب به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد. سپس ۱۴/۸۷ گرم نیترات روی را توزین و با ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر بر هیتز حرارت داده شده (دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد) سپس جهت تهیه نانوگرین حاوی روی و اسانس، اسانس و محلول نیترات روی را با هم ترکیب و بر روی پالت متحرک با دور ۳۵۰ در دقیقه (rpm) به مدت دو ساعت همزده شد. بعد از طی دو ساعت، تحت همزدن مداوم، محلول هیدروکسید سدیم ۰/۰۵ مولار

به صورت قطره قطره به مخلوط افزوده شد و اسیدیته (pH) محلول روی ۱۲ تنظیم گردید و در این مرحله، محلول به رنگ لیمویی درآمد. سپس مخلوط را با هموژنایزر (کمپانی آی‌کا IKA، ساخت کشور آلمان، مدل T18 digital ultra Turax، دور rpm 10000 به مدت ۱۰ با توان ۵۰۰ وات) هموژن نموده و با خشک کن تصعیدی (ساخت کشور چین، Kemolo Freeze Dryer Co., Ltd) نانوگرین تهیه شده را خشک کرده (فشار ۱۰-۱۵ پاسکال به مدت ۴۰ ساعت در دمای ۳۵- درجه سانتیگراد) و سپس تا زمان استفاده در فریزر ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شد.

آزمون پراکندگی دینامیکی نور

جهت بررسی اندازه ذرات نانوگرین روی از دستگاه سنجش اندازه ذرات زتاسایزر، (مدل ۳۰ HS, Nanoseries، ساخت آلمان) استفاده شد. بدین منظور نمونه خشک شده، قبل از تزریق به دستگاه در اتانول حل شده و کاملاً یکنواخت و هموژن شد، سپس اندازه گیری در دمای محیط توسط دستگاه آنالیز تفرق نوری لیزری انجام شد. متوسط اندازه ذرات بر اساس میانگین قطر حجمی مشخص شد (Ozar et al., 2016).

$$PDI = \frac{D(90\%) - D(10\%)}{D(50\%)} \quad \text{معادله ۱}$$

$$D[4,3] = \frac{\int n_i d_i^4}{\int n_i d_i^3} \quad \text{معادله ۲}$$

n_i = تعداد ذرات

d_i = قطر میانگین ذرات

PDI = شاخص پراکندگی ذرات

شده را با ۹۵۰ میکرولیتر محلول DPPH مخلوط نموده و به مدت ۴۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد. سپس میزان جذب نوری آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت شد.

$$I(\%) = \frac{(A_B - A_S)}{A_S} \times 100 \quad \text{معادله ۳}$$

در معادله ۳، AB میزان جذب نمونه شاهد (حاوی همه اجزای واکنش به جز نمونه اصلی) و AS میزان جذب نمونه در نظر گرفته شد.

فرآیند تولید بستنی حاوی تیمارهای متفاوت

اسانس مرزنجوش

جهت فرمولاسیون بستنی ۷۸/۵ درصد شیر ۱۰ درصد چربی، ۱۸ درصد شکر، ۰/۴ درصد پایدارکننده گوار، ۲/۳ درصد شیرخشک و ۰/۸ نانوگرین حاوی اسانس مرزنجوش بکار گرفته شد. نخست، اجزای مایع مخلوط بستنی شامل چربی و شیر در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد با یکدیگر مخلوط شده (به روش مربع پیرسون) و دمای مخلوط تا ۴۵ درجه سانتیگراد با استفاده از حمام آب گرم افزایش داده شد. سپس اجزاء خشک تشکیل دهنده با هم مخلوط شده و تا دمای ۴۵ درجه سانتیگراد حرارت داده شدند. در این مخلوط مواد خشک به شیر ۱۰ درصد چربی اضافه گردید. در ادامه جهت مخلوط کردن کامل محصول، هموژنیزاسیون در دور ۵۰۰۰ در دقیقه (rpm) به مدت ۵ دقیقه انجام شد. پاستوریزاسیون مخلوط در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ دقیقه به صورت غیر مداوم در حمام آب گرم انجام شد. بلافاصله پس از پاستوریزاسیون، مخلوط آماده شده توسط

محتوای فنل کل و محتوای فلاونوئیدی

بدین منظور به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره پودر برگ گیاهی، ۱۰۰ میکرولیتر معرف فولین سیوکالتیو^۱ (۵۰ درصد)، ۲ میلی لیتر محلول کربنات سدیم (۲ درصد) و ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر اضافه گردید. محلول حاصل به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق در محیطی تاریک نگهداری شد، سپس جذب آن در طول موج ۷۶۰ نانومتر نسبت به نمونه شاهد با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل DR6000 ساخت کمپانی HACH آمریکا) قرائت شد (Meda et al., 2005). جهت تعیین محتوای فلاونوئیدی ابتدا ۵۰۰ میکرولیتر از عصاره برگ گیاهی، ۱/۵ میلی لیتر متانول (۸۰ درصد)، ۲/۸ میلی لیتر آب مقطر، و ۱۰۰ میکرولیتر محلول استات پتاسیم (یک مولار) به آن اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه از انجام واکنش، ۱۰۰ میکرولیتر محلول آلومینیوم کلرید (۱۰ درصد) اضافه گردیده و بعد از گذشت ۴۰ دقیقه جهت انجام واکنش، جذب آن با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۱۰ نانومتر نسبت به نمونه شاهد اندازه گیری شد (Chang et al., 2002).

تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH

به منظور اندازه گیری فعالیت آنتی اکسیدانی، از خنثی سازی رادیکال آزاد ۲ و ۲- دی فنیل-۱- پیکریل هیدرازیل^۲ استفاده گردید. بدین منظور ۵۰ میکرولیتر از عصاره تیمار گیاهی- متانول (حاوی ۰/۵ میلی لیتر محلول عصاره تیمارهای مختلف با ۱/۵ میلی لیتر متانول) تهیه

۱. Folin-Ciocalteu

۲. 2, 2- Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

نتایج و بحث

محتوای فنل کل

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر شوری بر محتوای فنل کل مرزنجوش استانبولی در سطح احتمال پنج درصد ($p \leq 0.05$) معنی دار بود و واثر تیمار در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی دار بود، درحالیکه اثر متقابل آنها معنی دار نبود. نتایج نشان داد که تنش شوری تأثیر معنی داری بر محتوای فنل کل گیاه داشت، به طوری که با افزایش شوری محتوای فنل کل مرزنجوش استانبولی به طور معنی داری افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در شوری ۵۰ میلی مولار مشاهده شد (۱۶/۴۶ میلی گرم بر گرم وزن تر) که اختلاف معنی داری با شاهد و سطوح شوری ۲۵ و ۵۰ میلی مولار داشت. با این حال، افزایش شوری به ۷۵ میلی مولار موجب کاهش نسبی این صفت گردید و کمترین میزان فنل کل مربوط به شرایط بدون تنش شد (۱۲/۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر). کاربرد تعدیل کننده‌ها سبب افزایش معنی دار محتوای فنل کل نسبت به شاهد شد و بیشترین مقدار فنل در تیمار ترکیبی مایکوریز و نانو گرین روی به دست آمد

مخلوط آب و یخ تا دمای ۴ درجه سانتیگراد سرد شد. نانو گرین حاوی اسانس مرزنجوش در این دما به مخلوط اضافه شده و سپس مخلوط بستنی به منظور تکمیل فرایند رسیدن، به مدت ۲۴ ساعت در داخل یخچال در دمای ۴ درجه سانتیگراد قرار گرفت (Jokar & Arianfar, 2017).

آزمون حسی بستنی حاوی نانو گرین

اسانس مرزنجوش استانبولی

ارزیابی ویژگی‌های حسی تیمارهای بستنی، توسط ۱۲ نفر ارزیاب انجام شد. در این آزمون، از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای استفاده شد که به محصول با شرایط متفاوت از جمله عالی امتیاز ۵، خوب ۴، متوسط ۳، بد ۲ و خیلی بد ۱، تعلق گرفت. مقداری نان و یک فنجان آب بین نمونه‌ها جهت تمیز کردن کام ارزیاب‌ها، به آنها ارائه شد (Soleimanifard & Sadeghi, 2019).

آنالیز آماری

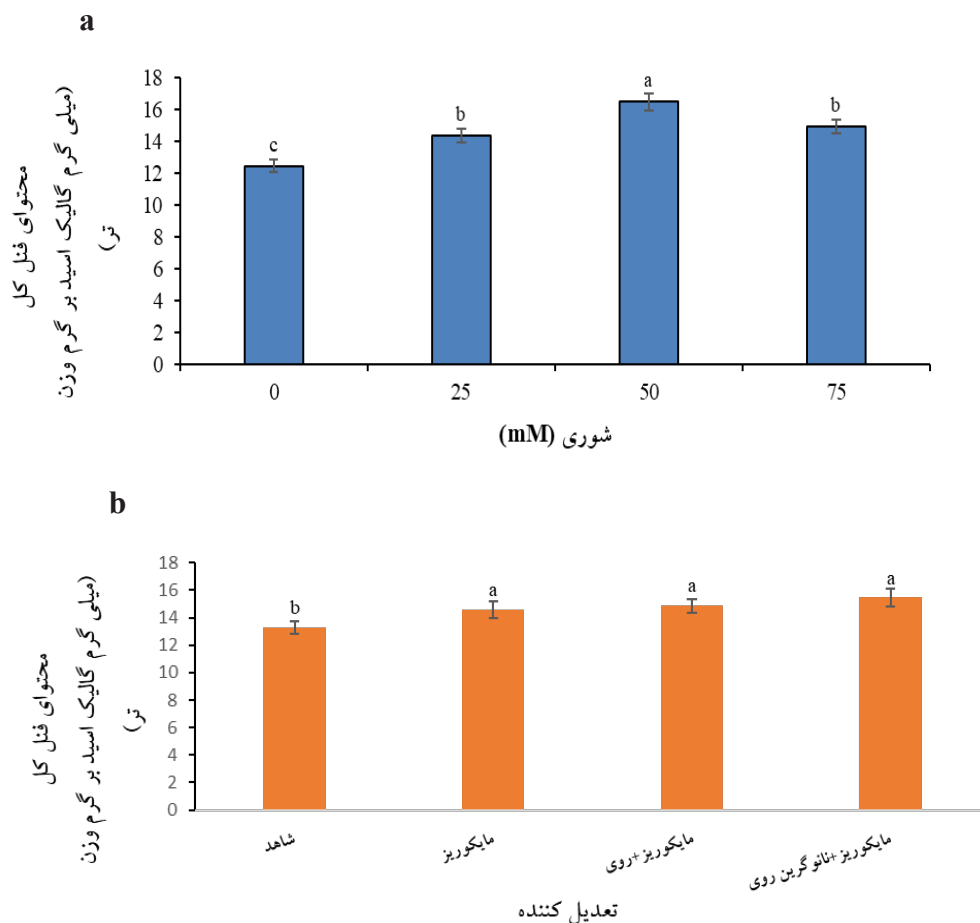
آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار SAS و Design Expert 12 با روش آزمون آنالیز واریانس انجام شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر برخی صفات فیزیولوژیک گیاه

