نشریه فرآوری و نگهداری مواد غذایی
جلد پنجم، شماره اول، ۹۲
۷۵-۸۹
http://ejfpp.gau.ac.ir

بهینه‌سازی شرایط استخراج کورکومین از ریزوم گیاه زردچوبه (*Curcuma longa*) به کمک امواج فراصوت با استفاده از روش سطح پاسخ

شادی بلوریان[۱]، صفیه خلیلیان*[۲] و محمد خلیلیان[۳]

[۱]استادیار، گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، [۲]دانشجوی دکتری مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [۳]دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۱/۲۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۰۶/۲۹

چکیده

دراین پژوهش متغیرهای مستقل فراصوت شامل زمان صوت‌دهی (۱-۱۵ دقیقه)، دمای فرایند (۲۵-۴۵ درجه سانتی‌گراد) و توان دستگاه فراصوت (۱۰-۱۰۰ درصد) در نظر گرفته شد. نتایج حاکی از آن بود که زمان صوت‌دهی به صورت خطی ($P<0/01$) و نیز اثر متقابل زمان با توان دستگاه فراصوت ($P<0/01$) تاثیر معنی‌داری بر استخراج کوکومین از پودر ریزوم زردچوبه داشت. به منظور بهینه‌سازی اثر زمان صوت‌دهی، دمای فرایند و توان دستگاه فراصوت بر میزان استخراج کورکومین از روش سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی استفاده شد. نتایج نشان داد که مدل چند جمله‌ای 2F به خوبی قادر به توصیف داده‌ها بوده و به‌طور معنی‌داری رابطه بین متغیرهای مستقل و پاسخ را بیان می‌کند. بهترین سطوح زمان صوت‌دهی، دمای فرایند و توان دستگاه فراصوت به‌ترتیب ۸ دقیقه، ۳۵ درجه سانتی‌گراد و ۵۵ درصد بود.

واژه‌های کلیدی: کورکومین، امواج فراصوت، بهینه‌سازی، سطح پاسخ

*مسئول مکاتبه: khaliliansafie02@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

امروزه طیف وسیعی از ترکیبات تحت عنوان افزودنی جهت مقاصد مختلف، در تهیه و فرآیندهای غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اهمیت این افزودنی‌ها به حدی است که بدون بهره‌گیری از آنها، تولید و مصرف بسیاری از اقلام و فرآورده‌های غذایی غیرممکن می‌باشد. این دسته از مواد بر حسب نوع کاری که در سیستم غذایی انجام می‌دهند به گروه‌های مختلفی تقسیم می‌شوند (حسینی و همکاران، ۲۰۰۸؛ دمان، ۱۹۲۵).

رنگ به‌عنوان یکی از ویژگی‌های مهم کیفی مواد غذایی محسوب می‌شود. رنگ با ایمنی مواد غذایی ارتباط مستقیم داشته و یک رنگ نامطلوب از شرایط نامناسب فرآیند و حمل و نقل نادرست ناشی می‌شود. ۷۵ درصد غذا قبل از رسیدن به دست مصرف‌کننده فرآوری می‌گردد. بنابراین شرایط فرآوری و حمل و نقل غذا ضروری است. به‌منظور بهبود کیفیت، ارتقاء، ارزش تغذیه‌ای و رفع مشکلات تکنولوژیکی مواد غذایی از افزودنی‌های غذایی استفاده می‌شود.

کاربرد گسترده رنگ‌ها در صنایع غذایی: رنگ‌ها کاربرد وسیعی در صنایع غذایی مختلف اعم از صنایع تولید کیک و شیرینی، بستنی‌ها و دسرهای منجمد، اسنک‌ها، نوشیدنی‌ها، صنایع شکلات‌سازی و غیره دارند. انتخاب رنگ مناسب در مواد غذایی بهترین تبلیغ برای مصرف است. از انواع رنگ‌ها در گستره وسیعی از محصولات غذایی که رژیم غذایی عموم مردم را تشکیل می‌دهد استفاده می‌شود.

اهمیت تولید رنگ‌های خوراکی از منابع طبیعی: اخیرا محدودیت‌های بسیاری از جانب سازمان‌های بین‌المللی و انستیتوهای تحقیقاتی مانند انستیتو ملی سرطان در مورد استفاده از رنگ‌های مصنوعی خوراکی بیان شده است (نیچنامتلا و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین در سطح جهانی مطالعه و جستجو برای یافتن پیگمان‌های طبیعی مناسب به‌عنوان رنگ افزودنی آغاز شده است. پیگمان‌های طبیعی اثرات سوء ذکر شده برای رنگ‌های مصنوعی را نداشته و در تحقیقات مختلف تاثیرات مثبت آنها بر سلامت عمومی به دفعات مورد تائید قرار گرفته است. کاروتنوئیدها نیز به‌عنوان عوامل ضدسرطان، افزایش‌دهنده طول عمر و بازدارنده زخم معده و بیماری‌های قلبی–عروقی معرفی شده‌اند. به‌طوری‌که انسیتو ملی سرطان ایالات متحده آمریکا مصرف غذاهای حاوی مقادیر زیاد کاروتنوئید را در رژیم غذایی روزانه توصیه نموده‌است (زند، ۱۳۸۱).

