

بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی عدس های فرآوری شده با استفاده از روش بلانچینگ فراصوت

مرتضی ادیبی فر^۱، غلامرضا عسگری^۲

^۱کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز

^۲هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی

چکیده

هدف از این مقاله بلانچینگ عدس به کمک امواج فراصوت می باشد. برای این منظور از امواج فراصوت در توان های ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ وات، دماهای ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درجه سانتی گراد، زمان های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ دقیقه استفاده گردید. میزان آنزیم پراکسیداز در صد گرم از عدس های بلانچ شده به عنوان شاخص کفایت فرآیند در نظر گرفته شد. از روش سطح پاسخ نیز جهت یافتن حالت بهینه تاثیر متقابل فاکتورها و برآورد بهترین شرایط فرآیند به کمک طرح Box-behnken با سه متغیر در سه سطح و ۵ تکرار در نقطه مرکزی استفاده گردید. نتایج نشان داد که کلیه متغیرهای مورد بررسی باعث کاهش میزان آنزیم پراکسیداز گردید. در این میان عامل توان امواج فراصوت دارای بیشترین و عامل زمان امواج دهی دارای کمترین تاثیر بودند. بهینه سازی کاهش میزان آنزیم پراکسیداز به کمک روش سطح پاسخ نشان داد که ترکیبی از توان ۹۴/۹۲ وات، زمان استخراج ۱۶/۱۹ دقیقه، دمای ۶۷/۲۳ درجه سانتی گراد باعث بیشترین میزان کاهش آنزیم پراکسیداز (۰/۰۰۰۰۰۵۲) واحد آنزیمی به ازاء صد گرم ماده) گردید. همچنین استفاده از امواج فراصوت باعث کاهش معنی داری در زمان بلانچینگ شد.

واژه های کلیدی: عدس، بلانچینگ، امواج فراصوت، روش سطح پاسخ.

مقدمه

حبوبات اغلب قبل از استفاده در رژیم غذایی انسان به جهت بهبود خواص بافتی یعنی قابلیت جویدن و خواص تغذیه ای بخصوص افزایش کیفیت پروتئین ها به کمک حرارت پخته می شوند (وانگ^۱ و همکاران، ۱۹۹۷). میکروارگانیسم ها و آنزیم ها عوامل اولیه و اصلی مسوول تخریب و فساد مواد غذایی از جمله حبوبات هستند. برای این منظور در صنایع غذایی، حبوبات در کارخانه ها پیش تیمارهایی را جهت تبدیل به محصولات کنسروی می بیند. برای تولید چنین محصولاتی، عدس ابتدا خیسانده شده و سپس پخته می شود. تیمارهای حرارتی کنوکسیونی معمول ترین تکنیک بر ای از بین بردن میکروارگانیسم ها و غیر فعال کردن آنزیم ها می باشد.

عدس

نام انگلیسی: Lentil

نام علمی: *Lens culinaris medic*

عدس یکی از حبوبات است که از قدیم الایام در اکثر نقاط دنیا کشت می شده است. گیاه شناسان اعتقاد دارند که عدس حتی قبل از تاریخ نیز وجود داشته است (شکل ۱).



شکل ۱- گیاه عدس

کلیات گیاه شناسی

عدس یکی از حبوبات است که از قدیم الایام در اکثر نقاط دنیا کشت می شده است. گیاه شناسان اعتقاد دارند که عدس حتی قبل از تاریخ نیز وجود داشته است. عدس از نظر مقدار پروتئین بسیار غنی است و در بین گیاهان فقط لوبیای سویا بیشتر از عدس پروتئین دارد.

عدس گیاهی است یک ساله که ارتفاع آن بیش از ۳۰ سانتیمتر نیست. برگهای آن دارای ۶ تا ۱۴ برگچه می باشد که در انتهای آن پیچک قرار درد. گلهای عدس رنگ سفید و دارای رگه هایی به رنگ بنفش است. میوه آن غلاف کوچکی است و معمولا در هر غلاف ۱ تا ۳ عدس وجود دارد.

^۱Wang

انواع عدس

انواع عدس در یک تقسیم بندی کلی به دو نوع تقسیم می شود:

1- عدس رسمی که دانه آن گرد و نسبتاً درشت است و رنگ آن سبز مایل به زرد است.

2- عدس ریز یا عدس قرمز که دانه های آن ریز و به رنگ قرمز می باشد.

عدس ها را بر اساس بزرگی و کوچکی آنها تقسیم بندی می کنند. در حالی که بیشترین نوع عدس در آمریکا سبز یا قهوه ای هستند عدسها معمولاً به رنگهای نارنجی، قرمز، زرد و یا سیاه می باشند. عدسهای گرد، بیضی یا قلبی شکل اندازه کوچک دارند، در بعضی مواقع کوچکتر از نوک مداد پاک کن می باشند که بصورت عمده یا جدا از هم فروخته می شوند. عدسهای سبز یا قهوه ای بعد از پخت شکل ظاهری آن از بین نمی رود در حالی که انواع دیگر نرم یا له می شوند. همچنین طعم آنها با یگدیگر کمی فرق می کند (مختارپور و همکاران، ۱۳۸۳).

عدس ها در مقایسه با دیگر حبوبات خشک، سریعتر و راحتتر پخته می شوند. آنها سریع طعم های عالی را از دیگر غذاها و چاشنی ها به خود جذب می کنند و ارزش غذایی بالایی دارند و در تمام طول سال در دسترس هستند. عدسها همانند دیگر حبوبات از گروه گیاهان بُنشنی هستند. در غلافی که شامل یک یا چند دانه عدس می باشند رشد می کنند. بیضی یا قلب شکل هستند و معمولاً کوچکتر از سر مداد پاک کن می باشند. ممکن است به صورت عمده یا بسته بندی به رنگ قهوه ای و سبز که بعد از پخت شکل ظاهری خود را حفظ می کنند، فروخته شوند (ادلنوس^۲ و همکاران، ۲۰۰۱).

ترکیبات شیمیایی

عدس ها، عضوی کوچک ولی مغذی از خانواده گیاهان بُنشنی (حبوبات) هستند که منبع بسیار خوبی از فیبرهای کاهش دهنده کلسترول اند که نه تنها کمک به کاهش کلسترول می کنند بلکه خاصیت تنظیم قندخون هم دارند زیرا فیبر بالای آنها از افزایش قندخون بعد از خوردن یک وعده غذایی جلوگیری می کنند. عدس ها همچنین حاوی ۶ ماده معدنی مهم، ۲ ویتامین B و همچنین پروتئین ب/دون، چربی می باشند (مارتین^۳ و تبلی^۴، ۱۹۸۱).

عدس منبع غنی پروتئین و ویتامین های گروه B می باشد و یکی از معروفترین و در دسترس ترین و با ارزش ترین حبوباتی است که کارشناسان تغذیه، مصرف آن را توصیه می کنند (اورلوسکی^۵ و همکاران، ۱۹۹۹). عدس دارای مقادیر زیادی از پروتئین های دارای اسید آمینه های ضروری، ریز مغذی ها و درشت مغذی ها، فسفر، کلسیم، منیزیم، آهن، ویتامین های C، B₁، B₂، E و کاروتن، فیبر، پروتئین و کربوهیدرات قابل جذب می باشد. همچنین حاوی مقدار زیادی نشاسته با اندیس گلیسمی پایین می باشد (فوستر پاول و میلر^۶، ۱۹۹۵).

ارزش غذایی عدس با میزان رسیدگی آن مرتبط است به طوری که با رسیدن بذر، میزان املاح معدنی و نیز پروتئین و کربوهیدرات، افزایش می یابد، درحالی که با خشک شدن بذر، مقدار ویتامینهای A و C کم می شود (اداره ملی غذا^۷، ۲۰۰۲).

مواد موجود در ۱۰۰ گرم عدس بقرار زیر است (اداره ملی غذا، ۲۰۰۲):

²Edelenbos

³Martin

⁴Tabley

⁵Orloski

⁶Foster-Powell& Miller

⁷National Food Administration

انرژی	۳۴۰ کالری
پروتئین	۲۵ گرم
چربی	۱ گرم
مواد نشاسته ای	۶۰ گرم
کلسیم	۸۰ میلی گرم
فسفر	۳۸۰ میلی گرم
آهن	۷ میلی گرم
پتاسیم	۸ میلی گرم
ویتامین آ	۶۰۰ واحد بین المللی
ویتامین ب ۱	۴/۰ میلی گرم
ویتامین ب ۲	۲/۰ میلی گرم
ویتامین ب ۳	۲ میلی گرم
آرسنیک	۱ میلی گرم

خواص داروئی

عدس از نظر طب قدیم ایران معتدل و خشک است و مانند دیگر گیاهان پوست و دانه آن دارای اثرات متضاد یکدیگر می باشد. یعنی پوست **عدس** گرم و خود عدس قابض است. بعبارت دیگر پوست آن ملین و مغز آن ضد اسهال می باشد. عدس یک غذای کامل است و انرژی لازم را برای کارهای بدنی برای انسان تامین می کند (واگر^۸ و پورتر^۹، ۱۹۷۳). عدس دارای خواص زیر است:

- 1- عدس زیاد کننده ترشحات شیر است و مادران شیرده حتما باید از آن استفاده کنند.
- 2- عدس را در کنید و روی پوست ملتهب بگذارید التهاب را برطرف می کند.
- 3- برای درمان زخم های دهان و گلو و دیفتری عدس را پخته و آب آنرا غرغره کنید.
- 4- برای تقویت معده و برطرف کردن گاز معده عدس پخته را با سرکه میل کنید.

