



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر میدان‌های الکتریکی پالسی بر خواص آنتی‌اکسیدانی و پلی‌فنولی گیاه گزنه و اثر آن بر کیفیت نان

مریم نجفیان مهرآباد^۱، زهرا مظلوم^۲، مهدی قره‌خانی^{۳*} و کاظم علیرضالو^{۴، ۵}

^۱ دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

^۲ مدیر کنترل کیفی و تحقیق و توسعه، شرکت آسمان بهرام علیشاه (ایسترم)، تبریز، ایران

^۳ گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

^۴ گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۵ گروه مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آتاتورک، ارزروم، ترکیه

چکیده

اطلاعات مقاله

در این تحقیق به منظور بهینه‌سازی فرآیند استخراج ترکیبات فنولیک از گیاه گزنه در قالب طرح کاملاً تصادفی به کمک پیش تیمار میدان الکتریکی پالسی، از ۳ سطح شدت میدان الکتریکی (۱، ۴ و ۷) و ۳ سطح تعداد پالس (۲۰، ۴۰ و ۶۰)، استفاده گردید. بعد از اعمال پیش تیمارها، فرایند عصاره گیری انجام شد و میزان ترکیبات فنولیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی به دو روش DPPH و FRAP اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که تغییر شدت میدان الکتریکی از ۱ kv/cm تا ۷ باعث کاهش ترکیبات فنولیک کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تغییر تعداد پالسها از ۲۰ تا ۶۰ باعث افزایش این مقادیر گردید. با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرآیند می‌توان بیان نمود که میدان الکتریکی پالسی با شدت میدان ۱ kv/cm و تعداد پالس ۴۰، منجر به حداکثر میزان ترکیبات فنولیک کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گردید. به همین منظور عصاره گیاه گزنه تیمارنشده به عنوان نمونه کنترل و عصاره گیاه تیمارنشده با شدت ۱ kv/cm و تعداد ۴۰ پالس، در مقادیر مختلف (۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم آرد) برای ارزیابی ویژگی‌های کیفی نان تولیدی افزوده شد. نتایج نشان داد که تفاوت معنی‌داری در محتوای ترکیبات فنولیک کل نمونه های مختلف نان، در طول پخت وجود داشت. به طوری که نان حاوی ۳۵ میلی لیتر عصاره تیمارنشده از بیشترین محتوای ترکیبات فنولیک کل برخوردار بود. همچنین مشخص گردید که میزان رطوبت و سفتی مغز نان با افزایش زمان نگهداری به ترتیب کاهش و افزایش یافت و این دو پارامتر با افزایش نسبت عصاره تا ۳۵ میلی لیتر افزایش پیدا کردند. عصاره تیمارنشده به طور قابل توجهی رنگ مغز و پوسته نان را نسبت به شاهد افزایش داد. در نهایت نمونه های نان حاوی ۵ و ۱۵ میلی لیتر عصاره تیمارنشده به دلیل دارا بودن ویژگی های کیفی بهتر به عنوان نمونه های بهینه انتخاب شدند.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۵

تاریخ داوری: ۱۴۰۳/۱۱/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲۴

کلمات کلیدی:

عصاره گزنه،

میدان پالسی الکتریکی،

ترکیبات فنولیک کل،

فعالیت آنتی‌اکسیدانی،

نان.

DOI: 10.48311/fsct.2026.83794.0

* مسئول مکاتبات:

m.gharekhani@iau.ac.ir ,
kazem.alirezalu@tabrizu.ac.ir

۱-مقدمه

پلی فنول‌ها ترکیبات طبیعی موجود در گیاهان هستند که به‌خاطر خواص آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی خود در داروسازی، تغذیه و صنایع غذایی مورد توجه قرار گرفته‌اند. این ترکیبات می‌توانند به کاهش خطر بیماری‌های قلبی، دیابت، برخی انواع سرطان و به بهبود سلامت مغز و تقویت سیستم ایمنی بدن کمک کنند. در تغذیه، مصرف مواد غذایی غنی از پلی فنول مانند میوه‌ها، سبزی‌ها و نوشیدنی‌هایی مانند چای سبز به عنوان یک رژیم غذایی سالم توصیه می‌شود. به‌طور کلی، پژوهش‌ها بر نقش موثر پلی فنول‌ها در جلوگیری از اکسیداسیون لیپیدها و پروتئینها و پیشگیری از بیماری‌ها و بهبود سلامت تأکید دارند. [۱].

گزنه گیاهی با نام علمی *Urtica dioica L.* و از تیره *Urticaceae* است [۲ و ۳]. گزنه یک گیاه چند ساله با توزیع جهانی گسترده می‌باشد. این گیاه در منطقه مدیترانه و نیم‌کره شمالی رشد می‌کند [۴]. آنالیز شیمیایی این گیاه نشان‌دهنده وجود ترکیبات پلی‌فنول، اسیدفنولیک، کاروتنوئیدها، مواد معدنی و عناصر دیگر است، که به علت فعالیت‌های زیستی قابل توجه هستند. خواص درمانی گسترده آن از جمله خلط‌آور، مسهل، ادرارآور، بندآورنده خون‌ریزی و ضدکرم می‌باشد. به علاوه در درمان بیماری‌هایی نظیر آگزما، رماتیسم، بواسیر، پرکاری تیروئید، آماس نایژه، دیابت و سرطان مؤثر است [۵].

با توجه به این که تقاضای مصرف‌کنندگان برای غذاهای سالم با کیفیت بالا و غنی از ترکیبات زیست فعال طبیعی مانند ویتامین‌ها، ترکیبات فنولی (به‌عنوان مثال فلاونوئیدها)، رنگدانه‌ها، الیاف رژیمی و غیره به طور چشم‌گیری افزایش پیدا کرده است، بنابراین، بهبود محتوای ترکیبات زیست‌فعال یا نگه‌داشتن پایداری آن‌ها در مواد غذایی نیازمند کاربرد تکنیک مناسب است. در این زمینه، ظهور فناوری‌هایی غیرحرارتی مانند میدان‌های الکتریکی پالسی مورد توجه قرار گرفته است [۷، ۸ و ۹]. این تکنیک

باعث ایجاد نفوذپذیری غشاهای سیتوپلاسمی و تسهیل کننده انتشار ترکیبات داخل سلولی از سلول‌ها می‌شود [۲]. میدان الکتریکی پالسی می‌تواند به عنوان پیش تیمار برای فرآیندهای حرارتی در استخراج ترکیبات زیست فعال مورد استفاده قرار گیرد. کاربرد میدان‌های الکتریکی پالسی در استخراج ترکیبات زیست فعال (به عنوان مثال پلی‌فنول‌ها و ویتامین‌ها)، به عوامل مختلفی مانند خواص مواد خام، طول پالس، تعداد پالسها، زمان استراحت، شدت و زمان اعمال میدان‌های الکتریکی پالسی، بستگی دارد [۱۰]. این پالس‌های کوتاه با مدت زمان میکرو تا میلی ثانیه با اعمال قدرت الکتریکی و ایجاد فشار مکانیکی بالا باعث نفوذپذیری برگشت پذیر یا غیرقابل برگشت غشای بیولوژیکی و استخراج و حفظ مواد مغذی می‌شوند [۷ و ۱۱].

غذاهای غنی از آنتی‌اکسیدان نقش مهمی را در پیشگیری از بیماری‌های قلبی- عروقی، سرطان‌ها و بازسازی سلول‌های عصبی، بازی می‌کنند [۱۲]. غنی‌سازی خمیر نان که مستعد اکسیداسیون چربی و رشد میکروب‌ها است، با آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی، نشان‌دهنده یک استراتژی مناسب برای تولید قرص نان با درجه بالاتری از پایداری اکسیداتیو است که منجر به کیفیت حسی بهتر نان در طول ذخیره‌سازی می‌شود [۱۳]. در سال ۱۹۹۵، سازمان FDA^۱ کاربرد PEF در صنعت غذا را بلا مانع اعلام کرد [۱۴]. پژوهشهای متنوعی اثر اعمال میدان‌های الکتریکی پالسی را بر گیاهان مختلف بررسی کرده‌اند که از این بین می‌توان به استخراج پلی‌فنول‌های پوست گیاه گل‌گاوزبان با اعمال فشار میدان‌های الکتریکی پالسی [۱]، استخراج ترکیبات زیست‌فعال از آب میوه کاکتوس با اعمال میدان‌های الکتریکی پالسی [۸] و کاربرد میدان‌های الکتریکی پالسی بر استخراج پلی‌فنول‌های آرد سورگوم و گوشت سیب [۱۵] اشاره کرد. همچنین برخی از پژوهشها نیز اثر افزودن آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به نان را بررسی کرده‌اند که می‌توان

1. Food and Drug Administration

روتاری تحت خلا باقیمانده اتانول جداسازی شد. در نهایت عصاره حاصل در دمای ۵-۲۰ درجه سانتیگراد برای حفظ ترکیبات فنولی در یخچال نگه‌داری گردید و آزمایشات مختلف کیفی مورد بررسی قرار گرفت.

۲-۳- غنی سازی نان با عصاره

نان حجیم، با استفاده از عصاره بهینه گیاه گزنه تیمار شده و عصاره تیمار نشده (شاهد)، برای بهبود کیفیت و عملکرد قرص پایه نان، غنی‌سازی شد. نمونه‌های تیمار شده و تیمار نشده گزنه، پس از عصاره‌گیری به روش غربال‌گری، تغلیظ و سپس با آب تا غلظت ۱۰۰۰ پیپیم بر حسب ترکیبات فنولی کل رقیق سازی شدند. سپس عصاره تیمار شده (در مقادیر ۵، ۱۵، ۲۵ و ۳۵ میلی لیتر به ازای ۱۰۰ گرم آرد گندم) به خمیر اولیه همراه با دیگر اجزا برای ارزیابی خصوصیات کیفی نان، اضافه شد. بدین ترتیب عصاره‌ها با ۱۰۰ گرم آرد گندم همراه با ۱/۵ گرم نمک، ۱ گرم شکر، ۲ گرم مخمر، ۰/۵ گرم بهبود دهنده و ۵۵ میلی لیتر آب مخلوط شدند. پس از مخلوط شدن تمامی اجزا و آماده‌سازی خمیر، تخمیر در سه مرحله صورت گرفت. تخمیر اولیه در محفظه تخمیر با دمای ۳۰ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۷۵ درصد به مدت ۳۰ دقیقه انجام شد. سپس خمیرها به چانه‌های ۱۰۰ گرمی تقسیم شدند و به مدت ۱۵ دقیقه تخمیر دوم صورت گرفت. سپس در قالب‌های پخت قرار داده شدند و تخمیر نهایی به مدت ۵۰ دقیقه صورت گرفت. در نهایت خمیرها در اجاق پخت با دمای ۲۲۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۵ دقیقه پخته شدند. نان‌ها پس از پخت، در دمای کارگاه به مدت ۲ ساعت خنک شده و در کیسه‌های زیپ کیپ تا انجام آنالیزهای بعدی در دمای اتاق (۲۵ درجه سانتیگراد) نگه‌داری شدند. هم چنین نمونه نان کنترل طبق شرایط ذکر شده بدون ترکیب هیچ عصاره‌ای، تهیه شد [۱۲].