میانگین مربعات					درجه آزادی	منابع تغییرات
DPPH	Fla	Phe	EOY	EO		
۳۷۷/۱۲**	۰/۲۴**	۳۲/۸۶*	۰/۰۱۸**	۰/۲۵**	۳	شوری
۵۴/۴۶ ^{ns}	۰/۰۱۸ ^{ns}	۹/۹۶**	۰/۰۰۲۵**	۰/۰۴۸ ^{ns}	۳	محلول پاشی
۳۰/۳ ^{ns}	۰/۰۱۱ ^{ns}	۱/۳۰ ^{ns}	۰/۰۰۰۶ ^{ns}	۰/۰۰۶ ^{ns}	۹	شوری x محلول پاشی
۴۵/۵۵	۰/۰۱۴	۱/۸۰	۰/۰۰۰۵	۰/۰۵	۳۲	خطای آزمایشی
۹/۴۵	۱۱/۲۴	۹/۲۴	۱۴/۷	۱۰/۳۰		ضریب تغییرات (%)

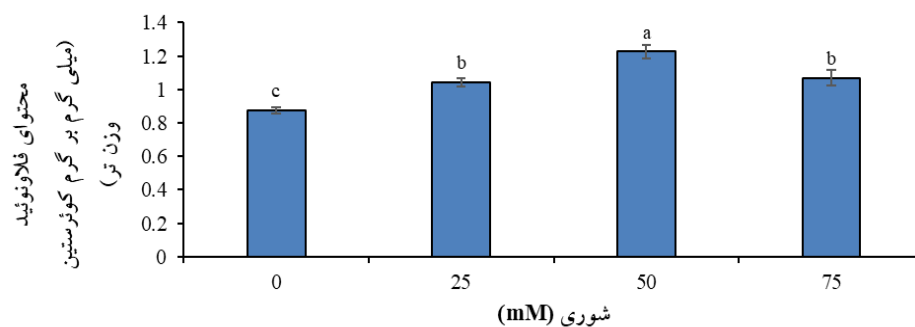
^{ns}, ** و * به ترتیب غیر معنی داری و معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد میباشند.

EO: اسانس و EOY: عملکرد اسانس؛ Phe: محتوای فنل کل، Fla: محتوای فلاونوئید کل، DPPH: مهار رادیکال DPPH.



شکل ۱. تعیین محتوای فنل کل مرزنجوش استانبولی (*Origanum vulgare L. spp. hirtum*) :: مقایسه میانگین تنش شوری (a)

و تعدیل کننده های تنش (b)



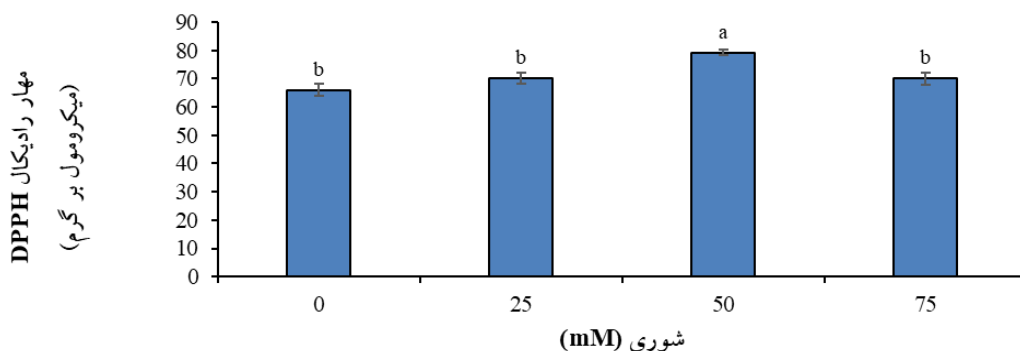
شکل ۲. تعیین مقایسه میانگین تنش شوری بر مقدار فلاونوئید مرزنجوش استانبولی (*Origanum vulgare L. spp. hirtum*)

عدد ۱۳/۲۹ میلی گرم بر گرم وزن تر به تیمار شاهد اختصاص یافت (شکل ۱).

