# بررسی ترکیبات مؤثره، محتوای فنول و فلاونوئید کل، اثر آنتی‌اکسیدانی و فعالیت ضد قارچی اسانس دارچین بر کپک‌های عامل فساد توت فرنگی

رامین تمجیدی[۱]، **مصطفی رحمتی جنیدآباد*[۲]** و محمدرضا زارع بوانی[۲]

**شماره صفحات**
**۱۵-۵**

۱) دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.
۲) استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران.

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۲۸ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۹/۱۳

**چکیده**

**اسانس دارچین توسط روش تقطیر با آب استخراج و ترکیب شیمیایی آن از طریق کروماتوگرافی گازی/طیف‌سنج جرمی شناسایی شد. محتوای فنول (بر پایه روش فولین-سیوکالتو)، فلاونوئید کل (مطابق روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم)، خواص آنتی‌اکسیدانی (بر پایه مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و ABTS و جلوگیری از زوال رنگ بتا-کاروتن) و اثر ضد قارچی آن در برابر قارچ‌های *آسپرژیلوس نایجر*، *ریزوپوس استولونیفر* و *بوتریتیس سینه‌را* مطابق روش‌های دیسک دیفیوژن آگار، چاهک آگار، حداقل غلظت مهارکنندگی رشد و حداقل غلظت قارچ‌کشی مورد بررسی قرار گرفت. سینامالدئید با ۷۳/۳ ٪، اصلی‌ترین ترکیب تشکیل دهنده اسانس بود. اسانس حاوی ۱۰۲/۳۳ mg GAE/g فنول کل و ۳۲/۱۲ mg QE/g فلاونوئید کل بود. علاوه بر این، اسانس قادر به مهار رادیکال‌های آزاد DPPH (۶۸/۹۰ ٪) و ABTS (۷۲/۷۰ ٪) و جلوگیری از زوال رنگ بتا-کاروتن (۵۵/۳۷ ٪) بود. نتایج فعالیت ضد قارچی نشان داد که *ریزوپوس استولونیفر* و *بوتریتیس سینه‌را* به ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین سویه‌های قارچی نسبت به اسانس دارچین بودند. اسانس دارچین دارای منشأ طبیعی می‌باشد و بنابراین می‌تواند به‌عنوان نگهدارنده طبیعی جهت افزایش عمر نگهداری محصولات باغبانی مورد استفاده قرار گیرد.**

**واژه‌های کلیدی:** سینامالدئید، نگهدارنده طبیعی، کروماتوگرافی گازی/طیف‌سنج جرمی و اثر آنتی‌اکسیدانی.

**مقدمه**

بیماری‌های ناشی از غذا یک مشکل بهداشت عمومی رو به رشد در سراسر جهان است که منجر به عوارض، مرگ‌ومیر و هزینه‌های اقتصادی قابل‌توجهی می‌شود. بیماری‌های ناشی از غذا طیف وسیعی از بیماری‌ها از جمله بیماری‌های عفونی ناشی از میکروارگانیسم‌ها و بیماری‌های سمی که عمدتاً توسط عوامل شیمیایی و سمی ایجاد می‌شوند را در بر می‌گیرد. سازمان جهانی بهداشت تخمین زده است که در سال ۲۰۱۰ حدود ۶۰۰ میلیون یا تقریباً ۱ نفر از هر ۱۰ نفر در جهان از بیماری‌های ناشی از غذا رنج می‌برند (Li *et al*., 2020). این رخداد مهم تهدید ناشی از مواد غذایی مرتبط با پیامدهای اجتماعی و اقتصادی جدید، منجر به نیاز فوری به غذای ایمن‌تر از طریق توسعه عوامل نگهدارنده جدید و غیر سمی با خواص ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی مهم می‌شود. از این نظر، مواد شیمیایی مصنوعی، که معمولاً برای کنترل سویه پاتوژن استفاده می‌شوند، دغدغه‌های جدی مربوط به سلامت انسان را ایجاد می‌کنند (Falleh *et al*., 2019). در نتیجه، استفاده از نگهدارنده های طبیعی و ایمن‌تر در حال افزایش است که باعث می‌شود غذا تصویری طبیعی یا ارگانیک داشته باشد. در این راستا، توجه ویژه بر روی کاربرد اسانس‌های گیاهی به عنوان نگهدارنده مواد غذایی متمرکز شده است (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020; Barzegar *et al*., 2020).

اسانس‌ها مایعات فراری هستند که از قسمت‌های مختلف گیاهان معطر مانند پوست، دانه‌ها، گل‌ها، پوست، میوه، ریشه، برگ، چوب، میوه‌ها و گیاهان کامل استخراج می‌شوند. از نظر شیمیایی، اسانس‌ها مخلوطی غنی از اجزای شیمیایی زیست فعال متعددی مانند ترپن‌ها، ترپنوئیدها و فنولیک ها هستند. این ترکیبات زیست فعال در سراسر جهان به دلیل فعالیت‌های بیولوژیکی اثبات شده خود از جمله خواص ضد میکروبی، ضد قارچی، آنتی‌اکسیدانی، ضد ویروسی، ضد قارچی و ضد انگلی شناخته شده‌اند (Falleh *et al*., 2020).

