



بهینه‌سازی تاثیر میدان الکتریکی پالسی بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و فنولی عصاره استخراج شده از برگ شمعدانی عطری

مصطفی حسین آبادی^۱، محسن وظیفه دوست^{۲*}، امیر حسین الهامی راد^۳، زهره دیدار^۴، بهاره حاجی رستم‌لو^۵

۱- دانشجوی دکتری تخصصی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیشابور، ایران

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد واحد نیشابور، ایران

۳- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد واحد سبزوار، ایران

۴- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد واحد نیشابور، ایران

۵- استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه آزاد واحد نیشابور، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

در این تحقیق بهینه‌سازی میدان الکتریکی پالسی و تاثیر آن بر خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و فنولی عصاره استخراج شده از برگ شمعدانی عطری بررسی شد. این فرآیند با استفاده از اعمال پیش‌تیمار میدان الکتریکی پالسی، در ۳ شدت میدان الکتریکی (۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۳۰۰۰) و ۳ سطح پالس (۵۰، ۸۵ و ۱۲۰) مورد بررسی قرار گرفت. سپس ترکیبات فنولی، ترکیب اسیدهای چرب عصاره و خواص آنتی‌اکسیدانی آن بررسی شد. همچنین برای شناسایی ترکیبات شیمیایی از کروماتوگرافی گازی/طیف‌سنجی استفاده و نتایج نشان داد که محتوای فنل کل و خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره با افزایش تعداد پالس و افزایش شدت میدان الکتریکی پالسی اعمال شده به نمونه، افزایش یافته است. همچنین طبق نتایج GC بیشترین ترکیب موجود در عصاره برگ شمعدانی عطری، به ترتیب Glycidyl oleate و Oleic Acid بود. با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرایند می‌توان بیان نمود که شدت میدان الکتریکی ۲۰۰۰ کیلوولت بر سانتی‌متر و اعمال سطح پالس ۸۵، موجب افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی در عصاره استخراج شده از برگ شمعدانی عطری شد.

تاریخ‌های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۳/۱۰

کلمات کلیدی:

میدان الکتریکی پالسی،

آنتی‌اکسیدان،

ترکیبات فنولی،

شمعدانی عطری

DOI: 10.22034/FSCT.22.166.115.

* مسئول مکاتبات:

amirmohsen@iau.ac.ir

۱-مقدمه

گیاه شمعدانی، گیاهی با رشد کند و چند ساله که گل‌هایی مرکب از پنج کاسبرگ، پنج گلبرگ و ده پرچم متصل به هم دارد. برگ‌های گرد با حاشیه‌ی موج‌دار دارای مواد موثره اسانس آن موجب گردیده است که یکی از گیاهان مورد توجه در امر تولید دارو باشد. همچنین این گیاه سرشار از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی نیز می‌باشد و می‌تواند فعالیت‌های رادیکال‌های آزاد را خنثی کند به همین جهت توصیه می‌شود از این گیاه و گیاهانی با این ویژگی‌ها به عنوان ترکیبی موثر در تولید محصولات غذایی دانش بنیان و فراسودمند در پیشگیری از بیماری‌های مختلف، کمک به درمان برخی بیماری‌ها استفاده شود (Upadhyay et al., 2016). قسمت اعظم اسانس گیاه شمعدانی عطری را ژرانیول تشکیل می‌دهد که همراه با بتا سیترونلول است که بوی اصلی اسانس را به آن نسبت می‌دهند. در اسانس شمعدانی عطری، بالا بودن میزان لینالول و همچنین بالا بودن میزان سیترونیل فورمات و ژرانیول فورمات و شناسایی این ترکیبات با روش‌های گازی کروماتوگرافی و اسپکتروفتومتری (UV) امکانپذیر است (Bijalwan et al., 2014).

عصاره‌های گیاهی منابعی از ترکیبات شیمیایی مفید را تشکیل می‌دهند که در پزشکی و سایر موارد کاربردهای بالقوه‌ای دارند. استخراج، اولین مرحله مهم در تهیه عصاره‌های گیاهی است. روش‌های جدید و مدرن استخراج در توسعه این عصاره‌های گیاهی مؤثر هستند. استفاده از روش‌های آماده‌سازی مدرن با مزایای قابل توجه، نسبت به روش‌های متداول برای استخراج، نقش مهمی در تولید عصاره‌های گیاهی و اطمینان از در دسترس بودن محصولات با کیفیت بالا برای مصرف کنندگان در سراسر جهان ایفا می‌کند. در کنار روش‌های متداول و مرسوم، روش‌های جدید بی‌شماری ابداع شده، اما تاکنون هیچ روش واحدی به عنوان استاندارد، برای استخراج عصاره‌های گیاهی در نظر گرفته نشده است. کارایی روش‌های استخراج معمولی و مدرن عمدتاً به پارامترهای مهم ورودی، درک ماهیت ماتریس گیاهی، شیمی

