Archive of SID



# بررسی اثر ترکیبی صمغ دانه مرو و پروتئین آب‌پنیر بر پایداری امولسیون روغن در آب با استفاده از روش سطح پاسخ

**احسان اکبری[1]، محمد قربانی[2]، علیرضا صادقی ماهونک[2]، مهران اعلمی[2]، مهدی کاشانی نژاد[2]، احمد نصرالله زاده[3]***

**1. دانش آموخته کارشناسی ارشد، شیمی مواد غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان**
**2. دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان**
**3. دانش آموخته کارشناسی ارشد، میکروبیولوژی مواد غذایی، دانشکده علوم و صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان**

**(تاریخ دریافت: 95/1/27، تاریخ پذیرش: 95/5/27)**

## چکیده

مرو یکی از دانه‌های بومی ایران است که به‌علت دارا بودن موسیلاژ فراوان می‌تواند به‌عنوان یکی از منابع جدید هیدروکلوئیدی در پایداری امولسیون‌ها مورد استفاده قرار گیرد. از طرفی پروتئین آب‌پنیر هم به‌عنوان یکی از امولسیفایرهای مناسب در صنعت غذا، مطرح می‌باشد. این مطالعه با هدف بررسی اثر ترکیبی صمغ دانه مرو و پروتئین آب‌پنیر بر پایداری امولسیون روغن در آب با استفاده از روش سطح پاسخ انجام گرفت. به این منظور امولسیون با غلظت‌های مختلف صمغ، gr 0/2-0/75، پروتئین، gr 1/5-0/5 و روغن، cc 20- 40 در cc 80 آب تهیه گردید. ویژگی‌های امولسیون نظیر اندازه قطرات، اندیس پایداری، ویسکوزیته و خاصیت امولسیون‌کنندگی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد با افزایش میزان غلظت صمغ و پروتئین، اندازه قطرات کاهش یافته است و افزایش غلظت پروتئین از 0/5 به 1 درصد تاثیر بیش‌تری بر کاهش اندازه داشت در حالی که افزایش میزان روغن منجربه افزایش اندازه قطرات گردید. هم‌چنین با افزایش غلظت صمغ خاصیت امولسیون‌کنندگی افزایش می‌یابد. ضمن این‌که با افزایش میزان غلظت پروتئین تا 1/25 درصد خاصیت امولسیون‌کنندگی افزایش یافت، اما در غلظت‌های بالاتر تاثیر معنی‌داری را نشان نداد. نتایج ویسکومتری نشان داد که رفتار جریانی کلیه نمونه‌های تهیه شده غیرنیوتونی از نوع رقیق شونده با برش بوده و بهترین مدل برای توصیف داده‌ها هرشل‌بالکلی می‌باشد و تغییرات ویسکوزیته ظاهری در نقاط ابتدایی و کم‌تر از 100 (معکوس ثانیه) شدیدتر بود. افزایش صمغ به امولسیون به‌طور معنی‌داری ویسکوزیته را افزایش داد.

**واژه‌های کلیدی: صمغ دانه مرو، پروتئین آب پنیر، امولسیون آب در روغن، اندیس پایداری.**

* نویسنده مسئول: ahmadnasrolahzade@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID



## 1- مقدمه

امولسیون از لحاظ ترمودینامیکی یک سیستم ناپایدار است که این ناپایداری را به‌طور معمول از طریق فلوکوله شدن، کوالسنس شدن یا خامه‌ای شدن نشان می‌دهد. پایداری سنتیکی را می‌توان از طریق افزودن امولسیفایر و یا عوامل پایدارکننده در امولسیون ایجاد کرد. پروتئین، امولسیفایری است که به‌طور معمول در امولسیون‌های غذایی به تنهایی و یا همراه با پلی‌ساکاریدها مورد استفاده قرار می‌گیرند. زمانی که به‌صورت ترکیبی در سیستم‌های امولسیونی مورد استفاده قرار گیرند، توانایی کنترل بافت، ساختار و پایداری بهتری از خود نشان می‌دهند [1]. پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها از اجزای معمول امولسیون‌های غذایی هستند که به‌طور قابل توجهی توانایی پایداری امولسیون روغن در آب را دارا می‌باشند. در سیستم‌های امولسیونی ترکیب پروتئین-پلی ساکارید نسبت به امولسیون‌هایی که تنها پروتئین در آن استفاده شده، با پوشش دادن قطرات موجود در امولسیون، سبب مقاومت آن‌ها در مقابل تنش‌های محیطی (تغیرات pH، غلظت بالای یون و افزایش دما) می‌شود. علت آن را می‌توان به لایه‌ای از پروتئین و پلی‌ساکارید که اطراف قطرات را احاطه کرده و با کاهش نیروی واندروالسی بین قطرات باعث افزایش ممانعت فضایی بین قطرات می‌گردد، نسبت داد. هر چند که امولسیون پایدار شده با ترکیب پروتئین و پلی‌ساکارید، بیش‌تر تحت تاثیر غلظت پلی‌ساکارید قرار می‌گیرد. تغییرات یون و pH در فاز آبی امولسیون، سبب گسستگی نیروهای الکترواستاتیک ترکیبات و کاهش پایداری امولسییون می‌گردد [2] پروتئین‌ها به‌طور معمول در ترکیب با پلی ساکارید به‌منظور بهبود ثبات قطرات روغن در برابر خامه‌ای شدن و دیگر پدیده‌های ناپایدارکننده در امولسیون‌ها استفاده می‌شوند. از طرفی پلی ساکاریدها مولکول‌های فعال سطحی نبوده و به‌طور معمول به‌عنوان عوامل افزایش ضخامت و به‌منظور افزایش ویسکوزیته فاز آبی و به تاخیر انداختن مکانیسم‌های بی ثباتی (ناپایدار کنندگی) به امولسیون اضافه می‌شوند [3].

