

# استخراج آبی آنزیمی روغن از دانه روغنی سویا

مرضیه دباغها<sup>۱</sup>، منوچهر وثوقی<sup>۲\*</sup>

۱- کارشناسی ارشد مهندسی شیمی گرایش صنایع غذایی دانشگاه فردوسی مشهد  
۲- دکترای مهندسی شیمی، استاد دانشگاه صنعتی شریف دانشکده مهندسی شیمی و نفت  
(تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۹/۷/۲۲)

## چکیده

در مقایسه با روش های سنتی استخراج روغن، روش استخراج آبی، آنزیمی بر پایه استفاده از آب به عنوان حلال و آنزیم های تخریب کننده دیواره سلولی برای تسهیل جداسازی همزمان و آسان روغن، پروتئین و فیبر است. از نظر محیط زیستی فرآیند استخراج آبی - آنزیمی در مقایسه با روش فعلی بسیار پاکیزه تر است. این مقاله گزارش پروژه ای است که در مقیاس آزمایشگاهی به مطالعه روش استخراج آبی - آنزیمی از دانه سویا می پردازد. در این پروژه اثر متغیرهای عملیاتی نظیر غلظت آنزیم، زمان استخراج، نسبت رقت، سایز ذره و سه اثر تداخلی در بازده نهایی ارزیابی شده و پارامترهای عملیاتی با استفاده از روش تاگوچی بهینه سازی می شوند. مطالعات آماری داده ها حاکی از این است که بعد از اثر تداخلی بین ۲ عامل نسبت رقت و دور همزدن، سایز ذره مؤثرترین فاکتور در میزان بازده است. در نهایت آزمایش تأیید در شرایط بهینه پیش بینی شده توسط نرم افزار انجام شد و در این شرایط بیشترین میزان بازده استخراج برابر با ۶۱٫۴۲٪ اندازه گیری شد.

**کلید واژگان:** استخراج آبی آنزیمی، دانه سویا، روش تاگوچی، آنزیم

## ۱- مقدمه

اشباعیت بالا و پایداری با دما در بین روغن های خوراکی از جایگاه خاصی برخوردار است همچنین، روغن سویا حاوی مقدار زیادی اسید لینولئیک و مقدار نسبتاً زیادی اسید لینولنیک است. به دلایل اقتصادی و عملی هگزان عمده ترین حلال مورد استفاده در استخراج روغن از دانه های روغنی مختلف نظیر سویا، افتاب گردان، کتان و ... به شمار می رود. هگزان بازده بسیار بالایی در استخراج روغن از دانه های روغنی دارد و تقریباً هر جزء محلول در روغن را تا ۵٪ مواد ناخواسته، (اما از نظر غذایی ارزشمند) استخراج می کند. این به آن معناست که تفاله به جامانده که آلوده به هگزان است، دیگر حاوی مواد مغذی مهم محلول در روغن نظیر: فیتوسترول ها، ویتامین E، فسفاتیدیل کلین و سایر لیستین های طبیعی نیست. هگزان علاوه بر روغن، فسفولیپیدها را هم استخراج می کند که در مرحله صمغ زدایی باید از روغن جدا شود. علاوه بر این هگزان اجزاء با وزن مولکولی بالا را نیز استخراج

روغن ها در گروه کالاهای مصرفی ضروری جای گرفته و دارای ارزش غذایی بالا هستند و علاوه بر تأمین انرژی لازم برای فعالیت انسان نقش مهمی در بقای سلامت و ادامه حیات دارند. همچنین اسیدهای چرب اساسی مانند اسید لینولئیک و اسید لینولنیک که نقش آنها در سلامت انسان به اثبات رسیده و بدن قادر به ساختن آنها نیست از مصرف روغن تأمین می شود. به همین دلیل بهبود کیفیت روغن همیشه یکی از دغدغه های محققان در این زمینه بوده است.

