Determination of antioxidant activity, and antifungal effect of *Ferula persica* L hydroalcoholic extract on some fungal strains causing strawberry and grape fruits rot "*in vitro*"

Pages 05-17

M. Rahmati-Joneidabad[*1], B. Alizadeh Behbahani[2] and M. Noshad[3]

1) Department of Horticultural Science, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.
2&3) Department of Food Science and Technology, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

*Corresponding author: **Rahmati@asnrukh.ac.ir**

Received date: 2023.12.31 **Accepted date: 2024.04.12**

Abstract

In this study, the hydroalcoholic extract of *Ferula persica* was extracted based on soaking method, and then the content of total phenols, total flavonoids, free radical scavenging activity (based on DPPH and ABTS free radical scavenging methods) and antifungal effect (based on antimicrobial methods of disk diffusion agar, well diffusion agar, minimum inhibitory concentrations, and minimum fungicidal concentrations) were evaluated against fungi species causing strawberry and grape fruits rot (*Botrytis cinerea*, *Aspergillus niger*, and *Rhizopus stolonifer*). The results of this study showed that the hydroalcoholic extract of *Ferula persica* contained 101.38 mg GAE/g total phenols and 37.41 mg QE/g total flavonoids. In addition, the antioxidant activity of hydroalcoholic extract based on the percentage of inhibition of DPPH and ABTS free radicals was 68.59 and 63.32%, respectively. Findings of antifungal activity based on disk diffusion agar and well diffusion agar tests showed that the antifungal effect of the extract was dependent on its concentration and increasing the concentration caused a significant increase in the diameter of the growth inhibition zone. *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* were the most resistant and sensitive fungal strains to the hydroalcoholic extract, respectively, and the minimum lethal concentrations for these two strains were 256 and 64 mg/ml, respectively. Therefore, *Ferula persica* hydroalcoholic extract can be used as a natural preservative to increase the shelf life of horticultural products.

Keywords: Ferula persica extract, Grape, Strawberry, Antifungal and Radical scavenging.

تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اثر ضد میکروبی عصاره هیدروالکلی متکا بر برخی از سویه‌های قارچی عامل پوسیدگی میوه توت‌فرنگی و انگور در شرایط آزمایشگاهی

شماره صفحات
۱۷-۰۵

مصطفی رحمتی جنیدآباد*[۱]، بهروز علیزاده بهبهانی[۲] و محمد نوشاد[۳]

۱) گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۲ و ۳) گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

* نویسنده مسئول: **Rahmati@asnrukh.ac.ir**

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۱/۲۵

چکیده

در این مطالعه، عصاره هیدروالکلی متکا به‌روش خیساندن استخراج گردید و سپس محتوای فنول کل، فلاونوئید کل، فعالیت رادیکال گیرندگی (بر اساس روش مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ABTS) و اثر ضد قارچی (بر اساس روش‌های ضدمیکروبی دیسک دیفیوژن آگار، چاهک آگار، حداقل غلظت مهارکنندگی و حداقل غلظت کشندگی) در برابر قارچ‌های عامل پوسیدگی میوه توت‌فرنگی و انگور (*بوتریتیس سینه‌را*، *آسپرژیلوس نایجر* و *ریزوپوس استولونیفر*) بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان داد که عصاره هیدروالکلی متکا حاوی ۱۰۱/۳۸ mg GAE/g فنول کل و ۳۷/۴۱ mg QE/g فلاونوئید کل بود. علاوه‌بر این، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی متکا بر حسب درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ABTS به‌ترتیب برابر با ۶۸/۵۹ و ۶۳/۳۲ درصد بود. یافته‌های فعالیت ضد قارچی بر پایه آزمون‌های دیسک دیفیوژن و چاهک آگار نشان داد که اثر ضد قارچی عصاره وابسته به غلظت آن می‌باشد و افزایش غلظت سبب افزایش معنی‌دار قطر هاله عدم رشد گردید. *ریزوپوس استولونیفر* و *آسپرژیلوس نایجر* به‌ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین سویه‌های قارچی نسبت به عصاره هیدروالکلی متکا بودند و حداقل غلظت کشندگی برای این دو سویه به‌ترتیب معادل ۲۵۶ mg/ml و ۶۴ بود. بنابراین، عصاره هیدروالکلی متکا را می‌توان به‌عنوان عامل نگهدارنده طبیعی جهت افزایش عمر انبارمانی محصولات باغبانی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: عصاره متکا،انگور، توت‌فرنگی، ضد قارچ و رادیکال گیرندگی.