مضرات

عدس با تمام مزایایی که درد نباید زیاد مصرف شود و در خوردن آن اسراف گردد زیرا اولاً دیر هضم است و تولید نفخ می کند ثانیاً قابض است و جریان خون را در رگها آهسته می کند. البته می توان برای جلوگیری از این عوارض عدس را با روغن کنجد و یا روغن بادام و با سرکه خورد. ضمناً عدس بعلت داشتن میکروپروتئین برای افرادی که ناراحتی کلیه مخصوصاً تقویت کلیه دارند، مضر است (روس^{۱۰} و رینکن^{۱۱}، ۱۹۹۱).

اثرات عمل بلانچینگ

بلانچینگ علاوه بر هدف اصلی آن یعنی عقیم کردن حرارتی آنزیم ها دارای فوائد دیگری نیز می باشد. این اثرات عبارتند از:

۱. بیشتر میکروارگانیسم های آلوده کننده ی محصول از بین می روند.

⁸Wager

⁹Porter

¹⁰Ros

¹¹Rincon

۲. اکسیژن و گازهای حبس شده در لابلاهای بافتها خارج گشته و واکنش های اکساینده متوقف می شود.
۳. آنزیمهای مزاحم که در صورت باقی ماندن در محصول موجب فساد می شوند عقیم می گردند.
۴. بافتهای سلولزی، نرم شده و کار کردن با آنها آسانتر می شود.
۵. آن قسمت از آلودگیها که طی مرحله شستشو با آب سرد حذف نشده اند، جدا می شوند (سئو^{۱۲} و لی^{۱۳}، ۱۹۹۷).

سنجش کارایی فرآیند آنزیم زدایی

پروکسیدازها به عنوان مقاومترین آنزیم نسبت به حرارت، در سبزیجات شناخته شده اند و غیر فعال سازی آنها معمولاً به عنوان شاخص کفایت بلانچینگ محسوب می شود (آکیول^{۱۴} و همکاران، ۲۰۰۴). برای انجام آزمون کفایت عمل بلانچینگ، میوه و سبزی بلانچ شده را بریده و روی سطح مقطع آن یک قطره محلول گایاکول اضافه می کنیم. ظاهر شدن رنگ صورتی مایل به نارنجی یا ایجاد حبابهای زیاد، دلیل بر باقی ماندن آنزیم پراکسیداز است (پایان، ۱۳۸۶). یک نکته قابل توجه در مورد غیر فعال شدن آنزیم این است که در مواردی ممکن است علیرغم آنکه بعد از انجام عمل آنزیم زدایی، آزمایشهای مربوطه نشان دهنده ی نابودی کامل آنزیمها می باشد اما در جریان نگهداری ماده غذایی بعد از انجام فرآیندهای موردنظر، تغییرات نامطلوب پیش بینی نشده ای در آن ظاهر می شود که ناشی از وجود فعالیت آنزیمی در ماده مزبور می باشد. در اینجا علت چنین وضعی این است که حرارت اعمال شده در حدی نبوده که ساختمان آنزیم را که یک ماده ی پروتئینی است - مشخصاً در محل فعال^{۱۵} آن - به طور اساسی تغییر دهد و آن را به شکل غیرقابل برگشتی دنا توره کند (استانلی^{۱۶} و همکاران، ۱۹۹۹). به همین دلیل است که در هنگام نگهداری ماده غذایی، آنزیم رفته رفته ساختمان اولیه یا طبیعی خود را باز می یابد و به این ترتیب قادر می گردد که اثرات سوئی ایجاد نماید. در طی بلانچینگ آبی پوره ی سبزیجات، مدت زمان طولانی انجام تیمار بلانچینگ، اثر معکوس روی کیفیت و بازده محصول دارد. علاوه بر این بلانچینگ آبی بخاطر تولید قابل توجهی فاضلاب، باعث ایجاد مشکلات زیست محیطی می شود (میزراهی^{۱۷}، ۱۹۹۶).

امواج فراصوت

اولتراسونیک یا فراصوت نوعی از انرژی تولید شده به وسیله امواج صوتی می باشد که فرکانس آنها بسیار بالاتر از محدوده شنوایی انسان است (تقریباً ۲۰ کیلوهرتز). در طبیعت برخی از حیوانات از امواج فراصوت برای جهت یابی (دلفین) یا شکار (خفاش) با استفاده از اطلاعات جابجا شده بوسیله انعکاس امواج صوتی استفاده می کنند (اواد^{۱۸} و همکاران، ۲۰۱۲). امواج صوت به طور مکانیکی سبب ارتعاش در مایعات، جامدات و گازها می شوند (لوکوگارسیا و لوکو دکاسترو^{۱۹}، ۲۰۰۳). کاربردهای مختلف فراصوت در رابطه با مواد غذایی از حدود ۵۰ سال پیش (دهه ۱۹۶۰) شروع شده و در حال حاضر کاربرد زیادی در کنترل عملیات فرآیند مواد غذایی پیدا کرده است (اواد و همکاران، ۲۰۱۲). سامانه هایی که با این امواج کار می کنند به دو صورت پروب^{۲۰} و حمام^{۲۱} هستند (شکل های ۲ و ۳) که در مقیاس آزمایشگاهی و صنعتی قابل استفاده می باشند (وو^{۲۲} و

¹²Seow

¹³Lee

¹⁴Akyol

¹⁵Active site

¹⁶Stanley

¹⁷Mizrah

¹⁸Awad

¹⁹Luque-Garcia & Luque de Castro

²⁰Ultrasonic horn

²¹Ultrasonic bath

²²Wu

همکاران، ۲۰۰۱). اولتراسونیک یکی از تکنولوژی‌های نوظهور است که برای به حداقل رساندن فراوری مواد، رسیدن به حداکثر بازده و کیفیت و اطمینان از امنیت مواد غذایی توسعه یافته است (کنور^{۲۳} و همکاران، ۲۰۱۱).



شکل ۳- دستگاه حمام التراسونیک



شکل ۲- دستگاه التراسونیک پروب دار

سؤالات تحقیق:

- ۱- آیا امواج دهی با اولتراسونیک می تواند به عنوان یک روش مناسب برای آنزیم بری عدس معرفی شود؟
- ۲- کدامیک از پارامترهای مورد بررسی در این تحقیق اهمیت بیشتری دارد؟
- ۳- تاثیر دما، زمان و توان امواج دهی بر روی فعالیت آنزیمی به چه صورت خواهد بود؟
- ۴- روش امواج دهی با التراسونیک چه تاثیری بر بافت عدس خواهد داشت؟

اهداف تحقیق:

هدف اول: امکان سنجی استفاده از روش امواج دهی با اولتراسونیک در بلانچینگ عدس

هدف دوم: کاهش زمان و انرژی لازم برای بلانچینگ عدس

هدف سوم: کاهش ضایعات ایجاد شده در طی فرآیند بلانچینگ

پیشینه تحقیق

پور فرزاد و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی با عنوان کارایی امواج فراصوت در استخراج فروکتان از غده ی سریش (*Eremurus Spectabilis*) با استفاده از طرح باکس بنکن، از طرح باکس بنکن به منظور بررسی تأثیر زمان، دمای استخراج و شدت صوت، بر راندمان استخراج فروکتان از سریش و بهینه سازی فرآیند استخراج با استفاده از امواج فراصوت استفاده کردند. برای توصیف بازده استخراج، از یک مدل درجه دوم، استفاده و کارایی آن مورد تأیید قرار گرفت. سپس مدل بدست آمده جهت یافتن شرایط بهینه اثر متقابل فاکتورها و برآورد بهترین شرایط فرآیند با بیشترین بازده استخراج، استفاده گردید.

کرمی و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهشی با عنوان بررسی و مقایسه ی روش های استخراج به کمک اولتراسونیک و سوکسله در استخراج ترکیبات فنولیک از ریشه شیرین بیان، از روش سطح پاسخ به منظور تعیین نقاط بهینه فرآیند استخراج با روش اولتراسونیک جهت دستیابی به بیشینه ی ترکیبات فنولیک و بازدهی عصاره، استفاده کردند و تأثیر فاکتورهای درجه حرارت، زمان و فرکانس را بر روی استخراج ترکیبات فنولیک، بازدهی عصاره و فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آزمایشات بیانگر تأثیرات خطی معنادار هر سه متغیر مستقل دما، زمان و شدت فرکانس بر روی افزایش ترکیبات فنولیک،

²³ Knorr

بازدهی عصاره و فعالیت آنتی اکسیدانی بود. در این پژوهش از روش استخراج با سوکسله جهت مقایسه با روش استخراج با اولتراسونیک استفاده شد.

روش سطح پاسخ تکنولوژی موثری برای بهینه سازی فرآیند های آماری پیچیده است. مزیت اصلی RSM کاهش تعداد آزمایشات تجربی مورد نیاز برای ارزیابی پارامترهای متعدد و اثر متقابل آنها است. بنابراین کم هزینه تر و سریعتر از دیگر روشهای مورد نیاز برای بهینه سازی یک فرآیند است. به طورگسترده ای در بهینه سازی متغیرهای فرآیند استخراج ترکیبات زیستی مانند پلی ساکاریدها، آنتوسیانینها^{۲۴}، ویتامین E، ترکیبات فنلی^{۲۵} و پروتئیناز منابع مختلف استفاده شده است (سماواتی و منوچهری زاده، ۲۰۱۳).