دانه سویا یکی از منابع ارزشمند دانه های روغنی است. پروتئین موجود در دانه سویا ۳۸-۳۵٪ بوده و کیفیت آن با پروتئین محصولات گوشتی و شیر برابری و تنها منبع گیاهی است که حاوی یک پروفایل کامل پروتئین است. بر اساس تحقیقات انجام شده ۱/۴ روغن مصرفی جهان و بیش از ۸۰٪ روغن خوراکی ایالت متحده را روغن سویا تشکیل می دهد. دانه سویا بزرگترین منبع تولید روغن خوراکی در جهان است و روغن سویا به علت میزان غیر

\* مسئول مکاتبات: vossoughi@sharif.edu

می‌کند که موجب بروز رنگ تیره در روغن می‌شود. از طرف دیگر، اتلاف روزانه غیر قابل پیش‌گیری هگزان (حتی در طراحی‌های پیشرفته) به محیط زیست بزرگترین مشکل واحدهای استخراج روغن است. واحد-های قدیم، ۰٫۵٪ در هر تن خوراک اتلاف هگزان داشتند و امروزه در واحدهای پیشرفته این مقدار به ۰٫۱۵٪ رسیده است. آتش‌زایی و فرار آتشی هگزان نیز در ۵۰ سال گذشته باعث آتش‌سوزی در واحدهای روغن‌گیری بسیار و خسارت‌های مالی و جانی فراوانی شده است [۱].

بنابراین نیاز به ابداع روشی جایگزین در استخراج روغن بیش از پیش احساس می‌شود. فرایند استخراج آبی آنزیمی، روشی است ایمن و عاری از خطرات محیط زیستی فوق که برای استخراج پروتئین و روغن از دانه به کار می‌رود و در آن روغن استخراج شده اصولاً به شکل خالص بوده و پروتئین نیز تقریباً به صورت دنا توره نشده بازیافت می‌شود.

هدف از این پروژه تعیین متغیرهای عملیاتی بهینه و شناخت چگونگی تاثیر آنها بر بازده استخراج به روش آبی آنزیمی است.

## ۲- مواد و روش‌ها

در ابتدا دانه روغنی سویای مصرفی در پروژه، آنالیز شده و درصد روغن اولیه، رطوبت، پروتئین و خاکستر تعیین گردید. جدول ۱. سپس دانه‌ها آسیاب شده و برای رسیدن به سایز مورد نظر آزمایش از مش مربوط رد شدند.

آنزیم‌های مصرفی در این پروژه از گروه هیدرولازها بوده و بر اساس ترکیباتی که لازم است تحت هیدرولیز قرار گیرند از ۳ خانواده عمدتاً پکتینازها، پروتئینازها و سلولازها انتخاب شدند [۲].

### ۲-۱- پکتیناز

آنزیم پکتیناز تهیه شده از منبع فارچی اسپرژیلوس نایچر<sup>۱</sup>، با نام تجاری Pectinex ultra Sp به حالت فیزیکی مایع، رنگ قهوه‌ای و دارای دانسیته تقریبی ۱٫۱۲g/ml است. فعالیت آنزیم برابر ۱/گالاکتورونیک اسید ۲۶۰۰۰ است که این فعالیت در PH=3.5 و دمای

### جدول ۱ آنالیز اولیه دانه سویای مصرفی

درصد روغن	٪۱۹٫۲
درصد رطوبت	٪۱۰٫۸
درصد پروتئین	٪۳۹٫۴
درصد خاکستر	٪۴٫۹۳

## ۲-۲- پروتئیناز

آنزیم پروتئیناز مصرفی تهیه شده از رشته باسیلوس لیکنیفورمیس<sup>۲</sup>، با نام تجاری Alcalase 2.4L به حالت فیزیکی مایع، رنگ قهوه‌ای و دانسیته تقریبی ۱٫۲g/ml، یک اندوپروتئیناز<sup>۳</sup> با فعالیت ظاهری برابر ۲٫۴ Au/g<sup>۴</sup> معادل با ۲۷۳۶ Iu<sup>۵</sup> است، هنگامی که از سویا به عنوان سوبسترا در PH = 8.0 و دمای ۵۰°C استفاده شود.