محتوای فلاونوئید

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که اثر شوری بر محتوای فلاونوئیدی

(۱۵/۴۵ میلی گرم بر گرم وزن تر) به گونه ای که تیمارهای میکوریز، میکوریز همراه با روی و میکوریز همراه با نانوگرین روی در یک گروه آماری قرار گرفته و از نظر آماری مقادیر بالاتری نسبت به شاهد نشان دادند. کمترین مقدار نیز با

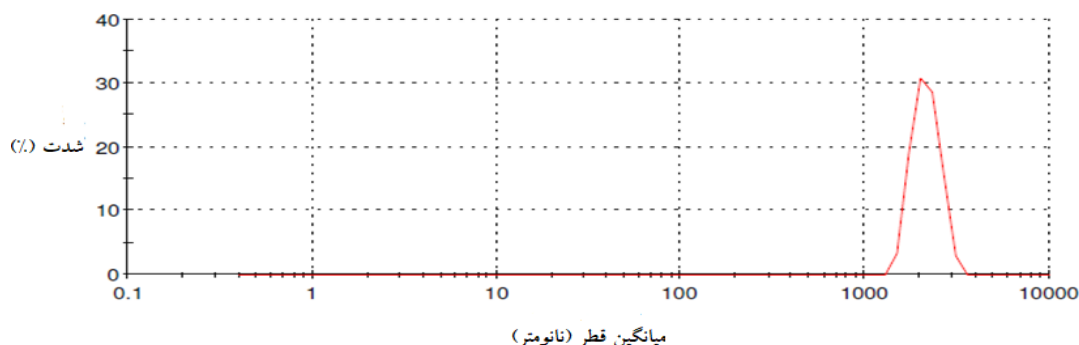


۳. مقایسه میانگین تنش شوری بر مهار رادیکال آزاد DPPH مرزنجوش استانبولی (*Origanum vulgare L. spp. hirtum*)

قدرت مهارکنندگی رادیکال DPPH

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر شوری برای مهار رادیکال DPPH مرزنجوش استانبولی در احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود ولی اثر تیمار و اثر متقابل آنها معنی‌دار نشد. با افزایش شوری فعالیت آنتی‌اکسیدانی مرزنجوش استانبولی روند افزایشی نشان داد و بیشترین مقدار مهار رادیکال DPPH در سطح شوری ۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح شوری بود (۷۹/۲۸ میکرومول بر گرم). کمترین مقدار نیز مربوط به شرایط بدون تنش شد (۶۶/۰۳ میکرومول بر گرم)، با افزایش شوری به ۷۵ میلی‌مولار، مقدار مهار رادیکال DPPH نسبت به سطح ۵۰ میلی‌مولار کاهش

مرزنجوش استانبولی در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) معنی‌دار بود ولی اثر تعدیل‌کننده و اثر متقابل آنها معنی‌دار نبود. بیشترین مقدار محتوای فلاونوئیدی مرزنجوش استانبولی مربوط به شوری ۵۰ میلی‌مولار بود که اختلاف معنی‌داری با شرایط بدون تنش و تنش ۲۵ و ۷۵ میلی‌مولار نشان داد (۱/۲۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر). در مقابل، کمترین مقدار فلاونوئید به شرایط بدون تنش با عدد ۰/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر اختصاص یافت. با افزایش شدت تنش به ۷۵ میلی‌مولار، میزان فلاونوئید نسبت به سطح ۵۰ میلی‌مولار کاهش یافت، اما همچنان به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط بدون تنش بود (شکل ۲).



شکل ۴. میانگین قطر نانوغرین تولیدی با استفاده از دستگاه زتا سایزر

یافت، به طوری که این تیمار از نظر آماری با شاهد و شوری ۲۵ میلی مولار در یک گروه آماری قرار گرفت و با سطح ۵۰ میلی مولار اختلاف معنی داری نشان داد (شکل ۳).