وجود شرایط متنوع اقلیمی در ایران و نیز منابع گوناگون گیاهی و حیوانی، زمینه تولید رنگ‌های غذایی با منشاء طبیعی در کشور را بسیار مساعد ساخته است. طبق بررسی‌های انجام شده، در حال

Archive of SID

www.SID.ir

حاضر رنگ‌های خوراکی مصرفی در کارخانجات موجود در کشور از نوع رنگ‌های مصنوعی و سنتزی می‌باشند که از کشورهای مختلف وارد می‌شوند و هیچ واحد صنعتی برای تولید رنگ‌های خوراکی با منشا طبیعی در داخل کشور وجود ندارد. برابر آمار تهیه شده از شرکت‌های واردکننده مواد افزودنی، قیمت رنگ‌های طبیعی وارداتی بالا بوده و از این طریق ارز فراوانی از کشور خارج می‌شود. طبق گزارش اداره گمرک جمهوری اسلامی ایران در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸٦ جمعاً در حدود ٤، ۱۲۷، ۱۳٤ و ۷۹۹ هزار ریال به‌صورت ارز بابت رنگ‌های خوراکی و غیرخوراکی وارداتی از کشور خارج شده‌است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که میزان واردات این مواد سیر صعودی دارد.

در حال حاضر حدود ٦۷۲ واحد صنعتی با تولید حدود ۳۹، ۱۸٦ و ٦۹۵ هزار تن در کشور وجود دارند که از رنگ‌های مجاز خوراکی استفاده می‌کنند. این آمار در مقایسه با کل تولید فراورده‌های غذایی کشور، درصد بالایی را تشکیل می‌دهد.

بنابراین با توجه به پتانسیل بالای منابع طبیعی بالقوه جهت استخراج رنگ، تعداد زیاد صنایع غذایی مصرف‌کننده رنگ، عدم وجود واحدهای تولید کننده رنگ‌های طبیعی در کشور، بالا بودن قیمت رنگ‌های طبیعی وارداتی و به موازات آن خروج ارز فراوان از این طریق، همگی نشان‌دهنده اهمیت تولید رنگ‌های خوراکی با منشأ طبیعی در داخل کشور می‌باشند.

زردچوبه: تجزیه و تحلیل‌های انجام شده روی زردچوبه نشان می‌دهد که این ماده شامل ترکیبات متعددی است که مهمترین آنها عبارتند از روغن‌های ضروری (تورمرون‌ها، آتلانتونها و زینجیبرن)، تورمرین (یک پپتید محلول در آب) و کورکومینوئیدها. از دیگر مواد موجود در زردچوبه می‌توان به مواد معدنی (نظیر پتاسیم)، کاروتن، ویتامین C و نشاسته ژلاتینه‌شده اشاره نمود.

زردچوبه، از دیرباز در طب سنتی هند (آیورودا[1]) از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار بوده است. طب آیورودا بیش از ۷۰۰ نوع داروی گیاهی را شرح می‌دهد که شامل ادویه‌ها و افزودنی‌های خوراکی است که موجب تقویت سلامت می‌شوند (ورجس، ۱۹۹۳).

این طب دانشی از زیستن برای سلامت و تعادل زندگی می‌باشد. در مکتب پیروان این طب زردچوبه به عنوان آنتی بیوتیک، عامل کمکی در گوارش و تثبیت فلور روده، تصفیه‌کننده خون و خون‌ساز شناخته می‌شود.

1-Ayurveda

Archive of SID

www.SID.ir

این گیاه سبب پیشبرد متابولیسم طبیعی بدن شده و به هضم پروتئین‌ها کمک می‌کند. در ترکیب با عسل جهت التیام رگ به رگ شدگی، در رفتگی یا ضرب‌دیدگی استخوان، کبودی و خارش به کار می‌رود. در مواردی نظیر آسم و سرفه به عنوان نرم‌کننده دستگاه تنفس به کار می‌رود و خصوصیات ضدرماتیسمی و ضد باکتریایی داشته و به هضم غذاهای با محتوای پروتئین بالا کمک زیادی می‌کند (ژنگ، ۲۰۰۸).

