



بهینه‌سازی ظرفیت جذب آب و روغن پروتئین عدس سبز رقم بیل‌سوار به روش سطح پاسخ

ملیحه دهقانی^۱، نفیسه زمین‌دار^{۲*}

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

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

اطلاعات مقاله	چکیده
تاریخ های مقاله :	افزایش نیازهای جمعیت به پروتئین، باعث انجام تحقیقات بر روی محصولات طبیعی و گیاهی می‌شود که می‌تواند جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی باشد. عدس با داشتن بین ۲۰/۶ تا ۳۱/۴ درصد پروتئین منبع سرشار از پروتئین است. در نتیجه تلاش جهت بررسی خواص فیزیکوشیمیایی پروتئین آن و جایگزینی پروتئین‌های حیوانی امری مهم تلقی می‌شود. در این پژوهش بهینه سازی ظرفیت جذب آب و روغن عدس سبز رقم بیل‌سوار با استفاده از روش سطح پاسخ، با ۲۰ تیمار حاصل از ترکیب سه متغیر مستقل (۸/۵-۱۰ pH، زمان سانتریفیوژ (۶۰-۲۰ دقیقه) و دمای سانتریفیوژ (۳۰-۴ درجه سانتی‌گراد) مورد بررسی قرار گرفت. طرح مرکب مرکزی با سه متغیر مستقل و ۶ نقطه‌ی مرکزی با استفاده از نرم افزار Design Expert ۱۱ در روش سطح پاسخ استفاده شد. نتایج به‌دست آمده از آزمایش‌های انجام گرفته در خصوص ظرفیت جذب آب در عدس سبز رقم بیل‌سوار، نشان داد که با افزایش میزان pH و زمان، ظرفیت جذب آب کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش pH و دما، ظرفیت جذب روغن در عدس افزایش و با کاهش زمان، ظرفیت جذب روغن در عدس کاهش یافت. پاسخ بهینه پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار مورد آزمایش قرار گرفت. با اعمال شرایط بهینه، نتایج ظرفیت جذب روغن و ظرفیت جذب آب برای نقطه بهینه به ترتیب ۱/۲۳۵ و ۱/۱۳۵ حاصل شد. باتوجه به اعتبارسنجی حاصل از آزمون T student، پاسخ آزمایشات عملی مشابه با شرایط بهینه‌ی پیش‌بینی شده با روش سطح پاسخ بود ($p < 0/05$).
کلمات کلیدی:	
عدس، خواص فیزیکوشیمیایی، پروتئین، سطح پاسخ.	
DOI: 10.22034/FSCT.19.133.69 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.6.1	
* مسئول مکاتبات: n.zamindar@khuisf.ac.ir	

۱- مقدمه

سیستم غذایی، ورودی‌های جهان را در قالب منابع طبیعی یعنی زمین، تابش خورشید، آب، انرژی فسیلی و مواد شیمیایی می‌گیرد. این ورودی‌ها با همکاری یکدیگر، غذا را برای جوامع بشری تولید می‌کنند. سیستم غذایی همچنین نتایج نامطلوبی را به صورت ضایعات جامد، مایع و گاز تولید می‌کند. فشار انسانی موجود بر روی منابع محدود زمین و پویایی همزمان تغییرات آب و هوایی، نگرانی‌های جدی در مورد انعطاف‌پذیری زنجیره‌های غذایی و خوراک کشاورزی ایجاد می‌کند [۱]. بلایای انسانی و طبیعی و فقر، از دستیابی به غذا برای کسانی که بیشترین نیاز را دارند جلوگیری می‌کند [۲]. در طی دهه‌های گذشته، صنعت فرآوری مواد غذایی به ترکیبی پویا و پیچیده از جریان مواد تبدیل شده است که در محصولات غذایی با دوام و استاندارد ترکیب شده و به طور گسترده برای مصرف‌کنندگان توزیع می‌شود [۳]. نوآوری در فناوری اغلب برای رفع چالش‌های پایدار به کار می‌رود و شرکت‌ها با تنظیم ورودی‌ها و فرایندها برای ارائه محصولات جدید، مجدداً تغییر جهت می‌دهند [۴]. افزایش نیازهای موجود در جمعیت به پروتئین باعث ایجاد تحقیقات روی محصولات طبیعی و گیاهی می‌شود که می‌تواند جایگزین مناسبی برای پروتئین‌های حیوانی باشد [۵]. ارزیابی‌ها نشان می‌دهد که فعالیت‌های مربوط به غذا به دلیل ادامه رشد جمعیت جهان و درآمد سرانه، بخش عمده‌ای از فشار زیست محیطی جهانی را ایجاد می‌کنند [۶-۸]. انتشار گازهای گلخانه‌ای و یا میزان تخریب محیط زیست در رابطه با رژیم‌های غذایی معمول گوشت در مقایسه با رژیم‌های گیاهی چندین برابر می‌باشد [۹ و ۱۰]. بیشتر تحقیقات در مورد تأثیرات زیست محیطی الگوهای غذایی بر کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای متمرکز شده است. در مقایسه با رژیم معیار انگلستان، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای ۲۲٪ برای گیاهخواران و ۲۶٪ برای افراد وگان تخمین زده شد [۱۱]. پروتئین یکی از اصلی‌ترین مواد مغذی است که در آینده با کمبود آن مواجه خواهیم شد. پروتئین‌های غذایی یا از منابع حیوانی (مانند گوشت، تخم مرغ و لبنیات) یا منابع گیاهی (مانند حبوبات، غلات و ریزجلبک‌ها) تهیه می‌شوند. در سال‌های اخیر تقاضای مصرف‌کنندگان برای پروتئین‌های گیاهی به دلیل