دارچین با نام علمی *Cinnamomum zeylanicum* از خانواده *Lauraceae* و سرده *Cinnamomum* است که از حدود ۲۵۰ گونه تشکیل شده است و به دلیل فعالیت‌های ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی و ضد سرطانی در صنایع غذایی، چاشنی‌ها، آرایشی و بهداشتی و صنایع پزشکی کاربرد دارد (Zhang *et al*., 2016). دارچین، مانند سایر گیاهان، دارای طیف گسترده‌ای از متابولیت‌های ثانویه است که خواص بیولوژیکی از خود نشان می‌دهند. این ترکیبات شامل سینامالدئید، سینامات، اسید سینامیک و طیف گسترده‌ای از اسانس‌ها، مانند ترانس سینامالدئید، سینامیل استات، اوژنول، بورنئول، کامفور، اکسید کاریوفیلن، کاریوفیلن، بورنیل استات، نرولیدول، ترپینئول، ترپینولن و تائوژن می‌باشند (Vasconcelos *et al*., 2018). سینامالدئید (۵۵-۷۸ ٪) ترکیب اصلی اسانس دارچین است که از پوست استخراج می‌شود، درحالی‌که اوژنول (۵۹-۷۸ ٪) ترکیب اصلی اسانس استخراج شده از برگ دارچین است (Ali *et al*., 2021). فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ضدمیکروبی اسانس دارچین و ترکیبات

تشکیل دهنده آن در مطالعات مختلف نشان داده شده است (El Atki *et al*., 2019; Pongsumpun *et al*., 2020; Mahdi *et al*., 2021).

با توجه به ویژگی‌های بیولوژیکی دارچین، این مطالعه با هدف استخراج اسانس دارچین و بررسی ترکیبات تشکیل دهنده، محتوای فنول و فلاونوئید کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و اثر ضد قارچی آن در برابر سویه‌های قارچی پاتوژن انجام گردید.

## مواد و روش‌ها

### مواد

دارچین از عطاری در شهر اهواز خریداری شد و تمامی معرف‌ها و مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش دارای درجه آزمایشگاهی بودند.

### استخراج اسانس دارچین

پوست دارچین برای جداسازی اسانس آن تحت روش استخراج تقطیر با آب قرار گرفت. پوست خشک (۲۰ gr) به دستگاه کلونجر منتقل شد و فرآیند استخراج به مدت ۳ hr انجام شد. اسانس حاصل در ویال‌های شیشه‌ای تمیز جمع‌آوری شد، توسط سولفات سدیم بی‌آب خشک و تا زمان آنالیز در دمای ۴ °C نگهداری گردید (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020).

### ترکیب شیمیایی اسانس

دستگاه کروماتوگرافی گازی متصل به طیف‌سنج جرمی (TRACE MS، Thermo Finnigan) با یک ستون مویینه DB-5 (۳۰ m × ۰/۲۵ mm؛ با ضخامت فاز سکون برابر با ۰/۲۵ µm) برای شناسایی و تعیین مقدار ترکیبات اسانس دارچین مورد استفاده قرار گرفت. دمای ستون از ۴۰ °C به ۲۵۰ °C با نرخ گرمایش ۲/۵ $°C.min^{-1}$ افزایش یافت. هلیوم به‌عنوان گاز حامل استفاده شد و انرژی یونیزاسیون ۷۰ eV بود. شاخص‌های بازداری و طیف جرمی اجزای تشکیل‌دهنده اسانس با داده‌های منتشر شده در پایگاه علمی مقایسه شد و سپس شاخص‌های بازداری با استفاده از سری همولوگ شاخص‌های آلکان ($C_8$-$C_{20}$) محاسبه گردید (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020).

### میزان فنول و فلاونوئید کل

محتوای فنول و فلاونوئید کل اسانس بر اساس روش توصیف شده توسط برزگر و همکاران (Barzegar *et al*., 2020) اندازه‌گیری شد. محلول اسانس (۰/۱ ml؛ ۰/۱ $mg.ml^{-1}$) یا اسید گالیک (۰/۱ ml؛ ۰/۵ - ۵ $mg.ml^{-1}$) با معرف فولین-سیوکالتیو (۱ ml؛ ۱۰ v/v٪) به مدت ۵ min همزده شد. سپس ۰/۳ ml $Na_2CO_3$ (۱۰ v/v٪) اضافه و محلول به مدت ۲ hr در دمای محیط نگهداری و در نهایت جذب آن در طول‌موج ۷۵۶ nm ثبت شد. میزان فنول کل اسانس بصورت میلی‌گرم معادل اسید گالیک در هر گرم اسانس (mg GAE/g) بیان گردید.

به منظور اندازه‌گیری محتوای فلاونوئید کل، ۰/۱ ml اسانس ($0/1\ mg.ml^{-1}$) یا محلول کوئرستین ($0-0/5\ mg.ml^{-1}$) به محلول $NaNO_2$ (۰/۳ ml؛ ۵ w/v ٪) اضافه شد. سپس محلول به‌دست‌آمده به مدت ۵ min همزده شده و با ۰/۳ ml $AlCl_3$ (۱۰ w/v ٪) شارژ گردید. محلول به مدت ۶ min همزده شده و سپس ۲ ml محلول NaOH (یک مولار) به آن اضافه و جذب در طول‌موج ۵۱۰ nm قرائت گردید. محتوای فلاونوئید کل به صورت میلی‌گرم معادل کوئرستین در هر گرم اسانس (mg QE/g) بیان شد.

