Eco–phytochemical
Journal of Medicinal Plants
Print ISSN: 2322-3235
Online ISSN: 2783-4697
Islamic Azad University Gorgan Branch
Iranian Society of Medical Plants

Effect of UV-B radiation, gamma radiation and essential oil of *Satureja mutica* Fisch & C. A. Mey on the activity of microbial pathogens

Bohloul Abbaszadeh[1*], Fatemeh Mahdi-Navasi[2], Razieh Azimi[1], Vahid Abdossi[2], Marjan Diyanat[2]

[1] Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran, Email: babaszadeh@rifr-ac.ir

[2] Department of Agricultural and Horticultural Sciences, SR. C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Article type:
Research article

Article history
Received: 2024/09/13
Revised: 2025/02/02
Accepted: 2025/02/08

Keywords
Disinfection
Escherichia coli
gamma rays
mold
Satureja mutica
yeast

Abstract

This study examines the effects of UV-B radiation and gamma radiation on the disinfection of field-harvested plants, alongside an investigation of the antimicrobial activity of essential oil derived from *Satureja mutica* in three distinct experiments. In the first experiment, harvested plants underwent UV-B treatment for durations of 0, 2.5, 5, 7.5, and 10 hours. The second experiment involved the exposure of samples to gamma radiation at doses of 0, 2.5, 5, 7.5, and 10 kGy. The final experiment assessed the antimicrobial effects of essential oil extracted from fresh *S. mutica* against the bacterial strains *Escherichia coli*, *Pseudomonas fluorescens*, and *Staphylococcus aureus*. The findings reveal that UV-B radiation exhibited the highest inhibition of microbial activity on Enterobacteriaceae, *S. aureus*, and molds and yeasts of the present study after an exposure duration of 10 hours. Furthermore, gamma radiation demonstrated significant antimicrobial effects on Enterobacteriaceae, *S. aureus*, *Salmonella*, and all molds and yeasts, with statistical significance at the 1% level. At the optimal gamma irradiation dose of 10 kGy, the microbial activity was quantified as 2.24% for Enterobacteriaceae, 1.83% for *S. aureus*, 0.79% for *Salmonella*, and 10.8% for molds and yeasts. Additionally, an evaluation of the essential oil concentration indicated that the highest inhibition of bacterial growth occurred with the application of pure essential oil. Specifically, the activity of *E. coli* was diminished by 41.3%, that of *Ps. fluorescens* by 16.7%, and that of *S. aureus* by 42.3%. In conclusion, the results indicate that UV-B radiation is not an effective method for the disinfection of plants. In contrast, gamma radiation at doses of 7.5 kGy and above demonstrates substantial efficacy in controlling microbial agents. Moreover, the application of *Satureja mutica* essential oil presents promising potential for managing microbial activity.

Cite this article as: Abbaszadeh, B., Mahdi-Navasi, F., Azimi, R., Abdossi, V., Diyanat, M. (2025). Effect of UV-B radiation, gamma radiation and essential oil of *Satureja mutica* Fisch & C. A. Mey on the activity of microbial pathogens. *Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants,* 12(4): 47-60.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1183774 Dor:

اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی
شاپا چاپی: ۲۳۲۲-۳۲۳۵
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۹۷
دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان
انجمن گیاهان دارویی ایران ثبت ۱۸۹۶۳

تاثیر اشعه UV-B، اشعه گاما و اسانس مرزه موتیکا (*Satureja mutica* Fisch & C. A. Mey) بر میزان فعالیت عوامل میکروبی

بهلول عباس‌زاده[1*]، فاطمه مهدی نوه‌سی[2]، راضیه عظیمی[1]، وحید عبدوسی[2]، مرجان دیانت[2]

[1] بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، رایانامه: babaszadeh@rifr-ac.ir

[2] گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۲۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۰

واژه‌های کلیدی:
اشرشیاکلی
اشعه گاما
ضدعفونی
کپک
مخمر
مرزه جنگلی
(*Satureja mutica*)

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر اشعه UV-B و اشعه گاما بر ضد عفونی گیاهان برداشت شده از مزرعه و نیز بررسی فعالیت ضد میکروبی اسانس *Satureja mutica* در قالب ۳ آزمایش جداگانه اجرا شد. در آزمایش اول، گیاهان برداشت شده تحت تیمار UV-B به مدت صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ ساعت قرار گرفتند. در آزمایش دوم، نمونه‌ها تحت تابش اشعه گاما به میزان ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ کیلوگری قرار گرفتند. در آزمایش سوم، اثر ضدمیکروبی اسانس گیاه تازه مرزه جنگلی (*S. mutica*) بر باکتری‌های *Escherichia coli*، *Pseudomonas fluorescens* و *aureus* - *Staphylococcus* بررسی شد. اثر اشعه UV-B بر باکتری‌های انتروباکتریاسه، *استافیلوکوکوس اورئوس* و کل کپک‌ها و مخمرها نشان داد که بیشترین بازدارندگی فعالیت میکروبی با تابش UV-B به مدت ۱۰ ساعت به‌دست آمد. اثر ضد میکروبی اشعه گاما بر باکتری‌های انتروباکتریاسه، *استافیلوکوکوس اورئوس*، سالمونلا و کل کپک‌ها و مخمرها در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در تابش اشعه گاما ۱۰ کیلوگری به عنوان یک شرایط بهینه، فعالیت میکروبی انتروباکتریاسه، *استافیلوکوکوس اورئوس*، سالمونلا و کل کپک‌ها و مخمرها به ترتیب ۲/۲۴، ۱/۸۳، ۰/۷۹ و ۱۰/۸ درصد تعیین شد. اثر غلظت اسانس بر درصد آلودگی میکروبی نشان داد که بیشترین مهار رشد باکتری‌های مورد بررسی، در تیمار اسانس خالص مشاهده شد به‌طوری که از فعالیت *اشرشیاکلی* ۴۱/۳٪، *سودوموناس فلورسنس* ۱۶/۷٪ و *استافیلوکوکوس اورئوس* ۴۲/۳٪ کاسته شد. نتایج نشان داد که استفاده از اشعه UV-B برای ضدعفونی گیاهان موثر نبود. استفاده از اشعه گاما ۷/۵ کیلوگری و بیشتر از آن در کنترل عوامل میکروبی بسیار موفق بود، همچنین استفاده از اسانس *Satureja mutica* در کنترل عوامل میکروبی نتایج امیدبخشی داشت.