۲-۴- آزمون‌ها

۲-۴-۱- آزمونهای عصاره

۲-۴-۱-۱- تعیین میزان ترکیبات فنولی کل

مقدار ترکیبات فنولی کل موجود، توسط روش کاپانسی و همکاران [۲۰]، با کمی تغییرات، از طریق روش

افزودن پودر زنجبیل به نان [۱۶] و بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی نان با افزودن عصاره انگور [۱۷] را نام برد.

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در تولید مواد غذایی فراسودمند و گسترش محصولات مفید جدید در صنایع غذایی و ضمن این که تاکنون پژوهشی در زمینه استخراج پلی‌فنول‌های گیاه گزنه با اعمال میدان‌های الکتریکی پالسی و تأثیر عصاره استخراجی آن بر کیفیت نان انجام نگرفته است، هدف از این پژوهش بررسی تأثیر میدان‌های الکتریکی پالسی بر روی خواص آنتی‌اکسیدانی و پلی‌فنولی گیاه گزنه و ارزیابی تأثیر آن بر کیفیت نان، می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده سازی نمونه

در این پژوهش، گیاه گزنه پس از تهیه در سایه خشک گردیده و سپس، در کیسه‌های پلاستیکی مقاوم نسبت به نفوذ هوا و رطوبت تا زمان انجام آزمایش‌ها نگه‌داری شد.

۲-۲- اعمال پیش تیمارها و استخراج عصاره از نمونه‌ها

نمونه‌ها تحت تأثیر دستگاه میدان الکتریکی پالسی ساخته شده در پژوهشکده صنایع غذایی مشهد قرار گرفتند. در این دستگاه، پالس‌های الکتریکی به شکل لگاریتمی، تک قطبی، با مدت زمان ۰/۵ میلی ثانیه، با ظرفیت اتاقک ۴ لیتری و ظرفیت خازنی ۸ میکروفاراد برای فراوری گیاه گزنه مورد استفاده قرار گرفت. همچنین فرکانس پالس با استفاده از یک اسیلوسکوپ دیجیتال تنظیم گردید [۱۸]. نمونه‌ها در شدت میدان‌های ۷ و ۱۴ کیلوولت بر سانتیمتر، فرکانس ۱ هرتز و ۳ سطح تعداد پالس ۴۰، ۶۰ و ۸۰ قرار گرفتند. نمونه‌ای که در معرض میدان قرار نگرفت، نیز به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. برای تهیه عصاره گزنه، از روش حیدری مجد و همکاران [۱ و ۱۹]، با کمی اصلاحات، استفاده شد. بدین ترتیب ۱۰ گرم نمونه پودر با ۱۰۰ سیسی اتانول ۸۰ درصد مخلوط شده و به مدت ۲۴ ساعت روی شیکر در دمای محیط تحت هم‌زدن قرار گرفت. مخلوط عصاره حاصل با کاغذ واتمن شماره ۱ صاف گردید و در ادامه با دستگاه

استفاده شد. در این روش ابتدا محلول FRAP (مخلوط ۲۰۰ میلی لیتر بافر استات، ۲۰ میلی لیتر محلول TPTZ، ۲۰ میلی لیتر محلول کلرید آهن و ۲۴ میلی لیتر آب مقطر) تهیه شد. پس از تهیه محلول کار، ۱ میلی لیتر از محلول فوق در کووت^۲ به دمای ۳۷ درجه سانتیگراد رسانده شد و جذب آن در طول موج ۵۹۳ nm جهت محاسبه بلانک، اندازه‌گیری گردید. سپس ۱۰۰ μl از عصاره با غلظت ۸۰۰ پیپام به ۳ میلی لیتر محلول FRAP اضافه شد تا واکنش آغاز گردد. میزان تغییرات جذب در طول موج ۵۹۳ نانومتر و دمای ۳۷ درجه سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه اندازه‌گیری شد. پس از کسر جذب بلانک، مقدار FRAP، با استفاده از استاندارد (0.278g FeSO₄.7H₂O/1L distilled water)، به واحد میلی مولار بر لیتر تبدیل گردید.

۲-۴-۲-۲- آزمونهای نان

۲-۴-۲-۱- تعیین محتوای فنولی کل

محتوای ترکیبات فنولی کل استخراج شده از نان با استفاده از روش پاسریجا و همکاران [۲۳] با کمی تغییرات بررسی شد. بدین ترتیب ۲ گرم از نان برای ۱ دقیقه ریز و پودر شد. سپس نمونه‌ها با ۱۰ ml آب تحت هم‌زدن مغناطیسی برای استخراج پلی‌فنول‌ها قرار گرفتند. مخلوط حاصل در سانتریفوژ به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۱۵۱۱۵× فیلتر و از محلول رویی، محتوای پلی‌فنولی به‌روش فولین سیوکالتیو اندازه‌گیری شد.

۲-۴-۲-۲- تعیین محتوای رطوبت

به منظور اندازه‌گیری رطوبت نان از آزمون AACC (۲۰۰۰) استفاده شد. برای این منظور نمونه‌های مورد نظر در فاصله زمانی ۲ ساعت پس از پخت (روز صفر)، روز یک و روز سوم، در آون با حرارت ۱۳۰°C، به مدت ۹۰ دقیقه قرار گرفتند و سپس میزان رطوبت با توجه به کاهش وزن نمونه، مورد محاسبه قرار گرفت [۲۴].

۲-۴-۲-۳- تعیین میزان سفتی بافت

رنگ‌سنجی با فولین سیوکالتیو مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور منحنی استاندارد اسیدگالیک در دامنه غلظت ۵۰-۱۰۰ ppm رسم گردید. سپس برای تعیین محتوای فنول، ۲/۵ میلی لیتر واکنش‌گر فولین سیوکالتیو که با نسبت ۱:۱۰ با آب مقطر رقیق شده بود، به ۱ میلی لیتر از محلول عصاره، با غلظت ۱۰۰۰ پیپام، اضافه شد. پس از گذشت ۲ دقیقه، ۵ میلی لیتر کربنات سدیم (۷۵ گرم بر لیتر) به آن افزوده و محلول حاصل به مدت ۴۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی قرار گرفت. سپس میزان جذب نمونه در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت شد. با قرار دادن نتایج حاصل در منحنی استاندارد، میزان فنول کل در عصاره آزاد بر مبنای میلی‌گرم اسید گالیک بر گرم عصاره محاسبه گردید.

۲-۴-۲-۲- تعیین فعالیت آنتی اکسیدانی به روش DPPH

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش پاتارو و همکاران [۲۱] با کمی تغییرات بررسی شد. توانایی از دست دادن اتم هیدروژن توسط ترکیبات فنولی با میزان بی‌رنگ کردن محلول بنفش DPPH در اتانول مورد سنجش قرار گرفت. محلول واکنش دهنده DPPH (۲۵ پیپام) در اتانول حل شد. سپس ۳/۹ میلی لیتر از محلول اتانولی DPPH با غلظت ۰/۱۵ میلی مولار به ۰/۱ میلی لیتر از محلول عصاره با غلظت ۸۰۰ پیپام افزوده و هم زده شد. بعد از ۳۰ دقیقه قرار گرفتن در تاریکی، جذب نوری نمونه‌ها در ۵۱۷ نانومتر قرائت شد. در نهایت درصد مهار رادیکال‌های آزاد توسط رابطه زیر به دست آمد:

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{درصد مهار رادیکال آزاد} = \frac{(A_c - A_s)}{A_c} \times 100$$

که در این رابطه A_s و A_c به ترتیب جذب کنترل و جذب نمونه می‌باشند.

۲-۴-۲-۳- تعیین خاصیت آنتی اکسیدانی به روش FRAP

برای اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌روش FRAP، از روش کاروالهو و همکاران [۲۲] با کمی تغییرات

کاملاً تصادفی استفاده شد. آنالیز آماری داده‌ها با نرم‌افزار Spss نسخه ۲۲ و با روش تجزیه واریانس (ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن استفاده و رسم نمودار با نرم‌افزار Excel 2007 انجام گردید.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج آزمونهای عصاره

۳-۱-۱- میزان ترکیبات فنولی کل

شکل ۱ اثر هر یک از متغیرهای شدت و تیمار PEF را بر مقدار فنول کل در یک گرم عصاره گزنه را نشان می‌دهد. در مقایسه با نمونه کنترل، در شدت میدان ۱ کیلوولت بر سانتیمتر مقدار ترکیبات فنولی کل، افزایش پیدا کرد ($P < 0.05$)، که بیش‌ترین میزان ترکیبات فنولی را تیمار ۱ و ۴۰ (1.83 ± 0.02 میلی گرم معادل اسیدگالیک) دارا بود. اما به‌طور معنیداری مقدار ترکیبات فنولی کل در شدت میدان‌های ۴ و ۷ کیلوولت بر سانتیمتر کاهش پیدا کرد، که با نتایج تعداد پالس PEF هم راستا بود ($P < 0.05$). بیش‌ترین میزان از دست رفتن فنول مربوط به شدت ۷ کیلوولت بر سانتیمتر و تعداد تیمار ۶۰ به دست آمد.