**فعالیت آنتی‌اکسیدانی**

از روش‌های مهار رادیکال آزاد DPPH، مهار رادیکال آزاد ABTS و جلوگیری از زوال رنگ بتا-کاروتن جهت تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس دارچین استفاده گردید.

در روش مهار رادیکال آزاد DPPH، حجم ۳۷/۵ µl از اسانس یا متانول (نمونه شاهد) با ۲ ml محلول متانولی DPPH ($10^{-4}$ مولار) مخلوط گردید. نمونه‌ها به مدت ۲۰ min در تاریکی نگهداری شدند و سپس جذب آنها (As) در طول‌موج ۵۱۷ nm در برابر متانول (Ac) اندازه‌گیری شد. از رابطه ۱ برای محاسبه فعالیت مهار رادیکال DPPH اسانس استفاده شد (Smeriglio *et al*., 2017):

رابطه ۱: $$\text{Inhibition (\%)} = \left(1-\frac{As}{Ac}\right)\times 100$$

در روش مهار رادیکال آزاد ABTS، حجم‌های یکسانی از محلول ۲/۴۵ میلی‌مولار پرسولفات پتاسیم و ۷ میلی‌مولار ABTS مخلوط و محلول حاصل در دمای اتاق در یک مکان تاریک به مدت ۱۶ hr نگهداری شد تا کاتیون‌های رادیکال ABTS تولید شوند. پس از آن، متانول به محلول رادیکال ABTS اضافه شد تا به جذب ۰/۲ ± ۰/۷ در طول‌موج ۷۳۴ nm برسد. سپس ۳/۹ ml از محلول رادیکال ABTS با ۰/۱ ml اسانس (As) یا متانول (Ac) مخلوط شد و پس از نگهداری در دمای اتاق به مدت ۶ min، جذب آن در ۷۳۴ nm در برابر متانول به‌عنوان شاهد ثبت گردید. فعالیت مهار رادیکال آزاد ABTS اسانس در نهایت از رابطه ۲ زیر تعیین شد (Shan *et al*., 2005):

رابطه ۲: $$\text{Inhibition (\%)} = \left(1-\frac{As}{Ac}\right)\times 100$$

در آزمون جلوگیری از زوال رنگ بتا-کاروتن، ۱ ml محلول بتا-کاروتن (۲ mg بتاکاروتن در کلروفرم) با Tween 40 (۲۰۰ mg) و اسید لینولئیک (۲۰ mg) مخلوط شد. کلروفرم از طریق خشک کردن مخلوط تحت خلأ در دمای ۴۰ °C تبخیر شد و سپس ۵۰ ml آب خالص اکسیژن‌دار به آن اضافه گردید. پس از آن، محلول همزده شد تا امولسیون اسید لینولئیک/بتا-کاروتن تشکیل شود و ۵ ml از آن متعاقباً با ۲۰۰ µl اسانس ترکیب شد. مخلوط حاصل به مدت ۱۲۰ min در حمام آب گرم حرارت داده شد و سپس جذب آن در ۴۷۰ nm ($AS_{120}$) ثبت شد. نمونه شاهد نیز طبق همین روش تهیه شد، اما به جای

اسانس از متانول استفاده شد. جذب نمونه شاهد نیز در طول ۴۷۰ nm قبل ($AC_0$) و بعد از ۱۲۰ nm ($AC_{120}$) زمان گرمخانه گذاری ثبت گردید. سپس فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Ribeiro-Santos *et al*., 2017):

رابطه ۳:

$$\text{Inhibition (\%)} = \left(\frac{AS_{120} - AC_{120}}{AC_0 - AC_{120}}\right) \times 100$$

**فعالیت ضد قارچی**

فعالیت ضد قارچی اسانس دارچین در برابر قارچ‌های *آسپرژیلوس نایجر*، *ریزوپوس استولونیفر* و *بوتریتیس سینه‌را* مطابق روش‌های دیسک دیفیوژن آگار، چاهک آگار، حداقل غلظت مهارکنندگی رشد و حداقل غلظت قارچ‌کشی بررسی گردید (Rahmati-Joneidabad *et al*., 2021).

**دیسک دیفیوژن آگار**

در این آزمون، سویه‌های قارچی روی سطح محیط کشت سابروز دکستروز آگار کشت سطحی داده شدند. در ادامه، دیسک‌های کاغذی با قطر مشخص (۶/۲ mm) با ۲۰ µl اسانس دارچین آغشته و سپس روی سطح محیط کشت تثبیت شدند. گرمخانه گذاری محیط کشت در دمای ۲۷ °C به مدت ۷۲ hr انجام شد و سپس قطر هاله عدم رشد اطراف دیسک اندازه‌گیری و بعنوان فعالیت ضد قارچی اسانس گزارش گردید.

**چاهک آگار**

سویه‌های قارچی پاتوژن مورد بررسی روی محیط کشت سابروز دکستروز آگار کشت سطحی داده شدند. سپس، چاهک‌هایی با قطر یکسان روی محیط کشت ایجاد شد و ۲۰ µl اسانس دارچین در هر چاهک ریخته شد. بعد از گرمخانه گذاری محیط کشت (دمای ۲۷ °C به مدت ۷۲ hr)، چاهک‌ها از نظر قطر هاله عدم رشد مورد بررسی قرار گرفتند و قطر هاله اطراف هر چاهک ثبت گردید.