پروتئین‌ها اغلب به‌عنوان امولسیفایر و به‌منظور پایداری قطرات در مقابل فولکوله یا کوالسنس شدن در امولسیون‌ها به کار برده می‌شوند. پروتئین آب‌پنیر یکی از منابع پروتئینی است که به‌طور گسترده به‌عنوان امولسیفایر در صنعت غذا کاربرد دارد. در طی مراحل تهیه امولسیون، مولکول‌های پروتئین به سرعت جذب سطوح قطرات شده و با ایجاد پوشش محافظت کننده، کشش سطحی را کاهش می‌دهند [4].

علی‌پور و همکاران جهت پایداری امولسیون روغن ذرت در آب از صمغ قدمه شیرازی و پروتئین آب‌پنیر استفاده کردند. این محققین گزارش کردند در امولسیون‌های تهیه شده با افزایش نسبت صمغ قدمه شیرازی به پروتئین آب‌پنیر ویژگی‌های امولسیونی نظیر بار منفی در سطح ذرات، اندازه قطرات روغن و ضریب قوام افزایش می‌یابد [5]. یوسفی و همکاران به بررسی خصوصیات امولسیون‌کنندگی صمغ فارسی پرداختند. نتایج این محققین نشان داد امولسیون‌های تهیه شده با غلظت بالاتر از صمغ فارسی دارای پایداری بیش‌تری هستند، زیرا افزایش گرانروی فاز پیوسته و کاهش حرکت قطرات روغنی سبب افزایش پایداری می‌گردد. در غلظت‌های پایین صمغ به دلیل ایجاد فلوکلاسیون تخلیه‌ای دو فاز امولسیون از هم جدا می‌شوند [6]. صمغ دانه بالنگو با ایجاد ویسکوزیته بالا و کاهش حرکت قطرات روغن توانایی لازم در پایداری‌سازی امولسیون روغن در آب، که با پروتئین آب‌پنیر تثبیت شده است را دارد [7]. صمغ دانه مرو نسبت به صمغ دانه ریحان ویسکوزیته بیش‌تر در ماست چکیده ایجاد می‌کند [8] و هم‌چنین صمغ دانه مرو قابلیت استفاده به‌عنوان قوام دهنده در سس مایونز را نیز دارد، ولی نسبت به صمغ گوار ویسکوزیته پایین‌تری را ایجاد می‌کند که باید از مقدار بیش‌تری از صمغ دانه مرو استفاده کرد [9].

دانه مرو با نام علمی *Salvia macrosiphon Boiss*، گیاهی از تیره‌ی نعناعیان بوده که عناصر اصلی استخراج شده از صمغ دانه مرو در جدول (1) به اختصار آمده است. مانوز (69/31%) و گالاکتوز (37/42٪) بخش اعظمی از کربوهیدرات‌های موجود در صمغ دانه مرو را تشکیل می‌دهند. علاوه‌بر این ترکیب صمغ مذکور دارای مقادیر جزئی از گلوکز (3/15٪)، رابینوز (1/59%) و رامنوز (1/34٪) نیز می‌باشد [10].

بر اساس مطالعات فوق و با توجه به این‌که تاکنون در مورد پایداری امولیسیون با استفاده از صمغ دانه مرو مطالعات زیادی صورت نگرفته، و از طرفی در مورد اثرات متقابل صمغ دانه مرو

www.SID.ir

Archive of SID



**جدول (1)** ترکیبات استخراج شده از صمغ دانه مرو

| ترکیبات صمغ | درصد چربی | درصد رطوبت | درصد پروتئین | درصد فیبر | درصد کربوهیدرات | درصد خاکستر |
|---|---|---|---|---|---|---|
| دانه مرو | %0/85 | %6/72 | %2/84 | %1/67 | %79/75 | %8/17 |

و پروتئین آب‌پنیر به کمک روش سطح و پاسخ مورد بررسی قرار گیرد.

## 2-مواد روش‌ها

### 2-1- مواد

روغن آفتابگرادان از شرکت رعنا تهیه شد. دانه مرو از عطاری مشهد- ایران تهیه گردید. پروتئین آب‌پنیر تغلیظ شده (80 درصد) شرکت پودر مولتی مشهد خریداری شد. سدیم دودسیل سولفات[1] از شرکت مرک تهیه گردید.

### 2-2- استخراج صمغ

یرای استخراج صمغ دانه مرو از روش ارائه شده توسط بستان استفاده گردید و مواد زائد و ناخالصی‌ها از دانه جدا شد. به‌منظور استخراج صمغ، دانه ها در آب با دمای 25 درجه سلسیوس، pH=7 و نسبت آب به دانه 51 به 1 قرار گرفتند. پس از مدت 20 دقیقه صمغ خارج شده از دانه با استفاده از آب‌میوه‌گیر جداسازی گردید و جهت جداسازی ناخالصی‌ها از سانتریفیوژ با دور 800 در دقیقه به مدت 10 دقیقه استفاده گردید. پس از آن توسط آون در دمای 50 درجه سلسیوس خشک گردید و صمغ حاصل با خردکن خرد گردید [11].