ارزیابی بافت نان در فاصله زمانی ۲، ۲۴ و ۷۲ ساعت پس از پخت، با استفاده از دستگاه بافت‌سنج، طبق روش صحرانیان و همکاران [۲۵]، انجام گرفت. حداکثر نیروی مورد نیاز برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای (۲ cm قطر در ۲ cm ارتفاع) با سرعت ۳۰ میلی‌متر در دقیقه از مرکز نان، به عنوان شاخص سفتی محاسبه گردید.

۲-۴-۲- ارزیابی خصوصیات رنگی پوسته و مغز نان

به‌منظور بررسی خصوصیات رنگی پوسته و مغز نان از فضای رنگی $L^* a^* b^*$ ، توسط نرم‌افزار فتوشاپ، استفاده شد. مولفه L^* نشان‌دهنده میزان روشنی نمونه می‌باشد و دامنه آن از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. مقادیر مولفه a^* بین منفی ۱۲۰ تا مثبت ۱۲۰ قرار دارد و مقادیر مثبت معادل رنگ قرمز و مقادیر منفی معادل رنگ سبز می‌باشد. و مقادیر b^* نیز مانند مولفه a^* می‌باشد و مقادیر منفی معادل رنگ آبی و مقادیر مثبت معادل رنگ زرد است [۲۳].

۲-۵- آنالیز آماری

برای مقایسه ویژگی‌های محتوای فنول کل و آنتی‌اکسیدانی عصاره گزنه و نیز بررسی تأثیر نسبت عصاره اضافه شده به نان بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نان، از طرح

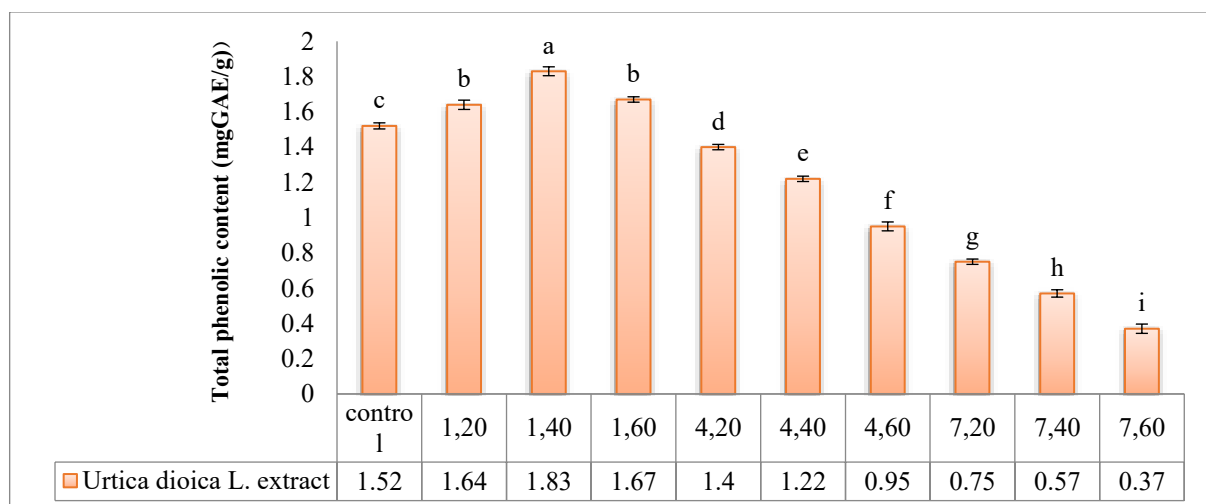


Figure 1: The effect of pulsed electric fields (1, 4 and 7 kv/cm and pulse number = 20, 40 and 60) on the total phenolic content of stinging nettle extract

a-i Mean values among samples not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

ترکیبات فنولی، دسته بزرگی از متابولیت‌های ثانویه گیاه می‌باشند که توانایی آنتی‌اکسیدانی آن‌ها ناشی از حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختارشان است. کاربرد فنول‌های طبیعی در صنعت غذا رو به افزایش است؛ زیرا این

ترکیبات تجزیه اکسیداتیو لیپیدها را به تأخیر انداخته و از این رو کیفیت و ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند [۲۶]. تغییرات پلی‌فنول‌های عصاره گزنه را می‌توان با تأثیر تیمار میدان الکتریکی پالسی توسط "الکتروپوراسیون"^۳، بر سلول‌های بیولوژیکی^۴ توضیح داد. غشاء سلول‌های بیولوژیکی ممکن است تحت اثر تیمار الکتریکی سوراخ شده و تحت تأثیر شدت و تعداد پالس بسیار کوتاه قرار گیرند [۲۷]. با تأثیر این تیمار بر غشاء سلول‌های بیولوژیکی، مقدار ترکیبات زیست فعال پلی‌فنولی، در شدت و تعداد تیمار پایین، آزاد شده و مقدار محتوای ترکیبات فنولی افزایش پیدا می‌کند. اما با افزایش شدت و تعداد تیماردهی، این ترکیبات با تأثیر معکوس روبه‌رو شده و با از بین رفتن ترکیبات پلی‌فنولی، مقدار محتوای ترکیبات فنولی نیز کاهش پیدا کرد.

کاروالهو و همکاران [۲۲]، عصاره گونه‌های مختلف گیاه گزنه را از لحاظ محتوای ترکیبات فنولی مورد بررسی قرار دادند و مشاهده کردند که در هر گرم عصاره گزنه، به‌طور متوسط مقدار ۷/۹ گرم بر ۱۰۰ گرم عصاره، ترکیبات فنولی وجود داشت. آگوایلار و همکاران [۲۸]، گزارش کردند که ترکیبات فنولی آب سیب که تحت تیمار میدان الکتریکی پالسی با شدت تیمار ۳۵ کیلوولت بر سانتیمتر قرار گرفته بود، به میزان ۱۴/۴۹ درصد کاهش پیدا کرد. نتایج پژوهش فوق، با نتایج بی و همکاران [۲۹] در خصوص کاهش ترکیبات فنولی با افزایش شدت پالس، همخوانی داشت. لونگو و همکاران [۳۰]، در خصوص تیماردهی پوست پرتقال و الدارا و همکاران [۳۱]، در خصوص انگور، به این نتیجه رسیدند که تیماردهی با تکنولوژی میدان الکتریکی پالسی موجب آزادسازی ترکیبات زیست فعال در پوست پرتقال و انگور شد. در این پژوهش‌ها استخراج

ترکیبات پلی‌فنولی از پوست پرتقال با شدت پالس ۷-۱ کیلوولت بر سانتیمتر موجب افزایش ترکیبات پلی‌فنولی تا ۱۵۹ درصد و ترکیبات پلی‌فنولی از انگور با شدت پالس ۵ کیلوولت بر سانتیمتر موجب افزایش ترکیبات پلی‌فنولی تا ۲۳ درصد شد. این افزایش در محتوای پلی‌فنول‌ها مربوط به افزایش استخراج برخی آنتی‌اکسیدان‌ها توسط تیمار میدان الکتریکی پالسی بود. الدارا و همکاران [۳۱]، پیشنهاد کردند که انواع انگورها نیاز به انرژی الکتریکی بالاتری برای افزایش نفوذپذیری به پوست و هم‌چنین آسیب به لایه‌ی زیرین و در نتیجه آزادسازی پلی‌فنول‌ها داشتند. از سوی دیگر وروبیو و لبوکا [۳۲]، اظهار داشتند که شدت میدان الکتریکی در محدوده ۰/۵-۰/۸ کیلوولت بر سانتیمتر به طور معمول برای القا شدن سلول‌های بیولوژیکی آب انگور و افزایش مولکول‌های زیست فعال کافی است. هم‌چنین رامبوت و همکاران [۳۳]، در خصوص تیماردهی دانه انگور با میدان‌های الکتریکی پالسی، به نتایج مشابه با این مطالعه دست یافته بودند.

۳-۲-۱- میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی به روش DPPH

در این پژوهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره گزنه در روش DPPH، در غلظت ۸۰۰ پیپیام مورد آزمون قرار گرفت که نتایج شکل ۲ اثر هر یک از متغیرهای شدت و تیمار PEF را بر مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان می‌دهد. اساس روش DPPH بر مبنای احیاء رادیکال آزاد DPPH به وسیله آنتی‌اکسیدان‌ها در غیاب سایر رادیکال‌های آزاد در محیط می‌باشد، که نتیجه این عمل باعث ایجاد رنگی در محیط می‌شود که شدت آن با دستگاه طیف سنجی قابل اندازه‌گیری است [۳۴].

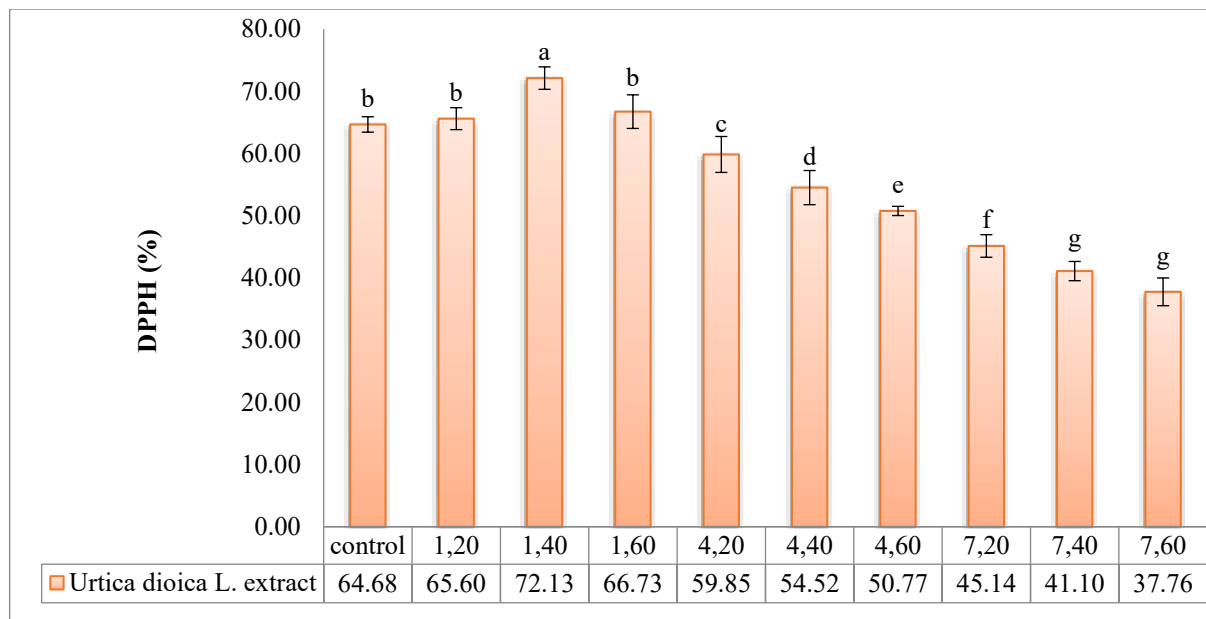


Figure 2: The effect of pulsed electric fields (1, 4 and 7 kv/cm and pulse number = 20, 40 and 60) on the free radical scavenging activity of stinging nettle extract

a-g Mean values among samples not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