استناد: عظیمی، بهلول؛ مهدی نوه‌سی، فاطمه؛ عظیمی، راضیه؛ عبدوسی، وحید؛ دیانت، مرجان. (۱۴۰۳). تاثیر اشعه UV-B، اشعه گاما و اسانس مرزه موتیکا (*Satureja mutica* Fisch & C. A. Mey) بر میزان فعالیت عوامل میکروبی *فصلنامه اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی*، ۱۲(۴)، ۶۰-۴۷.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi: https://doi.org/10.71847/ejmp.2025.1183774

مقدمه

جنس مرزه متعلق بـه تیره نعنـاعیـان، در ایران ۱۴ گونه علفی یک سـاله و چندسـاله دارد که در مناطق مختلف کشـور مانند اسـتان‌های لرسـتان، خوزسـتان، ایلام، کرمانشـاه، اصـفهان، نواحی شمال شرقی، گیلان، یزد و بعضـی نقـاط دیگر می‌رویند. گونـه‌هـایی که انحصـاری ایران هسـتند شـامـل *S. edmondi*، *S. bachtiarica*، *S. kallarica*، *S. sahandica*، *S. khuzestanica*، *S. isophylla*، *S. mutica*، *S. intermedia*، *S. rechingeri* و *S. atropatana* می‌باشـند (Mozaffarian, 1996). بر اسـاس نتایج تحقیقـات، خواص بیولوژیکی و درمـانی متعـددی از گیاه مرزه نظیر ضـد ویروسی، ضد التهاب (Amanlou *et al*., 2005)، ضـد باکتری، ضـد قارچی (Farzaneh et al., 2015; Sharifzadeh et al., 2016)، ضد اسپاسم، تقویـت‌کننـده معـده، کاهش درد و درمان بیماری‌های عفونی و تسـهیل کننده هضـم، گزارش شـده اسـت (Tepe and Cilkiz, 2016).

طبق تحقیقات انجام شـده از اسـانس *S. mutica*، مـاده مـوثـره تـیـمـول (Thymol) و کـارواکـرول (Carvacrol) به عنوان ترکیبات اصـلی شناخته شده‌اند و پس از آن ترکیبـات دیگری مـانـنـد پـارا-سـیـمن (*p*-cymene) و گاما-ترپنین (γ-terpinene) یافت شده اسـت (Skočibušić and Bezić, 2004). عـواملی مختلفی نظیر روش‌های خشـک کردن و اسـتخراج و هم‌چنین مرحله نمو گیاه، شـدت نور خورشـید، دما و آب و هوا روی عملکرد اسانس و اجزای آن در جنس مرزه اثر می‌گـذارنـد (Dardioti et al., 2010). برای نمونه، نتایج مطالعه آشکار نمود که روش‌های مختلف خشـک کردن تحت شرایط نور خورشید، سایه و آون در دمـای ۴۵ درجـه سـانتی‌گراد همراه بـا روش‌های مختلف اسـتخراج اسـانس، محتوی و ترکیـب‌های اسانس مرزه یک ساله (*Satureja hortensis*) را تحت تأثیر قرار می‌دهند. اجزای اصلی در کلیه این نمونه‌های اسانس شامل کارواکرول و گاما-ترپینین شناسایی شد، بـه طوری‌که در بین آنها کارواکرول (۴۸/۱ درصـد) ترکیب اصـلی در اسـانس اسـتخراج شـده از نمونه خشک شده در آون بود در حالی‌که گاما ترپینن (۷۰/۴ درصـد) ترکیب اصلی یافت شده در اسانس استخراج شده با روش استخراج اسانس با بخار بود (Sefidkon et al., 2006). اسانس *S. rechingeri* در مراحل شروع گـل‌دهی و گلـدهی کـامـل با اسـتفاده از روش‌های مختلف تقطیر اسـتخراج شد. یافته‌ها حاکی از این بود که کارواکرول اصـلی‌ترین جزء تشـکیل دهنده اسانس بود و میزان آن در مرحله گلدهی کامل از ۸۴ الی۸۹/۳ درصـد متغیر بود (Sefidkon et al., 2007). بر اسـاس نـتـایـج یـک تحقیق، محتوی تیمول در اسـانس *S. obovata* جمع‌آوری شـده از عرصـه‌های طبیعی همزمـان بـا افزایش تنش‌هـای محیطی افزایش یـافت (Mastelić and Jerković, 2003).

فعالیت ضدمیکروبی عصاره‌های متانولی و هگزانی *S. hortensis* در برابر ۱۴۷ سـویه آزمایشـگاهی متعلق بـه ۵۵ گونـه بـاکتری از جنس‌هـای Acinetobacter، Alcaligenes، Agrobacterium، Bacillus، Brevundimonas، Brucella، Burkholdria، Citrobacter، Clavibacter، Curtobacterium، Enterobacter، Erwinia، Escherichia، Flavobacterium، Klebsiella، Kocuria، Leclercia، Micrococcus، Neisseria، Pantoea، Plesiomonas، Proteus، Pseudomonas، Ralstonia، Salmonella، Staphylococcus، Stenotrophomonas، Streptococcus، Xanthomonas و ۳۱ ایزولـه یـک مخمر (*Candida albicans*) و چهار گونه قارچ شامل *Alternaria alternata*، *Aspergillus flavus*، *Fusarium oxysporum* و *Penicillium* spp. مـورد

ارزیابی قرار گرفت. نتایج این تحیق نشان داد که عصاره متانولی در مقایسه با عصاره هگزانی یک ضد میکروب قوی‌تر می‌باشد، بعلاوه، مشخص شد که ایزوله‌های بالینی *Escherichia coli*، *Kocuria varians* و *Micrococcus luteus* به عصاره متانولی *S. hortensis* حساس‌تر بوده که بیان کننده این است که عصاره مذکور می‌تواند برای درمان عفونت‌های انسانی استفاده گردد (Sahin et al., 2003).

اسانس *S. montana* به‌طور قوی پاتوژن‌هایی نظیر *E. coli*، *Plesiomonas shigelloides*، *Shigella flexneri*، *Salmonella enterica serov typhimurium*، *Yersinia enterocolitica* و *Vibrio parahaemolyticus* را که از بیماران با عفونت داخلی جداسازی شده بود، مهار کرد (Skočibušić and Bezić, 2003). گزارش شده است که اسانس مرزه *S. montana* با غلظت یک درصد به مقدار زیادی رشد قارچ *Botrytis cinerea* و *Penicillium expansum* در کنترل پس از برداشت سیب را مهار کرد و این مهار مشابه با کنترل شیمیایی استفاده شده بعد از ۱۵ روز بود (Lopez-Reyes et al., 2013). هم‌چنین گزارش شده است که اسانس *S. thymbra* حاوی مقادیر زیادی از ترکیبات فنلی (تیمول و کارواکرول) بود و اثر مهارکنندگی قوی در برابر *Fusarium moniliforme*، *Rhizoctonia solani*، *Sclerotinia sclerotiorum* و *Phytophthora capsici* نشان داد.