آزمون پراکندگی دینامیکی نور

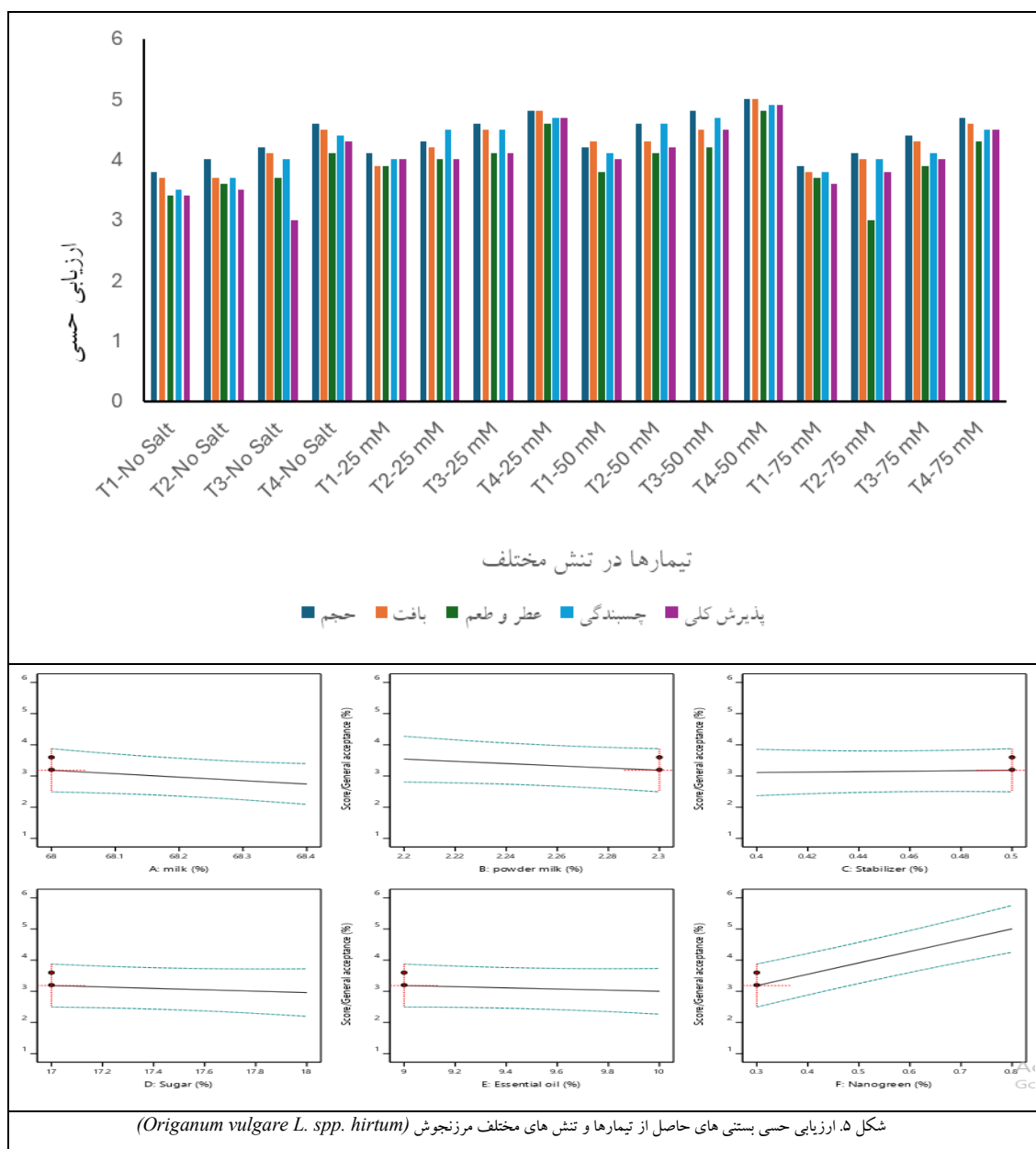
تصاویر آزمون پراکندگی نور تیمار نانوگرین روی در شکل ۴ ارائه شده است. نانوذرات تهیه شده از روی با عصاره مرزنجوش، دارای میانگین قطر ذرات در محدوده ۱۰۰۰ تا ۳۵۰۰ نانومتر (۱ تا ۳/۵ میکرون) بود که بیشترین پراکندگی در ناحیه ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ نانومتر بود که تاییدی بر تشکیل نانوذرات حاصل بود.

آنالیز حسی

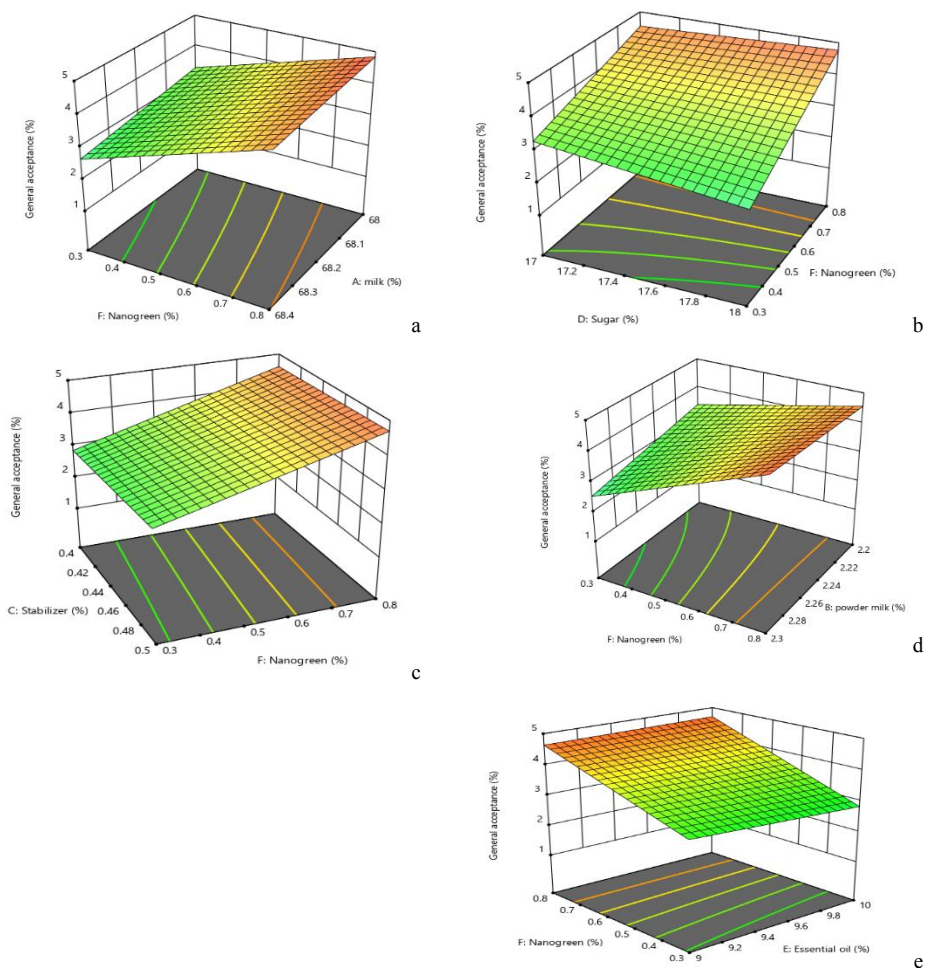
برای ارزیابی ویژگی‌های ارگانولپتیک نمونه‌های بستنی، مدل Linear vs Mean پیشنهادی و معنی دار ($p \leq 0.05$) پیشنهادی توسط نرم افزار Design Expert 12 داد (شکل ۶) همچنین مقایسه نتایج حاصل از ویژگی‌های حسی تیمارهای بستنی حاوی اسانس گیاهی در شکل ۵ ارائه شده است. از برجسته‌ترین ویژگی‌های مهم جهت پذیرش بستنی از دیدگاه مصرف کننده میتوان به فاکتورهای حجم افزایی، بافت بستنی، عطر و طعم و همچنین پذیرش کلی محصول نهایی اشاره نمود. با توجه به شکل ۶ مرتبط با بافت نمونه‌های بستنی مشخص شد نمونه‌های بستنی حاوی اسانس گیاهان تحت شوری ۵۰ و ۲۵ درصد بالاترین پذیرش، عطر و طعم، چسبندگی، بافت و حجم بیشتری نسبت به نمونه‌های حاوی اسانس مرزنجوش تحت تیمار ۷۵ میلی مولار بودند، ولی به طور کلی نمونه‌های بستنی حاوی اسانس مرزنجوش نسبت