افزایش دانش در مورد اثرات منفی زیست محیطی ناشی از تولید پروتئین حیوانی و رابطه بین پروتئین‌های گیاهی و سلامتی و هزینه بالای محصولات حیوانی، اهمیت زیادی نسبت به پروتئین‌های حیوانی پیدا کرده است [۱۲]. بذرها به دلیل فراوانی نسبی، تأمین پایدار و هزینه کم منبع ویژه‌ای از پروتئین‌های خوراکی هستند [۱۳]. پروتئین‌ها به عنوان کنسانتره یا ایزوله به عنوان یک ماده عملکردی در درجه اول برای افزایش کیفیت تغذیه‌ای و ارائه ویژگی‌های حسی مطلوب مانند ساختار، بافت، طعم و رنگ برای فرموله کردن استفاده می‌شوند. محصولات غذایی، کنسانتره‌ها و پروتئین‌های استخراج شده که امروزه در صنایع غذایی استفاده می‌شود بیشتر از سویا، آب پنیر و گندم حاصل می‌شود. اخیراً، علاقه به مجزا کردن محصولات دانه‌ای به اجزای تشکیل دهنده آن‌ها (پروتئین، نشاسته و فیبر) [۱۴ و ۱۳] و استفاده از این اجزا به عنوان مواد تشکیل دهنده سیستم‌های غذایی افزایش یافته است [۱۵ و ۱۶]. چالش روش‌های استخراج سنتی ناتوانی آن‌ها در ایجاد اختلال در مولکول‌های ساختاری است. بنابراین، حدود نیمی از پروتئین‌های موجود در یک سیستم گیاهی استخراج می‌شود [۱۷]. چندین مطالعه بر روی پروتئین‌های حبوبات انجام شده است [۱۸-۲۰ و ۳]. محققین ثابت کردند که برای تولید پروتئین حیوانی به طور متوسط ۱۱ برابر انرژی فسیلی بیشتر از پروتئین گیاهی برای مصرف انسان مورد نیاز است. با این حال، نسبت مصرف انرژی برای تولید پروتئین بسیار متفاوت است. مصرف انرژی برای پروتئین مرغ ۴ برابر و برای پروتئین گوشت گاو ۴۰ برابر بیشتر از پروتئین غلات است [۲۱-۲۳]. زمین مورد نیاز برای تهیه پروتئین حیوانی ۶ تا ۱۷ برابر بیشتر از پروتئین سویا است [۲۴]. عدس با نام علمی *Lens culinaris* گیاهی از خانواده حبوبات است که سرشار از فیبر و کم چربی است. عدس با داشتن ۲۰/۶ تا ۳۱/۴ درصد پروتئین پس از دانه‌های سویا و کنف، سومین سطح پروتئین گیاهی را دارد و در بسیاری از مناطق جهان به ویژه در شبه قاره هند که دارای جمعیت زیادی از گیاهخواران است بخش مهمی از رژیم غذایی است [۲۵ و ۲۶]. بیشتر این پروتئین‌ها در لپه قرار دارند و حاوی درصد کمی اسیدهای آمینه حاوی گوگرد هستند. پروتئین‌های عدس از حدود ۱۶٪ آلومین، ۷۰٪ گلوبولین، ۱۱٪ گلوپتین و ۳٪ پرولامین تشکیل شده‌اند [۲۷].

روش آرکان و یمینچی اوغلو براساس جدول ۱ عمل شد، پروتئین‌های استخراج شده به فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد انتقال داده شد تا در آزمایش‌های بعدی مورد استفاده قرار بگیرد.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری ظرفیت جذب آب و روغن

به منظور بررسی ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن مطابق روش آرکان و یمینچی اوغلو [۳۲]، ۵۰ میلی‌گرم پروتئین استخراج شده با ۱/۵ میلی‌لیتر آب مقطر یا روغن آفتابگردان تجاری در دمای اتاق به مدت ۲۰ ثانیه با میله شیشه‌ای مخلوط شدند. پس از مخلوط کردن، داخل انکوباتور در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳۰ دقیقه نگهداری شدند. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با دور ۹۰۰۰ سانتریفوژ شدند و آب یا روغن آزاد جدا شده در مواد رویی آن‌ها با دقت برداشته و جمع‌آوری شد. مقدار آب یا روغن جذب شده با اندازه‌گیری رسوب باقیمانده درون فالكون‌ها تعیین شد. گرم آب یا گرم روغن جذب شده در هر گرم پودر پروتئین اندازه‌گیری شدند.

۲-۳- آنالیز آماری داده‌ها

روش سطح پاسخ به عنوان یک ابزار موثر و قوی برای بهینه‌سازی فرایندهای شیمیایی و غذایی در شرایطی که چند متغیر مستقل روی پاسخ مطلوب تاثیر می‌گذارد، اهمیت وافری دارد. در این پژوهش روش سطح پاسخ، طرح مرکب مرکزی، با استفاده از نرم‌افزار Design Expert نسخه ۱۱، به منظور بهینه‌سازی ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن استفاده شد و معادلات پاسخ برحسب سه متغیر مستقل pH، زمان سانتریفوژ و دمای سانتریفوژ بدست آمد. طبق پیش‌بینی نرم‌افزار پس از تعیین شرایط بهینه، محصول با شرایط پیش‌بینی شده تولید شد و ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن از عدس سبز رقم بیل‌سوار با پیش‌بینی مدل به وسیله آزمون T-Student در سطح احتمال ۰.۵٪ مورد مقایسه قرار گرفت.

