

بهینه‌سازی تولید ارگانوژل روغن کنجد و تأثیر آن بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و کیفی سوهان

زینب پورداود^۱، هاجر عباسی^{۲*}

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران
* نویسنده مسئول (h.abbasi@khuisf.ac.ir)

چکیده

هدف از این مطالعه بهینه‌نمودن شرایط تولید ارگانوژل با استفاده از مقادیر مختلف موم و مونو-دی‌گلیسرید و به‌کارگیری آن در فرمولاسیون سوهان بود. تولید ارگانوژل با سطوح مختلف موم (۰، ۱/۶۷، ۵، ۸/۳۳ و ۱۰ درصد) و مونو-دی‌گلیسرید (۰، ۱/۶۷، ۵، ۸/۳۳ و ۱۰ درصد) صورت گرفت. بهینه‌سازی عددی متغیرهای فرایند بر مبنای حداکثر استحکام ارگانوژل، بالاترین نقطه ذوب ارگانوژل، حداکثر ویسکوزیته خمیر سوهان و کمترین میزان روغن آزادشده از سوهان با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM) تعیین شد. نتایج نشان داد که افزایش سطح به‌کارگیری موم و مونو-دی‌گلیسرید سبب افزایش استحکام ارگانوژل و افزایش ویسکوزیته خمیر سوهان شد. از طرف دیگر افزایش به‌کارگیری موم و مونو-دی‌گلیسرید به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) سبب کاهش روغن آزادشده از سوهان گردید. شرایط بهینه تولید ارگانوژل به‌منظور تهیه سوهان با کیفیت فیزیکی و شیمیایی مطلوب شامل میزان ۸/۸۲ درصد مونو-دی‌گلیسرید و میزان ۷/۰۳ درصد موم انتخاب شد. مقایسه داده‌های پیش‌بینی‌شده با داده‌های واقعی بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار میان آنها و در واقع برازش مناسب مدل پیش‌بینی‌شده برای تولید سوهان بر پایه ارگانوژل می‌باشد. مقایسه خصوصیات کیفی سوهان با نمونه شاهد نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی، محتوی رطوبت و خصوصیات حسی نمونه سوهان تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل بهتر از نمونه شاهد و میزان خاکستر و روغن پس‌داده‌شده از آن نیز کمتر از نمونه شاهد بود. از این‌رو، جایگزینی ارگانوژل با روغن جامد در سطوح بهینه در فرمولاسیون محصولات از جمله سوهان بدون ایجاد تأثیر چشمگیر بر ویژگی‌های کیفی محصول میسر است.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۰۷

واژه‌های کلیدی

ارگانوژل

بهینه‌سازی

سوهان

موم

مونو-دی‌گلیسرید

مقدمه

(Mashak, Sodagari, & Moradi, 2014) و دارای بافت بسیار فشرده به رنگ قهوه‌ای‌روشن است. باتوجه‌به استاندارد حداقل درصد وزنی روغن استخراجی سوهان ۳۴ می‌باشد (مقصودلو، ۱۳۸۲). سوهان به سبب دارا بودن جوانه گندم، پروتئین فراوانی دارد و منبع فوق‌العاده‌ای از ویتامین‌ها و مواد معدنی به‌ویژه ویتامین‌های گروه B و E

سوهان یکی از شیرینی‌های سنتی و اصیل ایرانی است که به‌عنوان یک میان‌وعده انرژی‌زا و بسیار مغذی مصرف می‌شود. اجزای اصلی سوهان شامل آرد گندم، شکر، مالت، روغن (روغن نباتی و کره) و آب است. سایر افزودنی‌های آن ممکن است پسته، زعفران، بادام، هل و دارچین باشد

خوراکی را درون شبکه‌ی سه‌بعدی خود به‌دام‌بندانند. باتوجه‌به فواید استفاده از ارگانوژل‌ها در صنعت غذا، نیاز به ترکیبات ژل‌کننده‌ای است که توانایی ایجاد شبکه‌ی سه‌بعدی برای به‌دام‌انداختن روغن‌های خوراکی را داشته باشند. ازجمله این ترکیبات می‌توان موم‌ها را نام برد که دارای مزایایی همچون در دسترس بودن و دارابودن درجه‌ی غذایی هستند که می‌توانند خصوصیات حرارتی برگشت‌پذیر را در غلظت‌های نسبتاً پایین نشان دهند (Co & Marangoni, 2012).

ارگانوژل‌ها در محصولات نظیر بستنی، پنیر و محصولات قنادی که در فرایند تولید آنها از چربی‌های اشباع به‌منظور دستیابی به بافت سفت استفاده می‌شود، قادر به فراهم‌کردن بافت مناسب در این محصولات بدون بالابردن محتوی اسیدهای چرب اشباع و ترانس می‌باشند. بنابراین امروزه از سیستم‌های چرب جدیدی استفاده می‌گردد که به‌نظر می‌رسد در میان آنها ژل‌سازهای آلی از جذابیت بالاتری برخوردار باشند چرا که قادر به تشکیل شبکه‌ی کریستالی، ایجاد بافت در محصولات غذایی چرب و پایداری محصول حتی در غلظت‌های پایین می‌باشند (Hughes, Marangoni, Wright, Rogers, & Rush, 2009). Wood, Barbut, و Marangoni (۲۰۱۶)، تأثیر به‌کارگیری ارگانوژل روغن کانولا روی خصوصیات کیفی سوسیس فرانکفورتر به‌جای چربی گاو را موردارزیابی قرار دادند. نتایج این محققین نشان داد که با به‌کارگیری ارگانوژل سفتی بافت افزایش و حالت آب‌داربودن محصول نیز بهبود می‌یابد. Park, Bemer, و Maleky (۲۰۱۸)، مشاهده کردند که پایداری اکسیداتیو پنیرخامه‌ای تهیه‌شده با ارگانوژل بر پایه‌ی موم سبوس برنج بهبود می‌یابد.

بنابراین باتوجه‌به آنکه سوهان دارای حدود ۳۴ درصد روغن می‌باشد، لذا لزوم استفاده از ارگانوژل به‌جای روغن‌های هیدروژنه و یا روغن‌های مایع در فرمولاسیون آن از اهمیت قابل‌قبولی برخوردار است. براین‌اساس هدف از این پژوهش تولید ارگانوژل با استفاده از مقادیر مختلف موم و مونو-دی‌گلیسرید و به‌کارگیری آن در فرمولاسیون سوهان به‌منظور بهبود خواص کیفی محصول نهایی می‌باشد.

است (خواص، ۱۳۹۳). برای ایجاد بافت در محصولات غذایی حاوی چربی، نیاز به یک بخش جامد و کریستالی تری‌گلیسرید است که معمولاً این بخش جامد حاوی مقادیر قابل‌توجهی اسیدهای چرب اشباع و ترانس می‌باشد (Pernetti, van Malssen, Flöter, & Bot, 2007). روغن‌های گیاهی به‌دلیل اینکه غنی از اسیدهای چرب غیراشباع هستند خواص فیزیکی موردنیاز را برای استفاده در صنعت ندارند. با استفاده از فرایندهای اصلاح لیپید ساختار اساسی روغن و چربی را می‌توان بسته به مشخصات پلاستیکی موردنظر و ویژگی‌های ذاتی مواد خام با استفاده از تکنیک‌هایی مانند هیدروژناسیون و اینتراستریفیکاسیون^۱ تغییر داد (O'brien, 2008). هیدروژناسیون جزئی روغن‌های گیاهی برای چندین‌دهه به‌منظور بهبود حالت پلاستیکی و پایداری اکسیداتیو روغن‌ها و چربی‌ها در صنعت استفاده می‌شود (Mensink, 2005). بااین‌وجود فرایند هیدروژناسیون سبب تولید اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب ترانس می‌شود که مصرف این نوع چربی‌ها با محدودیت مواجهه می‌باشد. باتوجه‌به اثرات مضر اسیدهای چرب اشباع و اسیدهای چرب ترانس روی سلامت انسان، اقداماتی صورت‌گرفته تا صنایع را تشویق کند تا با تغییر مواد خام سلامت غذا را افزایش دهند (Santos, Cruz, & Casal, 2015). ارگانوژل^۲ها سیستم‌های شبه‌جامدی هستند که براساس ژلاسیون محلول‌های آلی توسط ژل‌سازهای آلی (ترکیباتی با وزن مولکولی پایین و یا درشت‌مولکول‌های محلول در فاز روغنی که قادر به ایجاد شبکه‌ی سه‌بعدی هستند) ایجاد می‌شوند. از مواد مختلفی می‌توان به‌عنوان ژل‌ساز آلی استفاده نمود که صرف‌نظر از ترکیب هریک از آنها دارای کاربردهایی نظیر محدودکردن مهاجرت و تحرک روغن، جایگزینی آنها با اسیدهای چرب اشباع و ترانس، پایداری امولسیون‌ها و توانایی کنترل آزادسازی مواد مغذی در محلول‌ها می‌باشند (Samateh, Sagiri, & John, 2018; Schaink, Van Malssen, Morgado-Alves, Kalnin, & Van der Linden, 2007).

