مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه‌سازی استخراج ترکیبات زیست فعال از میوه زرشک بی‌دانه با پیش تیمار میدان الکتریکی پالسی

فاطمه طیبی راد[۱]، حمید بخش آبادی[۱*]، شیلان رشیدزاده[۱]

۱- گروه علوم و صنایع غذایی، دانشگاه غیرانتفاعی ساعی ، گرگان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۹۷ /۰۷/۱۷

تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۱/۱۷

کلمات کلیدی:

آنتوسیانین،

زرشک،

میدان الکتریکی پالسی،

پیش‌تیمار.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.25

* مسئول مکاتبات:

h.bakhshabadi@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق به‌منظور بهینه‌سازی فرایند استخراج عصاره اتانولی میوه زرشک، افزایش و بهینه‌سازی شرایط استخراج آنتوسیانین‌ها و ترکیبات زیست فعال به کمک پیش تیمار میدان الکتریکی پالسی از ۳ سطح شدت میدان الکتریکی (۰/۵، ۱/۷۵ و ۳ کیلوولت بر سانتی‌متر) و ۳ سطح تعداد پالس (۱۵، ۳۰ و ٤۵) استفاده شد و سپس برای استخراج عصاره آنها، حلال اتانول مورد استفاده قرار گرفت. میزان فلاونوئیدها، آنتوسیانین کل، فعالیت رادیکال گیرندگی به روش DPPH، میزان ترکیبات فنلی کل، قدرت احیاکنندگی آهن، میزان ویتامین C و اسیدیته موردبررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که محتوای فنل کل عصاره با افزایش تعداد پالس و کاهش شدت میدان الکتریکی پالسی اعمال‌شده به نمونه کاهش یافت. افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس‌ها در ابتدا منجر به افزایش میزان فلاونوئید، DPPH و قدرت احیاکنندگی یون آهن گردید ولی با افزایش بیشتر این متغیرها، این سه پارامتر کاهش یافتند. همچنین با افزایش این پارامترها میزان آنتوسیانین و محتوای ویتامین C افزایش یافت. میزان اسیدیته نمونه با افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس اعمال‌شده ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. با توجه به نتایج بهینه‌سازی فرایند می‌توان بیان نمود که شدت میدان الکتریکی ۲/۰۰۳ کیلوولت بر سانتی‌متر و اعمال ۲۹ پالس، موجب افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی در محصول فراوری‌شده نسبت به نمونه شاهد شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

۱- مقدمه

زرشک‌ها، گروه بزرگی از درختچه‌های خاردار همیشه سبز هستند که به دلیل مصارف و کاربردهای متعدد از قبیل مصارف خوراکی میوه، از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. حصول دانش فنی فرآوری میوه زرشک می‌تواند به‌صورت یک فراوری منحصربه‌فرد و بومی و اجرای آن در منطقه، ضمن ارتقای علمی، سبب گسترش و توسعه اقتصادی و صنعتی در منطقه گردد. میوه زرشک دارای ترکیبات با ارزشی ازجمله فنل‌های کل، آنتوسیانین‌ها، اسیدسیتریک، ویتامین ث و ترکیبات دیگر می‌باشد که روش‌های استخراج، فرمولاسیون و تهیه اشکال مختلف خوراکی و دارویی آن‌ها بایستی موردپژوهش قرار گیرد. کاربرد روش‌هایی برای استخراج این ترکیبات باارزش که بتوان بیشترین ماده عملگر را با کمترین ناخالصی و حداقل تخریب به دست آورد از اهمیت بسزایی برخوردار است [۱]. استخراج ترکیبات گیاهی با حلال به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین روش‌های جداسازی شناخته‌شده است، به‌طوری‌که عمدتاً، استخراج ترکیب‌های زیست فعال[1] از گیاهان توسط تقطیر با بخار و استخراج با حلال آلی و با استفاده از روش‌های تراوش[2]، خیساندن[3] و سوکسله[4] انجام می‌گرفته است [۲]. زمان طولانی استخراج، بازدهی کم، مسمومیت فاز استخراج‌شده 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 ماکروویو[5]، استخراج با سیال فوق بحرانی[6] و یا امواج فراصوت[7] وجود دارد که درنتیجه کاربرد این روش‌ها، استخراج سریع‌تر و مؤثرتر و درنتیجه مقدار نمونه خروجی نیز بیشتر است .به دلیل مصرف کمتر حلال آلی، این روش‌ها به‌عنوان روش‌های دوستدار محیط‌زیست معرفی می‌شوند[۳]. استخراج با پرس سرد نیز فرایندی است با توانایی تولید محصولات طبیعی، بدون هیچ‌گونه اثری از وجود حلال و مواد آلوده یا مصنوعی. این روش امکان استخراج مواد حساس به حرارت و ترکیباتی که به‌راحتی اکسید می‌شوند را فراهم می‌کند [٤].

معمولاً عصاره گیری از زرشک با روش‌های معمول به زمان زیاد، درجه حرارت بالا و حجم زیادی از حلال نیاز دارد. عصاره گیری حرارتی باعث افت آنتوسیانین‌ها شده و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی عصاره زرشک را کاهش می‌دهد [۱،۵].

عدم پذیرش افزودنی‌ها و نگه‌دارنده‌های شیمیایی از سوی مصرف‌کنندگان به دلیل سرطان‌زایی و سمیت احتمالی، منجر به پژوهش‌های گسترده درزمینه کشف ترکیبات فعال طبیعی با خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی شده است. ترکیبات طبیعی قادر به افزایش عمر نگهداری مواد غذایی از طریق بازدارندگی رشد میکروارگانیسم‌های پاتوژن و فاسد کننده مواد غذایی و نیز حفاظت مواد غذایی از آسیب‌های ناشی از استرس اکسیداتیو می‌باشند. ترکیبات فنلی دسته بزرگی از متابولیت‌های ثانویه گیاهی می‌باشند که توانایی آنتی‌اکسیدانی آن‌ها ناشی از حضور گروه‌های هیدروکسیل در ساختارشان است. توجه و کاربرد فنل‌های طبیعی در صنعت غذا رو به افزایش است؛ زیرا این ترکیبات تجزیه اکسیداتیو لیپیدها را به تأخیر انداخته و ازاین‌رو کیفیت و ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی را بهبود می‌بخشند. با افزایش شدت میدان‌های الکتریکی می‌توان به افزایش این ترکیبات کمک کرد. علت این افزایش را می‌توان آزادسازی بیشتر این ترکیبات براثر میدان الکتریکی نسبت داد [٦].