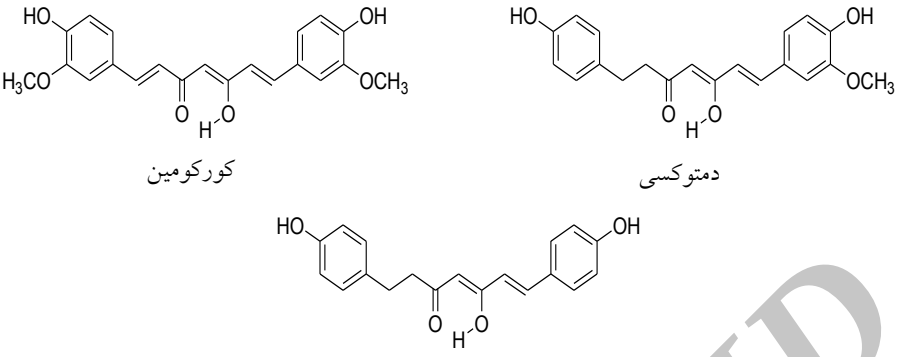
ریزوم زردچوبه به طور وسیعی برای رنگ و طعم دادن به غذا به کار می‌رود. به صورت پودر به آن تورمریک[1] می‌گویند، تورمریک مخلوط با آهک آبدیده در طب سنتی به‌صورت موضعی برای درمان رگ به رگ شدن و تورم ناشی از ضربات به کار می‌رود. در طب سنتی هندی برای زردچوبه خواص دارویی در درمان اختلالات صفراوی، بی‌اشتهایی، زکام، سرفه، زخم‌های دیابتی، اختلالات کبدی، روماتیسم و سینوزیت ذکر شده است (ورجس، ۱۹۹۳).

کورکومین: کورکومین[2] (دی فرول متان یا بیس (٤- هیدروکسی-۳- متوکس فنیل)۱و٦- هپتادی ان - ۳و ۵-دی ان)[3] رنگدانه زرد رنگی است که از ریشه‌های گیاه *Curcuma longa* L. که از خانواده زنجبیل می‌باشد، به‌دست می‌آید. ترکیبات شیمیایی اجزای اصلی گیاه زردچوبه شامل روغن زردچوبه، اولئورزین، کورکومینوئید و عطر زردچوبه می‌باشد. کورکومین یک پلی فنل آب‌گریز می‌باشد. کورکومین در حقیقت همان اولئورزین پالایش شده و عاری از روغن فرار است. مولکول کورکومین ترکیبی از دو کروموفور آریل بوتن ۲- فریلول است که به وسیله یک گروه متیلن به هم متصل شده‌اند. کورکومین تجاری استخراج شده از ریزوم زردچوبه دارای ۷۷ درصد کورکومین، ۱۷ درصد دمتوکسی‌کورکومین و ۳ درصد بیس‌دمتوکسی‌کورکومین می‌باشد. فعالیت دو ماده اول تقریبا یکسان اما فعالیت ترکیب سوم از دو ترکیب دیگر کمتر است (شکل ۱). مولکول کورکومین از یک زنجیر اصلی آلیفاتیک تشکیل شده که گروه‌های غیراشباع و آریل می‌توانند در آن جایگزین شوند (ژنگ، ۲۰۰۸).

1- Turmeric
2- Curcumin
3- Diferuloymethane

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- ساختار شیمیایی ترکیبات تشکیل‌دهنده کورکومینوئید.

مواد و رو ش‌ها

ریزوم زردچوبه از استان خراسان شمالی، شهرستان بجنورد، خریداری شد. مواد شیمیایی مورد استفاده شامل پترولیوم اتر و استن از شرکت مرک[1] آلمان تهیه شدند. پلی وینیل پیرولیدون[2] از شرکت سیگما[3] تهیه گردید.

آماده‌سازی ماده جامد: ریزوم زردچوبه در خرداد ۱۳۸۹ به میزان لازم از بازار شهرستان بجنورد تهیه گردید. نمونه‌ها به کمک آسیاب چکشی صنعتی خرد شدند. برای این که نمونه‌های مورد آزمایش دارای اندازه یکنواخت و یکسانی باشند پس از آسیاب کردن، پودر حاصل از الک با مش ۳۰ عبور داده شده، سپس عملیات استخراج مطابق روش‌های توضیح داده شده در بخش‌های بعد بر روی آن‌ها انجام گردید (روحانی و همکاران، ۲۰۰۶).

جداسازی روغن‌های از زردچوبه: جهت روغن‌گیری از زردچوبه، ابتدا مقدار مشخصی از زردچوبه درون کاغذ صافی در محفظه دستگاه سوکسله قرار داده شد و مقداری حلال پترولیوم اتر تقطیر شده درون بالن دستگاه افزوده گردید. بالن محتوی حلال را بر روی همزن مغناطیسی و حرارتی با دور ۵۰۰ دور در دقیقه و دمای ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. با این روش تمام پودر زردچوبه مورد نیاز را روغن‌گیری شد (گیکر و همکاران، ۲۰۰۱).