ارگانوژل‌ها شبکه‌ی ژله‌ای حاوی مولکول‌های ایجادکننده‌ی ژل هستند که از طریق واکنش‌های بین زنجیره‌ای مانند پیوندهای هیدروژنی و واندروالسی^۳ قادراند روغن‌های مایع

¹ Interesterification

² Organogelator

³ Van der waals

مواد و روش‌ها

موم زنبورعسل از بازار محلی استان چهارمحال بختیاری خریداری شد. مونو-دی‌گلیسرید (حاوی بیش از ۹۹ درصد گلیسرین مونواسناترات، عدد یدی ۰/۴۱، ۰/۵۶ گلیسرین آزاد، نقطه ذوب ۶۳/۲ درجه سانتی‌گراد، اسیدیته ۰/۶۷ درصد برحسب اسید استتاریک) از شرکت دالیان چین خریداری گردید و سایر مواد شیمیایی در درجه آزمایشگاهی از شرکت مرک آلمان تهیه شد.

تهیه ارگانوزل

ارگانوزل از روغن‌کنجد با استفاده از دو ژلاتور موم زنبورعسل و مونو-دی‌گلیسرید مطابق با جدول (۱) تهیه شد. به این صورت که موم به صورت جداگانه روی حمام آب (۷۰ درجه سانتی‌گراد) حرارت داده تا آب شود و سپس روغن به صورت مجزا روی حمام آب حرارت داده تا با موم هم‌دمای شود. در ادامه موم به روغن اضافه و بعد از آن مونو-دی‌گلیسرید به مخلوط روغن و موم افزوده شد. در نهایت مخلوط حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با استفاده از هیتر مگنت‌دار (مدل HM101، ساخت ایران) با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد مخلوط شد و سپس به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق نگهداری گردید (Jang, Bae, Hwang, Lee, & Lee, 2015).

جدول ۱- تیمارهای مورد مطالعه در این پژوهش

شماره نمونه	مونو-دی‌گلیسرید (درصد)	موم (درصد)
تیمار ۱	۸/۳۳	۸/۳۳
تیمار ۲	۵/۰۰	۰/۰۰
تیمار ۳	۵/۰۰	۵/۰۰
تیمار ۴	۱/۶۷	۸/۳۳
تیمار ۵	۸/۳۳	۱/۶۷
تیمار ۶	۰/۰۰	۵/۰۰
تیمار ۷	۵/۰۰	۵/۰۰
تیمار ۸	۱/۶۷	۱/۶۷
تیمار ۹	۱۰/۰۰	۵/۰۰
تیمار ۱۰	۵/۰۰	۵/۰۰
تیمار ۱۱	۵/۰۰	۵/۰۰
تیمار ۱۲	۵/۰۰	۵/۰۰
تیمار ۱۳	۵/۰۰	۱۰/۰۰

استحکام ارگانوزل

استحکام ارگانوزل‌ها توسط دستگاه بافت‌سنج (Santam, STM 50، ساخت ایران) اندازه‌گیری شد. به این صورت که سرعت دستگاه بافت‌سنج بر ۳۰ میلی‌متر بر دقیقه تنظیم و از پروب میله‌ای با قطر ۱۴ میلی‌متر استفاده گردید. شرایط به صورتی تنظیم شد که پروب به میزان ۱ سانتی‌متر به داخل ارگانوزل نفوذ کرده و خارج شود و در نهایت حداکثر نیروی لازم برای نفوذ پروب اندازه‌گیری و به عنوان شاخص استحکام بیان شد (Valoppi et al., 2017).

نقطه ذوب ارگانوزل

نقطه ذوب نمونه‌های مختلف ارگانوزل توسط آزمون گرماسنجی روبشی تفاضلی^۱ (DSC, IRSA DSC100، ساخت ایران) اندازه‌گیری شد. به این صورت که وزن مشخصی از هر نمونه در داخل دستگاه DSC قرار گرفت و در فاصله دمایی ۲۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد با نرخ افزایش دمای ۵ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه نقطه ذوب هر نمونه محاسبه گردید (Valoppi et al., 2017).

تهیه سوهان

فرایند تولید سوهان در این پژوهش براساس روش مقصودلو (۱۳۸۲) با اندکی تغییرات صورت گرفت. خمیر سوهان حاوی ۴۳ درصد آب (وزنی/وزنی)، ۱۲/۳ درصد آرد گندم، ۱/۵ درصد آرد جوانه گندم، ۲۴/۶ درصد قند (شکر و عسل)، ۱۵ درصد چربی (جامد، مایع یا ارگانوزل)، ۳ درصد مارگارین (در همه تیمارها ثابت) و ۰/۶ درصد زعفران و هل بود. برای این منظور ابتدا آرد و جوانه گندم به آب افزوده و با حرارت‌دهی ملایم با یکدیگر مخلوط شدند تا زمانی که محلولی رقیق و فاقد بوی خام آرد حاصل شود. با ادامه حرارت‌دهی محلول به جوش آمد و شکر در این مرحله به آن افزوده شد. در ادامه پس از خنک شدن مخلوط حاصل به آن عسل اضافه گردید. با ادامه همزنی دمای مخلوط کاهش یافت و مارگارین و ارگانوزل به آن افزوده شد. پس از به دست آمدن مخلوط یکنواخت مجدد حرارت‌دهی و همزنی شد و به آن زعفران و پودر هل اضافه گردید. با افزودن زعفران و پودر هل عملیات حرارت‌دهی و همزنی ادامه داده شده تا بخشی از آب تبخیر

^۱ Differential Scanning Calorimetry

مواد آلی و باقی ماندن ترکیبات معدنی در کوره الکتریکی و توزین آن انجام شد (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۹۱).

محتوی چربی

میزان چربی هر کدام از نمونه‌ها با استفاده از استخراج محتوی چربی هر نمونه توسط دستگاه سوکسله (مدل 6CPS، ساخت ایران) صورت گرفت (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۹۱).

محتوی پروتئین

اندازه‌گیری مقدار پروتئین هر نمونه طبق روش استاندارد و از طریق دستگاه کدال (مدل PECO، ساخت ایران) صورت گرفت (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۹۱).

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از روش مهار رادیکال ۲،۲-دی‌فنیل-۱-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH^۱) انجام گرفته است. به‌طور خلاصه ابتدا سوهان را آسیاب نموده، سپس ۲ گرم از آن با ۱۰ سی‌سی متانول مخلوط شد و به مدت ۱ ساعت روی دستگاه شیکر^۲ (IKA-KS1308، ساخت ژاپن) قرار داده و توسط کاغذ صافی، عصاره‌گیری گردید. سپس ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره را با ۴ میلی‌لیتر DPPH (۰/۰۴ درصد) مخلوط کرده و پس از ۳۰ دقیقه قرارگیری در تاریکی جذب آنها در طول موج ۵۱۵ نانومتر خوانده شد (Akhavan & Zarezadeh Mehrizi, 2016).

خصوصیات حسی

به‌منظور ارزیابی خصوصیات حسی سوهان از ۲۰ نفر ارزیابی که شناخت کامل از محصول سوهان داشتند استفاده شد. به‌این‌منظور نمونه‌های سوهان (سوهان بهینه، شاهد جامد و شاهد مایع) از لحاظ خصوصیات حسی (تردی بافت، نجسیدن به دندان، نداشتن چربی دلمه روی سطح و پذیرش کلی) با استفاده از روش هدونیک ۵ نقطه‌ای (در سطوح ارزیابی ۱ تا ۵؛ ۱: خیلی ضعیف؛ ۲: ضعیف؛ ۳: متوسط؛ ۴: رضایت‌بخش یا خوب و ۵: بسیار

و به اصطلاح خمیر سوهان برسد. در نهایت خمیر سوهان به‌دست‌آمده به دستگاه پهن‌کننده منتقل و پس از پهن‌شدن برش‌دهی نمونه‌ها صورت گرفت. پس از مرحله برش‌دهی نمونه‌های سوهان به‌دست‌آمده از لحاظ خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد ارزیابی قرار گرفتند. تهیه نمونه شاهد جامد و مایع طبق روش بالا انجام شد با این تفاوت که به‌ترتیب در فرمولاسیون سوهان از روغن هیدروژن جامد و روغن مایع کنگد استفاده شد.

ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان

اندازه‌گیری ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان با استفاده از دستگاه ویسکومتر چرخشی (HaaK، Viscotestar 7L، ساخت آلمان) مطابق روش Valoppi و همکاران (۲۰۱۷) با اعمال اندکی تغییرات صورت گرفت. اسپیندل شماره ۳ و محدوده سرعت چرخش ۲۰۰-۰/۵ دور بر دقیقه برای این‌منظور استفاده شد. پس از انجام پیش‌آزمون‌های متعدد و ارزیابی درصد اطمینان گزارش‌شده توسط دستگاه، ویسکوزیته ظاهری نمونه‌های خمیر سوهان در سرعت ۴۵ دور بر دقیقه و در دمای محیط گزارش گردید.

چربی آزاد شده از سوهان

۶۰ گرم از هر نمونه سوهان وزن شد و بین دولایه کاغذ صافی قرار گرفت. در ادامه روی هر نمونه وزنه‌ای به جرم ۱/۵ کیلوگرم قرار گرفت و بعد از گذشت ۳ ساعت میزان چربی خارج‌شده از بافت سوهان با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (شریعتی، آزادمرد دمیرچی و شیرانی‌راد، ۱۳۹۷).

رابطه (۱)

= درصد چربی پس‌داده‌شده

$$100 \times \frac{\text{وزن کاغذ صافی اولیه} - \text{وزن کاغذ صافی حاوی چربی}}{\text{وزن نمونه قرارگرفته بین کاغذ صافی}}$$

محتوی رطوبت

اندازه‌گیری میزان رطوبت از روی اختلاف وزن نمونه‌ها قبل و بعد از خشک‌شدن در آون تحت‌خلأ با دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد صورت گرفت (سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، ۱۳۹۱).

محتوی خاکستر

تعیین میزان خاکستر نمونه‌ها با استفاده از سوزاندن همه

¹2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl

² Shaker

خمیر سوهان و Y_4 : روغن پس‌داده‌شده از سوهان، A_0 : شاخص پاسخ برازش‌شده در نقطه مرکز طرح که معادل نقطه میانی است، A_1 و A_2 : ضرایب خطی، A_{12} : ضرایب متقابل طرح، A_{11} و A_{22} : ضرایب درجه دوم و X : متغیرهای مستقل (X_1 : مونو-دی‌گلیسرید و X_2 : موم) را نشان می‌دهند. آزمون معنی‌داری براساس خطای کل در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. کارایی مدل به وسیله R^2 و R^2 -adjusted محاسبه و مورد ارزیابی قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از بررسی تأثیر موم و مونو-دی‌گلیسرید روی استحکام ارگانوژل، نقطه ذوب ارگانوژل، ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان و روغن پس‌داده‌شده از سوهان به منظور بهینه‌سازی شرایط تولید ارگانوژل و سوهان براساس روش RSM انجام گرفت و نتایج تحلیل آماری بهینه‌سازی براساس طرح باکس-بنکن گزارش شد. نتایج حاصل از داده‌های جدول تجزیه واریانس (ANOVA) مربوط به هر پاسخ و همچنین ضرایب مدل رگرسیونی معادل درجه دوم برای هر یک از پاسخ‌ها به ترتیب در جدول‌های (۲) و (۳) نشان داده شده است.

رضایت‌بخش یا خیلی خوب) مورد ارزیابی قرار گرفتند (Lawless & Heymann, 2013).

تجزیه و تحلیل آماری

بهینه‌سازی شرایط تهیه ارگانوژل و به کارگیری آن با استفاده از روش سطح پاسخ (RSM^1) توسط نرم‌افزار Design-Expert نسخه ۱۰ انجام شد. باتوجه به اینکه این پژوهش براساس ۵ سطح استفاده از موم (۰، ۱/۶۷، ۵، ۸/۳۳ و ۱۰ درصد)، ۵ سطح مونو-دی‌گلیسرید (۰، ۱/۶۷، ۵، ۸/۳۳ و ۱۰ درصد) و ۵ تکرار در نقطه مرکز انجام شد، لذا تعداد نمونه‌های مورد بررسی برابر با ۱۳ بود. تیمارهای حاصل از این طرح در جدول (۱) ارائه شده است. مدل رگرسیونی درجه دوم برای پیش‌بینی پاسخ‌ها (استحکام ارگانوژل، نقطه ذوب ارگانوژل، ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان و روغن پس‌داده‌شده از سوهان) فرض شد که به صورت رابطه (۲) بیان می‌شود:

رابطه (۲)

$$Y_i = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_{12}X_1X_2 + A_{11}X_1^2 + A_{22}X_2^2$$

در رابطه (۲)، Y_i : متغیرهای وابسته (Y_1 : استحکام ارگانوژل، Y_2 : نقطه ذوب ارگانوژل، Y_3 : ویسکوزیته ظاهری

جدول ۲- سطح معنی‌داری پاسخ‌های مربوط به تولید ارگانوژل و سوهان با استفاده از طرح RSM

منبع	استحکام ارگانوژل	نقطه ذوب ارگانوژل	ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان	روغن پس‌داده‌شده از سوهان
مدل	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۸۸
A	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۳۹
B	۰/۰۰۱۶	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۵۳	۰/۰۱۸۵
AB	۰/۰۹۷۱	۰/۳۴۴۹	۰/۲۳۷۵	۰/۰۴۱۲
A ²	۰/۰۰۰۴	<۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۴۹	۰/۲۳۸۰
B ²	۰/۰۱۷۹	<۰/۰۰۰۱	۰/۸۸۳۳	۰/۰۸۴۵
R ²	۰/۹۷	۰/۹۹	۰/۹۶	۰/۹۴
Adj-R ²	۰/۹۶	۰/۹۹	۰/۹۴	۰/۹۳
CV	۱۶/۲۹	۰/۲۱	۸/۸۹	۳۲/۵۰

جدول ۳- ضرایب رگرسیونی معادله درجه دوم برای پاسخ‌های تولید ارگانوژل و سوهان

منبع	استحکام ارگانوژل	نقطه ذوب ارگانوژل	ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان	روغن پس‌داده‌شده از سوهان
عرض از مبدأ (Intercept)	۱/۵۲	۵۷/۱۱	۲۸۸۱/۳۶	۰/۵۲
A ₁	۲/۲۰	۴/۵۶	۱۹۰۱/۳۲	-۰/۴۸
A ₂	۰/۷۲	۲/۵۳	۵۶۴/۵۵	-۰/۳۶
A ₁₂	۰/۶۱	-۰/۱۴	۴۰۰/۲۱	۰/۶۳
A ₁₁	۱/۴۰	۱/۱۵	۶۹۰/۰۳	۰/۲۲
A ₂₂	-۰/۶۸	۰/۹۸	۳۲/۷۲	۰/۳۵

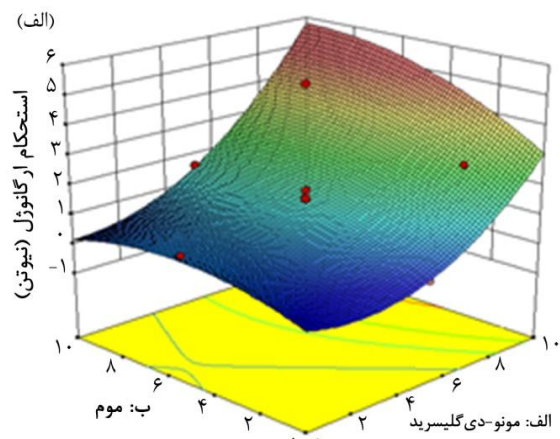
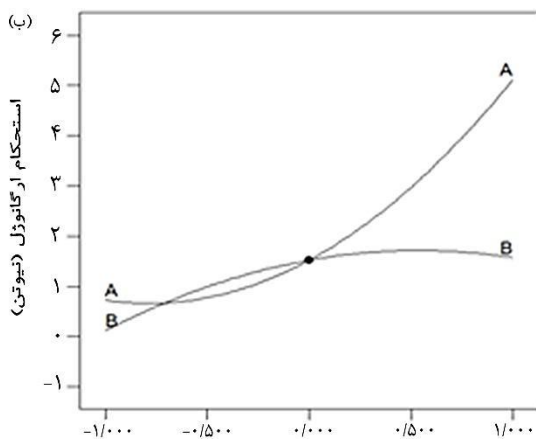
¹ Response Surface Methodology

