

بهینه سازی شرایط استخراج رنگدانه کورکومین از ریزوم زردچوبه با استفاده از تکنیک رویه سطح پاسخ (RSM)

شادی بلوریان^{۱*}، آیدا کامکار^۲، مسعود نجف نجفی^۳، علی محمدی ثانی^۴،
فرشته حسینی^۱، حامد صابریان^۱

۱- استادیار، گروه پژوهشی افزودنی‌های غذایی پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی جهاد دانشگاهی خراسان رضوی

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم و صنایع غذایی

۳- استادیار، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۵/۰۴/۲۶ / تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۸/۰۶)

چکیده

رنگ‌دهنده‌های غذایی با هدف جبران افت رنگ در حین فرآیند و افزایش بازارپسندی محصولات غذایی استفاده می‌شوند. رنگدانه‌های طبیعی به واسطه ایمنی بالا و دارابودن ویژگی‌های عملکردی متفاوت از ارزش قابل توجهی برخوردار هستند. از جمله رنگدانه‌های مورد بررسی می‌توان به رنگ زرد کورکومین اشاره کرد. این ترکیب از ریزوم گیاه (*Curcuma longa* L.) به دست می‌آید. در این پژوهش بهینه‌سازی شرایط استخراج کورکومین با حلال به روش ماسراسیون انجام شد و از متدولوژی رویه سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی به منظور بررسی تاثیر نسبت حلال به ماده جامد (۲ و ۱/۷۵، ۱/۵)، نسبت استن به اتانول (۱۰۰ و ۵۰، ۰) و زمان (۴۸، ۳۶، ۲۴) بر راندمان کورکومین استخراج شده از ریزوم زردچوبه و بهینه‌سازی عملیاتی فرآیند استخراج کورکومین بهره گرفته شد. براساس نتایج به دست آمده در این تحقیق، نسبت حلال به ماده جامد، نسبت حلال‌ها به یکدیگر و زمان به ترتیب موثرترین فاکتورها بر استخراج کورکومین هستند. براساس آزمایش‌های انجام شده، شرایط بهینه استخراج کورکومین جهت دستیابی به بیشترین راندمان (۳۲/۸۲٪) شامل نسبت حلال به ماده جامد (۲)، نسبت استن (۱۰۰ درصد) و زمان ۴۸ ساعت تعیین گردید.

کلید واژگان: ریزوم زردچوبه، استخراج، کورکومین، روش رویه سطح پاسخ

* مسئول مکاتبات: shadibolourian@yahoo.com

۱- مقدمه

زردچوبه به سبب ویژگی‌های منحصر به فرد سلامتی‌زایی اش در سراسر جهان به عنوان یک ماده غذایی عملگر شناخته شده است. امروزه مطالعات مختلف نشان داده است که کورکومین دارای ویژگی‌های عملکردی چشمگیری است و خواص مختلف از جمله خاصیت آنتی‌اکسیدانی، خاصیت ضدالتهابی، محافظت‌کنندگی از کبد و کلیه، جلوگیری از تشکیل لخته‌های خون و بروز سکنه قلبی، کاهش قند خون، خواص ضد میکروبی و سایر خواص آن به اثبات رسیده است [۱]. همچنین درحال حاضر زردچوبه به خاطر خواص رنگی، طعم‌دهندگی و قدرت نگهدارندگی در تولید مواد غذایی مختلف مانند مارگارین، کره، دسرها، نوشابه‌ها، سس‌ها و غیره بسیار مورد توجه می‌باشد [۲].

