



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تهیه امولسیون های پر شده با ژل بر پایه روغن کانولا- هیدروژلاتور های مختلف (ژلاتین، آگار-آگار و زانتان) بعنوان جایگزین کره

محمد رزم پور^{۱*}، جمشید فرمانی^۲، جعفر محمد زاده میلانی^۳، تیمور محمدی^۴

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

۲- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

۳- استاد گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده مهندسی زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران.

۴- دکترای علوم و صنایع غذایی، نایب رئیس هیات مدیره و مدیر عامل شرکت روغنکشی خرمشهر، تهران، ایران..

چکیده

اطلاعات مقاله

این مطالعه به بررسی تولید و ارزیابی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه روغن کانولا، آب و هیدروژلاتورها به عنوان جایگزین کره تجاری پرداخته است. با توجه به نیاز روز افزون، این پژوهش تلاش نمود با بهره گیری از ساختاردهی فاز آبی با کمک هیدروژلاتورهای مختلف و روغن کانولا، امولسیون هایی را ایجاد نماید که از نظر ارزش عملکردی و تغذیه ای، مشابه یا حتی برتر از نمونه های کره های تجاری و در دسترس باشند. در این پژوهش، از هیدروژلاتورها (ژلاتین، آگار-آگار و زانتان) به عنوان عامل ساختاردهی فاز آبی و دو نوع امولسیفایر (سوربیتان مونواستئارات و گلیسرول مونواستئارات) استفاده شده است. متغیرهای مختلفی (میزان هیدروژلاتور، نوع امولسیفایر و نسبت آب به روغن) در تهیه امولسیون ها مدنظر قرار گرفتند و در نهایت خصوصیات امولسیون ها از جمله پایداری حرارتی، اکسایشی، فیزیکی، حسی و بافتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که افزایش هیدروژلاتور منجر به افزایش سختی نمونه های بر پایه هر سه نوع هیدروژلاتور شد. در حالی که انتخاب نوع امولسیفایر تاثیرهای مختلفی را بر سایر خصوصیات با توجه به نوع هیدروژلاتور داشت. نمونه های بر پایه آگار-آگار و زانتان و حاوی گلیسرول مونواستئارات در مقایسه با سوربیتان مونواستئارات، دارای خصوصیات بهتری نسبت به نمونه های بر پایه ژلاتین بودند. نتایج حاصل از این پژوهش بطور کلی نشان می دهد که امولسیون ها پر شده با ژل تهیه شده می توانند به عنوان جایگزین مناسبی برای کره تجاری در صنعت غذا مورد استفاده قرار گیرند، بدون اینکه هیچ گونه تاثیری در کیفیت حسی و همچنین عملکردی محصول نهایی داشته باشند.

تاریخ های مقاله :

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۴/۱۰

کلمات کلیدی:

روغن کانولا،

امولسیون،

ژل،

ژلاتین،

آگار-آگار،

زانتان

DOI: 10.22034/FSCT.22.165.86.

* مسئول مکاتبات:

mh_razmpour@yahoo.com

۱-مقدمه

ترکیب ژل ساز در آنها، محلول در فاز آبی می باشد. معمولاً" ۹۰-۵۰ درصد امولسیون های پر شده با ژل از آب تشکیل شده است [۴]. تفاوت اساسی میان امولسیون های پر شده با ژل نسبت به سایر امولسیون ها (از جمله امولسیون ساختار یافته آب در روغن (اولئوژل))، بکارگیری ترکیبات ژل ساز مختص این نوع امولسیون ها با نام هیدروژلاتور می باشد، بطوری که این نوع ترکیبات با داشتن خاصیت محلول در آب، باعث ایجاد خصوصیات منحصر بفردی در امولسیون پر شده با ژل می شوند [۴، ۵].

پژوهش های مختلفی در زمینه امولسیون پر شده با ژل جهت تهیه جایگزین محصولات کره ای انجام شده است. در تهیه امولسیون پر شده با ژل بر اساس اینولین و روغن زیتون فوق بکر انجام شده توسط Yang و همکاران (۲۰۱۹)، نتایج نشان داد که با توجه به اجزای مورد استفاده در امولسیون تولیدی (وجود فیبر، اسیدهای چرب غیر اشباع و آنتی اکسیدان های فنلی)، این نوع امولسیون می تواند بعنوان جایگزین اسپرد ها استفاده شود [۵]. Kangchai و همکاران (۲۰۱۸) به تهیه نوعی مارگارین بر اساس امولسیون پر شده با ژل با استفاده از فرمول A پرداختند؛ نتایج نشان داد که غلظت هیدروژلاتور (فرمول A) بر خصوصیات بافتی و ریزساختاری تاثیرگذار بوده و همچنین استفاده از روغن سویا بر خصوصیات نهایی محصول در مقایسه با مارگارین تجاری نیز تاثیر بیشتری داشته است [۶]. ترکیبات هیدروژلاتوری از جمله ژلاتین، در امولسیون های پر شده با ژل در نقش عامل ساختاردهنده بخش آبی عمل نموده و می توانند منجر به تغییر ویژگی ها از جمله افزایش ویسکوزیته محصول گردند [۶]. Garcia-Ortega و همکاران (۲۰۲۱) در مقایسه خصوصیات امولسیون آب در روغن و امولسیون پر شده با ژل؛ گزارش دادند که امولسیون های پر شده با ژل دارای مواد جامد کمتر، الاستیسیته زیاد و پایداری بیشتری بودند [۷].

کره حیوانی یکی از فرآورده های لبنی است که دارای مصارف متنوعی می باشد، البته دارای میزان زیادی اسید های چرب اشباع بوده و مصرف آن منجر به ایجاد بیماری های قلبی- عروقی می گردد [۱]. با توجه به محدودیت های استفاده از کره حیوانی، در یافتن جایگزین مناسب برای آن توجه به مواردی از قبیل: ۱) قیمت مناسب و در دسترس بودن ۲) داشتن خصوصیات تغذیه ای مناسب و مطلوب، حائز اهمیت است. نظر به اینکه میزان زیادی از اسیدهای چرب اشباع و کلسترول در کره حیوانی وجود دارد، محصولات جایگزین بایستی دارای اشباعیت کمتر (اسیدهای چرب غیر اشباع زیاد) باشند. روغن های گیاهی بدلیل وجود میزان زیادی از اسیدهای چرب غیر اشباع در ساختارشان، می توانند بعنوان جایگزین کره حیوانی، در قالب مارگارین مورد استفاده قرار گیرند [۲، ۳]. بطور معمول در تهیه مارگارین از منابع هیدروژنه شده نسبی که دارای اسیدهای چرب ترانس می باشد، استفاده می شود. با توجه به اینکه اسیدهای چرب ترانس در ایجاد خصوصیات محصول، اهمیت به سزایی دارد، توجه به تاثیر اسیدهای چرب ترانس در ایجاد بیماری های قلبی-عروقی و همچنین یافتن راه حل مناسب در این زمینه نیز یک امر مهم تلقی می شود [۳].