## ۲-۳- سلولاز

آنزیم سلولاز با نام تجاری Cellubrix L به حالت فیزیکی مایع، رنگ قهوه‌ای و دانسیته تقریبی ۱٫۲g/ml فعالیت ظاهری برابر ۷۰۰ EGu/g دارد. این آنزیم معمولاً همراه پکتینازها مصرف می‌شود. شرایط بهینه کاری PH حدود ۵٫۰ و دمای ۵۵°C - ۴۵°C است.

## ۲-۴- طراحی آزمایشات

با توجه به مزایای روش تاگوچی در مقایسه با سایر روش‌های تک عاملی و چند عاملی، در این پروژه از روش تاگوچی به منظور طراحی آزمایشات و بهینه‌سازی شرایط استخراج استفاده شده است و در طراحی آزمایشات و آنالیز نتایج از نرم افزار Qualitek-4 کمک گرفته شده است [۳].

بر مبنای روش تاگوچی فاکتورهای تأثیرگذار بر فرآیند استخراج و سطوح آنها با توجه به مطالعات انجام شده و مقالات موجود در این زمینه، به شرح آورده شده در جدول ۲ انتخاب شد.

با توجه به بررسی‌های انجام شده، به نظر می‌رسد که بین ۷ فاکتور تأثیرگذار وجود تداخل<sup>۶</sup> دور از ذهن نیست.

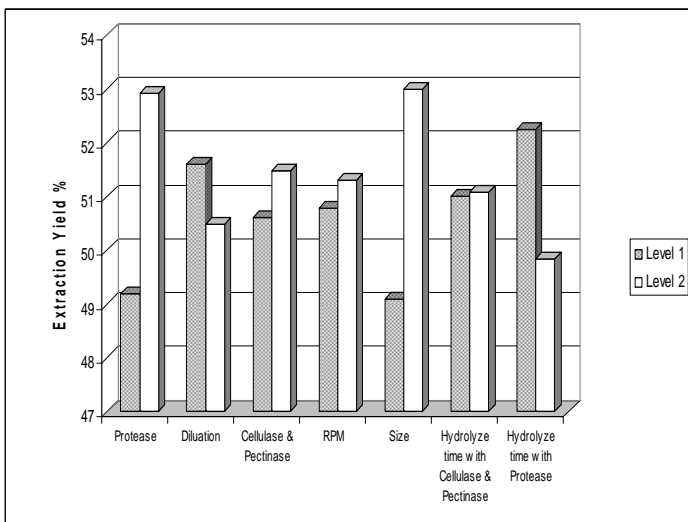
2. Bacillus licheniformis
3. Endo protease
4. Au: Anson unit
5. Lu: International standard unit
6. Interaction

1. Aspergillus niger

تفاله جامد باقی مانده در ته ظرف سانتریفوژ جمع‌آوری، در آون با دمای  $115^{\circ}\text{C}$  -  $100^{\circ}\text{C}$  خشک و میزان روغن باقی مانده در آن توسط روش سوکسله تعیین گردید.

## ۳- نتایج

۱۶ آزمایش طبق شرایط و ترتیب طراحی شده توسط نرم‌افزار انجام شد و بازده هر آزمایش مجاسبه گردید جدول ۵. نتایج بدست آمده توسط نرم‌افزار Qualitec4 تحت بررسی قرار گرفت و تحلیل آماری واریانس برای تعیین سهم هر یک از عوامل تحت بررسی در فرآیند به کار گرفته شد. جدول ۶ و نمودار شماره ۱.



نمودار ۱ مقایسه بازده استخراج در سطوح مختلف

از بین ۷ فاکتور و ۳ اثر متقابل که مورد بررسی قرار گرفت، اثر متقابل بین دو فاکتور نسبت رقت و سرعت هم‌زدن بیشترین تأثیر و بعد از آن سایز ذره سویا، درصد آنزیم پروتئاز مصرفی و زمان هیدرولیز با آنزیم پروتئاز تأثیرگذارترین فاکتورها در میزان بازده استخراج هستند. شدت این اثرات در نمودار شماره ۱ نشان داده شده است.

