

Investigation of chemical compositions, antioxidant and antibacterial properties of waste essential oils of four *Citrus* fruits with the aim of economical production of high value-added products

Zahra Kazemizadeh^{1*} , Fatemeh Nazari¹, Mehdi Bolfion²

¹ Department of Nano&Biophysics, Research Institute of Applied Sciences, ACECR, Tehran, Iran,

Email: kazemizadeh@acecr.ac.ir

² Department of Petroleum Microbiology, Research Institute of Applied Sciences, ACECR, Tehran, Iran email:

Article type:	Abstract
Research article	<i>Citrus</i> fruits belong to the <i>Rutaceae</i> family and in Iran include <i>Citrus Sinensis</i> , <i>Citrus Aurantium</i> , <i>Citrus Lemon</i> , <i>Citrus Aurantifolia</i> , <i>Citrus Reticulata</i> , <i>Citrus Paradisi</i> and <i>Citrus Limetta</i> . The production of essential oils from <i>Citrus</i> peels has significant economic value. The aim of the present study was to extract and identify the essential oil components from the waste of <i>Citrus</i> fruits including <i>Citrus Sinensis</i> , <i>Citrus Aurantium</i> , <i>Citrus Paradisi</i> and <i>Citrus Aurantifolia</i> . In addition, the antioxidant and antibacterial properties of the essential oils were also evaluated. For this purpose, the waste of the desired <i>Citrus</i> fruits obtained from juicing was prepared and manually cleaned and cut. Essential oil extraction was performed using a Clevenger device for 4 hours. Then, its chemical constituents were identified using GC-Mass. In the next step, the antioxidant activity was measured using the DPPH free radical scavenging method. In the next step, antibacterial activity was examined by measuring the MIC and MBC on the microorganisms <i>Escherichia coli</i> and <i>Staphylococcus aureus</i> . GC-Mass analysis showed that limonene (60.64%) and linalool (8.42%) were the main components of <i>Citrus Sinensis</i> peel essential oil. Limonene (70.63%) and myrcene (6.46%) were identified as the main components of <i>Citrus Aurantium</i> peel essential oil. Also, the main components of <i>Citrus Sinensis</i> peel essential oil were limonene (70.38%) and linalool (5.36%). Limonene (31.4%) and β -pinene (13.95%) were identified as the main components of <i>Citrus Aurantifolia</i> peel essential oil. Limonene had the highest amount in <i>Citrus</i> peel essential oil. <i>Citrus Aurantium</i> peel essential oil had the highest antioxidant activity. <i>Citrus Aurantifolia</i> peel essential oil also stopped the growth of microorganisms <i>Escherichia coli</i> and <i>Staphylococcus aureus</i> . The yield of essential oil from the <i>Citrus</i> wastes studied was 0.6% for <i>Citrus Aurantifolia</i> and 0.5% for <i>Citrus Aurantium</i> , <i>Citrus Sinensis</i> and <i>Citrus Paradisi</i> .

Article history
Received: 2025.06.15
Revised: 2025.07.15
Accepted: 2025.07.18

Keywords
Essential oil
<i>Citrus Sinensis</i>
<i>Citrus Aurantium</i>
<i>Citrus Paradisi</i>
<i>Citrus Aurantifolia</i>

Cite this article as: Kazemizadeh, Z., Nazari, F., Bolfion, M. (2025). Investigation of chemical compositions, antioxidant and antibacterial properties of waste essential oils of four *Citrus* fruits with the aim of economical production of high value-added products. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants*, 13(2): 111-127.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch



<https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1218145>

بررسی ترکیبات شیمیایی، خواص آنتی اکسیدانی و آنتی باکتریال اسانس پسماند چهار نوع از مرکبات با هدف تولید اقتصادی فرآورده با ارزش افزوده بالا

زهره کاظمی زاده^{۱*}، فاطمه نظری^۲، مهدی بلفیون^۳

^۱ گروه نانو و بیوفیزیک، پژوهشکده علوم کاربردی، ACECR، تهران، ایران، رایانامه: kazemizadeh@acecr.ac.ir

^۲ گروه میکروبیولوژی نفت، پژوهشکده علوم کاربردی، ACECR، تهران، ایران

نوع مقاله:

چکیده

مقاله پژوهشی

اسانس های مرکبات متابولیت های ثانویه هستند که عمدتاً در لایه ای از اپیدرم به نام فلاوود بر روی آگروکارپ سلول های پارانشیم نامنظم قرار گرفته اند. هدف استخراج و شناسایی ترکیبات تشکیل دهنده اسانس پسماند پرتقال، نارنج، گریپ فروت و لیمو عمانی به همراه ارزیابی خواص آنتی اکسیدانی و آنتی باکتریال آنهاست. بدین منظور پسماند انواع مرکبات مورد نظر تهیه و به صورت دستی تمیز و برش داده شد. با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۴ ساعت اسانس گیری انجام شد. اسانس پس از جداسازی و نگهداری در ویال های شیشه ای تیره در فریزر در دمای ۱۸- درجه سانتی گراد نگهداری گردید. سپس ترکیبات شیمیایی تشکیل دهنده آن با استفاده از کروماتوگرافی گازی- طیف سنج جرمی شناسایی شد. در مرحله بعد سنجش میزان فعالیت آنتی اکسیدانی با استفاده از روش مهار رادیکال آزاد ۲ و ۲ دی فنیل ۱- پیکریل هیدرازیل صورت گرفت که در آن رادیکال با آنتی اکسیدان ها واکنش داده و به صورت کاهش یافته درآمده و رنگ آن از بنفش تیره به زرد روشن تبدیل شده سپس میزان جذب نوری در اسپکتروفتومتر اندازه گیری گردید. در مرحله بعد فعالیت آنتی باکتریال از طریق سنجش حداقل غلظت مهارکنندگی و حداقل غلظت باکتری کشی روی میکروارگانیسم های گرم منفی اشرشیاکلی و گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس بررسی گردید. آنالیز کروماتوگرافی گازی- طیف سنج جرمی نشان داد که لیمونن ۶۰/۶۴ درصد و لینالول ۸/۴۲ درصد اجزای اصلی تشکیل دهنده اسانس پوست پرتقال بودند. لیمونن ۷۰/۶۳ درصد و میرسن ۶/۴۶ درصد به عنوان اجزای اصلی پوست نارنج شناسایی شدند. همچنین ترکیبات اصلی تشکیل دهنده اسانس پوست گریپ فروت لیمونن ۷۰/۳۸ درصد و لینالول ۵/۳۶ درصد بودند. لیمونن ۳۱/۴ درصد و β -پینن ۱۳/۹۵ درصد به عنوان اجزای اصلی اسانس پوست لیمو عمانی شناسایی شدند. بالاترین فعالیت آنتی اکسیدانی را اسانس پوست نارنج به خود اختصاص داد. همچنین اسانس پوست لیمو عمانی باعث توقف رشد میکروارگانیسم های اشرشیاکلی و استافیلوکوک اورئوس گردید. حتی اسانس های حاصل از پسماند مرکبات نیز در صنایع غذایی، دارویی، شیرینی پزی و آرایشی و بهداشتی قابلیت استفاده دارند.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۲۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۲۸

واژه های کلیدی:

اسانس

پرتقال

نارنج

گریپ فروت

لیمو عمانی

استناد: کاظمی زاده، زهره؛ نظری، فاطمه؛ بلفیون، مهدی. (۱۴۰۴). بررسی ترکیبات شیمیایی، خواص آنتی اکسیدانی و آنتی باکتریال اسانس

پسماند چهار نوع از مرکبات با هدف تولید اقتصادی فرآورده با ارزش افزوده بالا. *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*،

۱۱۱-۱۲۷، (۲)۱۳.