در سال‌های گذشته مطالعات متعددی بر روی توانایی تیمار با میدان‌های پالسی قوی انجام‌گرفته است و اثرات این روش بر میزان امن بودن و ماندگاری محصولات تیمار شده بررسی‌شده است. در دهه‌های اخیر پیشرفت تکنولوژی میدان الکتریکی پالسی با کاربرد در فرآوری مواد غذایی به‌صورت غیرحرارتی، یکی از زمینه‌های مهم تحقیقاتی و جایگزین مطالعه در مورد کاربردهای کارآمد انرژی گردیده است [۷]. میدان الکتریکی پالسی یک روش فیزیکی جدید است که به‌عنوان جایگزینی باارزش برای تکنیک‌های تجزیه سلولی سنتی (آسیاب کردن، حرارت دهی، یا کشش آنزیمی) به‌منظور بهبود میزان انتقال جرمی آب و ترکیبات داخل سلولی در طی عملیات استخراج است. در طی PEF[8]، بافت‌های گیاهی در مدت کوتاهی در معرض پالس‌های الکتریکی با شدت متوسط (۱ تا ۱۰ کیلوولت / سانتی‌متر) و نسبتاً کم انرژی (۱-۱۰ کیلوژول بر کیلوگرم) است که ایجاد منافذ در غشای سلولی (الکتروپوراسیون)

1. Bioactive
2. Percolation
3. Maceration
4. Soxhlet
5. Microwave assisted Extraction
6. Supercritical Fluid Extraction
7. Ultrasound assisted Extraction
8. Pulsed electric field

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

درنتیجه افزایش نفوذپذیری غشاء و کاهش میزان محتوای سلول را تسهیل می‌کند [۸]. این فرآیند یک فرآیند غیرحرارتی است که قادر به کاهش میکروارگانیسم‌ها است اما حداقل تغییرات را در ویژگی‌های حسی و ارزش غذایی ماده غذایی ایجاد می‌کند. همچنین این فرایند مانند سایر فرآیندهای غیرحرارتی سبب حفظ ویژگی‌های کیفی، تغذیه‌ای و افزایش بهره‌وری در فرآیندهای تولید مواد غذایی می‌گردد [۹]. مطالعات گریمی و همکاران (۲۰۱۱)، جایگر و همکاران (۲۰۱۲) و بوبینات (۲۰۱٤) نشان داده‌اند که استفاده از پیش تیمار PEF بر عملکرد و خواص آنتی‌اکسیدانی آب‌میوه‌های سیب، هویج و زغال‌اخته توسط فشار مکانیکی، منجر به بهبود عملکرد و خواص آنتی‌اکسیدانی شده است [۱۰، ۱۱ و ۱۲].

محققان نشان دادند که شدت‌های مختلف میدان برای تخریب غشای سلولی باید به یک حد بحرانی در کمتر از μs ۱ برسد تا تخریب برگشت‌ناپذیر صورت گیرد[۱۳]. با استفاده از میدان‌های الکتریکی پالسی به علت افزایش در نفوذپذیری سلول‌ها، میزان راندمان استخراج افزایش می‌یابد. قابل‌قبول‌ترین نظریه پذیرفته‌شده درباره نحوه عملکرد روش PEF با مدل الکترومکانیکی معرفی‌شده توسط زیمرمن و همکاران (۱۹۷٦) تطابق دارد[۱٤]. پارانیکو و همکاران (۲۰۱۵) تأثیر میدان الکتریکی پالسی را روی استخراج پروتئین، ترکیبات فنلی، کربوهیدرات‌ها و ایزوتیوسیانات‌های دانه پاپایا مطالعه نمودند. نتایج آن‌ها حاکی از آن بود که راندمان استخراج پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، ترکیبات فنلی، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد و اندیس معادل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ترولوکس(TEAC[9]) در مورد تیمارهای فراوری‌شده به‌وسیله PEF، بالاتر از روش استخراج آبی بود[۱۵].

هدف از این تحقیق به‌طورکلی افزایش و بهینه‌سازی شرایط استخراج آنتوسیانین‌ها و ترکیبات زیست فعال دیگر از میوه زرشک بی‌دانه با استفاده از پیش تیمار میدان الکتریکی پالسی بود.

۲- مواد و روش‌ها

نمونه‌های زرشک مورداستفاده در این پژوهش از مزرعه‌ای در شهر قائنات در استان خراسان جنوبی جمع‌آوری شد. میوه‌های رسیده زرشک در آبان ماه سال ۱۳۹٦ به روش خوشه‌چین برداشت و به‌منظور انجام آزمون‌های حاضر، مورداستفاده قرار گرفت.

۲-۱- آماده‌سازی و تهیه نمونه‌ها

برای این تحقیق میوه زرشک، در محیط تاریک در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد خشک گردید و تحت تأثیر پیش تیمار میدان الکتریکی پالسی با سه سطح شدت میدان الکتریکی (۰/۵، ۱/۷۵ و ۳ کیلوولت بر سانتی‌متر) و سه سطح تعداد پالس (۱۵، ۳۰ و ٤۵) قرار گرفتند و یک نمونه نیز فاقد پیش‌تیمار که فقط از حلال اتانول استفاده شده بود به‌عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد.

۲-۲- عصاره گیری نمونه‌ها

در این پژوهش پودر دانه‌های زرشک بعد از اعمال پیش‌تیمارهای مختلف میدان الکتریکی پالسی با نسبت ۵:۱ با حلال اتانول ۷۰ درصد در دمای محیط توسط شیکر ارلن و بالن به مدت ۲٤ ساعت مخلوط و بعد از طی این مدت در دمای اتاق، مخلوط پودر زرشک و حلال با کاغذ صافی واتمن شماره ٤۲ فیلتر شدند. حلال اتانولی به‌وسیله تبخیرکننده تحت خلأ در دمای ٦۰ درجه سانتی‌گراد تغلیظ و نهایتاً در آون ۵۵ درجه در یک ارلن با دهانه‌گشاد تا خشک شدن کامل در مدت‌زمان حدود ٤ ساعت خشک شدند. همچنین یک نمونه عصاره اتانولی زرشک به‌عنوان نمونه شاهد (فاقد پیش‌تیمار که سایر شرایط استخراج مانند نمونه‌های دیگر بود) در نظر گرفته شد.

۲-۳- آزمون‌ها

۲-۳-۱- اندازه‌گیری فنل کل

میزان کل ترکیبات فنلی به روش رنگ سنجی فولین سیوکالتیو موردبررسی قرار گرفت[۱٦]. اسیدگالیک به‌عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون بکار رفت. میزان فنل کل بر اساس معادل گالیک اسید در گرم وزن خشک بیان شد. آزمایش‌ها در سه تکرار و میانگین آن‌ها گزارش شد.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری فلاونوئید کل

جهت اندازی گیری این ترکیبات از روش رنگ سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئیدها استفاده شد[۱۷].