در تحقیقی که اثر ضدباکتریایی تیمول، کارواکرول، پارا-سیمن و گاما-ترپنین علیه *Staphylococcus aureus* و *Escherichia coli* مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که تیمول به طور قابل توجهی نسبت به *استافیلوکوکوس اروئوس* سمی‌تر از سه مونوترپن دیگر بود، در حالی که کارواکرول و پارا-سیمن بیشترین بازدارندگی را در برابر *E. coli* داشتند و ترکیبات فنلی فعالیت ضدقارچی روی غشاءهای سلولی ایجاد کننده نشت متابولیت‌های درون‌سلولی نشان می‌دهند (Cristani et al., 2007). به‌علاوه، معلوم شده است که اگرچه اسانس *S. hortensis* دارای فعالیت ضدقارچی زیادی در مقایسه با آمفوتریسین B (Amphotericin B) به عنوان استاندارد مثبت می‌باشد، عصاره متانولی آن اثر ضدقارچی را نشان نداد. فعالیت ضدقارچی اسانس ممکن است به غلظت بالای ترکیبات فنلی نظیر کارواکرول و تیمول اسانس نسبت داده شود (Gulluce et al., 2003). بعلاوه، هیدروسول *S. hortensis* در دوز ۱۵ درصد، فعالیت ضدقارچی با مهار ۱۰۰ درصد رشد میسیلیوم چندین پاتوژن گیاهی نظیر *R. solani*، *B. cinerea* و *A. citri* را نشان داد (Boyraz and Özcan, 2005).

اسانس مرزه جنگلی *S. mutica* در برابر برخی از قارچ‌های تاژک‌دار نظیر *Aspergillus niger*، *Trichophyton rubrum*، *Trichoderma reesei* و *Microsporum gypseum* با استفاده از تکنیک غذای سمی مورد بررسی قرار گرفت. مقادیر MIC اسانس در برابر کلیه قارچ‌های مورد بررسی به صورت ۰/۲۵ ≥ میکرولیتر بر میلی‌لیتر محاسبه شد (Behravan et al., 2004). جوانه‌زنی اسپور قارچ‌های *Afternaria solani*، *Sclerotium cepivorum* و *Colletotrichum coccodes* توسط عصاره یک درصد اسانس *S. parvifolia* مهار شد اگرچه اسپورها زمانی که به محیط عاری از اسانس انتقال یافتند جوانه‌زنی را شروع کردند. این امر بدین معنی است که اسانس باعث مهار قابل برگشت شده و اسپوری را لیز نکرده است. بعلاوه، اسانس ذکر شده در بالا با غلظت یک درصد باعث مهار کامل رشد میسیلیوم شد، در حالی‌که باعث مرگ میسیلیوم نشد زیرا میسیلیوم قارچ‌ها قادر به رشد در محیط عاری از اسانس بودند (Zygadlo and Grow, 1995). هم‌چنین، اسانس‌های حاصل از *S. boissieri*، *S. coerulea*، *S. pilosa* و *S. icarica*

مهار اسپور در برابر *Penicillium canescens* بعد از سه روز انکوباسیون نشان داد، در حالی‌که آنها نتوانستند جوانه‌زنی اسپورهای *A. niger*، *Penicillium steckii* و *P. sublateritium* را مهار کنند (Azaz et al., 2002).

استافیلوکوک اورئوس مهمترین باکتری عامل ونتیلاتور (*VAP*) است و بعد از آن *سودوموناس آئروژینوزا* است، ولی به صورت کلی باکتری‌های گرم منفی بیشترین علت *VAP* را تشکیل می‌دهند و در سال‌های اخیر نیز نقش باکتری‌های گرم مثبت در میزان بروز *VAP* نیز افزایش یافته است (Wu et al., 2019). Ramezanpour و همکاران (۲۰۱۶) اثر ترکیبی اسانس آویشن شیرازی، برگ‌بو و بابونه بر باکتری *اشرشیاکلی* پاتوژن را بررسی کردند. حداقل غلظت بازدارندگی برای اسانس‌های آویشن شیرازی، برگ‌بو و بابونه به ترتیب برابر با ۰/۰۱، ۰/۱ و ۰/۰۵ و حداقل غلظت کشندگی نیز به ترتیب برابر با ۰/۱، ۰/۵ و ۰/۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر تعیین گردید. اسانس آویشن شیرازی با ٦٤/٢٪ مشارکت، دارای بیشترین اثر ضدباکتریایی بر باکتری *اشرشیاکلی* بود.

این تحقیق به منظور تعیین مناسب‌ترین روش خشک کردن و ضدعفونی گیاه دارویی مرزه گل‌سفید (*Satureja mutica*) و بررسی مزایا و معایب روش‌های مورد مطالعه و ارائه مناسب‌ترین روش ضدعفونی و خشک کردن انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

سرشاخه گل‌دار نمونه‌های مرزه موتیکا (*Satureja mutica* Fisch & C.A. Mey) از مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور واقع در کرج (۵ کیلومتری جنوب شرق شهرستان کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤٨ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه شرقی، ارتفاع ۱۳۲۰ متری از سطح دریا، متوسط بارندگی منطقه حدود ۲۳۵ میلیمتر، حداقل درجه حرارت آن ۲۰- درجه سانتیگراد و حداکثر درجه حرارت آن ۳۸ درجه سانتی‌گراد، جهت باد غالب منطقه از شرق و جنوب شرق) در سال ۱۳۹۹ جمع‌آوری شد (IRMO, 2021).

این تحقیق در قالب ۳ آزمایش جداگانه و به‌صورت طرح کاملا تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. در آزمایش اول گیاهان برداشت شده در انستکتاریم ایستگاه تحقیقات البرز در معرض تیمار نور UV-B از طریق لامپ‌های UV-B قرار داده شدند، به منظور ضدعفونی همه قسمت‌های گیاه، هر نیم ساعت گیاهان زیر و رو می‌شدند. عامل پرتودهی شامل مدت زمان صفر، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ ساعت بود.