کورکومین با نام شیمیایی دی‌فرولیل‌متان ($C_{12}H_{20}O_6$) یک پلی‌فنل هیدروفوب مشتق شده از گیاه زردچوبه است. ریزوم زردچوبه حاوی سه آنالوگ رنگی مهم شامل کورکومین، دمتوکسی‌کورکومین (DMC) و بیس‌دمتوکسی‌کورکومین (BDMC) می‌باشد که در مجموع کورکومینوئید نامیده می‌شوند. این ترکیبات عامل ایجاد رنگ زردچوبه هستند که در موقعیت گروه متوکسی بر روی حلقه آروماتیک با یکدیگر متفاوتند. در میان این سه، کورکومین از همه فراوانتر است [۳]. به منظور استخراج رنگدانه‌ها از روش‌های مختلفی نظیر خیساندن، پرکولاسیون، هضم، دم کردن، جوشاندن، سوکسله و غیره استفاده می‌شود. در میان روش‌های فوق روش خیساندن به دلیل هزینه پایین، عدم نیاز به تجهیزات خاص و سهولت بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. از گستره وسیعی از حلال‌های مختلف نظیر هگزان، بنزن، اتر، ایزوپروپانول، دی‌کلرو اتان، اتانول، متانول، اتیل استات، اتیل متیل کتون و استن برای استخراج کورکومین استفاده می‌شود که در این میان حلال‌های فوق، حلال استن و اتانول مناسب‌ترین و ارزشمندترین حلال‌ها می‌باشند [۲].

هدف از این پژوهش بهینه سازی استخراج رنگدانه کورکومین از ریزوم زردچوبه با استفاده از روش خیساندن در حلال و سپس بررسی شرایط بهینه استخراج می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد شیمیایی

مواد مورد استفاده در این پژوهش شامل، ریزوم زردچوبه خریداری شده از شهرستان بجنورد واقع در استان خراسان شمالی، کورکومین استاندارد تهیه شده از شرکت سیگما آلمان، حلال‌های پترولیوم اتر، استن و اتانول تهیه شده از شرکت مرک آلمان بود.

۲-۲- آماده سازی ماده جامد

ریزوم‌های زردچوبه به کمک آسیاب چکشی صنعتی خرد شدند. برای این که نمونه‌های مورد آزمایش دارای اندازه یکنواخت و یکسانی باشند پس از آسیاب‌کردن، پودر حاصل از الک با مش ۳۰ عبور داده شد و در ناپلون در دمای اتاق نگهداری شد [۴].

۲-۳- جداسازی روغن از زردچوبه

جهت روغن‌گیری از زردچوبه، ابتدا مقدار مشخصی از زردچوبه توزین شده و در درون کاغذ صافی در محفظه دستگاه سوکسله قرار گرفت و مقداری حلال پترولیوم اتر تقطیر شده درون بالن دستگاه اضافه شد. بالن محتوی حلال بر روی همزن مغناطیسی و حرارتی با دور ۵۰۰ دور در دقیقه و دمای ۱۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا تمام پودر زردچوبه مورد نیاز روغن‌گیری شود [۳].

۲-۴- نحوه استخراج کورکومین

جهت استخراج کورکومین، ابتدا مقدار مشخصی از پودر روغن‌گیری شده زردچوبه را با مقادیر مشخصی از استن، اتانول و یا مخلوط استن- اتانول مخلوط نموده و توسط شیکر مدل Gerhardt با دور ۱۲۰ دور در دقیقه به مدت مشخص در دمای محیط هم زده شدند. مخلوط تیمار شده را توسط کاغذ صافی واتمن صاف نموده و محلول حاصله از صافی جهت عملیات بعدی مورد استفاده قرار گرفت [۳].

۲-۵- تعیین مقدار کورکومین استخراج شده

مقدار کورکومین استخراج شده در نمونه‌ها با استفاده از روش اسپکتروفوتومتری (دستگاه اسپکتروفوتومتری مدل BC47358، شرکت Biochrom، ساخت انگلستان) در طول موج ۴۲۵ نانومتر تعیین گردید. منحنی استاندارد با استفاده از محلول‌های با غلظت متفاوت کورکومین در استن رسم

کلیه ضرایب مدل رگرسیون درجه دوم و اثر متقابل فاکتورها، قابل برآورد هستند [۵]. مهمترین مسئله این تحقیق بررسی آثار اصلی و متقابل فاکتورها بود، از این رو طرح آماری سطح پاسخ و طرح مرکب مرکزی انتخاب شد. در این مطالعه اثر متغیرهای مستقل شامل X_1 ؛ نسبت حلال به ماده جامد، X_2 ؛ نسبت حلال ها و X_3 ؛ زمان، در سه سطح مورد ارزیابی قرار گرفت که در جدول (۱) نشان داده شده است. شش تکرار نقطه مرکزی برای تخمین خطای آزمایش استفاده شد. همه آزمون ها در دو تکرار انجام شدند.

گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از کورکومین تجاری با خلوص ۹۳ درصد به عنوان استاندارد استفاده شد. غلظت کورکومین نمونه ها با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد.

۲-۶- طراحی آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری

RSM مجموعه‌ای از تکنیک‌های آماری است که در بهینه‌سازی فرآیندهایی بکار می‌رود که پاسخ مورد نظر توسط تعدادی از متغیرها تحت تاثیر قرار می‌گیرد. شمای گرافیکی مدل ریاضی سبب تعریف واژه‌ی متدولوژی رویه پاسخ شده است. با کمک این طرح آماری، تعداد آزمایش‌ها کاهش یافته و

Table 1 Independent variables and their levels used in the CCD design

Level of factors	Solvents ratio (ml/ml)(X2)	Time (h)(X3)	S/S ratio (ml/g)(X1)
-1	0	24	1.5
0	50	36	1.75
+1	100	48	2

می باشد. در معادله ذکر شده Y پاسخ پیش بینی شده، β_0 ضریب ثابت، β_1 ، β_2 ، β_3 اثرات خطی، β_{11} ، β_{22} ، β_{33} اثرات مربعی و β_{12} ، β_{13} ، β_{23} اثرات متقابل می باشند. از نرم افزار Design Expert 7.1.6 جهت تجزیه و تحلیل اطلاعات و رسم نمودارهای مربوط به روش سطح پاسخ استفاده گردید.

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3$$

در مرحله دوم طرح آماری گزینش شده و رابطه مدل مورد استفاده برای پیش بینی، برازش شده و مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل مورد استفاده در RSM عموماً رابطه ی درجه دوم می باشد. در روش RSM برای هر متغیر وابسته مدلی تعریف می شود که آثار اصلی و متقابل فاکتورها را بر روی هر متغیر جداگانه بیان می نماید، مدل چند متغیره به صورت زیر

Table 2 Experimental conditions from the CCD and the experimental results for curcumin extraction

No.	Solvent/Solid ratio (ml/g)	Solvents ratio (ml/ml)	Time (h)	Concentration (mg/l.)
1	1.75	50	24	3.63179
2	1.75	50	36	3.5839
3	1.75	50	36	3.61174
4	1.5	0	24	3.64886
5	1.5	100	48	3.63699
6	2	0	24	3.70084
7	1.75	50	36	3.6329
8	1.5	0	48	3.68525
9	1.75	50	36	3.58464
10	1.75	0	36	3.66223
11	2	0	48	3.82298
12	2	100	24	3.75356
13	1.75	50	36	3.60988
14	1.5	100	24	3.598
15	2	50	36	3.68785
16	1.75	50	48	3.68859
17	2	100	48	3.69787
18	1.75	50	36	3.59541
19	1.75	100	36	3.6136
20	1.5	50	36	3.55457

اهداف بهینه سازی مورد نظر را برآورده کند، جستجو شد. بدین منظور، در ابتدا اهداف بهینه سازی را مشخص کرده و سپس سطوح پاسخ و متغیرهای مستقل را تنظیم کرده و با استفاده از تکنیک فاین تیونینگ، بهترین جواب ها به دست آمد [۶]. تنظیمات اعمال شده برای فرآیند بهینه سازی در جدول ۳ ارائه شده است.

مرحله سوم شامل ارائه گرافیکی رابطه ی مدل و تعیین شرایط عملیاتی بهینه بود که به وسیله ی نمودار رویه پاسخ و کنتور انجام پذیرفت. شرایط عملیاتی بهینه برای استخراج کورکومین از ریزوم زردچوبه، با استفاده از تکنیک بهینه سازی عددی جستجو شد. در تکنیک مذکور، فضای پاسخ با استفاده از مدل های ایجاد شده و به منظور یافتن بهترین شرایطی که

Table 3 The amount of coefficient of quadratic model for curcumin extraction from turmeric rhizome

Coefficient	β_{33}	β_{22}	β_{11}	β_{23}	β_{13}	β_{12}	β_3	β_2	β_1	β_0
Response	0.05	0.028	0.011	-0.022	-1.114	3.341	0.02	-0.022	0.054	3.61

به کمک ضرایب رگرسیون، اثر شرایط استخراج بر روی متغیرهای وابسته محاسبه شد. جداول (۴) و (۵) نتایج حاصل از تجزیه آماری را نشان می دهد. برای این که مدل توانایی خوبی برای برازش اطلاعات داشته باشد لازم است که R^2 و $R^2_{adjusted}$ دارای بالاترین مقدار باشد؛ ضریب تبیین (R^2) به عنوان نسبت تغییرات توصیف شده توسط مدل به تغییرات کل بیان می شود که معیاری از درجه تناسب برازش می باشد. بنابراین هر چه مقدار R^2 به یک نزدیک تر شود، قدرت مدل برازش یافته در توصیف تغییرات پاسخ به عنوان تابعی از متغیرهای مستقل، بیشتر می باشد. برای یک مدل با برازش خوب، مقدار R^2 بایستی حداقل ۰/۸ باشد [۱۰]، لازم به ذکر است ضریب تبیین مدل به دست آمده در این تحقیق ۰/۹۱ بود؛ بنابراین مدل رگرسیونی درجه دوم تحت شرایط مختلف نسبت حلال به ماده جامد، نسبت حلال ها و زمان به خوبی غلظت کورکومین را پیش بینی می کند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- مدل سازی

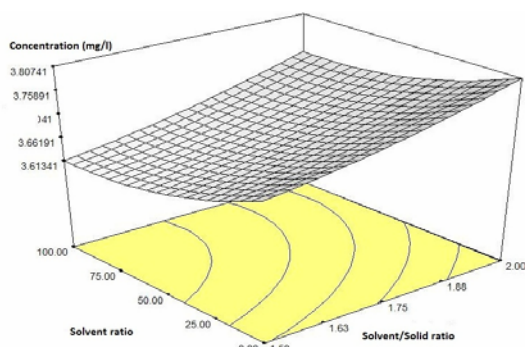
با توجه به شرایط تعیین شده توسط نرم افزار، ۲۰ آزمون استخراج انجام گرفت. جدول ۲ نتایج به دست آمده از آزمایش ها را نشان می دهد. غلظت کورکومین استخراجی در این مطالعه بین ۳/۵۵ تا ۳/۸۲ بود. سوگی و همکاران (۲۰۱۰) بازده کورکومین استخراجی از زردچوبه را بین ۴/۴۹ تا ۱۲/۸۹٪ گزارش کردند [۷]؛ اگرچه مندل و همکاران (۲۰۰۷) بازده را بین ۲/۸۳ تا ۳/۲۸٪ بدست آوردند [۸]. مندل و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی دیگر بازده را ۱/۳۷ تا ۴/۹۸٪ گزارش کردند [۹]. علت تفاوت در بازده کورکومین در مطالعات مختلف عمدتاً به ترکیب زردچوبه (منابع مختلف)، شرایط استخراج و روش های آزمون (اسپکتروفتومتری یا HPLC) مرتبط می باشد.

Table 4 Analysis of variance (ANOVA) and significance of regression coefficient for yield of curcumin

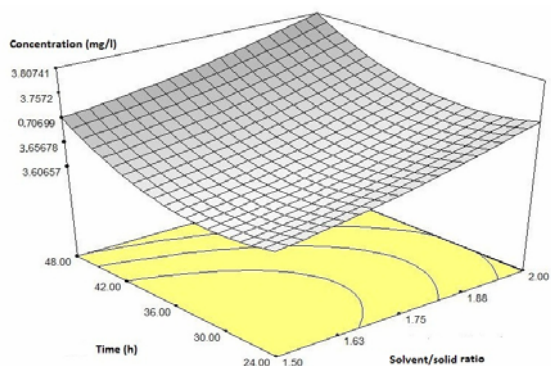
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value	
Model	0.072	9	7.982	12.05	0.0003	significant
X_1 - solvent/solid ration	0.029	1	0.029	43.94	< 0.0001	
X_2 -Solvents ratio	4.847	1	4.847	7.32	0.0221	
X_3 -Time	3.945	1	3.945	5.96	0.0348	
X_1X_2	8.932	1	8.932	0.49	0.5016	
X_1X_3	9.926	1	9.926	3.15	0.1065	
X_2X_3	3.838	1	3.838	10.30	0.0093	
X_1^2	3.218	1	3.218	0.13	0.7211	
X_2^2	2.083	1	2.083	0.015	0.9050	
X_3^2	6.820	1	6.820	5.8	0.0368	

Table 5 The final amount of different variable during optimization

Variable	Value	Response Concentration (mg/l)
solvent/solid ration(ml/g)	2	
(v/v) Solvents ratio (ml/ml)	100% Acetone	
Time (h)	48	3.80739

**Fig 1** Response surface plot of the combined effect of S/S and solvents ratio during curcumin extraction

در شکل ۲ اثر نسبت حلال به ماده جامد طی زمان بر غلظت نشان داده شده است. اثر نسبت حلال‌ها به یکدیگر بر غلظت بدون در نظر گرفتن سایر متغیرها به گونه‌ای است که بیشترین غلظت استخراج مربوط به زمانی است که از استن به تنهایی استفاده شد و پس از آن بیشترین غلظت مربوط به زمان است که از اتانول به تنهایی استفاده شد و کمترین غلظت استخراج مربوط به زمانی است که از استن و اتانول به نسبت ۵۰:۵۰ استفاده شده است.

**Fig 2** Response surface plot of the combined effect of S/S and time during curcumin extraction

ورجس نیز (۱۹۹۳) ترتیب حلالیت کورکومین در حلال‌های مختلف را مورد بررسی قرار داد و مشاهده کرد که ترتیب حلالیت در حلال‌ها به صورت هگزان > بنزن > اتر > ایزوپروپانول > دی‌کلرو اتان > اتانول > متانول > اتیل استات >

۳-۲- تاثیر متغیرهای مستقل بر پاسخ

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر خطی نسبت حلال به ماده جامد، نسبت حلال‌ها و زمان معنی‌دار بودند ($P \leq 0.05$). اثر همزمان نسبت حلال به ماده جامد و نسبت حلال‌ها بر غلظت استخراج در شکل ۱، نشان داده شده است. بر این اساس، نسبت حلال به ماده جامد تاثیر محسوسی بر غلظت داشته است. تاثیر مستقل نسبت حلال به ماده جامد بر غلظت، بدون لحاظ نمودن سایر متغیرها، به صورت خطی است ($P \leq 0.01$) به طوری که با افزایش این نسبت، میزان غلظت افزایش پیدا می‌کند؛ در حقیقت تنها اثر معنی‌دار برای نسبت حلال به ماده جامد، اثر خطی است که در شکل‌های رویه و کنتور مشهود است. افزایش غلظت احتمالا به دلیل نفوذ بیشتر حلال و افزایش پدیده اسمز بوده که در نهایت قابلیت حل شدن کورکومین افزایش یافته و در نتیجه میزان کورکومین بیشتری استخراج شده است. براساس نتایج به دست آمده مشخص شد که در تمامی شرایط اعمال شده برای استخراج کورکومین، نسبت حلال به ماده جامد بیشترین تاثیر را بر غلظت استخراج اعمال می‌کند. نتایج مشابهی توسط مجید و همکاران (۱۹۹۹) و سیر و همکاران (۱۹۶۷) مبنی بر تاثیرپذیری استخراج کورکومین از میزان و نوع حلال گزارش شده است [۱۱ و ۱۲]. سوگی و همکاران (۲۰۱۰) نیز مشاهده کردند که با افزایش زمان همزدن، افزایش نسبت حلال به ماده جامد موجب افزایش غلظت کورکومین شد که می‌تواند به حضور حلال کافی برای استخراج کورکومین (تفاوت غلظت بیشتر) در نسبت حلال به ماده جامد بیشتر مرتبط باشد [۷]. پالوکسی و همکاران (۲۰۱۳) نسبت حلال به ماده جامد بهینه را ۶ به ۱ گزارش کردند [۱۳].

پویی و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند خیساندن ساده فرآیند استخراج کندی است. به این جهت تلاش‌های فراوانی در جهت کاهش زمان مورد نیاز برای عمل استخراج صورت گرفته است. در مورد اثرات درجه دوم برای فاکتورهای مورد بررسی، ضریب رگرسیون درجه دوم مربوط به فاکتور دما در سطح ۱ درصد و فاکتور زمان در سطح ۵ درصد معنی دار بود [۱۶].

آثار متقابل فاکتورهای مورد بررسی برای راندمان معنی دار نبود. اثر متقابل بین دو فاکتور نسبت حلال به ماده جامد و نسبت حلال‌ها، نسبت حلال به ماده جامد به زمان، نسبت حلال‌ها و زمان از نظر آماری معنی دار نبود که نشان دهنده عدم وجود رابطه خطی توأم بین فاکتورهای مورد بررسی بر میزان راندمان می‌باشد.

۳-۳- بهینه سازی

نتایج فرآیند بهینه‌سازی، نشان داد؛ شرایط بهینه استخراج کورکومین از ریزوم زردچوبه به کمک حلال با غلظت ۳/۸۱، شامل نسبت حلال به ماده جامد ۲، ۱۰۰ درصد استن و زمان ۴۸ ساعت تعیین گردید. مقایسه مقادیر مشاهده‌شده با مقادیر پیش‌بینی‌شده تطابق نزدیک این اعداد را نشان می‌دهند (شکل ۴)؛ این امر نشان دهنده همبستگی بسیار خوب بین نتایج به دست آمده با روش تجربی و مقادیر پیش‌بینی شده با روش آماری است.

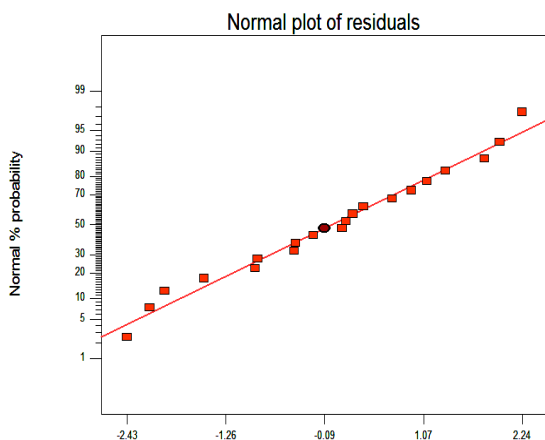


Fig 4 The comparison of the experimental concentration of curcumin with the predicted amount

اتیل متیل کتون > استن می‌باشد. اما در میان حلال‌های فوق، اتر و بنزن از نظر تجاری مناسب نیستند و متانول نیز سمی است و استن و اتانول مناسب‌ترین و ارزشمندترین حلال‌ها می‌باشند [۱۴]. مجید و همکاران (۱۹۹۹) در پژوهش خود در استخراج کورکومین از ریزوم زردچوبه، اظهار نمودند که استن حلال مناسبی برای استخراج کورکومین بوده است [۱۱]. پوپوری و پاگالا (۲۰۱۳) استن را به عنوان حلال مناسب، ارزان و با کارایی بالا جهت استخراج کورکومین انتخاب کردند [۱۵]. مندال و همکاران (۲۰۰۸) نیز استن را انتخاب کردند زیرا این حلال از قابلیت انحلال پذیری بیشتری برای کورکومین برخوردار است [۹].

در شکل ۳ تاثیر مدت زمان بر غلظت نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود، تاثیر زمان بر غلظت بدون لحاظ نمودن تغییرات سایر متغیرها، به گونه ای است که با افزایش زمان از ۲۴ ساعت تا ۴۸ ساعت، به تدریج غلظت استخراج کورکومین افزایش می‌یابد. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود نسبت تاثیر زمان بر غلظت بسیار کمتر از نسبت حلال به ماده جامد است. پوپوری و پاگالا (۲۰۱۳) استخراج کورکومین از ریزوم زردچوبه مشاهده کردند که با افزایش زمان استخراج از ۱ تا ۳ ساعت، غلظت افزایش یافت و بعد از آن (تا زمان ۴ ساعت) ثابت ماند [۱۵]. پالوکسی و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند شرایط بهینه شده جهت استخراج کورکومین شامل زمان ۱۲ ساعت بود [۱۳]. سوگی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده کردند که با افزایش زمان استخراج کورکومین در دمای ۶۰ درجه، غلظت استخراج کاهش پیدا کرد و علت آن تخریب حرارتی رنگدانه در دمای بالا بود [۷].

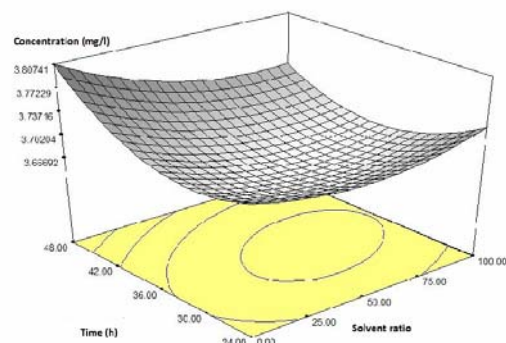


Fig 3 Response surface plot of the combined effect of solvents ratio and time during curcumin extraction

۴- نتیجه گیری

نتایج حاصل از تحقیق بیانگر کارایی مفید متدولوژی رویه پاسخ در بهینه‌سازی فرآیند استخراج کورکومین از ریزوم زردچوبه بود. از میان شرایطی که برای استخراج کورکومین از ریزوم زردچوبه اعمال شد، مشخص شد که غلظت استخراج کورکومین از نسبت حلال به ماده جامد و زمان تأثیرمی‌پذیرد؛ به طوری که تأثیرنسبت حلال به ماده جامد نسبت به زمان استخراج بیشتر و تأثیر نسبت حلال‌ها به یکدیگر نسبت به دو فاکتور دیگر کمتر بود. در نهایت، شرایط بهینه استخراج کورکومین جهت دستیابی به بیشترین راندمان (۳/۸۲٪) شامل نسبت حلال به ماده جامد (۲)، نسبت استن (۱۰۰ درصد) و زمان ۴۸ ساعت تعیین گردید. با توجه به وجود تعداد زیاد واحدهای صنایع غذایی مصرف‌کننده رنگ، عدم وجود واحدهای تولیدکننده رنگ‌های طبیعی در کشور و بالا بودن قیمت رنگ‌های طبیعی وارداتی، بحث استخراج رنگ از منابع طبیعی امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر است و در این راستا بهینه‌سازی استخراج جهت افزایش غلظت و صرفه اقتصادی حائز اهمیت فراوان است.

منابع

- [5] Hill, W.J. and Hunter, W.G. 1966. A review of response methodology: A literature survey, *Technometrics*, 8 (4): 571-590.
- [6] 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.
- [7] Sogi, D. S., Sharma, S., Oberoi. D. P. S., Wani. I. A. (2010). Effect of extraction parameters on curcumin yield from turmeric, *J Food Sci Technology*; 47(3): 300-304.
- [8] Mandal V, Mohan Y, Hemalatha S (2007) Optimization of curcumin extraction by microwave assisted in-vitro plant bursting by orthogonal array designed extraction process and HPTLC analysis. *harmacognosy Magazine*; 3(11):132-138.
- [9] Mandal, V., Mohn, M., & Hemalatha, S. (2008). Microwave assisted extraction of curcumin by sample- solvent dual heating mechanism using Taguchi L9 orthogonal design; *Journal of Pharmaceutical and Biomedical analysis*; 46: 322-327.
- [10] Wang, W., Ma, X., Xu, Y., Cao, Y., Jiang, Z., Ding, T., Ye, X., & Liu, D. (2015). Ultrasound-assisted heating extraction of pectin from grapefruit peel: Optimization and comparison with the conventional method. *Food chemistry*; 178: 106-114.
- [11] Majeed, M., 1999, Bioprotectant composition, Method of use and extraction process of curcuminoids. *U.S. PATENT*, 5861415.
- [12] Sair, L.; Park, E.; Klee, L., 1967, Extracting values from turmeric. *U.S. PATENT*, 3340250.
- [13] Paulucci, V. P., Couto, R. o., Teixeira. C. C. C., Freitas., L. A. P. F. (). Optimization of the extraction of curcumin from *Curcuma longa* rhizomes; *Brazilian Journal of Pharmacognosy*; 23 (1): 94-100.
- [14] Verghese, J., 1993, Isolation of Curcumin from *Curcuma longa* L. Rhizome. *Flavour and fragrance journal*; 8: 315-319.
- [15] Popuri, A. K., & Pagala, B. (2013). Extraction of Curcumin from turmeric roots. *International journal of innovative research & studies*; 2(5): 289-299.
- [16] Povey, M.J.W.; Mason, T. J. (1998). Ultrasound in food processing. *Blackie Academic, London*: 219pp .
- [1] Goel, A., Kunnumakkara, K.B. & Aggarwal, B.B., 2008, Curcumin as "Curecumin": From kitchen to clinic. *Biochemical pharmacology*; 787-809.
- [2] Paula Batista, A; Raymundo, A; Sousa, I., 2006, Colored Food Emulsions— Implications of Pigment Addition on the Rheological Behavior and Microstructure. *FOBI* 1:216-227.
- [3] Gaikar, V.G. and Dandekar, D.V. 2001, Process for extraction of curcuminoids from curcuma species. *US 6224877 B1*.
- [4] Rohani, S.H., Haji Ghasemi, T. and Salimi, S.H., 1385, Extraction and Analysis of turmeric rhizome's pigments. *16th National Congress of Iran Food Industry* (12-13 April 2006 Gorgan-Iran).

Optimization of curcumin extraction from turmeric rhizome using RSM methodology

Bolourian, SH.^{1*}, Kamkar, A.², Najaf Nahafi, M.³, Mohammadi Sani, A.⁴, Hosseini, F.¹, Saberian, H.¹

1. Assistant professor, Department of Food Additives, Food Science & Technology Research Institute, Iranian Academic Center for Education, Culture & Research (ACECR), Khorasan Razavi branch, Iran.
2. Master Graduated, Department of Food Science and technology, Islamic Azad University University, Quchan Branch
3. Assistant professor, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and education Center, AREEO, Mashhad, Iran.
4. Young Researchers and Elite Club, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran

(Received: 2016/07/16 Accepted: 2017/10/28)

Food coloring are added to food to compensate colors lost during preparation, or to make food look more attractive. Natural colorant present in foods have attracted interest because of their safety and potential nutritional and therapeutic effect. Curcumin, the yellow colour constituent of turmeric, is used as a food colourant. In this research, in order to investigate the effect of solvent-solid ratio (1.5, 1.75 and 2), ratio of acetone to ethanol (0, 50 and 100) and time (24, 36 and 48) on the curcumin extraction yield, response surface methodology (RSM) and central composite design (CCD) methods were used. The extraction was done by maceration method. The results showed that solvent-solid ratio, ratio of solvents and time, are the most effective factors on the yield of curcumin ($P < 0.05$), respectively. Based on the experiments, the optimal conditions to extract the maximum yield of curcumin (3.80739) were including solvent-solid ratio (2), acetone ratio (100%) and time (48 hr).

Keywords: Curcumin, Extraction, Turmeric rhizome, Response surface method (RSM).

*Corresponding Author E-Mail Address: shadibolourian@yahoo.com