نتایج حاکی از این است که سایز ذره یکی از تأثیرگذارترین عوامل در میزان بازده خواهد بود و با ریز شدن بیشتر دانه سویا بازده استخراج نیز افزایش می‌یابد.

بنابراین ۳ تداخل تعیین شد تا علاوه بر اثر فاکتورها، شدت و اثر تداخل این فاکتورها نیز تحت بررسی قرار گیرد. جدول (۳)

با توجه به ۷ فاکتور ۲ سطحی و ۳ تداخل بین فاکتور انتخاب شده، آرایه انتخابی مناسب، آرایه متعامد  $L_{16}$  با ۱۶ آزمایش بوده و شرایط انجام آزمایشات به شرح آورده شده در جدول ۴ می‌باشد. در این شکل شرایط سطوح هر فاکتور با اعداد ۱ و ۲ در آزمایشات نشان داده شده است.

## ۲-۵- روش آزمایش

ابتدا دانه سویا به خوبی آسیاب شده و برای رسیدن به اندازه مورد نظر در هر آزمایش از مش مخصوص عبور داده شد، سپس سوسپانسیون دانه و آب مقطر جوشیده تا نسبت رقت مورد نظر در هر آزمایش تهیه و سوسپانسیون کاملاً هم‌زده شد. آنگاه  $\text{PH}$  و دمای محلول در مقادیر بهینه عملکرد آنزیم‌های سلولاز و پکتیناز تنظیم شد.  $\text{PH} = 5.0^{\circ}\text{C}$  و دمای محلول  $50^{\circ}\text{C}$ .

آنگاه درب ظرف با کاغذ پارافینی بسته و به مدت لازم در شیکر با دور معین و دمای تنظیم شده در  $50^{\circ}\text{C}$  قرار داده شد. بعد از طی زمان هیدرولیز اولیه با آنزیم‌های سلولاز و پکتیناز و تخریب بافت سلولزی و پکتینی، مرحله دوم آنزیم‌زنی به منظور هیدرولیز بافت پروتئینی است.

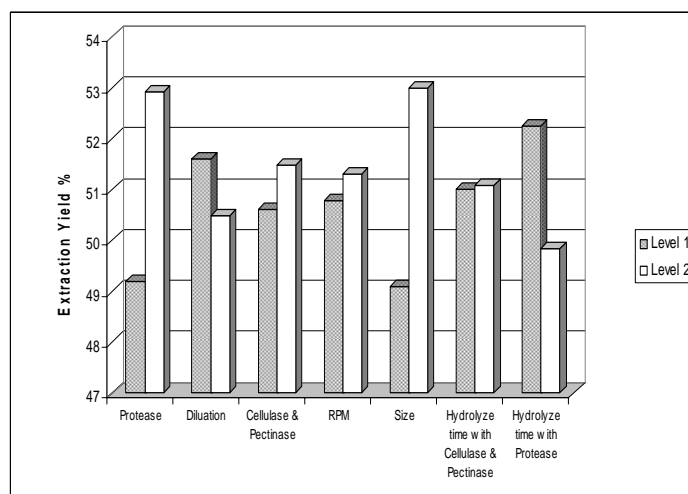
$\text{PH}$  این مرحله توسط محلول سود ۱ نرمال در  $\text{PH}$  بهینه عملکرد آنزیم آلکالاز،  $\text{PH}=8.3$  و دمای آن در  $55^{\circ}\text{C}$  تنظیم شد، درب ارلن با کاغذ پارافینی بسته و در شیکر با دمای تنظیم شده  $55^{\circ}\text{C}$  و دور معین قرار گرفت. پس از طی دومین مرحله هیدرولیز، برای از بین بردن فعالیت آنزیم‌های موجود، دمای مخلوط سریعاً به  $80^{\circ}\text{C}$  -  $75^{\circ}\text{C}$  و  $\text{PH}$  محلول نیز توسط اسید کلریدریک ۰.۱ نرمال به ۷ رسید.