در آزمایش دوم نمونه‌هایی از این گیاه به سازمان انرژی اتمی انتقال داده شد تا بر روی آنها تیمار تابش اشعه گاما اعمال گردد. از پرتودهی گاما به میزان۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ کیلوگری استفاده شد. برای ارزیابی تاثیر ضدعفونی‌کنندگی تیمارهای اعمال شده، از نمونه‌های گیاهی هر تیمار هر دو آزمایش، ابتدا ۱۰ گرم نمونه گیاهی وزن شده و با ۹۰ میلی لیتر آب پپتون‌دار شستشو داده شد و بدین ترتیب محلول آماده هموژنایز برای انجام آزمایشات بدست آمد.

سپس به منظور تخمین میزان کل کپک‌ها و مخمرها از محیط کشت یست اکسترکت (Yeast extract) گلوکز کلرامفنیکول آگار (YGC) استفاده شد. رقت‌های ۱-۱۰ و ۲-۱۰ به محیط کشت اضافه و به‌مدت ٤٨ ساعت در انکوباتور ۳۰ درجه قرار گرفت (ISO 7954.1987). برای تخمین تعداد باکتری‌های انتروباکتریاسه مطابق روش استاندارد ISO 4832 عمل شد، به این صورت که ابتدا رقت‌های ۱-۱۰ و ۲-۱۰ میلی‌لیتر از محلول روی محیط کشت ویولت‌رد بایل‌لاکتوز آگار (Violet red bile lactose agar) به

صورت دو لایه ریخته شد، سپس پلیت‌ها به مدت ٢٤ ساعت در دمای ٣٧ درجه سانتی‌گراد آنکوبه و کلنی‌های تشکیل شده محاسبه شدند (ISO 4832, 2006).

حجم ١-١٠ میلی‌لیتر محلول پپتون واتر (Peptone water) برای تخمین میزان *Staphylococcus aureus* روی سطح پلیت‌های بردپارکر آگار (Baird Parker agar) حاوی امولسیون زرده تخم مرغ ریخته شده و در انکوباتور قرار گرفتند. روش تشخیص این باکتری با استفاده از شکل ظاهر (کلنی‌های سیاه رنگ روی سطح پلیت) بود.

شناسایی سالمونلا (*Salmonella* spp.) مطابق روش استاندارد ISO6579 با استفاده از محلول پپتون واتر که قبلا آماده شده بود و به‌ترتیب استفاده از تتراتیونات‌براث (Tetrathionate broth) و راپاپورت براث (Rappaport broth) به مدت ٢٤ ساعت در دمای ٣٧ درجه سانتی‌گراد، سپس برای کشت به محیط کروم آگار سالمونلا انتقال داده شد. در آزمایش سوم از نمونه گیاهی تر و تازه به روش تقطیر با آب (طرح کلونجر) به مدت ٢ ساعت اسانس‌گیری شد.

بررسی اثر ضدمیکروبی اسانس به روش انتشار از چاهک (Agar well diffusion) انجام شد. میکروارگانیسم‌های *Escherichia coli* (IBRC-10698), *Pseudomonas fluorescens* (IBRC-10752), *Staphylococcus aureus* (IBRC-10917) به مدت ٢٤ ساعت بر روی محیط کشت Tryptic Soy Agar (TSA) کشت داده شدند. از این کشت‌ها در محلول نمکی (٠/٩٪ NaCl) کدورتی معادل ٠/٥ مک فارلند تهیه شد. از این مایه تلقیح با استفاده از میله شیشه‌ای به روش چمنی بر روی محیط کشت مولرهینتون آگار (Muller hinton agar plates) کشت داده شدند. سپس به‌وسیله پیپت استریل (با پیپت شماره ٥ و عمق ٤ میلی‌متر) روی محیط کشت چاهک ایجاد شد و درون هر چاهک ٥٠ میکرولیتر عصاره مورد نظر ریخته شد و پلیت‌های مربوط به سویه‌های *Escherichia coli* و *Staphylococcus aureus* به مدت ٢٤ ساعت در دمای ٣٧ درجه و پلیت مربوط به سویه *Pseudomonas fluorescens* نیز به مدت ٢٤ ساعت با دمای ٢٦ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور گرماگذرای شد. توئین ٢٠ با غلظت ٢٥ درصد هم به عنوان کنترل منفی مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش با سه تکرار انجام شد و قطر هاله عدم رشد پس از ٢٤ ساعت اندازه‌گیری شد (شکل ١).

آنالیز آماری

داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ٠/٠٥ ≥ P مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج

آزمایش اول: نتایج بررسی اثرات ضد میکروبی اشعه فرابنفش (UV-B)

همان‌طوری که در نتایج جدول ١ نشان می‌دهد اثر اشعه UV-B بر فعالیت باکتری‌های انتروباکتریاسه، *استافیلوکوکوس اورئوس* و کل کپک‌ها و مخمرها در سطح یک درصد معنی‌دار است.

مقایسه میانگین اثر تابش UV-B بر میزان فعالیت میکروبی نشان داد که در تمام صفات مورد بررسی، بیشترین بازدارندگی برای UV-B به مدت ١٠ ساعت مشاهده شد که در باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه با تیمار ٧/٥ ساعت تفاوت معنی‌داری نداشت، اما در *استافیلوکوکوس اورئوس* و کل کپک‌ها و مخمرها با تیمار ٧/٥ ساعت تفاوت معنی‌دار داشت (جدول ٢).

جدول ۱: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر اشعه UV-B بر میزان فعالیت میکروبی در *Satureja mutica*

منبع تغییر	درجه آزادی	Salmonella	*Staphylococcus aureus*	Enterobacteriaceae	Mold and Yeast
تیمار	٤	٤/٠٤**	٧٣١/٣٥**	٣٨٦/٥**	١٨٦/٨٧**
خطا	١٠	٠/١٣	١٨/١٢	٩/٥٧	٦/٠٥
ضریب تغییرات	-	١٤/٧	١٨/٣٥	٢١/٦٥	٧/١

** نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ است.

جدول ۲: مقایسه میانگین اثر تابش UV-B بر میزان فعالیت میکروبی (درصد) در *Satureja mutica*

تیمار (تابش UV-B -ساعت)	Salmonella	*Staphylococcus aureus*	Enterobacteriaceae	Mold and Yeast
٠	٠/٨ c	٤٢/٧٤ a	٣٢/٥٩ a	٤٣/٩٧ a
٢/٥	١٤/٩٧ a	٣٤/٠١ b	١٧/١٣ b	٣٩/٤ b
٥	١١/٣٢ a	٢٢/٢٤ c	١٠/٩ c	٣٥/٤ b
٧/٥	٥/٨ b	١٣/٠٧ d	٦/٦ cd	٣٠/٧٦ c
١٠	٣/٩٥ c	٣/٩ e	٤/٢ d	٢٣/٥١ d

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بازدارندگی فعالیت میکروبی باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه و کپک‌هاو مخمرها (r = ٠/٨٥**)، هم‌چنین بین باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه و *استافیلوکوکوس اورئوس* (r = ٠/٨٧**) به وسیله اشعه UV-B نشان داده شد (جدول ۳).