۲-۲-۳- ارزیابی فعالیت مهار رادیکال آزاد DPPH

توانایی دادن اتم هیدروژن یا الکترون توسط عصاره‌های مختلف در این آزمایش با میزان بی‌رنگ شدن محلول بنفش

9. Trolox Equivalent Antioxidant Capacity (TEAC)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

۲و۲ دی فنیل ۱-پیکروهیدروزیل در متانول مورد سنجش قرار گرفت [۱۸].برای این منظور یک میلی‌لیتر از محلول متانولی DPPH(با غلظت یک میلی‌مولار) به ۳ میلی‌لیتر از عصاره خشک افزوده و مخلوط حاصله به‌شدت هم زده شد. لوله‌های آزمایش به مدت ۳۰ دقیقه در محل تاریک قرار گرفتند. بعد از این مدت میزان جذب در طول‌موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد. لازم به ذکر است که در نمونه کنترل، عصاره با ۳ میلی‌لیتر متانول جایگزین شد. درنهایت درصد مهار رادیکال‌های DPPH توسط عصاره با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

درصد مهار رادیکال آزاد $= (A_c-A_s)/A_c\times100$

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

۲-۲-٤- ارزیابی قدرت احیاکنندگی آهن

توانایی عصاره‌ها برای احیای آهن سه‌ظرفیتی توسط روش یلدریم و همکاران (۲۰۰۱)، تعیین شد. یک میلی‌لیتر از محلول عصاره یا آنتی‌اکسیدان سنتزی با ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات (pH= ٦/٦ و M= ۰/۲) و ۲/۵ میلی‌لیتر پتاسیم فری‌سیانید (۱۰ گرم در لیتر) مخلوط شد و به مدت نیم ساعت در حمام آب با دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس ۲/۵ میلی‌لیتر تری کلرواستیک اسید ۱۰ درصد (وزنی: حجمی) به نمونه‌ها اضافه شد و به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱٦۵۰ دور بر دقیقه سانتریفوژ شدند. از محلول بالایی ۲/۵ میلی‌لیتر به‌دقت برداشته و پس از افزودن ۲/۵ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر کلرید آهن (III) (۱ گرم در لیتر)، جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. میزان جذب بالا نشان‌دهنده قدرت احیاکنندگی بالای عصاره‌ها می‌باشد[۱۹].

۲-۲-۵- اندازه‌گیری آنتوسیانین

میزان ترکیبات آنتوسیانینی با روش اختلاف pH اندازه‌گیری شد. دو سیستم بافر، بافر پتاسیم کلرید (۰/۰۲۵ مولار) با pH= ۱ و بافر سدیم استات (۰/٤ مولار) با pH = ٤/۵، استفاده شد. به‌طور خلاصه در این روش، ٤۰۰ میکرو لیتر از محلول عصاره با ۳/٦ میلی‌لیتر از هریک از بافرها به‌طور جداگانه مخلوط شد و هر یک در دو طول‌موج ۵۱۰ و ۷۰۰ نانومتر خوانده شد. غلظت آنتوسیانین برحسب میلی‌گرم در لیتر معادل سیانیدین-۳-گلیکوزید در عصاره بر اساس فرمول زیر بیان گردید [۲۰].

$$C(mg/l) = (abs\ pH1- Abs\ pH 4.5)\times484.82\times1000/24825\times DF$$

اعداد ٤۸٤/۲ و ۲٤۸۲۵ به ترتیب وزن مولکولی و ضریب مولی سیانیدین-۳-گلیکوزید در طول‌موج ۵۱۰ نانومتر در محلول بافری می‌باشد. DF نیز عامل رقت محسوب می‌شود.

۲-۲-٦- اندازه‌گیری ویتامین C

جهت اندازه‌گیری ویتامین C از روش طیف‌سنجی استفاده شد. به این صورت که استخراج اسید اسکوربیک آزمونه، در حضور محلول اسید اگزالیک و یا محلول اسید متافسفوریک به همراه اسید استیک می‌باشد. محلول رنگی ۲ و ٦ ـ دی کلروفنل ایندوفنل که توسط اسید اسکوربیک احیا می‌شود. استخراج اضافی محلول رنگی توسط گزیلن صورت گرفته و تعیین این مقدار اضافی محلول رنگی توسط دستگاه طیف‌سنج در طول‌موج ۵۰۰ نانومتر انجام می‌گیرد[۲۱].

۲-۲-۷- اندازه‌گیری اسیدیته

دو گرم از نمونه به یک ارلن منتقل و سپس با آب مقطر خنثی‌شده، رقیق گردید. مقدار آب بسته به نوع رنگ مصرفی فرآورده ژله‌ای، ممکن است کم و یا زیاد به کار رود. پس‌ازآن یک میلی‌لیتر محلول شناساگر فنل فتالئین اضافه و با محلول هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال تیتر شد. نقطه پایان تیتراسیون هنگامی است که رنگ صورتی ظاهرشده در محیط برای مدت ۳۰ ثانیه پایدار بماند. میزان اسیدیته طبق فرمول زیر به دست آمد [۲۲].

درصد اسیدیته $= 0.64\times V\times N\times 100 / W$

۲-۳- آنالیز آماری

در قسمت اول این مطالعه برای بهینه‌سازی فرایند و ارزیابی پارامترهای مورد مطالعه از روش سطح پاسخ با یک طرح مرکب مرکزی، استفاده شد. درنهایت برای مقایسه بین بهترین نمونه‌هایی که تحت شرایط بهینه به دست می‌آید، با نمونه کنترل (با حلال) از آزمون t و نرم‌افزار SAS استفاده شد.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

۳- بحث و نتایج

۳-۱- بررسی روند تغییرات محتوای ترکیبات فنلی کل

ترکیبات پلی فنول در گیاهان به طور گسترده‌ای در دسترس هستند و گزارش‌ها نشان می دهد که بین محتوای کل فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بسیاری از گونه های گیاهی رابطه مثبت وجود دارد .ترکیبات فنلی در گیاهان به عنوان آنتی‌اکسیدان های قوی درونی به علت توانایی آنها برای اهدای هیدروژن یا الکترون و تبدیل‌شدن به فرم پایدار رادیکال واسطه شناخته‌شده‌اند. فنل‌ها گروه های مهمی از متابولیت ثانویه ترکیبات گیاهی هستند زیرا به دلیل داشتن گروه های هیدروکسیل ظرفیت به دام انداختن رادیکال های آزاد را دارند. بنابراین محتوای فنلی گیاهان می‌تواند به طور مستقیم به فعالیت آنتی‌اکسیدانی آن کمک کند [۲۳]. جدول (۱) نشان داد که برای برازش داده‌های فنل کل مدل خطی نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، مدل بهتری بود ($p<۰/۰۰۱$). مدل مناسب با توجه به معنی‌دار بودن آزمون F ($p<۰/۰۱$) و معنی‌دار نبودن مقدار فقدان برازش ($p>۰/۰۱$) در مورد آن و همچنین مقادیر R^2 و R^2 اصلاح‌شده و ضریب تغییرات انتخاب شد و درنهایت پارامترهای مؤثر بر مدل‌های به‌دست‌آمده با توجه به جدول آنالیز واریانس (جدول ۳) انتخاب و در مدل نهایی جای گذاری شدند.مسئله مهم در استخراج ترکیبات فنلی از منابع گیاهی، آزاد کردن این ترکیبات از ساختار گیاهی می‌باشد. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده در شکل ۱، مشاهده شد که محتوای فنل کل عصاره با افزایش تعداد پالس و کاهش شدت میدان الکتریکی پالسی اعمال‌شده به نمونه کاهش یافت. با توجه به پیچیدگی واکنش های شیمیایی موجود در سیستم های طبیعی،تشریح افزایش محتوای فنلی کل مشکل است. فنل کل در محصولات گیاهی از طریق فعالیت فنیل آلانین آمونیاک لیاز (PAL) در متابولیسم فنیل پروپانوئیدی تشکیل می‌شوند[۲٤]. کاهش این ترکیبات احتمالاً به علت اثر تخریبی شدت میدان الکتریکی در پالس‌های بالا، روی این ترکیبات می‌باشد. بخش آبادی و همکاران (۱۳۹٦) با بررسی تغییرات ترکیبات فنلی کل روغن سیاه‌دانه، نشان دادند که شدت میدان الکتریکی بیشترین تاثیر را بر میزان ترکیبات فنلی کل داشت و اثرگذاری آن از نوع منفی بود بدین معنی که با افزایش شدت میدان الکتریکی، میزان این ترکیبات کاهش یافت، افزایش تعداد پالس‌ها نیز اثر مشابهی بر ترکیبات فنلی کل داشت که با افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس ابتدا میزان ترکیبات فنلی 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 کاسته شد[۲۵]. 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 دارد.