شکل ۳ نتایج مربوط به فعالیت آنتی اکسیدانی با آزمون

FRAP را نشان میدهد، که در راستای نتایج درصد احیاءکنندگی DPPH بود. افزایش تعداد پالسها نیز اثر مشابهی بر این خصوصیت داشت ($P < 0.05$). این نتایج با درصد احیاءکنندگی DPPH هم بستگی بالایی داشت. این همبستگی آنتی اکسیدانها به احتمال زیاد نشان می دهد که ترکیبات موجود در عصاره گزنه دارای توانایی زیادی در کاهش فلزات سنگین می باشند که می توانند از آن در برخی از مسیرهای اکسیداتیو توسط فلزات کاتالیز شده، جلوگیری کنند [۲۲].

همانطور که در شکل ۲ مشخص است، درصد احیاءکنندگی DPPH در شدت پالس ۱ کیلوولت بر سانتیمتر، نسبت به نمونه کنترل افزایش داشته است، که در خصوص تیمار ۱ و ۴۰ این افزایش معنی دار بود. هم چنین بررسی تغییرات درصد احیاءکنندگی عصاره گزنه نشان داد که، شدت میدان الکتریکی بیشترین تأثیر را بر میزان فعالیت آنتی اکسیدانی داشت و اثرگذاری آن از نوع منفی بود. بدین معنی که با افزایش شدت میدان الکتریکی، میزان درصد احیاءکنندگی کاهش معنی دار ($P < 0.05$) داشت.

۳-۱-۳- میزان خاصیت آنتی اکسیدانی به روش FRAP

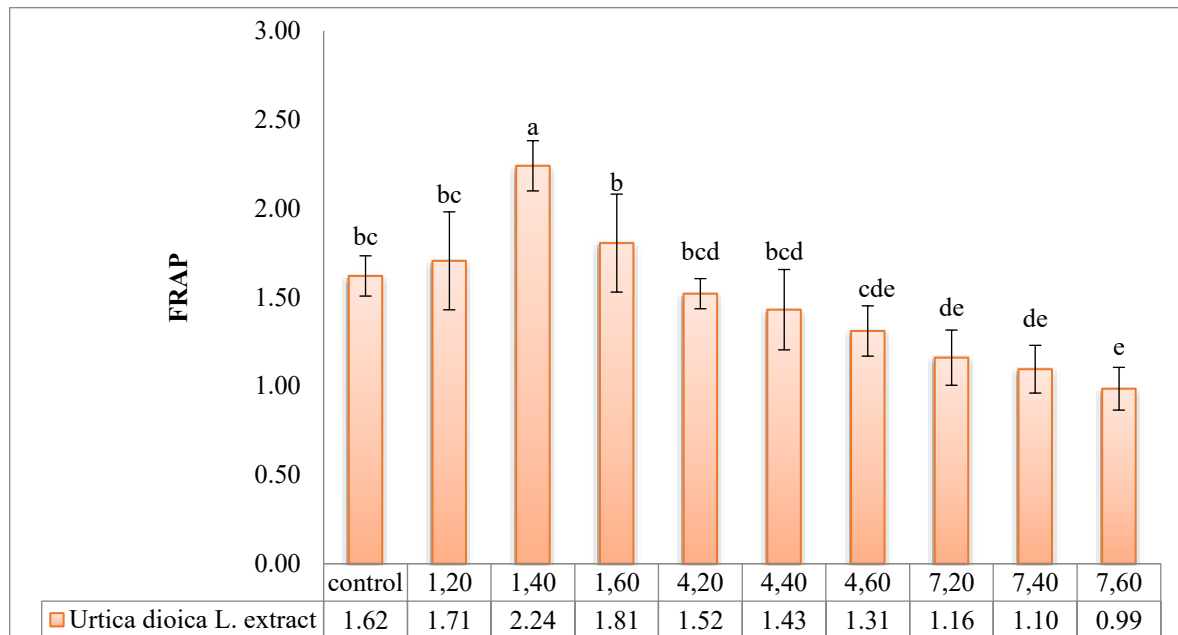


Figure 3: The effect of pulsed electric fields (1, 4 and 7 kv/cm and pulse number = 20, 40 and 60) on the antioxidant activity (FRAP) of stinging nettle extract
a-e Mean values among samples not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

توسط روش سنتی مقایسه کردند. نتایج نشان داد که میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی موجود در عصاره حلال‌های آلی به مراتب بیشتر از محتوای عصاره آبی بود. هم چنین مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ گزنه ۸۲ درصد به دست آمده بود. از آن جایی که اتانول تأثیر مستقیمی روی بافت نمونه وارد می‌کند، سبب شکستن دیواره سلول‌های ترکیبات فنولی می‌گردد. جین و همکاران [۳۷]، تیماردهی بلوبری را توسط میدان‌های الکتریکی پالسی با شدت پالس ۲ کیلوولت بر سانتیمتر را بررسی کردند و نتایج حاکی از آن بود که با تیماردهی مقدار ترکیبات پلی‌فنولی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۲۵ درصد افزایش یافت، که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. فراری و همکاران [۳۸] نیز در مطالعه آب انار به نتایج مشابهی دست یافته بودند [۳۸]. پلازا و همکاران [۳۹]، مشاهده کردند که فرآیند میدان الکتریکی پالسی ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آب پرتقال را قبل از تیمار و پس از تیماردهی، تغییر نداد که با نتایج اودریوزولا و همکاران [۴۰] هم‌خوانی داشت. گو و همکاران [۴۱]، هنگامی که آب انار را تحت تیمار میدان‌های الکتریکی پالسی در ۳۵ و ۳۸ کیلوولت بر سانتیمتر در دمای ۲۸۱ درجه سانتی‌گراد قرار دادند، مشاهده

مقایسه نتایج نشان داد که با افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس ابتدا میزان ترکیبات فنولی کل به علت آزادسازی این ترکیبات افزایش ولی با شدت بیش‌تر این دو متغیر به علت اثر تخریبی شدت‌های بالای میدان الکتریکی از میزان این ترکیبات کم شد که به دلیل ارتباط مستقیم ترکیبات فنولی با میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، در راستای کاهش ترکیبات پلی‌فنولی، از میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز کاسته شد. در روش FRAP از یک واکنش اکسیداسیون احیا استفاده می‌شود که با تغییر رنگ همراه است. زمانی که احیاء‌کننده واکنش (آنتی‌اکسیدان) الکترون خود را اهدا می‌کند، ماده‌ای تولید شده رنگی که نشان دهنده پیشرفت واکنش است می‌تواند به راحتی مورد ارزیابی قرار گیرد [۳۵].

حق‌جو و همکاران [۶]، ویژگیهای کلوئیدی و آنتی‌اکسیدانی نانولیپوزوم‌های حاوی عصاره گزنه را ارزیابی کردند که مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ۵۰/۹۴ درصد به دست آمده بود. مطلب و همکاران [۳۶]، عوامل مؤثر بر فرآیند استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی عصاره برگ و ساقه گزنه، توسط امواج مایکروویو را با عصاره استخراج شده

نمودار تأثیر افزودن نسبت‌های مختلف عصاره گزنه در محتوای ترکیبات فنولی نمونه نان، در شکل ۴ آورده شده است. نتایج نشان داد که ترکیبات فنولی هنگام افزودن عصاره به نان، افزایش معناداری ($P < 0.05$) داشتند. نمونه حاوی ۵ میلی لیتر عصاره تیمار شده از کم‌ترین مقدار فنول (mg 0.30 ± 0.03 GAE/g) و نمونه حاوی ۳۵ میلی لیتر عصاره تیمار شده از بیش‌ترین محتوای فنول کل (mg 0.81 ± 0.03 GAE/g) برخوردار بودند. در مقایسه عصاره شاهد با عصاره تیمار شده، مقدار ترکیبات فنولی از نان حاوی ۵ میلی لیتر عصاره تیمار شده به دلیل بیش‌تر بودن مقدار عصاره، بالاتر بود، هرچند از نظر آماری معنادار ($P > 0.05$) نبود اما در مقایسه با نان حاوی ۱۵ میلی لیتر عصاره تیمار شده (در مقدار یکسان) به طور معناداری مقدار ترکیبات فنولی کم‌تری داشت، که دلیل آن تأثیر PEF بر آزادسازی ترکیبات فنولی بود ($P < 0.05$).

کردند که میدان الکتریکی پالسی عامل مهمی بود که بیش‌ترین تأثیر را بر محتوای آنتوسیانین داشت.

۳-۲- عصاره بهینه

در میان تیمارهای با شدت و تعداد پالس‌های مختلف بر روی گیاه گزنه، تیمار گزنه با شدت ۱ کیلوولت بر سانتیمتر و تعداد ۴۰ پالس، به دلیل ترکیبات پلی‌فنولی بالا و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای عصاره، در مقدارهای مختلف برای ارزیابی کیفیت نان مورد استفاده قرار گرفت. از آن جا که، گزنه یک منبع غنی از پلی‌فنول‌های مختلف است که دارای مزایای متعدد دارویی می‌باشد، در این مطالعه عملکرد نان حاوی عصاره بهینه تیمار شده گزنه، از طریق ارزیابی محتوای فنولی کل بررسی شد و با افزودن ۱۵ میلی لیتر (در غلظت ۱۰۰۰ پیپام) عصاره تیمار نشده (شاهد) به نان، مقایسه گردید.