مقدمه

مرکبات از خانواده Rutaceae هستند و در ایران پرتقال (*Citrus Sinensis*)، نارنج (*Citrus Aurantium*)، لیموسسنگی (*Citrus Lemon*)، لیموعمانی (*Citrus Aurantifolia*)، نارنگی (*Citrus Reticulata*)، گریپ فروت (*Citrus Paradisi*) و لیموشیرین (*Citrus Limetta*) به عنوان مرکبات معمولی شناخته می شوند (Lv et al., 2015). جنس مرکبات را می توان در سراسر آب و هوای گرمسیری و نیمه گرمسیری یافت. چین، برزیل، آمریکا، هند، مکزیک و اسپانیا بزرگترین تولیدکنندگان مرکبات جهان هستند و ایران با دارا بودن باغات پرتعداد انواع مرکبات در سراسر شمال و جنوب کشور و با بهترین کیفیت های ممکن، در رتبه هفتم قرار دارد. پوست مرکبات که تقریباً نیمی از کل میوه را تشکیل می دهد، منبع غنی از ترکیبات فنلی مانند فلاونون ها، فلاونول ها و بسیاری از فلاون های پلی متوکسیله است که در گیاهان دیگر بسیار نادر هستند. چندین ترکیب با خواص ضدباکتری، آنتی اکسیدانی و ضدالتهابی از پوست مرکبات استخراج شده است. یافته های تحقیقاتی در سال های اخیر کاربردهای سنتی پوست مرکبات را در درمان بیماری های عفونی و استفاده بالقوه از آن رابه عنوان یک عامل ضدباکتری در لوازم آرایشی نشان می دهد (Yohannes et al., 2023). از نظر تجربی، هسپریدین^۱، نارینگین^۲، ناریروتین^۳ و اریوسیتترین^۴ مشهورترین فلاونوئیدها در پوست مرکبات هستند (Schieber et al., 2001). این ترکیبات نقش مهمی در داروها، کاربردهای فیزیولوژیکی و اکولوژیکی دارند (Anagnostopoulou et al., 2006). همچنین مطالعات متعددی در مورد کاربردهای

مختلف پزشکی (آنتی اکسیدانی، ضد میکروبی، ضدقارچی، ضدانگلی، ضدالتهابی و غیره) اسانس مرکبات گزارش شده است (Tauseef et al., 2023). این اسانس ها به دلیل عملکرد بالا، عطر، طعم و بسیاری از فعالیت های بیولوژیکی در صنایع غذایی، طب مکمل^۵ و صنایع آرایشی و بهداشتی اهمیت فزاینده ای پیدا کرده اند. اسانس پوست مرکبات در کاهش اضطراب و افسردگی مؤثر است (Jing et al., 2014). بسیاری از اسانس ها در مراقبت از پوست و کنترل آکنه مؤثر عمل می کنند و نیز در عطرها، مسکن ها، آرام بخش ها، ضداسپاسم ها (شل کننده ها) و داروها استفاده می شوند (Lertsatitthanakorn et al., 2006). در طی فرآوری آب مرکبات، ضایعات زیادی (پوست و بقایای آن) تولید می شود که ۴۰ تا ۵۰ درصد وزن کل میوه را تشکیل می دهد لذا حدود ۱۵ میلیون تن ضایعات از حدود ۳۰ میلیون تن مرکبات بدون استفاده دور ریخته می شود. با این حال، دفع نادرست پوست مرکبات نه تنها باعث هدر رفتن منابع می شود، بلکه به محیط زیست نیز آسیب می رساند که این نیز اهمیت استفاده همه جانبه از ضایعات مرکبات را نشان می دهد. بنابراین می توان ادعا نمود اسانس های استخراج شده از پوست مرکبات، محصول جانبی بسیار مهم صنعت مرکبات است (Silvestre et al., 2016). اسانس های مرکبات عمدتاً در فلاودو وجود دارند، لایه ای از اپیدرم که بر روی آگزوکارب (خارجی ترین لایه) سلول های پارانشیم نامنظم قرار گرفته و غدد یا کیسه های متعدد حاوی اسانس را کاملاً در بر می گیرد. آنها منابع غنی فلاونوئیدها^۶، آلکالوئیدها^۷، کومارین ها^۸، لیمونوئیدها^۹، کاروتنوئیدها^{۱۰}، اسیدهای فنولیک^۱ و بسیاری از

⁵. Alternative Medicine

⁶. Flavonoids

⁷. Alkaloids

⁸. Coumarins

⁹. Limonoids

¹⁰. Limonoids

¹. Hesperidin

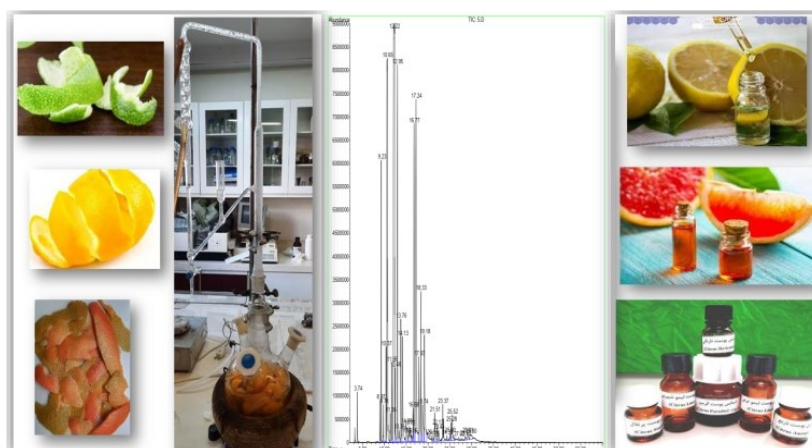
². Naringin

³. Nariroton

⁴. Eriocitrin

فلاون‌های پلی‌متوکسیله^۲ هستند که در اکثر گیاهان دیگر یافت نمی‌شوند (Lv et al., 2015). تولید اسانس از پوست مرکبات دارای ارزش اقتصادی قابل توجهی است. اسانس پوست پرتقال، نارنج و لیمو یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین اسانس‌های تولید شده در سرتاسر جهان هستند که با رایحه بسیار مطبوع خود شناخته شده است. این اسانس دارای ویژگی‌هایی مانند شفافیت، طعم و عطر مانند میوه تازه است. به‌طور کلی از اسانس پوست مرکبات به‌خصوص پرتقال به‌دلیل رایحه قوی در صنایع غذایی، دارویی، شیرینی‌پزی، آرایشی-بهداشتی و به‌عنوان یک محصول طعم‌دهنده استفاده می‌شود هم‌ینطور در سال‌های اخیر کشت گریپ‌فروت که سرشار از اسیدهای آلی، قند و ترکیبات فنلی است در جنوب ایران رو به گسترش بوده است. ماهیت و غلظت رایحه اسانس پوست آن تا حد زیادی بر ویژگی طعم و کیفیت ارگانولپتیک^۳ (طعم، بو، رنگ) تأثیر می‌گذارد (Uysa et al., 2011). این رایحه‌ای قوی و مطبوع و به‌طور گسترده به‌عنوان طعم‌دهنده نوشیدنی‌ها، داروها، عطرها و لوازم آرایشی قابلیت استفاده دارد (Ayache

Kaouthar et al., 2020). همچنین انواع لیموسنگی و لیموعمانی نیز از کشت وسیعی در ایران برخوردار است. این گونه در طب سنتی به‌عنوان دافع نیش پشه، ضدکرم^۴، ضدعفونی‌کننده^۵، محرک اشتها، هضم‌کننده، ادرارآور^۶، قابض^۷، ضداسکوربوت^۸ (بیماری کمبود ویتامین C)، ضدگلودرد، بهبوددهنده علائم سرماخوردگی، ورم مفاصل و سردرد، مصرف می‌شود (Tavallali et al., 2021). اسانس رقیق نشده پوست مرکبات با قیمت بالایی در بازار بین‌المللی رایحه درمانی^۹ و محصولات آرایشی-بهداشتی به فروش می‌رسد. در این تحقیق با چشم‌انداز تولید فرآورده‌های با ارزش افزوده بالا از ضایعات باغی، صنعتی و خانگی، اسانس پوست انواع مرکبات شامل پرتقال، نارنج، گریپ‌فروت و لیموعمانی به‌روش تقطیر با آب استخراج گردید و پس از شناسایی اجزای موجود در هریک از اسانس‌ها به ارزیابی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریال آن‌ها پرداخته شد. سپس نتایج پژوهش با گزارش‌های پیشین از اسانس پوست مرکبات تازه مقایسه گردید. در شکل ۱ خلاصه‌ای از مراحل اسانس‌گیری ارائه شده است.



شکل ۱: خلاصه مراحل اسانس‌گیری

۴. Antihelmintic

۵. Antiseptic

۶. Diuretic

۷. Astringent

۸. Antiscorbutic

۹. Aromatherapy

۱. Phenolic Acids

۲. Polymethoxylated Favones

۳. Organoleptic

مواد و روش‌ها

استخراج اسانس: ضایعات انواع مرکبات شامل پرتقال (*Citrus Sinensis*)، نارنج (*Citrus Aurantium*)، گریپ‌فروت (*Citrus Paradisi*) و لیمو عمانی (*Citrus Aurantifolia*) دربردارنده پوست و تفاله آنها پس از مصرف یا آب‌گیری شدنشان، به‌صورت دستی تمیز و به ابعاد ± 2 سانتی‌متر برش داده شد تا مقدار کافی محصول استخراج گردید. به‌منظور به‌دست آوردن اسانس، تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۴ ساعت انجام شد. اسانس پس از جداسازی و انتقال به ویال‌های شیشه‌ای تیره، جهت نگهداری تا زمان استفاده به فریزر در دمای -18°C درجه سانتی‌گراد منتقل گردید.