بعد از طی این مراحل، سوسپانسیون حاصل به مدت ۱۵ دقیقه با دور  $4800 \text{ rpm}$  در دمای  $15^{\circ}\text{C}$  تحت سانتریفوژ قرار گرفت. نتیجه این سانتریفوژ سه فاز: جامد باقی مانده، فاز آبی پروتئین و بر روی آنها فاز کرم امولسیون روغن استخراج شده و پروتئین هیدرولیز شده، است.

زمان هیدرولیز اول مدتی است که بافت های پلی ساکاریدی دیواره با آنزیم های پکتیناز و پروتئاز تحت تخریب قرار می گیرند. طبق نمودار شماره ۱ افزایش زمان هیدرولیز اول از ۱ ساعت به ۳ ساعت تأثیر چندانی در میزان بازده نخواهد داشت و تخریب اصلی در همان ۱ ساعت اول انجام می پذیرد ولی افزایش زمان تأثیر برای آنزیم پروتئاز باعث افزایش بازده استخراج خواهد شد. نمودار ۵ و ۶.

همانطور که در نمودار مربوط به اثر رقت مشاهده می شود، میزان بازده استخراج در سطح ۱ رقت یعنی ۷:۱ بیشتر از میزان رقت در سطح ۲ است. بر مبنای تجارب موجود پیشنهاد می شود که در اکثر حالات یک مقدار مینیمم آب برای استخراج بهینه روغن لازم است. در کمترین میزان رقت لازم، ویسکوزیته افزایش می یابد و در نتیجه هم زدن دچار مشکل می شود. از دیدگاه فرآیندی نیز، نسبت های بالای آب به جامد به علت اینکه منجر به فرآیندهای اضافی بیشتر مثل سانتریفوژ و نیز افزایش زمان و ظرفیت سانتریفوژ می گردد، مناسب نیست.

نتایج حاصل از تحلیل نرم افزار نشان داد که فرضیه وجود تداخل بین عوامل کاملاً به جاست. از ۳ اثر متقابل انتخابی، شدت تداخل بین سایز ذره و درصد آنزیم پروتئاز ناچیز و قابل صرف نظر است ولی اثر متقابل دیگر، بین دور هم زدن و نسبت رقت با حدود ۰.۴۱ قابل توجه است، شدت اثر تداخلی بعدی؛ بین دور هم زدن و درصد آنزیم پروتئاز نیز ناچیز و حدود ۰.۳ است. جدول ۶.



نمودار ۲ نمودار اثر ۲ سطح متفاوت فاکتورها بر

روی بازده استخراج

در فرآیندهای معمول، دانه سویا قبل از استخراج با هگزان پوست گیری شده و برای حداقل کردن مسیر نفوذ برای استخراج روغن به تکه های کوچک تبدیل می شود. از آنجا که استخراج روغن در این روش بر مبنای انتقال جرم است، لذا شکستن دیواره سلولی در استخراج آنزیمی برای افزایش بازده روغن الزامی است و سایز کوچکتر ذرات فرآیند انتقال جرم را تسهیل می کند.

همچنین نتایج نشان داد که سرعت هم زدن بیشتر به بالاتر رفتن بازده کمک می کند، به این علت که سرعت های بالاتر به شکسته شدن دیواره سلولی دانه سویا کمک می کند و این همان چیزی است که در استخراج با آب به آن نیاز داریم چون آب نمی تواند روغن را از دیواره سلولی دست نخورده و سالم استخراج کند.

نتایج نشان داد که غلظت آنزیم ها نیز در بالا بردن بازده استخراج موثرند. چون آنزیم ها عامل تخریب دیواره سلولی و رهایش روغن به دام افتاده در لایه های پروتئینی و پلی ساکاریدی هستند، بدیهی است افزایش میزان آنها در بهبود میزان بازده استخراج مؤثر خواهد بود.