1- Merck
2- Polyvinylpyrrolidone- PVP
3- SIGMA

Archive of SID

www.SID.ir

نحوه استخراج کورکومین با امواج فراصوت: جهت تهیه عصاره، ۳۰ گرم پودر ریزوم زردچوبه را با ٦۰ سی سی حلال استن مخلوط نموده و بعد از همزدن با میله شیشه‌ای تیمارهای فراصوت با شرایط مختلف توان، زمان و دمای صوت که طبق فرمول‌های به‌دست آمده از نرم‌افزار سطح پاسخ (جدول ۱) اعمال گردید. سپس نمونه‌ها به‌مدت ٤۸ ساعت در دمای محیط توسط شیکر مدل Gerhardt با دور ۱۲۰ دور در دقیقه هم زده شدند (ورجس، ۱۹۹۳). مخلوط حاصل توسط کاغذ صافی واتمن[1] صاف و محلول صاف شده تا ۱۰ برابر محلول رقیق‌سازی گردید و جهت عملیات بعدی مورد استفاده قرار گرفت.

تعیین مقدار کورکومین استخراج شده: جهت تعیین مقدار کورکومین استخراج شده، از دستگاه اسپکتروفتومتری مدل BC47358، شرکت Biochrom، ساخت انگلستان استفاده شد. برای این منظور کورکومین از زردچوبه با حلال استن و با استفاده از روش مذکور استخراج شد. بدین منظور ۰/۲ میلی‌لیتر از محلول کورکومین در بالن ژوژه ۵۰ با استن به حجم رسانده شد. سپس از این محلول درون سل دستگاه اسپکتروفتومتری رقت ۰/۱ درست نموده (بدین‌صورت که ۰/۳ میلی‌لیتر از محلول و ۲/۷ میلی‌لیتر استن مخلوط گردد). سپس مقدار کورکومین در طول موج ٤۲۵ نانومتر اندازه‌گیری شد. منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌های با غلظت متفاوت کورکومین در استن رسم گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از کورکومین تجاری با خلوص ۹۳ درصد به‌عنوان استاندارد استفاده گردید.

به منظور محاسبه غلظت کورکومین پس از قراردهی میزان جذب‌های خوانده شده در معادله خط به‌دست آمده از طریق نمونه‌های استاندارد میزان غلظت واقعی نمونه محاسبه گردید.

برای این منظور با استفاده از دستگاه روتاری مدل Heidolph حلال موجود در عصاره کورکومین جدا شد. سپس به عصاره خشک شده مقداری اتانول اضافه کرده و سپس با کمک دستگاه روتاری اتانول را نیز از محلول جداسازی صورت گرفت. به عصاره خشک شده آب مقطر افزوده شد. محلول به دست آمده با دستگاه سانتریفوژ مدل 2-16p، شرکت سیگما، ساخت آلمان با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه سانتریفوژ نموده تا فاز جامد از فاز مایع جدا شود. فاز مایع را جدا نموده و فاز جامد که همان کورکومین است را داخل پلیت ریخته و در مجاورت هوا قرار داده تا خشک شود.

1- Waltman

Archive of SID

www.SID.ir

طرح آماری

روش رویه پاسخ: روش رویه پاسخ (RSM)، مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری و ریاضی است که در مورد فرآیندهایی کاربرد دارد که چند متغیری هستند یا مکانیسم‌های دخیل در آنها به خوبی مشخص نشده‌اند و اطلاعات موجود در مورد سیستم بسیار کم می‌باشد، یا میان متغیرها بر هم کنش وجود داشته و پاسخ غیر خطی است (هیل، ۱۹٦٦؛ میزوبوتی، ۲۰۰۰). هدف اصلی روش رویه پاسخ، رسیدن به شرایط بهینه است که طرح مرکب مرکزی ارجحیت دارد.

انتخاب متغیرهای مستقل و سطوح آن‌ها: در این مرحله، فاکتورهای تاثیرگذار بر فرآیند، گزینش شده و سپس سطوح آن‌ها تعیین می‌شوند. تعیین این سطوح به‌دلیل این که موفقیت فرآیند مستقیما مربوط به این سطوح می‌باشد، دارای اهمیت است. به‌دلیل این که این پارامترها در آزمایش، واحد یا محدوده‌های متفاوت دارند، آنالیز رگرسیون را نمی‌توان مستقیما انجام داد. در همین راستا، ابتدا بایستی پارامترها را پیش از انجام آنالیز رگرسیون، نرمال‌سازی کرد. هر کدام از متغیرهای کدبندی شده[1] در محدوده ۱- تا ۱+ قرار می‌گیرند، به طوری که متغیرها بدون بعد می‌شوند. مقادیر سطوح متغیرها به صورت کد بندی شده در آنالیز طرح به کار می‌روند.