**حداقل غلظت مهارکنندگی و کشندگی**

ابتدا فیلترهای سرسرنگی ۰/۴۵ µm جهت استریل کردن اسانس دارچین مورد استفاده قرار گرفتند. در ادامه، رقت‌های متوالی از اسانس درون لوله‌های آزمایش تهیه گردید و سویه‌های میکروبی به هر رقت اضافه شدند. گرمخانه گذاری مطابق آزمون چاهک آگار صورت پذیرفت و لوله‌های آزمایش از نظر رشد میکروبی (کدورت) ارزیابی شدند. سپس، اولین غلظتی از اسانس دارچین که منجر به جلوگیری از رشد سویه‌ها گردید (عدم مشاهده کدورت)، حداقل غلظت مهارکنندگی اسانس در نظر گرفته شد. در ادامه، محتوای لوله آزمایش فاقد کدورت روی محیط کشت سابروز دکستروز آگار به منظور تعیین حداقل غلظت کشندگی اسانس کشت داده شد. بعد از گرمخانه گذاری، اولین غلظتی از اسانس که از تشکیل کلنی میکروبی در محیط جلوگیری نمود به‌عنوان حداقل غلظت کشندگی در نظر گرفته شد.

**آنالیز آماری**

تمامی آزمایش‌ها در سه تکرار انجام شد. نتایج با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۸) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای تعیین اختلاف بین میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد ($P < ۰/۰۵$).

**نتایج و بحث**

**ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های بیولوژیکی اسانس دارچین**

ترکیبات شیمیایی اسانس دارچین در جدول ۱ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، سینامالدئید با ۷۳/۳ ٪، اصلی‌ترین ترکیب تشکیل دهنده اسانس بود و بعد از آن، لینانول (۴/۴ ٪)، بتا-کاریوفیلن (۳/۲ ٪)، اوکالیپتول (۲/۹ ٪)، اوژنول (۲/۳ ٪) و پارا-سیمن (۲/۱ ٪) ترکیبات عمده اسانس را تشکیل دادند. یافته‌های این پژوهش هماهنگ با نتایج سایر مطالعات می‌باشند؛ بطوریکه گزارش شده است سینامالدئید ترکیب اصلی اسانس دارچین است (Gende *et al*., 2008; Unlu *et al*., 2010).

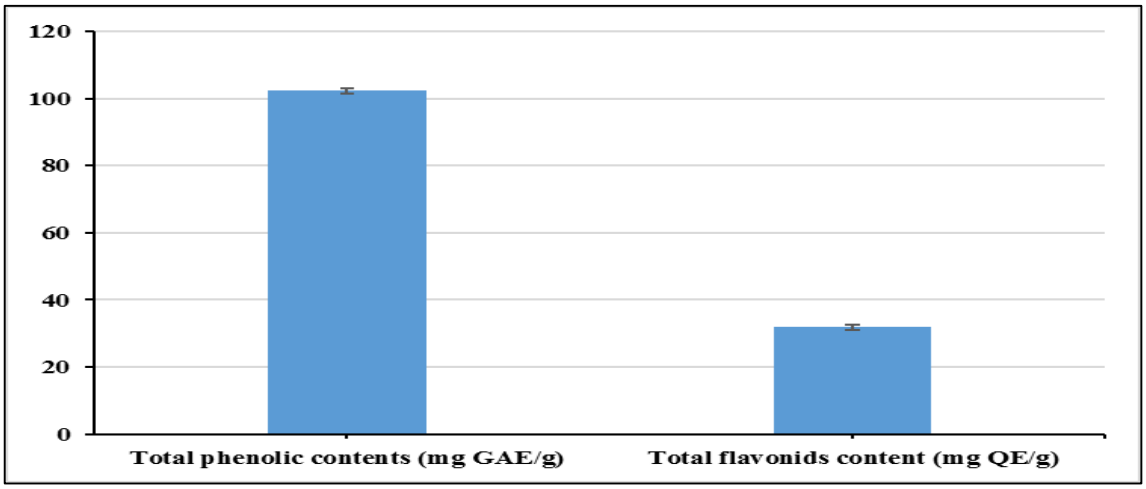
محتوای فنول و فلاونوئید کل اسانس در شکل ۱ گزارش شده است. اسانس حاوی ۱۰۲/۳۳ ± ۰/۷۶ mg GAE/g فنول کل و ۳۲/۱۲ ± ۰/۵۳ mg QE/g فلاونوئید کل بود. در راستای نتایج این پژوهش، برنارد و همکاران (Bernard *et al*., 2014) گزارش نمودند که برگ (۲۴/۲۸ mg GAE/g) و سپس دانه (۵/۵۴۷ mg GAE/g) بالاترین میزان فلاونوئید کل را نشان داد. علاوه بر این، بیشترین مقدار فنول کل در ریشه (۰/۲۲ mg GAE/g) و کمترین میزان در دانه (۰/۰۵۹ mg GAE/g) دارچین یافت شد. ولیزاده و همکاران (Valizadeh *et al*., 2015) و پراکاش و همکاران (Prakash *et al*., 2007) نشان دادند که اسانس دارچین به ترتیب حاوی ۵۳/۷۴ mg GAE/g و ۴۸/۹۰ است. تفاوت در نتایج ارائه شده نشان می‌دهد که ترکیب و کیفیت اسانس‌های حاصل از منابع گیاهی به شدت تحت تأثیر سن و واریته گیاه، شرایط جغرافیایی، روش‌های خشک‌کردن و روش‌های استخراج (اسانس‌ها، روغن‌های فرار گیاهی هستند با توجه به این که برای استخراج فلاونوئیدها معمولا از روش عصاره‌گیری با حلال استفاده می شود بنابراین میزان فلاونوئید در اسانس گیاهی پایین می‌باشد) مورد استفاده برای جداسازی اسانس قرار دارد (Alizadeh Behbahani and Fooladi, 2018; Alizadeh Behbahani *et al*., 2019). نتایج فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که اسانس قادر به مهار رادیکال‌های آزاد DPPH (۶۸/۹۰ ± ۰/۴۸ ٪) و ABTS (۷۲/۷۰ ± ۰/۴۶ ٪) و جلوگیری از زوال رنگ بتا-کاروتن (۵۵/۳۷ ± ۰/۳۵ ٪) می‌باشد (شکل ۲). نتایج نشان‌دهنده توانایی قوی اسانس برای خنثی کردن رادیکال‌های آزاد از طریق مکانیسم‌های اهدا اتم هیدروژن یا الکترون است. آبسکرا و همکاران (Abeysekera *et al*., 2013) و ربیرو-سانتوس و همکاران (Ribeiro-Santos *et al*., 2017) نتایج مشابهی گزارش نمودند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس عمدتاً به ترکیبات فنولی و دیگر ترکیبات زیست فعال آن نسبت داده می‌شود. به‌عنوان مثال، فعالیت آنتی‌اکسیدانی