روش های اصلاحی مختلفی جهت حذف و کاهش اسیدهای چرب ترانس و بالاخص برای محصولات بر پایه روغن/ چربی مورد استفاده قرار می گیرند، در صورتی که هر کدام مزایا و معایب مربوط به خود را دارند. یکی از روش های اصلاحی جدید اولئوژلاسیون نام دارد که می توان از آن برای ساختاردهی چربی ها / روغن ها بهره برد. در زمینه اولئوژلاسیون، مبحثی بنام امولسیون پر شده با ژل وجود دارد که این امولسیون در طبقه بندی امولسیون های ساختار یافته قرار می گیرد و امولسیونی می باشد که شامل یک فاز آبی پراکنده، فاز پیوسته روغنی بوده، حالت ژله مانند داشته و

امولسیون های تهیه شده در این پژوهش، امولسیون پر شده با ژل بودند. اجزای بکار رفته در این نوع امولسیون ها شامل: (۱) روغن پایه (روغن کانولا)، (۲) هیدروژلاتورها (ژلاتین، آگار-آگار و زانتان)، (۳) امولسیفایر (گلیسرول مونواستئارات و سوربیتان مونواستئارات) و (۴) آب (نقش فاز آبی) بودند. در تهیه امولسیون های این پژوهش، مصرف امولسیفایر به صورت ثابت (۷ درصد)، سطوح مصرف هیدروژلاتورها در ۳ سطح مجزا (۱، ۲ و ۳ درصد) و فاز آبی کل (آب+هیدروژلاتور) در ۳ سطح مجزا (۳۰، ۳۵، ۴۰ درصد) تعیین شدند. بطور کلی اجزای کلی مورد استفاده بصورت اختصار: فرمول A (ژلاتین)، فرمول B (آگار-آگار)، فرمول C (زانتان)، امولسیفایر G (گلیسرول مونواستئارات)، امولسیفایر S (سوربیتان مونواستئارات) بودند. در این پژوهش از طرح فاکتوریل کامل برای بررسی تاثیر مجزای هر فاکتور به تنهایی، تاثیر دوتایی و تاثیر کلی فاکتورها برای هر نوع آزمون استفاده شد.

۲-۳- تهیه نمونه های امولسیون پر شده با ژل

امولسیون های پر شده با ژل در این پژوهش بر اساس روش ارائه شده توسط Gracia-Ortega و همکاران (۲۰۲۱) با اندکی تغییرات تهیه شدند [۷]. پس از توزین اجزاء، دو فاز روغنی و فاز آبی بصورت جداگانه-همزمان تحت تیمار حرارتی (فرمول A و B: 90°C - 70°C ؛ فرمول C: 90°C) با استفاده از دستگاه هیتر همزن قرار گرفتند. پس از اعمال تیمار حرارتی مذکور، امولسیفایر به فاز روغنی و هیدروژلاتور به فاز آبی افزوده شد و سپس نمونه ها بصورت جداگانه مدت ۳۰-۱۵ دقیقه تحت تیمار حرارتی ذکر شده و دور همزن 375rpm قرار گرفتند تا حالت کدری بویژه در ظرف فاز آبی کل (فاز آبی+هیدروژلاتور) ایجاد شود. پس از تیمار مذکور و حل شدگی کامل اجزاء در ظروف مربوطه، محتوی ظرف حاوی فاز آبی کل (فاز آبی+هیدروژلاتور) به ظرف فاز روغنی (فاز روغنی+امولسیفایر) منتقل گردید و با اولتراتوراکس SilentCrusherM (EU), P/N: 595-06000-00-3, S/N:)

این پژوهش، با هدف طراحی امولسیون پر شده با ژل بر پایه روغن کانولا، فاز آبی و سه نوع هیدروژلاتور مختلف انجام شد. روغن کانولا می تواند بعنوان روغن پایه در تهیه مارگارین مورد استفاده قرار گیرد، زیرا دارای خصوصیات منحصر بفردی می باشد [۳]. روغن کانولا دارای میزان غیر اشباعیت بیشتری (اسید اولئیک در حدود ۶۰ درصد) نسبت به اشباعیت (کمتر از ۱۲ درصد) در ساختارش را داراست [۳، ۸]. با توجه به مطالب ذکر شده، روغن کانولا دارای مزیت هایی مختلفی می باشد، از جمله: (۱) قیمت مناسب، (۲) در دسترس بودن و (۳) دارا بودن ارزش تغذیه ای اشاره نمود؛ بطوریکه اگر بعنوان منبع جایگزین کره حیوانی مورد استفاده قرار گیرد، دارای صرفه اقتصادی نیز می باشد. در این پژوهش سه نوع امولسیون پر شده با ژل بعنوان جایگزین کره حیوانی بر پایه سه نوع هیدروژلاتور مختلف (ژلاتین، آگار-آگار و زانتان)، دو امولسیفایر (سوربیتان مونواستئارات و گلیسرول مونواستئارات)، فاز آبی و روغن کانولا تهیه شدند. در این پژوهش همچنین اثر متغیرهای فرمولاسیونی بر ویژگی های امولسیون پر شده با ژل (تاثیر نوع و درصد هیدروژلاتور، نوع و درصد امولسیفایر و نسبت فاز آبی به روغنی) بررسی شد.

۲- مواد و روش ها

۲-۱- مواد

روغن کانولای تصفیه شده و نمونه کره تجاری از فروشگاه مواد غذایی در ساری- ایران تهیه شدند. امولسیفایر گلیسرول مونواستئارات از شرکت آرایشی-بهداشتی کیاشیمی یاسوج- ایران تهیه و امولسیفایر سوربیتان مونواستئارات از شرکت ویتفا- ایران خریداری شدند. ژلاتین گاوی حلال (نوع ۲)، از شرکت دانش بنیان فرآوری دارویی حلال قزوین- ایران؛ آگار-آگار از فروشگاه جانینو بابل- ایران و صمغ زانتان از شرکت تمادکالا (منبع اصلی چین)، ایران تهیه شدند.

۲-۲- طرح پژوهش

ذوب شدن (درجه سانتی گراد)، دمای پیک (درجه سانتی گراد)، دمای نهایی ذوب شدن (درجه سانتی گراد) و آنتالپی پیک (ژول بر کیلوگرم) می باشند.

۲-۴-۱-۲- تعیین نقطه ذوب لغزشی امولسیون های پر شده با ژل

استاندارد AOCS به شماره Cc 3-25 (۱۹۹۶)، با عنوان روش لوله موئینه باز جهت بررسی میزان نقطه ذوب لغزشی استفاده شد [۱۰].

۲-۴-۲- اندازه گیری بافت امولسیون های پر شده با ژل

در این پژوهش تنها خصوصیت سختی در زمینه بافت با دستگاه بافت سنج TA-XT2i (Stable Microsystems, Godalming, UK) اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری سختی نمونه ها، ظرف حاوی نمونه در معرض پروب مخروطی شکل دستگاه با ابعاد مشخص (۴در۴در۴ سانتی متر) از جنس آکرلیک قرار گرفت. پروب دستگاه با سرعت ۳mm/s به میزان ۲۳ میلی متر در نمونه نفوذ کرد. پس از نفوذ، پروب دستگاه با سرعت ۱۰mm/s از نمونه جدا شد. در نهایت میزان خصوصیت سختی توسط نیروی نفوذی اندازه گیری شد [۱۱].