ترکیبات زیست فعال و تخصص علمی، بستگی دارد. هر کدام از این روش‌ها با در نظر گرفتن کارایی، سهولت، زمان مورد استفاده، هزینه‌ها، انرژی و تأثیرات زیست محیطی، مزایای خاص خود را دارد. (Negi., 2012). استخراج ترکیبات گیاهی با حلال به عنوان یکی از قدیمی ترین روشهای جداسازی شناخته شده است، به طوری که عمدتاً استخراج ترکیب‌های زیست فعال از گیاهان توسط تقطیر با بخار و استخراج با حلال آلی و با استفاده از روش‌های تراوش، خیساندن و سوکسله انجام می‌گرفته است. (Olszewska et al., 2020). کاربرد روش‌هایی برای استخراج ترکیبات با ارزش که بتوان بیشترین ماده عملگرا را با کم‌ترین ناخالصی و حداقل تخریب بدست آورد از اهمیت به سزایی برخوردار است. (Armendáriz-Barragán et al., 2016). زمان طولانی استخراج، بازدهی کم، مسمومیت فاز استخراج شده با حلال و شرایط عملیاتی سخت، استفاده از چنین روش‌هایی را با چالش روبرو کرده است. روش‌های دیگری نیز برای استخراج یا کمک به استخراج ترکیبات زیست فعال نظیر مایکروویو، استخراج با سیال فوق بحرانی و یا امواج فراصوت وجود دارد که در نتیجه کاربرد این روش‌ها، استخراج سریع‌تر و مؤثرتر و در نتیجه مقدار نمونه خروجی نیز بیشتر است. به دلیل مصرف کمتر حلال آلی، این روش‌ها به عنوان روش‌های دوستدار محیط زیست معرفی می‌شوند. (Yu et al., 2015).

در سال‌های گذشته مطالعات متعددی بر روی توانایی تیمار با میدان‌های پالسی قوی انجام گرفته است و اثرات این روش بر میزان امن بودن و ماندگاری محصولات تیمار شده بررسی شده است. در دهه‌های اخیر پیشرفت تکنولوژی میدان الکتریکی پالسی با کاربرد در فرآوری مواد غذایی به صورت غیرحرارتی، یکی از زمینه‌های مهم تحقیقاتی و جایگزین مطالعه در مورد کاربردهای کارآمد انرژی مورد توجه قرار گرفته است. (Arshad et al., 2021). میدان الکتریکی موجب آسیب به بافت گیاهی می‌شود که در اثر آن خروج مایع، از قسمت‌های درونی سلول تسریع شده و بازده استخراج آبمیوه افزایش می‌یابد. اگرچه برخی از

روش میدان های الکتریکی با پالس های قوی، فرایندی است که با اعمال پالس های ولتاژ بالا در بین دو الکترود (۲۰-۸۰ کیلوولت بر سانتی متر) در مواد غذایی اجرا می شود. کاربرد PEF به عنوان یک تکنیک نفوذپذیری در غشا، به دلیل پتانسیل آن در افزایش استخراج یا ایجاد جایگزین هایی برای روش های مرسوم در استخراج و فراوری مواد غذایی، توجه قابل ملاحظه ای را در طول دو دهه ی اخیر به خود اختصاص داده است. (آقائی شلمانی و صالحی، ۱۳۹۳). جهت بهینه سازی روش استخراج، عصاره گیری به روش پالس الکتریک و با استفاده از نرم افزار RSM با تغییر دو فاکتور شدت پالس ها و زمان، به صورت ۲۱ راند انجام گرفت.

۲-۳- آزمایشات مربوطه

۲-۳-۱- بررسی ترکیبات فنولی عصاره
به منظور تعیین درصد ترکیبات فنولی عصاره از دستگاه کروماتوگرافی جرمی (GC-mass) استفاده شد. آماده سازی ترکیبات بر اساس روش Mason و همکاران (۱۹۹۶) انجام شد. ابتدا ۵۰ میکرولیتر از نمونه در یک لوله آزمایش درب دار ریخته و ۱ میلی لیتر هگزان به آن اضافه شد. بعد از حل شدن کامل روغن، ۱۰۰ میکرولیتر متوکسید سدیم متانولی به آن افزوده و به مدت ۱۵ دقیقه در دمای محیط تکان داده شد. بعد از گذشت زمان لازم لایه هگزان به یک لوله آزمایش دیگر حاوی مقادیری سولفات سدیم بدون آب (این ترکیب آب اضافی نمونه را جدا می کند)، انتقال داده شد.