به تیمارهای مرزنجوش تحت شرایط بدون تنش شوری ویژگی‌های بهتری نشان دادند. قابل ذکر است که تیمارهای حاوی اسانس مرزنجوش تلقیح شده با مایکوریز همراه با نانوگرین روی، بافت و چسبندگی بهتری نسبت به سایر نمونه‌ها نشان دادند. در بررسی نتایج جهت انتخاب بهترین فرمولاسیون بستنی با نرم افزار Design Expert 12 مشخص شد که تیمار ۷۸/۵ درصد شیر، در شکل ۶ نمایی از تاثیر اسانس تیمار یافته با نانوگرین بر فاکتورهای پذیرش کلی و شاخص‌های دیگر نشان داده شده است. همچنین گراف مربوط به نرمال پلات نشان داد که تجمع ذرات در اطراف خط این نمودار نشان از دقت ذرات و صحت آزمون انتخابی میباشد. همچنین شکل ۷ نشان داد که نمودار کوکس دیستنس (Cook's Distance) که نمایانگر تجمع ذرات و کم بودن فاصله از خط صفر، همچنین نمودار Residual VS و اختلاف فاصله کمتر از هم و گراف تقریباً یکسان، و همچنین نمودار Residual Actual که نمایانگر واقعی بودن نمرات است؛ نشان میدهد که نتایج حاصل از تیمارهای بستنی با نتایج حاصل از آزمون‌های قبلی مانند ترکیبات فنلی، فلاونوئیدی و درصد مهار کنندگی رادیکال DPPH مطابقت دارد.

با توجه به شرایط و نتایج حاصل؛ این ترکیب میتواند جهت غنی سازی محصولات غذایی متفاوت به ویژه روغنی کاربرد بسیار داشته باشد و نتایج رضایت بخشی را ارائه دهد.

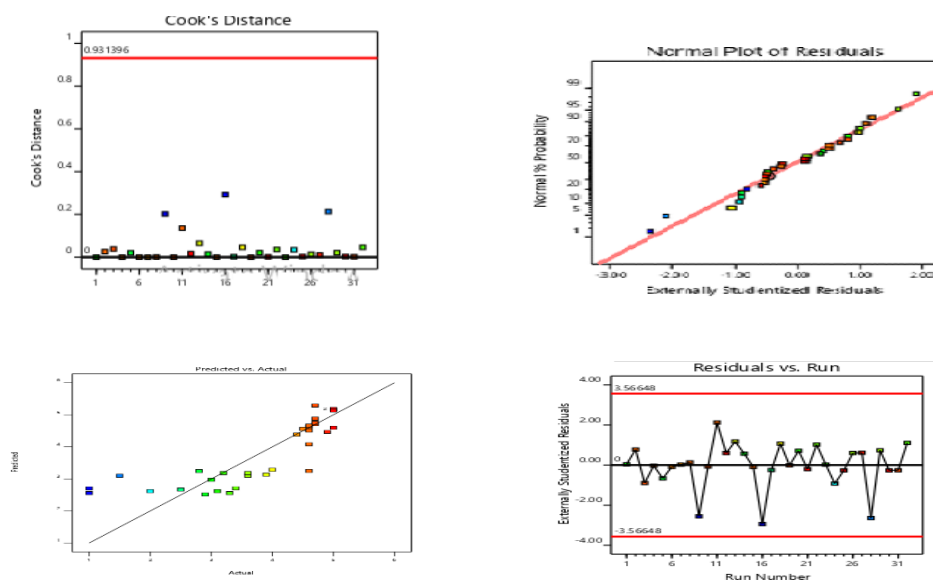


شکل ۵. ارزیابی حسی بستنی های حاصل از تیمارها و تنش های مختلف مرزنجوش (*Origanum vulgare L. spp. hirtum*)