نتایج این بخش با نتایج سرکیس و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت داشت [۲٦].

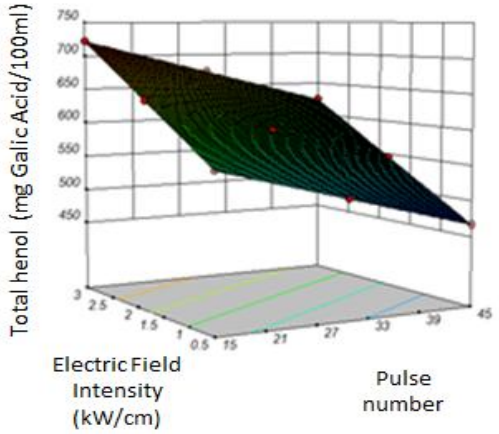

Fig 1 Effect of the electric field intensity and the number of pulses on the total phenol content

۳-۲- بررسی روند تغییرات محتوای ترکیبات فلاونوئید

برای برازش نتایج محتوای فلاونوئید مدل چندجمله‌ای درجه دوم نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، مدل بهتری بود. ($p<۰/۰۰۱$) (جدول شماره ۱). آنالیز واریانس محتوای فلاونوئیدها نیز در جدول ۲ آورده شده است. محتوای فلاونوئید موجود در نمونه ابتدا با افزایش تعداد پالس تا سطح ۳۰ افزایش و سپس کاهش یافت. تأثیر شدت میدان الکتریکی بر میزان این ترکیب نیز مشابه اثر تعداد پالس مورداستفاده در فراوری بود؛ به‌طوری‌که با افزایش شدت میدان الکتریکی پالسی تا ۱/۷۵ کیلوولت بر سانتی‌متر محتوای این ترکیب

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

شیمیایی افزایش و پس‌ازآن کاهش یافت (شکل ۲).

اثر اولیه این فرآیند روی فلاونوئیدها مربوط به تغییرات ساختاری و شکست غشا می‌باشد که نقش مهمی را به‌عنوان ممانعت کننده نیمه انتخابی ایفا کرده و نقل و انتقالات سلولی را کنترل می‌کند. اختلاف‌پتانسیل غشا در حالت طبیعی حدود ۱۰ میلی ولت است. اگر یک میدان الکتریکی خارجی اعمال شود، اختلاف‌پتانسیل اطراف غشا را افزایش داده که باعث کاهش ضخامت غشا می‌گردد. درصورتی‌که اختلاف‌پتانسیل اطراف غشا به مقدار بحرانی (حدود ۱ ولت) برسد، باعث ایجاد حفره‌هایی در غشا می‌شود که سبب آسیب به غشا و تخلیه محتویات سلولی می‌گردد [۲۷].

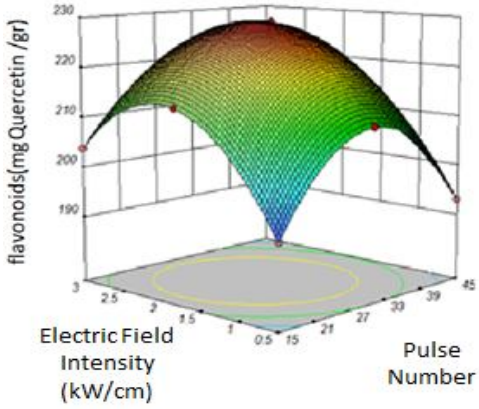

Fig 2 Effect of electric field intensity and number of pulses on flavonoids content

اگر حفره‌ها نسبت به‌کل سطح غشا کوچک باشند، شکست غشا ممکن است برگشت‌پذیر باشد اما زمانی که حفره‌هایی ایجادشده بزرگ باشند، تخریب غشای سلولی رخ می‌دهد. افزایش قدرت و شدت میدان الکتریکی یا افزایش زمان پالس و یا تعداد پالس‌ها، باعث ایجاد حفرات بزرگ می‌شوند[۲۸].

میدان الکتریکی پالسی بالا همراه با قرار گرفتن در معرض اکسیژن مولکولی ممکن است گروه‌های خاصی از ترکیبات زیست فعال مانند آنتوسیانین‌ها، را تخریب کند، در نتیجه تخریب آنتوسیانین‌ها با زمان و دما افزایش می‌یابد [۲۹].

مورنو و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تاثیر فشار بالا و میدان الکتریکی پالسی بر روی ترکیبات زیست فعال آب پرتقال بیان کردند که تغییرات ساختاری در دیواره سلولی که تحت تاثیر تیمار PEF قرار گرفت می‌تواند منجر به افزایش میزان فلاونوئیدها شود. با این حال تحقیقات بیشتری در مورد اثرات نفوذپذیری غشا ناشی از تیمار PEF موردنیاز است [۲٤].

۳-۳- بررسی روند تغییرات DPPH

آزمون DPPH به‌طور گسترده‌ای به عنوان یک روش برای تعیین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در یک دوره نسبتا کوتاه نسبت به سایر روش‌ها استفاده می‌شود[۲۳]. مطابق جدول (۱) برای برازش داده‌های DPPH مدل چندجمله‌ای درجه دوم نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، اختلاف معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۰۱$). نتایج نشان‌دهنده وجود یک ارتباط غیرخطی میان DPPH و متغیرهای مستقل مورد مطالعه بودند؛ به‌گونه‌ای که با افزایش تعداد پالس (تا ۳۰) میزان این ترکیب افزایش و پس از آن کاهش یافت. با افزایش شدت میدان الکتریکی تا ۱/۷۵ کیلوولت بر سانتی‌متر توانایی مهار رادیکال‌های آزاد DPPH به‌طور غیرخطی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت (شکل ۳).