۲-۳-۲- بررسی خواص آنتی اکسیدانی با استفاده از روش

DPPH

میزان رادیکال های آزاد با روش son و Lewis با کمی اصلاحات مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور ۴ میلی لیتر محلول اتانولی، ۱ میلی مولار DPPH به تیمارها اضافه شد. سپس حجم محلول های نهایی توسط اتانول به ۱۰ میلی لیتر رسانده و به شدت هم زده شد، پس از ۳۰ دقیقه تاریک گذاری توسط اسپکتروفتومتر جذب نمونه ها در ۵۱۵ نانومتر اندازه گیری گردید. (سرلک و همکاران، ۱۳۹۷).

محققین دریافته اند، که دیواره سلول گیاهی بدون صدمه باقی می ماند اما برخی دیگر شواهدی، مبنی بر آسیب دیواره سلولی در اثر افزایش میزان تخلخل، به دست آورده اند. محققان دریافته اند که PEF باعث گسیختگی غیر حرارتی در غشا سلولی می گردد که به واسطه آن ترکیبات اتساع پذیری غشا پروتوپلاسمی سلول ها کاهش یافته و یا از بین می روند، به ویژه زمانی که PEF پس از فرآیند فشار اولیه به کار رود. ترکیب PEF و حرارت نیز، بازیابی مجدد سلول را کاهش می دهد. کاربرد PEF به همراه تیمار حرارتی ملایم، آسیب بافتی را در هویج، سیب زمینی و سیب افزایش داده و بازده استخراج عصاره توسط دستگاه های فشار را بیشتر می کند، همچنین PEF در فرآوری نارگیل نیز مفید واقع شده است به طوری که، موجب ۲۰٪ افزایش استخراج در شیر نارگیل، ۵۰٪ افزایش در میزان پروتئین ها و ۵۸٪ افزایش در محتوای چربی رخ داده است. (پس از ۲۰ پالس در ۵/۲ KV/CM). بازده عصاره چغندر قند با استفاده از فرآیند PEF به طور قابل ملاحظه ای تا ۸۸٪ افزایش یافت. پیش تیمار کردن چغندر قند با استفاده از PEF در مقایسه با روش های معمول که استخراج با آب داغ است میزان شکر را تا حدود ۲۵٪ افزایش داده است. (Raso et al., 2022).

با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی در زمینه استخراج عصاره از برگ گیاه شمع دانی عطری انجام نشده است، در پژوهش حاضر سعی شد تأثیر این پیش تیمارها را بر خصوصیات آنتی اکسیدانی و فنولی عصاره برگ گیاه شمع دانی عطری، مورد بررسی قرار گیرد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد و تجهیزات

برگ گیاه شمع دانی عطری از مراکز محلی شهر شیراز تهیه گردید. مواد شیمیایی مصرف شده از شرکت مرک (آلمان) تهیه شدند.

۲-۲- روش ها

۳-۳-۲- بررسی ترکیبات فنولی با استفاده از روش فولین-سیوکالتیو

اساس کار این روش احیا معرف فولین توسط ترکیبات فنولی در محیط قلیایی و ایجاد کمپلکس آبی رنگ است که حداکثر جذب را در ۷۶۰ نانومتر نشان خواهد داد. در این روش ۲۰ میکرولیتر از محلول نمونه، درون لوله آزمایش با ۱/۱۶۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱۰۰ میلی لیتر معرف فولین سیوکالتیو مخلوط گردید. پس از گذشت ۸ دقیقه، ۳۰۰ میکرولیتر محلول کربنات سدیم (۲۰٪ وزنی/حجمی) به محتوای لوله افزوده و پس از تکان دادن در حمام آب ۴۰ درجه به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد و سپس جذب توسط دستگاه

اسپکتروفتومتر در ۷۶۰ نانومتر قرائت گردید. (سرلک و همکاران، ۱۳۹۷).

۴-۳-۲- آنالیز آماری

در این مطالعه برای بهینه‌سازی فرایند و ارزیابی پارامترهای مورد مطالعه از روش سطح پاسخ با یک طرح مرکب مرکزی، استفاده شد. آنالیز آماری داده‌ها در سطح احتمال ۹۵ درصد و با استفاده از نرم افزار Design-Expert-10 انجام پذیرفت، که پارامترهای آزمایشگاهی و محدوده مورد استفاده آن‌ها، و آزمایش طراحی شده برای جواب R₁ و جواب R₂ آورده شده است.

جدول ۱. پارامترهای آزمایشگاهی و محدوده مورد استفاده آن‌ها.