نرم‌افزارهای کامپیوتری، طرح‌های بهینه را بر پایه معیارهای خاص و ورودی‌هایی که کاربر مدنظر قرار می‌دهند، ایجاد می‌کنند. تفاوت این طرح‌ها با توجه به انتخاب نقاط آزمایش در تعداد آزمایش‌ها[2] و و بلوک‌ها می‌باشد. پس از گزینش طرح، رابطه مدل تعریف شده و ضرایب آن تخمین زده می‌شوند. مدل مورد استفاده در RSM، عموما رابطه درجه دوم کامل یا درجه دوم کاسته می‌باشند. مدل درجه دوم را می‌توان به صورت زیر نوشت:

$$Y = b_0 + \Sigma\, b_i x_i + \Sigma\, b_{ii} x_i^2 + \Sigma\, b_{ij} x_i x_j$$

که b_0 و b_i و b_{ii} و b_{ij} ضرایب رگرسیونی برای به‌ترتیب عرض از مبدا، خطی، درجه دوم و بر هم کنش و x_i و x_j متغیرهای مستقل کدبندی شده هستند.

ضرایب مدل با استفاده از روش حداقل مربع‌ها[3] محاسبه می‌گردند که یک تکنیک رگرسیون چندگانه است. پس از به دست آوردن ضرایب رگرسیونی، پاسخ تخمین زده شده را می‌توان به سادگی با استفاده

1- Coded variable
2- Runs
3- Least squares

Archive of SID

www.SID.ir

از رابطه مدل محاسبه کرد. معمولا رفتار سیستم ناشناخته است و بنابراین بایستی توان برازش مدل بر داده‌های آزمایش را بررسی کرد. برای ارزیابی کفایت مدل، تکنیک‌های مختلفی وجود دارند. تعدادی از این تکنیک‌ها شامل آنالیز خطا[1]، مقیاس‌بندی خطاها[2]، مجموع مربع‌های خطای پیش بینی[3] (Press) و آزمون ضعف برازش[4] می‌باشند. قابلیت پیش‌بینی کلی مدل به طور متداول توسط ضریب تعیین[5] (R^2) بیان می‌شود که از Press محاسبه می‌گردد. ولی نبایستی فراموش شود که R^2 به تنهایی نمی‌تواند معیاری از صحت مدل باشد (باس، ۲۰۰۷). کدهای مشخص شده عبارتند از:

جدول ۱- نمایش متغیرهای مستقل فرآیند و مقادیر آن‌ها

متغیرهای مستقل	نماد ریاضی	کد و سطح مربوطه		
		+۱	۰	-۱
رمان	X_1	۱۵	۸	۱
دما	X_2	٤٥	۳۵	۲۵
توان (وات)	X_3	۱۰۰	۵۵	۱۰

در مرحله بعد، طرح آماری گزینش شده و رابطه مدل مورد استفاده برای پیش بینی برازش شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. به منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش رویه پاسخ از نرم افزارهای Design-Expert 7.1.6 استفاده گردید.

در این تحقیق از طرح مرکب مرکزی با سه متغیر مستقل، زمان صوت‌دهی، دما و توان دستگاه فراصوت، سه سطح و شش تکرار در مرکز طرح (برای محاسبه تکرارپذیری فرآیند) به منظور بررسی تاثیر شرایط استخراج کورکومین و بهینه‌سازی فرایند مذکور استفاده خواهد شد. جدول ۲، نشان‌دهنده ۲۰ تیمار استخراجی از نقطه نظر نسبت حلال به ماده جامد، نسبت حلال‌ها به یکدیگر و زمان می‌باشد:

1- Residual analysis
2- Scaling residuals
3- Prediction error sum of squares (Press)
4- Lack of fit
5- Coefficient of determination

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تیمارهای صوت انجام گرفته بر روی ریزوم زردچوبه

تیمار	زمان (دقیقه)	دما (درجه سانتی گراد)	قدرت صوت (وات)	غلظت کورکومین استخراجی
۱	۱	۲۵	۱۰	۳/۵۸۲۸۳
۲	۱۵	۲۵	۱۰	٤/۹۳۲۳
۳	۱	٤۵	۱۰	۳/۱۳۵۳۹
٤	۱۵	٤۵	۱۰	۵/۹۸۲۱٤
۵	۱	۲۵	۱۰۰	٤/۰۸۰۱۵۳
٦	۱۵	۲۵	۱۰۰	٤/۵۱۰٦۵
۷	۱	٤۵	۱۰۰	۳/۰۵٤۳۱
۸	۱۵	٤۵	۵۵	٤/۰۱٤۲۱۹
۹	۱	۳۵	۵۵	۳/٦۷۳۲۳
۱۰	۱۵	۳۵	۵۵	٤/۰۸٦۳۳۹
۱۱	۸	۲۵	۵۵	٤/۰۰۱۷٤۵
۱۲	۸	٤۵	۵۵	٤/۱۰۵۹۹۲
۱۳	۸	۳۵	۱۰	٤/۱۰۹۵۵٦
۱٤	۸	۳۵	۱۰۰	٤/۱۰۹۵۵٦
۱۵	۸	۳۵	۵۵	٤/۲۵٦٦
۱٦	۸	۳۵	۵۵	٤/۱۲۰۲٤۸
۱۷	۸	۳۵	۵۵	٤/۰۱۹۵٦۵
۱۸	۸	۳۵	۵۵	٤/۰۳٤۷۱۲
۱۹	۸	۳۵	۵۵	٤/۰۸٦۳۹
۲۰	۸	۳۵	۵۵	۵/۵۳۲۵۱