ارزیابی خصوصیات کیفی ارگانوژل

استحکام ارگانوژل‌ها

نتایج داده‌های جدول تجزیه واریانس حاکی از معنی‌دار بودن مدل ($P < 0.001$) و تمامی پارامترهای آن از لحاظ آماری بود. به طوری که نتایج نشان داد مقادیر کم منو-دی‌گلیسرید باعث کاهش استحکام ارگانوژل‌ها و مقادیر کم موم باعث افزایش استحکام ارگانوژل‌ها شد. اما مقادیر زیاد منو-دی‌گلیسرید باعث افزایش استحکام ارگانوژل‌ها و مقادیر زیاد موم باعث کاهش استحکام ارگانوژل‌ها گردید. شکل (۱-الف) نمودار سه‌بُعدی مربوط به اثر منو-دی‌گلیسرید و موم بر میزان استحکام ارگانوژل‌ها را نشان می‌دهد. بنابراین همان‌طور که در شکل (۱-ب) نشان داده شده، اثر متقابل منو-دی‌گلیسرید و موم باعث افزایش استحکام ارگانوژل‌ها می‌شود. براساس نتایج به دست آمده مشخص شده که منو-دی‌گلیسریدها از طریق توانایی برقراری پیوندهای درون‌مولکولی نظیر پیوند هیدروژنی و آسیلی^۱ با مولکول‌های روغن و دیگر ترکیبات موجود در ساختار ارگانوژل سبب ایجاد ساختار محکم و سفت در محصول می‌شوند که افزایش سفتی بافت ارگانوژل‌ها را به دنبال دارند. از طرف دیگر واکس‌ها به دلیل خاصیت ویسکوز و جامدی که دارند افزایش مقدار آنها سفتی را بیشتر می‌نماید، اما به دلیل افزایش بیش‌ازحد واکس در

فرمولاسیون تعادل بین روغن و واکس در ساختار ارگانوژل‌ها به هم می‌خورد و ترکیبات منو-دی‌گلیسریدی توانایی لازم برای برقراری پل بین این ترکیبات را ندارند و به همین خاطر افزایش بیش‌ازحد موم احتمالاً از این طریق سفتی بافت را کاهش می‌دهد. از همین رو زمانی که مقدار منو-دی‌گلیسرید در فرمولاسیون افزایش می‌یابد با ایجاد پیوندهای مستحکم بین روغن و موم ساختار سه‌بُعدی منظم و یکپارچه‌ای را به وجود می‌آورد که افزایش سفتی بافت را در نتیجه افزایش مقدار هم‌زمان موم و منو-دی‌گلیسرید به همراه خواهد داشت (den Adel, Heussen, & Bot, 2010). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت دارد. Yılmaz و Ögütçü (۲۰۱۴)، تأثیر استفاده از موم زنبورعسل و منو-دی‌گلیسرید را روی خصوصیات ارگانوژل روغن فندق مورد ارزیابی و مطالعه قرار دادند. براساس نتایج به دست آمده توسط این محققین مشخص شد که استفاده از موم و منو-دی‌گلیسرید در فرمولاسیون ارگانوژل روغن فندق سبب افزایش سفتی و استحکام بافت محصولات می‌شود. این محققین افزایش سفتی و ایجاد بافت مستحکم در ارگانوژل‌ها را به توانایی برقراری پیوند هیدروژنی مونوگلیسریدها و همچنین خصوصیات بافت‌دهندگی موم نسبت دادند.



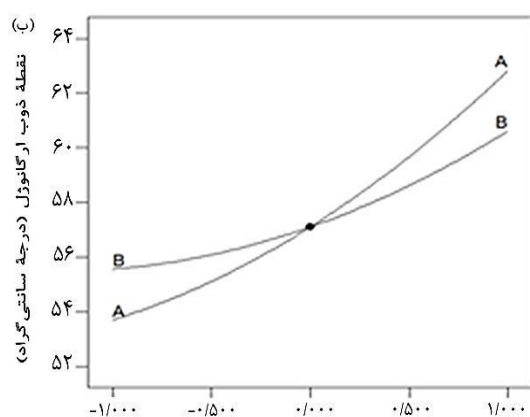
شکل ۱- تأثیر متغیرهای فرایند (منو-دی‌گلیسرید و موم) بر استحکام ارگانوژل‌ها (الف: سه‌بُعدی و ب: دو‌بُعدی)

¹ Acyl bonds

افزایش میزان مونوگلیسرید و موم در فرمولاسیون ارگانوزل‌های تولیدی سبب افزایش آنتالپی و همچنین نقطه ذوب آنها خواهد شد. محققین این افزایش نقطه ذوب را به افزایش پایداری سیستم در نتیجه افزودن این ترکیبات و بالاتر بودن نقطه ذوب موم نسبت به روغن فندق نسبت دادند. به همین خاطر این محققین اظهار داشتند که افزودن سطح مناسب از مواد تشکیل‌دهنده ارگانوزل می‌تواند براساس پارامترهای حرارتی یا پارامترهای بافتی و حسی صورت گیرد که هدف مورد نظر از به‌کارگیری ارگانوزل را مشخص نماید.

ارزیابی خصوصیات کیفی خمیر سوهان و محصول نهایی ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان

نتایج حاصل از تحلیل داده‌های جدول تجزیه واریانس مربوط به مدل پیش‌بینی‌شده برای ارزیابی ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان نشان داد که مدل از لحاظ آماری معنی‌دار بود ($P < 0.001$). براساس نتایج به‌دست‌آمده در طی این پژوهش مشخص شد که اثر مستقل موم در مقادیر زیاد و اثر متقابل موم و منو-دی‌گلیسرید روی ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P > 0.05$). همچنین مشخص شد که منو-دی‌گلیسرید و موم در مقادیر کم، باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان شدند و علاوه بر این منو-دی‌گلیسرید در مقادیر زیاد، باعث افزایش ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان شد (شکل ۳).

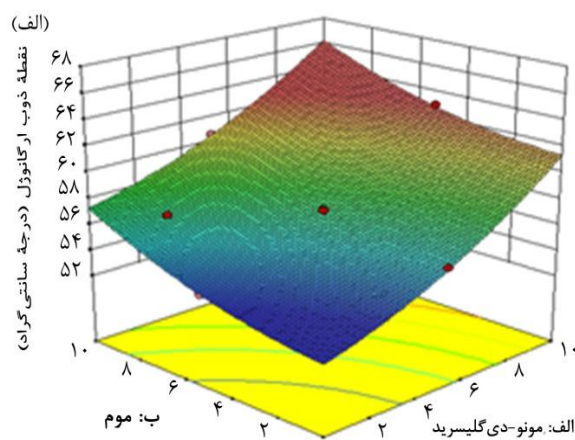


شکل ۲- تأثیر متغیرهای فرایند (منو-دی‌گلیسرید و موم) بر نقطه ذوب ارگانوزل (الف: سه‌بندی و ب: دو‌بندی)

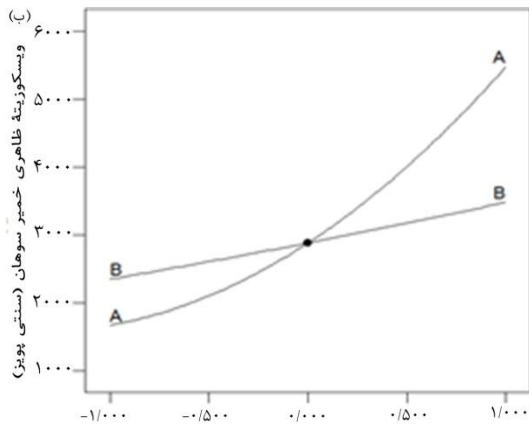
نقطه ذوب ارگانوزل

به‌منظور بررسی تأثیر تغییر سطوح متغیرهای فرایند (موم و منو-دی‌گلیسرید) بر نقطه ذوب ارگانوزل از آزمون گرماسنجی روبشی افتراقی (DSC¹) استفاده گردید. نقطه ذوب روغن براساس پیک منحنی گرماگیر حاصل از آزمون و در واقع درجه‌حرارتی که ویژگی‌های فیزیکی روغن به‌نحو چشمگیری تغییر می‌یابد، محاسبه گردید.