۳- نتیجه‌گیری و بحث

این پژوهش با هدف بهینه‌سازی ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن عدس سبز رقم بیل‌سوار به روش سطح پاسخ (RSM) انجام شد. ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن

عدس منبع بسیار خوبی از چندین فاکتور تغذیه‌ای مانند فیبر غذایی، ویتامین‌ها و مواد معدنی است [۲۸]، [۲۹]. همچنین منبع غنی از ریز مغذی‌های مهم مانند آهن و روی است [۳۰] ویژگی‌های تغذیه‌ای عدس با کاهش کلسترول، اثرات کاهش دهنده چربی در انسان، کاهش بروز سرطان روده بزرگ و دیابت نوع ۲ همراه است [۱۳]. هیدرولیزهای پروتئین عدس اثر ضد فشار خون دارند زیرا می‌توانند به عنوان مهارکننده آنزیم مبدل آنژیوتانسین I عمل کنند [۳۱]. پروتئین‌های گیاهی را می‌توان با استفاده از روش‌های استخراج و خالص‌سازی مناسب تجاری از بذرها جدا کرد و به عناصر عملکردی تبدیل نمود [۲۱-۲۳]. پژوهش حاضر، به منظور بهینه‌سازی ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن پروتئین عدس سبز رقم بیل‌سوار تحت تاثیر متغیرهای مستقل شامل pH، زمان سانتریفوژ و دمای سانتریفوژ صورت گرفت.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه

نمونه‌های عدس سبز رقم بیل‌سوار از شرکت تحقیقاتی ذرت سبلان واقع در استان اردبیل تهیه گردید و جهت انجام آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. عدس سبز در یخچال با دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. دانه‌های عدس از مواد خارجی از جمله سنگ، پاکسازی شده و سپس توسط هاون برقی آسیاب شد و به صورت پودر در آمد.

۲-۲- طرح آزمایشات

۲-۲-۱- تهیه پودرهای استون

برای تهیه پودرهای استون (AP)، مطابق روش آرکان و یمینچی اوغلو (۲۰۰۷) ابتدا ۵۰ گرم نمونه خشک عدس آسیاب شده با ۲۰۰ میلی‌لیتر استون سرد، به مدت ۳ دقیقه مخلوط و سپس فیلتر شد. سپس همانند مرحله قبل با دو بار تکرار فیلتر شد. سرانجام پودرهای بدست آمده در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد ذخیره سازی شده تا در زمان استخراج مورد استفاده قرار بگیرد. همچنین به منظور استخراج پروتئین از نمونه‌ها تحت تاثیر ۳ متغیر مستقل زمان سانتریفوژ، دمای سانتریفوژ و pH مطابق

اصطلاحاتی هستند که معمولاً به ترتیب به مقدار آب و روغن قابل جذب در هر گرم نمونه گفته می‌شوند.

۳-۱- ظرفیت جذب آب

مقادیر ظرفیت جذب آب شاخص‌های مفیدی از توانایی پروتئین در جلوگیری از نشت مایعات از یک محصول در حین ذخیره‌سازی یا فرآوری مواد غذایی است [۳۳ و ۳۴]. بر اساس گزارش جوشی و همکاران عوامل مختلفی وجود دارد که ممکن است تفاوت در ظرفیت جذب آب را توضیح دهد، مانند روش استخراج پروتئین، شکل و اندازه پروتئین، توپوگرافی سطح و قطبیت [۳۵]. همچنین به نظر می‌رسد که وجود کربوهیدرات‌ها و سایر اجزا ممکن است مانع جذب آب شود، اگرچه ساز و کاری برای این پدیده پیشنهاد نشده است [۳۶]. جذب آب را باید مهم‌ترین خصوصیت فیزیکی پروتئین‌ها دانست. این پدیده نه تنها بر ساختمان فیزیکی و خصوصیات ماده غذایی حاوی پروتئین (نظیر خشک شدن) به شدت اثر می‌گذارد، بلکه از نقطه نظر فساد ماده غذایی نیز به دلیل تأثیری که بر میزان فعالیت آب دارد بسیار حائز اهمیت است [۳۷]. ظرفیت جذب آب در

مواد غذایی مختلف به ترکیب اسیدهای آمینه، آرایش فضایی پروتئین، میزان آب‌دوستی و آب‌گریزی پروتئین و همچنین حضور کربوهیدرات‌های آب‌دوست بستگی دارد [۴۰-۳۸]. علاوه بر عوامل ذکر شده، وجود فیبر خام را نیز به عنوان نیز به عنوان عامل جذب آب موثر می‌دانند.