جبار^{۲۶} و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی با عنوان کیفیت عصاره هویج تحت تاثیر تیمارهای بلانچینگ و اولتراسوند، تاثیر دو تیمار بلانچینگ و اولتراسوند را روی فاکتورهای کیفی مهم عصاره هویج ارزیابی کردند. بلانچینگ هویج در آب معمولی و آب اسیدی شده (۴۵ گرم بر لیتر اسید سیتریک) و در دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ دقیقه انجام شد و عصاره هویج استخراج شد. افزایش قابل توجهی (>۰/۰۵) در میزان کاروتنوئیدهای^{۲۷} کل، لیکوپن^{۲۸} و لوتئین^{۲۹} در نمونه های بلانچ شده مشاهده شد. هرچند این افزایش در نمونه هایی که تحت تیمار همزمان بلانچینگ و اولتراسوند قرار گرفته بودند بیشتر بود. در نتیجه ترکیب تیمارهای بلانچینگ و اولتراسوند، شدت رنگ افزایش یافت. میزان سوکروز^{۳۰}، گلوکز^{۳۱}، فروکتوز^{۳۲} و مواد معدنی (سدیم و پتاسیم) در نمونه هایی که فقط تحت تیمار بلانچینگ بودند کاهش چشمگیری داشتند در حالیکه این فاکتورها در نمونه های تحت تیمار اولتراسوند، افزایش قابل توجهی داشتند. کاهش قابل در میزان برخی مواد معدنی (فسفر و منیزیم)، شمارش کل میکروبی، مخمرها و کپکها در تمام نمونه های تحت تیمار همزمان بلانچینگ و اولتراسوند مشاهده شد اما این کاهش در نمونه های تحت تیمار همزمان بلانچینگ اسیدی و اولتراسوند، چشمگیرتر بود. این نتایج نشان میدهد که ترکیب تیمارهای بلانچینگ و اولتراسوند می تواند برای بهبود کیفیت فرآوری عصاره هویج، موثرتر از تیمار بلانچینگ باشد.

راسن^{۳۳} و همکاران (۲۰۱۱) در طی مطالعه ای، اثر پیش تیمارهای اولتراسوند و بلانچینگ روی میزان پلی استیلین و کاروتنوئیدهای قطعات هویج خشک شده به دو روش هوای گرم و خشک کن انجمادی را بررسی کردند. آنها بیان کردند که استفاده از پیش تیمار اولتراسونیک خیلی بیشتر از پیش تیمار بلانچینگ، قبل از فرآیند خشک کردن قطعات هویج، به حفظ پلی استیلین و ترکیبات کاروتنوئیدی قطعات هویج خشک شده کمک می کند. قطعات هویج خشک شده با خشک کن انجمادی، نسبت به قطعات هویج خشک شده با هوای گرم، دارای مقدار بیشتری پلی استیلین و ترکیبات کاروتنوئیدی بودند. رنگ هویج بستگی زیادی به میزان کاروتنوئیدهای آن دارد. این مطالعه نشان می دهد که پیش تیمار اولتراسوند، می تواند به جای بلانچینگ تجاری در فرآیند خشک کردن قطعات هویج استفاده شود.

^{۳۷}-Anthocyanins

^{۳۸}-Phenolic compounds

^{۲۶} Jabbar

^{۲۷} carotenoids

^{۲۸} lycopene

^{۲۹} lutein

^{۳۰} sucrose

^{۳۱} glucose

^{۳۲} fructose

^{۳۳} Rawson

مواد و روش ها

مواد

در این تحقیق از عدس گونه *Lens culinaris medic* که در شهرستان مرودشت استان فارس کشت شده بود، استفاده گردید.

کلیه محلول ها و معرف های شیمیایی از شرکت مرک آلمان تهیه گردید.

تجهیزات مورد استفاده

۱. حمام التراسونیک ۶ لیتری مدل S 60 H ساخت الما Elma آلمان.



شکل ۴- تصویر دستگاه اولتراسونیک

۲. دستگاه اسپکتروفوتومتر UV-Visible دیجیتال با LCD رنگی مدل Genesys ساخت آمریکا.



شکل ۵- تصویر دستگاه اسپکتروفوتومتر

۳. آسیاب برقی آزمایشگاهی مدل A11 ساخت شرکت ولتای آلمان.



شکل ۶- تصویر دستگاه آسیاب برقی

۴. ترازوی دیجیتال مدل AAA 250 L ساخت انگلستان.



شکل ۷- تصویر دستگاه ترازوی دیجیتال

روش ها

آنزیم بری عدس ها

ابتدا عدس ها به نسبت وزنی ۱ به ۱۰ قسمت آب مقطر مخلوط شده و در دستگاه حمام التراسونیک با توان، دما و زمان های مختلف قرار می گیرد. سپس مقداری از عدس ها از آب بلانچینگ بیرون آورده شد و آزمایشات مختلف روی آنها انجام گردید.

تعیین میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز

برای این منظور ابتدا عدس ها به کمک یک مخلوط کن خرد و به صورت پودر در آمدند. سپس ۱۰ گرم از پودر به دست آمده را در ۱۰۰ میلی لیتر محلول با ترکیب زیر مخلوط و هموژن می شود: ۰/۱ مول فسفات بافر، ۲۸ میلی مول آسکوربیک اسید، ۵ میلی مول EDTA، 5% NaCl و PH=7. این مخلوط هموژن شده به مدت یک ساعت در دمای اتاق نگهداری شده و در سرعت ۵۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد سانتریفوژ می گردد. مواد ته نشین شده جدا شده و فعالیت آنزیمی

به کمک اندازه گیری میزان جذب با اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر با گایاکول به عنوان سوبسترا و روش اسکالت^{۳۴} و همکاران (۱۹۹۱) تعیین گردید. میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز به صورت واحد آنزیمی لازم برای تغییر میزان جذب در مدت یک دقیقه به ازاء هر گرم عدس گزارش شد. برای مقایسه و بررسی های بعدی میزان آنزیم پراکسیداز عدس ها در ابتدای کار اندازه گیری شد که مقدار آن $44 \pm 0/82$ تعیین گردید.

طرح آزمایش و تحلیل داده ها

روش سطح پاسخ

روش سطح پاسخ (RSM)، مجموعه ای از تکنیک های آماری و ریاضی است و در مورد فرآیندهایی کاربرد دارد که دارای چند متغیر هستند یا مکانیسم های دخیل در آنها به خوبی مشخص نشده اند و اطلاعات موجود در مورد سیستم بسیار کم می باشد (بلوریان و همکاران، ۱۳۹۲). RSM روشی مفید است که جهت بهینه سازی فرایندهای غذایی به کار گرفته می شود. تجزیه و تحلیل سطح پاسخ اثرات میان متغیرهای مستقل را به تنهایی یا در ترکیب با سایرین تعریف می نماید. به علاوه این روش می تواند مدلی ریاضی که دقیقاً کل فرایند را توصیف می کند ایجاد نماید (مهرگان نیکو و همکاران، ۱۳۹۲). به کمک طرح آماری RSM می توان به اهداف زیر دست یافت:

- ۱- کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم با کمک این طرح قابل برآورد هستند.
- ۲- تعداد آزمایش ها کاهش می یابد.
- ۳- اثر متقابل فاکتورها بر روی نتایج حاصل از آزمایش ها بررسی می گردد.
- ۴- آزمون عدم برازش را فراهم می سازد.
- ۵- مقادیر بهینه فاکتورها را می توان با کمترین تعداد آزمایش تخمین زد (اجنوردی و همکاران، ۱۳۹۱). هدف اصلی روش سطح پاسخ، رسیدن به شرایط بهینه است و برای این منظور در این تحقیق از طرح باکس بنکن استفاده گردید. در این تحقیق از طرح باکس بنکن با سه متغیر در سه سطح و پنج تکرار در نقطه مرکزی طرح (به منظور بررسی تکرار پذیری طرح) برای طراحی داده های آزمایشی استفاده گردید. نقطه مرکزی برای تعیین و ارزیابی خطای آزمایشات و اندازه گیری ضعف برازش^{۳۵}، تکرار می شود در نتیجه تکرار کلیه آزمایشات لازم نیست. طرح مرکب مرکزی یا روش سطح پاسخ کاربرد گسترده ای دارد و در اغلب زمینه ها به منظور بهینه سازی فرمولاسیون ها یا شرایط عمل از آن استفاده می شود. این طرح نشان دهنده ی چگونگی تاثیر فاکتورها (در دامنه مورد مطالعه) بر نتایج آزمایش هاست به علاوه اثر متقابل فاکتورهای مذکور را در بر می گیرد.