		Factor 1	Factor 2	Response 1	Response 2
Std	Run	Pals number	Voltage	R1	R2
7	1	85	1000	3210.67	70.0602
6	2	120	2000	3481.34	48.9875
8	3	85	3000	23788.1	71.3002
4	4	120	3000	13770.1	33.76
2	5	120	1000	3400.99	50.65
1	6	50	1000	11518.7	88.7156
5	7	50	2000	21432.8	89.9156
9	8	85	2000	13371.9	70.2156
3	9	50	3000	31346.8	91.1156

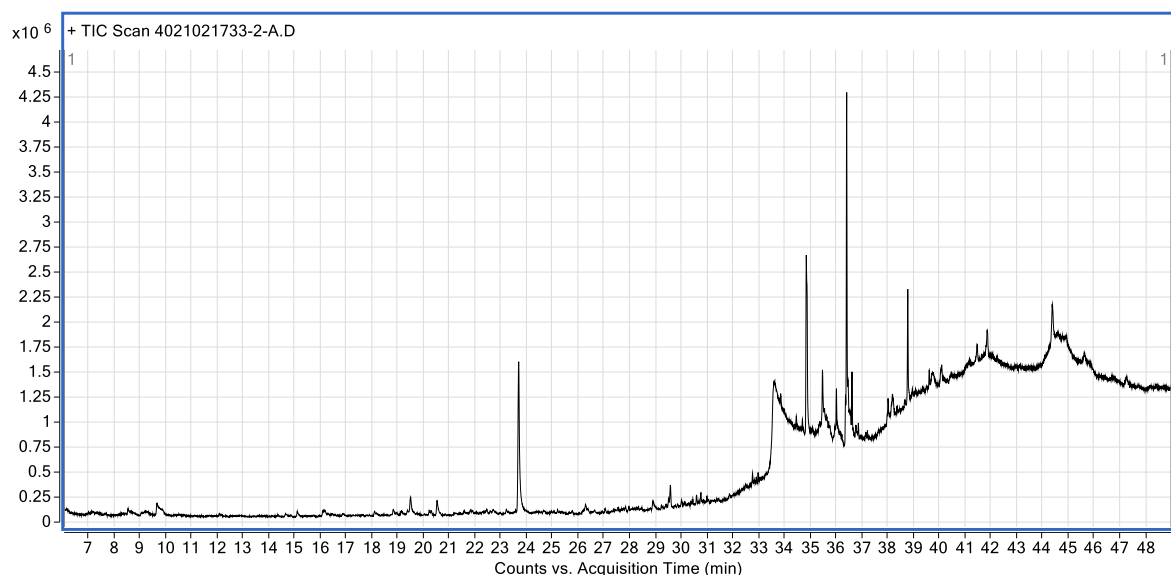
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج بررسی ترکیبات عصاره با HPLC

عصاره برگ شمعدانی عطری استخراج شده با پیش تیمار پالس الکتریک، به وسیله دستگاه کروماتوگرافی گازی-طیف سنجی جرمی مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۲ مشخص است بیشترین ترکیب موجود در عصاره برگ شمعدانی عطری به ترتیب Glycidyl Oleate و Oleic Acid بود.

جدول ۲. نتایج بررسی ترکیب اسیدهای چرب عصاره برگ شمعدانی عطری با دستگاه GC-mass.

NO.	Name	Retention Time (min)	Area Sum%
1	2,6-Nonadienal, 3,7-dimethyl	8.564	1.44
2	Cyclohexanone, 2-methyl	9.689	3.29
3	4-Cyclopropylcarbonyloxytridecane	15.121	0.57
4	7,10-Epoxytricyclo[4.2.1.1(2,5)]decane, 1-trimethylsilyl	16.188	0.93
5	Dodecanoic acid, 3-hydroxy	18.846	0.4
6	1,7-Octanediol, 3,7-dimethyl	19.516	1.34
7	2H-Indeno[1,2-b]furan-2-one, 3,3a,4,5,6,7,8,8b-octahydro-8,8-dimethyl	20.233	0.25
8	2-Nitrohept-2-en-1-ol	20.542	1.44
9	Octanal, 7-hydroxy-3,7-dimethyl	23.707	13.76
10	1-Heptatriacotanol	29.582	1.15
11	7,9-Di-tert-butyl-1-oxaspiro(4,5)deca-6,9-diene-2,8-dione	30.771	0.41
12	trans-13-Octadecenoic acid	32.77	0.5
13	cis-13-Octadecenoic acid	32.986	0.4
14	Oleic Acid	33.604	18.7
15	Banisterin	34.851	7.82
16	Harmine, ethenyl(ester)	34.869	6.56
17	Hexadecanoic acid, 1a,2,5,5a,6,9,10,10a-octahydro-5,5a-dihydroxy-4-(hydroxymethyl)-1,1,7,9-tetramethyl-11-oxo-1H-2,8a-methanocyclopenta[a]cyclopropa[e]cyclodecen-6-yl ester, [1aR-(1aα,2α,5β,5aβ,6β,8aα,9α,10aα)]-	35.481	2.27
18	9-Octadecenoic acid (Z)-, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	36.023	1.34
19	Ethyl iso-allocholate	36.373	1.49
20	Glycidyl oleate	36.419	22.26
21	Erucylamide	38.786	4.49
22	15,17,19,21-Hexatriacontatetrayne	39.747	1.92
23	3,5,9-Trioxa-5-phosphaheptacos-18-en-1-aminium, 4-hydroxy-N,N,N-trimethyl-10-oxo-7-[(1-oxo-9-octadecenyl)oxy]-, hydroxide, inner salt, 4-oxide, (R)	40.103	1.42
24	Cholestan-3-one, cyclic 1,2-ethanediyl acetal, (5β)	41.863	2.22
25	7,8-Epoxylanostan-11-ol, 3-acetoxy	44.393	3.63