آنالیز GC/MS: آنالیز اجزای اسانس فرار توسط کروماتوگرافی گازی سری Agilent 6890 همراه با شبکه Agilent 5973، آشکارساز انتخابی جرمی انجام شد. از ستون GC VARIAN cp-sil 8cb-ms استفاده گردید. ستون موئین با ابعاد (طول ۵۰ متر $\times$ قطر داخلی ۰/۲۵ میلی‌متر، ضخامت فیلم ۰/۲۵ میکرومتر) به‌کار گرفته شد. حجم تزریق ۰/۲ میکرولیتر بود، دمای انژکتور روی 280°C درجه سانتی‌گراد با نسبت تقسیم ۱:۵۰ تنظیم شد و هلیوم ۹۹/۹۹۹ درصد به‌عنوان گاز حامل با جریان ثابت ستون ۱/۰ میلی‌لیتر در دقیقه استفاده شد. دمای آون ستونی به‌تدریج از 60°C درجه سانتی‌گراد به 250°C درجه سانتی‌گراد با نرخ ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه و زمان نگهداشتن به ۲۰ دقیقه افزایش یافت. کل زمان اجرا ۶۰ دقیقه بود. آنالایزر جرمی چهارقطبی^۱ بود. حالت یونیزاسیون: برخورد الکترون^۲ (EI) با انرژی یونیزاسیون ۷۰ الکترون‌ولت (ev)، تأخیر حلال ۲ دقیقه بود. محدوده اسکن m/z : 40-400 Ms: و دمای منبع 230°C درجه

سانتی‌گراد گزارش شد. ترکیبات اسانس با استفاده از ترکیبات مرجع استاندارد و همچنین با تطبیق الگوی قطعه‌قطعه شدن (fragmentation pattern) طیف جرمی با کتابخانه طیف جرمی مؤسسه ملی استاندارد و فناوری (NIST) ذخیره شده در پایگاه داده GC-MS شناسایی شدند (Shibamoto, 1987; Adams, 1989).

ارزیابی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی به روش رادیکال DPPH: در این تست توانایی الکترون‌دهی در بی‌رنگ کردن محلول بنفش ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل (DPPH)^۳ مورد سنجش قرار گرفت. در این آزمون، رادیکال‌های با آنتی‌اکسیدان‌ها واکنش داده و به‌صورت کاهش‌یافته درآمده و رنگ آن از بنفش تیره به زرد روشن تبدیل شد و در نتیجه میزان جذب در طول موج ۵۱۷nm کاهش یافت. لوله‌های حاوی ۲ و ۲ دی‌فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل به مدت ۳۰ دقیقه مدت نیم ساعت در دمای اتاق و دور از نور انکوبه گردید و سپس میزان جذب نوری در ۵۱۷nm در با اسپکتروفتومتر خوانده شد. هرچه IC₅₀ یا به عبارتی غلظتی از عصاره را که ۵۰ درصد رادیکال را مهار می‌کند، بیشتر باشد فعالیت آنتی‌اکسیدان در حذف رادیکال آزاد کمتر است. بررسی آنتی‌اکسیدانی روی ۰/۵ میلی‌لیتر اسانس پوست مرکبات انجام پذیرفت (Moosavy et al., 2017).

روش استاندارد تهیه سوسپانسیون باکتریایی: برای انجام آزمون‌های حداقل غلظت مهارکننده (MIC^4) و حداقل غلظت کشنده (MBC^5)، ابتدا سوسپانسیون‌های باکتریایی از کشت‌های ۲۴ ساعته اشرشیاکلی (ATCC 11775) و استافیلوکوک اورئوس (ATCC 12600) در محیط نوترینت آگار تهیه شد. با

³. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl⁴. Minimum Inhibitory Concentration⁵. Minimum Bactericidal Concentration¹. Quadrupole². Electron impact

استفاده از لوپ استریل، کلونی‌ها به سرم فیزیولوژی استریل منتقل و به مدت ۳۰ ثانیه ورتکس شدند. کدورت سوسپانسیون‌ها ابتدا با استاندارد مک فارلند ۰/۵ مقایسه شد و سپس با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۲۵ نانومتر تأیید گردید، به طوری که مقدار جذب نوری بین ۰/۰۸ تا ۰/۱ اندازه‌گیری شد. این خوانش نوری معادل غلظت تقریبی $1/5 \times 10^8$ واحد تشکیل کلنی بر میلی‌لیتر^۱ بود. در مرحله نهایی، سوسپانسیون اصلی به نسبت ۱:۱۰۰ در محیط کشت مایع رقیق شد تا به غلظت کاری حدود $1/5 \times 10^6$ واحد تشکیل کلنی بر میلی‌لیتر برسد. تمام مراحل با رعایت شرایط استریل و کنترل‌های کیفی شامل نمونه‌های شاهد مثبت و منفی انجام پذیرفت.

بررسی فعالیت ضد میکروبی اسانس‌ها با روش میکروورقیق‌سازی بر اساس پروتکل -CLSI M07

A11: در این مطالعه، فعالیت ضدباکتریایی اسانس‌ها با استفاده از روش میکروورقیق‌سازی در پلیت‌های ۹۶ خانه مورد ارزیابی قرار گرفت. ابتدا رقت‌های سریال دو برابری از اسانس‌ها (۵۱۲-۰/۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) در محیط مولر-هینتون براث حاوی ۰/۵ درصد توئین ۸۰ تهیه شد. سوسپانسیون باکتریایی با کدورت ۰/۵ مک‌فارلند ($1/5 \times 10^8$) واحد تشکیل کلنی بر میلی‌لیتر آماده و به نسبت ۱:۱۰۰ در محیط کشت رقیق گردید تا به غلظت کاری $1/5 \times 10^6$ واحد تشکیل کلنی بر میلی‌لیتر برسد. به هر خانه از پلیت (به جز کنترل‌ها)، ۱۰۰ میکرولیتر از محیط کشت حاوی غلظت‌های مختلف اسانس و ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتریایی اضافه شد. کنترل رشد (محیط کشت + باکتری) و کنترل استریلیتی (فقط محیط کشت) نیز در نظر گرفته شد. پلیت‌ها به مدت ۱۸-۲۴ ساعت در دمای ۳۷ سانتی‌گراد انکوبه شدند. حداقل

غلظت مهارکننده رشد (MIC) به عنوان کمترین غلظت اسانس که هیچ کدورت قابل مشاهده‌ای (مهار رشد باکتری) ایجاد نکرد، تعیین گردید. برای تعیین حداقل غلظت کشنده (MBC)، ۱۰ میکرولیتر از خانه‌های فاقد رشد روی محیط مولر-هینتون آگار کشت داده و پس از ۲۴ ساعت انکوباسیون در ۳۷ درجه سانتی‌گراد، کمترین غلظتی که منجر به عدم تشکیل کلونی شد، گزارش گردید. تمام آزمایش‌ها در سه تکرار مستقل انجام پذیرفت. این روش بر اساس پروتکل‌های استاندارد CLSI با بهینه‌سازی برای پلیت‌های ۹۶ خانه طراحی شده است.^۲

نتایج

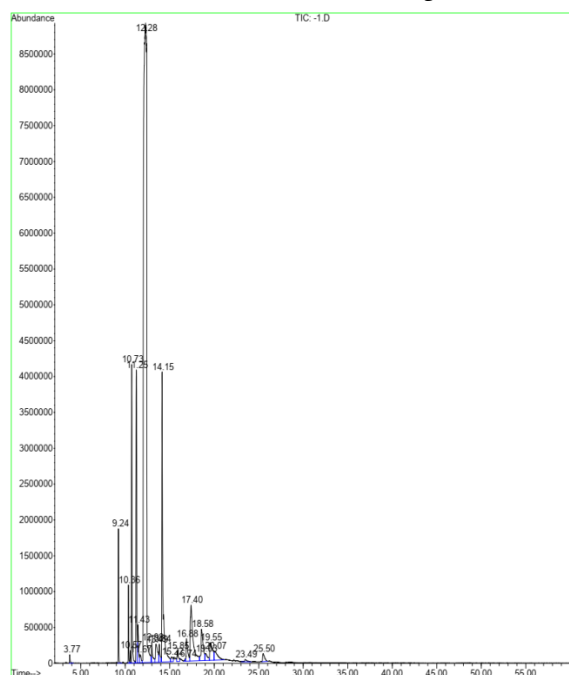
آنالیزهای اسانس‌ها در پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران انجام شده است. راندمان اسانس به دست آمده از ضایعات پرتقال (*Citrus Sinensis*) شده برای فلاودو ۱/۲ درصد و برای پوست کامل ۰/۵ درصد بود. ۲۴ ترکیب (۱۰۰ درصد) در این اسانس شناسایی شد. ترکیبات اصلی این اسانس لیمونن ۶۰/۶۴ درصد، لینالول ۸/۴۲ درصد، اکتانال ۶/۸۴ درصد، میرسن ۵/۲۹ درصد و آلفا ترپینئول ۴/۵۳ درصد بودند. بازده اسانس به دست آمده از ضایعات نارنج (*Citrus Aurantium*) شده ۰/۵ درصد بود. ۲۳ ترکیب (۹۹/۹۴ درصد) در این اسانس شناسایی شد. ترکیبات اصلی اسانس، لیمونن ۷۰/۶۳ درصد، میرسن ۶/۴۵ درصد، لینالول ۴/۱۴ درصد و β -پینن ۲/۹۸ درصد بودند. بازده اسانس حاصل از ضایعات گریپ فروت (*Citrus Paradisi*) ۰/۵ درصد بود. ۲۱ ترکیب (۹۹/۸۶ درصد) در این اسانس شناسایی شد. ترکیبات اصلی اسانس شامل لیمونن ۷۰/۳۸ درصد، سیس-

2. CLSI (2023). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 33rd ed. CLSI supplement M100. Clinical and Laboratory Standards Institute.