بر اساس نتایج آنالیز واریانس تاثیر متغیر pH ($P < 0.01$) و زمان ($P < 0.01$) بر ظرفیت جذب آب عدس سبز رقم بیل‌سوار معنی‌دار برآورد شد. همانطور که در شکل ۱ نمایش داده شده است با افزایش میزان pH و زمان، ظرفیت جذب آب کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج این آزمون مدل رگرسیونی مناسب به منظور پیشگویی ظرفیت جذب آب یک مدل خطی با ضریب تبیین 0.88 برآورد گردیده است که نشان می‌دهد 88 درصد از تغییرات در ظرفیت جذب آب به وسیله تغییر در متغیرهای pH و زمان تبیین می‌گردد. همچنین بر اساس این مدل رگرسیونی ضریب pH و زمان هر دو منفی بوده است که نشان دهنده تأثیر کاهنده pH و زمان بر ظرفیت جذب آب است به این معنی که با افزایش میزان pH و زمان، ظرفیت جذب آب کاهش می‌یابد.

Table 1 Experimental design of independent and response variables

Water absorption capacity (gram)	Oil absorption capacity (gram)	Temperature (Centigrade Degree)	Time (minutes)	pH	Treatment number
1.35	1.38	4.00	20.00	8.50	1
1.21	1.15	4.00	20.00	10.00	2
1	1.42	4.00	60.00	8.50	3
0.92	1.16	4.00	60.00	10.00	4
1.34	0.57	30.00	20.00	8.50	5
1.28	1.4	30.00	20.00	10.00	6
1.11	0.95	30.00	60.00	8.50	7
1	1.57	30.00	60.00	10.00	8
1.23	1.19	17.00	40.00	8.50	9
1.04	1.31	17.00	40.00	10.00	10
1.24	1.01	17.00	20.00	9.25	11
0.94	1.28	17.00	60.00	9.25	12
1.13	1.27	4.00	40.00	9.25	13
1.13	1.18	30.00	40.00	9.25	14
1.17	1.26	17.00	40.00	9.25	15
1.1	1.3	17.00	40.00	9.25	16
1.16	1.28	17.00	40.00	9.25	17
1.11	1.22	17.00	40.00	9.25	18
1.21	1.22	17.00	40.00	9.25	19
1.08	1.15	17.00	40.00	9.25	20

(۱) معادله

$$Y = (+2.14) - (0.08 A) - (7.25E-03B)$$

در این معادله، A نمایانگر pH، B دمای سانتریفیوژ و Y ظرفیت جذب آب عدس سبز رقم بیل‌سوار می‌باشد.

کائور و سینگ میزان جذب روغن را به عنوان محبوس کردن فیزیکی روغن عنوان نموده اند و آن را به زنجیره های غیر قطبی پروتئین که ممکن است با زنجیره های جانبی هیدروکربنی روغن پیوند برقرار کنند و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می‌دهند و در نتیجه اختلاف بین این عوامل را در مواد غذایی مختلف نظیر حبوبات باعث اختلاف در اعداد بدست آمده در جذب روغن پیشنهاد می کنند [۴۱]. همچنین، ابو و همکاران به این نتیجه رسیده اند که هر چه اسیدهای آمینه غیر قطبی در زنجیره جانبی پروتئین ها بیشتر باشند، ظرفیت جذب روغن بیشتر است. بر اساس نظریه ادبوال و همکاران با افزایش میزان چربی در نمونه، جذب آب کاهش می‌یابد زیرا وجود چربی باعث پوشاندن سایت های قابل اتصال با آب می‌شود [۴۲].

(۲) معادله

$$Y = (+3.87) - (0.28 A) + (2.63E-04 B) - (0.25 C) + (0.02 AC) + (2.40E-04 BC)$$

در این معادله، A نمایانگر pH، B دمای سانتریفیوژ و C زمان سانتریفیوژ و Y ظرفیت جذب روغن پروتئین عدس سبز رقم بیل‌سوار می‌باشد. مطابق معادله (۲) که بیانگر ارتباط میان متغیرهای مستقل پژوهش و ظرفیت جذب روغن عدس سبز رقم بیل‌سوار است، می‌توان دریافت، افزایش pH و دما منجر به کاهش ظرفیت جذب روغن شده است. افزایش زمان تأثیر فزاینده بر ظرفیت جذب روغن دارد. اثر متقابل pH و دما و همچنین اثر متقابل زمان و دما منجر به افزایش ظرفیت جذب روغن شده است.

مطابق شکل (۳)، اثر متقابل pH و دما و همچنین اثر متقابل زمان و pH منجر به افزایش ظرفیت جذب روغن شده است. به این معنی که با افزایش pH و دما، ظرفیت جذب روغن در عدس افزایش و با کاهش زمان، ظرفیت جذب روغن در عدس کاهش می‌یابد. همچنین اثر متقابل pH و دما و همچنین اثر متقابل زمان و دما بر ظرفیت جذب روغن نیز افزایشی بوده است.

Design-Expert® Software

Factor Coding: Actual

Water Absorption

● Design points above predicted value

○ Design points below predicted value

0.92 1.5

Water Absorption = 0.92

Std # 4 Run # 14

X1 = A: pH = 10

X2 = B: Time = 60

Actual Factor

C: Temp = 4

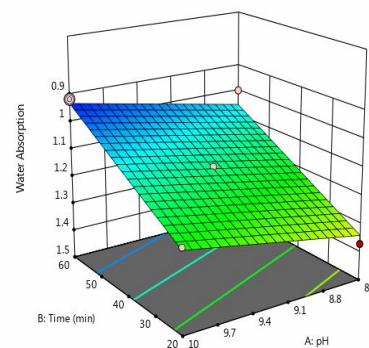


Fig 1 Interaction of pH and centrifuge time on water absorption capacity of lentil protein

Design-Expert® Software

Water Absorption

Color points by value of

Water Absorption:

0.92 1.5

Std # 4 Run # 14

X: -0.155

Y: 47.5

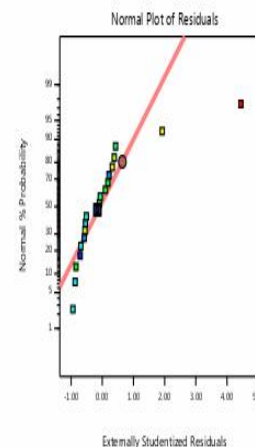


Fig 2 The normalized residuals plot for water absorption capacity of lentil protein

شکل (۲) نمودار نرمال باقی مانده‌ها را نشان می‌دهد چنان که مشاهده می‌گردد نقاط روی خط راست قرار دارند و از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند.