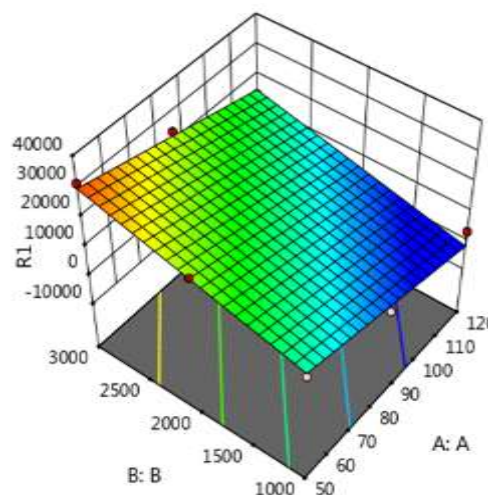


شکل ۱. طیف GC عصاره برگ گیاه شمعدانی عطری.

مختلف استخراج، به وسیله کلونجر، و استخراج به کمک مایکروویو در توان‌های مختلف و همچنین تغییر نسبت گیاه به آب، تأثیر چندانی بر روی ضریب شکست اسانس، فعالیت آنتی اکسیدانی، وزن مخصوص گیاه چویل نداشت. (جعفرآزاد و همکاران، ۱۳۹۸).

۳-۲- بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش DPPH
آزمون DPPH به‌طور گسترده‌ای به عنوان یک روش برای تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در یک دوره نسبتاً کوتاه نسبت به سایر روش‌ها استفاده می‌شود. (Delfanian et al., 2015). طبق نتایج (شکل ۲) نشان دهنده، وجود یک ارتباط غیرخطی میان DPPH و متغیرهای مستقل مورد مطالعه قرار گرفته است؛ به گونه‌ای که با افزایش تعداد پالس (۸۵)، میزان این ترکیب افزایش یافت. با افزایش شدت میدان الکتریکی تا ۸۵ کیلوولت بر سانتی‌متر و ولتاژ ۲۰۰۰ توانایی مهار رادیکال‌های آزاد DPPH به طور خطی افزایش یافت. علت این افزایش، توانایی مهار رادیکال‌های آزاد DPPH را می‌توان به آزادسازی بیشتر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از قبیل توکوفرول‌ها و همچنین فلاونوئیدها و کاهش آن را نیز می‌توان به اثر تخریبی افزایش پالس نسبت داد.

استفاده از تکنولوژی‌های جدید مانند: امواج پالس الکتریک، امواج مایکروویو و ... باعث شکسته شدن دیواره‌های غدد ترشحی، شامل عصاره و در نتیجه، افزایش بازده در یک زمان کوتاه می‌گردد. این عملکرد بالا از اسانس، به دلیل گذر نفوذ امواج پالسی، به داخل سلول‌های اسانس بوده و باعث تشدید روند استخراج اسانس از آنها می‌شود. همچنین این روش باعث کاهش مصرف آب، زمان، انرژی و در نتیجه کاهش هزینه‌ها و افزایش بازده استخراج می‌گردد. پایین بودن بازده اسانس در توان‌های پایین، می‌توان به از دست دادن مقدار زیادی از ترکیب فرار در زمان‌های طولانی مرتبط باشد. (Bozinou et al., 2019). جعفرآزاد و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تأثیر روش استخراج بر کمیت، کیفیت، ترکیبات شیمیایی و ماهیت آنتی‌اکسیدانی اسانس گیاه دارویی *Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss پرداختند، که نتایج پژوهش آنها نیز نشان داد، استفاده از مایکروویو و افزایش توان آن منجر به کاهش زمان آغاز استخراج، کاهش زمان مورد نیاز جهت تکمیل استخراج و همچنین زمان مورد نیاز جهت تثبیت منحنی استخراج، از چهار ساعت به یک ساعت می‌گردد. همچنین پیش تیمار مافوق صوت در دماهای مختلف و استفاده از روش‌های