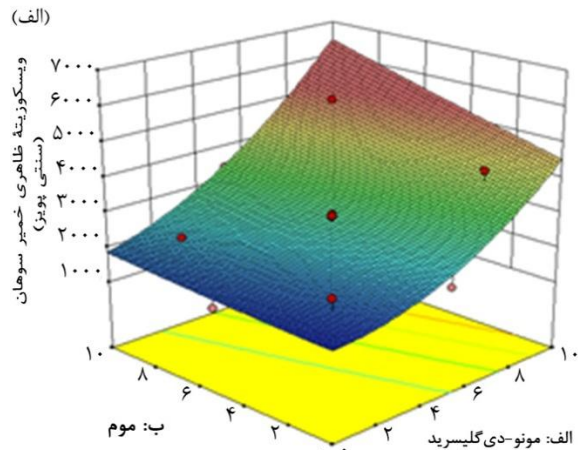
از این رو براساس نتایج حاصل از این آزمون مشخص شد مدل پیش‌بینی‌شده برای تأثیر متغیرهای موم و منو-دی‌گلیسرید روی نقطه ذوب ارگانوزل معنی‌دار بود ($P < 0.001$). علاوه بر این متغیرهای میزان به‌کارگیری موم و منو-دی‌گلیسرید به‌طور معنی‌داری ($P < 0.001$) روی نقطه ذوب نمونه‌ها مؤثر بودند، به‌طوری‌که افزایش میزان موم و منو-دی‌گلیسرید به‌طور معنی‌داری باعث افزایش نقطه ذوب ارگانوزل‌ها شد (شکل ۲). در چربی‌های پلاستیک مانند ارگانوزل‌ها دمای ذوب یکی از پارامترهای کیفی ضروری می‌باشد که این عامل مناسب بودن چربی برای کاربردهای مختلف را بیان می‌نماید. بنابراین مشاهده شده که با افزایش مقدار ترکیبات تشکیل‌دهنده ارگانوزل (موم و امولسیفایر) دمای ذوب و آنتالپی سیستم افزایش می‌یابد که این امر سبب افزایش سفتی و مقاومت بافت ارگانوزل در مقابل حرارت خواهد شد (Toro-Vazquez et al., 2007). بنابراین نتایج به‌دست‌آمده در طی این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Ögütçü و Yılmaz (۲۰۱۴)، مشاهده کردند که



¹ Differential Scanning Calorimetry



شکل ۳- تأثیر متغیرهای فرایند (منو-دی گلیسرید و موم) بر ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان (الف: سه‌بُعدی و ب: دو‌بُعدی)

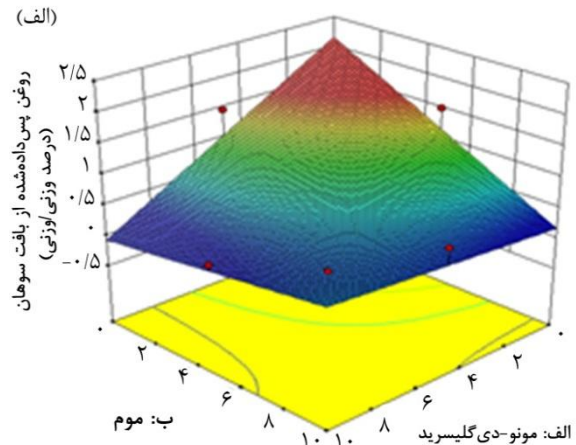
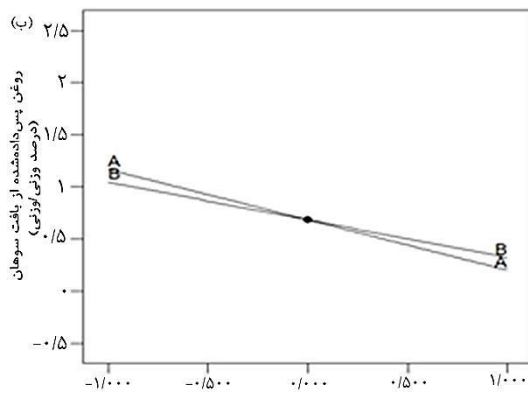


چربی خروجی (پس‌داده‌شده) از سوهان نتایج حاصل از ارزیابی میزان چربی خارج شده از بافت سوهان در نتیجه تیمار با موم و منو-دی گلیسرید نشان داد که مدل پیش‌بینی شده و تمامی پارامترهای مدل تأثیر معنی‌داری ($P < 0.001$) روی میزان خروج روغن از بافت سوهان دارند. همچنین براساس نتایج به‌دست‌آمده در طی این پژوهش مشخص شد که اثر مستقل منو-دی گلیسرید و موم در مقادیر کم، مقدار روغن پس‌داده‌شده را کم کرده و اثر مستقل منو-دی گلیسرید و موم در مقادیر زیاد، میزان روغن پس‌داده‌شده را افزایش می‌دهد. بنابراین همان‌طور که در شکل (۴) نشان داده شده است، اثر متقابل منو-دی گلیسرید و موم نیز باعث افزایش چربی پس‌داده‌شده از سوهان می‌شود. تغییرات میزان درصد چربی خروجی از بافت سوهان در نتیجه تغییر سطح و متغیر مشخص نمود که در ابتدا خروج روغن بسیار کند و تقریباً ثابت و خطی است اما با افزایش مقادیر منو-دی گلیسرید و موم، میزان خروج روغن از بافت سوهان افزایش می‌یابد (شکل ۴).

همان‌طور که بیان شد منو-دی گلیسرید به دلیل خصوصیات بافت‌دهندگی و توانایی برقراری پیوندهای هیدروژنی، پیوندهای آسیلی و همچنین خاصیت امولسیفایری که دارند به‌عنوان پل بین روغن و موم عمل کرده و سبب نگهداری و حفظ روغن در داخل ساختار می‌شوند. این حالت به دلیل وجود ساختار سه‌بُعدی و ژل‌مانندی که تشکیل می‌شود ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان را بالا می‌برند که با افزایش اندیس قوام نمونه‌ها همراه خواهد بود (Da Pieve, Calligaris, Nicoli, & Marangoni, 2010). نتایج حاصل از این پژوهش با یافته‌های دیگر محققین نیز مطابقت داشت. de Godoi و همکاران (۲۰۱۹)، به مطالعه خصوصیات رئولوژیکی ارگانوژل تهیه‌شده با روغن سویا و حاوی مقادیر سوربیتان مونواستئارات^۱ به‌عنوان عامل امولسیون‌کننده پرداختند. براساس نتایج به‌دست‌آمده توسط این محققین مشخص شد که استفاده از سوربیتان مونواستئارات به دلیل نقش امولسیفایری که دارد به تشکیل شبکه سه‌بُعدی و ژل روغن سویا با استفاده از موم کاندلیلا^۲ کمک نمود. محققین اظهار داشتند که سوربیتان مونواستئارات به دلیل خاصیت فعالیت سطحی که دارد در ساختار ارگانوژل‌ها از طریق پیوندهای هیدروفوبیک و هیدروفیل به ایجاد شبکه سه‌بُعدی و ژل کمک می‌نماید و این امر همراه با افزایش ویسکوزیته خواهد بود.