۳-۲- ظرفیت جذب روغن

تغییر در ساختار پروتئین بسته به تأثیری که ایجاد می‌شود ممکن است ظرفیت جذب روغن را افزایش یا کاهش دهد [۴۳]. سولیمان و همکاران یک جذب روغن بهبود یافته را با نمایش گروه‌های غیر قطبی به عنوان یک نتیجه از تغییر در ترکیب پروتئین توضیح دادند [۳۶]. مکانیسم جذب روغن شامل اتصالات فیزیکی روغن با اجزاء پروتئینی و تمایل و میل ترکیبی زنجیره پروتئین‌های غیر قطبی برای اتصال با چربی می‌باشد. در پژوهش حاضر نتایج تجزیه و تحلیل و آنالیز واریانس داده‌های به دست آمده از آزمایش‌های انجام گرفته در خصوص ظرفیت جذب روغن در عدس سبز رقم بیل‌سوار، نشان داد که تأثیر pH، زمان سانتریفیوژ و دمای سانتریفیوژ معنی‌دار بود ($p < 0.01$) و تغییر در این سه متغیر میزان ظرفیت جذب روغن در عدس سبز رقم بیل‌سوار را تغییر خواهد داد. همچنین بر اساس نتایج آنالیز واریانس انجام شده اثرات متقابل pH و دما و اثرات متقابل دما و زمان بر ظرفیت جذب روغن معنی‌دار بود. در ادامه مدل رگرسیونی درجه دوم دوم با ضریب تبیین ۰/۹۱ جهت پیشگویی ظرفیت جذب روغن، ارائه شده است که نشان می‌دهد ۹۱ درصد تغییرات در ظرفیت جذب روغن در عدس سبز رقم بیل‌سوار به وسیله تغییر در متغیرهای بیان شده، تبیین می‌گردد. مطابق با این مدل رگرسیونی مشخص گردیده است که pH و دما تأثیر کاهنده و زمان تأثیر افزایش‌دهنده بر ظرفیت جذب روغن داشته است. به این معنی که با افزایش pH و دما، ظرفیت جذب روغن در عدس افزایش و با کاهش زمان، ظرفیت جذب روغن در عدس کاهش می‌یابد. همچنین بر اساس مدل رگرسیونی ارائه شده، اثر متقابل pH و دما و همچنین اثر متقابل زمان و دما بر ظرفیت جذب روغن نیز افزایشی بوده است. بسیاری از پژوهشگران میزان جذب روغن را محبوس کردن فیزیکی روغن عنوان کرده‌اند و آن را به زنجیره‌های غیر قطبی پروتئین که ممکن است با زنجیره‌های جانبی هیدروکربنی روغن پیوند برقرار کنند و همچنین به شکل فضایی پروتئین نسبت می‌دهند و در نتیجه اختلاف بین این عوامل را در مواد غذایی مختلف نظیر حبوبات باعث اختلاف در اعداد به‌دست آمده در جذب روغن پیشنهاد می‌کنند [۴۱]. همچنین پژوهشگران به این نتیجه رسیده‌اند که هرچه اسیدهای آمینه غیرقطبی در زنجیره جانبی پروتئین‌ها بیشتر باشند، ظرفیت جذب روغن بیشتر است. جذب روغن یک پدیده فیزیکی

شکل (۴) نمودار نرمال باقی مانده‌ها را نشان می‌دهد. چنان که مشاهده می‌گردد نقاط روی خط راست قرار دارند و از توزیع نرمال تبعیت می‌کنند.

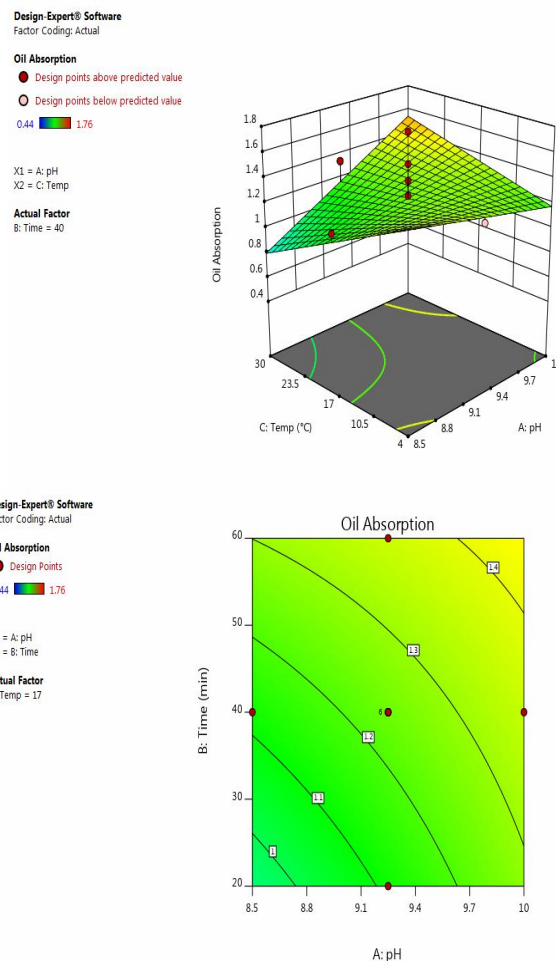


Fig 3 Interaction of pH and centrifuge time and centrifuge temperature on lentil oil absorption capacity