### 2-3- آماده سازی فاز پیوسته

برای تهیه فاز آبی مقادیر متفاوتی از پروتئین آب‌پنیر و صمغ دانه مرو به‌طور جداگانه توزین و توسط همزن مغناطیسی در دمای اتاق و در مقادیر محاسبه شده از آب مقطر حل گردید و محلول حاصل به مدت 30 دقیقه در دمای 70 درجه سلسیوس در بن‌ماری نگه‌داری شد [12].

### 2-4- آماده سازی امولسیون

برای تهیه امولسیون، پروتئین آب‌پنیر و صمغ در دمای اتاق توسط همزن مغناطیسی مخلوط شدند. سپس در طی همزدن با استفاده از مخلوط کن مقادیر متفاوتی از روغن به‌صورت قطره قطره طی مدت 3 دقیقه اضافه شد. سپس برای تکمیل هموژن شدن از هموژنایزر (Heidolph silenterusher-آلمان) با سرعت 15000 دور در دقیقه به مدت 3 دقیقه استفاده شد.

### 2-5- اندازه‌گیری اندازه ذرات امولسیون

برای اندازه‌گیری اندازه ذرات امولسیون، یک قطره از امولسیون با 10 میلی‌لیتر SDS 0/01٪ رقیق سازی شد. سپس با استفاده از دوربین دیجیتال سونی از نمونه‌ها توسط میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی 100 عکس برداری گردید. عکس نمونه برای آنالیز از نرم افزار Image J استفاده شد. برای محاسبه اندازه قطرات از معادله شماره (1) استفاد ه شد که در آن $n_i$ تعداد قطرات با اندازه قطر $d_i$ می‌باشد [13].

$$D_{32} = \sum \frac{n_i d_i^3}{n_i d^2_i} (\mu m) \qquad (1)$$

### 2-6- اندازه‌گیری خاصیت امولسیون‌کنندگی

برای این منظور، پس از آماده‌سازی امولسیون 10 میلی‌لیتر از آن با دور g 1200، به مدت 10 دقیقه سانتریفوژ (Silent crusher- انگلیس) گردید. سپس براساس حجم فازهای جدا شده، شاخص خاصیت امولسیون‌کنندگی با استفاده از معادله (2) اندازه‌گیری شد [14].

$$ES = \frac{V_f}{V_t} \times 100 \qquad (2)$$

$V_f$، حجم فاز امولسیون بعد از سانتریفوژ و $V_i$، حجم اولیه امولسیون است.

### 2-7- اندیس پایداری امولسیون

اندیس پایداری امولسیون[1] با استفاده از کدورت مورد ارزیابی قرار گرفت. 1 میلی‌لیتر از امولسیون با 10 میلی‌لیتر SDS 0/01 % رقیق سازی و مقدار جذب آن با اسپکتوفتومتر (T80- UV/Vis

1.SDS

1. ESI

www.SID.ir

Archive of SID



-امریکا) در طول موج 500 نانومتر خوانده شد. سپس امولسیون در دمای 25 درجه سلسیوس به مدت 10 دقیقه نگه‌داری و دوباره جذب آن یادداشت شد. با استفاده از معادله (3) میزان اندیس پایداری امولسیون محاسبه گردید [13].

$$ESI = \frac{A_0}{A_0 - A_{10}} \times 10(\min) \quad (3)$$

در معادله بالا $A_0$ و $A_{10}$ به ترتیب جذب خوانده شده در زمان صفر و 10 دقیقه می‌باشد.

### 8-2- اندازه‌گیری ویژگی‌های رئولوژیکی

ویژگی‌های امولسیون‌کنندگی با استفاده از ویسکومتر چرخشی بروکفیلد (LV-DVII آمریکا) توسط اسپندل S04 اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که 100 میلی‌لیتر از امولسیون را داخل بشر ریخته و اسپندل را داخل آن غوطه‌ور کرده و میزان گرانروی ظاهری و گشتاور ثبت شد و سپس بر اساس داده‌های به‌دست آمده و به کمک معادله‌ها و روابط خاص رابطه بین تنش برشی-سرعت برشی محاسبه شد و برای مقایسه بین ویسکوزیته نمونه‌ها در روش سطح پاسخ ویسکوزیته ظاهری تنش برشی 60 مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین نوع رفتار جریانی امولسیون سرعت برشی و تنش برشی با معادله‌های قانون توان[1] (معادله 4) و هرشل بالکلی[2] (معادله 5) با استفاده از نرم افزار Curve Expert تطبیق داده شدند [13].

$$\tau = k(\gamma)^v \quad (4)$$

$$\tau = \tau_0 + k(\gamma)^n \quad (5)$$

در این معادلات $\tau$ سرعت برشی (Pa)، $\tau_0$ تنش تسلیم (Pa)، $k$ ضریب قوام (Pa.S)، $\gamma$ سرعت برشی (معکوس ثانیه) و $n$ شاخص جریان هستند.

### 9-2- تجزیه و تحلیل آماری

در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل آماری از روش سطح پاسخ در قالب طرح مرکب مرکزی برای پیش بینی تاثیر متغیرهای تولید امولسیون استفاده شد. تیمارها در 20 آزمایش بر اساس طرح مرکب مرکزی شامل 5 تکرار در نقطه مرکزی چیده شد. متغیرهای مستقل مورد استفاده شامل غلظت‌های مختلف صمغ دانه مرو (0/2-0/75 gr)، پروتئین (0/5-1/5 gr) و روغن (20-40 cc) بود و پاسخ‌های اندازه‌گیری شده شامل اندازه قطرات، اندیس پایداری، ویسکوزیته و خاصیت امولسیون کندگی بودند. آنالیز داده‌ها و رسم نمودار با استفاده از نرم افزار Design Expert 7.0.0 صورت گرفت. غلظت‌های تعیین شده توسط نرم‌افزار برای فاکتورهای مورد نظر در جدول (2) نشان داده شده است.