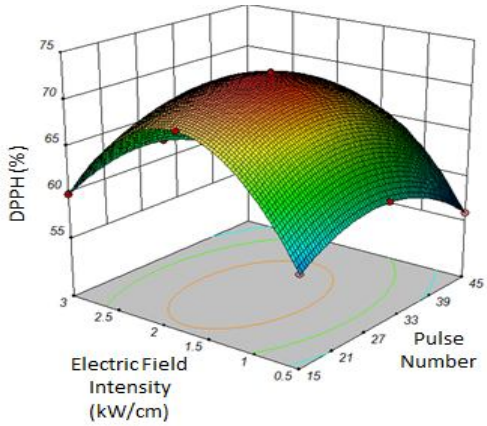

Fig 3 Effect of electric field intensity and pulse number on DPPH

احتمالاً علت افزایش توانایی مهار رادیکال‌های آزاد DPPH را می‌توان به آزادسازی بیشتر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی از قبیل توکوفرول‌ها و همچنین فلاونوئیدها کاهش آن را نیز می‌توان به اثر تخریبی افزایش پالس نسبت داد. نتایج این بخش با نتایج گودرجان و همکاران (۲۰۰۷) تطابق داشت [۳۰]. پارانیکو و همکاران (۲۰۱۵) بر روی تأثیر PEF بر روی استخراج پروتئین، ترکیبات فنلی، کربوهیدرات‌ها و ایزوتیوسیانت‌های دانه پاپایا مطالعه نمودند، نتایج آن‌ها حاکی از این بود که راندمان استخراج پروتئین‌ها، کربوهیدرات‌ها، ترکیبات فنلی، قدرت مهارکنندگی رادیکال آزاد و اندیس معادل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ترولوکس (TEAC) در مورد تیمارهای فراوری‌شده به‌وسیله PEF، بالاتر از روش

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

استخراج آبی بود [۳۱].

علت کاهش این ترکیبات با افزایش PEF را می‌توان به تخریب گروه‌های خاصی از ترکیبات فعال زیستی شامل آنتوسیانین‌ها نسبت داد [۲۹].

ژی هونگ و همکاران (۲۰۱۵) با بررسی تیمار PEF روی ویتامین C و خواص آنتی‌اکسیدانی نشان دادند که PEF، وزن مولکولی، ساختار فضایی و قطبیت مولکول‌های پروتئین را تغییر می‌دهد، که این امر سبب افزایش یا کاهش مهار رادیکال آزاد DPPH می‌شود همچنین نتایج آنها نشان داد که این تیمار میزان آنتی‌اکسیدان‌ها را صرف نظر از روش ارزیابی فعالیت آنها افزایش داد که علت این اتفاق افزایش نگهداری واکنش الکتروشیمیایی و تشکیل کمپلکس های فلز-آنتوسیانین که دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالاتری هستند می‌باشد. در این مطالعه ثرات تیمار PEF بر ساختار ویتامین C و محتوای نسبی آن و خواص آنتی‌اکسیدانی آن نیز مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که تیمار PEF به ویتامین C آسیب نمی‌زند و می‌تواند روند اکسیداسیون را به تاخیر بیاندازد.. علاوه بر این PEF می‌تواند خواص آنتی‌اکسیدانی را از طریق به دام انداختن رادیکال آزاد افزایش دهد [۳۳].

۳-٤- بررسی روند تغییرات قدرت احیاکنندگی آهن

برای برازش داده‌های احیاکنندگی یون آهن مدل چندجمله‌ای درجه دوم به‌عنوان بهترین مدل انتخاب گردید ($p<0.001$، جدول ۱). آنالیز واریانس احیاکنندگی یون آهن نیز در جدول ۲ آورده شده است. مطابق شکل ٤، میزان احیاکنندگی یون آهن با افزایش تعداد پالس (تا ۳۰) و همچنین شدت میدان الکتریکی تا ۱/۷۵ کیلوولت بر سانتی‌متر به‌طور غیرخطی ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. عصاره‌های گیاهی که حاوی مقادیر زیاد ترکیبات فنلی، از فعالیت آنتی‌اکسیدانی قوی‌تری برخوردار می‌باشند. ویژگی آنتی‌اکسیدانی ترکیبات فنلی می‌تواند به دلیل قابلیت احیاکنندگی آن‌ها باشد به‌گونه‌ای که به این ترکیب‌ها اجازه می‌دهد به‌عنوان احیاکنندگی دناتورهای هیدروژن و چلات کننده‌های آهن عمل نمایند [۳٤].

علت این افزایش را می‌توان به افزایش آزادسازی موادی که در احیاء آهن نقش دارند و همچنین غیرفعال شدن بعضی از آنزیم‌ها نسبت داد [۳۵].

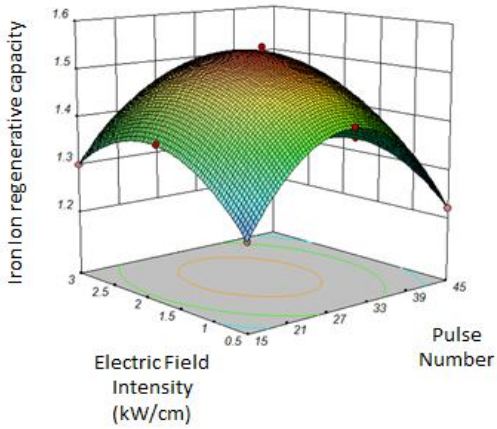

Fig 4 Effect of electric field intensity and pulse number on iron ion regenerative capacity

۳-۵- بررسی روند تغییرات محتوای ترکیبات ارزیابی آنتوسیانین

برای برازش داده‌های محتوای آنتوسیانین مدل چندجمله‌ای درجه دوم نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، اختلاف معنی‌داری داشت ($p<0.001$، جدول ۱). محتوای آنتوسیانین موجود در نمونه با افزایش تعداد پالس تا ۳۰ به‌سرعت افزایش یافت و سپس این ترکیب با نرخ آهسته‌تری افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که محتوای آنتوسیانین موجود در عصاره با کاهش شدت میدان الکتریکی اعمال‌شده به‌تدریج کاهش یافت (شکل ۵).

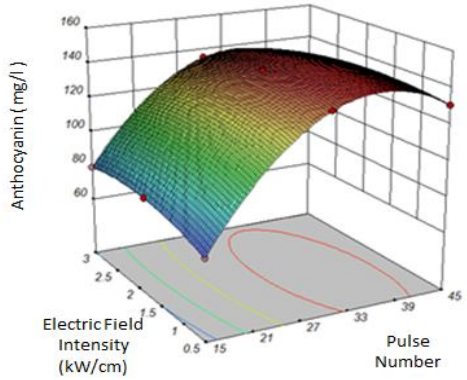

Fig 5 Effect of electric field intensity and number of pulses on anthocyanin content

می‌توان علت این امر را به این صورت بیان کرد که در ابتدا اختلاف غلظت زرشک و محلول کم است و عمل استخراج سریع‌تر صورت می‌گیرد، اما باگذشت زمان، این اختلاف غلظت کم شده و استخراج کندتر می‌شود.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