آزمایش دوم: نتایج بررسی اثرات ضد میکروبی اشعه گاما: نتایج بررسی اثرات ضد میکروبی اشعه گاما بر فعالیت باکتری‌های انتروباکتریاسه، *استافیلوکوکوس اورئوس*، سالمونلا و کل کپک‌ها و مخمرها در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤).

جدول ۳: نتایج همبستگی ساده صفات مورد بررسی تحت تاثیر اشعه UV-B

عامل	*Enterobacteriaceae*	*Staphylococcus aureus*	Salmonella	Mold and Yeast
Enterobacteriaceae	١			
Staphylococcus aureus	٠/٨٧ **	١		
Salmonella	٠/٢٧ **	٠/٠٤ ns	١	
Mold and Yeast	٠/٨٥ **	٠/٨٨**	٠/١٣ ns	١

ns,**: به‌ترتیب همبستگی غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱٪.

جدول ٤: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر اشعه گاما بر میزان فعالیت میکروبی در *Satureja mutica*

منبع تغییر	درجه آزادی	Salmonella	*Staphylococcus aureus*	Enterobacteriaceae	Mold and Yeast
تیمار	٤	۱/۸۵**	۱۱/۷**	٤۳۷/٤**	٤٦٦/۲**
خطا	۱۰	۰/۰۹۵	۰/۳۹	٤/۵	۱۱/٤۵
ضریب تغییرات	-	۱۷/٤	۱٦/۳	۱۷/۷	۱۳/۵

** نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ است.

مقایسه میانگین اثر اشعه گاما بر فعالیت میکروبی در *S. mutica* در جدول ۵ نشان داد که بیشترین بازدارندگی فعالیت میکروبی در مورد همه میکروب‌ها برای تیمار اشعه گاما ۱۰ کیلوگری ثبت شد. در سالمونلا، کمترین میزان فعالیت برای تیمارهای ۷/۵ و ۱۰ کیلوگری مشاهده شد. در *استافیلوکوکوس اورئوس* تابش گاما ۱۰ کیلوگری کمترین فعالیت را نشان داد، در انترباکتریاسه و کپک‌ها بین ۷/۵ و ۱۰ کیلوگری اختلاف آماری مشاهده نشد.

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین بازدارندگی از فعالیت میکروبی باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه و *استافیلوکوکوس اورئوس* (r = ۰/۹۲**)، *استافیلوکوکوس اورئوس* و کپک‌ها و مخمرها (r = ۰/۹۲**) و باکتری‌های خانواده انتروباکتریاسه و کپک‌ها و مخمرها (r = ۰/۹٤**) تحت تاثیر اشعه گاما وجود داشت (جدول ٦). نتایج همبستگی بین میکروارگانیسم‌های بررسی شده تحت تیمارهای اشعه گاما نیز مشابه اشعه UV-B بوده و نشان می‌دهد که رفتار سالمونلا متفاوت از سایر باکتری‌ها و کپک‌ها و قارچ‌ها می‌باشد، بنابراین بنظر می‌رسد در تحقیقات تکمیلی در این زمینه، سالمونلا بهتر است بطور مجزا مورد بررسی قرار گیرد.

جدول ۵: مقایسه میانگین اثر اشعه گاما بر میزان فعالیت میکروبی (درصد) در *Satureja mutica*

تیمار (تابش گاما-کیلوگری)	Salmonella	*Staphylococcus aureus*	Enterobacteriaceae	Mold and Yeast
۰	۳۲/۵٦ a	٤۳/۹۷ a	۸/۱ a	٤۲/۷ a
۲/۵	۱۱/۸٤ b	۲۸/۲ b	٤/۹ b	۲۳/٤ b
۵	۸/۰۰ bc	۲٤/۵ b	۳/۲ bc	۱٤/۷ bc
۷/۵	۵/۱۰ cd	۱۷/۹۷ c	۱/۳٤ c	۷/۷ cd
۱۰	۲/۲٤ d	۱۰/۸ d	۰/۷۹ c	۱/۸۳ d

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.

جدول ٦: نتایج همبستگی ساده صفات مورد بررسی تحت تاثیر اشعه گاما

عامل میکروبی	*Enterobacteriaceae*	*Staphylococcus aureus*	Salmonella	Mold and Yeast
Enterobacteriaceae	۱			
Staphylococcus aureus	۰/۹۲ **	۱		
Salmonella	۰/۲۹ **	۰/۰۷ ns	۱	
Mold and Yeast	۰/۹٤ **	۰/۹۲**	-۰/۰۸ ns	۱

ns,**: به‌ترتیب همبستگی غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱٪.

آزمایش سوم: نتایج بررسی اثرات ضد میکروبی اسانس مرزه *Satureja mutica*: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت اسانس بر درصد آلودگی میکروبی در *Escherichia coli*، *Pseudomonas fluorescens* و *Staphylococcus aureus* در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۷).

میانگین درصد مهار آلودگی میکروبی محیط کشت با استفاده از اسانس خالص و اسانس رقیق شده *S. mutica* در مقابل کنترل توئین ۲۰ (با غلظت ۲۵ درصد به‌عنوان حلال برای رقیق‌سازی اسانس استفاده شد) در جدول ۸ نشان داده شد. از نتایج مشخص است که با کاهش غلظت اسانس، فعالیت ضدمیکروبی اسانس کاهش می‌یابد. افزایش میزان مهار آلودگی میکروبی برای اسانس خالص در مقابل *Escherichia coli*، *Pseudomonas fluorescens* و *Staphylococcus aureus* نسبت به کنترل به‌ترتیب ۵۸۹، ۱/۲ و ۳/۵ برابر مشاهده شد (جدول ۸). تصویر هاله‌های عدم رشد باکتری‌ها در مجاورت اسانس مرزه موتیکا در شکل ۱ نشان داده شد.