## 3- نتایج و بحث

### 1-3- اندازه قطرات امولسیون

اصولاً پایداری یک امولسیون به عوامل مختلفی بستگی دارد که مهم‌ترین آن‌ها تجمع و به‌هم آمیختگی ذرات می‌باشد. این تغییرات به اندازه و پراکندگی ذرات فاز پراکنده در امولسیون بستگی دارد. بر اساس قانون استوکس، سرعت حرکت قطرات با مربع شعاع آن متناسب می‌باشد، بنابراین پایداری امولسیون با جداسازی گرانشی، از طریق کاهش اندازه قطرات تشدید می‌شود [15].

به‌منظور بررسی اثر متقابل متغیرهای مستقل بر صفات مورد آزمایش، نمودار پاسخ سطحی رسم شد. در هر نمودار اثر دو متغیر در حالی‌که متغیر سوم در نقطه مرکزی قرار داشت، بررسی گردید. شکل (1-الف) اثر غلظت پروتئین و روغن بر اندازه ذرات امولسیون را نشان می‌دهد. در تمام غلظت‌های روغن، با افزایش غلظت پروتئین اندازه ذرات کاهش یافت. این کاهش به دلیل افزایش جذب پروتئین و ایجاد غشای کامل حول سطح قطرات روغن است که مانع از ناپایداری و هم‌چنین تجمع مجدد قطرات در حین هموژنیزاسیون می‌گردد و از طرف دیگر با افزایش میزان روغن اندازه قطرات افزایش می‌یابد که ناشی از افزایش فاز پراکنده است. یی و همکارانش، در تحقیق مشابهی گزارش کردند که اندازه قطرات امولسیون با افزایش غلظت کازئینات سدیم کاهش می‌یابد [16].

غلظت و ماهیت صمغ موجود در فاز پیوسته و هم‌چنین

1. Power Law
2. Herschel - Bulkley

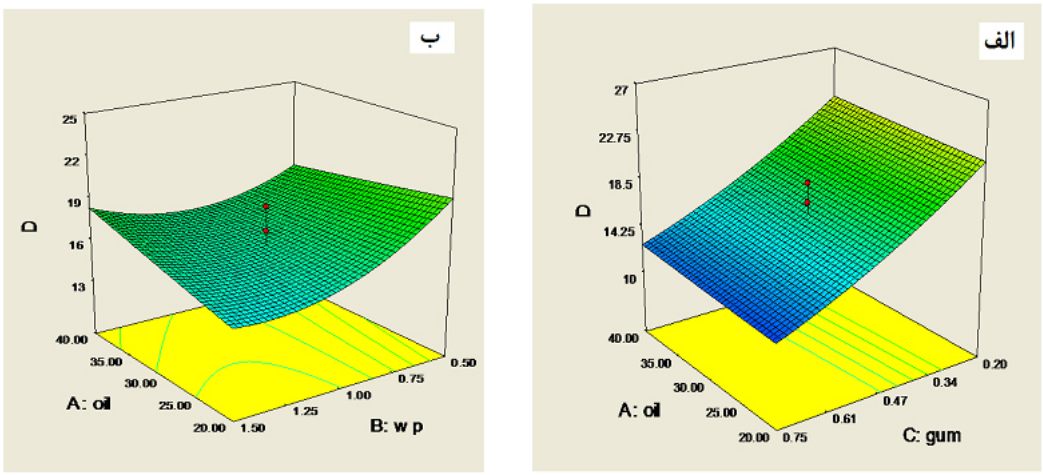
www.SID.ir

Archive of SID



**جدول (2)** تعیین میزان فاکتورها با استفاده از روش RSM

| تیمار | روغن (cc) | پروتئین آب‌پنیر (gr) | صمغ دانه مرو (gr) | تیمار | روغن (cc) | پروتئین آب‌پنیر (gr) | صمغ دانه مرو (gr) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 1 | 0/47 | 11 | 20 | 1/5 | 0/75 |
| 2 | 30 | 1 | 0/47 | 12 | 46,82 | 1 | 0/47 |
| 3 | 40 | 0/5 | 0/2 | 13 | 20 | 0/5 | 0/75 |
| 4 | 30 | 1 | 0/47 | 14 | 30 | 1/84 | 0/47 |
| 5 | 30 | 1 | 0/94 | 15 | 40 | 1/5 | 0/2 |
| 6 | 30 | 1 | 0/47 | 16 | 40 | 0/5 | 0/75 |
| 7 | 13,18 | 1 | 0/247 | 17 | 40 | 1/5 | 0/75 |
| 8 | 20 | 0/5 | 0/2 | 18 | 30 | 1 | 0/47 |
| 9 | 30 | 1 | 0/01 | 19 | 30 | 0/16 | 0/47 |
| 10 | 20 | 1/5 | 0/2 | 20 | 30 | 1 | 0/47 |