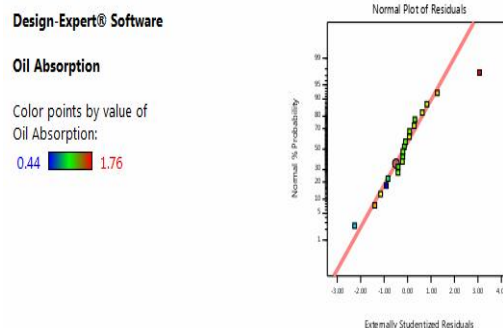


Fig 4 The normalized residuals plot for oil absorption capacity of lentil protein

است به طوری که ترکیبات و پلیمرهای موجود در نمونه باعث محبوس شدن و به دام افتادن قطرات روغن داخل خود می‌شوند.

۳-۳- بهینه‌سازی پارامترهای پاسخ

برای انجام پژوهش حاضر بر اساس RSM پنج مرحله طراحی آزمایش‌ها، تجزیه و تحلیل داده‌ها، غربالگری و حذف فاکتورهای غیر معنی‌دار و تجدید مدل ریاضی تا رسیدن به مدل قابل قبول، بهینه‌سازی و یافتن ناحیه و نقطه بهینه ادامه یافت. در این پژوهش ۲ پاسخ پیشنهاد شده توسط نرم‌افزار مورد آزمایش قرار گرفت (جدول ۲). برای فرآیند بهینه‌سازی ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن با سه فاکتور pH، زمان و دما، عصاره‌هایی که دارای بالاترین ظرفیت جذب آب و ظرفیت جذب روغن بودند در نظر گرفته شد. نتیجه به دست آمده با حد مطلوبیت ۱، مورد ارزیابی قرار گرفت. با اعمال شرایط، نتایج بهینه‌سازی برای

بهینه‌ی اول با pH ۹/۵۷، زمان ۳۵/۳۹ دقیقه و دمای ۱۱/۶۱ درجه سانتی‌گراد برای ظرفیت جذب روغن برابر با ۱/۲۳۵ و برای ظرفیت جذب آب برابر با ۱/۱۳۵ حاصل شد. همچنین نتایج بهینه‌سازی برای بهینه‌ی دوم با pH ۱۰، زمان ۲۰ دقیقه و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد برای ظرفیت جذب روغن برابر با ۱/۳۷۳ و برای ظرفیت جذب آب برابر با ۱/۱۳۵ حاصل شد. باتوجه به نتایج حاصل از آزمون T student، اختلاف معناداری بین بهینه‌های پیش‌بینی شده و داده‌های آزمایشگاهی مشاهده نشد و نتایج آزمایشات بسیار مشابه با نتایج مربوط به شرایط بهینه‌ی پیش‌بینی شده با روش سطح پاسخ بود. ظرفیت جذب روغن و ظرفیت جذب آب عدس سبز رقم بیله‌سوار نیز حاکی از معنی‌دار و مناسب بودن مدل رگرسیونی به دست آمده برای این دو متغیر بود.

Table 2 Actual values of the independent variables used for optimized points

Number	pH	Time	Temperature	Oil Absorption	Water Absorption	Desirability
Point 1	9.57	35.39	11.61	1.235	1.135	1.000
Point 2	10.00	20.00	30.00	1.373	0.250	1.000

۴- نتیجه‌گیری کلی

در پژوهش حاضر بر اساس نتایج آنالیز واریانس تأثیر متغیرهای pH و زمان بر ظرفیت جذب آب عدس سبز معنی‌دار برآورد شد و مدل رگرسیونی مناسب به منظور پیشگویی ظرفیت جذب آب یک مدل خطی با ضریب تبیین ۰/۸۸ مشخص شد که ضریب pH و زمان در آن هر دو منفی بود. مدل رگرسیونی برای ظرفیت جذب روغن در عدس سبز رقم بیله‌سوار درجه دوم بود که ۹۱ درصد تغییرات در ظرفیت جذب روغن به وسیله متغیرهای بیان شده را تبیین کرد. pH و دما تأثیر کاهنده و زمان تأثیر افزایش‌دهنده بر ظرفیت جذب روغن داشتند. اثر متقابل pH و دما و همچنین اثر متقابل زمان و دما بر ظرفیت جذب روغن نیز افزایشی بوده است. بر اساس نتایج حاصل یکی از نقاط بهینه پیش‌بینی شده برای حداکثر ظرفیت جذب آب و روغن پروتیین عدس سبز رقم بیله‌سوار با میزان pH برابر با ۱۰ در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و زمان سانتریفوژ برابر با ۶۰ دقیقه بود و تفاوت معنی‌داری با داده‌های آزمایشگاهی نداشت.