جدول ۷: تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ضد میکروبی اسانس *Satureja mutica*

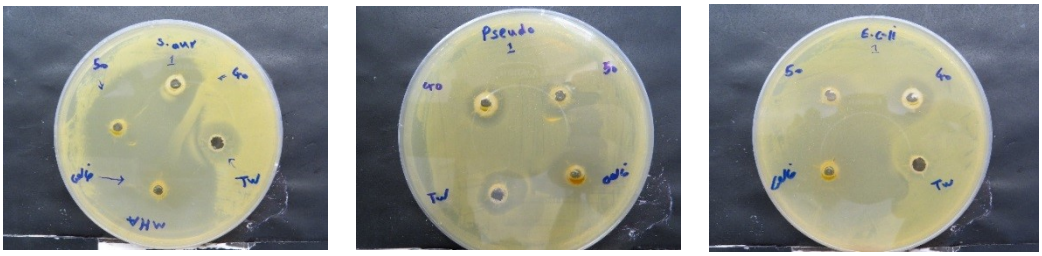
منبع تغییر	درجه آزادی	*Staphylococcus aureus*	*Pseudomonas fluorescens*	*Escherichia coli*
تیمار	۳	۶۲۸**	۴۱/۴**	۸۶۶**
خطا	۸	۳/۵	۱/۷	۴/۴۲
ضریب تغییرات	-	۸/۵	۱۰/۹	۱۱

ns,**: به‌ترتیب بدون اختلاف معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱٪.

جدول ۸: مقایسه میانگین درصد مهار آلودگی میکروبی محیط کشت تحت تاثیر اسانس *Satureja mutica*

تیمار	*Staphylococcus aureus*	*Pseudomonas fluorescens*	*Escherichia coli*
اسانس خالص	۴۲/۳ a	۱۶/۷ a	۴۱/۳ a
اسانس ۵۰٪	۲۱/۰ b	۱۱/۰ b	۱۸/۷ b
اسانس ۴۰٪	۱۴/۷ c	۱۲/۰ b	۱۶/۰ b
توئین ۲۰ (۲۵٪)	۹/۳ d	۷/۷ c	۰/۰۷ a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم تفاوت معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح ۵٪ می‌باشد.



Escherichia coli *Pseudomonas fluorescens* *Staphylococcus aureus*

شکل ۱: اثر اسانس *Satureja mutica* در مهار رشد باکتری‌های مورد بررسی

نتایج همبستگی صفات نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین *Escherichia coli* و *Pseudomonas fluorescens* (r=۰/۹۴**) و *Staphylococcus aureus* با *Escherichia coli*،

(r =۰/۹۶**)، همچنین *Pseudomonas fluorescens* با *Staphylococcus aureus* (r = ۰/۸۹**) وجود داشت (جدول ۹)، که با استفاده از همبستگی مثبت و منفی بین میکروارگانیسم‌ها می‌توان پیش‌بینی و برنامه‌ریزی لازم برای کنترل یک عامل میکروبی را انجام داد.

جدول ۹: نتایج همبستگی ساده بین عوامل مورد بررسی در اثر ضدمیکروبی اسانس *Satureja mutica*

باکتری	*Escherichia coli*	*Pseudomonas fluorescens*	*Staphylococcus aureus*
Escherichia coli	۱		
Pseudomonas fluorescens	۰/۹٤ **	۱	
Staphylococcus aureus	۰/۹٦ **	۰/۸۹**	۱

ns,**: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۱٪.

بحث

مشاهده شد که پرتودهی ۲/۵ و ۵ ساعت از اشعه فرابنفس (UV-B) باعث افزایش فعالیت میکروبی سالمونلا شد، اما افزایش مدت زمان قرارگیری در معرض اشعه UV-B باعث کاهش فعالیت میکروبی سالمونلا شد به گونه‌ای که تیمار ۱۰ ساعت اشعه UV-B تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت. به‌عبارتی می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از پرتودهی اشعه فرابنفش به مدت کم در کنترل فعالیت میکروبی سالمونلا کارآیی لازم را ندارد، اما با افزایش مدت تابش، اشعه UV-B میکروب‌ها را با تخریب DNA غیرفعال می‌سازد و در این شرایط میکروب‌ها قادر به تولید مثل نخواهند بود. تابش با UV-B به خاطر توانایی آن برای غیرفعال‌سازی طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها، فقدان تولید حرارت و ماهیت عاری از هر گونه مواد شیمیایی می‌تواند روش ترجیحی باشد. به عنوان یک روش ضدعفونی، این روش به خاطر قدرت نفوذ کم UV-B، عدم دسترسی میکروب‌ها به سطوح و هزینه بالای تولید کننده تابش UV-B غیر مؤثر است (Sommers, 2012). در تحقیق دیگری از تابش میکروویو برای خشک کردن برگ‌های گیاه دارویی *Echinodorus macrophyllus* استفاده شد تا اثر آن روی کیفیت مواد موثره دارویی در اندام‌های گیاه مورد ارزیابی قرار گیرد (Flor et al., 2011). اما این روش تابش برای ضدعفونی به طور مستقیم مورد استفاده قرار نگرفته است چرا که خشک کردن خودش مسیری برای کاهش بار میکروبی است و با خشک کردن گیاهان، شرایط برای رشد میکروارگانیسم‌ها به‌وجود نمی‌آید. در حقیقت امواج میکروویو تابش غیریونیزه بوده، اما اثر ضدمیکروبی ندارد و در عوض، اثر باکتری‌کشی آن به مقدار زیاد به خاطر حرارتی است که به هنگام تابش تولید می‌کند. بنابراین تابش میکروویو برای کاهش جمعیت باکتریایی در حین تیمار مناسب نمی‌باشد (Plessi et al., 2002) که نتایج نامبردگان با نتایج تحقیقات ما مشابهت نشان داد.

نتایج همبستگی (جدول۳) نشان داد که شرایط فعالیت باکتری انتروباکتریاسه، *استافیلوکوکوس اورئوس* و کپک‌ها نسبت به اشعه UV-B مشابه بوده و اگر شرایط مناسب رشد مهیا باشد، جمعیت آنها افزایش خواهند یافت و در صورت نامساعد بودن شرایط، رشد آنها مهارخواهد شد. همچنین نتایج همبستگی نشان داد که شرایط رشد یا دامنه بازدارندگی از رشد و تکثیر سالمونلا با بقیه متفاوت می‌باشد.