**شکل (1)** تاثیر صمغ (gum)- روغن (الف) و پروتئین (wp)- روغن (ب) بر اندازه قطرات امولسیون

نسبت فاز پراکنده به فاز پیوسته از جمله عوامل مؤثر بر پایداری سامانه‌های امولسیونی هستند. با افزایش میزان تراکم قطرات روغن تا یک حد مشخص، برخورد قطرات و به تبع آن، تجمع آن‌ها در کنار یکدیگر تشدید می‌شود. به‌طور معمول، پلی-ساکاریدهای گیاهی به‌عنوان پایدارکننده‌های امولسیونی نوع روغن در آب شناخته می‌شوند. این زیست پلیمرها از طریق یک مکانیسم غیرجاذب و با کاهش حرکت قطرات روغن به پایداری امولسیون کمک می‌کنند [17]. شکل (1-ب) اثر غلظت صمغ و روغن بر اندازه ذرات امولسیون را نشان می‌دهد. در تمام غلظت‌های صمغ، با افزایش غلظت پروتئین اندازه ذرات کاهش یافت. هانگ و همکاران تاثیر افزودن 14 نوع هیدروکلوئید از جمله پکتین، صمغ عربی و زانتان را بر اندازه ذرات امولسیون بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که افزایش غلظت هیدروکلوئیدها با کاهش اندازه ذرات و به‌دنبال آن، پایداری امولسیون همراه بود. با افزایش غلظت صمغ، اندازه ذرات کاهش می‌یابد که علت آن را می‌توان به افزایش نیروی دافعه بین صمغ و پروتئین مربوط دانست که ناشی از ناسازگاری ترمودینامیکی بین این دو ترکیب است [18].

## 3-2- رفتار جریانی امولسیون

تاثیر صمغ استخراج شده از دانه مرو و پروتئین آب‌پنیر بر ویسکوزیته ظاهری امولسیون در شکل (2) نشان داده شده است. همان‌طور که مشخص است با افزایش غلظت صمغ به‌طور معنی‌داری در تمام غلظت‌های صمغ ویسکوزیته افزایش

www.SID.ir

Archive of SID



می‌یابد. هم‌چنین این شکل نشان می‌دهد در غلظت‌های ثابت از صمغ با افزایش غلظت پروتئین آب‌پنیر ویسکوزیته افزایش معنی‌داری ندارد. در مورد پروتئین آب پنیر، امولسیون‌هایی که در غلظت‌های پایین صمغ پایدار شده‌اند، با افزایش غلظت پروتئین آب‌پنیر جذب سطوح مشترک آب و روغن می‌شوند و میزان آن‌ها در فاز پیوسته کم می‌شود بنابراین ویسکوزیته چندان افزایش پیدا نمی‌کند [19].

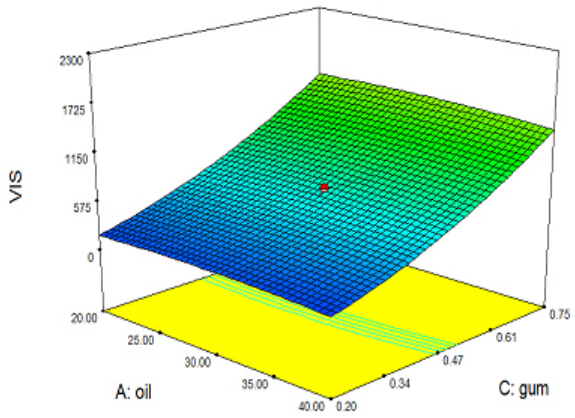
رفتار جریان سودوپلاستیک از صمغ دانه مرو (پلیمری با وزن مولکولی بالا و ساختاری نیمه‌سخت)، نشان از رفتاری مرسوم در امولسیون‌های غذایی بوده که کاهش در ویسکوزیته ظاهری صمغ مذکور با افزایش سرعت برشی نیز همراه خواهد بود [13].

در اثر افزایش غلظت صمغ درگیری بین مولکول‌ها افزایش می‌یابد که باعث می‌شود در اثر تنش برشی حرکات آزادانه اجزای مولکولی کاهش یابد [20]. نتایج مشابهی نیز در مورد پایداری امولسیون با صمغ بزرک-پروتئین آب پنیر، صمغ عربی-پروتئین آب‌پنیر و صمغ زانتان-پروتئین آب‌پنیر مشاهده شده است [22-21].

شکل (3) نشان می‌دهد، ویسکوزیته امولسیون با افزایش سرعت برشی کاهش می‌یابد با این حال، پس از کاهش اولیه شدید در ویسکوزیته، منحنی مربوطه با شیب کم‌تری در سرعت‌های برشی بالاتر کاهش می‌یابد. با این فرض که با افزایش سرعت برش، قطرات امولسیون در جهت جریان قرار می‌گیرند و سبب مقاومت کم‌تر به جریان شده و از این رو ویسکوزیته کاهش می‌یابد. با افزایش ویسکوزیته فاز پیوسته، یک شبکه سه بعدی و ژل الاستیک‌ها برای جلوگیری از خامه شدن امولسیون، تشکیل شده است [15].

تطبیق ویسکوزیته امولسیون‌های تهیه شده، با مدل‌های قانون توان و هرشل بالکلی و تعیین شاخص جریان سیال و ضریب قوام هر یک از مدل‌ها با استفاده از نرم افزار Curve Expert تعیین و در جدول (3) نشان داه شده است. با توجه به ضرایب تعیین ($R^2$)، مدل هرشل-بالکلی می‌تواند تغییرات تنش برشی-سرعت برشی را بیان کند. این مدل نشان می دهد که امولسیون تا زمانی که تنش برشی بیش از مقدار بحرانی گردد، جریان پیدا نمی‌کند. این مدل نیز برای امولسیون های دیگر که با پروتئین پلی ساکارید تثبیت شده اند نیز گزارش شده است [19].