بحث و نتیجه گیری

نتایج آنالیز واریانس میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده نشان داد که اثرات خطی توان (X_1) ، دما (X_2) و زمان (X_1) و نیز اثرات متقابل زمان-دما (X_2X_3) ، و کلیه اثرات درجه دوم یعنی توان (X_1^2) و دما (X_2^2) و زمان (X_3^2) در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی دار بودند. به علاوه نتایج حاکی از آن بود که توان اولتراسونیک، بیشترین تاثیر را بر میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده داشت (مجموع مربعات برابر ۳/۱۲۵). به علاوه، اثرات متقابل توان-زمان (X_1X_3) و دما-توان (X_1X_2) در سطح سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی دار بودند. فاکتور عدم برازش و تناسب نیز در سطح ۹۵ درصد معنی دار نبود.

³⁴ Scalet

³⁵ lack of fit

جدول ۱- آنالیز واریانس (ANOVA) مدل سطح پاسخ درجه دوم برای متغیرها

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	اندیس F	p-value Prob > F
Model	8.811853	9	0.979095	652.7298	< 0.0001
A-Power	3.125	1	3.125	2083.333	< 0.0001
B-Tem.	3.00125	1	3.00125	2000.833	< 0.0001
C-Time	2.10125	1	2.10125	1400.833	< 0.0001
AB	0.01	1	0.01	6.666667	0.0364
AC	0.0225	1	0.0225	15	140.0
BC	0.025	1	0.025	6666761	0.0077
A ²	0.076737	1	0.076737	51.15789	0.0002
B ²	0.232526	1	0.232526	155.0175	< 0.0001
C ²	0.185684	1	0.185684	123.7895	< 0.0001
Residual	0.0105	7	0.0015		
Lack of Fit	0.0025	3	0.000833	0.416667	0.7510ns
Pure Error	0.008	4	0.002		
Cor Total	8.822353	16			

ns : در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی دار نمی باشد.

بررسی مدل مناسب برای میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده گزینه مدل مناسب

به منظور حصول مدل برای پیش بینی پاسخ (میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده) رابطه های خطی و چند جمله ای درجه دوم بر داده های بدست آمده از آزمایش ها برآزش شدند. سپس این مدل ها مورد آنالیز آماری قرار گرفتند تا مدل مناسب گزینش گردد. در پژوهش حاضر R^2 برای پراکسیداز در عدس های بلانچ شده ۰/۹۸۸ بدست آمد که بیانگر این است که مدل رگرسیون واکنش را به خوبی توضیح داده و مدل برآزش شده توانسته ۹۸/۸ درصد از کل تغییرات در دامنه مقادیر مورد مطالعه را توضیح دهد. بالا بودن R^2 تعدیل شده (۰/۹۷۳) در این پژوهش نشان می دهد که عامل غیر معنی داری درجه اول در مدل مشاهده نشده است. همانطور که در جدول ۲ مشاهده می شود آزمون ضعف برآزش مربوط به مدل چند جمله ای درجه دوم برآزش یافته بر داده های پاسخ در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی دار نمی باشد و همچنین با توجه به بالا بودن مقادیر R^2 و R^2 تعدیل شده مربوط به مدل مشاهده می شود که مدل چند جمله ای درجه دوم دارای مقادیر بالاتری است پس می توان نتیجه گرفت که در برآزش داده توان بیشتری را دارا می باشد. بنابراین با توجه به نتایج بدست آمده از آنالیز آماری، مدل چند جمله ای درجه دوم بدست آمده توانایی پیش بینی اثرات متغیرهای مستقل بر میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده را دارد.

$$Y = 3/12 - X_0/51 - X_0/42 - X_0/38 - X_1X_0/0.5 - X_1X_0/0.2 - X_1X_0/14 - X_2X_0/13 - X_0/23 - X_0/21$$

از P-values به عنوان ابزاری برای معنی دار بودن هرمتغیر و همچنین الگویی برای متغیرها و اثر متقابل میان آن ها استفاده شده است (گو^{۳۶} و همکاران، ۲۰۱۰). در جدول ۳ مقادیر $Pvalue > 0.05$ به عنوان مقادیر غیر معنی دار در نظر گرفته شد (جدول ۲).

36 Guo

جدول ۲- نتایج آنالیز آماری مدل برازش یافته بر داده‌های پاسخ

منبع	درجه آزادی	ضرائب رگرسیون	مجموع مربعات	میانگین مربعات	احتمال F	احتمال P
مدل	۹		۸/۸۱	۰/۹۷	۶۵۲/۷۲	<۰/۰۰۰۱
باقی مانده	۷		۰/۰۱	۰/۰۰۱		
فاکتور عدم برازش	۳		۰/۰۰۲	۰/۰۰۰۸	۱/۵۰	۰/۷۵۱ns
خطای خالص	۴		۰/۰۰۸	۰/۰۰۲		
کل	۱۶		۸/۸۲			
R ²		۰/۹۸۸				
R ² .adj		۰/۹۷۳				
ضریب تغییرات		۱/۳۶				
PREES		۰/۰۵				
انحراف معیار		۰/۰۳				

ns: در سطح اطمینان ۹۵٪ معنی دار نمی‌باشد.

به کمک مدل درجه دوم ارائه شده (معادله بالا) توسط نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۸، نتایج حاصل از آزمایشات تجربی ورد بررسی قرار گرفت و نتایج حاصل از مدل مورد نظر نیز تعیین و در جدول ۳ با هم مقایسه شدند. با توجه به این جدول (۳) می‌توان نتیجه گرفت که کمترین میزان آنزیم پراکسیداز، ۰ واحد آنزیمی بر صد گرم است که مربوط به آزمایش شماره ۴ و ۸ می‌باشد که با توجه به جدول ۳، آزمایش شماره ۴ مربوط به ترکیب متغیرهای زمان ۱۵ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و توان ۸۰ وات، و آزمایش شماره ۸ مربوط به ترکیب متغیرهای زمان ۱۰ دقیقه، دمای ۸۰ درجه سانتیگراد و توان ۱۰۰ وات می‌باشد. به همین ترتیب بیشترین میزان پراکسیداز مربوط به آزمایش شماره ۵ یعنی ۳۹/۲۵ واحد آنزیمی بر صد گرم می‌باشد که مربوط به آزمایش شماره ۵ شامل زمان ۱۰ دقیقه، دمای ۶۰ درجه سانتیگراد و توان ۶۰ وات می‌باشد.

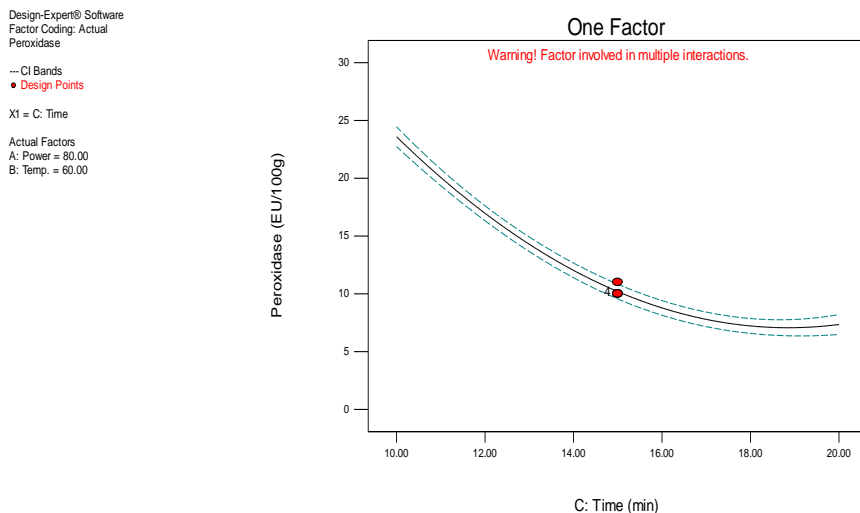
جدول ۳- مقادیر تجربی و پیشنهاد شده توسط مدل جهت ارزیابی میزان آنزیم پراکسیداز در عدس بلانچ شده با امواج فراصوت

Standard Order	تجربی	پیش بینی شده	باقی مانده
1	38	38.375	-0.375
2	11	11.125	-0.125
3	19	18.875	0.125
4	0	-0.375	0.375
5	39	39.25	-0.25
6	14	14.5	-0.5
7	22	21.5	0.5
8	0	-0.25	0.25
9	35	34.375	0.625
10	20	19.875	0.125
11	19	19.125	-0.125
12	2	2.625	-0.625
13	11	10.2	0.8
14	10	10.2	-0.2
15	10	10.2	-0.2

-0.2	10.2	10	16
-0.2	10.2	10	17

بررسی اثر متغیرهای مورد بررسی بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده با تکنیک اولتراسوند اثر زمان امواج دهی بر میزان آنزیم پراکسیداز