¹Sorbitan monostearate

²Candelilla



شکل ۴- تأثیر متغیرهای فرایند (منو-دی گلیسرید و موم) بر میزان روغن پس داده شده از بافت سوهان (الف: سه‌بُعدی و ب: دو بُعدی)

هریک از متغیرهای فرایند روی خصوصیات ارگانوژل و سوهان تهیه شده با آن که در قسمت‌های قبلی به آن اشاره شد، بهینه‌سازی شرایط تهیه ارگانوژل و سوهان به منظور حداکثر استحکام ارگانوژل، بالاترین نقطه ذوب ارگانوژل، حداکثر ویسکوزیته خمیر سوهان و کمترین میزان روغن آزاد شده از سوهان صورت گرفت. برای این منظور جهت تهیه ارگانوژل از سطوح مختلف مونو-دی گلیسرید (۰ تا ۱۰ درصد) و موم (۰ تا ۱۰ درصد) استفاده شد و سپس در فرمولاسیون سوهان مورد استفاده قرار گرفتند و هر کدام از خصوصیات کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. باتوجه به نتایج به دست آمده بهینه‌سازی بر اساس حداکثر استحکام ارگانوژل، بالاترین نقطه ذوب ارگانوژل، حداکثر ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان و کمترین میزان روغن آزاد شده از سوهان صورت گرفت و شرایط بهینه بر اساس تابع مطلوبیت انتخاب گردید و از این رو، محدودیت‌های فرایند برای نمونه‌های ارگانوژل و سوهان تولیدی در **جدول (۴)** نشان داده شده است. به همین خاطر حداکثر استحکام ارگانوژل، بالاترین نقطه ذوب ارگانوژل، حداکثر ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان و کمترین میزان روغن آزاد شده از سوهان به عنوان هدف بهینه‌سازی انتخاب شد و نتایج حاصل از بهینه‌سازی سطح متغیرها به صورت داده‌های پیش‌بینی شده و داده‌های تجربی در **جدول (۵)** نشان داده شده است. از این رو، می‌توان نتیجه گرفت که شرایط بهینه برای حداکثر استحکام ارگانوژل، بالاترین نقطه ذوب ارگانوژل، حداکثر ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان و کمترین میزان روغن آزاد شده از سوهان شامل میزان ۸/۸۲ درصد مونو-دی گلیسرید و میزان ۷/۰۳ درصد موم می‌باشد (**جدول ۵**).

همان‌طور که قبلاً نیز دیده شده با افزایش میزان مونو-دی گلیسرید و همچنین افزایش مقدار موم در فرمولاسیون ارگانوژل‌ها میزان ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان افزایش یافت که این نتایج در رابطه با نتایج روغن پس داده شده از سوهان بود. بنابراین می‌توان گفت با افزایش میزان موم و مونو-دی گلیسرید ویسکوزیته خمیر سوهان افزایش می‌یابد، این امر احتمالاً ساختار منسجم و پایدار را برای خمیر سوهان فراهم می‌نماید که سبب حفظ روغن درون شبکه خمیر سوهان می‌شود که با کاهش خروج روغن از بافت محصول همراه خواهد بود (Ibrahim, Hafez, & Mahdy, 2013). این یافته‌ها با نتایج دیگر محققین نیز مطابقت داشت. Lesaffer, Babaahmadi, Patel, & Dewettinck (2015)، به مطالعه پایداری امولسیون بر پایه اولئوژل حاصل از شلاک^۱ و روغن گلزا پرداختند. نتایج این محققین نشان داد که اولئوژل تولید شده با استفاده از شلاک، ساختار ژل مانند و پایداری در درون روغن ایجاد نمود که توانست از دوفاز شدن آن در طی ۴ ماه نگهداری جلوگیری کند. این محققین اظهار داشتند که پایداری سیستم امولسیونی تولید شده ناشی از به دام اندازی فیزیکی قطره‌های آب درون ساختاری کریستالی و تجمع کریستال‌های ریزتر در سطح مشترک آب و روغن می‌باشد که سد استری را به وجود می‌آورند و از خروج روغن از ساختار جلوگیری می‌نماید.

بهینه‌سازی

بر اساس نتایج به دست آمده در طی این پژوهش و تأثیر

^۱Shellac

جدول ۴- محدودیت‌های فرایند بهینه‌سازی سطوح مختلف موم و مونو-دی‌گلیسرید جهت تولید ارگانوژل و سوهان

نام	هدف	حد پایین	حد بالا	وزن پایین	وزن بالا	اهمیت
مونو-دی‌گلیسرید	در محدوده	۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳/۰۰
موم	در محدوده	۰/۰۰	۱۰/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳/۰۰
استحکام ارگانوژل	حداکثر	۰/۰۴	۴/۹۳	۱/۰۰	۱/۰۰	۳/۰۰
نقطه ذوب ارگانوژل	حداکثر	۵۳/۲	۶۳/۹۵	۱/۰۰	۱/۰۰	۳/۰۰
ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان	حداکثر	۱۴۲۳/۱۷	۵۳۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۳/۰۰
روغن خارج شده از سوهان	حداقل	۰/۲۷	۱/۵۲	۱/۰۰	۱/۰۰	۳/۰۰

جدول ۵- سطح بهینه متغیرها، پاسخ‌های پیش‌بینی شده و نتایج آزمایشگاهی جهت تولید ارگانوژل و سوهان

متغیر	سطح بهینه متغیر	
مونو-دی‌گلیسرید	۸/۸۲	
موم	۷/۰۳	
پاسخ	مقدار پیش‌بینی شده	مقدار تجربی (آزمایشگاهی)
استحکام ارگانوژل	۴/۴۸±۰/۰۱ ^a	۴/۵۰±۰/۰۲ ^a
نقطه ذوب ارگانوژل	۶۳/۲۲±۱/۲۱ ^a	۶۲/۷۹±۱/۵۲ ^a
ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان	۵۲۹۹/۹۹±۱۵/۸۱ ^a	۵۳۰۱/۸۶±۱۰/۴۶ ^a
روغن خارج شده از سوهان	۰/۳۹±۰/۰۱ ^a	۰/۳۸±۰/۰۲ ^a

*حروف یکسان نشان‌دهنده عدم تفاوت معنی‌دار در هر ردیف می‌باشند ($P > 0.05$).

داده شده است. براساس نتایج حاصل از تحلیل واریانس داده‌های مربوط به محتوی پروتئین و روغن نمونه سوهان شاهد و نمونه سوهان تهیه شده با فرمولاسیون بهینه مشخص شد که بین داده‌های این دو از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ($P > 0.05$).

با این وجود مقایسه میانگین داده‌های محتوی خاکستر نمونه‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که نمونه‌های تهیه شده با چربی جامد و هیدروژنه به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) دارای محتوی خاکستر بالاتری نسبت به نمونه سوهان با فرمولاسیون بهینه در این مطالعه بود. دلیل این امر آن است که در نمونه شاهد با چربی هیدروژنه ممکن است برخی ترکیبات معدنی در طی هیدروژناسیون در روغن باقی‌مانده باشند (Mendil, 2009; Uluözlü, Tüzen, & Soylyak, 2009). که این امر سبب شده تا محتوی خاکستر نمونه‌های سوهان تهیه شده با آن بالاتر باشد (جدول ۶). همچنین نتایج مربوط به مقایسه میانگین و تحلیل واریانس داده‌ها از لحاظ خصوصیات آنتی‌اکسیدانی نشان می‌دهد که نمونه‌های تهیه شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل بر پایه روغن کنجد به طور معنی‌داری ($P < 0.05$) دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به نمونه شاهد می‌باشند (جدول ۶).

نتایج به دست آمده از تولید ارگانوژل و ارزیابی خصوصیات کیفی سوهان تهیه شده با آن نشان داد که بین داده‌های تجربی و داده‌های پیش‌بینی شده ناشی از مدل رگرسیونی مورد استفاده در روش RSM اختلاف بسیار کمی وجود دارد. این امر بیانگر آن است که مدل پیش‌بینی شده در طی این پژوهش برای ارزیابی داده‌ها و شرایط بهینه جهت تولید ارگانوژل و سوهان بر پایه آن با حداکثر استحکام ارگانوژل، بالاترین نقطه ذوب ارگانوژل، حداکثر ویسکوزیته ظاهری خمیر سوهان و کمترین میزان روغن آزاد شده از سوهان به خوبی برازش شده و داده‌ها با مدل پیش‌بینی شده منطبق می‌باشند.

پس بهینه‌سازی فرمولاسیون سوهان بر پایه ارگانوژل تولید شده، خصوصیات سوهان حاصل از فرمولاسیون بهینه با سوهان به دست آمده از روغن جامد (روغن هیدروژنه) و روغن مایع (روغن کنجد) از لحاظ خصوصیات کیفی و حسی مقایسه شد که ادامه به بررسی هر کدام از این خصوصیات پرداخته می‌شود.