به‌طور معمول برای تسریع در سرعت الحاق ذرات چربی در امولسیون‌ها از سانتریفیوژ استفاده می‌شود، زیرا این روش فرایند برخورد و الحاق ذرات چربی را تسریع می‌کند. بر اساس شکل (4-الف) با افزایش غلظت صمغ خاصیت امولسیون‌کنندگی افزایش می‌یابد. در واقع با افزایش غلظت صمغ، ویسکوزیته سیستم افزایش و این منجر به افزایش مقاومت در برابر جریان امولسیون‌ها شده و به دلیل کاهش سرعت جداسازی ذرات چربی، پایداری سنتیکی امولسیون بهبود می‌یابد. شکل (4-ب) نشان می‌دهد که با افزایش غلظت از 0/5 به 1/25 درصد پروتئین خاصیت امولسیون‌کنندگی افزایش می‌یابد و در غلظت‌های بالاتر سبب کاهش خاصیت امولسیون‌کنندگی می‌شود [15].

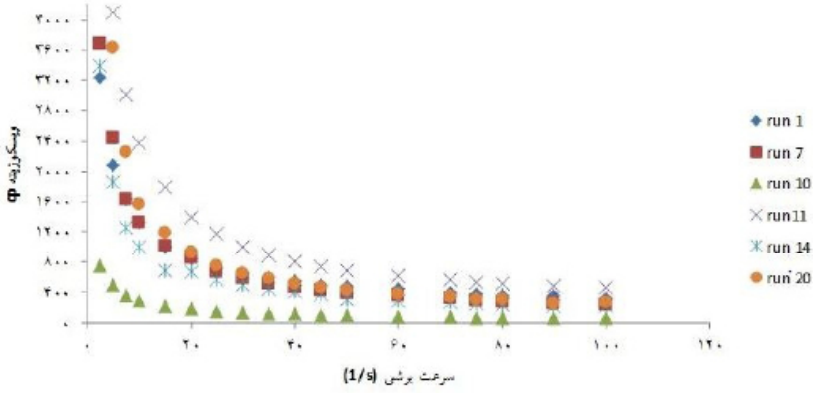



**شکل (2)** تغییرات ویسکوزیته ظاهری امولسیون تحت تاثیر تغییرات صمغ (gum) و روغن

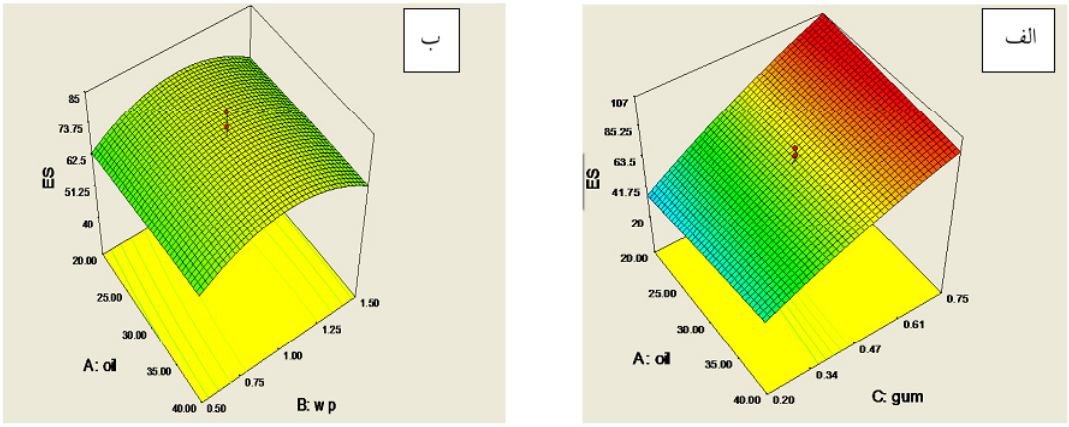
www.SID.ir

Archive of SID






**شکل (3)** تغییرات ویسکوزیته امولسیون تحت تاثیر سرعت برشی وارد بر آن




**شکل (4)** تغییرات خاصیت امولسیون‌کنندگی امولسیون (الف) تاثیر صمغ (gum)-روغن، (ب) تاثیر پروتئین (wp)-روغن

شکل (5) تغیرات اندیس پایداری امولسیون (ESI) نشان می‌دهد. با افزایش میزان صمغ اندیس پایداری نیز افزایش می‌یابد، ولی با افزایش میزان پروتئین پایداری افزایش معنی‌داری پیدا نکرده است. افزایش روغن در ابتدا با افزایش ویسکوزیته افزایش می‌یابد ولی در انتها به‌دلیل افزایش میزان روغن در فاز پراکنده وافزایش اندازه قطرات اندیس پایداری کاهش می‌یابد. محمدزاده و همکاران نیز به این نتیجه رسیدند [13].