۲-۴-۳- تعیین پایداری های اکسایشی و فیزیکی امولسیون های پر شده با ژل

۲-۴-۱-۳- اندازه گیری پایداری اکسایشی-اکسی تست^۲ امولسیون های پر شده با ژل

پایداری اکسایشی با استفاده از دستگاه Oximeter (Velp Scientifica, Usmate, Italy) و روش اکسی تست طبق استاندارد AOCS به شماره Cd 12c-16 (۱۹۹۶) تعیین شد [۱۰]. ابتدا ۱۰ گرم از هر نمونه در ظروف مدور مربوط به

200017978, Heidolph Instruments GmbH & Co., KG, Germany) تحت تیمار همگن سازی قرار گرفت. شرایط تیمار همگن سازی نمونه بر پایه فرمول A / فرمول C، ۲ دقیقه با دور ۱۲۰۰rpm و همچنین بر پایه فرمول B، فقط ۱ دقیقه با دور ۱۲۰۰-۱۵۰۰ rpm بود. پس از تیمار همگن سازی اول، تنها نمونه بر پایه فرمول A / فرمول C به مدت ۵ دقیقه در دمای ۲۰°C نگهداری شد و در همگن سازی دوم نمونه به مدت ۳ دقیقه با ۱۵۰۰rpm همگن شد. در ادامه تمامی نمونه ها، پس از همگن سازی به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب و یخ با دور همزن ۱۹۰rpm با همزن دیجیتال همزده شدند. پس از پایان تیمار مذکور، هنگامی که دمای نمونه به ۲۰ درجه سانتی گراد کاهش یافت؛ حمام آب و یخ از تیمار حذف شده و شرایط چرخشی مذکور ۱۰ دقیقه ادامه یافت. در پایان نیز تمامی نمونه ها به مدت یک شب در دمای ۲۰°C نگهداری شدند.

۲-۴-۲- روش های اندازه گیری امولسیون های پر شده با ژل

۲-۴-۱-۲- تعیین خصوصیات حرارتی امولسیون های پر شده با ژل

۲-۴-۱-۱- بررسی رفتار حرارتی امولسیون های پر شده با ژل

جهت بررسی رفتار حرارتی نمونه ها، ۱۵-۲۰ میلی گرم نمونه در ظروف مربوط به دستگاه گرماسنج روبشی افتراقی^۱ (model 400, SANAF Electronic Industries, Tehran, Iran) توزین شد. سپس ظروف حاوی نمونه در محفظه دستگاه تحت دامنه دمایی ۸۰-۲۵°C با نرخ ۵°C/min قرار گرفت. در نهایت نرم افزار دستگاه، خصوصیات مربوط به رفتار حرارتی را بعنوان نتیجه ارائه نمود [۹]. شاخص های رفتار حرارتی شامل: دمای اولیه

2-Oxitest

1-Differential scanning calorimetry (DSC)

دستگاه، توزین و در داخل دستگاه قرار گرفت. در ادامه نمونه های وارد شده تحت فشار اکسیژنی ۶bar و دمای ۹۰°C قرار گرفتند. در نهایت نرم افزار دستگاه عدد را بر حسب ساعت با عنوان دوره القا^۳ ارائه نمود، که در واقع بعنوان میزان پایداری اکسایشی گزارش شد.

۲-۳-۴-۲- تعیین پایداری های فیزیکی امولسیون های پر

شده با ژل

۲-۳-۴-۲- اندازه گیری پایداری سانتیفریژی امولسیون

های پر شده با ژل

دستگاه سانتیفریژ (Hermle Laboratechnik GMB, Type: Z 366, Germany)، جهت بررسی میزان پایداری نمونه ها در برابر نیروی سانتیفریژی استفاده شد. ابتدا یک عدد فالكون ۵۰ml توزین (W_a) و سپس ۵ گرم نمونه به آن انتقال داده شد. در ادامه، فالكون حاوی نمونه (W_b) تحت شرایط ۳۰ دقیقه و ۲۵°C سانتیفریژ شد. پس از انجام شرایط مذکور، قسمت روغنی جدا شده در اثر سانتیفریژ (دوفاز شدن) در ظرف حاوی نمونه حذف و ظرف حاوی نمونه باقیمانده توزین شد (W_c). سرانجام، پایداری سانتیفریژی (CS) با استفاده از معادله زیر (معادله ۱) تعیین شد [۱۲].

$$\text{Centrifugal stability (CS)} = \left(\frac{W_c - W_a}{W_b - W_a} \right) \times 100 \quad (1)$$

۲-۳-۴-۲- اندازه گیری افت روغن امولسیون های پر

شده با ژل

روش توزین برای بررسی میزان شاخص افت روغن نمونه ها استفاده شد [۱۳]. جهت بررسی هر نمونه، ابتدا یک عدد کاغذ صافی (واتمن شماره ۴) توزین شد (B). سپس ۱۰ گرم

نمونه (S) بر روی کاغذ صافی (از پیش توزین شده)، توزین گردید. کاغذ صافی حاوی نمونه به مدت ۴ ساعت در دمای محیط (۲۵°C) قرار گرفت. پس از گذشت زمان مذکور، نمونه از کاغذ صافی جدا و کاغذ صافی توزین شد (A). سپس، افت روغن بر اساس معادله زیر (معادله ۲) تعیین گردید:

$$\text{Oil loss (\%)} = (A - B) / S \times 100\% \quad (2)$$

۲-۳-۴-۲- اندازه گیری پایداری یخچالی امولسیون

های پر شده با ژل

جهت بررسی شاخص سدیمانتاسیون (پایداری یخچالی)، از تغییرات مشاهده شده در ظروف نگهدارنده نمونه در شرایط یخچالی استفاده شد [۱۴]. ابتدا نمونه ها در داخل فالكون های ۱۵۰ml منتقل گردید و درب آن محکم بسته شد. سپس فالكون های حاوی نمونه در جا لوله ای قرار گرفت و در داخل یخچال در دمای ۴°C به مدت سه ماه نگهداری شد. محاسبه شاخص مذکور با استفاده از میزان ارتفاع اولیه+ارتفاع نمونه قبل نگهداری (H_0) و میزان ارتفاع در لوله پس از نگهداری در اثر جداشدگی فاز (H) انجام شد. شاخص سدیمانتاسیون با استفاده از معادله زیر (معادله ۳) تعیین گردید.

$$\text{SI or RS (\%)} = (H/H_0) \times 100 \quad (3)$$

۲-۴-۴- بررسی خصوصیات حسی امولسیون های پر شده

با ژل

جهت بررسی خصوصیات حسی از ارزیابی توسط افراد به همراه استفاده از آب و برش های سیب جهت پاکسازی نمونه از قسمت دهانی و همچنین روش امتیازدهی استفاده شد [۱۱]. بررسی ویژگی ها در شرایط محیط (۲۵°C) انجام

گردید. بازه عددی ۰-۱۰ مطابق روش انتخابی بعنوان امتیاز در نظر گرفته شد. بطوری که ۱۰ بعنوان بیشترین امتیاز و صفر بعنوان کمترین امتیاز استفاده شدند.