نتایج و بحث

برازش مدل‌ها: در ابتدا جهت تعیین مناسب‌ترین مدل، برازش داده‌های آزمون صورت پذیرفت. بنابراین به ترتیب فاکتورهای مستقل به مدل افزوده و معنی‌داری آن ها در مدل مورد آزمون قرار گرفت. همان‌طور که در جدول۳، مشاهده می‌گردد مدلی که دارای اثرات خطی و متقابل متغیرهای مستقل می‌باشد، در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ می‌تواند بهترین مدل برای برازش داده‌های به دست آمده باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- آنالیز مدل‌های مورد استفاده جهت یافتن بهترین مدل برای پاسخ‌های مورد بررسی

منبع	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقادیر F	P
میانگین	۳٤۸/۰٤۱۱	۱	۳٤۸/۰٤۱۱		
خطی	٤/۰۵۵۷	۳	۱/۳۵۱۹	٤/٤۸۲۱	۰/۰۱۸۲
۲F	۲/۰٦۱۸	۳	۰/٦۸۷۳	۳/۲۳۲۳	۰/۰٤۷۵
درجه دوم	۰/۱۰۰۰	۳	۰/۰۳۳۳	۰/۱۲۵۱	۰/۹٤۳۱
مکعب	۰/٦٤٦۰	٤	۰/۱٦۱۵	۰/٤۸۰۲	۰/۷۵۰۹
باقیمانده	۲/۰۱۸۱	٦	۰/۳۳٦٤		
کل	۳۵٦/۹۲۲۷	۲۰	۱۷/۸٤٦۱		

جدول٤- آنالیز واریانس متغیرهای مدل میزان کورکومین استخراج‌شده و ضرایب پیشگویی مدل

منبع	درجه آزادی	ضرایب	جمع مربعات	*F*
مدل	٦	٤/۱۷۱٦	٦/۱۱۷۵	٤/۷۹۵۲
خطی				
b_1	۱	۰/٦۰۰۰	۳/۵۹۹۷	۱٦/۹۳۰۰
b_2	۱	-۰/۰۸۱٦	۰/۰٦٦۵	۰/۳۱۲۹
b_3		-۰/۱۹۷۳	۰/۳۸۹٤	۱/۸۳۱٤
اثرات متقابل				
b_{12}	۱	۱/۲۵۳۳	۰/۵۱۳۵	۲/٤۱٤۷
b_{13}	۱	-۰/۳۵۰۷	۰/۹۸٤۱	٤/٦۲۸۲
b_{23}	۱	-۰/۲٦۵٦	۰/۵٦٤۳	۲/٦۵۳۹
باقیمانده	۱۳		۲/۷٦٤۱	
عدم برازش	۸		۱/۰۲۷۱	۰/۳٦۹٦
خطا	۵		۱/۷۳۷۰	
کل	۱۹		۸/۸۸۱٦	
ضریب تبیین	۰/۹٦۵٤			
ضریب تبیین اصلاح شده	۰/۹۵۸۷			
ضریب پراکندگی	۸/۰۵۳			
مجموع مربع‌های خطای پیش‌بینی شده	۲/۹٤٦٤			

Archive of SID

www.SID.ir

زمان، دما و توان دستگاه فراصوت به صورت خطی و اثرات متقابل بر میزان استخراج کورکومین اثر داشتند. نتایج جدول آنالیز واریانس (جدول ٤) نشان داد که زمان به صورت خطی ($P<0/01$) اثر معنی‌داری داشت. اثر متقابل زمان و توان دستگاه فراصوت نیز معنی‌دار بود ($P<0/05$).

اثر خطی زمان بر استخراج کورکومین به صورت خطی و مستقل در شکل ۲، نشان داده شده است. با افزایش زمان صوت‌دهی، میزان استخراج کورکومین افزایش یافت.

اثرات هم‌زمان و توان دستگاه فراصوت و زمان و دما بر میزان استخراج کورکومین در شکل‌های ۳ و ٤، نشان داده شده است. با افزایش زمان، میزان استخراج کورکومین افزایش نشان داد در حالی‌که با افزایش توان و دمای فرایند، در میزان استخراج کورکومین، کاهش مشاهده شد. اگرچه این کاهش در هیچ یک از سطوح آماری معنی‌دار نبود اما اثر کاهندگی توان فراصوت به میزان بیشتری مشاهده گردید.