تابش گاما به عنوان ابزاری برای کاهش آلودگی میکروبی گیاهان دارویی مورد مطالعه قرار گرفته است. تیمار اشعه گاما بیشترین بازدارندگی از فعالیت میکروبی *استافیلوکوکوس اورئوس* را نشان داد، به گونه‌ای که درصد فعالیت میکروبی آن در تیمار شاهد ۴۴/۰ درصد بود و در تیمار ۱۰ کیلوگری اشعه گاما به ۱۰/۸ درصد کاهش یافت (جدول ۵). نتایج آزمایشات حاکی از این است که گیاهان دارویی با محتوی رطوبت ۱۲-۵ درصد در برابر تغییرات فیزیکی و شیمیایی در موقع تابش مقاوم‌تر هستند. اثر تابش روی آلودگی میکروبی گیاهان دارویی به دوز تابش، نوع میکروارگانیسم موجود و سطح آلودگی اولیه بستگی دارد (Gupta et al., 2011). بر اساس گزارش محققین (Dartnell, 2011)، تابش‌های یونیزه کننده باعث می‌شود که مولکول‌های آبی یک الکترون را رها کنند و ایجاد OH^- کنند، این محصول به سرعت با دیگر مولکول‌های آب برای ایجاد تعدادی ترکیبات واکنش داده که می‌توان به رادیکال‌های هیدروکسیل، هیدروژن مولکولی، اکسیژن و پراکسید هیدروژن اشاره کرد. رادیکال‌های هیدروکسیل به شدت واکنش‌گر بوده و معلوم شده است که با پیوندهای بین اسیدهای نوکلوئیک درون یک رشته یا بین رشته‌های متقابل رشته‌ها واکنش می‌دهند. اگرچه سیستم‌های بیولوژیکی دارای ظرفیتی برای ترمیم شکستگی‌ها در تک رشته یا دورشته DNA هستند اما آسیب رخ داده به علت تابش‌های یونیزاسیون تصادفی و گسترده است (Razskazovskiy et al., 2003)، از این رو، فرایندهای ترمیم در باکتری‌ها بعد از آسیب تابش به آنها به احتمال زیاد رخ نخواهد داد. در این راستا، در پژوهشی دیگر انجام گرفته روی تاثیر تابش اشعه گاما بر عملکرد سسکوئی‌ترپن‌ها در گیاه تاپسیا *Thapsia garganica* نشان داده شد که تابش گاما هیچ‌گونه تاثیری روی ترکیب فیتوشیمیایی عصاره گیاهان یا ویژگی‌های آنتی اکسیدانتی آنها ندارد. در این مطالعه مشاهده شد که استفاده از اشعه گاما می‌تواند یک روش مناسب برای ضدعفونی گیاه تاپسیا توصیه گردد، که نتایج حاصل از مطالعات بالا با نتایج تحقیقات ما مطابقت نشان می‌دهد (Ibrahim et al., 2018).

فعالیت ضدباکتری اسانس مرزه سنبله‌ای (*S. spicigera*) در برابر ۲۵ باکتری از پاتوژن گیاهی مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج تحقیق بیانگر اثرات ضدباکتریایی اسانس *S. spicigera* در برابر طیف وسیعی از باکتری‌ها بود که این امر به محتوی بالای کارواکرول و تیمول در اسانس نسبت داده شد. همچنین فعالیت ضد باکتری عصاره هگزانی گیاه مرزه سنبله‌ای در برابر ۱۴ سویه باکتری آزمایش شد و نتایج نشان داد که عصاره، خواص ضد باکتریایی کمتری در مقایسه با اسانس داشت. هم‌چنین اسانس *S. spicigera* در برابر برخی از پاتوژن‌های بذرزاد در مقایسه با استرپتومایسین سولفات که به عنوان کنترل مثبت استفاده شده بود، فعال‌تر بود (Kotan et al., 2010). نتایج این تحقیق به لحاظ تاثیر بر عوامل میکروبی، مشابه نتایج تحقیق ما بود. همچنین نتایج مطالعه‌ای نشان داد که در بین باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی، حداکثر اثر مهارکنندگی اسانس *S. thymbra* در برابر *B. subtilis*، *S. maltophilia* و *C. luteola* بود (Sarac and Ugur, 2008). نتایج این بخش از تحقیقات با نتایج Ramezanpour و همکاران (۲۰۱۶) همخوانی داشت.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج سه آزمایش نشان داد که استفاده از اشعه UV-B برای ضدعفونی گیاهان تیمار مناسب و موثری نبوده و با توجه به خطرات استفاده طولانی

مدت اشـــعه UV-B و همچنین هزینه برق مصـــرفی، استفاده از آن توصیه نمی‌شود.

اســتفاده از اشــعه گاما ۷/۵ کیلوگری و بیشــتر از ۷/۵ کیلوگری در کنترل عوامـل میکروبی عـالی عمـل کرده، بنـابراین قـابـل توصـــیـه برای گیـاهان دارویی بخصـوص گیاهان دارویی با مصرف مستقیم می‌باشد. همچنین اســـتفاده از اســـانس گیاهان دارویی خانواده مرزه و بـه‌ویژه *Satureja mutica* در کنترل عوامـل میکروبی مورد اســـتفاده نتایج امیدبخشـــی داشـــته و تحقیقات تکمیلی آن توصـــیه و پیشـــنهاد می‌شـــود. همچنین استفاده از اسانس گیاه مرزه موتیکا برای مهار فعـالیـت برخی از بـاکتری‌هـا، کپـک‌ها و مخمرها در راستای تولید و عرضه غذای سالم می‌تواند مفید باشد.

References

مظفریان، و. (۱۴۰۲). فرهنگ نام‌های گیاهان ایران. انتشارات فرهنگ معاصر. ۷۵۶ صفحه.

Amanlou, M., Dadkhah, F., Salehnia, A., Farsam, H. and Dehpour, A.R. (2005). An anti-inflammatory and anti-nociceptive effects of hydroalcoholic extract of *Satureja khuzistanica* Jamzad extract. Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences. 8: 102-106.

Arrebola, M.L., Navarro, M.C., Jimenez J. and Ocana F.A. (1993). Variations in yield and composition of the essential oil of *Satureja obovat*. Phytochemistry. 35(1): 83-93.

Azaz, D., Demirci, F., Satil, F., Kurkcuoglu, M., Husnu, K. and Baser, C. (2002). Antimicrobial activity of some *Satureja* essential oils. Zeitschrift für Naturforschung C. 57 (9-10): 817-821.

Baher, Z.F., Mirza, M., Ghorbanali, M. and Rezaii, M.B. (2002). The influence of water stress on plant height, herbal and essential oil yield and composition in *Satureja hortensis* L. Flavour and Fragrance Journal. 17(4): 275-277.

Behravan, J., Ramezani, M., Kasaian, J. and Sabeti, Z. (2004). Antimycotic activity of the essential oil of *Satureja mutica* Fisch & C.A. Mey from Iran. Flavour and Fragrance Journal. 19(5): 421-423.

Boyraz, N. and Özcan, M. (2005). Antifungal effect of some spice hydrosols. Fitoterapia. 76(7-8): 661-665.