۳- تجزیه و تحلیل آماری

طرح فاکتوریل کامل برای بررسی تاثیر فاکتورها (تکی، دوتایی و کلی)، با استفاده از نرم افزار Minitab16 (Minitab Inc., State College, PA, USA) انجام گردید. تمامی تیمارهای این پژوهش در ۳ تکرار انجام شد و سطح معنی داری کمتر از ۰/۰۵ انتخاب شد. همچنین نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار گزارش شد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱- خصوصیات حرارتی امولسیون های پر

شده با ژل

۴-۱-۱- رفتار حرارتی امولسیون های پر شده با ژل

۴-۱-۱-۱- رفتار حرارتی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A

نتایج رفتار حرارتی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، در جدول ۱ ارائه شده است. در زمینه رفتار حرارتی بر پایه فرمول A، آنالیز آماری در شاخص دمای نهایی ذوب شدن برای تمامی فاکتورها و بر همکنش هایشان (دوتایی و کلی)، فاکتور هیدروژلاتور در سه شاخص (دمای اولیه ذوب شدن، دمای پیک و آنتالپی پیک) و همچنین بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر در زمینه شاخص آنتالپی پیک، دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود.

کمترین و بیشترین دمای اولیه ذوب شدن به ترتیب $18/4^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و $25/79^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر G با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد) بود (جدول ۱). کمترین و بیشترین

میزان دمای پیک به ترتیب به صورت $27/48^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و $33/10^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۲ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۱). کمترین و بیشترین میزان دمای نهایی ذوب شدن به ترتیب بصورت $36/56^{\circ}\text{C}$ (نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد) و $37/05^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد) بود (جدول ۱). کمترین میزان آنتالپی پیک در حد $7/76 \text{ J/Kg}$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و بیشترین میزان آنتالپی پیک در حد $9/49 \text{ J/Kg}$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) بود (جدول ۱).

نتایج مربوط به رفتار حرارتی بر پایه فرمول A نشان داد که امولسیفایر S به همراه ۱ درصد فرمول A در ایجاد مقادیر کمترین؛ در صورتی که امولسیفایر G به همراه ۲ و ۳ درصد فرمول A (سایر خصوصیات) در ایجاد مقادیر بیشترین نقش داشتند (جدول ۱). بررسی رفتار حرارتی امولسیون پر شده با ژل بر پایه فرمول A از نظر درصد فاز آبی نشان داد که دمای اولیه ذوب شدن و دمای پیک دارای درصد فاز آبی مختلف بوده؛ دمای نهایی ذوب شدن دارای درصد فاز آبی مختلف و مشابه؛ در حالیکه آنتالپی پیک درصد فاز آبی در میزان های کمترین و بیشترین مشابه بود (جدول ۱).

جدول ۱-ارزیابی حسی و خصوصیات حرارتی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

نمونه	خصوصیات حرارتی										ارزیابی حسی
دمای اولیه	دمای پیک	دمای نهایی	آنتالپی پیک	نقطه ذوب	سختی پذیری	ذوب شدگی	شیری	ترشیدگی	چربی	پوشش	
ذوب شدن ($^{\circ}\text{C}$)	ذوب شدن ($^{\circ}\text{C}$)	ذوب شدن ($^{\circ}\text{C}$)	J/Kg ()	لغزشی (0C)							دهی دهانی
1GeG 30W	۱۹/۳۴	۲۷/۴۹	۳۶/۵۸	۷/۷۶ $\pm$	۳۶/۵۸	۵/۳۰	۲/۷۰ $\pm$	۰/۸۰	۰/۵۲	۰/۱۱	۱/۳۵
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/02$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
1GeS 30W	۱۸/۴۰	۲۷/۴۸	۳۶/۵۶	۸/۴۲ $\pm$	۳۶/۵۶	۵/۴۷	۲/۶۶ $\pm$	۰/۷۳	۰/۴۵	۰/۱۴	۱/۴۱
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/02$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
2GeG 30W	۲۵/۴۸	۳۱/۰۵	۳۶/۶۰	۹/۳۸ $\pm$	۳۶/۶۳	۵/۷۴	۲/۸۰ $\pm$	۱/۵۵	۰/۳۹	۰/۱۲	۱/۳۹
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
2GeS 30W	۲۵/۴۴	۳۱/۰۵	۳۶/۶۰	۹/۳۷ $\pm$	۳۶/۶۰	۵/۴۸	۲/۹۵ $\pm$	۱/۷۰	۰/۴۸	۰/۱۳	۱/۵۲
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
3GeG 30W	۲۵/۷۸	۳۱/۴۲	۳۷/۰۴	۹/۴۹ $\pm$	۳۷/۰۴	۵/۶۲	۲/۸۵ $\pm$	۱/۹۲	۰/۴۳	۰/۱۷	۱/۴۸
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/02$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
3GeS 30W	۲۵/۵۵	۳۱/۰۷	۳۶/۶۶	۹/۳۹ $\pm$	۳۶/۶۶	۵/۵۵	۳/۱۰ $\pm$	۱/۸۴	۰/۵۱	۰/۱۵	۱/۶۳
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
1GeG 35W	۱۹/۳۶	۲۷/۵۰	۳۶/۵۷	۷/۹۷ $\pm$	۳۶/۵۷	۵/۳۱	۲/۷۰ $\pm$	۰/۸۱	۰/۵۲	۰/۱۱	۱/۳۵
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/02$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
1GeS 35W	۱۸/۴۱	۲۷/۴۹	۳۶/۵۶	۸/۴۷ $\pm$	۳۶/۶۲	۵/۴۸	۲/۶۶ $\pm$	۰/۷۴	۰/۴۶	۰/۱۴	۱/۴۱
	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/05$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
2GeG 35W	۲۵/۴۹	۳۱/۰۷	۳۶/۶۲	۹/۳۹ $\pm$	۳۶/۶۲	۵/۷۵	۲/۸۰ $\pm$	۱/۵۴	۰/۴۱	۰/۱۲	۱/۴۰
	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$

۱/۵۱	۱/۶۳	۰/۱۳	۰/۴۸	۱/۷۱	۵/۴۹	2GeS 35W
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	۲/۹۵±	±/۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰
۱/۴۸	۱/۴۹	۰/۱۷	۰/۴۴	۱/۹۱	۵/۶۲	3GeG 35W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	۲/۸۵±	±/۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰	۰
۱/۶۴	۱/۶۲	۰/۱۵	۰/۵۲	۱/۸۴	۵/۵۷	3GeS 35W
±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۳/۱۴±	±/۰۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۵	۰
۱/۳۷	۱/۵۵	۰/۱۳	۰/۵۳	۰/۸۳	۵/۳۱	1GeG 40W
±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۲	۲/۷۱±	±/۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰
۱/۴۳	۱/۶۷	۰/۱۶	۰/۴۷	۰/۷۵	۵/۴۷	1GeS 40W
±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	۲/۶۶±	±/۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۲	۰
۱/۴۱	۱/۵۹	۰/۱۳	۰/۴۲	۱/۵۴	۵/۷۵	2GeG 40W
±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	۲/۸۲±	±/۰۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰
۱/۵۳	۱/۶۴	۰/۱۴	۰/۴۹	۱/۷۳	۵/۴۹	2GeS 40W
±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۲	۲/۹۴±	±/۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۱	۰
۱/۵۰	۱/۵۱	۰/۱۸	۰/۴۵	۱/۹۲	۵/۶۲	3GeG 40W
±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۲۱/۸۴	±/۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	±/۰۰	۰
۱/۶۵	۱/۶۳	۰/۱۷	۰/۵۳	۱/۸۵	۵/۵۷	3GeS 40W
±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۳/۱۷±	±/۰۲
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۴	۰
۲/۹۱	۷/۲۸	۱/۴۹	۲/۰۹	۵/۴۱	۳/۷۱	کره
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۷/۹۴±	±/۰۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰/۰۰	۰

نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار و بر پایه سه تکرار می باشند. GeG/SW=درصدهای مختلف ژلاتین (۱، ۲ و ۳ درصد) به همراه گلیسرول مونو استئارات یا سوربیتان مونو استئارات و نسبت های مختلف فاز آبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد).