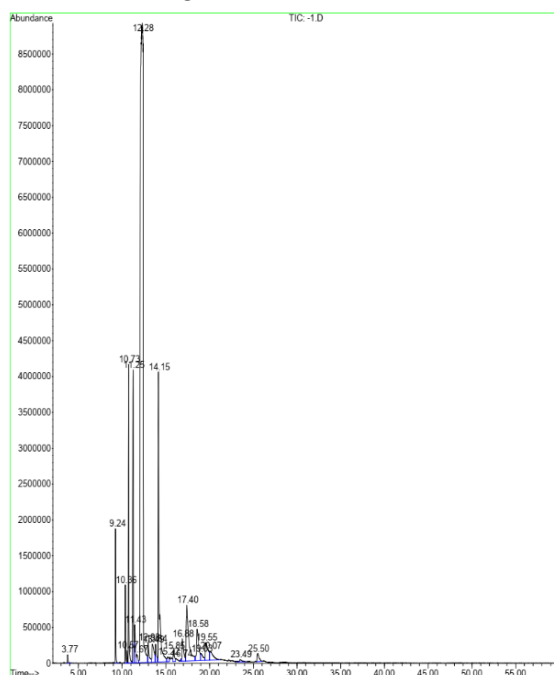
¹. CFU/mL

اصلی اسانس شامل ۳۱/۴ درصد، β -پینن ۱۳/۹۵ درصد، α -ترپینئول ۹/۶۰ درصد، γ -ترپینن ۶/۶۲ درصد، ۴-ترپینئول ۶/۵۱ درصد، ژرانیال ۳/۲۴ درصد، α -پینن ۳/۱۶ درصد و لینالول ۲/۶۵ درصد بودند (شکل ۲ و جدول ۱).

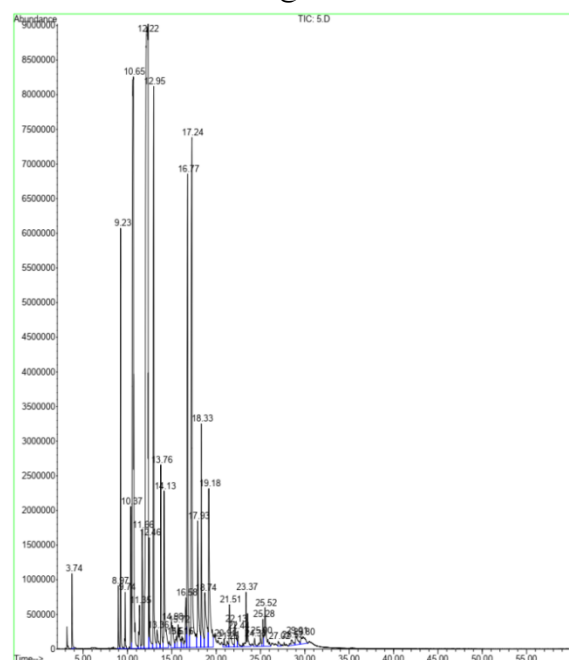
لینالول اکسید ۵/۳۶ درصد، β -میرسن ۵/۲۱ درصد، لینالول ۳/۴۸ درصد و α -ترپینئول ۳/۱۱ درصد بودند. بازده اسانس به دست آمده از پوست لیمو عمانی (*Citrus Aurantifolia*) ۰/۶ درصد بود. ۳۵ ترکیب (۹۹/۴۷ درصد) در این اسانس شناسایی شد. ترکیبات



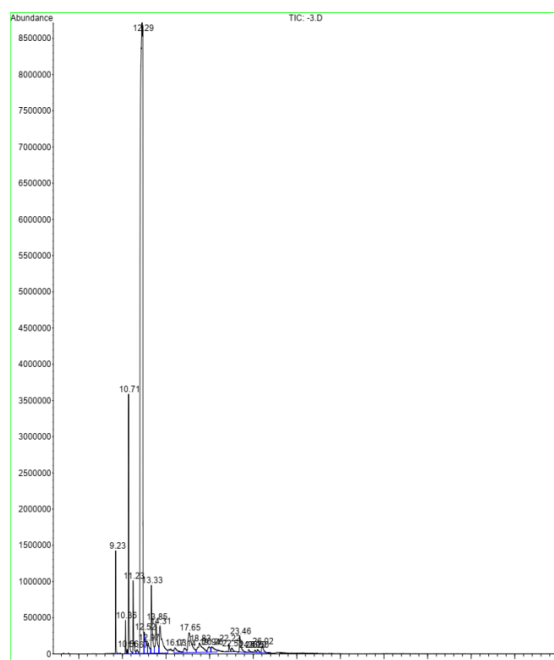
نارنج



پرتقال



لیمو عمانی



گریپ فروت

شکل ۲: کروماتوگرام GC/MS اسانس پسماند پرتقال (*Citrus Sinensis*)، نارنج (*Citrus Aurantium*)،

گریپ فروت (*Citrus Paradisi*)، و لیمو عمانی (*Citrus Aurantifolia*)

جدول ۱: ترکیبات شیمیایی اسانس پسماند مرکبات شامل پرتقال (*Citrus Sinensis*)، نارنج (*Citrus Aurantium*)، گریپفروت (*Citrus Paradisi*) و لیمو عمانی (*Citrus Aurantifolia*)

نام ترکیب	پرتقال		نارنج		گریپفروت		لیمو عمانی	
	زمان بازداري (دقیقه)	%	زمان بازداري (دقیقه)	%	زمان بازداري (دقیقه)	%	زمان بازداري (دقیقه)	%
3-Buten-2-ol, 2-methyl							۳/۷۴	۰/۵۵
2-Methylethyl-3-butane-2-ol	۳/۷۷	۰/۱۵						
α -Pinene	۹/۲۴	۱/۵۶	۹/۲۳	۲/۶۹	۹/۲۳	۱/۵۵	۹/۲۳	۳/۱۶
Camphene			۹/۷۵	۰/۰۴			۹/۷۴	۰/۴۹
Thujene							۸/۹۷	۰/۴۹
Sabinene	۱۰/۳۷	۱/۰۰	۱۰/۳۶	۰/۹۴	۱۰/۳۶	۰/۵۶	۱۰/۳۷	۱/۸۰
β -Pinene	۱۰/۵۶	۰/۱۸	۱۰/۵۵	۲/۹۸	۱۰/۵۵	۰/۰۸	۱۰/۶۵	۱۳/۹۵
β -Myrcene	۱۰/۳۷	۵/۲۹	۱۰/۷۲	۶/۴۶	۱۰/۷۲	۵/۲۱		
Octanal	۱۱/۲۵	۶/۸۴	۱۱/۲۴	۱/۸۷	۱۱/۲۳	۱/۹۷		
Oxalic acid, cyclohexyl ethyl ester								
α -Phellandrene							۱۱/۳۵	۰/۶۸
3-Carene	۱۱/۴۳	۱/۰۵	۱۲/۵۰	۲/۸۷	۱۱/۶۷	۰/۲۹		
α -Terpinene	۱۱/۶۷	۰/۳۶	۱۱/۶۷	۰/۱۴				
D- Limonene	۱۲/۲۸	۶۰/۶۴	۱۲/۲۴	۷۰/۶۳	۱۲/۲۹	۷۰/۳۸	۱۲/۲۱	۳۱/۴۰
Cyclohexene, 1-methyl-5-(1-methylethenyl)-			۱۲/۹۷	۰/۶۳				
Decane								
γ -Terpinene	۱۲/۹۸	۰/۷۰			۱۲/۹۷	۰/۷۵	۱۲/۹۵	۶/۶۲
Cis-Linalool oxide			۱۳/۳۸	۰/۹۹	۱۳/۳۳	۵/۳۶		
Para-Cymene								
Trans -Linalool oxide			۱۳/۸۹	۰/۴۹			۱۳/۳۵	۰/۴۷
1-Octanol	۱۳/۴۹	۱/۱۸						