Table 1 Choosing the model for the parameters to be measured

Model		Flavonoid		DPPH		Iron Ion		Anthocyanin		Acidity	
Source	df	Sum of squares	Probability level	Sum of squares	Probability level	Sum of squares	Probability level	Sum of squares	Probability level	Sum of squares	Probability level
Model	5	2636.55	<0.0001	533.94	<0.0001	0.21	<0.0001	8651.33	<0.0001	21.83	<0.0001
A	1	48.85	<0.0001	13.89	<0.0001	3.750×10^{-3}	<0.0001	3776.55	<0.0001	0.21	<0.0001
B	1	39.89	<0.0001	1.25	<0.0001	1.350×10^{-3}	<0.0003	3.65	<0.0001	9.6×10^{-3}	<0.0001
A2	1	861.88	<0.0001	49.14	<0.0001	0.097	<0.0001	3531.27	<0.0001	6.72	<0.0001
B2	1	697.38	<0.0001	301.21	<0.0001	0.032	<0.0001	103.51	<0.0001	6.66	<0.0001
AB	1	32.89	<0.0001	0.54	<0.0001	9.000×10^{-4}	<0.0001	80.46	<0.0001	2.5×10^{-5}	0.7916
residual	7	6.3×10^{-3}	-	0.022	-	2.167×10^{-4}	-	0.13	-	2.2×10^{-3}	-
Lack of fit	3	1.01×10-3	0.8557	6.7×10-5	0.9996	1.589×10-5	0.9525	0.022	0.8524	1.23×10-4	0.9706
Net error	4	5.29×10-3	-	0.022	-	2.008×10-4	-	0.11	-	2.2×10-3	-
Sum of square	12	2636.56	-	533.96	-	0.21	-	8651.47	-	21.83	-

Table 2 Analysis of variance of measured parameters

	Total Phenol		Flavonoid		DPPH		Iron Ion regeneration		Anthocyanin		Vitamin C		Acidity	
Model	Sum of Squares	Probability level	Sum of Squares	Probability level	Sum of Squares	Probability level	Sum of Squares	Probability level	Sum of Squares	Probability level	Sum of Squares	Probability level	Sum of Squares	Probability level
Intercept	4.6×10^{6}	-	5.9×10^{5}	-	5515.48	-	25.65	-	2×10^{5}	-	9004.1	-	632.89	-
Linear model	51439	0.0001<	88.74	0.8427	15.14	0.8660	5×10^{3}	0.8826	3780.2	0.0566	0.075	0.9780	0.22	0.9512
Simple polynomial	0.000	1.000	32.89	0.7394	0.54	0.9250	9×10^{4}	0.8453	80.46	0.7065	16.81	0.0001<	2.5×10^{5}	0.9975
Quadrilateral polynomials	6.6×10^{4}	0.996	2514.92	0.0001<	518.26	0.0001<	0.20	0.0001<	4790.7	0.0001<	9×10^{5}	0.7373	21.61	0.0001<
Third degree polynomials	3.7×10^{3}	0.983	6.2×10^{4}	0.7727	1.7×10^{4}	0.9981	0.0000	1.0000	6×10^{3}	0.8910	0.0000	1.0000	1×10^{4}	0.8938
Residual	0.53	-	5.7×10^{3}	-	0.22	-	2.2×10^{4}	-	0.13	-	9.5×10^{4}	-	2×10^{3}	-
Total	4.6×10^{6}	-	6×10^{5}	-	56049.4	-	25.86	-	2.1×10^{-5}	-	90.21	-	654.72	-

Table 3 Analysis of variance of measured parameters

	Total Phenol			Vitamin C		
Source	df	Sum of squares	Probability level	df	Sum of squares	Probability level
Model	2	51438.92	<0.0001	3	16.88	<0.0001
A	1	14198.04	<0.0001	1	0.060	<0.0001
B	1	37240.88	<0.0001	1	0.015	<0.0001
AB	-	-	-	1	16.81	<0.0001
Residual	10	4.591×10^{-3}	1.0000	9	1.031×10^{-3}	-
Lack of fit	5	0.53	-	5	1.108×10^{-4}	0.9878
Net error	5	0.53	-	4	9.200×10^{-4}	-
Sum of square	19	51439.46	-	12	16.89	-

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

۳-۶- بررسی روند تغییرات محتوای ویتامین C

برای برازش داده‌های میزان اسید اسکوربیک مدل چندجمله‌ای ساده نسبت انتخاب گردید (p<۰/۰۰۱، جدول ۱).

محتوای اسید اسکوربیک موجود در نمونه با افزایش تعداد پالس و شدت میدان الکتریکی اعمال‌شده افزایش یافت (شکل ٦). هرچند در تعداد پالس‌های بالا با افزایش شدت میدان الکتریکی به علت تخریب این ماده، از میزان آن کاسته شد. تجزیه اسید اسکوربیک در طی PEF به طور عمده مربوط به تولید رادیکال آزاد و شرایط فیزیکی شدید تحت تأثیر با تیمارهای PEF است.[۳۳].

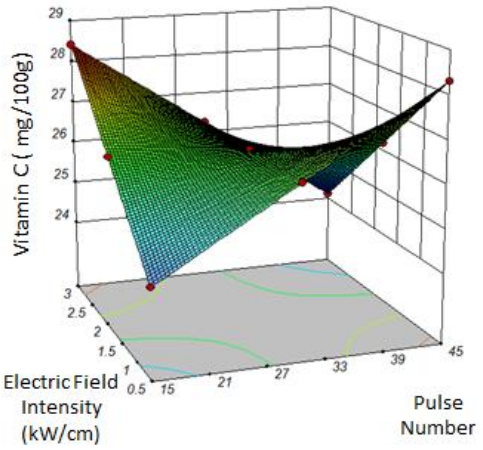

Fig 6 Effect of electric field intensity and number of pulses on ascorbic acid content

برخلاف نتایج به‌دست‌آمده، سیمسان و همکاران (۱۹۹۵) بیان داشتند که میدان الکتریکی بر روی غلظت اسید اسکوربیک تأثیری نداشته است [۳٦].میزان اسید اسکوربیک که به‌سرعت پس از عملیات میدان الکتریکی پالسی در قدرت‌های مختلف الکتریکی و در کل زمان عملیات اندازه‌گیری می‌شود، از صفرتا ۵۰ درصد می‌باشد. کاهش مقادیر این ویتامین بیشتر در طول مدت ذخیره قابل‌توجه است تا در مدت خود عملیات، به‌خصوص درصورتی‌که نمونه‌های عملیاتی در محفظه‌های نفوذپذیر اکسیژن نگه‌داری شوند [۳۷]. ژی هونگ و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند که استفاده از میدان الکتریکی پالسی در توان‌های کمتر منجر به افزایش میزان ویتامین C نسبت به نمونه فاقد تیمار شد در حالی که با افزایش توان از میزان ویتامین C کاسته شد. علت افزایش میزان ویتامین C این بود که تیمار PEF ساختار و قطبیت ویتامین C را تغییر می‌دهد در نتیجه فراهم کردن الکترون برای سنتز ویتامین C آسانتر خواهد بود[۳۳].

۳-۷- بررسی روند تغییرات محتوای اسیدیته

برای برازش داده‌های میزان اسیدیته مدل چندجمله‌ای درجه دوم نسبت به سایر مدل‌های پیشنهادی، مدل بهتری بود (p<۰/۰۰۱، جدول ۱). شکل ۷ نشان داد که درصد اسیدیته نمونه به‌صورت غیرخطی تغییر یافت. میزان اسیدیته نمونه با افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس اعمال‌شده ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت.