شکل ۶. نمودارهای سطح پاسخ سه بعدی نمونه بستنی حاوی اسانس نانو گرین روی و مایکوریز

a: تاثیر غلظت‌های مختلف شیر بر پذیرش کلی، b: تاثیر غلظت‌های مختلف شکر بر پذیرش کلی، c: تاثیر غلظت‌های مختلف پایدارکننده بر پذیرش کلی، تاثیر غلظت‌های مختلف شیر بر پذیرش کلی، d: تاثیر غلظت‌های مختلف پودر شیر خشک بر پذیرش کلی، e: تاثیر غلظت‌های مختلف اسانس بر پذیرش کلی



شکل ۷- نمودارهای Diagnostics جهت بررسی صحت نتایج به تحلیل نتایج بستنی

نتیجه گیری کلی

تنش شوری بر محتوای فنل کل، فلاونوئید و مهار رادیکال DPPH تأثیر معنی داری داشت، به طوری که بیشترین مقادیر این صفات در شوری ۵۰ میلی مولار مشاهده شد. همچنین، بیشترین میزان فنل کل در تیمار مایکوریز همراه با نانوگرین روی مشاهده شد. براساس نتایج مقاله حاضر، به کشاورزان و تولیدکنندگان توصیه می شود در صورت کشت مرزنجوش استانبولی در اراضی شور، استفاده از مایکوریز همراه با نانوگرین روی را به عنوان یک راهکار کمکی برای بهبود وضعیت گیاه مورد بررسی قرار دهند. همچنین تولیدکنندگان بستنی و صنایع غذایی می توانند از اسانس حاصل از این تیمار در فرمولاسیون بستنی بهره ببرند که ضمن داشتن عطر و طعم مطلوب و پذیرش حسی بالا، خواص فراسودمند و سلامت بخشی به محصول نهایی می بخشد. در نهایت، ترویج کاربرد کودهای زیستی (مایکوریز) در کنار نانوکودهای روی در مناطق با تنش شوری، گامی مؤثر در جهت کشاورزی پایدار و تولید محصولات غذایی عملگرا توصیه می گردد.

References

- Abdelsattar, A. S., Kamel, A. G., Eita, M. A., Elbermawy, Y., and El-Shibiny, A. 2024. The cytotoxic potency of green synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO-NPs) using *Origanum majorana*. Materials Letters, 367: 136654. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2024.136654>
- Ahmadi, F., Samadi, A., Sepehr, E., Rahimi, A., and Shabala, S. 2021. Increasing medicinal and phytochemical compounds of coneflower (*Echinacea purpurea* L.) as affected by $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ ratio and perlite particle size in hydroponics. Scientific Reports, 11(1): 15202. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94732-1>
- Alinia, M., Kazemeini, S. A., Meftahizadeh, H., and Mastinu, A. 2024. Alleviating salinity stress in *Cyamopsis tetragonoloba* L. seedlings through foliar application of silicon or melatonin in arid and semi-desert environments. South African Journal of Botany, 174: 347–359. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.09.024>
- Assaf, M., Korkmaz, A., Karaman, Ş., and Kulak, M. 2022. Effect of plant growth regulators and salt stress on secondary metabolite composition in Lamiaceae species. South African Journal of Botany, 144: 480–493. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.10.030>
- Bina, F., and Rahimi, R. 2017. Sweet marjoram: A review of ethnopharmacology, phytochemistry, and biological activities. Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine, 22(1): 175–185. <https://doi.org/10.1177/2156587216650793>
- Brokate, O., Papenbrock, J., and Turcios, A. E. 2024. Biofilm-forming microorganisms in the rhizosphere to improve plant growth: Coping with abiotic stress and environmental pollution. Applied Soil Ecology, 202: 105591. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2024.105591>
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., and Chern, J. C. 2002. Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis, 10(3): 178–182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>