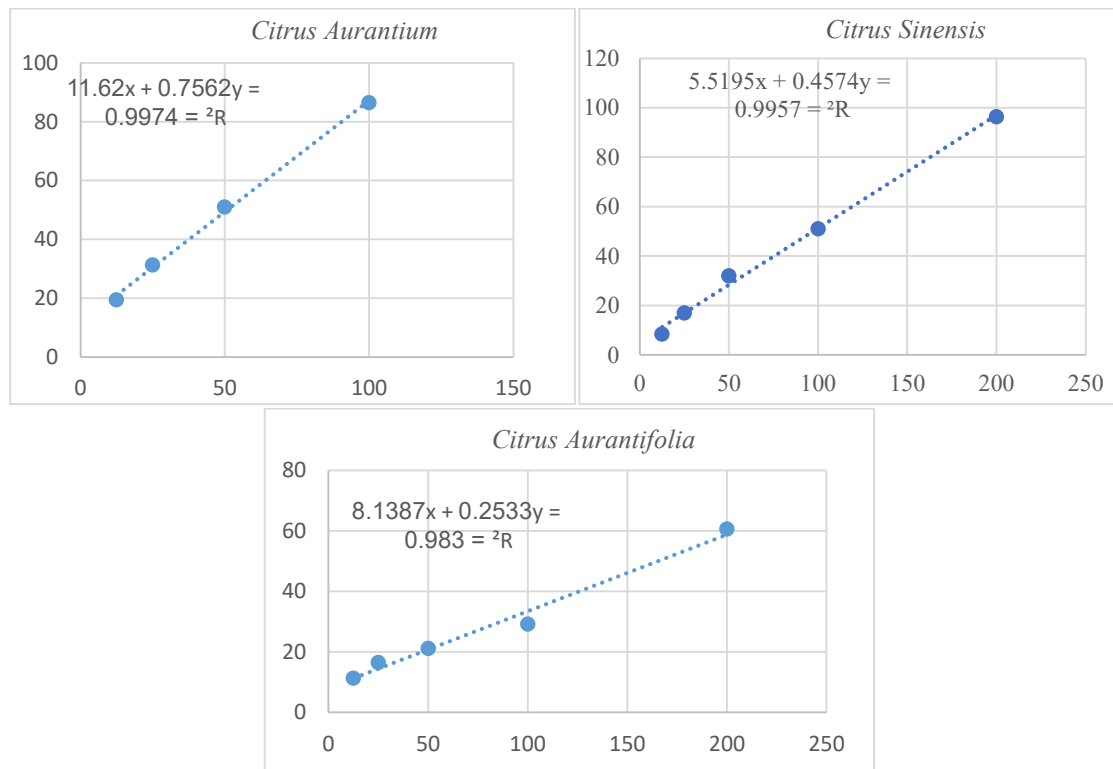
نام ترکیب	پرتقال		نارنج		گریپ فروت		لیمومعانی	
	زمان بازدارداری (دقیقه)	%	زمان بازدارداری (دقیقه)	%	زمان بازدارداری (دقیقه)	%	زمان بازدارداری (دقیقه)	%
α -Terpinolene	۱۳/۸۴	۰/۵۶					۱۳/۷۶	۱/۹۴
Linalool	۱۴/۱۵	۸/۴۲	۱۴/۲۶	۴/۱۴	۱۴/۳۱	۳/۴۸	۱۴/۱۳	۲/۶۵
Fenchol							۱۴/۹۸	۰/۷۶
Ocimene	۱۵/۲۲	۰/۲۸						
L-Carveol							۱۵/۵۱	۰/۳۰
Citronellal	۱۵/۸۵	۰/۴۳			۱۶/۰۳	۰/۷۰	۱۵/۷۲	۰/۷۱
Isopulegol- Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methylethyl)							۱۶/۱۵	۰/۳۰
Borneol							۱۶/۵۸	۰/۹۰
Cis-Verbenol	۱۶/۷۴	۰/۰۵						
Terpinene-4-ol	۱۶/۸۸	۱/۱۲	۱۷/۲۲	۰/۲۱	۱۷/۱۴	۰/۴۷		
α -Terpineol	۱۷/۴۰	۴/۵۳			۱۷/۶۵	۳/۱۱	۱۷/۲۴	۹/۶۰
R- α -Terpinyl acetate								
α -Terpinyl propionate								
4-Terpineol			۱۷/۷۸	۲/۳۴				
Nerol							۱۶/۷۷	۶/۵۱
α -Fenchene			۱۸/۶۱	۰/۶۵			۱۷/۹۳	۲/۴۸
*Z-Citral	۱۸/۵۸	۲/۰۰	۱۹/۳۵	۰/۳۷	۱۸/۸۳	۱/۸۵	۱۸/۳۳	۲/۶۱
Geraniol					۲۰/۲۶	۰/۸۰	۱۸/۷۴	۱/۷۱
E-Citral			۲۰/۴۲	۰/۰۳	۱۹/۹۴	۰/۶۱		
Neral	۱۹/۰۳	۰/۵۲	۱۹/۰۸	۰/۳۳				
Geranial	۱۹/۵۵	۱/۵۲	۲۰/۱۸	۰/۲۱			۱۹/۱۸	۳/۲۴
α -Citral	۲۰/۰۷	۰/۹۹						
Perillaldehyde								
α -Cubebene					۲۲/۲۲	۰/۳۴		
Citronellyl isobutyrate							۲۱/۲۵	۰/۱۳
Neryl acetate			۲۲/۸۸	۰/۳۴			۲۱/۵۱	۱/۰۲

نام ترکیب	پرتقال		نارنج		گریپ فروت		لیمونی	
	زمان بازداري (دقیقه)	%	زمان بازداري (دقیقه)	%	زمان بازداري (دقیقه)	%	زمان بازداري (دقیقه)	%
δ -Elemene								
Caryophyllene	۲۳/۴۸	۰/۱۶	۲۳/۵۶	۰/۰۹	۲۳/۴۶	۱/۲۷	۲۳/۳۷	۱/۰۶
α -Humulene							۲۴/۳۳	۰/۱۶
β -Elemene							۲۲/۴۴	۰/۲۴
Valencene	۲۵/۵۱	۰/۴۷						۰/۳۶
Isolodene					۲۵/۵۰	۰/۲۴		
Trans- α -Bergamotene								
Germacrene-D								
β -Bisabolene			۲۵/۳۲	۰/۲۲	۲۲/۵۳	۰/۲۶	۲۵/۰۰	۰/۲۷
α -Farnesene							۲۵/۵۲	۱/۰۹
Valencene							۲۵/۲۸	۰/۳۶
Lepidozene					26.02	۰/۵۸	۲۸/۵۲	۰/۲۶
β -Guaiene							۲۹/۰۱	۰/۳۹
α -Gurjunene							۲۹/۸۰	۰/۵۱
Compounds Category								
Hydrogenated monoterpene	۷۱/۶۲			۸۳/۳۴		۷۸/۸۲		۶۱/۳۳
Monoterpenoid alcohol	۱۴/۱۲			۶/۴۸		۷/۰۶		۲۵/۴۱
Non-Terpenoid Aldehyde	۶/۸۴			۱/۸۷				
Monoterpene aldehyde	۵/۴۶			۱/۲۱		۳/۹۶		۶/۶۶
Monoterpenoids				۱/۴۸		۵/۳۶		
Non-Terpenoid alcohol	۱/۱۸							
Hydrocarbon sesquiterpene	۰/۶۳			۰/۳۱		۲/۶۹		۴/۳۴

یافته‌های ارزیابی آنتی اکسیدانی اسانس‌های پوست مرکبات: بررسی آنتی اکسیدانی روی ۰/۵ میلی لیتر اسانس به روش رادیکال DPPH انجام پذیرفت که حاصل در جدول ۲ و شکل ۲ ارائه شده است. بر مبنای نتایج، بیشترین خاصیت آنتی اکسیدانت متعلق به اسانس نارنج است که کمترین IC₅₀ را دارد.