جدول ۲ فاکتورهای مؤثر و سطوح انتخابی در آزمایشات

فاکتورها	سطح ۱	سطح ۲
۱ نسبت رقت	۷:۱	۱۲:۱
۲ دور هم‌زدن	۱۸۰rpm	۲۲۰rpm
۳ درصد آنزیم پروتئاز	٪۳	٪۵
۴ درصد آنزیم‌های سلولاز و پکتیناز	٪۱	٪۲
۵ زمان هیدرولیز مرحله دوم	۱۲ ساعت	۵,۳۰ ساعت
۶ سایز ذره	۵۰۰ میکرون	۳۵۵ میکرون
۷ زمان هیدرولیز اولیه	۳ ساعت	۱ ساعت

جدول ۳ فاکتورهای مؤثر، سطوح و تداخل‌های انتخابی در آزمایشات

فاکتور	سطح ۱	سطح ۲
۱ نسبت رقت	۷:۱	۱۲:۱
۲ دور هم‌زدن	۱۸۰rpm	۲۲۰rpm
۳ دور هم‌زدن * نسبت رقت	تداخل*	*
۴ درصد آنزیم پروتئاز	٪۳	٪۵
۵ درصد آنزیم‌های سلولاز و پکتیناز	٪۱	٪۲
۶ دور هم‌زدن * درصد آنزیم پروتئاز	تداخل*	-----
۷ زمان هیدرولیز مرحله دوم	۱۲ ساعت	۵,۳۰ ساعت
۸ سایز ذره	۵۰۰ میکرون	۳۵۵ میکرون
۹ زمان هیدرولیز اولیه	۳ ساعت	۱ ساعت
۱۰ COLUMN UNUSED	-----	-----
۱۱ COLUMN UNUSED	-----	-----
۱۲ سایز ذره * درصد آنزیم پروتئاز	تداخل*	-----

جدول ۴ آرایه متعامد L16

	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
آزمایش ۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۱
آزمایش ۲	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲	۲	۰	۰	۲
آزمایش ۳	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۰	۰	۲
آزمایش ۴	۱	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۲	۲	۰	۰	۱
آزمایش ۵	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۰	۰	۱
آزمایش ۶	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۲	۲	۰	۰	۲
آزمایش ۷	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۲
آزمایش ۸	۱	۲	۲	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۰	۰	۱
آزمایش ۹	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۰	۰	۱
آزمایش ۱۰	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۲	۲	۱	۰	۰	۲
آزمایش ۱۱	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۰	۰	۲
آزمایش ۱۲	۲	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۲	۱	۰	۰	۱
آزمایش ۱۳	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۱	۲	۰	۰	۱
آزمایش ۱۴	۲	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۲	۱	۰	۰	۲
آزمایش ۱۵	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۱	۲	۰	۰	۲
آزمایش ۱۶	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۲	۲	۱	۰	۰	۱

جدول ۵ بازده آزمایشات

شماره	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶
بازده %	۴۴٫۲	۴۹٫۴۸	۴۸٫۴۳	۵۲٫۶	۴۹٫۸۴	۵۳٫۶۵	۵۵٫۹۶	۵۸٫۶۸	۴۶٫۹۷	۵۲٫۰۸	۵۴٫۱۷	۵۸٫۳۳	۴۷٫۳۱	۴۹٫۹۱	۴۵٫۸۳	۴۹٫۳

جدول ۶ اثرات اصلی هر فاکتور

فاکتور	درجه آزادی	جمع مربعات	واریانس	نسبت F	جمع خالص	درصد
۱ فاکتور	۱	۵,۰۷۲	۵,۰۷۲	۱۰,۷۵۶	۴,۶۰۱	۱,۶۷۷
۲ رقت	۱	۱,۰۷۵	۱,۰۷۵	۲,۲۸۰	۰,۶۰۴	۰,۲۲۰
۳ دور همزدن	۱	۱۱۳,۱۵۵	۱۱۳,۱۵۵	۲۳۹,۹۳۹	۱۱۲,۶۸۳	۴۱,۰۸۲
۴ رقت * دور هم زدن	۱	۵۵,۴۶۱	۵۵,۴۶۱	۱۱۷,۶۰۲	۵۴,۹۸۹	۲۰,۰۴۸
۵ غلظت پروتئاز	۱	۳,۱۲۰	۳,۱۲۰	۶,۶۱۶	۲,۶۴۸	۰,۹۶۵
۶ سلولاز * پکتیناز	۱	۸,۵۱۴	۸,۵۱۴	۱۸,۰۵۳	۸,۰۴۲	۲,۹۳۲
۷ دور همزدن * غلظت پروتئاز	۱	۲۳,۵۴۹	۲۳,۵۴۹	۴۹,۹۳۴	۲۳,۰۷۷	۸,۴۱۳
۸ زمان هیدرولیز با پروتئاز	۱	۶۱,۰۳۷	۶۱,۰۳۷	۱۲۹,۴۲۵	۶۰,۵۶۵	۲۲,۰۸۱
۹ سایز ذره	(۱)	(۰,۰۱۹)				۰,۰۰۰
۱۲ زمان هیدرولیز اولیه	(۱)	(۰,۲۹۸)				۰,۰۰۰
سایر/خطا	۷	۳,۳۰۰	۰,۴۷۱			۲,۵۸۲
جمع	۱۵	۲۷۴,۲۸۷				۱۰۰%