اسانس دارچین و ترکیبات اصلی آن (سینامالدئید، آلفا-پینن، اوژنول، بتا-کاریوفیلن و اکالیپتول) در منابع گزارش شده است (Alizadeh Behbahani *et al*., 2020; Ribeiro-Santos *et al*., 2017).

**جدول ۱) ترکیبات شیمیایی اسانس دارچین**

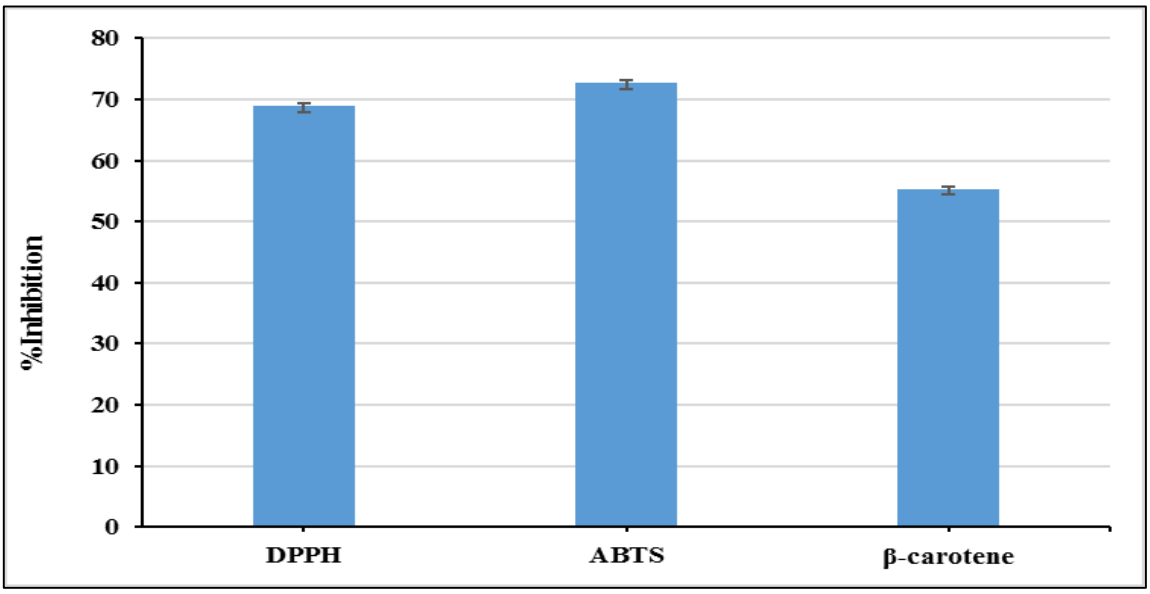
**Table 1) Chemical compounds of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil**

| Compounds | Retention time (min) | % |
|---|---|---|
| α-Pinene | 5.59 | 1.7 |
| *p*-Cymene | 7.76 | 2.1 |
| Camphene | 7.88 | 0.3 |
| Limonene | 7.96 | 1.5 |
| Eucalyptol | 8.11 | 2.9 |
| γ-Terpinene | 8.73 | 0.2 |
| Tolualdehyde | 9.03 | 0.4 |
| Linalool | 9.79 | 4.4 |
| **Cinnamaldehyde** | 15.16 | **73.3** |
| α-terpinyl acetate | 16.10 | 0.6 |
| Eugenol | 16.88 | 2.3 |
| β-Caryophyllene | 18.55 | 3.2 |
| α-Humulene | 19.45 | 2.1 |
| δ-cadinene | 21.00 | 1.9 |
| *trans*-Calamenene | 21.11 | 0.5 |
| Benzyl Benzoate | 26.88 | 0.4 |