۴-۱-۱-۲- رفتار حرارتی امولسیون های پر شده با ژل بر

پایه فرمول B

نتایج رفتار حرارتی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، در جدول ۲ ارائه شده است. آنالیز آماری مربوط به

رفتار حرارتی فرمول B نشان داد که بصورت مشترک برای سه شاخص دمای اولیه ذوب شدن، دمای پیک و آنتالپی پیک، تمامی فاکتورها و بر همکنش هایشان (دوتایی و کلی) تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) داشتند. همچنین آنالیز آماری در

کمترین میزان آنتالپی پیک در حد $8/81 \text{ J/Kg}$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و بیشترین میزان آنتالپی پیک در حد $10/10 \text{ J/Kg}$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۲).

نتایج مربوط به رفتار حرارتی بر پایه فرمول B نشان داد که امولسیفایر S به همراه ۱ درصد فرمول B در ایجاد مقادیر کمترین؛ در حالیکه در مقادیر بیشترین هر دو نوع امولسیفایر (S و G) به همراه ۲ و ۳ درصد فرمول B نقش داشتند (جدول ۲). از نظر درصد فاز آبی، تمامی خصوصیات حرارتی بر پایه فرمول B دارای درصد های فاز آبی متفاوتی در مقادیر کمترین و بیشترین بودند (جدول ۲). نتایج خصوصیات حرارتی نشان داد استفاده از ۱ درصد فرمول B، منجر به بروز مقادیر کمترین در خصوصیات شده است (جدول ۲).

زمینه شاخص دمای نهایی ذوب شدن مربوط به فرمول B، برای فاکتور هیدروژلاتور دارای تفاوت معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود.

کمترین و بیشترین دمای اولیه ذوب شدن به ترتیب $19/26^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و $27/79^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۲ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۲). کمترین و بیشترین دمای پیک به ترتیب $28/78^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و $32/64^{\circ}\text{C}$ (نمونه های حاوی ۲ و ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۲). کمترین و بیشترین دمای نهایی ذوب شدن به ترتیب $38/24^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) و $38/44^{\circ}\text{C}$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد) بود (جدول ۲).

جدول ۲- ارزیابی حسی و خصوصیات حرارتی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

ارزیابی حسی							خصوصیات حرارتی			نمونه	
پوشش دهی دهانی	چربی ماند ش	ترشیدگی	شیری	ذوب شدگی	پخش پذیری	سختی	نقطه ذوب (J/Kg)	آنتالپی پیک (°C)	دمای نهایی ذوب شدن (°C)	دمای پیک (°C)	دمای اولیه ذوب شدن (°C)
۱/۶۸	۱/۷۱	۰/۲۰	۰/۶۴	۱/۹۸	۳/۳۶	۶/۱۴	۳۸/۳۶	۸/۸۶ $\pm$	۳۸/۳۶	۲۸/۸۳	۱۹/۳۰
$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/05$	۰/۰۰	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
۱/۶۰	۱/۷۷	۰/۲۴	۰/۵۹	۲/۱۳	۳/۲۴	۶/۲۴	۳۸/۳۰	۸/۸۱ $\pm$	۳۸/۳۰	۲۸/۷۸	۱۹/۲۶
$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/01$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	۰/۰۰	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$
۱/۷۳	۱/۸۲	۰/۱۶	۰/۴۸	۲/۱۲	۳/۴۸	۶/۳۲	۳۸/۴۲	۹/۸۴ $\pm$	۳۸/۴۲	۳۲/۵۹	۲۶/۷۴
$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/05$	۰/۰۰	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$	$\pm 0/00$

۲/۱۴	۱/۸۸	۰/۲۴	۰/۵۸	۲/۲۴	۳/۵۴	۶/۳۷						2AgS 30W
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۳۸/۳۶	۹/۸۲±	۳۸/۳۶	۳۱/۴۲	۲۵/۷۶	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۰	۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۳۲	۱/۹۲	۰/۲۳	۰/۴۱	۲/۲۲	۳/۶۱	۶/۲۸		۹/۹۵±				3AgG 30W
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	۳۸/۴۲	۰/۰۰	۳۸/۴۲	۳۲/۵۹	۲۶/۴۹	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۲۸	۱/۸۹	۰/۲۹	۰/۳۸	۲/۲۹	۳/۴۲	۶/۴۰						3AgS 30W
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	۳۸/۴۰	۹/۹۳±	۳۸/۴۰	۳۲/۵۵	۲۶/۶۹	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۰	۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۱/۷۰	۱/۷۱	۰/۲۰	۰/۶۴	۱/۹۹	۳/۳۵	۶/۱۴		۸/۸۹±				1AgG 35W
±/۰۳	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	۳۸/۳۷	۰/۰۰	۳۸/۳۷	۲۸/۸۹	۱۹/۳۷	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۴		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۱/۶۱	۱/۷۸	۰/۲۴	۰/۵۹	۲/۱۴	۳/۲۴	۶/۲۴		۸/۸۲±				1AgS 35W
±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	۳۸/۲۷	۰/۰۰	۳۸/۲۷	۲۸/۸۰	۱۹/۲۷	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۶		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۱/۷۲	۱/۸۲	۰/۱۶	۰/۴۹	۲/۱۲	۳/۴۷	۶/۳۲		۹/۸۶±				2AgG 35W
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	۳۸/۴۲	۰/۰۰	۳۸/۴۲	۳۲/۶۱	۲۷/۷۶	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۵		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۱۳	۱/۸۹	۰/۲۴	۰/۵۸	۲/۲۶	۳/۵۳	۶/۳۸		۹/۹۱±				2AgS 35W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	۳۸/۳۷	۰/۰۰	۳۸/۳۷	۳۱/۴۴	۲۵/۷۹	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۳۳	۱/۹۲	۰/۲۲	۰/۴۱	۲/۲۳	۳/۶۱	۶/۲۸		۹/۹۹±				3AgG 35W
±/۰۱	±/۰۰	±/۰۲	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	۳۸/۴۲	۰/۰۰	۳۸/۴۲	۳۲/۶۱	۲۶/۹۹	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۲۹	۱/۹۰	۰/۲۹	۰/۳۸	۲/۳۱	۳/۴۱	۶/۴۰		۹/۹۹±				3AgS 35W
±/۰۲	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	۳۸/۴۴	۰/۰۰	۳۸/۴۴	۳۲/۵۹	۲۶/۷۱	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۴		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۱/۷۱	۱/۷۳	۰/۲۲	۰/۶۴	۲/۰۲	۳/۳۶	۶/۱۴		۸/۹۱±				1AgG 40W
±/۰۳	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۶	±/۰۱	±/۰۲	۳۸/۳۷	۰/۰۰	۳۸/۳۷	۲۸/۹۰	۱۹/۴۱	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۴		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۱/۶۰	۱/۸۳	۰/۲۶	۰/۶۰	۲/۱۶	۳/۲۶	۶/۲۵		۸/۸۹±				1AgS 40W
±/۰۲	±/۰۷	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۲	±/۰۱	±/۰۰	۳۸/۲۴	۰/۰۰	۳۸/۲۴	۲۸/۸۲	۱۹/۳۰	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۱۲		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۱/۷۴	۱/۸۳	۰/۱۸	۰/۵۰	۲/۱۳	۳/۴۸	۶/۳۳		۹/۹۱±				2AgG 40W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	۳۸/۴۲	۰/۰۰	۳۸/۴۲	۳۲/۶۴	۲۷/۷۹	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۵		±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	