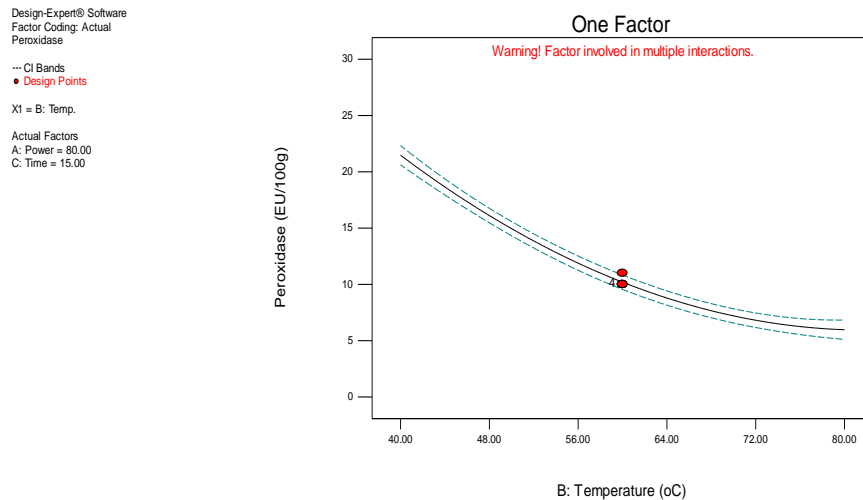
شکل ۸ تاثیر زمان امواج دهی در سطوح مختلف را بر میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده نشان می دهد، در حالی که دو متغیر دیگر دمای اولتراسونیک و توان اولتراسونیک به ترتیب در نقطه مرکزی (۶۰ درجه سانتی گراد و ۸۰ وات) ثابت می باشند. همان طور که مشاهده می شود با افزایش زمان از ۱۰ به ۳۰ دقیقه، میزان پراکسیداز دانه های تیمار شده از ۲۳/۵ به ۶/۱ واحد آنزیمی بر صد گرم کاهش یافت. امواج فراصوت باعث ایجاد دما و فشار بالا و رادیکالهای آزاد در محل ترکیدن حباب های کاویتاسیونی و ایجاد نیروی برشی در محلول می شوند. شرایط ایجاد شده ممکن است باعث تغییر ساختار آنزیم در حضور امواج و پنهان شدن جایگاه فعال آنزیم شود در نتیجه جایگاه فعال، کمتر در دسترس سوبسترا قرار می گیرد (تارون^{۳۷}، ۲۰۰۳).



شکل ۸- اثر متغیر مستقل زمان امواج دهی بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های تیمار شده

اثر دمای امواج دهی بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

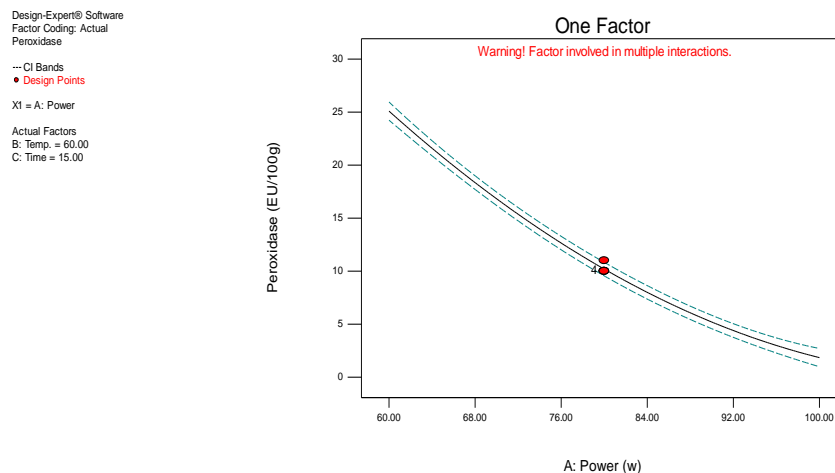
شکل ۹ تاثیر دماهای مختلف را بر میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده نشان می دهد. در این حالت، زمان امواج دهی و توان اولتراسونیک به ترتیب در نقطه مرکزی (۲۰ دقیقه و ۸۰ وات) ثابت نگه داشته شده اند. همانطور که در شکل ۹ دیده می شود میزان آنزیم پراکسیداز با افزایش دما کاهش می یابد و به ۵/۳ واحد آنزیمی بر گرم می رسد. مهماندوست و همکاران (۱۳۸۷) در پژوهشی با عنوان بررسی اثر امواج فراصوت بر روی آنزیم پکتین متیل استراز آب پرتقال، بیان کردند که با افزایش دما، سرعت غیر فعال شدن آنزیم بیشتر می شود به طوری که در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد زمان لازم برای ۹۰ درصد کاهش در فعالیت آنزیم به ۱۰ درصد مقدار آن در ۵۰ درجه سانتیگراد تنزل می یابد این نتیجه مبین غیر فعال شدن آنزیم در اثر وقوع واکنش های شیمیایی است.



شکل ۹- اثر متغیر مستقل دمای امواج دهی بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های تیمار شده

اثر توان اولتراسونیک بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

توان امواج اولتراسونیک از دیگر فاکتورهای موثر بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های تحت تیمار قرار گرفته می باشد. در این پژوهش اثر توان های مختلف بر روی میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده، مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۰). در حالی که دو متغیر دیگر یعنی زمان امواج دهی و دمای فرآوری به ترتیب در نقطه مرکزی یعنی ۲۰ دقیقه و ۶۰ درجه سانتیگراد ثابت نگه داشته شده اند. همانطور که در شکل ۱۰ دیده می شود افزایش توان امواج، منجر به کاهش میزان آنزیم پراکسیداز دانه ها تا ۲/۶ واحد آنزیمی بر گرم می شود. مهباندوست و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی تغییرات فعالیت PME^{38} در شدت صوتهای مختلف گزارش کردند که شدت صوت ۸۰ درصد بیشترین تأثیر غیر فعال سازی را در مقایسه با شدت ۶۰ درصد بر روی آنزیم داشت. ازیک^{۳۹} و اولگن^{۴۰} (۲۰۰) در گزارشی مشابه بیان کردند که با افزایش شدت صوت، فعالیت آنزیم ها به شدت کاهش می یابد.



شکل ۱۰- اثر متغیر مستقل توان اولتراسونیک بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های تیمار شده

³⁸Pectinmethylestrase

³⁹Ozbek

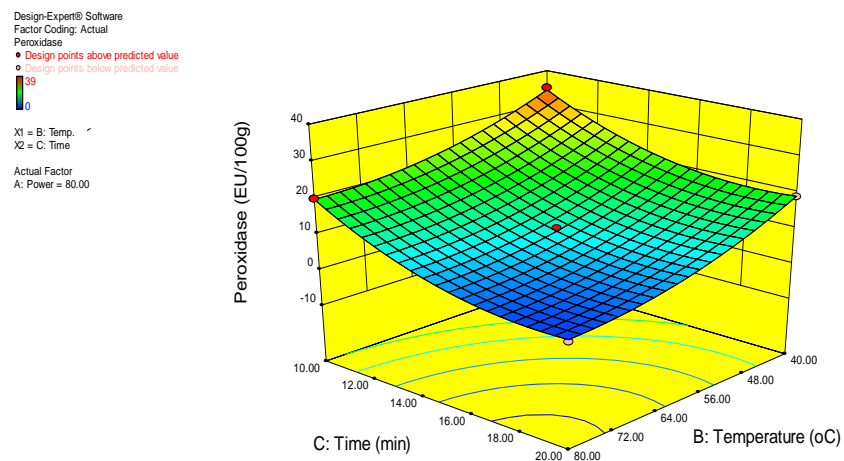
⁴⁰Ulgen

از سه شکل ۸، ۹ و ۱۰ می‌توان چنین نتیجه گرفت که تاثیر مستقل هر سه متغیر مورد بررسی در سطوح ارزیابی شده بر میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده، تاثیری کاهشی بوده است و توان امواج فراصوت، بیشترین (۲/۶) واحد آنزیمی بر گرم) و زمان امواج دهی، کمترین (۶/۱) واحد آنزیمی بر گرم) تاثیر کاهشی را بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس ها داشته است. نمودارهای سه بعدی به منظور نشان دادن اثر متقابل و هم‌زمان دو متغیر بر پاسخ، با ثابت نگهداشتن دیگر متغیرها در نقطه مرکزی ارائه شدند.

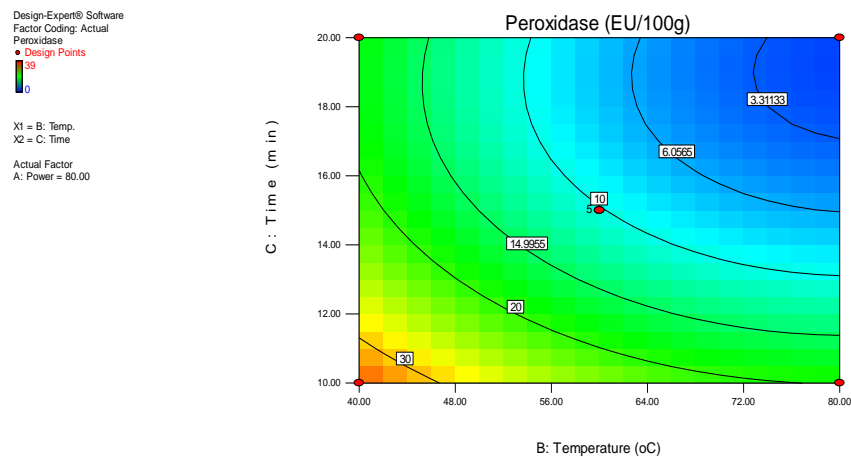
بررسی اثر متقابل متغیرهای مورد بررسی بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

اثر متقابل زمان و دمای اولتراسونیک بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

جهت بررسی تاثیر متقابل فاکتورهای مورد بررسی در این پژوهش از شکل‌های سطح پاسخ استفاده شده است. طبق شکل ۱۱ (A و B) با افزایش دمای اولتراسونیک از ۴۰ به ۸۰ درجه‌سانتی‌گراد و افزایش زمان از ۱۰ تا ۲۰ دقیقه، درحالی که متغیر دیگر یعنی توان امواج فراصوت در نقطه مرکزی ۸۰ وات ثابت نگه داشته شده است میزان آنزیم پراکسیداز به ۰/۱ واحد آنزیمی بر گرم کاهش یافت.