۳-۳- نتایج آزمونهای نان

۳-۳-۱- محتوای ترکیبات فنولی کل نان

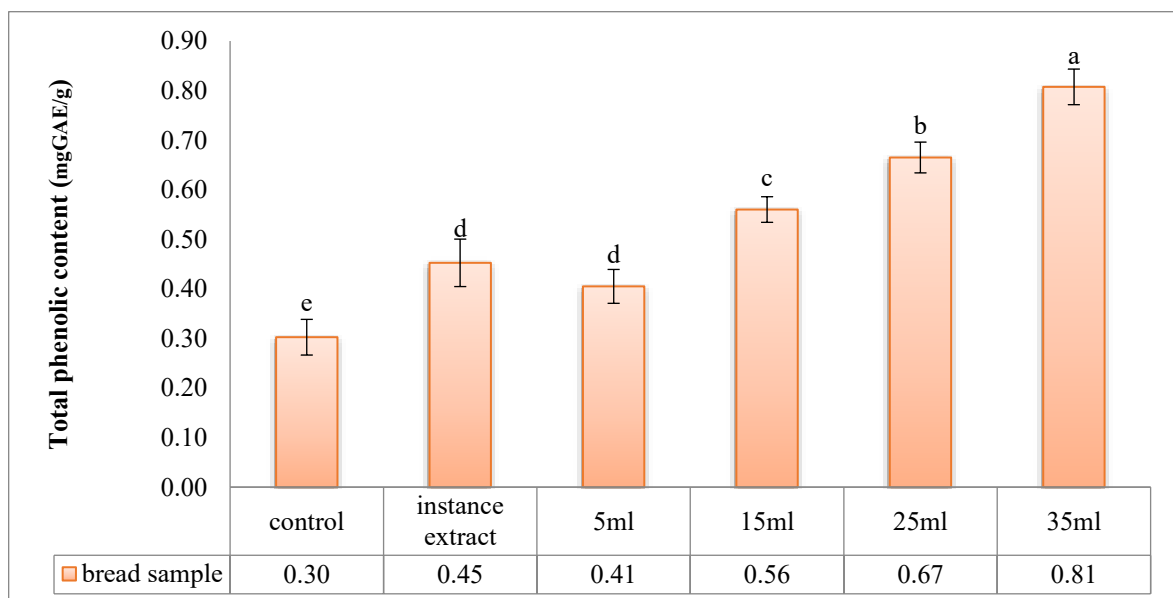


Figure 4. The effect of different concentration of stinging nettle extract on the total phenolic content of bread a-e Mean values among samples not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

هسته انگور باعث بیش‌تر شدن ترکیبات فنولی شد. بایانو و همکاران [۴۲]، میزان ترکیبات فنولی را در نان حاوی عصاره گیاه کاسنی و کرفس مورد بررسی قرار دادند. طبق نتایج این پژوهش مقدار ترکیبات فنولی نسبت به نان کنترل افزایش داشت. نان حاوی عصاره گیاه کاسنی در سطح خشک پوسته

پنگ و همکاران [۱۷]، تغییر در میزان ترکیبات فنولی را با افزودن عصاره هسته انگور در نان مورد بررسی قرار دادند. نان مورد نظر نسبت به نمونه کنترل دارای ترکیبات فنولی بیش‌تری بود. افزایش سطح مورد استفاده از عصاره

می‌دهد. طبق نتایج به دست آمده از آنالیز آماری، بین رطوبت نان‌ها در روزهای مختلف تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) وجود نداشت. اما با افزودن عصاره گزنه مقدار رطوبت نسبت به نان کنترل افزایش داشت. به گونه‌ای که نمونه‌های حاوی ۲۵ و ۳۵ میلی لیتر عصاره، به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) از سایر نمونه‌ها دارای رطوبت بیشتری بود که در طی نگهداری نیز این تفاوت معنی‌دار نشان داده شد. با توجه به نتایج به دست آمده، کم‌ترین میزان رطوبت در روز صفر مربوط به نمونه حاوی ۵ میلی لیتر (31.1 ± 1.3 درصد) عصاره تیمار شده بود. این مقدار به دلیل وجود عصاره گزنه از نمونه کنترل (31.2 ± 0.1 درصد) بیش‌تر بود. با افزایش مقدار عصاره درصد افزایش رطوبت نیز بیش‌تر شد.

نان دارای فنول بیش‌تر از سطح مرطوب بود، هم‌چنین در سطح خشک مغز نان نیز دارای فنول بیش‌تری نسبت به سطح مرطوب مغز نان بود. این نتیجه در خصوص نان حاوی عصاره کرفس نیز صدق می‌کرد. پاسریجا و همکاران [۲۳]، افزایش مقدار فنول کل را در نان‌های حاوی عصاره چای سبز گزارش کردند. طبق گزارش هورسزوالد و همکاران [۴۳]، حین پخت ممکن است مقداری از ترکیبات فنولی موجود در عصاره به دلیل حرارت تخریب شوند، که در این پژوهش نیز به همین دلیل مقدار ترکیبات فنولی کل پس از پخت در نان، نسبت به قبل از پخت، کمتر بود.

۳-۲-۳- محتوای رطوبت مغز نان

شکل ۵ نمودار تأثیر افزودن نسبت‌های مختلف عصاره گزنه بر روی رطوبت مغز نان را در ۳ روز مختلف نشان

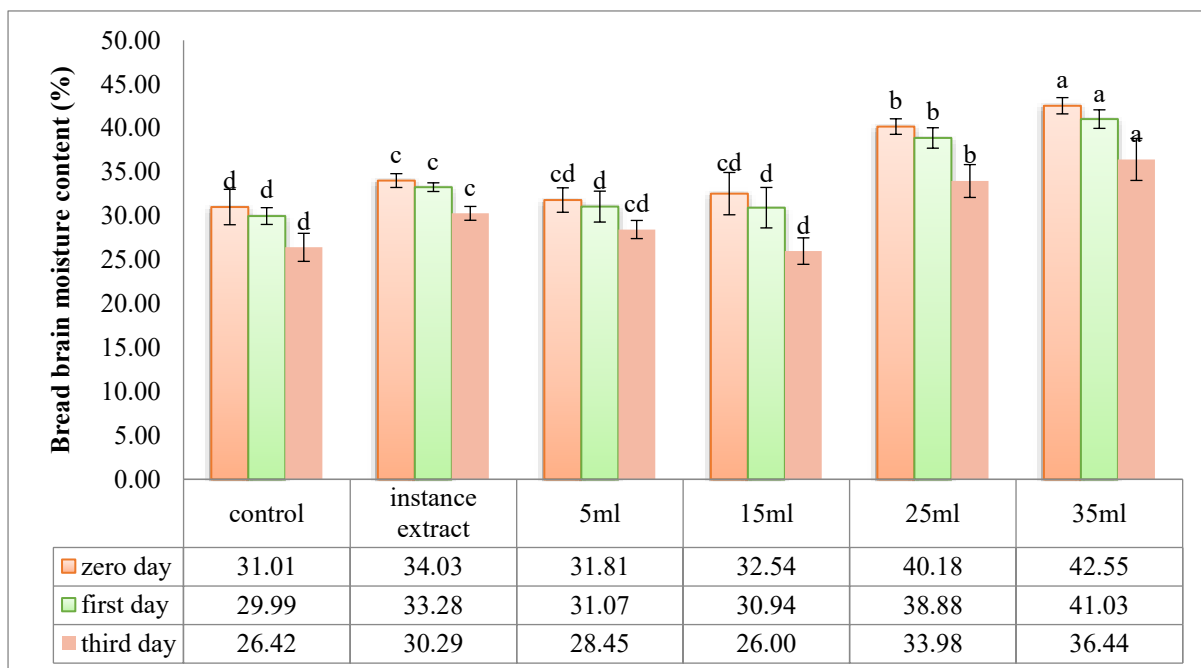


Figure 5. The effect of different concentration of stinging nettle extract on the bread brain moisture content (%)
a-d Mean values among samples not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

رطوبت و فعالیت آبی می‌شود. پخت طبیعی نان می‌تواند منجر به کاهش رطوبت خمیر گردد [۲۳]. پاسریجا و همکاران [۲۳] افزایش مقدار رطوبت در نان را با استفاده از عصاره آزاد گزارش کردند. آنها علت این تفاوت را به حضور فیبرهای رژیمی و پلی‌فنولها در عصاره چای سبز و نقش احتمالی آنها در حفظ رطوبت نسبت دادند. یافته این محققان مطابق با نتایج به دست آمده از این پژوهش بود. سیوام و

کاهش رطوبت طی نگهداری حاکی از شروع پدیده بیاتی در نان و از دست دادن قابلیت حفظ رطوبت نان در طول زمان نگهداری است که منجر به کاهش مقدار رطوبت نمونه‌ها می‌گردد. محتوای رطوبت در مدت زمان نگهداری محصولات غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زمان پخت، تبخیر آب از سطح و مرکز خمیر، سبب تغییر محتوای

مقادیر بالای فیبر و داشتن گروه‌های هیدروکسیل سبوس برنج و آرد سویا در ساختار خود و توانایی در پیوند با مولکول‌های آب موجود در فرمولاسیون دانستند، که قادرند میزان رطوبت محصول نهایی را افزایش دهند.

۳-۳-۳- سفتی مغز نان

شکل ۶ تأثیر افزودن نسبت‌های مختلف عصاره گزنه بر روی سفتی مغز نان را در ۳ روز مختلف نشان می‌دهد. نتایج نشان داد افزودن نسبت‌های مختلف عصاره روی سفتی بافت مغز نان اثر می‌گذارد، به گونه‌ای که با افزایش مقدار عصاره افزوده شده به نان، مقدار سفتی افزایش یافت. در این مطالعه سفتی مغز نان برای نمونه کنترل بین 0.84 ± 0.08 تا 2.47 ± 0.04 نیوتن در طی ۳ روز اندازه‌گیری بود.