جدول ۷ شرایط بهینه استخراج

فاکتور	سطح انتخابی	سطح	تاثیر
۱	نسبت رقت	۷	۰,۵۶۳
۲	دور هم زدن	rpm۲۲۰	۰,۲۵۹
۳	دور هم زدن * نسبت رقت	.....	۲,۶۵۹
۴	درصد آنزیم پروتئاز	۰,۰۵	۱,۸۶۱
۵	درصد آنزیم های سلولاز و پکتیناز	۰,۰۲	۰,۴۴۱
۶	دور هم زدن * درصد آنزیم پروتئاز	.....	۰,۷۲۹
۷	زمان هیدرولیز مرحله دوم	۱۲ ساعت	۱,۲۱۳
۸	سایز ذره	۳۵۵ میکرون	۱,۹۵۳
۹	زمان هیدرولیز اولیه	۱ ساعت	۰,۰۳۵
۱۲	سایز ذره * درصد آنزیم پروتئاز	.....	۰,۱۳۸
سهم کلیه فاکتورها			۹,۸۵
متوسط عملکرد فعلی			۵۱,۰۵
نتیجه پیش بینی شده در شرایط بهینه			۶۰,۹۰۱

توجه قرار گرفته است. این روش در مقیاس آزمایشگاهی و نیمه آزمایشگاهی در این پروژه برای بار اول در کشور انجام پذیرفت.

در این طرح کلیه پارامترهای مؤثر در فرآیند، بررسی و بهترین شرایط برای استخراج معین شد. با توجه به نتایج بدست آمده، استفاده از روش های مکانیکی قوی تر در شکست دیواره سلولی، کوچک تر کردن اندازه ذره و استفاده از روش هایی نظیر اولتراسونیک برای شکست بیشتر دیواره سلولی، استفاده همزمان از فرآیندهای مکانیکی نظیر پرس در مقیاس های بزرگتر و استفاده از تجهیزات امولسیون شکن نظیر jet type homogenizer جهت بهبود نتیجه در ادامه کار پیشنهاد می شود.

#### ۴- منابع

- [1]SANTOS, Renata Dinnies and FERRARI, Roseli Aparecida. "Aqueous Enzymatic of Soybean Oil". Ciênc. Tecnol. Aliment. Jan. /Mar. 2005, vol.25,  
[2]Official & Tentative Methods of American oil Chemists Society", vol. 1 third edition , AOCS 1964

پس از بررسی های مربوط به شدت اثر عوامل و چگونگی تأثیر پاسخ با تغییر عوامل و نیز اثرات متقابل، شرایط بهینه استخراج با انجام محاسبات آماری توسط نرم افزار به شرح جدول ۷ تعیین گردید.

همانطور که در این جدول مشخص است بیشترین میزان بازده استخراج هنگامی رخ می دهد که فاکتور نسبت رقت در سطح ۱، ۷:۱ و دور هم زدن در سطح ۲: rpm ۲۲۰ تنظیم شده باشد و تنظیم این دو فاکتور در این سطوح دارای اثر تداخلی مثبت و باعث افزایش بازده می گردد.