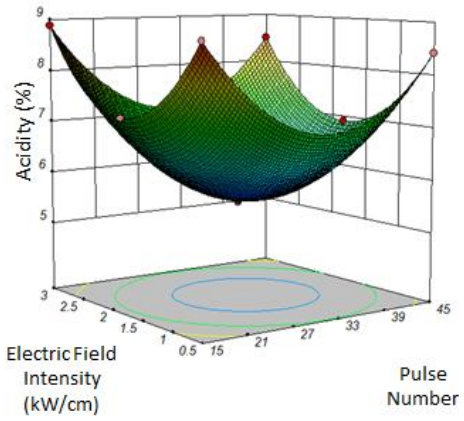

Fig 7 Effect of electric field intensity and number of pulses on acidity

علت افزایش اسیدیته را می‌توان به آزاد سازی بیشتر برخی از ترکیبات اسیدی از جمله برخی از اسیدهای فنولی موجود در بافت داخلی میوه نسبت داد. بخش آبادی و همکاران با بررسی بهینه‌سازی و مدل‌سازی استخراج روغن از سیاه‌دانه به کمک پیش تیمارهای میدان الکتریکی پالسی و ریزموج، بیان نمودند که افزایش شدت میدان الکتریکی و تعداد پالس منجر به افزایش اسیدیته روغن گردید[۲۵].

۳-۸- بهینه‌سازی فرایند

با توجه به‌شدت میدان الکتریکی در دامنه ۰/۵ تا ۳ کیلوولت بر سانتی‌متر و تعداد پالس که بین ۱۵ تا ٤۵ تنظیم‌شده بود، بهترین شرایط فراوری به‌منظور رسیدن به حداکثر میزان محتوای فنل کل، اسید اسکوربیک، فلاونوئید، آنتوسیانین، توانایی مهار رادیکال‌های آزاد DPPH و احیاکنندگی یون آهن تعیین گشت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، فراوری عصاره در نقطه‌ای با شدت میدان الکتریکی ۲/۰۰۳ کیلوولت بر سانتی‌متر با اعمال ۲۹ پالس، با ضریب مطلوبیت ۰/۸۲۷ موجب استخراج عصاره‌ای با کیفیت قابل‌قبول گردید.

۳-۹- مقایسه بین نمونه شاهد با نمونه حاصل از شرایط بهینه

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]
[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

جهت بررسی تأثیر فراوری در شرایط بهینه، نتایج به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار با خصوصیات شیمیایی نمونه شاهد مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت (جدول ٤). بر اساس آنالیز آماری می‌توان بیان نمود که استفاده از میدان الکتریکی پالسی در شرایط بهینه موجب افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی و کاهش اسیدیته در محصول فراوری‌شده نسبت به نمونه شاهد شد (p<۰/۰۰۱) که این امر کارایی این روش را در فراوری محصولات غذایی نشان می‌دهد.

Table 4 Compare some of the characteristics of the control sample and the optimal

Parameter Measured	Type of pretreatment	
	PEF	Control
Total Phenol(mg Gallic acid/100 ml)	614.745[a]	570[b]
Flavonoid(mg/100)	229.100[a]	193.28[b]
DPPH(%)	71.890[a]	58.78[b]
Iron Ion Regeneration	1.541[a]	1.25[b]
Anthocyanin (mg/l)	139.452[a]	94.32[b]
Vitamin C(mg/100g)	26.354[a]	24.7[b]
Acidity (%)	5.641[b]	8.45[a]

* Mean ± SD of treatments with the same letters are not significantly different at any time (P>0.05).

٤- نتیجه‌گیری

میدان الکتریکی پالسی فرآیندی غیرحرارتی است که در آن ماده غذایی در معرض میدان پالسی با ولتاژ قرار می‌گیرد. این روش ضمن این‌که اثر کمی روی ویژگی‌های حسی و ارزش تغذیه‌ای محصولات دارد، به‌عنوان یک پیش فرآیند باعث افزایش بازدهی استخراج مواد داخل سلولی و افزایش سرعت خشک شدن می‌گردد. نتایج به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار با خصوصیات شیمیایی نمونه شاهد مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که استفاده از میدان الکتریکی پالسی در شرایط بهینه موجب افزایش خواص آنتی‌اکسیدانی و کاهش اسیدیته در محصول فراوری‌شده نسبت به نمونه شاهد شد 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 خواص آنتی‌اکسیدانی در محصول پیش تیمار دیده نسبت به نمونه شاهد شد که این امر کارایی این روش را در فراوری محصولات غذایی نشان می‌دهد.

٥- منابع

[1] Mortazavi, S. A.,Sharifi, A., Maskooki, A., Niakoosari, M., Elhamiraad, A, H. and Reigi, S. 2013. Optimization of the process of premature extraction of phenolic compounds, anthocyanins and vitamin C from micronutrient to the response surface methodology, Journal of Food Science and Technology. 3(1): 11-24. (In Persian).

[2] Herreroa, M. Mendiolaa, b. Jose, A. Cifuentesa, A. and neza E. I. 2010. Supercritical fluid extraction: Recent advances and applications, Journal of Chromatography. 16: 2495-511.

[3] Scalia, S. Giuffreda, L. and Pallado, P.1999. Analytical and Preparative Supercritical Fluid Extraction of Chamomile Flowers and its Comparison with Conventional Methods", Journal of Pharmacy Biomedical Analysis. 21: 549-558.

[4] Wenqiang, G. Shufen, L. Ruixiang, Y. Shaokun, T. and Can, Q. 2007. Comparison of Essential Oils of Clove Buds Extracted with Supercritical Carbon Dioxide and other Three Traditional Extraction Methods", Food Chemistry 101: 1558-1564.

[5] Luque de Castro, M. D. and Garcia-Ayuso, L. E. 1998. Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future. Analytica Chimica Acta. 369: 1–10.

[6] Guderjan, M., Topfl, S., Angersbach, A. and knorr, D. 2005. Impact of pulsed electric Fields treatment on the recovery and quality of plant oils. Journal of Food Engineering. 67 (3): 281-287.

[7] Toepfl, S., Heinz, V. and Knorr, D. 2005. 4 - Overview of Pulsed Electric Field Processing for Food. In: Emerging Technologies for Food Processing (Editor: D.W. Sun). Elsevier Ltd.,London, pp. 69-97.

[8] Donsì, F., Ferrari, G. and Pataro, G. 2010. Applications of Pulsed Electric Field Treatments for the Enhancement of Mass Transfer from Vegetable Tissue, Food Engineering Reviews. 2(2): 109-130.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

[9] Yu, L. J., Ngadi, M. and Raghavan, G. S. V. 2009. Effect of temperature and pulsed electric field treatment on rennet coagulation properties of milk. Journal of Food Engineering, 79, 559 -558.

[10] Grimi N., Mamouni F., Lebovka N., Vorobiev E., Vaxelaire J., 2011, Impact of apple processing modes on extracted juice quality: Pressing assisted by pulsed electric fields, Journal of Food Engineering, 103: 52–61.

[11] Jaeger H., Schulz M., Lu P., Knorr D. 2012. Adjustment of milling, mash electroporation and pressing for the development of a PEF assisted juice production in industrial scale, Innovative Food Science and Emerging Technologies, 14, 46–60.