جدول ۲: نتایج حاصل از تست آنتی اکسیدان روی اسانس پسماند مرکبات

نوع اسانس (۰/۵ mL)	IC ₅₀ (µg/mL)
نارنج (<i>Citrus Aurantium</i>)	50.75
پرتقال (<i>Citrus Sinensis</i>)	97.25
لیمو عمانی (<i>Citrus Aurantifolia</i>)	158.35
گریپ فروت (<i>Citrus Paradisi</i>)	-



شکل ۲: منحنی‌های نتایج تست آنتی اکسیدانت مهار رادیکال آزاد DPPH اسانس پوست مرکبات

کشندگی را در میان نمونه‌های مورد آزمون را دارا می‌باشد. حداقل غلظت مهارکننده رشد (MIC) برای استافیلوکوک اورئوس برابر با ۸ میلی گرم بر میلی لیتر و برای اشرشیاکلی ۱۶ میلی گرم بر میلی لیتر تعیین شد، در حالی که حداقل غلظت کشنده (MBC) برای هر دو باکتری ۳۲ میلی گرم بر میلی لیتر گزارش گردید.

یافته‌های بررسی آنتی باکتریال اسانس‌های پوست مرکبات: نتایج بررسی فعالیت ضدباکتریایی اسانس‌های پوست مرکبات بر روی باکتری‌های اشرشیاکلی (ATCC 11775) و استافیلوکوک اورئوس (ATCC 12600) نشان داد که اسانس لیمو عمانی (*Citrus Aurantifolia*) بیشترین اثر مهارکنندگی و

دیواره سلولی این دو گروه مربوط باشد. همچنین، تفاوت بین MIC و MBC در نمونه لیموعمانی نشان‌دهنده این است که غلظت لازم برای کشتندگی کامل باکتری‌ها تقریباً دو برابر غلظت مهاري آنها است (جدول ۳). این یافته‌ها اهمیت بالقوه اسانس پوست مرکبات، به‌طور خاص لیموعمانی را به‌عنوان یک عامل طبیعی ضدباکتریایی در کاربردهای دارویی و غذایی تأیید می‌کند.

سایر اسانس‌ها مانند پرتقال (*Citrus Sinensis*) فعالیت متوسطی نشان دادند، به‌طوری که MIC برای استافیلوکوک اورئوس ۳۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و برای اشرشیاکلی ۶۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر بود. اسانس‌های نارنج و گریپ‌فروت در غلظت‌های بالاتر از ۶۴ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر قادر به مهار رشد باکتری‌ها نبودند. این نتایج حاکی از حساسیت بیشتر باکتری گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس نسبت به باکتری گرم منفی اشرشیاکلی است که می‌تواند به تفاوت ساختار

جدول ۳: نتایج آزمون‌های حداقل غلظت مهارکننده رشد (MIC) و حداقل غلظت کشنده (MBC) بر اساس پروتکل استاندارد (CLSI) روی نمونه‌های اسانس مرکبات

اشرشیا کلی ATCC 11775		استافیلوکوک اورئوس ATCC 12600		نمونه اسانس پسماند مرکبات
MIC (mg/ml)	MBC	MIC (mg/ml)	MBC	
(میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	(میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	(میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	(میلی‌گرم بر میلی‌لیتر)	
>۶۴	>۶۴	۶۴	>۶۴	نارنج (<i>Citrus Aurantium</i>)
۶۴	>۶۴	۳۲	>۶۴	پرتقال (<i>Citrus Sinensis</i>)
>۶۴	>۶۴	۶۴	>۶۴	گریپ‌فروت (<i>Citrus Paradisi</i>)
۱۶	۳۲	۸	۸	لیموعمانی (<i>Citrus Aurantium</i>)

تحقیق دیگری در اسانس پوست پرتقال (*Citrus Sinensis*) لیمونن (۹۶/۶۲ درصد) و β -میرسن (۱/۷۲ درصد) به‌عنوان ترکیبات عمده شناسایی شدند (Velázquez-Núñez et al., 2013). در تحقیق صورت گرفته روی اسانس پسماند پرتقال (*Citrus Sinensis*) با وجود نبود عامل بسیار مهم تازگی، لیمونن با ۶۰/۶۴ درصد و لینالول با ۶/۴۵ درصد، سهم قابل توجهی داشتند.

اسانس پوست تازه نارنج (*Citrus Aurantium*) کشت شده در محوطه دانشگاهی در استان خوزستان مطالعه قرار گرفت که لیمونن با ۸۱/۶ درصد، میرسن ۵/۷۴ درصد و لینالول با ۲/۱۹ درصد بیشترین میزان را داشتند (Azhdarzadeh & Hojjati, 2016). در پژوهشی دیگر روی اسانس پوست نارنج (*Citrus Aurantium*) کشت شده در یونان انجام شد، لیمونن

بحث

تاکنون تحقیقات وسیع و متنوعی در خصوص اسانس پوست مرکبات در ایران و سایر کشورها انجام شده است که حاکی از ارزشمند بودن آنها به‌ویژه در بخش صنایع غذایی است. در یک پژوهش لیمونن ۸۷/۵ درصد در اسانس پوست پرتقال (*Citrus Sinensis*) شناسایی شد (Yohannes et al., 2023). در پژوهشی دیگر ۳۱ ترکیب شیمیایی در اسانس پوست پرتقال (*Citrus Sinensis*) شناسایی شد که در آن لیمونن (۸۲/۵۷ درصد) و سپس β -میرسن (۴/۷۳ درصد) ترکیبات اصلی بودند (Padilla-Camberos et al., 2022). در یک مطالعه دیگر اسانس پوست پرتقال (*Citrus Sinensis*) حاوی لیمونن (۸۶/۶۵ درصد) و β -میرسن (۲/۹۶ درصد) به‌عنوان اجزای اصلی بود (Qi et al., 2019). در

با ۹۴/۶۷ درصد و میرسن ۲/۰ درصد بیشترین مقدار را داشتند (Sarrou et al., 2013). در حالی که اسانس پسماند نارنج (*Citrus Aurantium*) مورد مطالعه با وجود عدم تازگی دارای ۷۰/۶۳ درصد لیمون بود که حاکی از ارزشمند و قابل استفاده بودن پسماند بود.

در یک پژوهش اسانس پوست لیموعمانی (*Citrus Aurantifolia*) مورد مطالعه قرار گرفت که D- لیمون (۷۱/۷ درصد)، β - پینن (۸/۵ درصد) و γ - ترپین (۷/۳ درصد) به عنوان اجزای اصلی شناسایی شدند (Tavallali et al., 2021). در یک مطالعه لیمون (۴۳/۳۵ درصد) و γ - ترپین (۱۵/۴۴ درصد) و β - پینن (۱۲/۵۷ درصد) به عنوان اجزای اصلی در اسانس پوست لیموعمانی (*Citrus Aurantifolia*) شدند (Lin et al., 2019). در پژوهشی دیگر D- لیمون (۶۳/۳۵ درصد)، ۳،۷-دی-متیل-۲،۶-اکتادیان-۱-ال (۷/۰۷)، ژرانیول (۶/۲۳)، E- سیترال (۴/۳۵ درصد)، Z- سیترال (۳/۲۹ درصد) و β - اوسیمین (۲/۲۵ درصد) به عنوان ترکیبات عمده اسانس پوست لیموعمانی (*Citrus Aurantifolia*) شناسایی شدند (Al-Aamri et al., 2018). در یک مطالعه دیگر روی اسانس پوست لیموعمانی (*Citrus Aurantifolia*)، D- لیمون (۵۸/۴ درصد)، β - پینن (۱۵/۴ درصد) و γ - ترپین (۸/۵ درصد) و سیترال (۴/۴ درصد) به عنوان اجزای اصلی شناسایی شدند (Spadaro et al., 2012). در اسانس پسماند مورد مطالعه لیموعمانی (*Citrus Aurantifolia*) نیز با وجودیکه چندین روز مرحله تازگی را سپری کرده بود با این وجود دارای ۳۱/۴ درصد لیمون بود.

در یک مطالعه روی اسانس پوست گریپفروت (*Citrus Paradisi*)، D- لیمون (۸۷/۵۱ درصد) و β - میرسن (۲/۹۹ درصد) به عنوان ترکیبات عمده شناسایی شدند (Ayache Kaouthar et al., 2020). در پژوهشی دیگر لیمون (۷۵/۰۷ درصد) و β - میرسن (۷/۲۵ درصد) به عنوان ترکیبات عمده اسانس پوست گریپفروت (*Citrus Paradisi*) معرفی شدند (Okunowo et al., 2013). در پژوهش دیگری D- لیمون (۸۸/۶ درصد)، β - پینن (۱/۲ درصد) به عنوان ترکیبات عمده اسانس پوست گریپفروت (*Citrus Paradisi*) شناسایی شدند (Uysa et al., 2011). در مطالعه انجام شده روی اسانس پسماند گریپفروت (*Citrus Paradisi*) لیمون دارای سهم ۷۰/۳۸ درصدی بود که میزان قابل ملاحظه‌ای محسوب می‌شد. همچنین اسانس‌های پوست پرتقال (*Citrus Sinensis*) و نارنج (*Citrus Aurantium*) کشت شده در شمال ایران بیشترین درصد لینالول را در بین گزارش‌های قبلی داشتند.