همکاران [۴۴]، علت افزایش رطوبت نان در حضور عصاره حاوی ترکیبات پلی‌فنولی را در فعل و انفعالات بین آب و گروه‌های هیدروکسیل، کربونیل یا آمین با فیبرها و ترکیبات پلی‌فنولی و هم چنین پروتئین آرد دانستند. در پژوهش لیم و همکاران [۲۱]، که افزودن درصدهای مختلف پودر زردچوبه را به نان ارزیابی کرده بودند، تفاوت معنی‌داری ($P > 0.05$) در رطوبت نان‌ها به دست نیامده بود. در پژوهش سرابندی و همکاران [۴۵]، تأثیر افزودن عصاره مالت و نقش آن به عنوان یک منبع قندی بر ویژگی‌های خمیر و خواص کیفی نان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزودن عصاره مالت به طور معناداری محتوای رطوبت نان افزایش یافت. صحرانیان و همکاران [۲۵]، نشان دادند که با افزایش درصد سبوس برنج و آرد سویا در فرمولاسیون نان باگت، میزان رطوبت با اختلاف معنی‌داری ($P < 0.05$) در سطح ۵ درصد افزایش یافت. آن‌ها دلیل این افزایش را دارا بودن

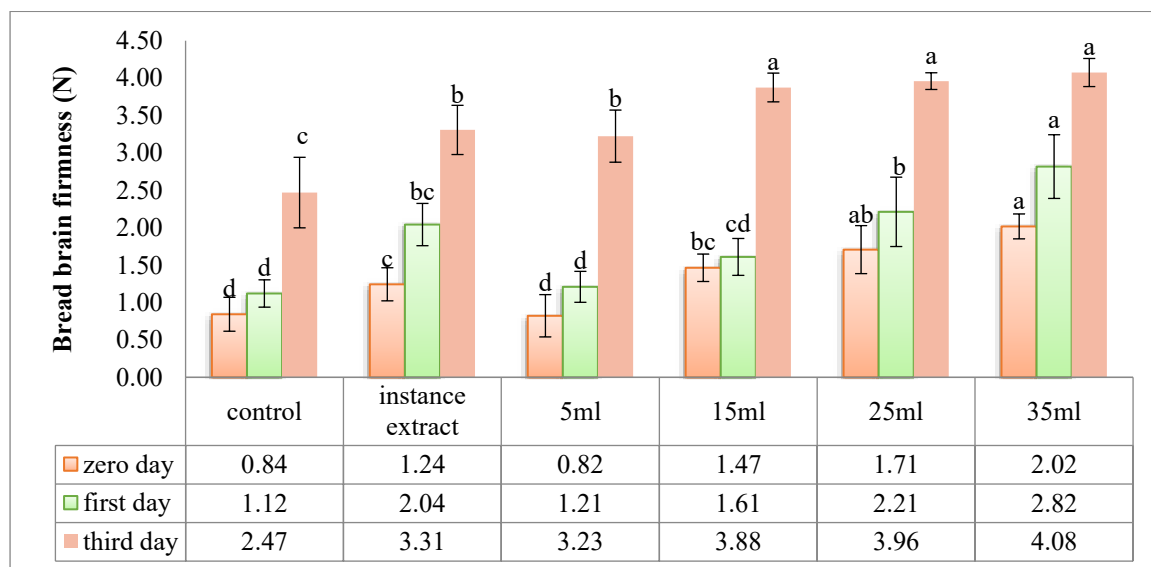


Figure 6. The effect of different concentration of stinging nettle extract on the bread brain firmness (N)
a-d Mean values among samples not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

افزایش یافت، که دلیل آن را می‌توان در کریستال شدن اجزا نشاسته به‌ویژه آمیلوپکتین در طول نگهداری محصول جستجو کرد. به علاوه، رطوبت محصول از مغز بافت به سمت قسمت‌های سطحی و پوسته نمونه مهاجرت کرده و منجر به ایجاد مغز سفت و خشک در نان می‌گردد [۴۶]. با افزودن عصاره گزنه به نان مقدار افزایش این سفتی بیش‌تر شد. به دلیل وجود ترکیبات فنولی در عصاره تعداد سلول‌های

اندازه‌گیری سفتی مغز نان از مشخصات مهم در ارزیابی کیفیت نان می‌باشد [۱۶]. در طول ژلاتینه شدن نشاسته، گرانول‌های نسبتاً متورم با ایجاد حالت کشسانی موجب میسر شدن انبساط گاز در شبکه می‌شوند. از این رو بافت و ساختار محصول وابسته به ژلاتینه شدن نشاسته است [۲۳]. همان‌طور که مشاهده می‌شود سفتی مغز نان رفته رفته

افزایش سفتی معنی‌دار ($P > 0.05$) نبود. طبق پژوهش هوگیتن و همکاران [۴۸]، رطوبت در سفتی مغز نان تأثیر مستقیم دارد به گونه‌ای که با کاهش رطوبت میزان سفتی افزایش می‌یابد. در نهایت نتایج حاصل از سفتی مغز نان در راستای نتایج حجم مخصوص نیز بود. بدین شکل که نمونه های نان با حجم مخصوص کم‌تر از سفتی بیش‌تری برخوردار بودند.

۳-۳-۴- رنگ مغز و پوسته نان

در جدول ۱، مقادیر رنگی L^* (درخشندگی)، a^* (قرمز در مقابل سبز) و b^* (زرد در مقابل آبی) مغز نمونه‌های نان نشان داده شده است.

گازی کم‌تری در بافت خمیر باقی ماند که این هم به نوبه خود می‌تواند در افزایش سفتی بافت محصول مؤثر باشد. با افزایش هرچه بیش‌تر مقدار عصاره، سفتی بافت نیز بیش‌تر شد. بالسترا و همکاران [۱۶]، نشان دادند که افزودن ۴/۵ درصد پودر زنجبیل به نان دارای کم‌ترین سفتی مغز نان افزودن ۶ درصد پودر زنجبیل دارای بیش‌ترین سفتی مغز نان بود که با نتایج حاصل از پژوهش واده‌را و همکاران [۴۷]، که نشان دادند افزودن ۵ درصد حاصل پودر زنجبیل به نان موجب بهبود مشخصات کیفی نان می‌شود، مطابقت داشت. پاسریجا و همکاران [۲۳] میزان سفتی بافت نانهای غنی شده با عصاره چای سبز را مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که پلی‌فنولهای موجود در عصاره، در رقابت رطوبت با شبکه گلوتهی و رقیق شدن شبکه، موجب افزایش نسبی در سفتی بافت نمونه‌های نان می‌شود. هر چند این

Table 1. The effect of different concentration of stinging nettle extract on the bread brain color properties

Treatments	brain color properties		
	L^*	a^*	b^*
control	93.1±0.1 ^a	-4.46±0.2 ^d	21.86±0.9 ^c
Instance extract	80.03±0.5 ^b	1.73±0.5 ^{cd}	24.45±0.7 ^b
5ml	90.84±0.6 ^a	-2.8±0.6 ^{cd}	22.02±1.1 ^c
15ml	80.32±1.3 ^b	1.99±1.06 ^c	25.39±0.6 ^b
25ml	77.61±1.2 ^c	2.49±0.7 ^b	28.21±1.1 ^a
35ml	76.52±0.7 ^d	3.12±0.2 ^a	29.56±1.5 ^a

a-d Mean values in the same column not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

انگور، دارای شاخص روشنایی کم‌تر از نان کنترل بودند. اما با اضافه کردن این عصاره‌ها به نان، شاخص a^* و b^* در تمام موارد به جز نمونه حاوی عصاره کرفس، روند افزایش نسبت به نان کنترل نشان داد که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت داشت. در گزارش لیم و همکاران [۱۲]، با افزودن درصدهای مختلف پودر زردچوبه به نان، از شاخص L^* کاسته و به شاخص‌های a^* و b^* نسبت به نان کنترل افزوده شد. این نسبت با بیش‌تر شدن درصدهای افزوده شده، بیش‌تر شد. هم چنین، پاسریجا و همکاران [۲۳]، دلیل تغییر رنگ را ماهیت و رنگ اولیه عصاره مورد استفاده در تولید نان دانستند. آن‌ها در پژوهش خود کاهش شاخص L^* (روشنایی) و افزایش شاخص‌های a^* و b^* را در نانهای حاوی عصاره چای سبز گزارش کردند.

در خصوص رنگ مغز نان همان طور که نتایج نشان می‌دهد، مقدار شاخص L^* که نشان دهنده میزان روشنایی نان است، با افزودن عصاره رنگی گزنه روند نزولی داشت. با افزایش هرچه بیش‌تر عصاره تیمار شده به نان، به دلیل تأثیر تیمار در افزایش میزان ماده مؤثره و رنگ عصاره گیاه گزنه، از میزان روشنایی نمونه‌ها کاسته شد، که تفاوت معنی‌داری ($P < 0.05$) با یکدیگر داشتند. این مقدار در خصوص شاخص‌های a^* و b^* نسبت به نان کنترل روند صعودی داشت.

بایانو و همکاران [۴۸]، در پژوهشی که درخصوص ویژگی‌های رنگی مغز نان که با عصاره سبزیجات در انواع مختلف، غنی شده بود، به این نتیجه رسید که نان حاوی عصاره کاسنی، کرفس، کلم، رازیانه، برگ زیتون و تفاله

افزودنی نداشت. با افزودن عصاره گزنه، از رنگ نانهای تولید شده کاسته شد. بدین گونه که شاخص L^* به تدریج کاهش، اما مقدار شاخص a^* و b^* برای نمونهها با افزایش ماده فعال یا عصاره، افزایش یافت.

در جدول ۲ نیز، مقادیر رنگی پوسته نمونههای نان مانند L^* (درخشندگی)، a^* (قرمز در مقابل سبز) و b^* (زرد در مقابل آبی) نشان داده شده است. طبق نتایج به دست آمده، نمونه کنترل از بالاترین شاخص روشنایی (L^*)، و کمترین شاخص b^* و a^* برخوردار بود. زیرا نمونه کنترل هیچگونه

Table 2. The effect of different concentration of stinging nettle extract on the bread shell color properties

Treatments	Shell color properties		
	L^*	a^*	b^*
control	71.98±0.7 ^a	12.34±0.7 ^d	52.36±0.7 ^c
Instance extract	69.37±0.5 ^b	13.95±0.5 ^c	55.9±0.5 ^c
5ml	71.41±0.9 ^a	12.7±0.5 ^d	54.01±0.4 ^d
15ml	69.18±0.9 ^b	14.46±0.3 ^c	56.7±0.7 ^{bc}
25ml	65.84±0.8 ^c	17.53±0.6 ^b	57.7±0.7 ^b
35ml	61.86±0.6 ^d	19.68±0.8 ^a	59.06±1.3 ^a

a-d Mean values in the same column not followed by a common letter differ significantly ($P < 0.05$).