**شکل ۱) محتوای فنول و فلاونوئید کل اسانس دارچین.**

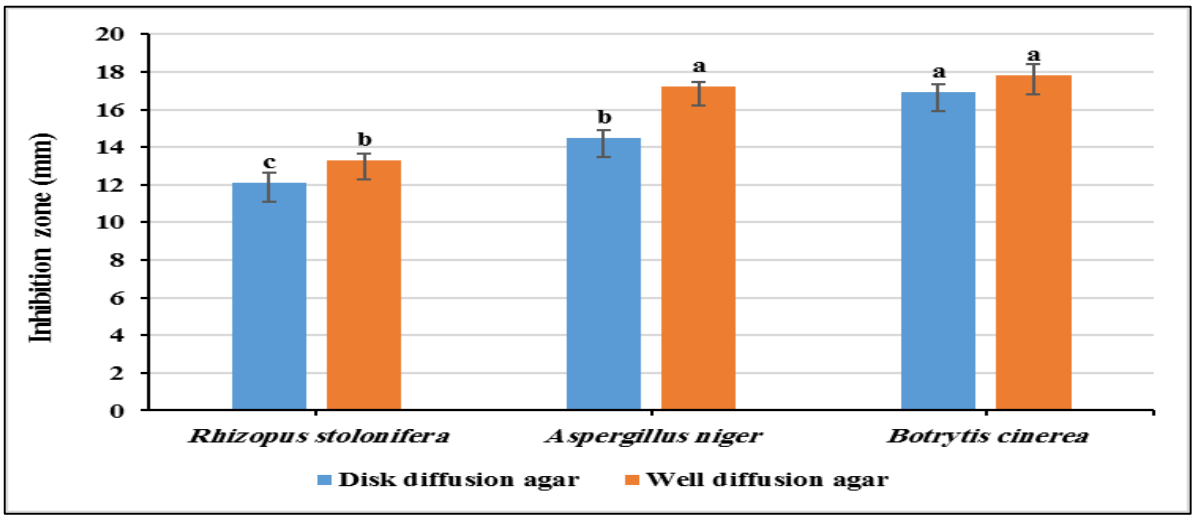
**Figure 1) Total phenol and flavonoid contents of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil**.




**شکل ۲) فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس دارچین.**

**Figure 2) Antioxidant activity of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil.**

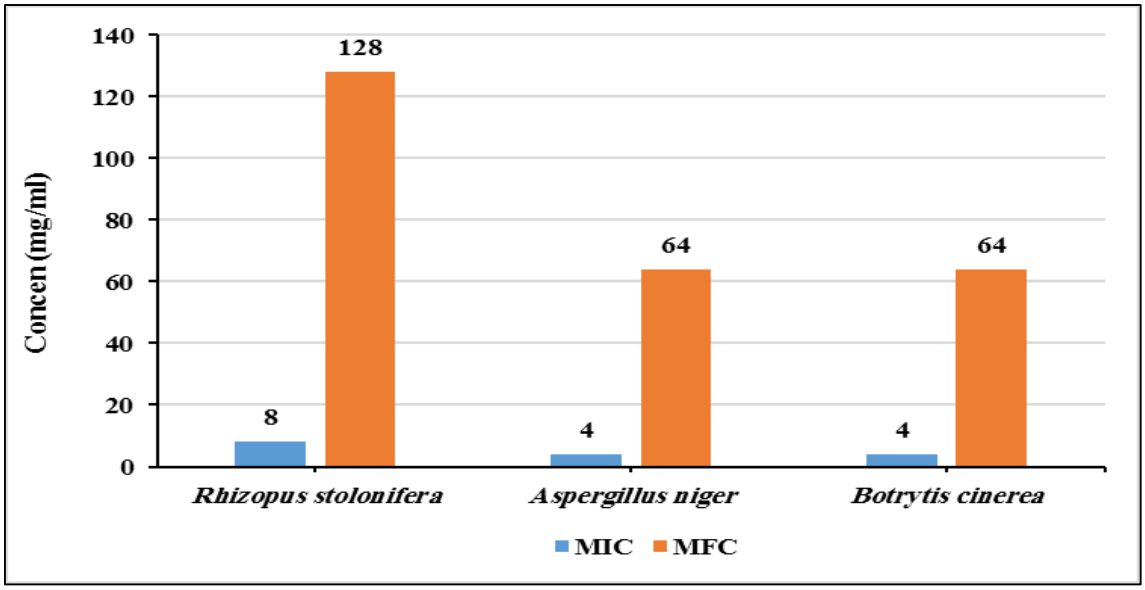
مطابق نتایج فعالیت ضد قارچی اسانس بر اساس روش‌های دیسک دیفیوژن آگار و چاهک آگار، *ریزوپوس استولونیفر* و *بوتریتیس سینه‌را* به ترتیب با کمترین (۱۲/۱۰ mm و ۱۳/۳۰) و بالاترین (۱۶/۹۰ mm و ۱۷/۸۰) قطر هاله عدم رشد، مقاوم‌ترین و حساس‌ترین سویه‌های قارچی نسبت به اسانس دارچین بودند (شکل ۳). علاوه بر این، مشاهده گردید که قطر هاله عدم رشد در آزمون چاهک آگار بزرگ‌تر از روش دیسک دیفیوژن آگار می‌باشد. سویه‌های قارچی در روش چاهک آگار در تماس مستقیم با اسانس هستند، اما سرعت انتشار عامل ضدمیکروبی از سطوح دیسک به محیط، اثر بازدارندگی آن را در آزمون دیسک دیفیوژن آگار تعیین می‌کند (Yeganegi *et al*., 2018; Zanganeh *et al*., 2021).