در خصوص فعالیت آنتی‌اکسیدانی و آنتی‌باکتریال اسانس پوست مرکبات گزارش‌هایی ارائه شده است. بر اساس یک مطالعه اسانس پوست لیمو ظرفیت آنتی‌اکسیدانی خوبی در مقایسه با اسیداسکوربیک نشان داد (Frassinetti et al., 2011). همچنین در مطالعه‌ای در مشخص شد اسانس پوست لیمو دارای اثر مهارکننده در مقابل استافیلوکوک اورئوس^۱ بوده که این اثر ضد میکروبی ممکن است مربوط به لیمون و γ -ترپین موجود در اسانس باشد. همچنین اسانس پوست لیمو در مهار رادیکال‌های آزاد با IC50 برابر ۵۴/۶۷ درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد. مطالعات بیشتر در مدل غذایی امکان استفاده از آنرا به عنوان یک جایگزین طبیعی در مقابل نگهدارنده‌های مصنوعی نشان داد (Moosavy et al., 2017). در یک بررسی بیشترین تأثیر بر علیه استافیلوکوک اورئوس را اسانس پوست لیموترش سپس اسانس پوست پرتقال دارد. همینطور اثر اسانس پوست لیموترش بر علیه اشرشیا کلی قوی و اثر اسانس پوست سپس اسانس پرتقال (*Citrus Sinensis*) دارای اثر متوسط است

¹. *Staphylococcus aureus*

آنتی‌باکتریایی و آنتی‌اکسیدانی انتخابی اثر ترکیبی اجزای مختلف اسانس نسبت داده می‌شود (Li et al., 2022). در خصوص بررسی خصوصیات ضد میکروبی، نتایج این مطالعه نشان داد که اسانس پوست مرکبات، به‌ویژه لیموعمانی (*Citrus Aurantium*) دارای فعالیت ضدباکتریایی قابل توجهی علیه باکتری‌های اشرشیاکلی (ATCC 11775) و استافیلوکوک اورئوس (ATCC 12600) است. حداقل غلظت مهارکننده رشد (MIC) برای استافیلوکوک اورئوس برابر با ۸ میلی گرم بر میلی لیتر و برای اشرشیاکلی ۱۶ میلی گرم بر میلی لیتر تعیین شد، در حالی که حداقل غلظت کشنده (MBC) برای هر دو باکتری ۳۲ میلی گرم بر میلی لیتر گزارش گردید. این یافته‌ها با نتایج مطالعات اخیر بر روی ترکیبات طبیعی ضدباکتریایی از گیاهان دارویی و اسانس‌ها همخوانی داشت مزیت قابل قابل رقابت بودن اسانس پسماند با پوست تازه در خصوص مرکبات در مقایسه با گزارش از اسانس پوست تازه قابل مشاهده است.

تفاوت مشاهده شده بین MIC و MBC در این مطالعه که نشان‌دهنده نیاز به غلظت بالاتر برای کشندگی کامل باکتری‌ها است، با یافته‌های مطالعاتی که به بررسی اثرات ضدباکتریایی ترکیبات گیاهی پرداخته‌اند، همخوانی دارد. این تفاوت نشان می‌دهد که بسیاری از ترکیبات طبیعی بیش‌تر اثر باکتریواستاتیک دارند و برای اثر باکتری‌کشی باید در غلظت‌های بالاتری استفاده شوند (Qaralleh et al., 2020). ترکیب شیمیایی تشکیل‌دهنده اسانس‌ها و مقدار آنها و نیز روش استخراج اسانس‌ها در تعیین فعالیت ضدباکتریایی آن‌ها در مطالعات مختلف مؤثر است.

(Ariani et al., 2022). در پژوهش دیگری اسانس پرتقال خونی (*Citrus Sinensis* (L.) Osbeck) بالاترین فعالیت ضد میکروبی را بر علیه میکروارگانیزم‌های اشریشیا کلی^۱، باسیلوس سرئوس^۲، استافیلوکوک اورئوس، سالمونلا تیفی‌موریوم^۳، لیستریا مونوسی‌توزن^۴ و انتروکوک فکالیز^۵ نشان داد (Bozkurt et al., 2017). در یک مطالعه نیز ترکیب شیمیایی و فعالیت ضدباکتریایی و آنتی‌اکسیدانی اسانس مرکبات شامل گریپ‌فروت (*Citrus Paradisi*)، پرتقال شیرین (*Citrus Sinensis*)، ترنج (*Citrus Bergamia*)، لیمو (*Citrus lemon*) و لیمون به‌عنوان ترکیب فعال عمده در اسانس آنها بررسی گردید. فعالیت ضدباکتریایی اسانس‌های استخراج شده روی سه باکتری اشریشیاکلی سالمونلا تیفی‌موریوم^۶ و لاکتوباسیلوس اسیدوفیلوس^۷ با اندازه‌گیری حداقل غلظت مهارکننده، حداقل غلظت کشنده و قطر ناحیه مهار^۸ (IZD) مورد آزمایش قرار گرفت. فعالیت آنتی‌اکسیدانی اسانس‌ها نیز با اندازه‌گیری فعالیت‌های مهار رادیکال آزاد DPPH^۹ و ABTS^۹ مورد ارزیابی قرار گرفت. اسانس‌ها عمدتاً از لیمون و ترپن‌ها تشکیل شده بود. آزمایش ضدباکتری نشان داد که اسانس‌های مرکبات دارای فعالیت ضدباکتری انتخابی هستند و اسانس لیمو بهترین فعالیت ضدباکتریایی انتخابی و بهترین توانایی مهار رادیکال‌های DPPH را داشت و نیز لیمون بهترین توانایی مهار را برای ABTS داشت. اگرچه ترکیب اصلی اسانس مرکبات لیمون بود، اما فعالیت

¹. *Escherichia coli*

². *Bacillus cereus*

³. *Salmonella typhimurium*

⁴. *Listeria monocytogenes*

⁵. *Enterococcus faecalis*

⁶. *Salmonella typhimurium*

⁷. *Lactobacillus acidophilus*

⁸. Inhibitory Zone Diameter

⁹. 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzthiazoline-6-sulphonic acid (ABTS)

نتیجه گیری نهایی

این یافته‌ها نشان داد که اسانس‌های حاصل از پسماند مرکبات می‌توانند منبع عالی لیمونن، آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و عوامل ضدباکتری باشند که ممکن است در صنایع آرایشی، غذا، یا داروسازی مورد استفاده قرار گیرند. لیمونن علاوه بر عطر مطبوعش دارای اثرات درمانی در برابر سرطان، عفونت، دیابت، التهاب، آلرژی و آسم است و خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارد. لیمونن می‌تواند جایگزینی امیدوارکننده برای توسعه داروهای گیاهی با پتانسیل ضدقارچی و ضدباکتریایی باشد. در مجموع، یافته‌های این پژوهش ضمن تأیید پتانسیل بالای اسانس پوست مرکبات، به ویژه لیموعمانی، به عنوان یک عامل طبیعی ضدباکتریایی، اهمیت بررسی ترکیبات شیمیایی دقیق و بهینه‌سازی روش‌های استخراج و آزمون را برجسته می‌سازد. این نتایج می‌تواند زمینه‌ساز توسعه کاربردهای دارویی و غذایی اسانس‌های مرکبات به عنوان نگهدارنده‌های طبیعی و عوامل ضدباکتریایی مؤثر باشد. از نظر اقتصادی، اسانس‌های رقیق نشده پوست مرکبات با داشتن

ترکیبات معطری نظیر لیمونن و لینالول یکی از رایج‌ترین و مهم‌ترین اسانس‌های تولید شده در سطح جهان هستند که به دلیل طعم خوب در صنایع غذایی، دارویی، شیرینی‌پزی و آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می‌گیرد و با قیمت بالایی در بازار بین‌المللی رایحه درمانی و لوازم آرایشی فروخته می‌شوند و از این رو می‌توانند یک تجارت جانبی جذاب در کشورهای صاحب مرکبات باشند. صنعت فرآوری مرکبات و مصرف تازه آن‌ها سالانه مقادیر زیادی ضایعات مرکبات را تولید می‌کند که تقریباً ۵۰ درصد از میوه‌های تازه را تشکیل می‌دهد. توسعه روش‌هایی برای تبدیل این ضایعات پوست به محصولات با ارزش افزوده بسیار مهم است. از آنجایی که پوست مرکبات غنی از اسانسی ارزشمند است، استخراج این اسانس و برنامه‌ریزی به‌منظور کاربرد آن‌ها یکی از بهترین راه‌ها برای استفاده از این منبع طبیعی به‌شمار می‌رود.