۵- منابع

- [1] Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., and et al. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. Science 327:812-818.
- [2] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2002. World Agriculture: Towards 2015/2030. Summary Report, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. 2030/2050: the 2012 revision. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO.
- [3] Spaargaren, G., Oosterveer, P., Loeber, A. (Eds.). 2013. Food Practices in Transition: Changing Food Consumption, and Production in the Age of Reflexive Modernity. Routledge.
- [4] Garnett, T. 2014. Three perspectives on sustainable food security: Efficiency, demand restraint, food system transformation. What role for life cycle assessment? J.Clean. Prod. 73: 10-18. Food Climate Research Network,

- [14] Junrong, H. A.S., Henk, J.G.S., Jeroen, J., Zhengyu, S., and Ellen, G.J.V.S. 2007. AlpHons, Food Chem 101, 1338–1345.
- [15] Han, J.J., Janz, J.A.M., and Gerlat, M. 2010. Development of glutenfree cracker snacks using pulse flours and fractions. Food Research International, 43,627–633.
- [16] Zare, F. C.P., Champagne, B.K., Simpsonc, V., Orsat, J.I., and Boye, L.W.T. 2012. Food Sci Technol 45: 155–160.
- [17] M.M. Rahman, B.P. Lamsal, Ultrasound-assisted extraction and modification of plant-based proteins: Impact on physicochemical, functional, and nutritional properties, Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 20 (2) (2021) 1457–1480.
- [18] Toews, R. N., and Wang. 2013. Food Res Int 52:445–451.
- [19] Tang, C.H. 2008. LWT Food Sci Technol 41: 1380–1388.
- [20] Taherian, A.R., Mondor, M., Labranche, J., Drolet, H., Ippersiel, D., and Lamarche, F. 2011. Food Res Int 44: 2505–2514.
- [21] Rockstrom, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, A., Chapin, F. S III., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., and Schellnhuber, H.J. 2009. A safe operating space for humanity. Nature. 5: 461-472.
- [22] Pimentel, D., and Pimentel, M. 2003. Sustainability of meat-based and plant-based diets and the environment. Am J Clin Nutr .78:660S–3S.
- [23] Baiano, A. 2014. Recovery of biomolecules from food wastes - a review. Molecules19 (9): 14821–14842. Molecules. 2014 Sep 17;19(9).
- [24] Reijnders, L., and Soret, S. 2003. Quantification of the environmental impact of different dietary protein choices. Am J Clin Nutr. 78:664S–8S.
- [25] Brummer, Y., Kaviani, M. and Tosh, S.M. 2015. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. Food Research International. 67: 117–125. journal ISSN : 0963-9969.
- [26] Urbano, G., Porres, J.M., Frias, J. and Vidal-Valverde, C. 2007. Chapter 5 nutritional value. In: Lentil: An Ancient Crop for Modern Times. (Edited by S.S. Yadav, D. McNeil & P.C. Stevenson). 3: 47–93. Berlin: Springer.
- Environmental Change Institute, University of Oxford, United Kingdom. dx.
- [5] Vracaric, B., Bakic, J., Colic, D., Lintner, V., Mickovic, M., Rajsic, R., Stevanovic, D., and Uvalin, M (eds). 1990. Nutrition in nature. Narodna knjiga, Beograd.
- [6] Alexandratos, N. 2009. World food and agriculture to 2030/50: highlights and views from mid-2009. FAO. Available at Expert Meeting on How to Feed the World in 2050 (12–13 October 2009).
- [7] Bruinsma, J. 2009. The resource outlook to 2050: by how much do land, water and crop yields need to increase by 2050? FAO. Available at Expert Meeting on How to Feed the World in 2050 (12–13 October 2009) <http://www.fao.org/wsfs/forum2050/wsfs-background-documents/wsfs-expert-papers/en/>. Accessed 23.09.09., Rome, Italy.
- [8] Evans, L.T. 1998. Feeding the Ten Billion: Plants and Population Growth. Cambridge University Press, Cambridge, MA.
- [9] Carlsson-Kanyama, A., and Gonzalez, A.D. 2009. Potential contributions of food consumption patterns to climate change. Am J Clin Nutr. 89 (suppl):1704S–9S.
- [10] Baroni, L., Cenci, L., Tettamanti, M., and Berati, M. 2007. Evaluating the environmental impact of various dietary patterns combined with different food production systems. Eur. J. Clin. Nutr. 61:279,286. [CrossRef][PubMed]. PMID:17035955
- [11] Berners-Lee, M., Hoolohan, C., Cammack, H., and Hewitt, C.N. 2012. The relative greenhouse gas impacts of realistic dietary choices. Energy Policy. 43:184–90. PLoS One. 2016;11(11):e0165797. Published online 2016 Nov 3.
- [12] M. Kumar, M. Tomar, J. Potkule, R. Verma, S. Punia, A. Mahapatra, T. Belwal, A. Dahuja, S. Joshi, M.K. Berwal, V. Satankarj, A.G. Bhoite, R. Amarowicz, C. Kaur, F.J. Kennedy, Advances in the plant protein extraction: Mechanism and recommendations, Food Hydrocolloids 115 (2021) 1–17.
- [13] Boye, J., Zare, F., and Pletch, A. 2010. Processing, characterization, functional properties, and applications in food and feed. Food Research International. 43: 414–431. March 2010.