طبیعی از جمله عصارههای گیاهی در مواد غذایی به وجود آمده است. در این پژوهش از عصاره گزنه به عنوان منبع آنتی اکسیدانی استفاده شد. افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالسها ابتدا منجر به افزایش ترکیبات فنولی کل و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره گزنه گردید ولی با افزایش بیشترین متغیرها، این دو پارامتر کاهش یافت. عصاره حاصل از فرآیند میدان الکتریکی پالسی با شدت میدان الکتریکی ۱ کیلوولت بر سانتیمتر و تعداد پالس ۴۰، به عنوان عصاره بهینه انتخاب گردید. نمونه های تولید شده تفاوت معنی داری ($P < 0.05$) در محتوای ترکیبات فنولی کل در مقادیر مختلف، در طول پخت نشان دادند. نمونه های نان حاوی عصاره تیمار شده و تیمار نشده گزنه، از نظر رطوبت و سفتی بافت نان، با افزایش نسبت عصاره تا ۳۵ میلی لیتر، افزایش یافتند. با اضافه کردن عصاره به نان، رنگ مغز و پوسته تفاوت معناداری نسبت به نان کنترل داشتند. در نهایت نان حاوی ۵ و ۱۵ میلی لیتر عصاره تیمار شده از ویژگی های بهتری نسبت به نانهای دیگر، برخوردار بودند. در نهایت می توان نتیجه گرفت که تأثیر میدان الکتریکی پالسی در شدت و تعداد پالس پایین، بر گیاه گزنه مثبت بود و موجب افزایش ترکیبات فنولی و آنتی اکسیدانی آن شد و با افزودن عصاره پلی فنولی گزنه به نان، ترکیبات فنولی نان افزایش

ویژگیهای رنگی پوسته نان یکی از مهم ترین شاخصهای بیان کننده کیفیت و پذیرش کلی محصول است. به طور کلی واکنشهای حاصل از قهوه های شدن مایلارد در طول پخت در نتیجه واکنش بین قندهای احیاء کننده و پروتئینها از عوامل مؤثر بر ایجاد رنگ مطلوب در پوسته نان به شمار میروند. این نتایج حاکی از اثر قابل توجه ترکیبات موجود در عصاره و رنگ اولیه آن بر شاخصهای رنگی محصولات نهایی است. یافتههای به دست آمده با نتایج محققانی که از عصاره های مختلف یا پودر گیاه در نان استفاده کرده بودند مطابقت داشت [۱۶ و ۴۹]. صحراییان و همکاران [۲۵]، در بررسی تأثیر اختلاط آرد گندم با سبوس برنج و آرد سویا بر خواص رنگی نان باگت، به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان سبوس برنج و آرد سویا در فرمولاسیون، میزان مؤلفه های L^* و b^* افزایش یافت.

۴- نتیجه گیری

اکسیداسیون چربی باعث تنش اکسیداتیو شده که منجر به کاهش ارزش غذایی و ویژگی های حسی محصولات غذایی و تأثیرات ناگوار بر سلامتی انسان می شود. تاکنون سرطان زایی و اثرات منفی آنتی اکسیدان های سنتزی بر سلامت انسان مشخص گردیده است. بنابراین، امروزه رویکرد جدیدی برای استفاده از آنتی اکسیدان های

مریم نجفیان مهرآباد: انجام آزمایش‌ها، جمع‌آوری داده‌ها و مشارکت در تحلیل داده‌ها و تهیه پیش‌نویس اولیه مقاله؛ زهرا مظلوم: جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها و بررسی علمی مقاله؛ مهدی قره‌خانی: طراحی و هدایت پژوهش، نظارت بر اجرای مطالعه، تفسیر نتایج، ویرایش و بازبینی علمی مقاله و مسئول مکاتبات؛ کاظم علیرضالو: مشارکت در طراحی پژوهش، تحلیل و تفسیر نتایج و بازبینی علمی مقاله و مسئول مکاتبات.

بیانیه استفاده از هوش مصنوعی

در تهیه و نگارش این مقاله از هیچ‌گونه ابزار هوش مصنوعی استفاده نشده است. تمامی محتوای علمی، نگارش، تحلیل داده‌ها و تفسیر نتایج توسط نویسندگان انجام شده است.

۵-منابع

- [1] Segovia, F. J., Luengo, E., Corral-Pérez, J. J., Raso, J., and Almajano, M. P. 2015. Improvements in the aqueous extraction of polyphenols from borage (*Borago officinalis* L.) leaves by pulsed electric fields: Pulsed electric fields (PEF) applications. *Industrial Crops and Products*, 65: 390-396.
- [2] Luengo, E., Álvarez, I., and Raso, J. 2013. Improving the pressing extraction of polyphenols of orange peel by pulsed electric fields. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17: 79-84.
- [3] Fiol, C., Prado, D., Mora, M., and IñakiAlava, J. 2016. Nettle cheese: Using nettle leaves (*Urtica dioica*) to coagulate milk in the fresh cheese making process. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 4: 19-24.
- [4] Bodros, E. and Barley, CH. 2008. Study of the tensile properties of stinging nettle fibres (*Urtica dioica*). *Materials Letters*, 62: 2143-2145.
- [5] Durovic, S., Pavlic, B., Šorgic, S., Popov, S., Savić, S., Pertonić, M., Radojković, M., Cvetanović, A., and Zeković, Z. 2017. Chemical composition of stinging nettle leaves obtained by different analytical approaches. *Journal of Functional Foods*, 32: 18-26.
- [6] Haghjou, S., Ghanbarzadeh, B., Hamishekar, H., Asna Ash'ari, S., and Dehghannia, J. 2015. Evaluation of colloid and antioxidant properties of Nanoliposomes containing *urtica dioica* L. extract. *Journal of Nutrition Sciences*, 2 (7): 11-23.
- [7] Moussa-Ayoub, T., Jager, H., Knorr, D., El-Samahy, S. K., Kroh, L. W., and Rohn, S. 2017. Impact of pulsed electric fields, high hydrostatic

یافته و مصرف آن به عنوان یک محصول فراسودمند پیشنهاد می‌شود.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های به‌دست‌آمده و مورد استفاده در این پژوهش در صورت درخواست از نویسنده مسئول مکاتبات قابل دسترسی خواهد بود.

تضاد منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که هیچ‌گونه تضاد منافع مالی یا غیرمالی مرتبط با انتشار این مقاله وجود ندارد.

بیانیه تأمین مالی

این پژوهش هیچ‌گونه حمایت مالی قابل ذکر دریافت نکرده است.

مشارکت نویسندگان

- pressure, and thermal pasteurization on selected characteristics of *Opuntia dillenii* cactus juice. *Food Science and Technology*, 79: 534-542.
- [8] Moussa-Ayoub, T. E., Jager, H., Youssef, K., Knorr, D., El-Samahy, S., Kroh, L. W., and Rohn, S. 2016. Technological characteristics and selected bioactive compounds of *Opuntia dillenii* cactus fruit juice following the impact of pulsed electric field pretreatment. *Food Chemistry*, 210: 249-261.
 - [9] Alirezalu, K., Munekeata, P.E., Parniakov, O., Barba, F.J., Witt, J., Toepfl, S., Wiktor, A. and Lorenzo, J.M. 2020. Pulsed electric field and mild heating for milk processing: a review on recent advances. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1): 16-24.
 - [10] Wiktor, A., Sledz, M., Nowacka, M., Rybak, K., Chudoba, T., Lojkowski, W., and Witrowa-Rajchert, D. 2015. The impact of pulsed electric field treatment on selected bioactive compound content and color of plant tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 30: 69-78.
 - [11] Sarkis, J. R., Boussetta, N., Blouet, Ch., Cristin, I., Ligi, T., Marczak, 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 and Emerging Technologies*, 29: 170-177.
 - [12] Lim, H. S., Park, S. H., Ghafoor, K., Hwang, S. Y., and Park, J. 2011. Quality and antioxidant properties of bread containing turmeric (*Curcuma longa* L.) cultivated in South Korea. *Food Chemistry*, 124: 1577-1582.
 - [13] Jensen, S., Ostdal, H., Skibsted, L.H., and Thybo, A. K. 2011. Antioxidants and shelf life of whole