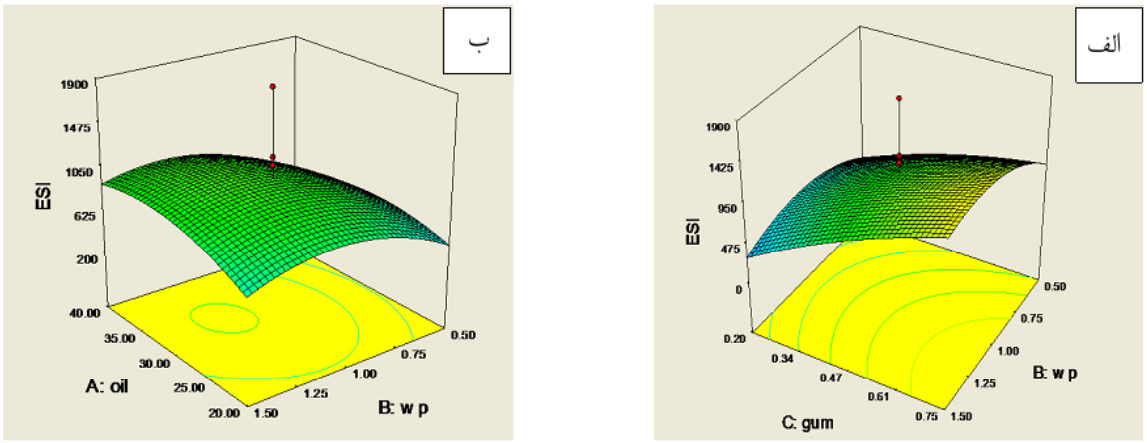
## 4- نتیجه گیری

نتایج مطالعات انجام شده در این پژوهش نشان داد که صمغ دانه مرو به دلیل ایجاد ویسکوزیته بالا و افزایش گرانروی فاز پیوسته و کاهش حرکت قطرات روغن توانایی لازم برای پایدارسازی امولسیو ن‌های روغن در آب تثبیت شده با پروتئین آب‌پنیر را دارد. با این حال راندمان پایدارسازی به شدت به عوامل مختلفی از جمله غلظت صمغ و غلظت پروتئین وابسته بود. در تمام غلظت‌های روغن، با افزایش غلظت پروتئین اندازه ذرات کاهش یافت. این کاهش به دلیل افزایش جذب پروتئین و ایجاد غشای کامل حول سطح قطرات روغن است. صمغ دانه مرو نیز با کند کردن حرکات قطرات در اثر افزایش ویسکوزیته از بزرگ شدن قطرات جلوگیری می‌کند. رفتار رئولوژیکی امولسیون نشان می‌دهد که امولسیون تهیه شده با صمغ دانه مرو و پروتئین آب‌پنیر رقیق شونده با برش است و از مدل هرشل بالکلی پیروی می‌کند. برای تعیین نقط بهینه فاکتورهای روغن، صمغ و پروتئین در حد فاصل دامنه انتخابی اولیه قرار گرفت و پاسخ‌های مورد اندازه‌گیری اندیس پایداری، ویسکوزیته و خاصیت امولسیون‌کنندگی در بیش‌ترین حد و اندازه قطرات در کم‌ترین حد قرار گرفت. نقطه بهینه تعیین شده توسط نرم افزار پروتئین 1/33٪، صمغ 0/75٪ و روغن 26/35٪ پیش بینی شد.

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل (5)** تغییرات اندیس پایداری امولسیون، (الف) تاثیر صمغ (gum)-پروتین، (ب) تاثیر پروتئین (wp)-روغن

**جدول (3)** تعیین شاخص جریان سیال و ضریب قوام مدل توان و هرشل بالکلی

| | مدل قانون توان | | | مدل هرشل بالکلی | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| RUN | n | k | $R^2$ | n | K | $t_0$ | $R^2$ |
| 1 | 0/39 | 2/5 | 0/995 | 0/472 | 1/61 | 1/6 | 0/997 |
| 2 | 0/36 | 2/93 | 0/999 | 0/369 | 2/77 | 0/221 | 0/999 |
| 3 | 0/559 | 0/307 | 0/977 | 0/922 | 0/049 | 0/788 | 0/997 |
| 4 | 0/37 | 2/59 | 0/99 | 0/566 | 0/863 | 2/92 | 0/998 |
| 5 | 0/36 | 8/7 | 0/93 | 0/757 | 1/04 | 1/43 | 0/963 |
| 6 | 0/388 | 2/49 | 0/865 | 0/899 | 0/175 | 4/83 | 0/900 |
| 7 | 0/25 | 0/371 | 0/996 | 0/31 | 2/449 | 1/576 | 0/996 |
| 8 | 0/387 | 0/549 | 0/98 | 0/624 | 0/141 | 0/725 | 0/992 |
| 9 | 0/808 | 0/328 | 0/998 | 0/843 | 0/275 | 0/244 | 0/998 |
| 10 | 0/313 | 0/71 | 0/991 | 0/424 | 0/363 | 0/497 | 0/994 |
| 11 | 0/274 | 6/09 | 0/977 | 0/518 | 1/42 | 6/71 | 0/989 |
| 12 | 0/308 | 1/98 | 0/538 | 0/743 | 0/287 | 3/24 | 0/548 |
| 13 | 0/287 | 7/69 | 0/995 | 0/256 | 9/497 | 2/24 | 0/995 |
| 14 | 0/321 | 2/54 | 0/977 | 0/496 | 0/908 | 2/48 | 0/985 |
| 15 | 0/513 | 0/352 | 0/99 | 0/682 | 0/144 | 0/48 | 0/995 |
| 16 | 0/381 | 4/922 | 0/984 | 0/493 | 2/591 | 3/811 | 0/987 |
| 17 | 0/35 | 5/469 | 0/983 | 0/623 | 1/203 | 3/273 | 0/998 |
| 18 | 0/365 | 2/536 | 0/99 | 0/57 | 0/807 | 2/919 | 0/998 |
| 19 | 0/334 | 3 | 0/963 | 0/687 | 0/436 | 4/42 | 0/986 |
| 20 | 0/302 | 3/07 | 0/971 | 0/584 | 0/616 | 3/81 | 0/986 |

www.SID.ir

Archive of SID



## منابع


[1] Dickinson, E., (1997). Properties of emulsions stabilized with milk proteins: Overview of some recent developments. *J. Dairy Sci*., 80, 2607–2619.