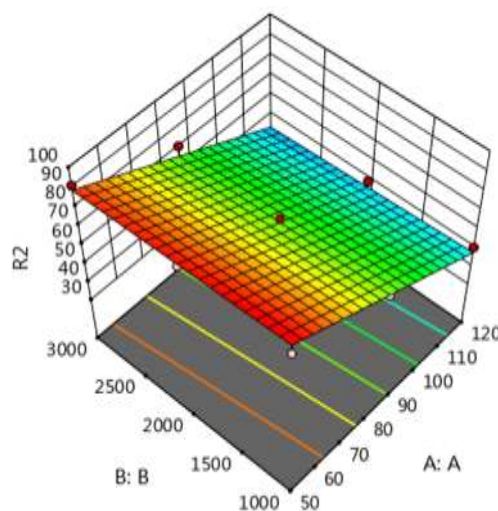
شکل ۲. نمودار سه بعدی تأثیر شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس بر DPPH.

مثبت وجود دارد. ترکیبات فنلی در گیاهان به عنوان آنتی-اکسیدان‌های قوی درونی، به علت توانایی آنها برای اهدای هیدروژن یا الکترون و تبدیل شدن به فرم پایدار رادیکال، واسطه شناخته شده‌اند. فنل‌ها، گروه‌های مهمی از متابولیت ثانویه ترکیبات گیاهی هستند، زیرا به دلیل داشتن گروه‌های هیدروکسیل، ظرفیت به دام انداختن رادیکال‌های آزاد را دارند. بنابراین محتوای فنلی گیاهان می‌تواند به طور مستقیم به فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن کمک کند. (Sánchez-Moreno et al., 2005). طبق نتایج (شکل ۳). مشاهده شد که محتوای فنل کل عصاره، با افزایش تعداد پالس و افزایش شدت میدان الکتریکی پالسی اعمال شده به نمونه، افزایش یافته است. همچنین در شکل ۳، مشاهده شد که محتوای فنل کل عصاره، با افزایش تعداد پالس و کاهش شدت میدان الکتریکی پالسی اعمال شده به نمونه، کاهش یافت. با توجه به پیچیدگی واکنش‌های شیمیایی موجود در سیستم‌های طبیعی، افزایش جدا شدن محتوای فنلی کل، مشکل است. فنل کل، در محصولات گیاهی از طریق فعالیت فنیل آلانین آمونیاک لیاز (PAL) متابولیسم فنیل پروپانوییدی تشکیل می‌شوند. (Sánchez-Moreno et al., 2005). کاهش این ترکیبات احتمالاً به علت اثر تخریبی شدت میدان الکتریکی در پالس‌های بالا، روی این ترکیبات می‌باشد.

نتایج این بخش با نتایج گودرجان و همکاران (۲۰۰۷) تطابق داشت (Guderjan et al., 2007). عرب شیرازی و همکاران (۱۴۰۰)، با بررسی خواص آنتی‌اکسیدانی عصاره آبی و الکلی استخراج شده از دو گیاه نوروزک و کتان تحت تاثیر میدان الکتریکی پالسی، نشان دادند که با افزایش شدت پیش تیمار و انتخاب حلال الکلی، میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره ها، به طور معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد، افزوده شد. همچنین Zhang و همکاران (۲۰۱۵)، با بررسی تاثیر میدان الکتریکی پالسی بر روی ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی نشان دادند که، امواج الکتریکی پالسی، وزن مولکولی، ساختار فضایی و قطبیت مولکول‌ها را تغییر می‌دهد، و این امر باعث تغییر در مهار رادیکال‌های آزاد DPPH می‌شود. همچنین میدان الکتریکی پالسی میزان آنتی‌اکسیدان‌ها را افزایش داد، که علت این اتفاق افزایش نگهداری واکنش الکتروشیمیایی و تشکیل کمپلکس‌های فلز-آنتوسیانین که دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری هستند؛ می‌باشد.

۳-۳- نتایج بررسی ترکیبات فنولی با استفاده از روش فولین-سیوکالتیو

ترکیبات پلی فنول در گیاهان به طور گسترده‌ای در دسترس هستند و گزارش‌ها نشان می‌دهد که، بین محتوای کل فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بسیاری از گونه‌های گیاهی، رابطه



شکل ۳. نمودار سه بعدی تأثیر شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس بر ترکیبات فنولی.