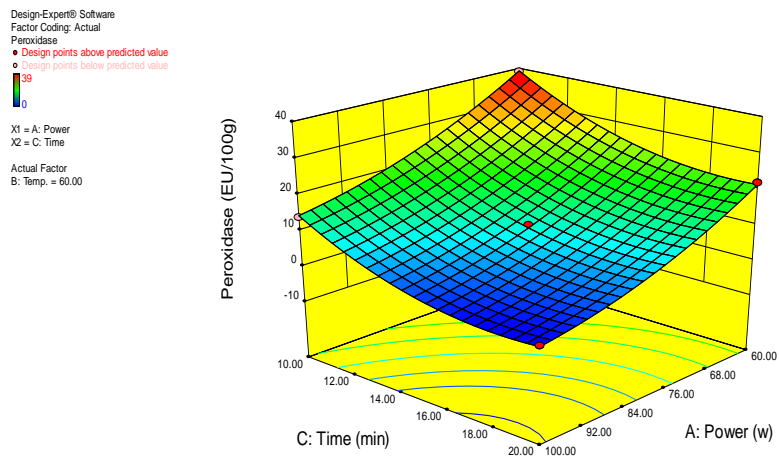
شکل ۱۱-A- نمایش سه بعدی تاثیر زمان و دمای امواج دهی بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده



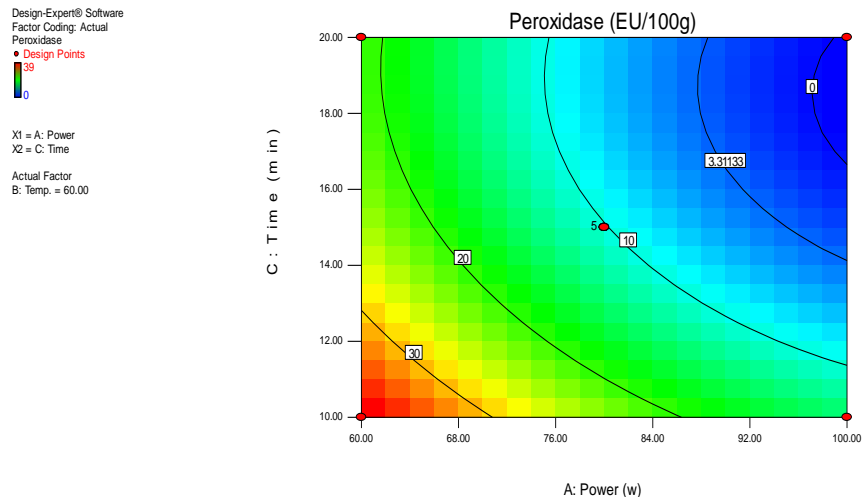
شکل ۱۲-B- نمایش کانتور تاثیر زمان و دمای امواج دهی بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

اثر متقابل زمان و توان امواج فراصوت بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

اثر متقابل زمان و توان امواج فراصوت بر میزان آنزیم پراکسیداز در شکل ۱۲ (A و B) نشان داده شده است. بر این اساس، توان تاثیر محسوسی بر میزان پراکسیداز نمونه ها داشت. چنانچه با افزایش توان، میزان پراکسیداز در محدوده تغییرات (۳۹ تا ۰/۲ واحد آنزیمی بر ۱۰۰ گرم) کاهش یافت. می توان بیان داشت که اثر متقابل این دو فاکتور بر میزان پراکسیداز عدس ها، اثری کاهشی است و کمترین میزان پراکسیداز دانه ها یعنی ۰/۲ واحد آنزیمی بر گرم مربوط به زمان ۲۰ دقیقه و توان ۱۰۰ وات می باشد. کانگ^{۴۱} و همکاران (۲۰۰۴) استخراج همی سلولز از سبوس برنج را مورد بررسی قرار داده و مشاهده کردند که استفاده از زمان فراصوت ۳۰ تا ۳۵ دقیقه، بیشترین بازده را در استخراج داشت. این مساله به دلیل تخریب دیواره سلولی و قابلیت خروج و در دسترس بودن بیشتر این ترکیبات می باشد. در مقابل، زمانهای ۵ تا ۱۰ دقیقه، افزایش معنی داری در روند استخراج در مقایسه با استخراج معمولی نداشته و لذا مستلزم به کارگیری شدت های صوتی بالاتر می باشد.



شکل ۱۳- A- نمایش سه بعدی تاثیر زمان و توان امواج فراصوت بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

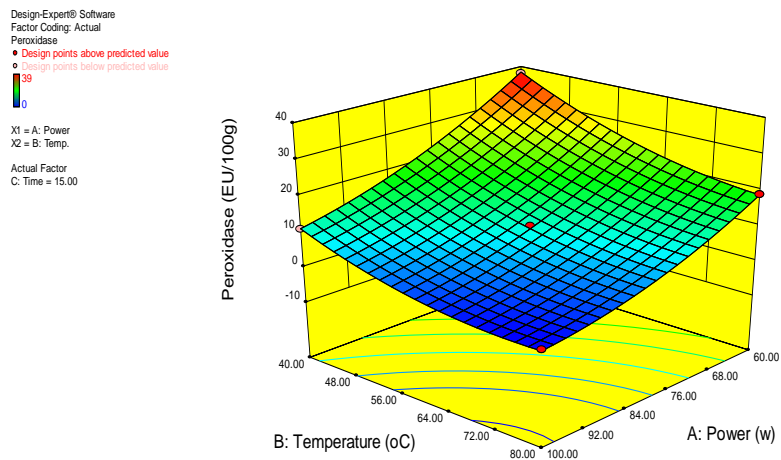


شکل ۱۳- B- نمایش کانتور تاثیر زمان و توان امواج فراصوت بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

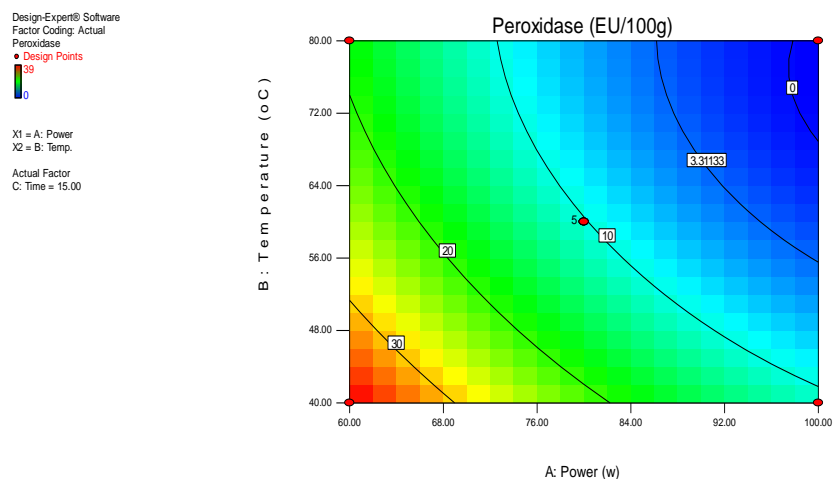
⁴¹Kong

اثر متقابل دمای فرآیند و توان امواج فراصوت بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

نمودار سه بعدی سطح پاسخ در شکل ۱۴ (A و B) آورده شده است. در حالیکه زمان امواج دهی در نقطه مرکزی ۲۰ دقیقه ثابت می باشد. می توان گفت اثر متقابل این دو فاکتور بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس ها، اثری کاهشی است و مقدار آنزیم را تا ۰/۱ واحد آنزیمی بر گرم کاهش می دهد. مهماندوست و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که همانند آزمایشات مربوط به عملیات حرارتی، فعالیت آنزیم PME تحت تاثیر دما و امواج فراصوت (ترموسونیکاسیون) با ضریب همبستگی بسیار بالایی ($R^2 > 0.91$) نسبت به زمان کاهش یافت. به عبارت دیگر استفاده همزمان از صوت موجب تشدید اثرات تخریب کنندگی دماهای بالا می شود. کدخدایی و پوی^{۴۲} (۲۰۰۸) در طی مطالعه ای بیان کردند که این رویداد به علت کاهش آستانه کلویتاسیون در دماهای بالا و تشدید شدت ارتعاشات دیواره حباب می باشد که از طریق ایجاد تنش برشی و گرداب های موضعی موجب دناتوره شدن آنزیم می شود.