با تعیین شرایط بهینه استخراج مقدار بازده استخراج، آزمایش تأیید در مقیاس ۵۰۰ میلی لیتری با دو بار تکرار انجام شد و میزان بازده در هر دو مرحله به ۶۰,۷۲٪ و ۶۱,۴۲٪ رسید.

با توجه به وجود کارخانجات متعدد استخراج روغن و اهمیت بالای کیفیت روغن و نقش آن در سلامت جامعه، لزوم بهبود و توسعه روش های جدید استخراج یکی از دغدغه های بخش استخراج روغن است.

استخراج آبی آنزیمی یکی از جدیدترین روش های استخراج روغن می باشد که در سال های اخیر به خصوص در مورد دانه آفتابگردان و سویا در دنیا مورد

- Enzymatic of Soybean Oil". *Ciênc. Tecnol. Aliment. Jan. /Mar. 2005*, vol.25, no.1, p.132-138. ISSN 0101-2061.
- [9] Rosenthal A, Pyle DL, Niranjana K, Gilmour S, Trinca L "Combined effect of Operational Variables and Enzyme Activity on Aqueous Enzymatic Extraction of Oil and Protein from Soybean" *Enzyme Microb. Technol.* 2001 Apr 5;28(6):499-509
- [10] H. Domínguez, M. J. Núñez and J. M. Lema "Enzyme Assisted Hexane Extraction of soya bean Oil" *Food Chemistry*, Volume 54, Issue 2, 1995, Pages 223-231
- [11] J. Sineiro, H. Domínguez, M. J. Núñez & J. M. Lema, "Optimization of the Enzymatic Treatment during Oil Extraction from Sunflower seeds" *Food Chemistry*, Vol .61, No.4 pp.467-474, 1998.
- [12] Sugarman, N., "Process for simultaneously extracting oil and protein from oleaginous materials", US Patent 2,762,820
- [3] AOAC. Official methods of analysis, 15th ed. "Association of Official Analytical Chemists", Washington DC
- [4] D.A. Rickert, L.A. Johnson\*, P.A. Murphy, C.E. Glatz, S. Jung "Aqueous and Enzyme-Assisted Edible Oil Extraction and Recovery: A Review" Department of Food Science and Human Nutrition and Center for Crops Utilization and Research, Iowa State University, Ames, Iowa
- [5] Roy, R., "Design of experiments using the Taguchi approach, 16 steps to product & Process Improvement", John Wiley & Sons, 2001
- [6] Ross, P. J., "Taguchi techniques for Quality Engineering", McGraw-Hill 2nd edition, 1996
- and SANTOS, Renata Dinnies [7] "Aqueous FERRARI, Roseli Aparecida of Soybean Oil". *Ciênc. Enzymatic Tecnol. Aliment. Jan. /Mar. 2005*, vol.25,
- [8] SANTOS, Renata Dinnies and FERRARI, Roseli Aparecida. "Aqueous



## Effect of operational variables on aqueous enzymatic oil extraction from soybean

Dabbaghha, M. <sup>1</sup>, Vossoughi, M. <sup>2\*</sup>

1- Master of Chemical engineering - food science, Department of Chemical Engineering Facultative Engineering Department Ferdowsi Univ.

2- Professor of Sharif university of technology, Department of Chemical and Petroleum Eng., Sharif Univ. of Tech

3- Institute for Nano-Science and Nano-technology, Sharif Univ. of Tech.

(Received: 89/5/21 Accepted: 89/7/22)

In comparison with traditional extraction methods, aqueous enzymatic extraction of oil from oilseeds is a recent clean technology. This paper reports work performed at laboratory scale to extract soybean oil by aqueous enzymatic extraction method.

In the present work the influence of enzymes concentration, extraction time, dilution ratio, particle size and 3 interactions in the final yield are evaluated and process parameters have been optimized by Taguchi method. 16 extraction experiments carried out, statistical analysis showed that particle size was the most significant variable in oil extraction. The maximal oil extraction yield was 61.42%.

**Key Words:** Aqueous enzymatic extraction, Cellulase soybean oil, Pectinase, Protease, Taguchi method

---

\* Corresponding author email address: vossoughi@sharif.edu