مقدمه

توت‌فرنگی (*Fragaria x ananassa*) از خانواده *Rosaceae* گیاهی علفی و چند ساله است که ساقه‌ای فشرده و کوتاه دارد. این میوه یا به صورت خام خورده می‌شود یا در تهیه آبمیوه، دسر، مربا، شربت و شراب مورد استفاده قرار می‌گیرد (Salami *et al*., 2010a). گسترش تولید میوه توت‌فرنگی در جهان به دلیل تولید قابل‌توجه و ارزش غذایی بالای آن، توجه اکثر کشاورزان و باغداران را به خود جلب کرده است. در حال حاضر ایالات متحده آمریکا، اسپانیا، ترکیه، روسیه و کره کشورهای اصلی تولید کننده توت‌فرنگی می‌باشند. توت‌فرنگی در ایران بیشتر در زمین‌های باز استان کردستان در غرب ایران کشت می‌شود، اما گلخانه‌داران نیز اخیراً اقدام به کاشت توت‌فرنگی کرده‌اند (Banaeian *et al*., 2011). توت‌فرنگی به دلیل نرمی بسیار زیاد، آسیب‌پذیری در برابر آسیب‌های مکانیکی، سطح تنفس بالا و حساسیت به فساد قارچی میوه‌ای بسیار فاسد شدنی است. بنابراین، توت‌فرنگی تازه، عمر پس از برداشت بسیار محدودی دارد و نمی‌توان آن را جز برای مدت کوتاهی ذخیره کرد (Salami *et al*., 2010b). انگور سرشار از مواد معدنی، ویتامین‌ها، کربوهیدرات‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها است. اگرچه انگور دارای فواید بسیار زیادی است، اما به دلایل مختلفی مانند تغییر رنگ ساقه، کاهش سفتی، خشک شدن، ریزش حبه، پوسیدگی قارچی و غیره، ماندگاری آن را کاهش داده است. از مهم‌ترین عوامل فسادزا در توت‌فرنگی و انگور *ریزوپوس*، *پنی‌سیلیوم*، *بوتریتیس* و *آسپرژیلوس* را می‌توان نام برد که استفاده از قارچ‌کش‌های شیمیایی از جمله روش‌های کنترل این بیماری‌ها می‌باشد (Rahmati Joneidabad and Alizadeh Behbahani, 2021). با این حال، استفاده مداوم و گسترده از قارچ‌کش‌ها دارای معایب قابل‌توجهی از جمله هزینه بالا، خطرات جابجایی، آلودگی میوه‌ها و سبزیجات به باقیمانده قارچ‌کش‌ها و تهدیدهایی برای سلامت انسان و محیط‌زیست است. بنابراین، علاقه به یافتن جایگزین‌های طبیعی ایمن و زیست‌تخریب‌پذیر افزایش یافته است. در این زمینه، عوامل سازگار با محیط‌زیست مانند عصاره‌ها و اسانس‌های گیاهی پتانسیل زیادی را به عنوان جایگزینی برای قارچ‌کش‌های مصنوعی در کنترل بیماری و حفظ کیفیت توت‌فرنگی نشان داده‌اند (Mohammadi *et al*., 2015). عصاره‌های گیاهی علاوه بر ایمن بودن حاوی ترکیبات مهمی بوده و از ویژگی‌های بیولوژیکی مختلفی مانند خاصیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی، فعالیت ضد سرطانی و ضد التهابی برخوردار می‌باشند (Namazi *et al*., 2021). گیاه متکا با نام علمی *فرولا پرسیکا* (*Ferula persica*) یکی از گونه‌های جنس فرولا و از خانواده چتریان است که به عنوان غذا و گیاهی درمانی در طب سنتی استفاده می‌شود. جنس فرولا که بومی آسیای مرکزی است دارای بیش از ۱۵۰ گونه بوده که ۵۳ گونه آن در ایران به صورت خودرو می‌روید. *فرولا پرسیکا* یک گیاه علفی با ارتفاع ۲-۱ m متر، دارای برگ‌های بزرگ و ظریف به رنگ زرد و سبز متمایل به سفید یا زرد می‌باشد. گزارش شده است که گونه‌های فرولا حاوی فلاونوئید، کاروتنوئید و آلکالوئید بوده و دارای فعالیت ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (Mehdinia Lichaei *et al*., 2018; Jadidi *et al*., 2010). در این پژوهش میزان فنول و فلاونوئید عصاره هیدروالکلی گیاه متکا و ویژگی‌های ضدقارچی و آنتی‌اکسیدانی آن بررسی گردید.

مواد و روش

مواد

محیط‌های کشت سابروز دکستروز براث و سابروز دکستروز آگار از شرکت مرک (آلمان) و رادیکال آزاد DPPH، رادیکال آزاد ABTS و معرف فولین-سیوکالتو از شرکت سیگما (آمریکا) تهیه گردید.

سویه‌های قارچی

در این پژوهش از سویه‌های قارچی *بوتریتیس سینه‌را* (*Botrytis cinerea*)، *آسپرژیلوس نایجر* (*Aspergillus niger*) و *ریزوپوس استولونیفر* (*Rhizopus stolonifer*) استفاده شد.

تعیین فنول کل

برای این منظور، ۰/۱ ml عصاره به ۱ ml معرف فولین-سیوکالتو (۱۰ درصد وزنی/وزنی) اضافه شد. به‌مدت ۵ min همزده شد و سپس ۰/۳ ml محلول سدیم‌کربنات (۱۰ درصد) به مخلوط اضافه شد. پس از انکوباسیون مخلوط به مدت ۲ hr جذب نمونه در ۷۶۰ nm خوانده شد. مقادیر ۰/۵-۰ mg/ml گالیک اسید به عنوان استاندارد استفاده شد و محتوای فنول کل براساس میلی‌گرم اسید گالیک در هر گرم عصاره (mg GAE/g) بیان شد (Alizadeh Behbahani *et al*., 2019).

تعیین فلاونوئید کل

جهت اندازه‌گیری ترکیبات فلاوونوئیدی عصاره هیدروالکلی گیاه متکا، ۱ ml عصاره با ۷۵ µl نیتریت سدیم ۵ درصد مخلوط شد و ۶ min نگهداری شد. سپس ۱۵۰ µl آلومینیوم تری‌کلرید ۱۰ درصد به مخلوط تهیه شده اضافه گردید و مجدداً به مدت ۵ min نگهداری شد. در پایان ۱ ml سود (۱ M) به نمونه اضافه و جذب آن در طول‌موج ۵۱۰ nm اندازه‌گیری شد. میزان فلاونوئید بر اساس میلی‌گرم کوئرسیتین در گرم عصاره (mg QE/g) گزارش شد (Tanavar *et al*., 2020).

اندازه‌گیری خاصیت رادیکال گیرندگی (آنتی‌اکسیدانی)

مهار رادیکال آزاد DPPH

برای این آزمون ۵۰ µl از عصاره یا کنترل با ۵ ml محلول اتانولی ۰/۱۲ mM DDPH مخلوط شد. محلول به دست آمده به مدت ۳۰ min در دمای ۲۵ °C نگهداری شد و جذب آن در ۵۱۷ nm خوانده شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Alizadeh Behbahani *et al*., 2021):

رابطه ۱: فعالیت مهارکنندگی (درصد) = $(A_{کنترل} - A_{نمونه} / A_{کنترل}) \times ۱۰۰$

فعالیت مهار رادیکال آزاد ABTS

در این روش ابتدا رادیکال‌های آزاد ABTS تهیه شدند. بدین ترتیب که در ابتدا محلول آبی با غلظت ۷ mM ABTS

تهیه شـده و تا رسـیدن به غلظت ۲/۴۵ mM به آن پتاسـیم پرسـولفات اضافه شد. پس از نگهداری محلول به مدت ۱۶ hr در مکان تاریک، در دمای اتاق، کاتیون رادیکال ABTS توسـط متانول تا رسـیدن جذب معرف به ۰/۷ ±۰/۰۲ در طول‌موج ۷۳۴ nm رقیق‌سـازی شـد. در پایان ۳۰۰ µl عصـاره به ۳/۹ ml محلول رادیکال ABTS اضـافه و پس از ۵ min، جذب نمونه اندازه‌گیری گردید (Sosani Gharibvand *et al*., 2020).

بررسی خاصیت ضدقارچی

دیسک دیفیوژن آگار

برای روش دیسک دیفیوژن آگار، دیسک‌های بلانک (با قطر ۰/۶ cm) در غلظت‌های ۵ mg/ml، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ غوطه‌ور و پس از کشت قارچها روی محیط‌های کشت تثبیت شدند. پلیت‌ها ۷۲ hr در دمای ۲۷ °C انکوبه شدند. قطر هاله عدم رشد اطراف هر دیسک بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد (Alizadeh-Behbahani *et al*., 2012).

چاهک آگار

پس از کشت قارچها بر روی محیط کشت سابروز دکستروز آگار و ایجاد چاهک‌هایی با قطر ۶ mm در محیط، ۱۱۰ µl از هر یک از غلظت‌های تهیه شده به چاهک‌ها اضافه شد. پس از نگهداری پلیت‌ها به مدت ۷۲ hr در دمای ۲۷ °C قطر هاله عدم رشد بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020).

تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی

از روش رقیق‌سازی در محیط کشت براث جهت تعیین حداقل غلظت مهارکنندگی عصاره هیدروالکلی گیاه متکا شد. ابتدا عصاره با فیلترهای ۰/۲۲ µm استریل گردید. سپس غلظت ۵۱۲ mg/ml عصاره در لوله‌های ۱۰ ml آزمایشگاهی تهیه گردید و غلظت‌های متوالی از آن تهیه شد. در مرحله بعد ۲۰ µl سوسپانسیون قارچی به هر یک از غلظت‌ها اضافه و به مدت ۷۲ hr ساعت در دمای۲۷ °C گرمخانه‌گذاری شد. کدورت ایجاد شده در نتیجه رشد سویه‌های قارچی با چشم مشاهده شد و لوله بدون کدورت به عنوان حداقل غلظت مهارکنندگی گزارش گردید (Rahmati-Joneidabad and Alizadeh Behbahani, 2021).

تعیین حداقل غلظت قارچ کشی[1]

به منظور ارزیابی حداقل غلظت قارچ کشی، تمامی لوله‌های بدون کدورت به طور جداگانه روی محیط سابروز دکستروز آگار کشت داده شدند. سپس پلیت‌ها ۷۲ hr ساعت در دمای ۲۷ °C انکوبه شدند. غلظتی که در آن تعداد قارچهای عامل پوسیدگی میوه توت فرنگی و انگور ۹۹/۹ درصد کاهش پیدا کرده بود به عنوان حداقل غلظت قارچ کشی گزارش شد (Alizadeh Behbahani and Fooladi, 2018).

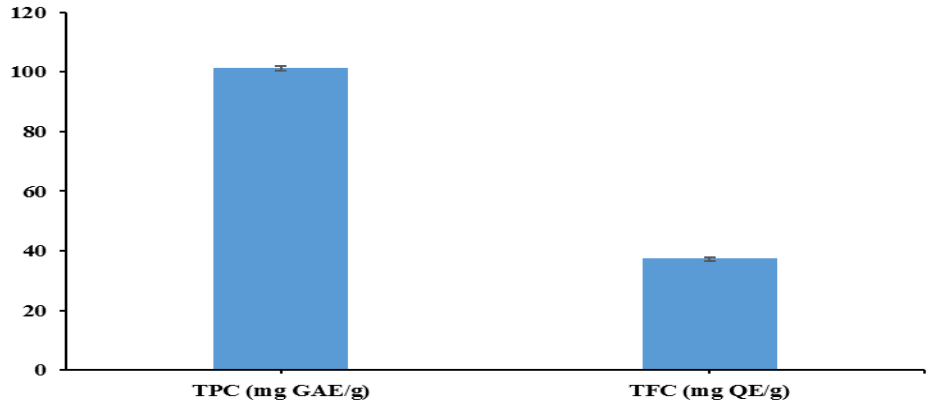
[1] Minimum fungicidal concentration

آنالیز آماری

تمام آزمون‌ها در سه تکرار انجام شدند. نتایج به صورت انحراف معیار ± میانگین گزارش شده‌اند. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) با استفاده از نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

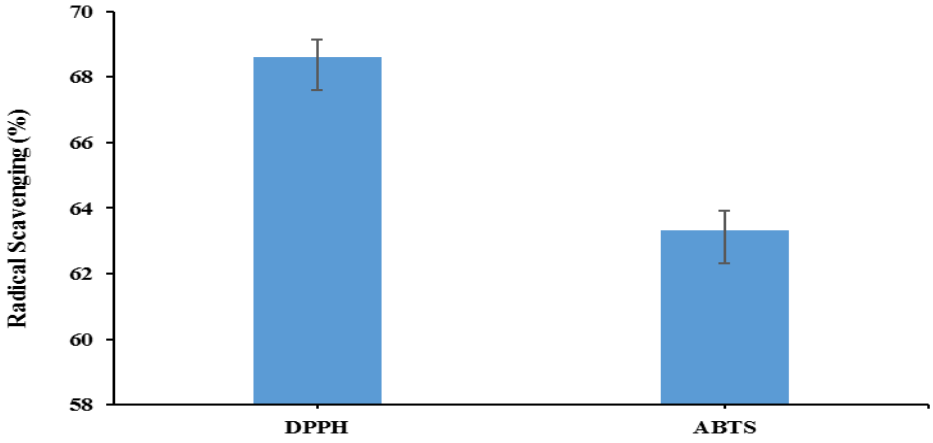
نتایج و بحث

عصاره هیدروالکلی متکا حاوی ۱۰۱/۳۸ ± ۰/۴۲ mg GAE/g فنول کل و ۳۷/۴۱ ± ۰/۳۶ mg QE/g فلاونوئید کل بود (شکل ۱). علاوه بر این، فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی متکا بر حسب درصد مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ABTS به ترتیب برابر با ۶۸/۵۹ ± ۰/۵۴ و ۶۳/۳۲ ± ۰/۶۰ درصد بود (شکل ۲).



شکل ۱: محتوای فنول و فلاونوئید کل عصاره هیدروالکلی متکا.

Fig. 1: Total phenols (TPC) and flavonoids (TFC) content of *Ferula persica* extract.

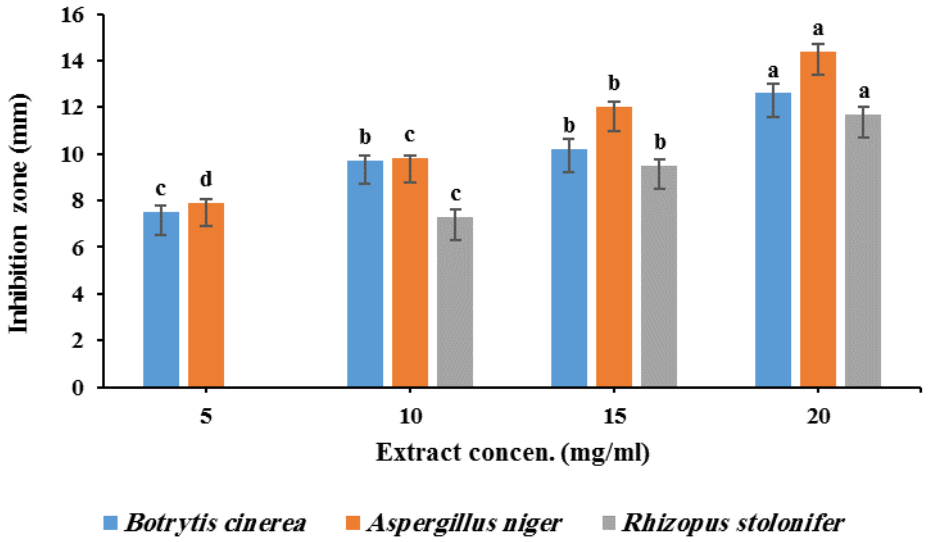


شکل ۲: فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره هیدروالکلی متکا.

Fig. 1: Antioxidant activity of *Ferula persica* extract.

نتایج فعالیت ضد قارچی عصاره هیدروالکلی متکا بر اساس روش دیسک دیفیوژن آگار در شکل ۳ گزارش شده است. اثر ضد قارچی وابسته به غلظت عصاره و نوع میکروارگانیسم بود. در غلظت ۵ mg/ml، عصاره فاقد اثر ضد قارچی بر قارچ *ریزوپوس*

استولونیفر بود. افزایش غلظت عصاره از ۵ mg/ml به ۲۰ mg/ml سبب افزایش معنادار قطر هاله عدم رشد از ۷/۷ mm به ۱۲/۹ mm گردید. در تمام غلظت‌های عصاره، سویه‌های *ریزوپوس استولونیفر* و *آسپرژیلوس نایجر* به ترتیب کمترین و بیشترین قطر هاله‌های عدم رشد را بخود اختصاص دادند؛ به این معنی که این دو سویه به ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین سویه‌های قارچی در برابر عصاره بودند. در غلظت ۲۰ mg/ml، قطر هاله عدم رشد برای سویه *ریزوپوس استولونیفر* برابر با ۱۱/۷ mm و برای *آسپرژیلوس نایجر* معادل ۱۴/۴ mm بود.