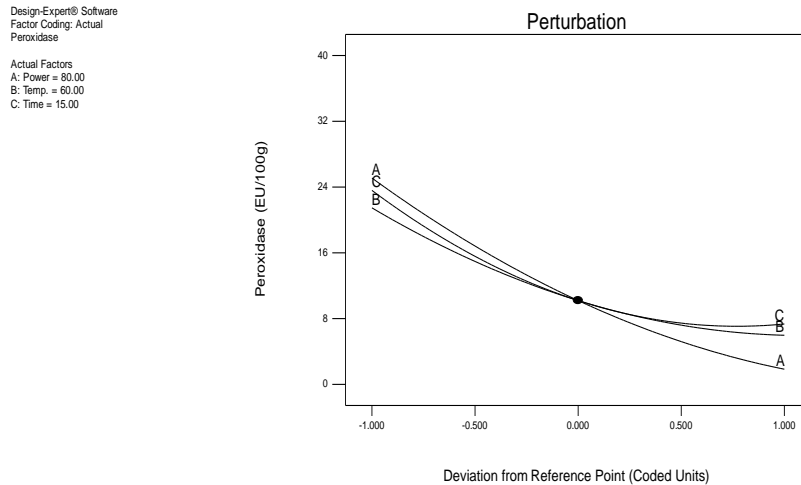


شکل ۱۴- A- نمایش سه بعدی تاثیر دمای فرآوری و توان امواج فراصوت بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده



شکل ۱۴- B- نمایش کانتور تاثیر دمای فرآوری و توان امواج فراصوت بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

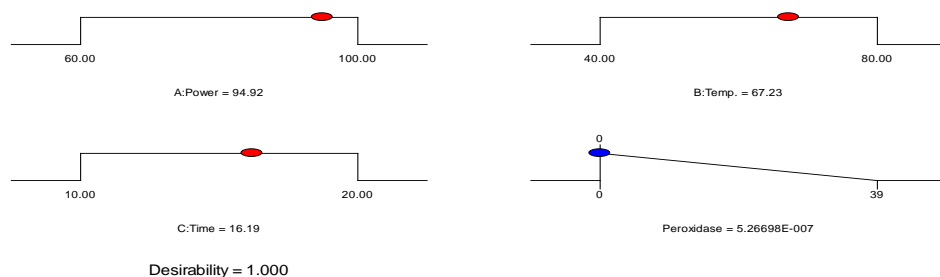
شکل ۱۵- تاثیر همزمان سه متغیر ورودی را بر میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده نشان می دهد. در این نمودار هر سه متغیر زمان، دما و توان به ترتیب در نقاط مرکزی ۱۰ دقیقه، ۶۰ درجه سانتیگراد و ۸۰ وات ثابت نگه داشته شده اند. بر اساس این نمودار می توان گفت که توان امواج، بیشترین تاثیر کاهش را بر میزان کاهش پراکسیداز عدس های تیمار شده دارد و زمان امواج دهی دارای کمترین اثر کاهش بر کاهش میزان آنزیم پراکسیداز عدس های تیمار شده در این پژوهش می باشد.



شکل ۱۵- نمودار تاثیر همزمان سه متغیر ورودی بر میزان پراکسیداز عدس های بلانچ شده با امواج فراصوت

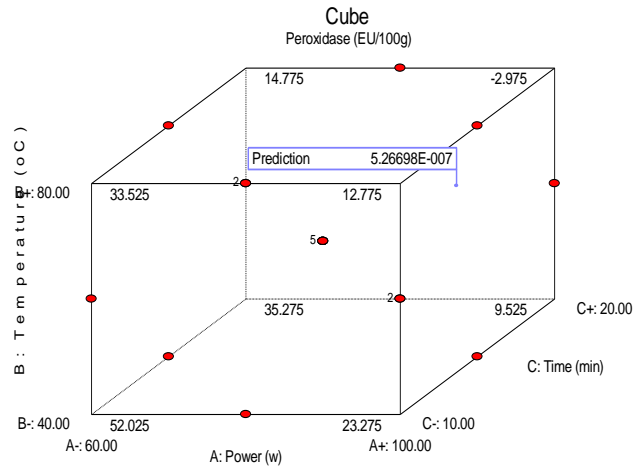
بهینه یابی میزان آنزیم پراکسیداز عدس های بلانچ شده

شرایط عملیاتی بهینه برای کاهش میزان آنزیم پراکسیداز با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی با نرم افزار دیزاین اکسپرت نسخه ۸ بررسی گردید. بدین منظور در ابتدا شرایط بهینه یعنی کمترین میزان آنزیم پراکسیداز برای نرم افزار مشخص گردید. شرایط بهینه برای حصول به این هدف، شامل زمان امواج دهی ۱۶/۱۹ دقیقه، دمای استخراج ۶۷/۲۳ درجه سانتیگراد و توان امواج ۹۴/۹۲ وات می باشد. سپس برای بررسی درستی و صحت نتایج حاصل از مدل، در شرایط آزمایشگاه در نقاط بهینه ای که نرم افزار داده بود یک آزمایش در ۳ تکرار انجام شد و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. طبق جدول میزان آنزیم پراکسیداز حاصل از آزمایش تجربی صفر و مقدار پیش بینی شده توسط مدل ۰/۰۰۰۰۰۰۵۲ واحد آنزیمی بر صد گرم شد. همانطور که مشاهده می شود اختلاف معنی داری بین نتیجه پیش بینی شده توسط مدل و نتیجه به دست آمده از کار آزمایشگاهی مشاهده نمی شود (شکل های ۱۶ و ۱۷).



شکل ۱۶- بهینه یابی پلکانی اثر فاکتورهای مورد بررسی جهت حصول کمترین میزان پراکسیداز

Design-Expert® Software
Factor Coding: Actual
Peroxidase
X1 = A: Power
X2 = B: Temp.
X3 = C: Time



شکل ۱۷- بهینه یابی سه بعدی برای دستیابی به کمترین میزان آنزیم پراکسیداز در نمونه های عدس بلانچ شده با امواج فراصوت

برای بررسی درستی و صحت نتایج حاصل از مدل، در شرایط آزمایشگاه در نقاط بهینه ای که نرم افزار داده بود یک آزمایش در ۳ تکرار انجام شد و نتایج آن در جدول ۴ آورده شده است. طبق جدول بازده تجربی ۶/۷٪ و بازده پیش بینی شده ۱۳/۹۹۱۸ شد. همانطور که مشاهده می شود اختلاف معنی داری بین نتیجه پیش بینی شده توسط مدل و نتیجه به دست آمده از کار آزمایشگاهی مشاهده نمی شود.

جدول ۴- نتایج بدست آمده از فرایند بهینه سازی میزان آنزیم پراکسیداز در عدس های بلانچ شده با امواج فراصوت

میزان آنزیم (واحد آنزیمی به ازاء صد گرم ماده)		شرایط بهینه		
پیش بینی شده	تجربی	توان اولتراسونیک(وات)	دمای امواج دهی(درجه سانتیگراد)	زمان امواج دهی(دقیقه)
۰/۰۰۰۰۰۰۰۵۲	۰	۹۴/۹۲	۶۷/۲۳	۱۶/۱۹

پیشنهادات

۱. اندازه گیری دیگر ویژگی های عدس بلانچ شده شامل میزان رطوبت، بریکس آب بلانچ و سفتی آن
۲. بررسی تاثیر بلانچینگ بر ویژگی های شیمیایی عدس های بلانچ شده با امواج فراصوت
۳. بررسی امکان استفاده از این تکنولوژی به صورت صنعتی
۴. استفاده و کاربرد امواج فراصوت در دیگر محصولات جهت فرآوری

منابع

۱. ابراهیمی، م.ع.، محتسبی، س.، رفیعی، ش.، نصیری، ا.، حسین پور، س. (۱۳۹۲). بررسی تاثیر عوامل مختلف بر میزان چروکیدگی ورقه‌های نازک موز طی فرایند خشک کردن با استفاده از روش سطح پاسخ. مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)، جلد 36 شماره 2.
۲. آذری کیا، ف. و عباسی، س. 1387. تعیین شرایط بهینه استخراج پلی ساکاریدهای محلول از آکارا. مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۳(1): 45-55.
۳. توکلی لاهیجانی، ا.، شهیدی، ف.، وریدی، م.، محبی، م. (۱۳۹۰). کاربرد ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در فرآورده‌های غذایی.
۴. رضایی، ر.، شهیدی، ف.، الهی، ف.، محبی، م.، نصیری، م. (۱۳۹۱). آنالیز پروفایل بافت پاستیل آلو به روش حسی و دستگاهی و بهینه‌سازی فرمولاسیون آن. پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۸، شماره ۱، ص ۳۰-۳۹.
۵. رفیعی، م.، جعفری، م.، اعلمی، م.، خمیری، م. (۱۳۹۰). ویژگی های آن‌تی اکسیدانی برگ زیتون و کاربرد آن در روغن آفتاب گردان. پژوهش های صنایع غذایی، ۲۱، ۲۲-۱۳.
۶. سهیلی، م.، رضایی، ک.آ.، مرتضوی، آ.، خسروی دارانی، ک.، هاشمی، م.، کمیلی، ر.، احمدی، ن. (۱۳۹۱). تولید فایکوسیانیین توسط جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۷، ۵، ۷۹۷-۷۸۷.
۷. صالحی فر، م.، شهبازی زاده، س.، خسروی دارانی، ک.، بهمدی، ه.، فردوسی، ف. (۱۳۹۱). بررسی امکان استفاده از پودر ریزجلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در تولید کلوچه ی صنعتی. علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران، ۷، ۴، ۷۲-۶۳.
۸. عباسی، س.، فرزانه مهر. (۱۳۸۶). بهینه‌سازی شرایط استخراج اینولین از کنگر با و بدون اعمال فراصوت به کمک روش سطح پاسخ. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی / سال سیزدهم / شماره چهارم و هفتم / (ب).
۹. کرمی، ز.، امام جمعه، ز.، حبیب اله میرزائی، ح.، صادقی ماهونک، ع.، خمیری، م.، آیدانی، ع. (۱۳۹۰). بررسی و مقایسه روش های استخراج به کمک اولتراسونیک و سوکسله در استخراج ترکیبات فنولیک از ریشه شیرین بیان. نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی جلد سوم، شماره دوم، ۲۲-۱.
۱۰. میلانی، ا.، پورآذرنگ، ه.، کدخدایی، ر.، وکیلان، ح.، وطن خواه، ش. (۱۳۸۹). بررسی کارایی امواج فراصوت در استخراج اینولین از غده سیب زمینی ترشی و (RSM) بهینه یابی شرایط استخراج به روش سطح پاسخ. نشریه پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران، جلد ۶، شماره ۲، تابستان، ص ۱۲۰-۱۱۳.
۱۱. Abismail, B., Canselier, J., Wilhelm, A., Delmas, H., & Gourdon, C. (1999). by ultrasound: Drop size distribution and stability. *Ultrasonics Emulsification* 6(1-2), 75-83. *Sonochemistry*,
۱۲. (E., Asker, O., Youssef, M.M. A., Shaltout, O. S., Moharram, H. Awad, T. 2012). Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. *Food Research International*, Volume 48, p:410-427.
۱۳. health benefits of Spirulina (2004). *New scientific developments in the Belay A. Nutritional Sciences; (Arthrospira): phycocyanin and its potential health benefits, J* 7(3):165-173.
۱۴. Chen, w., Wang, W.P., Zhang, H.Sh., Huang, Q. (2012). Optimization of ultrasonic-assisted extraction of water-soluble polysaccharides from *Boletus edulis* mycelia using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 87, (614-619).