**شکل ۳) فعالیت ضد قارچی اسانس دارچین بر اساس روش‌های دیسک دیفیوژن آگار و چاهک آگار.**

**Figure 3 )Antifungal activity of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil, based on disk diffusion agar and well diffusion agar methods.**

شکل ۴، نتایج حداقل غلظت مهارکنندگی رشد و حداقل غلظت کشندگی اسانس دارچین در برابر سویه‌های قارچی را نشان می‌دهد. حداقل غلظت مهارکنندگی رشد اسانس برای سویه‌های *ریزوپوس استولونیفر*، *آسپرژیلوس نایجر* و *بوتریتیس سینه‌را* به ترتیب برابر با $mg.ml^{-1}$ ۸، ۴ و ۴ بود. حداقل غلظت کشندگی برای سویه‌های فوق بالاتر بود و به ترتیب $mg.ml^{-1}$ ۱۲۸، ۶۴ و ۶۴ مشاهده گردید. فعالیت ضد قارچی اسانس دارچین عمدتاً ناشی از سینامالدئید می‌باشد؛ بطوریکه گزارش شده است این ترکیب نقش ضد قارچی و ضد باکتریایی خود را از طریق مهار تشکیل آنزیم‌های ضروری و/یا ایجاد آسیب شدید به دیواره سلولی ایفا می‌کند (Unlu *et al*., 2010). علاوه بر این، گزارش شده است که به دلیل ماهیت آبگریز، اسانس به آسانی جذب میسلیوم قارچی می‌شود و از این طریق از رشد آن ممانعت به عمل می‌آورد (Rahmati-Joneidabad *et al*., 2021; Rahmati-Joneidabad and Alizadeh Behbahani, 2021).




**شکل ۴) فعالیت ضد قارچی اسانس دارچین بر اساس روش‌های حداقل غلظت مهارکنندگی و کشندگی.**

**Figure 4 )Antifungal activity of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil, based on minimum inhibitory concentration (MIC) and minimum fungicidal concentration (MFC) methods.**

## نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که اسانس دارچین دارای ویژگی‌های آنتی‌اکسیدانی و ضد قارچی قابل‌توجهی است. فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس‌ها عمدتاً به ترکیبات فنولی و دیگر ترکیبات زیست فعال آن نسبت داده می‌شود. نتایج کرماتوگرافی گازی /طیف سنج جرمی نشان داد که سینامالدئید با میزان ۷۳/۳ درصد ترکیب اصلی تشکیل دهنده اسانس دارچین می‌باشد. از آنجایی که سینامالدئید یک ترکیب فنیل پروپانوئید می‌باشد بنابراین فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس دارچین را نیز می‌توان به این ترکیب مرتبط دانست. بنابراین، اسانس دارچین می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین طبیعی برای آنتی‌اکسیدان و ضد قارچ‌های سنتزی در فناوری‌های نگهداری مواد غذایی به منظور بهبود پایداری اکسایشی و میکروبی میوه توت‌فرنگی استفاده گردد. علاوه بر این، ارزیابی اثربخشی اسانس دارچین و پوشش خوراکی بر سایر محصولات زراعی در مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود. بطور کلی، به

دلیل منشأ طبیعی و زیست سازگار بودن، اسانس دارچین می‌تواند برای بهبود ایمنی و نگهداری غذا و میوه‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

## تقدیر و تشکر

مقاله حاضر مستخرج از پایان نامه کارشناسی ارشد 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

Abeysekera, W., Premakumara, G., and Ratnasooriya, W. 2013. In vitro antioxidant properties of leaf and bark extracts of ceylon cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume). *Tropical Agricultural Research 24*(2): 128-138.

Ali, A., Ponnampalam, E. N., Pushpakumara, G., Cottrell, J. J., Suleria, H. A., & Dunshea, F. R. (2021). Cinnamon: A natural feed additive for poultry health and production—A review. *Animals*, *11*(7), 2026.

Alizadeh Behbahani, B., and 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., Falah, F., Lavi Arab, F., Vasiee, M., and Tabatabaee Yazdi, F. 2020. Chemical Composition and Antioxidant, Antimicrobial, and Antiproliferative Activities of *Cinnamomum zeylanicum* Bark Essential Oil. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine 2020*: 5190603.

Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., and Falah, F. 2019. STUDY OF CHEMICAL STRUCTURE, ANTIMICROBIAL, CYTOTOXIC AND MECHANISM OF ACTION OF *SYZYGIUM AROMATICUM* ESSENTIAL OIL ON FOODBORNE PATHOGENS. *Potravinarstvo 13*(1): 875-883.

Alizadeh Behbahani, B., Noshad, M., and Jooyandeh, H. 2020. Improving oxidative and microbial stability of beef using Shahri Balangu seed mucilage loaded with Cumin essential oil as a bioactive edible coating. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology 24*: 101563.

Barzegar, H., Behbahani, B. A., and 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.