مقایسه خصوصیات کیفی سوهان بهینه با نمونه‌های شاهد نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌های کیفی سوهان براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در جدول (۶) نشان

جدول ۶- مقایسه خصوصیات کیفی سوهان تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل با سوهان شاهد

تیمار	محتوی پروتئین	محتوی خاکستر	فعالیت آنتی‌اکسیدانی	محتوی رطوبت (درصد)	محتوی روغن (درصد)	روغن پس‌داده‌شده (درصد)
شاهد جامد	۵/۲۹±۰/۴۱ ^a	۰/۷۰±۰/۰۱ ^a	۳۱/۴۰±۰/۱۴ ^b	۱/۱۴±۰/۰۱ ^b	۴۴/۲۶±۱/۵۴ ^a	۰/۴۵±۰/۰۳ ^a
بهینه	۵/۱۴±۰/۳۸ ^b	۰/۶۵±۰/۰۱ ^b	۵۶/۳۰±۰/۲۱ ^a	۱/۲۷±۰/۰۱ ^a	۴۵/۵۲±۱/۲۲ ^a	۰/۳۸±۰/۰۲ ^b

*حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) در هر ستون می‌باشند.

روغن را به‌خوبی در خود نگه‌دارد و قابلیت اتصال و نگهداری آن را در محصول نهایی بهبود بخشد (Duffy et al., 2009) و این امر احتمالاً سبب می‌شود که میزان روغن خروجی از نمونه سوهان تهیه‌شده با ارگانوژل پایین‌تر باشد.

خصوصیات حسی

نتایج حاصل از ارزیابی خصوصیات حسی (تردی بافت، نجسیدن به دندان، نداشتن چربی دلمه روی سطح و پذیرش کلی) و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن برای تیمار سوهان تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل، سوهان تهیه‌شده با چربی جامد (روغن هیدروژنه) و سوهان تهیه‌شده با روغن کنجد مایع (شاهد مایع) در جدول (۷) نشان داده شده است. براین اساس همان‌طور که در جدول (۷) نشان داده شده است امتیاز تمامی پارامترهای حسی (تردی بافت، نجسیدن به دندان، نداشتن چربی دلمه روی سطح و پذیرش کلی) برای نمونه سوهان تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) بالاتر از امتیاز خصوصیات حسی دیگر تیمارها می‌باشد. دلیل این امر احتمالاً ناشی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مطلوب نمونه تهیه‌شده با ارگانوژل می‌باشد. زیرا همان‌طور که نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد استفاده از ارگانوژل با فرمولاسیون بهینه خود در ساختار سوهان سبب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن شد که این امر نیز سبب‌شده تا ارزیاب‌های حسی نیز به نمونه‌های تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل امتیاز بالاتری از لحاظ خصوصیات حسی بدهند.

دانه کنجد دارای لیگنان‌هایی از جمله سزامین^۱، سزامول^۲ و سزامولین^۳ می‌باشد که این ترکیبات دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (Reshma et al., 2010) و همین امر احتمالاً سبب‌شده است که نمونه‌های سوهان تهیه‌شده با ارگانوژل بر پایه روغن کنجد دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مهار رادیکال‌های آزاد بیشتری نسبت به نمونه تهیه‌شده با روغن هیدروژنه باشند.

اندازه‌گیری میزان محتوی رطوبت نمونه‌های سوهان تهیه‌شده با روغن جامد هیدروژنه و سوهان تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل بر پایه روغن کنجد و مقایسه میانگین داده‌ها براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد که محتوی رطوبت نمونه‌های تهیه‌شده با ارگانوژل به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) دارای محتوی رطوبت بیشتر نسبت به نمونه شاهد می‌باشند (جدول ۶). ارگانوژل‌ها به‌دلیل دارابودن ساختار سه‌بُعدی و ژل‌مانند خود و همچنین وجود ترکیبات امولسیفایری و موم در فرمولاسیون آنها احتمالاً توانایی بیشتری برای واکنش با مولکول‌های آب از طریق پیوند هیدروژنی دارند (Bemer, Limbaugh, Cramer, Harper, & Maleky, 2016) و همین امر احتمالاً سبب‌شده است تا نمونه‌های سوهان تهیه‌شده با ارگانوژل دارای محتوی رطوبت بالاتری باشند.

جدول (۶) نتایج مربوط به تحلیل داده‌های تجزیه واریانس و مقایسه میانگین آنها از لحاظ میزان روغن پس‌داده‌شده از نمونه‌های سوهان تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل و نمونه شاهد را نشان می‌دهد. همان‌گونه که نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد، میزان روغن پس‌داده‌شده از نمونه سوهان تهیه‌شده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل به‌طور معنی‌داری ($P < 0.05$) کمتر از این میزان در نمونه شاهد می‌باشد. ساختار ژل‌مانند و شبکه سه‌بُعدی حاصل از ارگانوژل قادر است

¹Sesamin

²Sesamol

³ Sesamol

جدول ۷- ارزیابی خصوصیات حسی نمونه‌های مختلف سوهان

تیمار	تردی بافت	نچسبیدن به دندان	نداشتن چربی دلمه روی سطح	پذیرش کلی
شاهد جامد	۳/۹۵±۰/۷۶ ^b	۲/۳۰±۰/۶۶ ^c	۳/۸۰±۰/۶۲ ^b	۳/۷۵±۰/۵۵ ^a
شاهد مایع	۲/۶۵±۰/۷۵ ^c	۳/۰۰±۰/۸۰ ^b	۲/۳۵±۰/۸۸ ^c	۲/۷۵±۰/۶۴ ^b
بهینه	۴/۹۵±۰/۲۲ ^a	۴/۹۵±۰/۲۲ ^a	۴/۹۰±۰/۳۱ ^a	۳/۷۵±۰/۶۴ ^a

*حروف کوچک متفاوت نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۵ درصد ($P < 0.05$) در هر ستون می‌باشند.

نتیجه‌گیری

هدف از این پژوهش بهینه‌سازی فرایند تولید ارگانوژل به‌منظور به‌کارگیری در فرمولاسیون سوهان بود. نتایج به‌دست‌آمده توسط این پژوهش مشخص نمود که ارگانوژل‌های تولیدشده در طی این پژوهش سبب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محصول نهایی شدند. شرایط بهینه به‌منظور تولید سوهان بر پایه ارگانوژل شامل ۸/۸۲ درصد مونو-دی‌گلیسرید و ۷/۰۳ درصد موم بود. بین داده‌های تجربی و داده‌های پیش‌بینی شده حاصل از مدل رگرسیونی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. بنابراین

می‌توان نتیجه گرفت که مدل طراحی‌شده در طی این پژوهش برای تولید سوهان بر پایه ارگانوژل به‌خوبی برازش‌شده است و ارگانوژل تولیدی سبب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سوهان می‌گردد. همچنین مقایسه خصوصیات کیفی و حسی سوهان تولیدشده از فرمولاسیون بهینه ارگانوژل با نمونه شاهد نشان داد که خصوصیات کیفی و حسی نمونه سوهان تولیدشده با فرمولاسیون بهینه ارگانوژل بر پایه روغن کنجد بهتر از نمونه‌های شاهد بود.