۴-جمع‌بندی

میدان الکتریکی پالسی فرآیندی غیرحرارتی است که در آن ماده غذایی در معرض میدان پالسی با ولتاژ متغیر قرار می‌گیرد. این روش ضمن اینکه اثر کمی روی ویژگی‌های حسی و ارزش تغذیه‌ای محصولات دارد، به عنوان یک پیش‌فرآیند باعث افزایش انتشار مواد داخل سلولی و افزایش سرعت خشک شدن می‌گردد. نتایج به دست آمده توسط نرم‌افزار مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت و نشان داد که استفاده از میدان الکتریکی پالسی، در شرایط بهینه موجب افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنولی در عصاره شده است، که این امر کارایی این روش را در فراوری محصولات غذایی نشان می‌دهد. از طرفی مشخص گردید که، استفاده از میدان الکتریکی پالسی موجب افزایش استخراج ترکیبات بیشتر در نمونه پیش تیمار می‌گردد، که این امر کارایی این روش را در فراوری محصولات غذایی نشان می‌دهد.

بخش آبادی و همکاران (۱۳۹۶) با بررسی تغییرات ترکیبات فنلی کل روغن سیاه‌دانه، نشان دادند که شدت میدان الکتریکی، بیشترین تاثیر را بر میزان ترکیبات فنلی کل، داشته‌اند. بدین معنی که با افزایش شدت میدان الکتریکی و افزایش تعداد پالس‌ها نیز اثر مشابهی بر ترکیبات فنلی کل به وجود می‌آید. به صورتی که با افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس میزان ترکیبات فنلی کل، به علت آزادسازی این ترکیبات و شدت بیشتر این دو متغیر، به علت اثر تخریبی شدت‌های بالای میدان الکتریکی از میزان این ترکیبات، افزایش می‌یابد. (Bozinou et al., 2017). همچنین با افزایش ترکیبات فنل تام، خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر می‌شود. ترکیبات فنلی با وزن مولکولی زیاد توانایی زیادی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد دارند. این توانایی بیشتر بستگی به تعداد حلقه‌های آروماتیک و ماهیت گروه‌های جابه‌جاشونده هیدروکسیل است (Sarkis et al., 2015).

۵-منابع

- [1] Aghaei Shalmani, Maryam and Salehi, Mohammad Ali, 2014, The effect of pulsed electric field on extraction efficiency, Second National Conference on Optimization of Production, Distribution and Consumption Chain in Food Industries, Sari, <https://civilica.com/doc/343270>
- [2] Jafar Azad, Ruhollah, Sadeghi, Bahareh, Muslimin, Mohammad Hossein. (2019). Studying the effect of extraction method on quantity, quality, chemical composition and antioxidant nature of the essential oil of the medicinal plant *Ferulago angulata* (Schlecht) Boiss. *Ecophytochemistry of Medicinal Plants*, 7(3), 28-42.
- [3] Sarlak, Zahra, Garavand, Farhad, Mohammadi, Reza, Hosseini, Mohammadyar, and Roohi, Milad. (2018). Optimization of flavored dough production by response surface methodology and investigation of some qualitative characteristics of the resulting powder. *Food Sciences and Nutrition*, 15(2) (58th issue), 5-18. .SID. <https://sid.ir/paper/143107/fa>
- [4] Arab Shirazi, Shohreh and Pedramnia, Ahmad and Naghipour, Fariba, 1400, Investigation of the antioxidant properties of aqueous and alcoholic extracts extracted from two plants, Nowrozak and Flax under the influence of pulsed electric field, Congress of Medicinal Plants; Mechanization and Processing, Karaj, <https://civilica.com/doc/1486676>. Armendáriz-
- Barragán, B., Zafar, N., Badri, W., Galindo-Rodríguez, S. A., Kabbaj, D., Fessi, H., & Elaissari, A. (2016). Plant extracts: from encapsulation to application. *Expert Opinion on Drug Delivery*, 13(8), 1165-1175.
- [5] Arshad, R. N., Abdul-Malek, Z., Roobab, U., Munir, M. A., Naderipour, A., Qureshi, M. I., & Aadil, R. M. (2021). Pulsed electric field: A potential alternative towards a sustainable food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 43-54.
- [6] Bakhshabadi, H., Mirzaei, H., Ghodsvai, A., Jafari, S. M., Ziaifar, A. M., & Bigbabaie, A. (2017). Optimizing the extraction process of oil from black cumin seeds by using pulsed electric field (PEF) pretreatment. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 6(3), 221-234.
- [7] Bijalwan, A., & Manmohan JR, D. (2014). Rose Scented Geranium (RSG): An Important Plant for Aromatic Industries in India Science. *Scientific India*, 2(4), 31.
- [8] Bozinou, E., Karageorgou, I., Batra, G., G. Dourtoglou, V., & I. Lalas, S. (2019). Pulsed electric field extraction and antioxidant activity determination of *Moringa oleifera* dry leaves: A comparative study with other extraction techniques. *Beverages*, 5(1), 8.
- [9] Delfanian, M., Esmaeilzadeh Kenari, R., & Sahari, M. A. (2015). Influence of extraction techniques on antioxidant properties and bioactive compounds of loquat fruit (*Eriobotrya japonica* Lindl.) skin and pulp extracts. *Food Science & Nutrition*, 3(3), 179-187.
- [10] Guderjan, M., Elez-Martinez, P., & Knorr, D. (2007). Application of pulsed electric fields at oil yield and content of functional food ingredients at the production of

rapeseed oil. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 8(1), 55-62.

[11] Mason, T. J., Paniwnyk, L., & Lorimer, J. P. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics sonochemistry*, 3(3), S253-S260.

[12] Negi, P. S. (2012). Plant extracts for the control of bacterial growth: Efficacy, stability and safety issues for food application. *International journal of food microbiology*, 156(1), 7-17.

[13] Olszewska, M. A., Gędas, A., & Simões, M. (2020). Antimicrobial polyphenol-rich extracts: Applications and limitations in the food industry. *Food Research International*, 134, 109214.

[14] Raso, J., Heinz, V., Alvarez, I., & Toepfl, S. (2022). Pulsed electric fields technology for the food industry. Springer International Publishing.

[15] Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., Elez-Martínez, P., De Ancos, B., Martín-Belloso, O., & Cano, M. P. (2005). Impact of high pressure and pulsed electric fields on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice in comparison with traditional thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(11), 4403-4409.

[16] Sarkis, J. R., Boussetta, N., Blouet, C., Tessaro, I. C., Marczak, L. D. F., & Vorobiev, E. (2015). Effect of pulsed electric fields and high voltage electrical discharges on polyphenol and protein extraction from sesame cake. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 170-177.

[17] Upadhyay, R. K., Verma, R. S., Singh, V. R., Bahl, J. R., Sharma, S. K., & Tewari, S. K. (2016). New agrotechnology for quality planting material production of rose-scented geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 3(3), 128-130.

[18] Yu, X., Bals, O., Grimi, N., & Vorobiev, E. (2015). A new way for the oil plant biomass valorization: polyphenols and proteins extraction from rapeseed stems and leaves assisted by pulsed electric fields. *Industrial Crops and Products*, 74, 309-318.

[19] Zhang, Z. H., Zeng, X. A., Brennan, C. S., Brennan, M., Han, Z., & Xiong, X. Y. (2015). Effects of pulsed electric fields (PEF) on vitamin C and its antioxidant properties. *International journal of molecular sciences*, 16(10), 24159-24173.



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of the effect of pulsed electric field on antioxidant and phenolic properties of extract extracted from fragrant geranium leaves

Mostafa hoseinabadi¹, Mohsen Vazifedost^{*2}, Amir Hossein Elhamirad³, zohre Didar⁴, Bahare Hajirostamloo.⁵

1- PhD Student, Food Science and Technology Department, neyshabur Branch, Islamic Azad University, neyshabur, Iran.

2-Associate Professor of Food Science and Technology Department, Islamic Azad University, Neyshabur branch, Neyshabur, Iran

3-Associate Professor of Food Science and Technology Department, Islamic Azad University, sabzevar branch, sabzevar, Iran

4-Associate Professor of Food Science and Technology Department, Islamic Azad University, Neyshabur branch, Neyshabur, Iran

5-Assistant Professor Food Science and Technology Department, Islamic Azad University, Neyshabur branch, Neyshabur, Iran

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/12/29 Accepted: 2025/5/31 76193_F_2 Keywords: Pulsed electric field, antioxidant, phenolic compounds, Geranium aromaticum DOI: 10.22034/FSCT.22.166.115. *Corresponding Author E- amirmohsen@iau.ac.ir	In this study, the optimization of pulsed electric field and its effect on antioxidant and phenolic properties of the extract extracted from Geranium aromaticum leaves was investigated. This process was investigated by applying pulsed electric field pretreatment at 3 electric field intensities (1000, 2000 and 3000) and 3 pulse levels (50, 85 and 120). Then, the phenolic compounds, fatty acid composition of the extract and its antioxidant properties were investigated. Also, gas chromatography/spectrometry was used to identify chemical compounds and the results showed that the total phenol content and antioxidant properties of the extract increased with increasing the number of pulses and increasing the intensity of the pulsed electric field applied to the sample. Also, according to the GC results, the most abundant compounds in the extract of Geranium aromaticum leaves were Glycidyl oleate and Oleic Acid, respectively. According to the process optimization results, it can be stated that the electric field intensity of 2000 kV/cm and the application of a pulse level of 85 increased the antioxidant properties and phenolic compounds in the extract extracted from the leaves of Geranium aromaticum.