- drying methods. *Food Chemistry*, 129, 1513–1522.
- [36] Suliman, M.A., El Tinay, A.H., Elkhaila, A.E., Babiker, E. & Elkhailil, E.A. (2006). Solubility as influenced by pH and NaCl concentration and functional properties of lentil protein isolate. *Pakistan Journal of Nutrition*, 5, 589–593.
- [37] Bakhsi Moghadam, F., Milani, E., Mortazavi, A., and meshkani, M. 2013. The effect of extraction methods on the functional characteristics of chickpea isolate. *Journal of Food Science and Industry*. 38 (10):11-20. *IRANIAN JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY SPRING 2013* , Volume 10 , Number 38; Page(s) 11 To 20.
- [38] Ragab, D. M., Babiker, E. E., 2004. Fractionation, solubility and functional properties of cowpea (*Vigna unguiculata*) proteins as affected by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry* 84(2): 207-212.
- [39] Yu, J., and Ahmedna, M. 2007. Peanut protein concentrate: Production and functional properties as affected by processing. *Food Chemistry* 103: 121-129.
- [40] Seena, S., and Sridhar, K.R. 2005. "Physicochemical, functional and cooking properties of under explored legumes, *Canavalia* of the southwest coast of India. *Food Research International*. 38: 803-814.
- [41] Kaur, M., and Singh, N. 2007. Characterization of protein isolates from different Indian chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*. 102:366-374.
- [42] Adebawale, K. O., and O. S. Lawal .2004. Comparative study of the functional properties of bambarra groundnut (*Voandzeia subterranean*), jack bean (*Canavalia ensiformis*) and mucuna bean (*Mucuna pruriens*) flours." *Food Research International* 37(4): 355-365. May 2004 *Food Research International*.
- [43] Bora, P.S. 2002. Functional properties of native and succinylated lentil (*Lens culinaris*) globulins. *Food Chemistry*. 77: 171–176. May 2002 *Food Chemistry*.
- [27] Boye, J., Zare, F., and Pletch, A. 2010 b. Pulse proteins: processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*. 43: 414–431.
- [28] Roy, F., Boye, J., and Simpson, B. 2010. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: pea, chickpea and lentil. *Food Research International*. 43: 422–432.
- [29] Song, M., Fung, T.T., Hu, F.B., Willett, W.C., Longo, V.D., Chan, A.T., and Giovannucci, E.L., 2016. Association of animal and plant protein intake with all-cause and cause-specific mortality. *JAMA Intern Med*. 176 (10):1453–1463.
- [30] Thavarajah, D., Thavarajah, P. & Sarker, A.V. 2009. Lentils (*Lens culinaris* Medikus subspecies *culinaris*): a whole food for increased iron and zinc intake. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*.
- [31] Barbana, C., and Boye, J.I. 2011. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory properties of lentil protein hydrolysates: determination of the kinetics of inhibition. *Food Chemistry*, 127:94-101. *Food Chemistry*, 01 Jul 2011, 127(1): 94-101.
- [32] Arcan, I., and Yemenicioglu, A. 2007. Antioxidant activity of protein extracts from heat-treated or thermally processed chickpeas and white beans. *Food Chemistry*, 103 (2), 301-312. December 2007 *Food Chemistry*.
- [33] Kiosseoglou, V. & Paraskevopoulou, A. (2011). Functional and physicochemical properties of pulse proteins. In: *Pulse Foods: Processing, Quality and Nutraceutical Applications*. (edited by B.K. Tiwari, A. Gowen & B. McKenna) Pp. 57–90. Cambridge, MA: Academic Press.
- [34] Farooq, Z. & Boye, J.I. (2011). *Novel Food and Industrial Applications of Pulse Flours and Fractions*. Pulse Foods, 1st edn. Amsterdam: Elsevier Ltd.
- [35] Joshi, M., Adhikari, B., Aldred, P., Panozzo, J.F. & Kasapis, S. (2011). Physicochemical and functional properties of lentil protein isolates prepared by different



Optimization of Water and Oil Absorption Capacity of Bilesavar Lentil Protein by Surface Method

Dehghani, M.¹, Zamindar, N.^{2*}

1. Graduated Master, 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	ABSTRACT
Article History: Received 2022/ 08/ 28 Accepted 2023/ 01/ 29 Keywords: Lentil, Physicochemical properties, Protein, Response surface. DOI: 10.22034/FSCT.19.133.69 DOR: 20.1001.1.20088787.1401.19.133.6.1 *Corresponding Author E-Mail: n.zamindar@khuisf.ac.ir	The increase in the needs of the population for protein causes research on natural and plant products that can be a good substitute for animal proteins. Lentil is a rich source of protein containing 20/6 to 31/4% protein. As a result, trying to investigate the physicochemical properties of its protein and replacing animal proteins is considered important. In this research, the optimization of water and oil absorption capacity of Bilesavar green lentils was investigated using the response surface method and Design Expert 11 software. For this purpose, central composite design with three independent variables and 6 central points was used. 20 treatments resulting from the combination of three independent variables pH (8/5-10) and centrifugation time (20-60 minutes) and centrifugation temperature (4-30°C) were evaluated. The results showed the decreasing effect of pH and time on the water absorption capacity, indicating that with the increase of pH and time, the water absorption capacity decreased. Temperature and pH had decreasing effect and time had an increasing effect on oil absorption capacity. Applying the optimized conditions, the oil and water absorption capacity for the optimum point were obtained 1/235 and 1/373, respectively. For validation, optimized predicted and experimented data were compared using T student test ($p < 0/05$).