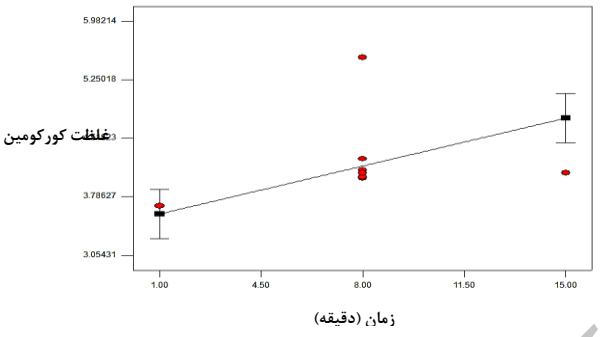
افزایش دما سبب افزایش ضریب نفوذ حلال و افزایش زمان نیز مدت زمان انتقال جرم را افزایش می‌دهد. در یک مطالعه، شرایط بهینه استخراج سلولز سبوس برنج بررسی گردید؛ بر این اساس، استفاده از زمان فراصوت ۳۰ دقیقه بیشترین بازده را در راندمان استخراج داشت، این مسئله به‌دلیل تخریب دیواره سلولی و قابلیت خروج و در دسترس بودن بیشتر این ترکیبات بود؛ در مقابل زمان‌های ۱۰-۵ دقیقه افزایش معنی‌داری در روند استخراج در مقایسه با استخراج معمولی نداشت و لذا مستلزم به کارگیری شدت‌های صوتی بالاتر بود.

زانگ (۲۰۰۸)، از پروب مستقیم فراصوت در استخراج اپیمدین استفاده کرد؛ نتایج بررسی نشان داد، افزایش زمان فراصوت تا ۲۰ دقیقه منجر به افزایش بازده استخراج شد اما به کارگیری زمان‌های بیشتر از ٤۰ دقیقه منجر به ظهور روند کاهشی در فرآیند استخراج شد.

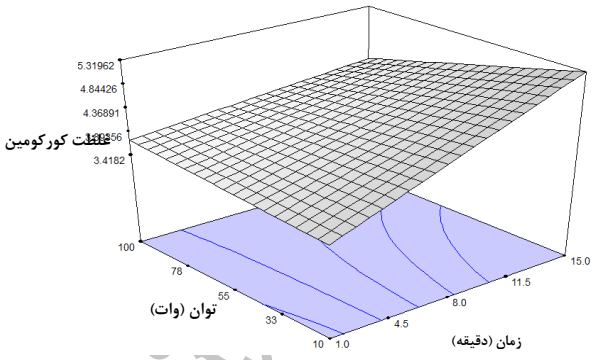
هررا و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که افزایش زمان استخراج به‌طور معنی‌داری بر روی میزان استخراج ترکیبات فنولیک از توت آسیاب شده و تفاله انگور موثر بود. در تحقیقی دیگر، مانسی و گرومن (۲۰۰۱) روند استخراج ترکیبات فنولیک را مورد بررسی قرار دادند و بیان داشتند که در دماهای بالای ٤۰ درجه سانتی‌گراد، کاهش در میزان استخراج ترکیبات فنولیک مشاهده شد. همه این محققان دلیل چنین پدیده‌ای را واکنش‌های پلی‌مریزاسیون ترکیبات فنولیک با یکدیگر بیان نمودند.

Archive of SID

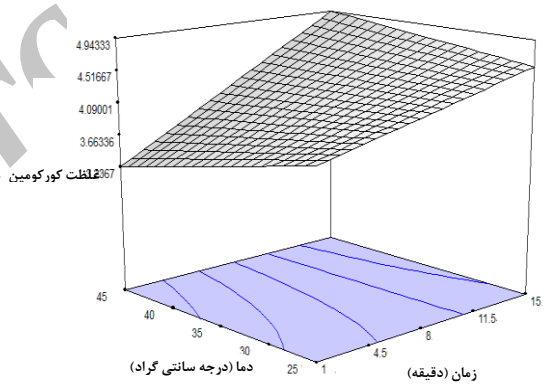
www.SID.ir



شکل ۲- اثر زمان و توان بر میزان استخراج کوکومین از ریزوم زردچوبه با استفاده از منحنی پاسخ سطحی.



شکل ۳- اثر زمان و توان بر میزان استخراج کوکومین از ریزوم زردچوبه با استفاده از منحنی پاسخ سطحی.



شکل ٤- اثر زمان و دما بر میزان استخراج کوکومین از ریزوم زردچوبه با استفاده از منحنی پاسخ سطحی.

www.SID.ir

بهینه‌یابی: به‌منظور بهینه‌یابی شرایط استخراج کورکومین از پودر ریزوم زرد چوبه بر اساس تیمارهای فراصوت از ماکزیمم مقدار کورکومین استخراجی (٤/١٧) استفاده گردید. نتایج نشان داد که با زمان صوت‌دهی ٨ دقیقه، دمای فرایند ٣٥ درجه سانتی‌گراد و توان دستگاه فراصوت ٥٥ وات می‌توان بیشترین میزان کورکومین را از پودرهای ریزوم زردچوبه استخراج نمود. در مقایسه با روش ماسراسیون (غرقابی)، افزایش بازدهی (١/٥ درصدی) در استخراج کورکومین رخ داد.