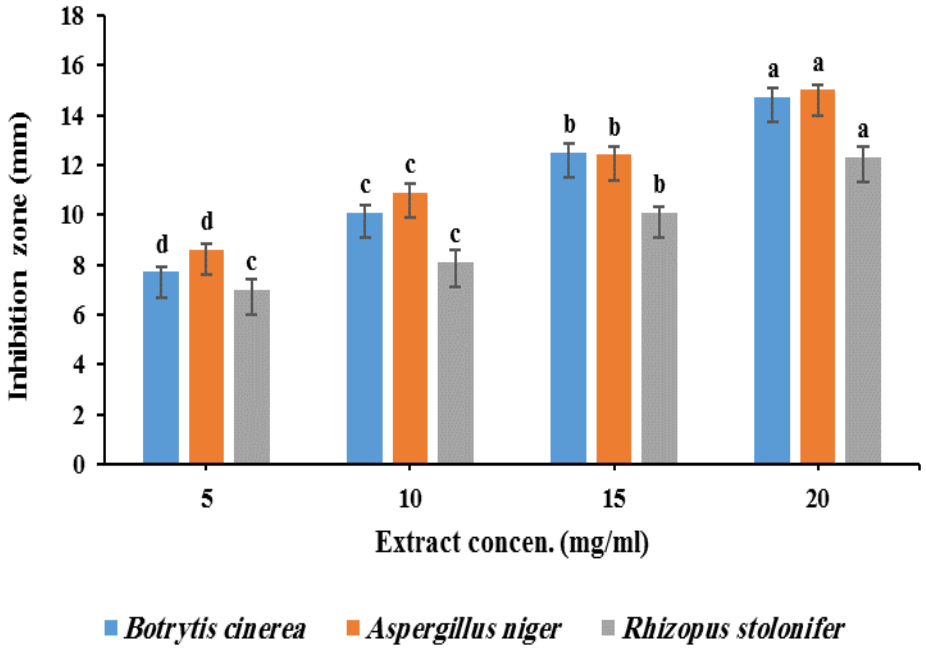


شکل ۳: فعالیت ضد قارچی عصاره هیدروالکلی متکا بر پایه روش دیسک دیفیوژن آگار.

Fig. 3: Antifungal activity of *Ferula persica* hydroalcoholic extract, based on disk diffusion agar.

یافته‌های اثر ضد قارچی عصاره هیدروالکلی متکا در برابر سویه‌های قارچی بر پایه روش ضدمیکروبی چاهک آگار در شکل ۴ ارائه شده است. افزایش غلظت عصاره منجر به افزایش معنی‌دار قطر هاله عدم رشد برای سویه‌های قارچی مورد مطالعه گردید. علاوه بر این، *آسپرژیلوس نایجر* با بالاترین قطر هاله عدم رشد، حساس‌ترین سویه نسبت به عصاره و *ریزوپوس استولونیفر* با کمترین قطر هاله عدم رشد، مقاوم‌ترین سویه قارچی در برابر عصاره بودند. همچنین لازم به ذکر است که قطر هاله عدم رشد در روش چاهک آگار بزرگ‌تر از روش دیسک دیفیوژن آگار بود که این حالت ناشی از تماس مستقیم عصاره با سویه‌های میکروبی در روش چاهک آگار می‌باشد؛ در حالیکه در روش دیسک دیفیوژن آگار، عصاره بایستی از دیسک عبور کند تا اثر ضدمیکروبی خود را نشان دهد (Alizadeh Behbahani *et al*., 2021; Barzegar *et al*., 2020; Ebrahimi Hemmati Kaykha *et al*., 2020; Yeganegi *et al*., 2018). مطابق نتایج حداقل غلظت مهارکنندگی عصاره هیدروالکلی متکا (جدول ۱)، قارچ‌های *بوتیریتس سینه‌را* و *ریزوپوس استولونیفر* در حضور غلظت ۴ mg/ml عصاره قادر به رشد بودند که پایداری این سویه‌های میکروبی نسبت به عصاره را نشان می‌دهد. اگرچه غلظت‌های بیشتر از ۲ mg/ml عصاره سبب جلوگیری از رشد سویه قارچی *آسپرژیلوس نایجر* گردید که بیانگر حساسیت این سویه در برابر عصاره هیدروالکلی متکا می‌باشد. رشد تمامی سویه‌های میکروبی

در حضور غلظت‌های بالاتر عصاره (بیشتر از ۶ mg/ml) متوقف گردید.



شکل ۴: فعالیت ضد قارچی عصاره هیدروالکلی متکا بر پایه روش چاهک آگار.

Fig. 4: Antifungal activity of *Ferula persica* hydroalcoholic extract, based on well diffusion agar.

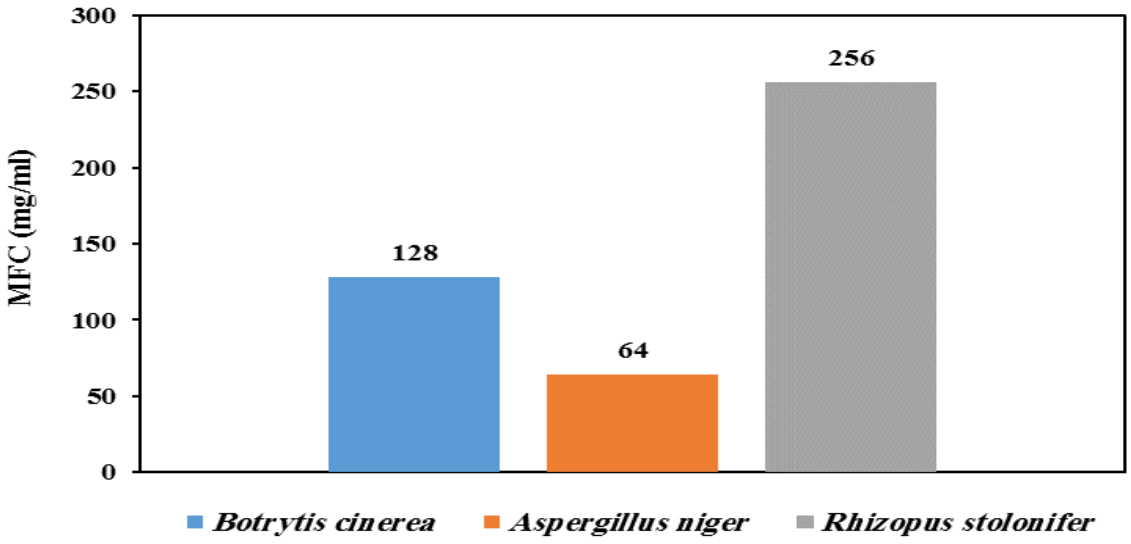
جدول ۱: نتایج حداقل غلظت مهارکنندگی رشد (MIC) عصاره هیدروالکلی متکا به روش ماکرودایلوشن براث بر قارچ‌های عامل فساد میوه توت‌فرنگی و انگور

Table 1: The results of minimum inhibitory concentration (MIC) of hydroalcoholic extract of *Ferula persica* on microorganisms tested, based on microdilution method.

Extract concentration (mg/ml)										
Control	512	256	128	64	32	16	6	4	2	میکروارگانیسم
-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	*Botrytis cinerea*
-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	*Aspergillus niger*
-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	*Rhizopus stolonifer*

+: رشد -: عدم رشد

نتایج اثر ضد قارچی عصاره مطابق روش حداقل غلظت کشندگی در شکل ۵ ارائه شده است. سویه‌های قارچی *آسپرژیلوس نایجر* و *ریزوپوس استولونیفر* به ترتیب با حداقل غلظت کشندگی ۶۴ mg/ml و ۲۵۶ mg/ml حساس‌ترین و مقاوم‌ترین سویه‌ها در برابر عصاره هیدروالکلی بودند که در راستای یافته‌های سایر روش‌های ضدمیکروبی ارائه شده در بخش‌های قبلی می‌باشد.



شکل ۵: فعالیت ضد قارچی عصاره هیدروالکلی متکا بر پایه روش حداقل غلظت کشندگی.

Fig. 3: Antifungal activity of *Ferula persica* hydroalcoholic extract, based on minimum fungicidal concentration (MFC).

تأثیر روش‌های استخراج (خیساندن، اولتراسوند و سوکسله) و قطبیت حلال (هگزان، اتیل استات، بوتانول، اتانول) بر محتویات فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ریشه و اندام هوایی متکا توسط Majidaee *et al* (2020) بررسی شده است. محتوای فنولی (به ترتیب ۱۲۳/۵ mg GAE/g، ۲۲۵/۳، ۱۴۵/۸ و ۱۳۹) و محتوای فلاونوئیدی (به ترتیب ۴۲/۵ mg QE/g، ۵۱/۷، ۵۰/۸ و ۴۰/۶) عصاره ریشه و محتوای فنولی (به ترتیب ۱۲۸/۳ mg GAE/g، ۱۹۴/۸، ۴۱۰/۵ و ۱۵۲/۵) و فلاونوئیدی (به ترتیب ۲۰۰/۰ mg QE/g، ۲۶۰/۸، ۳۲۴/۶ و ۱۴۰/۴) عصاره اندام هوایی متکا استخراج شده به ترتیب با حلال‌های هگزان، اتیل استات، بوتانول و متانول توسط این محققین گزارش گردید. در فعالیت مهار رادیکال DPPH، عصاره سوکسله اندام هوایی فعالیت بیشتری را نشان داد که تفاوت معنی‌داری با سایر عصاره‌ها داشت. عصاره متانولی اندام هوایی بالاترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی را از خود نشان داد. در سنجش توان کاهندگی، در مقایسه با سایر عصاره‌ها، عصاره‌های اولتراسونیک ریشه و عصاره به کمک سوکسله بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان دادند و عصاره متانولی اندام هوایی بیشترین فعالیت را در این آزمون بخود اختصاص داد (Majidaee *et al*., 2020). در مطالعه‌ای دیگر، برای استخراج ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی آزاد و متصل از متکا از روش خیساندن و استخراج به کمک اولتراسوند استفاده شد. نتایج نشان داد که عصاره (اتانولی) متکا به‌دست‌آمده در دامنه فراصوت ۷۵ درصد نسبت به عصاره‌های استخراج‌شده در دامنه فراصوت ۵۰ درصد و خیساندن دارای مقادیر بیشتری از فنول‌ها و ترکیبات فلاونوئیدی آزاد و متصل است. به دلیل فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالاتر عصاره متکا آزاد به دست آمده در دامنه فراصوت ۷۵ درصد نسبت به سایر عصاره‌های متکا، برای ارزیابی توانایی آنتی‌اکسیدانی آن به روغن سویا اضافه شد. عدد پراکسید، مقدار کربونیل، تعداد دی ان های مزدوج و پایداری اکسیداتیو روغن تحت فرآیند اکسیداسیون تسریع شده (۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت) مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های روغن حاوی ۴۰۰ ppm ترکیبات فنولی آزاد، پایداری شیمیایی و اکسیداتیو

به‌طور قابل‌توجهی در مقایسه با نمونه‌های روغن کنترل و ترکیب‌شده با TBHQ نشان دادند. این نتایج نشان داد که عصاره متکا می‌تواند به عنوان یک عامل زیست فعال طبیعی و جایگزینی عالی برای آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی در صنایع غذایی استفاده شود (Taghinia *et al*., 2019). محققان در تحقیقی فعالیت ضد باکتریایی کلروفرم و عصاره آبی ریشه متکا را ارزیابی کردند. در حالی که عصاره کلروفرمی فعالیت ضد باکتریایی نشان داد، عصاره آبی فاقد فعالیت ضدمیکروبی بود. این محققین در ادامه و تکمیل تحقیقات خود، جزء فعال آمبلی پرنین[2] را جداسازی و شناسایی نمودند. این کومارین با غلظت ۵۰۰ µg/ml بیشترین فعالیت خود را در برابر *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bacillus subtillis*)، *باسیلوس سرئوس* (*Bacillus cereus*)، *اشرشیا کلی* (*Escherichia coli*)، *کلبسیلا پونومونیا* (*Klebsiella ponumoniae*)، *سالمونلا تیفی* (*Salmonella typhy*)، *استافیلوکوکوس اورئوس* (*Staphylococcus aureus*) و *استافیلوکوکوس اپیدرمیلیس* (*Staphylococcus epidermilis*) نشان داد. آمبلی پرنین همچنین اثر ضد پیگمانتاسیون را روی *سراتیا مارسسنس* (*Serratia marcescens*) نشان داد (Shahverdi *et al*., 2005). در مطالعه ای دیگر، فعالیت ضد قارچی عصاره کلروفرمی و آبی ریشه متکا مطابق روش دیسک دیفیوژن آگار بررسی گردید. بر خلاف عصاره آبی، عصاره کلروفرمی فعالیت ضد قارچی در برابر قارچ‌های رشته‌ای *آسپرژیلوس نایجر*، *آسپرژیلوس فلاووس* (*Aspergillus flavus*)، *کاندیدا آلبیکنز* (*Candida albicans*) و *کریپتوکوکوس نئوفرمانس* (*Cryptococcus neoformans*) نشان داد. اجزای فعال به عنوان ترکیبات حاوی گوگرد مانند پرسیکا سولفید A و پرسیکا سولفید B در عصاره شناسایی شدند. پرسیکاسولفید A و پرسیکا سولفید B قوی‌ترین فعالیت ضد قارچی را با MIC های ≤ ۶۲/۵ µg/ml در برابر قارچ‌های رشته‌ای نشان دادند (Mirjani *et al*., 2005). در مطالعه‌ای دیگر مشخص گردید که عصاره و اسانس‌های گیاهی اثر ضد قارچی خود را احتمالاً از طریق ترکیبات زیست فعال با ماهیت آبگریز خود که قادر به نفوذ در میسلیوم قارچ و جلوگیری از رشد آن می‌باشند، بروز می‌دهند. همچنین، این ترکیبات قابلیت افزایش نفوذپذیری و تخریب غشاء و در نتیجه کاهش اندازه قارچ و اصلاح مورفولوژی سلولی آن را دارا می‌باشند (Rahmati-Joneidabad *et al*., 2021).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که عصاره هیدروالکلی متکا حاوی مقادیر قابل‌توجهی ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی می‌باشد که نقش بسیار مهمی در فعالیت رادیکال گیرندگی آن نشان دادند. علاوه بر این، فعالیت ضد قارچی عصاره متکا نسبت به سویه‌های قارچی مولد فساد در میوه توت‌فرنگی و انگور قابل‌توجه بود و *ریزوپوس استولونیفر* و *آسپرژیلوس نایجر* به ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین سویه‌های قارچی نسبت به عصاره هیدروالکلی متکا بودند. بطور کلی، عصاره متکا قابلیت استفاده بعنوان ترکیب زیست فعال جهت جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها و رشد سویه‌های قارچی پاتوژن در میوه‌ها و سبزی‌ها را دارا می‌باشد. با

[2] Umbelliprenin

اینحال، نیاز است که مطالعات تکمیلی بیشتری به منظور تعیین ترکیبات زیست فعال مسئول فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدقارچی عصاره متکا صورت گیرد.

تقدیر و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از طرح پژوهشی با کد ۱۴۰۰/۳۱ می‌باشد، لذا نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل حمایت‌های مادی و معنوی صمیمانه تشکر و قدردانی نمایند.

منابع

Alizadeh Behbahani, B. A., & Fooladi, A. A. I. (2018). Evaluation of phytochemical analysis and antimicrobial activities Allium essential oil against the growth of some microbial pathogens. *Microbial pathogenesis*, *114*, 299-303.

Alizadeh Behbahani, B. A., Noshad, M., & Falah, F. (2019). Study of chemical structure, antimicrobial, cytotoxic and mechanism of action of syzgium aromaticum essential oil on foodborne pathogens. *Potravinarstvo*, *13*(1).

Alizadeh Behbahani, B., Falah, F., Vasiee, A., & Tabatabaee Yazdi, F. (2021). Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a Lepidium perfoliatum seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil. *Food science & nutrition*, *9*(5), 2458-2467.

Alizadeh Behbahani, B., Jooyandeh, H., Falah, F., & Vasiee, A. (2020). Gamma-aminobutyric acid production by Lactobacillus brevis A3: Optimization of production, antioxidant potential, cell toxicity, and antimicrobial activity. *Food Science & Nutrition*, *8*(10), 5330-5339.

Alizadeh-Behbahani, B., Tabatabaei-Yazdi, F., Shahidi, F., & Mohebbi, M. (2012). Antimicrobial activity of Avicennia marina extracts ethanol, methanol & glycerin against Penicillium digitatum (citrus green mold). *Scientific Journal of Microbiology*, *1*(7), 147-151.

Banaeian, N., Omid, M., & Ahmadi, H. (2011). Energy and economic analysis of greenhouse strawberry production in Tehran province of Iran. *Energy Conversion and management*, *52*(2), 1020-1025.

Barzegar, H., Alizadeh-Behbahani, B., & Mehrnia, M. A. (2020). Quality retention and shelf life extension of fresh beef using Lepidium sativum seed mucilage-based edible coating containing Heracleum lasiopetalum essential oil: an experimental and modeling study. *Food Science and Biotechnology*, *29*(5), 717-728.

Ebrahimi Hemmati Kaykha, M., Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., & Noshad, M. (2020). Antimicrobial potential of Cordia myxa fruit on pathogenic bacteria: A study “in vitro” laboratory conditions. *Food Science and Technology 17*(101), 71-80.

Jadidi, M., Vafaei, A. A., Miladi Gorgi, H., Babaei, S., & Abady, Akram. (2010). The effect of Ferula Persica L Extracts, (Sakbinag) on symptoms of morphine withdrawal and sleeping time in mice. *Pajouhesh dar pezeshki*, *34*(4), 225-230. (In Persian)

Majidaee, E., Hosseyni Talei, S. R., Gholamnezhad, S., & Ebrahimzadeh, M. A. (2020). Comparing the Effect of Different Extraction Methods and the Role of Solvent Polarity on Total Phenolic and Flavonoid Contents and Antioxidant Activities of Ferula persica. *Journal of Mazandaran University of Medical Sciences*, *30*(188), 26-39.

Mehdinia Lichaei, B., Esmaeilzadeh Kenari, R., & Dinpanah, Gh. (2018). Extraction of phenolic compounds and tocopherols from Ferula Persica and evaluating the effect of the extract on the stability of sunflower seed oil as an alternative to the synthetic antioxidant. *Journal of Food Technology and Nutrition*. *15*(4), 81-90. (In Persian)

Mirjani, R., Shahverdi, A.-R., Iranshahi, M., Amin, G., & Shafiee, A. (2005). Identification of Antifungal Compounds from Ferula persica. var. persica. *Pharmaceutical biology, 43*(4), 293-295.

Mohammadi, A., Hashemi, M., & Hosseini, S. M. (2015). The control of Botrytis fruit rot in strawberry using combined treatments of Chitosan with Zataria multiflora or Cinnamomum zeylanicum essential oil. *Journal of Food Science and Technology, 52*(11), 7441-7448.

Namazi, P., Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., & Mehrnia, M. A. (2021). Evaluation of functional groups of bioactive compounds, antioxidant potential, total phenolic and total flavonoid content of red bell pepper extracts. *Iranian Journal of Food and Technology*, 18 (113), 301-311.

Rahmati Joneidabad, M., & Alizadeh Behbahani, B. (2021). Boswellia Sacra essential oil: Antioxidant activity and antifungal effect on some spoilage fungi causing strawberry rot. *Iranian Journal of Food and Technology*, *18*(114), 25-34. (In Persian)

Rahmati-Joneidabad, M., Alizade Behbahani, B., & Noshad, M. (2021). Antifungal effect of Satureja khuzestanica essential oil on Aspergillus niger, Botrytis cinerea, and Rhizopus stolonifer causing strawberry's rot and mold. *Food Science and Technology, 18*(115), 171-180.

Rahmati-Joneidabad, M., Alizadeh Behbahani, B. (2021). Identification of chemical compounds, antioxidant potential, and antifungal activity of *(Thymus daenensis)* essential oil against spoilage fungi causing apple rot. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 17(5), 691-700. (In Persian)

Salami, P., Ahmadi, H., & Keyhani, A. (2010a). Estimating the energy indices and profitability of strawberry production in Kamyaran zone of Iran. *Energy, 1*(1).

Salami, P., Ahmadi, H., Keyhani, A., & Sarsaifee, M. (2010b). Strawberry post-harvest energy losses in Iran. *Researcher, 2*(4), 67-73.

Shahverdi, A.-R., Iranshahi, M., Mirjani, R., Jamalifar, H., Amin, G., & Shafiee, A. (2005). Bioassay-guided isolation and identification of an antibacterial compound from Ferula persica var. persica roots. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences, 13*(1), 17-19.

Sosani Gharibvand, Z., Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., & Jooyandeh, H. (2020). Investigation of the functional groups of bioactive compounds, radical scavenging potential, antimicrobial activity and cytotoxic effect of Callistemon Citrinus aqueous extract on cell line HT29: A Laboratory Study. *JRUMS, 19* (5), 463-484.

Taghinia, P., Haddad Khodaparast, M. H., & Ahmadi, M. (2019). Free and bound phenolic and flavonoid compounds of Ferula persica obtained by different extraction methods and their antioxidant effects on stabilization of soybean oil. *Journal of Food Measurement and Characterization, 13*(4), 2980-2987.

Tanavar, H., Barzegar, H., Alizadeh Behbahani, B., & Mehrnia, M. (2020). Mentha pulegium essential oil: chemical composition, total phenolic and its cytotoxicity on cell line HT29. *Iranian Food Science and Technology Research Journal,* 16(5), 643-653. (In Persian)

Yeganegi, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Asili, J., Alizadeh Behbahani, B., & Beigbabaei, A. (2018). Equisetum telmateia extracts: Chemical compositions, antioxidant activity and antimicrobial effect on the growth of some pathogenic strain causing poisoning and infection. *Microbial pathogenesis, 116*, 62-67.