منابع

- خواص، ز. (۱۳۹۳). شناسایی میکروارگانیسم‌های جدا شده از محصول نهایی ۷ واحد تولیدی سوهان از شهر قم (پایان‌نامه منتشر نشده کارشناسی ارشد)، دانشگاه شهید بهشتی،
- سازمان ملی استاندارد ایران [ISIRI]، (۱۳۹۱). سوهان خوراکی-ویژگی‌ها و روش آزمون. (استاندارد ملی ایران به شماره ۲۶۱۲، تجدیدنظر اول). برگرفته از <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?id=47422>
- شریعتی، ف.، آزادمرد دمیرچی، ص.، و شیرانی‌راد، ا. (۱۳۹۷). تولید الوژل از روغن کلزا با استفاده از مخلوط اتیل سلولوز و پلی‌گلیسرول پلی ریسینولات. *علوم و صنایع غذایی ایران*، ۱۵ (۸۱)، ۷۷-۸۶.
- مقصودلو، ی. (۱۳۸۲). تکنولوژی تولید سوهان. تهران: نشر علوم کشاورزی.
- Akhavan, H., & Zarezadeh Mehrizi, R. (2016). Effects of Damask Rose (*Rosa damascena* Mill.) extract on chemical, microbial, and sensory properties of Sohan (an Iranian Confection) during storage. *Journal of food quality and hazards control*, 3(3), 97-106.
- Barbut, S., Wood, J., & Marangoni, A. (2016). Effects of organogel hardness and formulation on acceptance of frankfurters. *Journal of food science*, 81(9), C2183-C2188. doi:<https://doi.org/10.1111/1750-3841.13409>
- Bemer, H. L., Limbaugh, M., Cramer, E. D., Harper, W. J., & Maleky, F. (2016). Vegetable organogels incorporation in cream cheese products. *Food Research International*, 85, 67-75. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.01>
- Co, E. D., & Marangoni, A. G. (2012). Organogels: An alternative edible oil-structuring method. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(5), 749-780. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-012-2049-3>
- Da Pieve, S., Calligaris, S., Nicoli, M. C., & Marangoni, A. G. (2010). Shear nanostructuring of monoglyceride organogels. *Food Biophysics*, 5(3), 211-217. doi:<https://doi.org/10.1007/s11483-010-9162-3>
- de Godoi, K. R. R., Basso, R. C., Ming, C. C., da Silva, V. M., da Cunha, R. L., Barrera-Arellano, D., & Ribeiro, A. P. B. (2019). Physicochemical and rheological properties of soybean organogels: Interactions between different structuring agents. *Food Research International*, 124, 108475. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.023>
- den Adel, R., Heussen, P. C., & Bot, A. (2010). *Effect of water on self-assembled tubules in β -sitosterol+ γ -oryzanol-based organogels*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.

- Duffy, N., Blonk, H. C., Beindorff, C. M., Cazade, M., Bot, A., & Duchateau, G. S. (2009). Organogel-based emulsion systems, micro-structural features and impact on in vitro digestion. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(8), 733-741. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-009-1405-4>
- Hughes, N. E., Marangoni, A. G., Wright, A. J., Rogers, M. A., & Rush, J. W. (2009). Potential food applications of edible oil organogels. *Trends in Food Science & Technology*, 20(10), 470-480. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.06.002>
- Ibrahim, M. M., Hafez, S. A., & Mahdy, M. M. (2013). Organogels, hydrogels and bigels as transdermal delivery systems for diltiazem hydrochloride. *asian journal of pharmaceutical sciences*, 8(1), 48-57. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ajps.2013.07.006>
- Iranian National Standardization Organization. (2013). Edible Sohan Specifications and test methods. (ISIRI No. 2612, 1st. Revision). Retrieved from <http://standard.isiri.gov.ir/StandardView.aspx?Id=35120> (in Persian)
- Jang, A., Bae, W., Hwang, H.-S., Lee, H. G., & Lee, S. (2015). Evaluation of canola oil oleogels with candelilla wax as an alternative to shortening in baked goods. *Food chemistry*, 187, 525-529. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.110>
- Khavas, Z. (2014). *Identification of microorganisms isolated from the final product of 7 Sohan production units from Qom city*. ((Unpublished master's thesis)), Shahid Beheshti University of Tehran, (in Persian)
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2013). *Sensory evaluation of food: principles and practices*: Springer Science & Business Media.
- Maghsoudloo, Y. (2003). *Suhan processing technology*: Tehran: Agricultural Sciences Publishing House. (in Persian)
- Mashak, Z., Sodagari, H., & Moradi, B. (2014). Microbiological and chemical quality of sohan: an Iranian traditional confectionary product. *Journal of food quality and hazards control*, 1(2), 56-60.
- Mendil, D., Uluözlü, Ö. D., Tüzen, M., & Soylak, M. (2009). Investigation of the levels of some element in edible oil samples produced in Turkey by atomic absorption spectrometry. *Journal of Hazardous Materials*, 165(1-3), 724-728. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.10.046>
- Mensink, R. P. (2005). Metabolic and health effects of isomeric fatty acids. *Current Opinion in Lipidology*, 16(1), 27-30.
- O'Brien, R. D. (2008). *Fats and oils: formulating and processing for applications*: CRC press.
- Park, C., Bemer, H. L., & Maleky, F. (2018). Oxidative stability of rice bran wax oleogels and an oleogel cream cheese product. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(10), 1267-1275. doi:<https://doi.org/10.1002/aocs.12095>
- Patel, A. R., Babaahmadi, M., Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2015). Rheological profiling of organogels prepared at critical gelling concentrations of natural waxes in a triacylglycerol solvent. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(19), 4862-4869. doi:<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b01548>
- Pernetti, M., van Malssen, K. F., Flöter, E., & Bot, A. (2007). Structuring of edible oils by alternatives to crystalline fat. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 12(4-5), 221-231. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cocis.2007.07.002>
- Reshma, M., Balachandran, C., Arumughan, C., Sunderasan, A., Sukumaran, D., Thomas, S., & Saritha, S. (2010). Extraction, separation and characterisation of sesame oil lignan for nutraceutical applications. *Food chemistry*, 120(4), 1041-1046. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.047>
- Samateh, M., Sagiri, S. S., & John, G. (2018). Molecular Oleogels: Green Approach in Structuring Vegetable Oils. In *Edible Oleogels* (pp. 415-438): Elsevier.
- Santos, L. A. T., Cruz, R., & Casal, S. (2015). Trans fatty acids in commercial cookies and biscuits: An update of Portuguese market. *Food control*, 47, 141-146. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.06.046>
- Schank, H., Van Malssen, K., Morgado-Alves, S., Kalnin, D., & Van der Linden, E. (2007). Crystal network for edible oil organogels: possibilities and limitations of the fatty acid and fatty alcohol systems. *Food Research International*, 40(9), 1185-1193. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.06.013>
- Shariati, F., Azadmard-Damirchi, S., & Shirani Rad, A. H. (2018). Oleogel production from canola oil with mixture of ethyl cellulose and polyglycerol polyricinoleate. *Food Science and Technology*, 15(81), 77-86. (in Persian)
- Toro-Vazquez, J., Morales-Rueda, J., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M., Alonzo-Macias, M., & González-Chávez, M. (2007). Thermal and textural properties of organogels developed by candelilla wax in safflower oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84(11), 989-1000. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-007-1139-0>
- Valoppi, F., Calligaris, S., Barba, L., Šegatin, N., Poklar Ulrih, N., & Nicoli, M. C. (2017). Influence of oil type on formation, structure, thermal, and physical properties of monoglyceride-based organogel. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(2), 1500549. doi:<https://doi.org/10.1002/ejlt.201500549>
- Yılmaz, E., & Öğütçü, M. (2014). Properties and stability of hazelnut oil organogels with beeswax and monoglyceride. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 1007-1017. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-014-2434-1>

Optimization of Sesame Oil Organogel Production and Its Effect on Physicochemical and Qualitative Properties of Sohan

Zeynab Pourdavoud¹, Hajar Abbasi^{2*}

1- M.Sc. Graduated, Department of Food Science and Technology, College of Agriculture and Natural Resources, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran

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

*Corresponding author (h.abbasi@khuif.ac.ir)

Abstract

This study aimed to optimize organogel production parameters using different amounts of beeswax and mono-di-glyceride and its application in Sohan formulation. Organogel production was performed with different levels of wax (0, 1.67, 5, 8.33 and 10%) and mono-di-glyceride (0, 1.67, 5, 8.33 and 10%). The numerical optimization of the process variables based on maximum organogel firmness, melting point, viscosity of Sohan dough and the lowest amount of released oil from Sohan were determined using the response surface methodology (RSM). Increasing the use of wax and mono-di-glyceride increased the organogel firmness and the viscosity of Sohan dough. On the other hand, increased use of wax and mono-di-glyceride significantly ($P<0.05$) reduced the amount of oil released from Sohan. The optimum conditions for the organogel production to the preparation of Sohan with desirable physical and chemical quality were 8.82% mono-glyceride and 7.03% wax. The comparison of the predicted sample with the experimental sample showed that there was no significant difference ($P<0.05$) between the predicted and experimental samples, which indicates the proper fit of the predicted model for Sohan production based on organogel. The comparison of Sohan quality characteristics with the control sample showed that antioxidant activity, moisture content and sensory properties of Sohan samples prepared with optimal organogel formulation were better than control samples and its ash and oil released was less than the control sample. Therefore, it is possible to replace suitable organogel with fat at optimum levels in the formulation of products such as Sohan without disruptive effect on the quality characteristics of the product.

Keywords: Mono-di-glyceride, Optimization, Organogel, Sohan, Wax