نتیجه‌گیری

کورکومین از خانواده زنجبیل، علاوه بر رنگ‌دهندگی دارای خواص درمانی مفیدی از جمله خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدمیکروبی، کاهش‌دهنده عوارض قلبی- عروقی، خاصیت ضدسرطانی و غیره می‌باشد. امروزه استفاده از امواج فراصوت با توجه به اثرات مؤثر آن، رو به گسترش می‌باشد. اثرات مکانیکی امواج فراصوت و کاویتاسیون‌های تولید شده، باعث افزایش نفوذپذیری حلال به داخل سلول‌های گیاهی و به دنبال آن افزایش بازدهی استخراج در دماهای پایین می‌گردد.

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش روش استخراج با فراصوت نسبت به روش غرقابی دارای بازده بیشتری از نظر استخراج کورکومین از پودر ریزوم زردچوبه بود. علاوه بر این، زمان صوت دهی مهمترین عامل شناسایی گردید و همچنین اثرات متقابل زمان و توان صوت‌دهی نیز بر استخراج کروکومین تاثیرگذار بود.

شرایط بهینه صوت‌دهی شامل زمان صوت‌دهی، دمای فرایند و توان دستگاه فراصوت به‌ترتیب ٨ دقیقه، ٣٥ درجه سانتی‌گراد و ٥٥ درصد به‌دست آمد.

تشکر و قدردانی

از همکاری گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی مشهد به خاطر مساعدت در انجام این تحقیق کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

1.Bas, D., and Boyanci, I.H. 2007. Modeling and optimization I: Usability of response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, 78: 836-845.
2.Deman, J.M. 1925. Principles of Food Chemistry.

Archive of SID

www.SID.ir

Gaikar, V.G. and Dandekar, D.V. 2001. Process for extraction of curcuminoids from curcuma species. U.S. PATENT, US 6224877 B1.

Herrera, M. and Luque, M.D. 2007. *Journal of chromatography,* A, 1100:1-7.

Hill, W.J. and Hunter, W.G. 1966. A review of response methodology: A literature survey, Technimetrics, 8 (4): 571-590.

Hoseini, H., Shabzaz, M. and Asadinezhad, Sh. 2008. Permitted food additives of Iran. Publications of the Ministry of Health and Medical Education, Deputy of Food and Drug Administration.

Manthey, J.A. and Grohmann, K. 2001. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49:3268-3273.

Mizubuti, I.Y., Junior, O.B., De Olivia souza, L.W., dos Santos Ferreira da Silva, R.S., and Ida, E.I. 2000. Response surface methodology for extraction optimization of pigeon pea protein. *Food Chemistry*, 70: 259-265.

Nichenametla, S.N., Taruscio, T.G. Barney, D.L. and Exon, J.H. 2006. A review of the effects and mechanisms of polyphenolics in cancer. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46: 161-183.

Rohani, Sh., Hajighasemi, T. and Salimi, Sh. 2006. Extraction and analysis of pigments in turmeric root, 16th Food National Congress (Gorgan-Iran, 23-24 April).

Verghese, J. 1993. Isolation of Curcumin from Curcuma longs L. Rhizome. *Flavour and fragrance Journal*, 8: 315-319.

Zand, N. 2001. Replace Natural colors instead of artificial colors, corn-based products in bulk. M.Sc thesis. Beheshti University.

Zhang, J.S., Guan, J., Yang, F.Q., Liu, H.G., Cheng, X.J. and Li, S.P. 2008. Qualitative and quantitative analysis of four species of Curcuma rhizomes using twice development thin layer chromatography. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 48: 1024–1028.

Archive of SID

www.SID.ir

EJFPP, Vol. 5 (2): 75-89
http://ejfpp.gau.ac.ir

Extraction of curcumin from *Curcuma longa:* Optimization condition of extraction with ultrasound waves by RSM

Sh. Bolurian[1], S. Khalilian*[2] and M. Khalilian[3]

[1] Assistant Prof., Dept. of Food Science and Technology Research Institute of food additives, [2] Ph.D Food Science and Technology, Agriculture and Natural Resources University of Gorgan, [3]M.Sc student, Engineering, Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad

Abstract

In this study, independent variables were time (1-15 min0, temperature (25-45) and power of ultrasound. Results showed that time of ultrasound was linear ($P<0.01$) and also effect of interaction time with power ($P<0.05$) affect on extraction of curcumin significantly. In order to optimization of time, temperature and power of ultrasound response surface central composite deign was used methodology. Results represented that 2F generated adequately explained the data variation and significantly represented the actual relationship between the independent variables and the response. In the optimum point, time, temperature and power of ultrasound levels were found to be 8 min, 35° C and 55 %, respectively.

Keywords: Curcumin, Ultrasound, Optimization, Response surface

*Coresponding author; khaliliansafie02@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir