مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی_پژوهشی

بهینه سازی ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون پروتئین سبوس گندم

صبا صابریان بروجنی[۱]، نفیسه زمین‌دار*[۲]

۱-دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۵/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۱/۲

کلمات کلیدی:

ظرفیت امولسیون کنندگی،

پایداری امولسیون،

پروتئین سبوس گندم

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.33.

* مسئول مکاتبات:

n.zamindar@khuisf.ac.ir

چکیده

اخیراً، تقاضای مصرف‌کنندگان برای استفاده از پروتئین‌های گیاهی به عنوان جایگزین پروتئین‌های حیوانی زیاد شده است. سبوس غلات حاوی پروتئین، منابع فیبری، مواد معدنی و آنتی‌اکسیدان‌ها است. در پژوهش حاضر بهینه‌سازی ظرفیت امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM)، طرح مرکب مرکزی (CCD) و نرم‌افزار Design Expert انجام شد. طرح شامل متغیرهای مستقل زمان سانتریفوژ (۶۰-۲۰ دقیقه)، دمای سانتریفوژ (۲۰-۴ درجه سانتی‌گراد)، pH قلیایی (۸-۱۲) و ۱۰ تکرار در نقطه مرکزی بود. تغییرات زمان سانتریفوژ تاثیر معنی‌داری بر میزان پایداری امولسیون داشت($p<0/05$)؛ اما بر روی ظرفیت تشکیل امولسیون تاثیر معنی‌داری نداشت ($p>0/05$). تغییرات دمای سانتریفوژ تاثیر معنی‌داری بر میزان ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون داشت($p<0/05$). تغییرات pH قلیایی تاثیر معنی‌داری بر میزان ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون داشت($p<0/05$). ارزیابی شرایط بهینه پیشنهادی نرم افزار برای ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون با نتایج آزمون تفاوت معنی‌دار نداشتند($p>0/05$). نتایج این پژوهش نشان داد پروتئین سبوس گندم به عنوان یک منبع پروتئین گیاهی، پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان امولسیفایر در صنایع غذایی دارد.

۱-مقدمه

از چالش‌های مهم و اساسی اکثر کشورها، افزایش ضایعات در فرایند تولید محصولات کشاورزی است و یکی از سیاست‌های جدی دولت‌ها در امر امنیت غذایی، کاهش ضایعات است[۱]. متاسفانه در ایران، محصولات جانبی کشاورزی علی رغم داشتن ارزش غذایی مناسب، به دلیل کافی نبودن تجهیزات مورد نیاز صنایع تبدیلی و تکمیلی در جوار مراکز تولید، به هدر می‌روند یا فقط به مصرف دام محدود می‌شوند [۲]. اخیرا، پروتئین‌های گیاهی به عنوان یک مکمل غذایی به دلیل هزینه پایین‌شان و سالم‌تر بودن آن‌ها نسبت به نوع حیوانی، توجه بیش‌تری را به خود جلب کرده‌اند[۳]. پروتئین‌های حیوانی گران هستند، عرضه محدودی دارند و به طور مستقیم با کاهش آب شیرین، تغییرات آب و هوا و از دست دادن تنوع زیستی مرتبط هستند [٤]. استخراج پروتئین‌ها از یک ماده کم ارزش حاصل از آسیاب گندم مانند سبوس، می‌تواند ارزش سبوس را افزایش دهد و از مشکلات ناشی از پذیرش مصرف‌کننده در غذاهای حاوی سبوس جلوگیری کند. جایگزین کردن پروتئین‌های حیوانی با پروتئین‌های گیاهی از فرآورده‌های فرعی فرآوری مواد غذایی، پایداری در تولید مواد غذایی را تضمین می‌کند [۳].

استفاده از یک پروتئین به عنوان یک ماده غذایی شرایط خاصی دارد. ویژگی‌های عملکردی پروتئین به ویژگی‌های ساختاری آن وابسته است و این ویژگی‌های ساختاری از شرایط محیطی تهیه پروتئین تأثیر می‌پذیرند[۵]. ویژگی‌های عملکردی یک ماده پروتئینی بستگی به قابلیت آن برای محصول مورد نظر دارد. بسیاری از غذاهای فرموله شده به صورت کف یا امولسیون تولید می‌شوند، بنابراین به پروتئین‌هایی با ویژگی‌های سطحی مناسب و حلالیت پذیر نیاز دارند. درحالی که برخی دیگر از مواد غذایی به یک پروتئین نامحلول با ظرفیت بالا برای جذب و حفظ آب نیاز دارند تا غذا به یک بافت مطلوب برسد [٦،٧]. امولسیون‌ها به عنوان پراکندگی دو یا چند مایع غیرقابل اختلاط تعریف می‌شوند که در آن یکی از مایعات در دیگری به صورت قطرات کوچک پراکنده است. امولسیون‌ها در حضور یک امولسیفایر تشکیل می‌شوند که از اجزای آبگریز و آبدوست تشکیل شده است و رابط روغن-آب یا آب-روغن تنش سطحی را کاهش می‌دهد. پروتئین‌های رایج مورد استفاده در صنایع غذایی برای خواص امولسیون‌کنندگی عبارتند از: ایزوله پروتئین آب پنیر، آووآلبومین، سرم آلبومین گاوی. همچنین بسیاری از حبوبات، غلات، دانه‌های روغنی مورد مطالعه دانشمندان قرارگرفته اند تا امکان استفاده از آنها به عنوان امولسیون کننده در صنایع غذایی بررسی گردد[۱۵-٦،٨] . مطالعات کمی بر روی خواص امولسیون‌کنندگی پروتئین سبوس گندم در دسترس است. این پژوهش، با هدف گسترش و بهینه‌سازی یک روش برای استخراج پروتئین سبوس گندم به منظور بررسی خواص امولسیون‌کنندگی و پایداری امولسیون پروتئین سبوس گندم انجام شد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-آماده سازی نمونه

در این پژوهش، سبوس‌گندم از شرکت آرد خوشه زرین بروجن تهیه شد. سبوس‌ها در کیسه‌های پلاستیکی غیر قابل نفوذ بسته بندی و تا زمان انجام آزمایش‌ها در دمای یخچال نگهداری شدند. جهت جلوگیری از اکسیداسیون سبوس‌گندم، چربی‌گیری با استفاده از هگزان انجام شد[۱۳،۱٦].

۲-۲-استخراج پروتئین

برای استخراج پروتئین‌های سبوس‌گندم در شرایط قلیایی، از روش شرح داده شده در شکل ۱(با توجه به طرح آزمایشی)، استفاده شد[۱۷،۱۸].

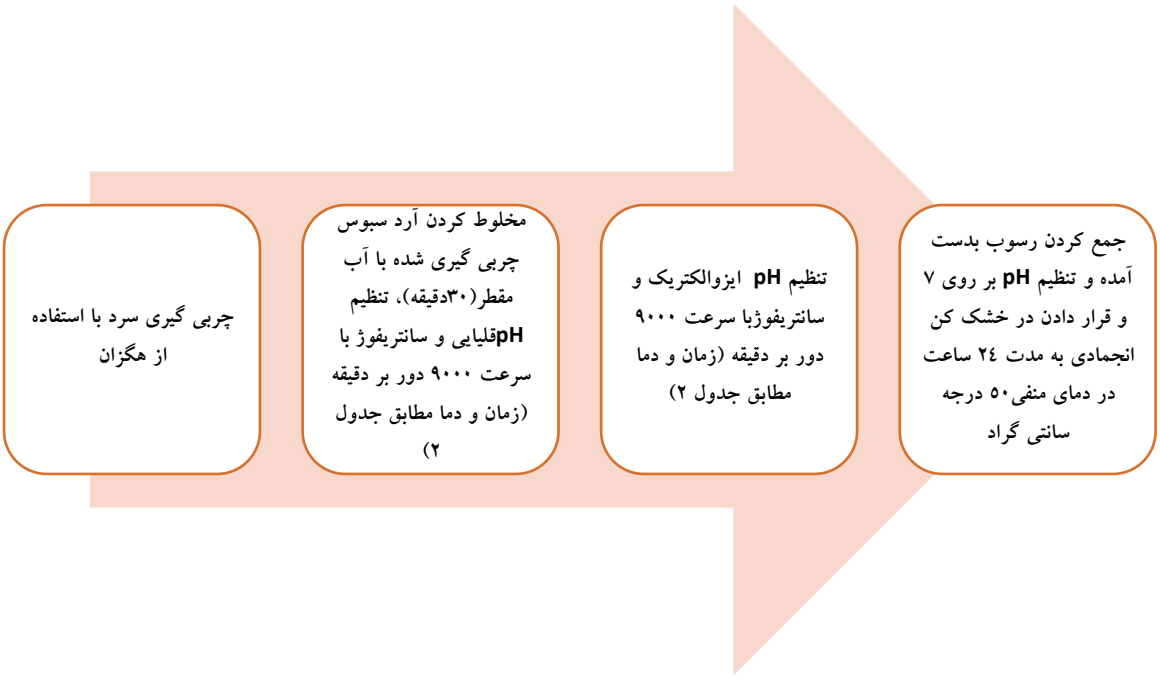


Fig 1- Flowchart of extraction of wheat bran protein

۳-۲- اندازه‌گیری ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون

جهت اندازه گیری ظرفیت و پایداری امولسیون، ۰/۰۹ گرم پروتئین استخراج شده با ۹ گرم آب مخلوط شد تا محلول شفاف ۱ درصد بدست آید. سپس، ۱ میلی‌لیتر روغن اضافه گردید تا امولسیون روغن در آب تشکیل شود. با استفاده از سدیم هیدروکسید،pH این محلول ایزوله ۱ درصد تهیه شده روی ۷ تنظیم شد و بعد از آن، با استفاده از هموژنایزر اولتراتورکس با سرعت ۱۱۰۰۰ دور بر دقیقه در دمای اتاق به مدت یک دقیقه هموژن گردید و حجم(حجم کل اولیه) آن ثبت شد. امولسیون‌ها بلافاصله بعد از هموژن شدن در ٤٥۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفوژ شدند و ظرفیت امولسیون کنندگی از تقسیم حجم امولسیون به حجم کل بدست آمد[۱٦].

جهت محاسبه پایداری، امولسیون تهیه شده داخل حمام آب به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفت و سپس با دور ٤٥۰۰ بر دقیقه به مدت ۵ دقیقه در دمای اتاق، سانتریفوژ شد. پایداری امولسیون از تقسیم حجم نهایی امولسیون به حجم امولسیون اولیه محاسبه گردید[۱٦].

٤-۲-تجزیه و تحلیل آماری

در این پژوهش، اثر زمان سانتریفوژ(٦۰-۲۰دقیقه)، دمای سانتریفوژ (۲۰-٤درجه سانتی‌گراد) و pH (۱۲-۸) بر ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم مورد بررسی قرار گرفت(جدول ۱). از روش سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی و نرم افزارDesign Expert ورژن ۱۱ استفاده شد که تعداد اجراها مطابق پیشنهاد طرح، طبق جدول ۲ ، ۲٤ اجرا با ۱۰ تکرار در نقطه مرکزی بود. محصول، طبق شرایط پیش‌بینی شده توسط نرم افزار (بهترین شرایط) تولید و مورد آزمون قرار گرفت. در این تحقیق، خواص فیزیکوشیمیایی قابلیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم در شرایط بهینه آزمایش و شرایط بهینه پیش بینی شده با آزمون T-Student در سطح احتمال ۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت. تمام اندازه‌گیری‌ها برای هر یک از نمونه‌های پروتئین سه بار تکرار شد.

Table 1- Real and coded values of independent variables used for experimental design

Factor	Name	Minimum	Maximum	Coded Low	Coded High	Mean
A	Time	20.00	60.00	-1 ↔ 20.00	+1 ↔ 60.00	40.00
B	Temperature	4.00	20.00	-1 ↔ 4.00	+1 ↔ 20.00	12.00
C	pH	8.00	12.00	-1 ↔ 8.00	+1 ↔ 12.00	10.00

۳-نتایج و بحث

بهینه‌سازی خواص فیزیکوشیمیایی سبوس‌گندم با استفاده از روش سطح پاسخ مورد بررسی قرار گرفته و نتایج بدست آمده از متغیرهای مستقل و وابسته در جدول ۲ ارایه شد.

Table 2. Values of independent and dependent variables in different treatments

Run	A:Time	B:Temperature	C:pH	Emulsion Capacity	Emulsion Stability
	min	℃		%	%
1	40	12	10	0.87	0.66
2	40	12	10	0.86	0.66
3	20	4	8	0.81	0.51
4	60	20	12	0.93	0.92
5	40	12	12	0.92	0.83
6	40	12	10	0.89	0.65
7	40	12	8	0.82	0.55
8	40	20	10	0.91	0.71
9	60	4	8	0.82	0.53
10	20	20	12	0.93	0.91
11	40	12	10	0.85	0.6
12	40	12	10	0.87	0.66
13	40	12	10	0.88	0.65
14	40	12	10	0.87	0.64
15	20	4	12	0.91	0.72
16	20	12	10	0.86	0.61
17	60	12	10	0.91	0.69
18	40	12	10	0.9	0.65
19	40	4	10	0.85	0.6
20	40	12	10	0.88	0.58
21	60	20	8	0.85	0.6
22	60	4	12	0.91	0.8
23	20	20	8	0.84	0.56
24	40	12	10	0.88	0.57

3-1- ظرفیت تشکیل امولسیون پروتئین سبوس‌گندم

خاصیت امولسیفایری در فراورده‌های پروتئینی به مقدار پروتئین کل و مقدار ترکیبات غیرپروتئینی نسبت داده شده است. علاوه بر این، تعداد گروه‌های آبدوست و آبگریز، شاخص قابلیت پراکندگی پروتئین و میزان حلالیت پروتئین از دیگر عوامل تأثیرگذار بر خاصیت امولسیفایری معرفی شده‌اند. پروتئین به عنوان یکی از اصلی‌ترین ترکیبات تأثیرگذار بر خاصیت امولسیفایری، باعث تشکیل فیلم نازک اطراف قطرات ریز روغن در محیط آبی می‌شود و از اتصال،

خامه‌ای شدن، لخته شدن و همچنین رسوب جلوگیری می‌کند. البته میزان روغن موجود در نمونه و حضور سایر ترکیبات مثل کربوهیدرات، چربی و نمک نیز به دلیل برهمکنش با پروتئین یا با یکدیگر بر فعالیت امولسیون کنندگی تأثیر دارد[۱۹]. جدول ۳ و شکل ۲ ، اثر متقابل تاثیر متغیرهای زمان، دما، pH بر روی ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین سبوس‌گندم نشان می‌دهند. براساس تجزیه و تحلیل آماری و نتایج آنالیز واریانس مدل کامل درجه دوم برای متغیر وابسته ظرفیت امولسیون‌کنندگی، معنی‌دار بود($p<۰/۰۰۰۱$). با توجه به شکل2(a)، مشاهده می‌شود که در دمای ثابت ۲۰ درجه سانتیگراد، با افزایش pH ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئین سبوس‌گندم افزایش یافت. علاوه بر این، با افزایش زمان ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین سبوس‌گندم کمی افزایش پیدا کرد، به طوری که در pH برابر ۱۱ تا ۱۲ و زمان ۶۰ دقیقه پروتئین سبوس‌گندم بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی را داشت. با توجه به شکل 2(a,b)، مشخص است که تاثیر دما و زمان در میزان ظرفیت امولسیون‌کنندگی پروتئین سبوس‌گندم کم است و با توجه به جدول ۳ تاثیر متغیر زمان معنی‌دار نیست($p>۰/۰۵$). افزایش pH ظرفیت امولسیون‌کنندگی را افزایش داد به طوری که در pH برابر ۱۲، پروتئین سبوس‌گندم بیشترین ظرفیت امولسیون‌کنندگی را داشت. محققان بیان کردند افزایش در ظرفیت امولسیون کنندگی در pH های بالاتر به دلیل افزایش حلالیت است[۱۹]. همسو با پژوهش حاضر محققان ظرفیت امولسیون کنندگی و پایداری امولسیون ایزوله پروتئین دانه را درpH های مختلف ارزیابی و گزارش کردند که با افزایش pHاز ۲ به ٤ ظرفیت امولسیون کنندگی به سرعت کاهش یافت و کمترین ظرفیت امولسیون کنندگی در pH برابر ٤ در نزدیکی نقطه ایزوالکتریک دیده شد. با این حال با افزایش pHاز ۵ به ۱۰ ظرفیت امولسیون کنندگی به طور متوالی افزایش پیدا کرد و در pH برابر ۱۰ به بالاترین مقدار خود رسید[۲۰]. در مطالعه‌ای دیگر، در بررسی ظرفیت امولسیون کنندگی پروتئین سه ژنوتیپ مختلف لوبیا نشان داد که ظرفیت امولسیون کنندگی وابسته به نوع پروتئین و pH می باشد. پروتئین بدست آمده از هر سه ژنوتیپ مختلف لوبیا حداقل ظرفیت امولسیون کنندگی را در pH برابر با ۵ نشان دادند. بیشترین ظرفیت امولسیون کنندگی درpH های ۵ و ۷ برای پروتئین لوبیا پاچ باقال به دست آمد که می‌تواند بدلیل حلالیت بیشتر این پروتئین در این pH باشد[۲۱]. در پژوهش دیگر محققان بیان کردند حداکثر بازده پروتئین برای عدس رقم کیمیا با شرایط بهینه‌ی دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد، زمان ۲۰ دقیقه و مقدار pH ۸/۵ به‌دست آمد و در pH برابر ۱۰ ظرفیت امولسیون‌کنندگی بیشترین مقدار بود[۲۲] . با توجه به موارد عنوان شده، ظرفیت تشکیل امولسیون پروتئین سبوس‌گندم بر اساس داده‌های واقعی مطابق رابطه ۱ بدست می‌آید؛ که در این رابطه Y ظرفیت تشکیل امولسیون، B دمای سانتریفوژ (درجه سانتی‌گراد)، C نماد pH می‌باشد.

رابطه۱:

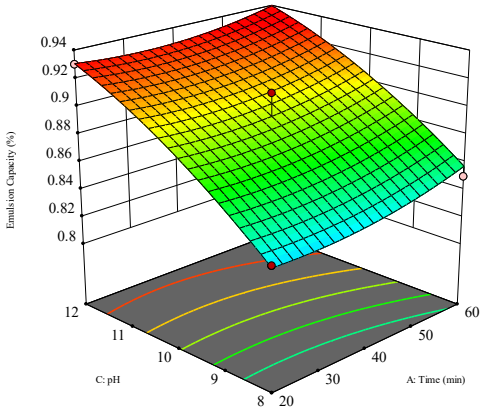
$(R^2=0.8537)$

$$Y = 0.621 + 0.002B + 0.023C$$

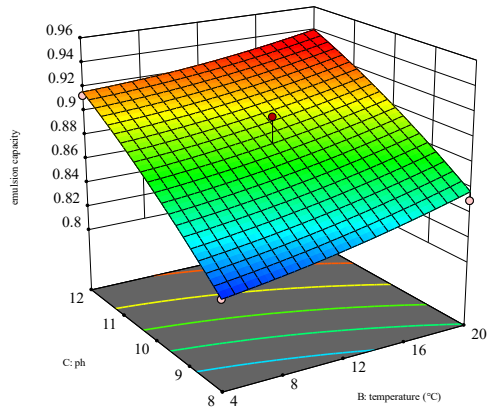
Table 3. Variance analysis of the effect of independent variables on the emulsion capacity of wheat bran protein

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0.0245	9	0.0027	11.79	< 0.0001	significant
A-Time	0.0005	1	0.0005	2.12	0.1677	
B-Temperature	0.0026	1	0.0026	11.06	0.0050	
C-pH	0.0212	1	0.0212	91.45	< 0.0001	
AB	0.0000	1	0.0000	0.0000	1.0000	
AC	0.0000	1	0.0000	0.2161	0.6492	
BC	0.0000	1	0.0000	0.2161	0.6492	
A^2	0.0001	1	0.0001	0.5168	0.4840	
B^2	6.652E-06	1	6.652E-06	0.0287	0.8678	
C^2	0.0002	1	0.0002	0.8633	0.3686	
Residual	0.0032	14	0.0002			

Lack of Fit	0.0014	5	0.0003	1.35	0.3266	not significant
Pure Error	0.0019	9	0.0002			
Cor Total	0.0278	23				
Std. Dev.		0.0152	**R²**			0.8834
Mean		0.8758	**Adjusted R²**			0.8085
C.V. %		1.74	**Predicted R²**			0.5491
			Adeq Precision			14.0546



a



b

Fig 2. Three-dimensional diagram of the interaction effect of time and pH (a), temperature and pH (b), on the emulsion capacity of wheat bran protein

3-2-پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم

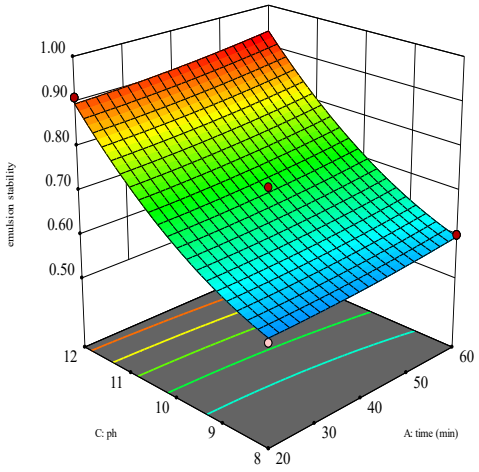
اختلافات موجود در شکل فضایی پروتئین‌ها و قدرت یونی می‌تواند تفاوت‌های موجود در پایداری امولسیون‌ها را در نمونه‌های مختلف توجیه نماید. افزایش چسبندگی دوطرفه بین چربی و پروتئین در اثر تغییر شکل پروتئین‌ها می‌تواند منجر به افزایش مقاومت و استحکام لایه بین آب و روغن شود و در نتیجه پایداری امولسیون را افزایش دهد. علاوه بر این، کاهش پایداری امولسیون طی زمان نگهداری ممکن است ناشی از تماس بیشتر بین مولکول‌ها و درنتیجه لخته شدن و به هم پیوستن قطرات روغن باشد[۱۹]. براساس تجزیه و تحلیل آماری، نتایج آنالیز واریانس برای بررسی

متغیر وابسته پایداری امولسیون سبوس‌گندم نشان داد که مدل معنی‌دار بود($p<۰/۰۰۰۱$). بررسی تاثیر در هر یک از متغیر های مستقل بر میزان پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم نشان داد که با فرض ثابت نگه داشتن سایر عوامل، تغییرات زمان، دما و pH تاثیر معنی‌داری بر میزان پایداری امولسیون داشت($p<۰/۰۵$). تاثیر تغییرات همزمان متغیر های دما × pH بر میزان پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم معنی‌دار بود($p<۰/۰۵$). نتایج اندازه‌گیری پایداری امولسیون در جدول ٤ و شکل ۳ آورده شده‌است. همانطور که در شکل ۳، مشخص است، تاثیر متغیرهای زمان و pH بر روی متغیر وابسته پایداری امولسیون ارزیابی شد. نتایج حاکی از آن بود که با افزایش pH و همچنین افزایش زمان تا ٦۰ دقیقه، میزان پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم افزایش پیدا کرد. علاوه بر این، تاثیر دما و pH بر روی پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم نشان می‌دهد، که در زمان ثابت ٦۰ دقیقه ، با افزایش دما از ٤ به ۲۰ درجه سانتی‌گراد و افزایش pH از ۸ به ۱۲، پایداری امولسیون افزایش پیدا کرد($p<۰/۰۵$). همسو با پژوهش حاضر محققان بیان کردند که، در زمان ثابت ٤۰ دقیقه، با افزایش دما از ٤ به ۳۰ درجه سانتیگراد و افزایش pH از ۸/۵ به ۱۰ پایداری امولسیون افزایش پیدا کرد[۲۲]. همچنین محققان بیان کردند که با افزایش pH تا ۱۰ پایداری امولسیون پروتئین دانه به تدریج افزایش پیدا کرد. این محققین بیان کردند که کمترین پایداری امولسیون در pH برابر ٤ در نزدیکی نقطه ایزوالکتریک مشاهده شد که علت آن می‌تواند حلالیت ضعیف، هیدراتاسیون نامناسب و دافعه الکترواستاتیک ضعیف در بین مولکول‌های پروتئین باشد. اما با افزایش pH تا ۱۰ پایداری امولسیون افزایش یافت[۲۰]. نتایج محققان نشان داد با گذشت زمان پایداری امولسیون کمی افزایش پیدا کرد، اما تغییرات دما تأثیر زیادی بر روی پایداری امولسیون پروتئین عدس نداشت[۲۲].با توجه به موارد عنوان شده، پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم بر اساس داده‌های واقعی مطابق رابطه ۲ بدست می‌آید؛ که در این رابطه Y پایداری امولسیون پروتئین سبوس‌گندم ، A نماد زمان سانتریفوژ(دقیقه)، B دمای سانتریفوژ (درجه سانتی‌گراد)، C نماد pH می‌باشد.

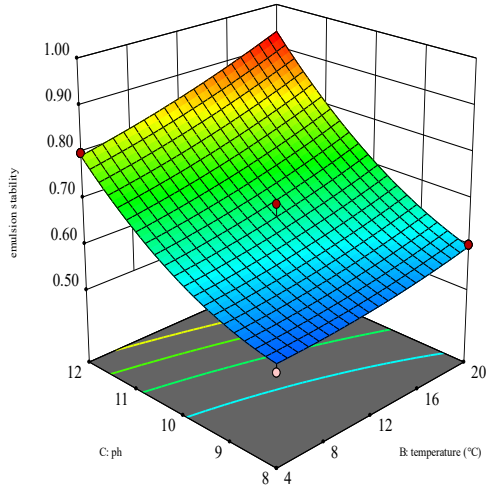
رابطه۲: $Y = 1.35 + 0.0011A - 0.008B - 0.222C + 0.001BC + 0.013C^2$ (R^2=0.9478)

Table 4. Variance analysis of the effect of independent variables on the wheat bran protein emulsion stability

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0.2622	9	0.0291	30.42	< 0.0001	significant
A-Time	0.0053	1	0.0053	5.52	0.0339	
B-Temperature	0.0292	1	0.0292	30.45	< 0.0001	
C-pH	0.2045	1	0.2045	213.56	< 0.0001	
AB	0.0003	1	0.0003	0.3264	0.5769	
AC	0.0001	1	0.0001	0.1175	0.7369	
BC	0.0045	1	0.0045	4.71	0.0476	
A²	0.0001	1	0.0001	0.0766	0.7860	
B²	0.0003	1	0.0003	0.2990	0.5931	
C²	0.0057	1	0.0057	5.94	0.0287	
Residual	0.0134	14	0.0010			
Lack of Fit	0.0024	5	0.0005	0.4016	0.8362	not significant
Pure Error	0.0110	9	0.0012			
Cor Total	0.2756	23				
Std. Dev.		0.0309		**R²**		0.9514
Mean		0.6608		**Adjusted R²**		0.9201
C.V. %		4.68		**Predicted R²**		0.8365
				Adeq Precision		22.0285



a



b

Fig 3. Three-dimensional diagram of the interaction effect of time and pH (a), temperature and pH (b), on the emulsion stability of wheat bran protein

۳-3-بهینه‌سازی پارامترهای پاسخ

برای بهینه سازی عددی، مقادیر متغیرهای مستقل در محدوده تعریف شده و متغیرهای وابسته در حالت حداکثر قرار گرفتند و مطابق جدول ۵ زمان سانتریفوژ ٤٧/٨٦٩ دقیقه، دمای سانتریفوژ ۱۹/۹٦۳ درجه سانتی‌گراد و pH برابر ۱۰ بدست آمد و مطابق با تیمار پیشنهادی آزمون ها در سه تکرار انجام شد و با آزمون t-student مورد مقایسه قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

Table 5. Predicted conditions of the software for optimizing the process and the tests performed

	Time	Temperature	pH	Emulsion Capacity	Emulsion Stability	Desirability
predicted conditions	47/869	19/963	12/000	0/931	0/920	1/000
tests performed	47/869	19/963	12/000	0.93 ± 0.05^{ns}	0.92 ± 0.05^{ns}	

٤-نتیجه گیری

در پژوهش حاضر بهینه‌سازی قابلیت امولسیون کنندگی سبوس‌گندم با استفاده از روش سطح پاسخ(RSM)، انجام شد. متغیرهای مستقل شامل، زمان سانتریفوژ (٦٠-٢٠ دقیقه)، دمای سانتریفوژ (٢٠-٤ درجه سانتی‌گراد)، pH (١٢- ٨) بود. مدل آماری درجه دوم با دقت بالایی به‌منظور پیش‌بینی متغیرهای وابسته، قابل استفاده بوده ($p<0/05$). همچنین نتایج بهینه‌سازی با آزمایش انجام شده همخوانی مناسبی نشان داد($p>0/05$). مهمترین نتایج این تحقیق بیانگر این موضوع بودند که تغییرات زمان سانتریفوژ تاثیر معنی‌داری بر میزان پایداری امولسیون داشت($p<0/05$). تغییرات دما تاثیر معنی‌داری بر میزان ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون داشت($p<0/05$). تغییرات pH تاثیر معنی‌داری بر میزان ظرفیت تشکیل و پایداری امولسیون داشت($p<0/05$). همچنین تغییرات pH موثرترین تغییرات را در متغیرهای وابسته ایجاد نمود. ارزیابی شرایط بهینه پیشنهادی نرم افزار در زمان سانتریفوژ ٤٧/٨٦٩ دقیقه، دمای سانتریفوژ ١٩/٩٦٣ درجه سانتی‌گراد و pH برابر ١٠ بدست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد پروتئین سبوس‌گندم پتانسیل بالایی برای استفاده به عنوان امولسیفایر در فرمولاسیون مواد غذایی دارد.

٥-منابع

[١]]Peykar Parsan M, Shabanali-fami H, Daneshvarameri J, Khodabakhshi A. 2013. Factors influencing the application of waste management operations in apple production in Abhar County. Iranian Journal of Agricultural Economics and Development, 44: 329-341.

[٢]Milani A, Hashemi N, Gholimohved Gha, Hashemi M. 2019. Feasibility of producing fibrous solid foam based on by-products of the food industry (coffee grounds, wheat bran). Journal of Food Science, 103(17).

[٣]Henchion M, Hayes M, Mullen A, Fenelon M, Tiwari B.2017. Future protein supply and demand: Strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. Foods, 6(7): 53.

[٤]Kumar, M., Tomar, M., Punia, S., Dhakane-Lad, J., Dhumal, S., Changan, S., et al. (2022). Plant-based proteins and their multifaceted industrial applications. LWT, 154, 112620.

[٥]Lam RS and Nickerson MT. 2013. Food proteins: a review on their emulsifying properties using a structure–function approach. Food chemistry, 141(2):975-984.

[٦]Rafe, A., Mousavi, S.S. and Shahidi, S.A., 2014. Dynamic rheological behavior of rice bran protein (RBP): Effects of concentration and temperature. Journal of Cereal Science , 60(3), pp.514 -519.

[٧]Esmaeili M, Rafe A, Shahidi S and Ghorbani Hasan-Saraei A. 2016. Functional properties of rice bran protein isolate at different pH levels. Cereal chemistry, 93(1): 58-63

[8]Li, J.-L., Cheng, Y.-Q., Wang, P., Zhao, W.-T., Yin, L.-J., & Saito, M. (2012). A novel improvement in whey protein isolate emulsion stability: Generation of an enzymatically cross-linked beet pectin layer using horseradish peroxidase. *Food Hydrocolloids*, *26*(2), 448-455.

[9]Wang, B., Li, D., Wang, L.-J., Adhikari, B., & Shi, J. (2010). Ability of flaxseed and soybean protein concentrates to stabilize oil-in-water emulsions. Journal of Food Engineering, 100, 417–426.

[10]Karaca, A. C., Low, N., & Nickerson, M. (2011a). Emulsifying properties of chickpea, faba bean, lentil and pea proteins produced by isoelectric precipitation and salt extraction. Food Research International, 44, 2742–2750.

[11]Karaca, A. C., Low, N., & Nickerson, M. (2011b). Emulsifying properties of canola and flaxseed protein isolates produced by isoelectric precipitation and salt extraction. Food Research International, 44, 2991–2998.

[12]Galazka, V. B., Dickinson, E., & Ledward, D. A. (2000). Emulsifying properties of ovalbumin in mixtures with sulphated polysaccharides: Effects of pH, ionic strength, heat and high-pressure treatment. Journal of the Science of Food and Agriculture, 80, 1219–1229.

[13] Rezaee Barzani H, Zamindar N. Optimizing the functional characteristic of the protein foam stability of Anna variety Kabuli chickpea. FSCT 2025; 22 (158) :31-47.

[14]Barati, F., Zamindar, N., & Rafiaei, S. (2024). The Study of Kinetics of Polyphenol Oxidase Inactivation in Carrot Juice by Ohmic Heating. *Journal of food science and technology(Iran)*, *21*(153), 63-75. (In Persian).

[15]Aluko, R. E., Mofolasayo, O. A., & Watts, B. M. (2009). Emulsifying and Foaming Properties of Commercial Yellow Pea (Pisum sativum L.) Seed Flours. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *57*(20), 9793-9800.

[16]Papalamprou EM, Doxastakis GI, Biliaderis CG, and Kiosseoglou V. 2009. Influence of preparation methods on physiochemical and gelation properties of

chickpea protein isolates. Food Hydrocolloid, 23: 337-43.
[17]Arcan, I., & Yemenicioğlu, A. (2007). Antioxidant activity of protein extracts from heat-treated or thermally processed chickpeas and white beans. Food Chemistry, 103(2), 301-312.
[18]Woerman J, Satterlee L. 1974. Extraction and nutritive quality of wheat protein concentrate. Food Technol, Chicago, pp: 50-52.
[19]Mohammadi, Shahidi, Rafe, Naghizadeh Raisi, Ghorbani Hasan Saraei, Azadeh. (2022). Extracting and investigating the functional characteristics of rice bran protein and the possibility of using it as a substitute for milk protein in a low-fat dairy dessert. Iranian Journal of Food Science and Industry, 19(124), 157-170.
[۲۰]Deng, Y., Huang, L., Zhang, C., Xie, P., Cheng, J., Wang, X., and Li, S. 2019. Physicochemical and functional properties of Chinese quince seed protein isolate. Food Chemistry, 283: 539-548.
[۲۱]Rahmati, N. F., Koocheki, A., Varidi, M., Kadkhodaee, R. 2017. Structural and functional properties of three genotypes of common bean proteins (Phaseolus vulgaris). Iranian Food Science and Technology Research Journal. 13: 79-91. (In Persian).
[۲2] Asadbeigi, M., Zamindar, N., Goli, M. (2023). Optimizing the functional properties of the emulsion and foam of Kimia lentil protein isolate. Iranian Journal of Pulses Research, 14(1), 133-145. (In Persian).

Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage:www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Optimization of emulsifying capacity and stability of wheat bran protein

Saba Saberiyan Broujeni[1], Nafiseh Zamindar*[2],

1-Master Student, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

2-Associate Professor, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran.

ARTICLE INFO

Article History:

Received:2024/8/2

Accepted:2025/1/21

Keywords:

Emulsifying capacity,

Emulsion stability,

Wheat bran protein

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.33.

*Corresponding Author E-

n.zamindar@khuisf.ac.ir

ABSTRACT

Recently, the demand of consumers to use vegetable proteins as a substitute for animal proteins has been increased. Cereal bran contains protein, fiber sources, minerals and antioxidants. In this research, optimization of emulsifying capacity and emulsion stability of wheat bran protein was performed using response surface method (RSM), central composite design (CCD) and Design Expert software. The design included the independent variables of centrifugation time (20-60 minutes), centrifugation temperature (4-20°C), alkaline pH (8-12) and 10 replications at the central point. Centrifugation time had a significant effect on emulsion stability ($P<0.05$); but it had no significant effect on the capacity of emulsion formation ($p>0.05$). Centrifugation temperature changes had a significant effect on the amount of emulsion formation capacity and stability ($P<0.05$). Changes in alkaline pH had a significant effect on the amount of emulsion formation capacity and stability ($P<0.05$). Evaluation of the optimal conditions suggested by the software for the formation capacity and stability of the emulsion were not significantly different from the test results ($p>0.05$). The results of this research showed that wheat bran protein as a vegetable protein source has a high potential to be used as an emulsifier in the food industry.