Bernard, D., Asare, I. K ,.Ofosu, D. O., Daniel, G. A., Elom, S. A., and Sandra, A. 2014. The effect of different drying methods on the phytochemicals and radical scavenging activity of *Ceylon cinnamon* (*Cinnamomum zeylanicum*) plant parts. *European Journal of Medicinal Plants* 4(11): 1324-1335.

El Atki, Y., Aouam, I., El Kamari, F., Taroq, A., Nayme, K., Timinouni, M., ... & Abdellaoui, A. (2019). Antibacterial activity of cinnamon essential oils and their synergistic potential with antibiotics. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology & Research*, *10*(2), 63.

Falleh, H., Ben Jemaa, M., Djebali, K., Abid, S., Saada, M., & Ksouri, R. (2019). Application of the mixture design for optimum antimicrobial activity: Combined treatment of Syzygium aromaticum, Cinnamomum zeylanicum, Myrtus communis, and Lavandula stoechas essential oils against Escherichia coli. *Journal of Food Processing and Preservation*, *43*(12), e14257.

Falleh, H., Jemaa, M. B., Saada, M., & Ksouri, R. (2020). Essential oils: A promising eco-friendly food preservative. *Food Chemistry*, *330*, 127268.

Gende, L. B ,.Floris, I., Fritz, R., and Eguaras, M. J. 2008. Antimicrobial activity of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oil and its main components against *Paenibacillus larvae* from Argentine. *Bulletin of insectology 61*(1): 1-4.

Li, W., Pires, S. M., Liu, Z., Ma, X., Liang, J., Jiang, Y., ... & Guo, Y. (2020). Surveillance of foodborne disease outbreaks in China, 2003–2017. *Food Control*, *118*, 107359.

Mahdi, A. A., Al-Maqtari, Q. A., Mohammed, J. K., Al-Ansi, W., Cui, H., & Lin, L. (2021). Enhancement of antioxidant activity, antifungal activity, and oxidation stability of Citrus reticulata essential oil nanocapsules by clove and cinnamon essential oils. *Food Bioscience*, *43*, 101226.

Pongsumpun, P., Iwamoto, S., & Siripatrawan, U. (2020). Response surface methodology for optimization of cinnamon essential oil nanoemulsion with improved stability and antifungal activity. *Ultrasonics sonochemistry*, *60*, 104604.

Prakash, D., Suri, S., Upadhyay, G., and Singh, B. N. 2007. Total phenol, antioxidant and free radical scavenging activities of some medicinal plants. *International journal of food sciences and nutrition 58*(1): 18-28.

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., and 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 17*(5): 691-700.

Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., de Melo, N .R., dos Santos, F. R., de Araújo Neves, I., de Carvalho, M. G., and Sanches-Silva, A. 2017. Biological activities and major components determination in essential oils intended for a biodegradable food packaging. *Industrial crops and products 97*: 201-21.

Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Madella, D., Martinazzo, A. P., de Aquino Garcia Moura, L., de Melo, N. R., and Sanches-Silva, A. 2017. Revisiting an ancient spice with medicinal purposes: Cinnamon. *Trends in Food Science & Technology 62*: 154-169.

Shan, B ,.Cai, Y. Z., Sun, M., and Corke, H. 2005. Antioxidant capacity of 26 spice extracts and characterization of their phenolic constituents. *Journal of agricultural and food chemistry 53*(20): 7749-7759.

Smeriglio, A., Denaro, M., Barreca, D., Calderaro, A ,.Bisignano, C., Ginestra, G., Bellocco, E., and Trombetta, D. 2017. In vitro evaluation of the antioxidant, cytoprotective, and antimicrobial properties of essential oil from *Pistacia vera* L. Variety Bronte Hull. *International journal of molecular sciences* 18(6): 1212.

Unlu, M., Ergene, E., Unlu, G. V., Zeytinoglu, H. S., and Vural, N. 2010. Composition, antimicrobial activity and in vitro cytotoxicity of essential oil from *Cinnamomum zeylanicum* Blume (Lauraceae). *Food and chemical toxicology 48*(11): 3274-3280.

Valizadeh, S., Katiraee, F., Mahmoudi, R., Fakheri, T., and Mardani, K. 2015. Biological properties of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil: phytochemical component, antioxidant and antimicrobial activities. *International Journal of Food Safety Nutrition and Public Health 6*(3): 174-184.

Vasconcelos, N. G., Croda, J., & Simionatto, S. (2018). Antibacterial mechanisms of cinnamon and its constituents: A review. *Microbial pathogenesis*, *120*, 198-203.

Yeganegi, M., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Asili, J., Behbahani, B. A., and 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.

Zanganeh, H., Mortazavi, S. A., Shahidi ,F., and Alizadeh Behbahani, B. 2021. Evaluation of the chemical and antibacterial properties of *Citrus paradise* essential oil and its application in *Lallemantia iberica* seed mucilage edible coating to improve the physicochemical, microbiological and sensory properties of lamb during refrigerated storage. *Journal of Food Measurement and Characterization 15*(6): 5556-5571.

Zhang, Y., Liu, X., Wang, Y., Jiang, P., & Quek, S. (2016). Antibacterial activity and mechanism of cinnamon essential oil against Escherichia coli and Staphylococcus aureus. *Food Control*, *59*, 282-289.