- Daniel, A. I., Keyster, M., and Klein, A. 2023. Biogenic zinc oxide nanoparticles: A viable agricultural tool to control plant pathogenic fungi and its potential effects on soil and plants. *Science of the Total Environment*, 897: 165483. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165483>
- Evelin, H., Devi, T. S., Gupta, S., and Kapoor, R. 2019. Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: Current understanding and new challenges. *Frontiers in Plant Science*, 10: 470. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00470>
- Gaub, A., Hari, S. K., Ramamoorthy, V., Vellasamy, S., Govindan, G., and Arasu, M. V. 2023. The versatility of green synthesized zinc oxide nanoparticles in sustainable agriculture: A review on metal-microbe interaction that rewards agriculture. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 125: 102023. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102023>
- Ghodrati-Tazangi, M. J., Samani, R. B., Tavallali, V., Alizadeh, A., and Honarvar, M. 2023. Responses of *Hyssopus officinalis* to bicarbonate stress and foliar application of green synthesized zinc nano-complex formed on *Medicago sativa* extract. *Scientia Horticulturae*, 319: 112197. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112197>
- Hegazy, M. H., Alzuaibr, F. M., Mahmoud, A. A., Mohamed, H. F., and Said-Al Ahl, H. A. 2016. The effects of zinc application and cutting on growth, herb, essential oil and flavonoids in three medicinal Lamiaceae plants. *European Journal of Medicinal Plants*, 12(3): 1–12. <https://doi.org/10.9734/EJMP/2016/23589>
- Kaushal, P., Maity, D., and Awasthi, R. 2024. Nano-green: Harnessing the potential of plant extracts for sustainable antimicrobial metallic nanoparticles. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 94: 105488. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2024.105488>
- Lombrea, A., Antal, D., Ardelean, F., Avram, S., Pavel, I. Z., Vlaia, L., Mut, A.-M., Diaconeasa, Z., Dehelean, C. A., and Soica, C. 2020. A recent insight regarding the phytochemistry and bioactivity of *Origanum vulgare* L. essential oil. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(24): 9653.

<https://doi.org/10.3390/ijms21249653>

- Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., and Nacoulma, O. G. 2005. Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. Food Chemistry, 91(4): 571–577. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>
- Miura, C., Tominaga, T., and Kaminaka, H. 2024. Different roles of the phytohormone gibberellin in the wide-spread arbuscular mycorrhiza and in orchid mycorrhiza. Current Opinion in Plant Biology, 82: 102627. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2024.102627>
- Ozar, A., Rahimi, A., Chiyaneh, E. R., and Rezaeieh, K. A. P. 2016. Medicinal plants of Sulduz Region, West Azerbaijan Province, Iran and their characteristics. Der Pharmacia Lettre, 8(8): 36–44.
- Razali, N., Razab, R., Junit, S. M., and Aziz, A. A. 2008. Radical scavenging and reducing properties of extracts of cashew shoots (*Anacardium occidentale*). Food Chemistry, 111(1): 38–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.024>
- Razvi, S. M., Singh, N., Mushtaq, A., Shahnawaz, D., and Hussain, S. 2023. Arbuscular mycorrhizal fungi for salinity stress: Anti-stress role and mechanisms. Pedosphere, 33(1): 212–224. <https://doi.org/10.1016/j.pedsph.2022.06.027>
- Sabir, S., Arshad, M., and Chaudhari, S. K. 2014. Zinc oxide nanoparticles for revolutionizing agriculture: Synthesis and applications. The Scientific World Journal, 2014: 925494. <https://doi.org/10.1155/2014/925494>
- Soleimanifard, M., Sadeghi Mahoonak, A., Sepahvand, A., Heydari, R., and Farhadi, S. 2019. Spanish olive leaf extract-loaded nanostructured lipid carriers: Production and physicochemical characterization by Zetasizer, FT-IR, DTA/TGA, FE-SEM and XRD. Journal of Food Processing and Preservation, 43(7): e13994. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13994>.

Investigating the effect of biofertilizers and mycorrhizal fungi on the levels of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant properties of (*Origanum vulgare* L. spp. *hirtum*) for application in ice cream

Sheyda Gheitarani¹, Amir Rahimi^{2*}, Mansooreh Soleimanifard³

1. M.Sc. Student, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia University
2. Associate Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Urmia (Corresponding author).
3. Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Ardakan University.

Received: February 2026 Accepted: July 2026 - DOI: 10.22092/mpt.2026.372404.1217

Abstract

Gheitarani, SH., Rahim. A., Soleimanifard, M., . Investigating the effect of biofertilizers and mycorrhizal fungi on the levels of phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant properties of (*Origanum vulgare* L. spp. *hirtum*) for application in ice cream.

Iranian Medicinal Plants Technology, Vol 7, No. 2, 2025 17-18: 117-131(in Persian)

Abstract:

This study investigated the effects of stress-ameliorating agents on the quantitative and qualitative traits of (*Origanum vulgare* L. spp. *hirtum*) cultivated in the research greenhouse of Urmia University. The experimental treatments comprised four levels of moderating agents (control, mycorrhizal inoculation, mycorrhiza supplemented with zinc, and mycorrhiza combined with nano-green zinc) and four salinity stress levels (0, 25, 50, and 75 mM sodium chloride). The evaluated biochemical parameters included total phenolic content, total flavonoid content, and DPPH free radical scavenging activity. The results demonstrated that the combined application of mycorrhiza with nano-green zinc yielded the highest total phenolic content (15.455 mg/g fresh weight). Moreover, the maximum flavonoid content (1.225 mg/g fresh weight) and the greatest DPPH radical scavenging activity (79.289%) were recorded under the 50 mM salinity treatment. Sensory evaluation of ice cream samples fortified with *O. vulgare* L. spp. *hirtum*

Email address of the corresponding author: emir10357@gmail.com

essential oil revealed that specimens derived from 25 and 50 mM salinity treatments received the highest scores for overall acceptability, aroma and flavor, texture, and overrun (volume).

Keywords: Essential oil, Modulator, Secondary metabolites, *Origanum* (*Origanum vulgare* L. spp. *hirtum*), Zn Nano Green.