- Chen, X., Tang, Q., Chen, Y., Wang, J., Li, Sh. (2010). Simultaneous extraction of polysaccharides from *Poria cocos* by ultrasonic technique and its inhibitory activities against oxidative injury in rats with cervical cancer. *Carbohydrate Polymers*, 79, 409–413. ۱۵
- Chen, X. Q., & Zhang, Y. (2007). Ultrasonic-associated extraction of water soluble polysaccharides from defatted Korean pine kernel. *Journal of Forestry Research*, 18(2), 133–135. ۱۶
- Crosby, L. (1982). Juices pasteurized ultrasonically. *Food Production/Management*, 16. ۱۷
- Blanco- De la Fuente-Blanco, S., Riera-Franco de Sarabia, E., Acosta-Aparicio, V. M., Blanco, A., & Gallego-Juárez, J. A. (2006). Food drying process by power Ultrasonics, 44, e523–e527. ultrasound. ۱۸
- Iron-catalyzed hydroxyl radical free iron coordination site. J Biol formation. Stringent requirement for Chem;259:3620-4. ۱۹
- Guo, X., Zou, X., & Sun, M. (2010). Optimization of extraction process by response surface methodology and preliminary characterization of polysaccharides from *Phellinus igniarius*. *Carbohydrate Polymers*, 80, 344–349. ۲۰
- Hemwimon, S., Pavasant, P., & Shotipruk, A. (2007). Microwave-assisted extraction of antioxidative anthraquinones from roots of *Morinda citrifolia*. *Separation and Purification Technology*, 5444, 5540. ۲۱
- Herrera, M. and Luque, M.D. (2007). *Journal of chromatography*, A, 1100:1-7. ۲۲
- Hofmann, R., Kappler, T., & Posten, C. (2006). Pilot-scale press electrofiltration of biopolymers. *Separation and Purification Technology*, 51, 303–309. ۲۳
- Hromadkova, Z., Ebringerova, A., & Valachovic, P. (1999). Comparison of classical and ultrasound-assisted extraction of polysaccharides from *Salvia officinalis* L. *Ultrasonics Sonochemistry*, 5163, 168. ۲۴
- Ionita, P. (2005). Is DPPH stable free radical a good scavenger for oxygen active species? *Chemical Papers*, 59(1), 11–16. ۲۵
- Ishii, S. (1982). Enzymatic extraction and linkage analysis of pectic polysaccharides from onion. *Phytochemistry*, 21, 778–780. ۲۶
- Mohan, J.I., Khan, M., Shobha, C.J., Rao, U.M., Sundaram, C.M., Singh, S., of *Spirulina* against Kuppusamy, P., Kutala, K.V., (2005). Protective effect Res. 19, 1030–1037. doxorubicin-induced cardiotoxicity. *Phytother.* ۲۷
- Lujan, R.J., Rodriguez, J.M.L., Luque de Castro, M.D. (2006) Dynamic ultrasound-assisted extraction of oleuropein and related biophenols from olive leaves, *J. Chromatogr. A* 1108, 76–82. ۲۸
- Luque-Garcia, J. L., & Luque de Castro, M. D. (2003). Ultrasound: A powerful tool 41–47. for leaching. *Trends in Analytical Chemistry*, 22, ۲۹
- J., Mekalab, V., Manikandanc, S. (2013). Modeling and optimization of ultrasound-assisted extraction of polysaccharide from *Cucurbita moschata*. *Carbohydrate Polymers* 92, 2018–2026. ۳۰
- Milani, E., Koocheki, A. & Golimovahhed, Q. A. (2011). Extraction of inulin from root (*Arctium lappa*) using high intensity ultrasound. *International Journal of Burdock & Technology*, 46: 1699-1704. *Food Science* ۳۱
- Rouhani, S., Alizadeh, N., Salimi, S., Haji-Ghasemi, T. (2009). Ultrasound assisted extraction of natural pigments from rhizomes of *Curcuma Longa* L., *Prog. Color Colorants Coat*, 2, 103–113. ۳۲

- Samavati V. (2013). Central composite rotatable design for investigation of microwave-assisted extraction of okra pod hydrocolloid. *International Journal of Carbohydrate Polymers*. ۳۳
- Shotipruk, A and Kaufman, P. B. (2001). Feasibility study of repeated harvesting of menthol from biologically viable *Mentha x piperata* using ultrasonic extraction. *Biotechnol Prog* 17(5): 924-928. ۳۴
- Sun, R. C., Liu, J. & Tomkinso, J. (2012). Comparative study of lignins isolated by alkali and ultrasound-assisted alkali extractions from wheat straw. *Ultrasonics Sonochemistry*, 9, 85-93. ۳۵
- Sun, R.C., Tomkinson, J. (2003). Characterization of hemicelluloses isolated with tetraacety lethylenediamine activated peroxide from ultrasound irradiated and alkali pretreated wheat straw, *Eur. Polym. J.* 39, 751-759. ۳۶
- Suzuki, A. H., Lee, J., Padilla, S. G., & Martini, S. (2010). Altering functional fats using power ultrasound. *Journal of Food Science*, 75(4), E208-E214. properties of ۳۷
- Tahmouzi, S. (2014). Optimization of polysaccharides from Zagros oak leaf using RSM: Antioxidant and antimicrobial activities. *Carbohydrate Polymers*, 106, 238-246. ۳۸
- Thompson, L. H., & Doraiswamy, L. K. (1999). *Sonochemistry: Science and Industrial & Engineering Chemistry Research*, 38(4), 1215-1249. engineering. ۳۹
- Vercet, A., Sánchez, C., Burgos, J., Montañés, L., & Lopez Buesa, P. (2002). The manothermosonication on tomato pectic enzymes and tomato paste effects of properties. *Journal of Food Engineering*, 53(3), 273-278. rheological ۴۰
- Vetvicka, V., & Yvin, J. (2004). Effects of marine b-1,3-glucan on immune reactions. *International Journal of Immunopharmacology*, 4, 721-730. ۴۱
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., & Bates, D. (2008). Applications and opportunities for ultrasound assisted extraction in the food industry – A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9(2), 161-169. ۴۲
- Villamiel, M., & de Jong, P. (2000). Inactivation of *Pseudomonas fluorescens* and thermophilus in Trypticase® Soy Broth and total bacteria in milk by *Streptococcus* continuous-flow ultrasonic treatment and conventional heating. *Journal of Food Engineering*, 45(3), 171-179. ۴۳
- Vinatoru, M., Toma, M., Radu, O., Filip, P. I., Lazurca, D., & Mason, T. J. (1997). The use of ultrasound for the extraction of bioactive principles from plant materials. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4, 135-139. ۴۴
- Wu, J., Lin, L., Chau, F-t. (2001). Ultrasound-assisted extraction of ginseng saponins from ginseng roots and cultured ginseng cells. *Ultrasonics Sonochemistry* 8(4):347-52. ۴۵
- Yan, Y.L., Yu, C.H., Chen, J., Li, X.X., Wang, W., Li, SH. (2011). Ultrasonic-assisted extraction optimized by response surface methodology, chemical composition and antioxidant activity of polysaccharides from *Tremella mesenterica*. *Carbohydrate Polymers* 83, 217-224. ۴۶
- Zhong, K., Wang, Q. (2010). Optimization of ultrasonic extraction of polysaccharides from dried longan pulp using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 80, 19-25. ۴۷
- Chen, X., Yang, W., Liu, Sh. (2011). Response surface methodology for optimization of the ultrasonic extraction of polysaccharides from *Codonopsis pilosula* Nannf. var. *modesta* L.T. Shen, *Carbohydrate Polymers*, 84, 503-508. ۴۸