2AgS 40W	±9/93	۶/۳۸	۳/۵۴	۲/۲۷	۰/۶۰	۰/۲۶	۱/۹۱	۲/۱۴
۲۵/۸۳	۳۱/۴۹	۳۸/۳۷	۰/۰۰	±۳۸/۳۷	±۰/۱	±۰/۰	±۰/۲	±۰/۱
±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
3AgG 40W	±۱۰/۰۴	۶/۲۸	۳/۶۳	۲/۲۴	۰/۴۳	۰/۲۳	۱/۹۳	۲/۳۵
۲۷/۰۱	۳۲/۶۴	۳۸/۴۳	±۰/۰۰	±۳۸/۴۳	±۰/۲	±۰/۱	±۰/۱	±۰/۲
±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
3AgS 40W	±۱۰/۱۰	۶/۴۰	۳/۴۴	۲/۳۳	۰/۳۹	۰/۳۱	۱/۹۱	۲/۳۰
۲۶/۷۵	۳۲/۶۱	۳۸/۴۱	±۰/۰۰	±۳۸/۴۱	±۰/۱	±۰/۱	±۰/۰	±۰/۳
±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰
کره	±۶۰/۴۲	۳/۷۱	۷/۹۴	۵/۴۱	۲/۰۹	۱/۴۹	۷/۲۸	۲/۹۱
تجاری	±۴۹/۵۳	۳۶/۶۴	±۰/۰۰	±۱۶۶/۸۲	±۳۵/۸۹	±۰/۰	±۰/۰	±۰/۰
±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰

نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار و بر پایه سه تکرار می باشند. AgG/SW = درصدهای مختلف آگار-آگار (۱، ۲ و ۳ درصد) به همراه گلیسرول مونو استئارات یا سوربیتان مونو استئارات و نسبت های مختلف فاز آبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد).

۴-۱-۱-۳- رفتار حرارتی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C

نتایج رفتار حرارتی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C، در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آنالیز آماری مربوط به رفتار حرارتی بر پایه فرمول C نشان داد که در زمینه فاکتورهای هیدروژلاتور و نوع امولسیفایر مربوط به شاخص دمای اولیه ذوب شدن و همچنین تمامی فاکتورها و بر همکنش هایشان (دوتایی و کلی) مربوط به شاخص آنتالپی پیک تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) مشاهده شد.

کمترین و بیشترین دمای اولیه ذوب شدن به ترتیب به صورت $18/65^{\circ}C$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و $19/71^{\circ}C$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۳). کمترین و بیشترین دمای پیک به ترتیب $28/91^{\circ}C$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰) و $29/66^{\circ}C$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۳). کمترین و بیشترین دمای نهایی ذوب شدن به ترتیب $38/91^{\circ}C$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C،

امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و $39/68^{\circ}C$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) بود (جدول ۳). و کمترین میزان آنتالپی پیک در حد $9/64 J/Kg$ (نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و بیشترین میزان آنتالپی پیک در حد $10/45 J/Kg$ (نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد) بود (جدول ۳).

نتایج مربوط به رفتار حرارتی بر پایه فرمول C نشان داد که امولسیفایر S به همراه ۱ درصد فرمول C در ایجاد مقادیر کمترین؛ در حالیکه امولسیفایر G به همراه ۳ درصد فرمول C در ایجاد مقادیر بیشترین نقش داشتند (جدول ۳). تمامی خصوصیات برپایه فرمول C دارای درصد فاز آبی متفاوتی در میزان های کمترین و بیشترین (۳۰ درصد در کمترین و ۴۰ درصد در بیشترین) بودند (جدول ۳). نتایج رفتار حرارتی بر پایه فرمول C نشان داد که رابطه مستقیمی میان درصد استفاده از فرمول C، درصد فاز آبی و امولسیفایر G وجود داشت (جدول ۳).

۴-۱-۱-۴- توضیحات مربوط به رفتار حرارتی امولسیون

های پر شده با ژل

مقایسه رفتار حرارتی مربوط به کره تجاری و امولسیون های تهیه شده بر پایه هیدروژلاتورها، نشان داد که خصوصیات حرارتی کره تجاری از نظر عددی بیشتر از نمونه های تهیه شده بود (جدول ۱، ۲ و ۳). هر کدام از اجزای سازنده امولسیون به تنهایی دارای رفتار حرارتی منحصر بفردی هستند. پس از تهیه امولسیون رفتار حرارتی که در نتیجه ظاهر می شود تحت تاثیر کلی اجزای سازنده قرار دارد [۱۵، ۱۶]. رابطه مستقیمی میان شبکه کریستالی، سطح بیشتر ژلاتور و رفتار حرارتی امولسیون وجود دارد [۱۷].

عوامل ژلاتوری که پایداری حرارتی بیشتری دارند، دارای میزان کمتر آنتالپی پیک می باشند [۱۸]. Hwang و Winkler-Moser (۲۰۲۰) در زمینه تهیه اولئوژل بر پایه روغن سویا و دو نوع موم، نتایج مشابهی با رفتار حرارتی نمونه های بر پایه فرمول A (دمای اولیه ذوب شدن) و فرمول B (دمای پیک) مربوط به پژوهش حاضر داشتند [۱۶]. Silva و همکاران (۲۰۲۱) به تهیه مارگارین با استفاده از اولئوژل های حاوی ۳۵ و ۶۰ درصد فاز روغنی پرداخته و نتایجی متفاوتی با پژوهش حاضر بدست آوردند، که دلیل آن تفاوت می تواند بکارگیری نوع و میزان اجزای سازنده در تهیه نمونه ها، بویژه عوامل ساختاردهنده باشد [۱۵].

Yılmaz و Ögütçü (۲۰۱۵) به تهیه یک نوع محصول جایگزین کره حیوانی بر پایه اولئوژل های حاوی دو نوع روغن و دو نوع موم پرداختند، نتایجشان حاکی از آن بود که علاوه بر نوع ژلاتور، نوع منبع روغنی جایگزین نیز بر خصوصیات حرارتی نمونه ها تاثیر داشته است [۱۱].