Cristani, M., D'arrigo, M., Mandalari, G., Castelli, F., Sarpietro, M.G., Micieli, D., Venuti, V., Bisignano, G., Saija, A. and Trombetta, D. (2007). Interaction of four monoterpenes contained in essential oils with model membranes: implications for their antibacterial activity. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 55(15): 6300-6308.

Dardioti, A., Hanlidou, E., Lanaras, T. and Kokkini, S. (2010). The essential oils of the Greek endemic *Satureja horvatii* ssp. macrophylla in relation to bioclimate. Chemistry and Biodiversity. 7(8): 1968-1977.

Dartnell, L.R. (2011). Ionizing radiation and life. Astrobiology. 11: 551-582.

Farzaneh, M., Kiani, H., Sharifi, R., Reisi, M. and Hadian, J. (2015). Chemical composition and antifungal effects of three species of *Satureja* (*S. hortensis*, *S. spicigera*, and *S. khuzistanica*) essential oils on the main pathogens of strawberry fruit. Postharvest Biology and Technology. 109: 145-151.

Flor, R.V., Campos, M.A.A., Solano, A.G.R., Joki, L. and Dantas-Barros, A.M. (2011). Drying of Echinodorus macrophyllus and autoclaving and lyophilization of the fluid-extract: effects on the pharmacochemical composition. Revista Brasileira de Farmacognosia. 21(3): 518-524.

Gulluce, M., Sokmen, M., Daferera, D., Agar, G., Ozkan, H., Kartal, N., Polissiou, M., Sokmen, A. and Sahin, F. (2003). In vitro antibacterial, antifungal, and antioxidant activities of the essential oil and methanol extracts of herbal parts and callus cultures of *Satureja hortensis* L. Journal of Agriculture and Food Chemistry. 51(14): 3958-3965.

Gupta, P.C., Garg, N. and Joshi, P. (2011). Effect of gamma irradiation on the extraction yield and microbial contamination of medicinal plants. Internet Journal of Food Safety. 13: 351-354.

Ibrahim, A.M.M., Martinez-Swatson, K.A., Benkaci-Ali, F., Cozzi, F., Zoulikha, F. and Simonsen, H.T. (2018). Effects of gamma irradiation and comparison of different extraction methods on sesquiterpene lactone yields from the medicinal plant *Thapsia garganica* L. (Apiaceae). Journal of applied research on medicinal and aromatic plants. 8: 26-32.

Kotan, R., Cakir, A., Dadasoglu, F., Aydin, T., Cakmakci, R., Ozer, H., Kordali, S., Mete, E. and Dikbas, N. (2010). Antibacterial activities of essential oils and extracts of Turkish Achillea, Satureja and Thymus species against plant pathogenic bacteria. Journal of The Science of Food and Agriculture. 90(1): 145-160.

Kubatova, A., Lagadec, A.J.M., Miller, D.J. and Hawthorne, S.B. (2001). Selective extraction of oxygenates from savory and peppermint using subcritical water. Flavour and Fragrance Journal. 16(1): 64-73.

Lopez-Reyes, J.G., Spadaro, D., Prelle, A., Garibaldi, A. and Gullino, M.L. (2013). Efficacy of plant essential oils on postharvest control of rots caused by fungi on different stone fruits in vivo. Journal of Food Protection. 76(4): 631-639.

Mastelic, J. and Jerkovic, I. (2003). Gas chromatography–mass spectrometry analysis of free and glycoconjugated aroma compounds of seasonally collected *Satureja montana* L. Food Chemistry. 80(1): 135-140.

Mirjana, S., Nada, B. and Valerija, D. (2004). Variability of *Satureja cuneifolia* Ten. essential oils and their antimicrobial activity depending on the stage of development. European Food Research and Technology. 218(4): 367-371.

Novak, J., Bahoo, L., Mitteregger, U. and Franz, C. (2006). Composition of individual essential oil glands of savory (*Satureja hortensis* L., Lamiaceae) from Syria. Flavour and Fragrance Journal. 21(4): 731-734.

Ramezanpour, S., Ardestani, F. and Asadollahzadeh, M.J. (2016). Combination Effects of *Zataria multiflora*, *Laurus nobilis* and *Chamaemelum nobile* essences on pathogenic *E. coli* and determination of optimum formulation using fraction and factorial statistical method. Iranian Journal of Medical Microbiology. 10(2): 53-62.

Razskazovskiy, Y., Debije, M.G., Howerton, S.B., Williams, L.D. and Bernhard, W.A. (2003). Strand breaks in X-irradiated crystalline DNA: Alternating CG oligomers. Radiation research. 160(3): 334-339.

Sahin, F., Karaman, I., Gulluce, M., Ogutcu, H., Sengul, M., Adiguzel, A., Ozturk, S. and Kotan, R. (2003). Evaluation of antimicrobial activities of *Satureja hortensis* L. Journal of Ethnopharmacology. 87(1): 61-65.

Sefidkon, F., Abbasi, K. and Khaniki, G.B. (2006). Influence of drying and extraction methods on yield and chemical composition of the essential oil of Satureja hortensis. Food chemistry. 99(1): 19-23.

Sefidkon, F., Abbasi, K., Jamzad, Z. and Ahmadi, S. (2007). The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of *Satureja rechingeri* Jamzad. Food Chemistry. 100(3): 1054-1058.

Sharifzadeh, A., Khosravi, A.R. and Ahmadian, S. (2016). Chemical composition and antifungal activity of *Satureja hortensis* L. essentiall oil against planktonic and biofilm growth of *Candida albicans* isolates from *buccal lesions* of HIV^+ individuals. Microbial Pathogenesis. 96:1-9.

Skocibusic, M. and Bezic, N. (2004). Phytochemical analysis and in vitro antimicrobial activity of two Satureja species essential oils. Phytotherapy Research. 18(12): 967-970.

Sommers, C. (2012). Microbial decontamination of food by irradiation. Microbial Decontamination in the Food Industry. pp: 322-343. Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.

Tepe, B. and Cilkiz, M. (2016). A pharmacological and phytochemical overview on Satureja. Pharmaceutical Biology. 54: 375-412.

Wu, D., Wu, C., Zhang, S. and Zhong, Y. (2019). Risk factors of ventilator-associated pneumonia in critically III patients. Frontiers in Pharmacology. 10: 482.

Zygadlo, J.A. and Grow, N.R. (1995). Comparative study of the antifungal activity of essential oils from aromatic plants growing wild in the central region of Argentina. Flavour and Fragrance Journal. 10: 113-118.