- wheat bread. *Journal of Cereal Science*, 53: 291-297.
- [14] Salehi, M., and Omidvari, A. 2015. Application of PEF to optimize energy use in sugar extraction from sugar beet. *Journal of Engineering and Energy Management*, 5 (4): 26-33.
- [15] Lohani, U. C. and Muthukumarappan, K. 2016. Application of the pulsed electric field to release bound phenolics in sorghum flour and apple pomace. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 35: 29-35.
- [16] Balestra, F., Cocci, E., Pinnavaia, G. and Romani, S. 2011. Evaluation of antioxidant, rheological and sensorial properties of wheat flour dough and bread containing ginger powder. *Journal of Food Science and Technology*, 44: 700-705.
- [17] Peng, X., Ma, J., Cheng, K. W., Jiang, Y., Chen, F., and Wang, M. 2010. The effects of grape seed extract fortification on the antioxidant activity and quality attributes of bread. *Food Chemistry*, 119: 49-53.
- [18] Odriozola-Serrano, I., Soliva-Fortuny, R. and Marti'n-Belloso, O. 2009. Impact of high-intensity pulsed electric fields variables on vitamin C, anthocyanins and antioxidant capacity of strawberry juice. *Food Science and Technology*, 42: 93-100.
- [19] Heidari Majd, M., Mortazavi, S. A., Asili, J., and Bolourian, SH. 2012. Optimization of extraction of phenolic compounds from pheonite cow's plant using an ultrasound machine. *Journal of Herbal Drugs*, 3 (1): 7-13.
- [20] Capannesi, C., Palchetti, I., Mascini, M. and Parenti, A. 2000. Electrochemical sensor and biosensor for polyphenols detection in olive oils. *Food Chemistry*, 71: 553-562.
- [21] Pataro, G., Sinik, M., Capitoli, M. M., Donsi, G., and Ferrari, G. 2015. The influence of post-harvest UV-C and pulsed light treatments on quality and antioxidant properties of tomato fruits during storage. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 30: 103-111.
- [22] Carvalho, A. R., Costa, G., Figueirinha, A., Liberal, J., Prior, J. A. V., Lopes, M. C., Cruz, M. T., and Batista, M. T. 2017. *Urtica* spp.: Phenolic composition, safety, antioxidant and anti-inflammatory Activities. *Food Research International*, 99: 485-494.
- [23] Pasrija, D., Ezhilarasi, P. N., Indrani, D. and Anandharamakrishnan, C. 2015. Microencapsulation of green tea polyphenols and its effect on incorporated bread quality. *Food Science and Technology*, 64: 289-296.
- [24] AACC. 2000. Approved methods of American Association of Cereal Chemist (8th ed.) Approved methods nr. 44-16, 08-01, 10-05, 74-09. St Paul, Minnesota, USA.
- [25] Sahraian, B., Mazaheri, M., Naghipour, F., Ghiyafe Davoodi, M., and Soleimani, M. 2013. Investigating the effect of wheat flour mixing with rice bran and soybean flour on physicochemical and sensory properties of baguettes. *Iranian Journal of Nutrition and Food Technology*, 8 (3): 240-229. . (In Persian).
- [26] Muanda, F.N., Soulimani, R., Diop, B. and Dicko, A. 2011. Study on chemical composition and biological activities of essential oil and extracts from *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves. *Food Science and Technology*, 44 (9): 1865-1872.
- [27] Parniakov, O., Lebovka, N. I., Van Hecke, E. and Vorobiev, E. 2014. Pulsed electric field assisted pressure extraction and solvent extraction from mushroom (*Agaricus Bisporus*). *Food and Bioprocess Technology*, 7: 174-183.
- [28] Aguilar-Rosas, S. F., Ballinas-Casarrubias, M. L., Nevarez-Moorillon, G. V., Martin-Belloso, O., and Ortega-Rivasa, E. 2007. Thermal and pulsed electric fields pasteurization of apple juice: Effects on physicochemical properties and flavour compounds. *Journal of Food Engineering*, 83: 41-46.
- [29] Bi, X., Liu, F., Rao, L., Li, J., Liu, B., Liao, X., and Wu, J. 2013. Effects of electric field strength and pulse rise time on physicochemical and sensory properties of apple juice by pulsed electric field. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17: 85-92.
- [30] Luengo, E., Álvarez, I. and Raso, J. (2013). Improving the pressing extraction of polyphenols of orange peel by pulsed electric fields. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 17:79-84.
- [31] El Darra, N., Grimi, N., Maroun, R.G., Louka, N., and Vorobiev, E. 2013. Pulsed electric field, ultrasound, and thermal pretreatments for better phenolic extraction during red fermentation. *European Food Research and Technology*, 236 (1): 47-56.
- [32] Vorobiev, E. and Lebovka, N. I. (Eds.). (2008). *Electrotechnologies for extraction from food plants and biomaterials*. New York: Springer
- [33] Rombaut, N., Savoie, R., Thomasset, B., Castello, J., Van Hecke, E., Lanoisellé, J. 2015. Optimization of oil yield and oil total phenolic content during grape seed cold screw pressing. *Industrial Crops and Products*, 63: 26-33.
- [34] Nerlich, A. G., and E. D. Schleicher. 1994. Nε-(Carboxymethyl) lysine in atherosclerotic vascular lesions as a marker for local oxidative stress. *Atherosclerosis*, 144: 41-47.
- [35] Hosseini, S., Gharachorlou, M., Mirzaei, N., and Mirzaei, M. 2014. Overview of antioxidant capacity determination methods. *Journal of Food Science and Nutrition*, 11 (4): 89-111.
- [36] Motaleb, GH. R., Lohrasbi, M. R., and Nejati, M. 2015. Comparison of micronutrient extraction and

- traditional extraction of urticaria and evaluation of its antioxidant activity by HPLC and DPPH. *Journal of Plant Research*, 28 (2): 401-420.
- [37] Jin, T. Z., Yu, Y., and Gurtler, J. B. 2017. Effects of pulsed electric field processing on microbial survival, quality change and nutritional characteristics of blueberries. *Food Science and Technology*, 77: 517-524.
- [38] Ferrari, G., Maresca, P., and Ciccarone, R. 2010. The application of high hydrostatic pressure for the stabilization of functional foods: Pomegranate juice. *Journal of Food Engineering*, 100: 245-253.
- [39] Plaza, L., Sa'nchez-Moreno, C., Elez-Martí'nez, P., De Ancos, B., Martí'n-Belloso, O. and Cano, M. P. 2006. Effect of refrigerated storage on vitamin C and antioxidant activity of orange juice processed by high-pressure or pulsed electric fields with regard to low pasteurization. *European Food Research and Technology*, 223: 487-493.
- [40] Odriozola-Serrano, I., Herná'ndez-Jover, T., and Martí'n-Belloso O. 2007. Comparative evaluation of UV-HPLC methods and reducing agents to determine vitamin C in fruits. *Food Chemistry*, 105:1151-1158.
- [41] Guo, M., Jin, T. Z., Geveke, D. J., Fan, X., Sites, J. E. and Wang, L. 2014. Evaluation of microbial stability, bioactive compounds, physicochemical properties, and consumer acceptance of pomegranate juice processed in a commercial scale pulsed electric field system. *Food and Bioprocess Technology*, 7: 2112-2120.
- [42] Baiano A., Viggiani I., Terracone C., Romaniello R. and Del Nobile M.A. 2015. Physical and sensory properties of bread enriched with phenolic aqueous extracts from vegetable wastes. *Czech Journal Food Science*, 33: 247-25.
- [43] Horszwald A., Troszynska A., del Castillo M.D., and Zielinski H. 2009. Protein profile and sensorial properties of rye breads. *European Food Research and Technology*, 229: 875-886.
- [44] Sivam, A. S., Sun-Waterhouse, D., Waterhouse, G. I. N., Quek, S. Y., and Perera, C. O. 2011. Physicochemical properties of bread dough and finished bread with added pectin fiber and phenolic antioxidants. *Journal of Food Science*, 76: 97-107.
- [45] Sarabandi, KH., Gorgij, SH., and Dameshghi, F. 2014. Effect of Malt Extract on Bread Quality. Twenty-second National Congress of Food Science and Technology. Gorgan University of Science, Agriculture and Natural Resources. (In Persian).
- [46] Ahlborn, G. J., Pike, O. A., Hendrix, S. B., Hess, W. M. and Huber, C. S. 2005. Sensory, mechanical and microscopic evaluation of staling in low protein and gluten free bread. *Cereal Chemistry*, 82: 328-35.
- [47] Vadhera, S., Kaur, R., Kaur, A., and Soni, G. 2004. Effect of supplementation of wheat flour with different dietary fibres on physic-chemical and baking characteristics. *Journal of Research, Punjab Agricultural University*, 41: 249-255.
- [48] Hugiten, A., Escher, F. and Conde-Petit, B. 2003. Staling of bread: role of amylose and amylopectin and influence of starch degrading enzymes. *Cereal Chemistry*, 80: 654-661.
- [49] Ezhilarasi, P. N., Indrani, D., Jena, B. S. and Anandharamakrishnan, C. 2013. Freeze drying technique for microencapsulation of Garcinia fruit extract and its effect on bread quality. *Journal of Food Engineering*, 117: 513-52.



Scientific Research

Effect of pulsed electric fields on antioxidant and polyphenolic properties of stinging nettle and its effect on bread quality

Maryam Najafiyan Mehrabad¹, Zahra Mazloom², Mehdi Gharekhani^{3*} & Kazem Alirezalu^{4,5*}

1- M.Sc Graduate, Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran

2- Director of Quality Control, Research and Development, Aseman Bahram Alishah Company (Istaram), Tabriz, Iran

3- Department of Food Science and Technology, Ta.C., Islamic Azad University, Tabriz, Iran

4- Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

5-Department of Food Engineering, Faculty of Agriculture, Atatürk University, 25240 Erzurum, Türkiye

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2024/05/25

Review: 2025/01/25

Accepted: 2025/02/12

Keywords:

Stinging nettle extract,

pulsed electric field,

total phenolic content,

antioxidant activity,

bread

DOI: 10.48311/fsct.2026.83794.0

*Corresponding Author E-

m.gharekhani@iau.ac.ir,

kazem.alirezalu@tabrizu.ac.ir

In this study, a completely randomized design was employed to enhance the extraction of phenolic compounds from nettle plants using pulsed electric field pretreatment. The experiment involved different electric field intensities at three levels (1, 4, and 7 kv/cm) and pulse numbers at three levels (20, 40, and 60). After extraction, the total phenolic content and antioxidant activity were assessed through DPPH and FRAP. The findings indicated that increasing the electric field intensity from 1 to 7 kv/cm resulted in a reduction in total phenolic content and antioxidant activity, while increasing the number of pulses from 20 to 60 led to an increase in these values. The results of the optimized process clearly revealed that using a pulsed electric field of 1 kV/cm with 40 pulses provided the highest total phenolic content and antioxidant activity in the extract. To assess the quality attributes of bread, untreated stinging nettle extract was used as a control while plant extract treated with 1 kv/cm intensity and 40 pulses, in varying quantities (5, 15, 25, and 35 ml per 100 grams of flour), was incorporated. The findings revealed a notable difference in the total phenolic content among various bread samples. The bread enriched with 35 ml of treated extract exhibited the highest total phenolic content. Furthermore, moisture content of the bread decreased while its hardness increased during storage, and both parameters escalated with higher extract ratios up to 35 ml. The treated extract exhibited a notable enhancement in the color of both the brain and shell of the bread compared to the control. Ultimately, bread samples containing 5 and 15 ml of the treated extract were selected as optimal samples due to their superior quality attributes.