[2] Schmitt, C., Sanchez, C., Desobry-Banon, S., Hardy, J., (1998) .(Structure and technofunctional properties of protein–polysaccharide complexes: A review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*., 38, 689–753.

[3] Papalamprou, E. M., Makri, E. A., Kiosseoglou, V. D., Doxastakis, G. I., (2005). Effect of medium molecular weight xanthan gum in rheology and stability of oil-in-water emulsion stabilized with legume proteins. *J. Sci. Food Agric*., 85, 1967-1973.

[4] Ye, A., Singh, H., (2006). Heat stability of oil-in-water emulsions formed with intact or hydrolysed whey proteins: influence of polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 20, 269–276.

[5]علی‌پور، آ.؛ کوچکی، آ.؛ کدخدایی، ر.؛ وریدی، م. (1394) بررسی اثر مخلوط صمغ قدومه شیرازی–پروتئین آب پنیر تغلیظ شده بر پایداری امولسیون روغن ذرت در آب، فصلنامه *علوم صنایع غذایی*، جلد 12، شماره 48، ص 174-163.

[6] یوسفی، ف.؛ عباسی، س.؛ عزت پناه، ح. (1391) تأثیر میزان صمغ فارسی، روغن، پروتئین و پ هاش بر پایداری امولسیون تهیه شده با فراصوت، نشریه پژوهش و *نوآوری* در *علوم و صنایع غذایی*، جلد 1 ، شماره 3، ص 218-199.

[7] حسینی، و.س.؛ نجف نجفی، م.؛ محمدی ثانی، ع.؛ کوچکی، آ. (1392) بررسی اثر صمغ دانه بالنگو شیرازی و پروتئین آب‌پنیر بر پایداری امولسیون روغن در آب، نشریه پژوهش و *نوآوری* در *علوم و صنایع غذایی*، جلد2، شماره 2، ص 120-109.

[8] رزمخواه شربیانی، س.؛ رضوی، س.م.ع.؛ بهزاد، خ.؛ مظاهری تهرانی، م. (1389) بررسی تاثیر استفاده از پکتین، صمغ دانه‌های مرو و ریحان بر خصوصیات فیزیک و شیمیایی و حسی ماست چکیده بدون چربی، نشریه *پژوهش‌های علوم و صنایع غذایی ایران*، جلد 6، شماره 1، ص36-27.

[9] نیک نیا، س.؛ رضوی، س.م.ع.؛ کوچکی، آ.؛ نایب‌زاده، ک. (1389) تأثیر کاربرد صمغ دانه ریحان و دانه مرو بر ویژگی‌های حسی و پایداری سس مایونز، مجله *فراوری و نگه‌داری مواد غذایی*، جلد 2، شماره2، ص 80-61.

[10] Razavi, S. M. A., Cui, S. W., Guo, Q., Ding, H, (2014). Some physicochemical properties of sage (Salvia macrosiphon) seed gum. *Food Hydrocolloids*, 35, 453-462

[11] Bostan, A., Razavi, S. M., Farhoosh, R., (2010). Optimization of hydrocolloid extraction from wild sage seed (Salvia macrosiphon) using response surface. *Int. J. Food Prop*., 13(6), 1380-1392.

[12] Chen, L., Subirade, M., (2006). Alginate–whey protein granular microspheres as oral delivery vehicles for bioactive compounds. *Biomaterials*, 27(26), 4646-4654.

[13] Mohammadzadeh, H., Koocheki, A., Kadkhodaee, R., Razavi, S.,(2013). Physical and flow properties of d-limonene-in-water emulsions stabilized with whey protein concentrate and wild sage (Salvia macrosiphon) seed gum. *Food Res. Int*., 53(1), 312-318.

[14] Mishra, S., Mann, B., Joshi, V. K., (2001). Functional improvement of whey protein concentrate on interaction with pectin. *Food Hydrocolloids*, 15, 9-15.

[15] McClements, D. J., (2005). Food emulsions: Principles, practice, and techniques. Boca Raton, FL: CRC Press, 235-239.

[16] Ye, A., (2008). Interfacial composition and stability of emulsions made with mixtures of commercial sodium caseinate and whey protein concentrate. *Food Chem*., 110, 946- 952.

[17] Dickinson, E., Stainsby, G., (1988). Emulsion stability. In E. Dickinson & G. Stainsby (Eds.), Adv. food emul. foams. Lon: Els. *Applied Sci*., 344-385.

[18] Huang, X., (2001). Hydrocolloids in emulsions:


www.SID.ir

Archive of SID



particle size distribution and interfacial activity. *Food Hydrocolloids*, 15 (4–6), 533-542

[19] Soleimanpour, M., Koocheki, A., Kadkhodaee, R., (2013). Influence of main emulsion components on the physical properties of corn oil in water emulsion: Effect of oil volume fraction, whey protein concentrate and Lepidium perfoliatum seed gum. *Food Res. Int.*, 50(1), 457-466

[20] Maskan, M., Gogus, F., (2000). Effect of sugar on the rheological properties of sunflower oil–water emulsions. *J. Food Eng*., 43, 173–177.

[21] Khalloufi, S., Alexander, M., Douglas Goff, H., Corredig, M., (2008). Physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions when mixed with flaxseed gum at neutral pH. *Food Res. Int*., 41, 964–972.

[22] Khalloufi, S., Corredig, M., Douglas Goff, H., Alexander, M., (2009). Flaxseed gums and their adsorption on whey protein-stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 23, 611–618

www.SID.ir