سپاسگزاری

از حمایت مالی سازمان جهاد شهیدبهرشتی سپاسگزاری می‌گردد.

References

- Adams, R.P. (2001). Identification of essential oils by ion trap mass spectroscopy. Academic Press: New York.
- Anagnostopoulou, M.A., Kefalas, P., Papageorgiou, V.P., Assimopoulou, A.N., and Boskou, D. (2006). Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (*Citrus sinensis*). *Food Chemistry*. 94(1): 19-25. [DOI:10.1016/j.foodchem.2004.09.050](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.09.050).
- Ariani, S.R.D., Purniasari, L., Basyiroh, U., and Evangelista, E. (2022). Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oils from peels of four *Citrus* species growing in Indonesia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*. 25(4): 741-757. [DOI:10.1080/0972060X.2022.2119890](https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2119890)
- Ayache Kaouthar, N., Boudina, A., Abderrahmani, A., Oukil, S., & Foudil-Cherif, Y. (2020). Chemical composition, antimicrobial and insecticidal activities of *Citrus Paradisi* peel essential oil from Algeria. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences (JMBFS)*. 9(6): 1093-1098. [DOI: 10.15414/jmbfs.2020.9.6.1093-1098](https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.9.6.1093-1098).
- Azhdarzadeh, F., and Hojjati M. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of leaf, ripe and unripe peel of bitter orange (*Citrus Aurantium*) essential oils. *Nutrition and Food Sciences Research (NFSR)*. 3(1): 43-50. [DOI:10.18869/acadpub.nfsr.3.1.43](https://doi.org/10.18869/acadpub.nfsr.3.1.43).
- Bozkurt, T., Gülnaz, O., and Aka Kaçar, Y. (2017). Chemical composition of the essential oils from some *Citrus* species and evaluation of the antimicrobial activity. *IOSR Journal of Environmental Science*.

- Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*. 11(10): 1-8. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jestft/papers/vol11-issue%2010/Version-1/A1110010108.pdf>.
- Frassinetti, S., Caltavuturo, L., Cini, M., Della, Croce, C.M., and Maserti, B.E. (2011). Antibacterial and antioxidant activity of essential oils from *Citrus spp.* *Journal of Essential Oil Research*. 23(1): 27-31. DOI:10.1080/10412905.2011.9700427.
- Jing, L., Lei Z., Li, L., Xie R., Xi, W., Yu, G., Sumner, L.W., and Zhou, Z. (2014). Antifungal activity of *Citrus* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62(14): 3011-3033. DOI 10.1021/jf5006148.
- Lertsatitthanakorn, P.S., Taweechaisupapong, C., & Aromdee Khunkitti, W. (2006). In vitro bioactivities of essential oils used for acne control. *International Journal of Aromatherapy*, 16(1): 43-49. DOI:10.1016/j.ijat.2006.01.006.
- Li, Y., Liu, S., Zhao, C., Zhang, Z., Nie D., Weixuan, Tang, W., and Li, Y. (2022). The Chemical composition and antibacterial and antioxidant activities of five *Citrus* essential oils. *Molecules*. 27(20): 7044-7058. DOI: 10.3390/molecules27207044.
- Lin, L.Y., Chuang, C.H., Chen, H.C., and Yang, K.M. (2019). Lime (*Citrus Aurantifolia* (Christm.) Swingle) Essential oils: volatile compounds, antioxidant capacity and hypolipidemic effect. *Foods*. 8(9):398-409. DOI: 10.3390/foods8090398.
- Lv, X., Zhao, S., Ning Z., Zeng, H., Shu, Y, Tao, O., Xiao, C., Lu, C., and Lie, Y. (2015). *Citrus* fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health. *Chemistry Central Journal*. 9(68): 1-14. DOI: 10.1186/s13065-015-0145-9.
- Moosavy, M.H. Hassanzadeh, P. Mohammadzadeh, E. Mahmoudi, R. Khatibi, S.A., and Mardani, K. (2017). Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of Lemon (*Citrus Llimon*) peel in vitro and in a Food Model. *Journal of Food Quality and Hazards Control*. 4(2): 42-48. <https://jfqhc.ssu.ac.ir/article-1-335-en.pdf>.
- Okunowo, W.O., Oyediji, O., Afolabi, L.O., and Matanmi, E. (2013). Essential oil of grape fruit (*Citrus paradisi*) Peels and its antimicrobial activities. *American Journal of Plant Sciences*. 4(7B): 1-9. DOI: 10.4236/ajps.2013.47A2001.
- Padilla-Camberos, E., Sanchez-Hernandez, I.M., Torres-Gonzalez, O.R., Gallegos-Ortiz, M.R, Méndez-Mona, A.L., Baez-Moratilla, P., and Flores-Fernandez, J.M. (2022). Natural essential oil mix of sweet orange peel, cumin, and allspice elicits anti-inflammatory activity and pharmacological safety similar to non-steroidal, anti-inflammatory drugs. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 29(5): 3830-3837. DOI: 10.1016/j.sjbs.2022.03.002.
- Qaralleh, H.A., Al-Limoun, M.O., Khlaifat, A., Khleifat, K.M., Al-Tawarah, N., Alsharafa, K.Y., and Abu-Harirah, H.A. (2020). Antibacterial and antibiofilm activities of a traditional herbal formula against respiratory infection causing bacteria. *Tropical Journal of Natural Product Research (TJNPR)*. 4(9): 527-534. DOI:10.48550/arXiv.2102.04301.
- Qi, L., Nana, H., Ying, P., Chunhua, Z., and Siyi, P. (2019). Peel oils from three *Citrus* species: volatile constituents, antioxidant activities and related contributions of individual components. *Journal of Food Science and Technology (JFST)*. 56(10): 4492-4502. DOI: 10.1007/s13197-019-03937-w.
- Sarrou, E., Chatzopoulou, P., Dimassi-Theriou, K., and Therios, I., (2013). Volatile constituents and antioxidant activity of peel, flowers and leaf Oils of *Citrus Aurantium* L. Growing in Greece. *Molecules*. 18(9): 10639-10647. DOI: 10.3390/molecules180910639.
- Schieber, A., Stintzing, F.C., and Carle, R. (2001). Byproducts of plant food processing as a source of functional compounds recent developments. *Trends in Food Science & Technology*. 12(11): 401-413. DOI:10.1016/B978-0-08-100596-5.21346-2.
- Shibamoto, T. (1987). Retention indices in essential oil analysis: 259-274, In: Sandra, P. and Bicchi, C., (Eds.), Capillary gas chromatography in essential oils analysis. Dr. Alfred Huethig Verlag, New York.
- Tauseef, A., Huma, Q., Arooj, F, Kanwal, S., Gadah, A., Asif, K., Asma, A., and Wajid, Z. (2023). *Citrus Sinensis* peel oil extraction and evaluation as an antibacterial and antifungal agent. *Microorganisms*. 11(7): 1662-1674. DOI: 10.3390/microorganisms11071662.
- Tavallali, H., Bahmanzadegan, A., Vahid Rowshan, V., and Tavallali, V. (2021). Essential oil composition, antioxidant activity, phenolic compounds, total phenolic and flavonoid contents from pomace of *Citrus Aurantifolia*. *The Journal of Medicinal Plants and By-Products (JMPB)*. 10(1): 103-116. DOI: 10.22092/jmpb.2020.341476.1175.

- Uysa, B., Fazli Sozmen, F., Aktas, O., Oksal, B.S., and Odabas Kose, E. (2011). Essential oil composition and antibacterial activity of the grapefruit (*Citrus Paradisi. L*) peel essential oils obtained by solvent-free microwave extraction: comparison with hydrodistillation. *International Journal of Food Science & Technology*. 46(7): 1455-1461. [DOI:10.1111/j.1365-2621.2011.02640.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02640.x).
- Velázquez-Núñez, M.J., Avila-Sosa, R., Palou, E., & López-Malo A. (2013). Antifungal activity of orange (*Citrus sinensis* var. *Valencia*) peel essential oil applied by direct addition or vapor contact. *Food Control*. 31(1): 1-4. [DOI:10.1016/j.foodcont.2012.09.029](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.029).
- Yohannes, R., Geremew, T., Tafese, T., & Endal, M. (2023). Antibacterial and antioxidant activity of compounds from *Citrus Sinensis* L. peels and in silico molecular docking study. *International Journal of Surgery and Medicine (IJSM)*. 10(3): 437-458. [DOI:10.21448/ijsm.1180610](https://doi.org/10.21448/ijsm.1180610).