[12] Bobinaite R., Pataro G., Lamanauskas N., Šatkauskas S., Viškelis P. and Ferrari G. 2015. Application of pulsed electric field in the production of juice and extraction of bioactive compounds from blueberry fruits and their by-products, Journal of Food Science and Technology. 52(9): 5898-5905.

[13] Knorr, D., Angersbachm A., Eshtiaghi, M., Heinz, V. and Lee, D. U. 2001. Processing concept based on high intensity electric field pulses. Trends in Food Science and Technology, 12:129-135.

[14] Zimmerman, U., Riemann, F. and Pilwat, G. 1976. Enzyme loading of electrically homogeneous human red blood cell ghosts prepared by dielectric breakdown. Biochemical and Biophysical Acts, 436: 460-474.

[15] Parniakov, O., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Grimi, N., Lebovka, N. and Vorobiev, E. 2015. Newapproaches for the effective valorization of papaya seeds: Extraction of proteins, phenolic compounds, carbohydrates, and isothiocyanates assisted by pulsed electric energy. Food Research International, 77 (4): 711–717.

[16] Shaddel, R., Maskooki, A. M., Haddad-Khodaparast, M. H., Azadmard-Damirchi S., Mohamadi, M., and Fathi-Achachlouei, B. 2014. Optimization of extraction process of bioactive compounds from Bene hull using subcritical water. Food Science and Biotechnology, 23 (5):1459-1468.

[17] Jiménez, C. D. C., Flores, C. S., He, J., Tian, Q., Schwartz. S. J., and Giusti, M. M. 2011. Characterisation and preliminary bioactivity determination of Berberis boliviana Lechler fruit anthocyanins. Food Chemistry, 128:717–724.

[18] Dolatabadi, Z., Elhami Rad, A. H., Farzaneh, V., Akhlaghi Feizabad, S. H., Estiri, S. H., and Bakhshabadi, H. 2016. Modeling of the lycopene extraction from tomato pulps. Food Chemistry, 190: 968-973.

[19] Yildirim, A., Mavi, A. and Kara, A. A. 2001. Determination of antioxidant and antimicrobial activities of Rumex crispus L. extracts. Agricultural and Food Chemistry, 49: 4083-40.

[20] Wrolstad R.E. 1976. Color and pigment nalysis in fruit products. Station Bull. 621. Agric. Exp. Sta.Oregon Sta. University.

[21] ISIRI. 2001. Iranian Institution of Standard and Industrial Researches. barberry fruit. Standard no. 3337.

[22] AOAC. 2008. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists, Vol. II. Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists.

[23] Delfanian, M., Esmaeilzadeh Kenari, R. and 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 Sci Nutr. 3(3): 179-187.

[24] Moreno, C., Plaza, L., Martinez, P., Deancos, B., Belloso, O. and Pilar Cano, M. 2005. Impact of High Pressure and Pulsed Electric Fields on Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Orange Juice in Comparison with Traditional Thermal Processing. J. Agric. Food Chem. 53: 4403-4409.

[25] Bakhshabadi, H., Mirzaei, H., Ghodsvali, A., Jafari, S.M., Ziaiifar, A.M. and Bigbabaie, A. 2017. Optimizing the Extraction Process of Oil from Black Cumin Seeds by Using Pulsed Electric Field (PEF) Pretreatment, 6(3): 221-231.

[26] Sarkis, J.R., Boussetta, N., Blouet, C., Tessaro, I.C., Ferreira Marczak, L.D. and 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.

[27] Rahman, M. S. 2015. Handbook of Food Preservation. CRC Press Taylor & Francis Group, 287-858.

[28] Brennan, J. G. 2011. Food Processing Handbook. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 645- 657.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

[29] Golmohamadi, A., Möller, G., Powers, J., Nindo,C. 2013. Effect of ultrasound frequency on antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin content of red raspberry puree. Ultrasonics Sonochemistry 20 (2013) 1316–1323.

[30] Guderjan, M., Elez-Martínez, P. and 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 and Emerging Technologies, 8: 55-62.

[31] Parniakov, O., Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Grimi, N., Lebovka, N. and Vorobiev, E. 2015. Newapproaches for the effective valorization of papaya seeds: Extraction of proteins, phenolic compounds, carbohydrates, and isothiocyanates assisted by pulsed electric energy. Food Research International, 77 (4): 711–717.

[33] Zhang, Z., Zeng, X., Brennan, C., Brennan, M., Han, Z. and Xiong, X. 2015. Effects of Pulsed Electric Fields (PEF) on Vitamin C and Its Antioxidant Properties. International Journal of Molecular Sciences. 16: 24159-24173.

[34] Azimzadeh, B., Jahadi, M., and Fazel, M. 2017. Antioxidant and antibacterial effects of laurus nobilis aqueous extract again Staphylococcus aureus and Escherichia coli. Journal of Food Hygiene, 7(25): 65-73.

[35] 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.

[36] Simpson, M. V., Barbosa-Cánovas, G. V., and Swanson, B. G. 1995. Influence of PEF on the composition of apple juice. Internal Report, Washington State University, Pullman, WA.

[37] Raso, J. and Heinz, V. 2007. Pulse Electric Fields Technology for the Food Industry. Fundamentals and Applications, 3(8): 144-146.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]

Iranian Journal of Food Science and Technology

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of extraction of bioactive compounds from seedless barberry fruit using pulsed electric field pretreatment

Taiebirad, F. [1], Bakhshabadi, H. [1]*, Rashidzadeh, Sh. [1]

1. Department of Food Science and Technology, Saei University, Gorgan, Iran

ARTICIE INFO

Article History:

Received 2018/ 10/ 09
Accepted 2019/ 02/ 06

Keywords:
Anthocyanin,
Barberry,
Pulse electric field,
Pretreatment.

DOI: 10.52547/fsct.18.05.25

*Corresponding Author E-Mail:
h.bakhshabadi@yahoo.com

ABSTRACT

In this research, in order to optimize the extraction process of Ethanolic extract of barberry fruit, the increase and optimization of the conditions for the extraction of anthocyanin's and bioactive compounds by means of intermittent electric field pre-treatment from three levels of electric field intensity (0.5, 1.75 and 3 kV / cm) and 3 levels of number of pulses (15, 30 and 45); then with ethanol solvent was used to extract their extracts and the amount of flavonoids, total anthocyanin, DPPH, total phenolic compounds, iron regeneration capacity, vitamin C and acidity compared to control (no treatment) Was studied. The results showed that the total phenol content of the extract decreased by increasing the number of pulses and reducing the intensity of the pulsed electric field applied to the sample. The increase in the electric field strength and the number of pulses initially increased the flavonoid content, DPPH and iron ion recovery capacity, but with the increase of these variables, these three parameters decreased. Also, with increasing of these parameters, the anthocyanin level and vitamin C content increased. The acidity of the sample was reduced and then increased by increasing the electric field strength and applied pulse number. Regarding the results of the process optimization, it can be concluded that the electrical field intensity of 2.003 kV / cm and applying 29 pulses can increases the antioxidant properties of the produced product compared with the control sample.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[DOI: 10.52547/fsct.18.114.305]