در پژوهش تهیه جایگزین محصول کره تجاری بر پایه دو نوع مختلف منبع روغنی و مومی [۱۱]، نتایج نشان داد که میزان خصوصیات حرارتی نمونه ها بر پایه موم آفتابگردان بیشتر بود. در مقایسه خصوصیات حرارتی کره تجاری، اولئوژل بر پایه روغن گردو-موم آفتابگردان و اولئوژل بر پایه روغن زیتون بکر-موم آفتابگردان، نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص دمای اولیه ذوب شدن برای اولئوژل بر پایه روغن گردو و کمترین آن مربوط به کره تجاری؛ بیشترین میزان شاخص دمای پیک برای اولئوژل بر پایه روغن زیتون بکر و کمترین آن مربوط به کره تجاری و همچنین بیشترین میزان شاخص آنتالپی پیک مربوط به کره تجاری و کمترین آن مربوط به اولئوژل بر پایه روغن گردو بود. نتایج مربوط به شاخص های حرارتی محصولات جایگزین کره تجاری بر پایه دو نوع روغن و دو نوع موم [۱۱]، دارای تفاوت با پژوهش حاضر بود. گزارش شده که برخی اولئوژل ها دارای خصوصیات حسی و حرارتی مناسبی بوده، اما از نظر عددی، رفتار حرارتی کمتری را دارا هستند [۱۱].

جدول ۳- ارزیابی حسی و خصوصیات حرارتی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

خصوصیات حرارتی							نمونه				
دمای	دمای	دمای	آنتالپی	نقطه	سختی	پخش	ذوب	شیری	ترشید	چربی	پوش
اولیه	پیک	نهایی	پیک	ذوب	پذیری	شدگی			گی	مانند	ش
ذوب	(⁰ C)	ذوب	J/Kg	لغزشی							دهی
شدن		شدن	(	(⁰ C)							دهانی
(⁰ C)		(⁰ C)									
1XaG					۶/۵۰	۳/۵۲	۲/۳۰	۰/۳۴	۰/۳۰	۱/۹۳	۲/۴۱
30W	۱۹/۳۷	۲۹/۳۰	۳۹/۴۳	۹/۸۴±	۴۲/۴۷	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰
	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	۰/۰۰	±۰/۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

IXaG
30W

۲/۳۸	۱/۸۸	۰/۲۸	۰/۴۰	۲/۳۵	۳/۴۷	۶/۴۵						1XaS 30W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	۴۲/۴۴	۹/۶۴±	۳۸/۹۱	۲۸/۹۱	۱۸/۶۵	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱	۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۴۴	۱/۷۹	۰/۳۳	۰/۴۱	۲/۲۸	۳/۵۸	۶/۳۹						2XaG 30W
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۴۲/۴۹	۱۰/۲۳	۳۹/۵۴	۲۹/۴۷	۱۹/۴۹	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۲۹	۱/۸۰	۰/۳۱	۰/۳۷	۲/۴۱	۳/۶۳	۶/۴۸						2XaS 30W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۴۲/۴۷	۹/۷۶±	۳۹/۱۰	۲۹/۱۱	۱۸/۸۲	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۰	۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۳/۱۷	۱/۷۶	۰/۳۲	۰/۴۷	۲/۴۹	۳/۶۰	۶/۶۱						3XaG 30W
±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۲	۴۲/۵۲	۱۰/۴۰	۳۹/۶۵	۲۹/۵۸	۱۹/۶۲	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۳/۴۳	۱/۷۸	۰/۲۹	۰/۴۴	۲/۵۵	۳/۶۸	۶/۶۹						3XaS 30W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	۴۲/۵۰	۹/۹۰±	۳۹/۲۳	۲۹/۲۹	۱۹/۲۷	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۲	۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۴۲	۱/۹۲	۰/۳۱	۰/۳۳	۲/۳۲	۳/۵۱	۶/۵۱						1XaG 35W
±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۲	±/۰۰	±/۰۰	۴۲/۴۷	۹/۹۰±	±۰/۰۰	۲۹/۳۶	۱۹/۴۰	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱	۰/۰۰		±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۳۹	۱/۸۸	۰/۲۸	۰/۴۰	۲/۳۴	۳/۴۷	۶/۴۵						1XaS 35W
±/۰۲	±/۰۲	±/۰۰	±/۰۲	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	۴۲/۴۵	۹/۶۶±	±۰/۰۰	۲۸/۹۳	۱۸/۷۰	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱	۰/۰۰		±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۴۵	۱/۸۰	۰/۳۳	۰/۴۱	۲/۳۰	۳/۵۷	۶/۴۱						2XaG 35W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۳	±/۰۰	±/۰۰	۴۲/۵۲	۱۰/۲۹	±۰/۰۰	۲۹/۵۰	۱۹/۵۲	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۳	±۰/۰۰		±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۳۱	۱/۸۰	۰/۳۲	۰/۳۷	۲/۴۱	۳/۶۳	۶/۴۹						2XaS 35W
±/۰۰	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	۴۲/۴۸	۹/۸۰±	±۰/۰۰	۲۹/۱۶	۱۸/۸۷	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱	۰/۰۰		±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۳/۱۶	۱/۷۷	۰/۳۲	۰/۴۸	۲/۵۰	۳/۵۹	۶/۶۲						3XaG 35W
±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۲	±/۰۱	±/۰۵	۴۲/۵۳	۱۰/۴۵	±۰/۰۰	۲۹/۶۲	۱۹/۶۷	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۱	±۰/۰۰		±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۳/۴۴	۱/۷۸	۰/۳۰	۰/۴۴	۲/۵۵	۳/۶۸	۶/۷۰						3XaS 35W
±/۰۱	±/۰۱	±/۰۱	±/۰۰	±/۰۰	±/۰۱	±/۰۱	۴۲/۵۱	۹/۹۶±	±۰/۰۰	۲۹/۳۳	۱۸/۹۷	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۲	۰/۰۰		±۰/۰۰	±۰/۰۰	
۲/۴۳	۱/۹۴	۰/۳۴	۰/۳۵	۲/۳۳	۳/۵۲	۶/۵۲						1XaG 40W
±/۰۱	±/۰۰	±/۰۳	±/۰۰	±/۰۲	±/۰۰	±/۰۱	۴۲/۴۷	۹/۷۰±	±۰/۰۰	۲۹/۴۱	۱۹/۴۴	
.	.	.	.	.	.	.	±۰/۰۰	۰/۰۰		±۰/۰۰	±۰/۰۰	

۲/۴۱	۱/۸۹	۰/۲۹	۰/۴۱	۲/۳۶	۳/۴۹	۶/۴۷	۳۸/۹۹	1XaS 40W
±/۰.۳	±/۰.۲	±/۰.۱	±/۰.۲	±/۰.۰	±/۰.۱	±/۰.۱	۲۸/۹۶ ±/۰.۰	۱۸/۷۶
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	±/۰.۰	±/۰.۰
۲/۴۶	۱/۸۲	۰/۳۵	۰/۴۳	۲/۳۱	۳/۵۹	۶/۴۲	۳۹/۶۱	2XaG 40W
±/۰.۱	±/۰.۰	±/۰.۲	±/۰.۰	±/۰.۳	±/۰.۰	±/۰.۰	۲۹/۵۳ ±/۰.۰	۱۹/۵۶
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	±/۰.۰	±/۰.۰
۲/۳۳	۱/۸۱	۰/۳۲	۰/۳۸	۲/۴۴	۳/۶۴	۶/۴۹	۳۹/۲۱	2XaS 40W
±/۰.۰	±/۰.۱	±/۰.۱	±/۰.۰	±/۰.۱	±/۰.۱	±/۰.۰	۲۹/۲۵ ±/۰.۰	۱۸/۹۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	±/۰.۰	±/۰.۰
۳/۱۷	۱/۸۲	۰/۳۵	۰/۴۷	۲/۵۲	۳/۶۱	۶/۶۲	۳۹/۷۱	3XaG 40W
±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۱	±/۰.۲	±/۰.۰	±/۰.۰	۲۹/۶۶ ±/۰.۰	۱۹/۷۱
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	±/۰.۰	±/۰.۰
۳/۴۵	۱/۸۰	۰/۳۰	۰/۴۶	۲/۵۶	۳/۷۰	۶/۷۲	۳۹/۳۰	3XaS 40W
±/۰.۱	±/۰.۲	±/۰.۱	±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۱	±/۰.۲	۲۹/۳۷ ±/۰.۰	۱۹/۱۰
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	±/۰.۰	±/۰.۰
۲/۹۱	۷/۲۸	۱/۴۹	۲/۰۹	۵/۴۱	۷/۹۴	۳/۷۱	۶۰/۴۲	کره
±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۰	±/۰.۰	۴۹/۵۳ ±/۰.۰	۳۶/۶۴ تجاری
۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	±/۰.۰	±/۰.۰

نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار و بر پایه سه تکرار می باشند. XaG/SW = درصد های مختلف زانتان (۲، ۳ و درصد) به همراه گلیسرول مونو استئارات یا سوربیتان مونو استئارات و نسبت های مختلف فاز آبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد).

۴-۱-۲- نقطه ذوب لغزشی امولسیون های پر شده با ژل

نتایج میزان نقطه ذوب لغزشی مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A به ترتیب در جداول ۲، ۱ و ۳ ارائه شده است. آنالیز آماری مربوط به نقطه ذوب لغزشی نشان داد که فاکتور هیدروژلاتور برای امولسیون های بر پایه هیدروژلاتورها، دارای تاثیر معنی دار بود (کمتر از ۰/۰۵). فاکتور نوع امولسیفایر نیز برای امولسیون های بر پایه فرمول C دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود.

میزان نقطه ذوب لغزشی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، در میزان $36/56^{\circ}C$ بعنوان کمترین میزان مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و همچنین نمونه حاوی ۲ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد بود (جدول ۱). همچنین $37/04^{\circ}C$ بعنوان بیشترین نقطه ذوب لغزشی برای امولسیون های پر

شده با ژل بر پایه فرمول A، مربوط به نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۱). میزان نقطه ذوب لغزشی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، دارای کمترین $38/24^{\circ}C$ مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B (نمونه حاوی امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) و $38/44^{\circ}C$ بعنوان بیشترین میزان مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد فرمول B (نمونه حاوی امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد) بود (جدول ۲). میزان نقطه ذوب لغزشی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C، در $42/44^{\circ}C$ بعنوان کمترین میزان مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C (نمونه حاوی امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) و همچنین $42/53^{\circ}C$ بعنوان بیشترین میزان مربوط به ۲ نمونه بر پایه ۳ درصد فرمول C (نمونه های حاوی امولسیفایر G و

نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۳).

نتایج نقطه ذوب لغزشی بر پایه فرمول A نشان داد که در مقادیر کمترین، امولسیفایر S به همراه ۱ و ۳ درصد فرمول A؛ در صورتی که در مقادیر بیشترین، امولسیفایر G به همراه ۳ درصد فرمول A نقش داشتند (جدول ۱). نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد منجر به ایجاد کمترین میزان و همچنین نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و ۳۵ به ۶۵ درصد در ایجاد بیشترین میزان نقطه ذوب لغزشی بر پایه فرمول A نقش داشتند (جدول ۱). نتایج نقطه ذوب لغزشی بر پایه فرمول A نشان داد که استفاده از ۳ درصد فرمول A به همراه امولسیفایر G منجر به افزایش میزان نقطه ذوب لغزشی شد (جدول ۱). نتایج نقطه ذوب بر پایه فرمول B نشان داد که در مقادیر کمترین ۱ درصد و بیشترین ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S نقش داشت (جدول ۲). نتایج نقطه ذوب لغزشی بر پایه فرمول B نشان داد که کاهش درصد فاز آبی (۴۰ به ۳۵ درصد) و افزایش درصد فرمول B (۱ تا ۳ درصد) منجر به افزایش میزان نقطه ذوب شد (جدول ۲).

رابطه مستقیمی بین استفاده از اجزاء با نقطه ذوب لغزشی بر پایه فرمول B وجود داشت (جدول ۲). نتایج نقطه ذوب لغزشی امولسیون های بر پایه فرمول C نشان داد که در مقادیر کمترین، امولسیفایر S به همراه ۱ درصد فرمول C؛ اما در مقادیر بیشترین امولسیفایر G به همراه ۳ درصد فرمول C نقش داشتند (جدول ۳). نتایج نقطه ذوب لغزشی امولسیون های بر پایه فرمول C نشان داد که با افزایش درصد فرمول C (۱ به ۳ درصد)، افزایش درصد فاز آبی (۳۰ به ۴۰ و ۳۵ درصد) و امولسیفایر G، نقطه ذوب لغزشی روند افزایشی داشت (جدول ۳). در مقایسه نقطه ذوب لغزشی کره تجاری با نمونه های پژوهش، این نتیجه حاصل شد که میزان نقطه ذوب لغزشی کره تجاری نسبت به نمونه های این پژوهش کمتر بود (جدول ۱، ۲ و ۳).

نقطه ذوب لغزشی می تواند بعنوان شاخصی در جهت انتخاب محصولات جایگزین چربی، بخصوص محصولات کره ای استفاده شود [۱۹]. دو عامل مهم و تاثیرگذار در میزان نقطه ذوب لغزشی، درجه اشباعیت و درصد اسیدهای چرب بلند زنجیر می باشند، بطوری که رابطه مستقیمی میان این دو عامل با نقطه ذوب لغزشی نمونه ها وجود دارد [۱۹]. علت کمتر بودن نقطه ذوب لغزشی می تواند بدلیل میزان اشباعیت کمتر و اسیدهای چرب کوتاه زنجیر باشد [۱۹ و ۲۰]. لازم به ذکر است نقطه ذوب مربوط به مارگارین ها در دامنه 20°C - ۳۵ قرار دارد [۲۰]. پژوهش حاضر با نتایج Cheong و همکاران (۲۰۰۹)، در زمینه نقطه ذوب لغزشی نمونه های بر پایه فرمول A و فرمول B دارای نتایج مشابه؛ در حالیکه در مورد نمونه های بر پایه فرمول C دارای نتایج متفاوت بود [۲۰]. نتایج نقطه ذوب لغزشی پژوهش حاضر بویژه نمونه های بر پایه فرمول C با نتایج Naeli و همکاران (۲۰۲۲)، در بررسی بهینه سازی تهیه شورتینگ کم اشباع بر پایه اولئوزل، مشابه بود [۲۱]. Luo و همکاران (۲۰۱۹) در تهیه امولسیون آب در روغن ساختار یافته بر پایه روغن کاملیا و همچنین da Silva و همکاران (۲۰۱۹) در تهیه جایگزینی چربی مربوط به سوسیس نوع بولگنا بر پایه اولئوزل های غنی از اسید اولئیک، دارای نتایج متفاوتی با پژوهش حاضر در زمینه نقطه ذوب لغزشی بودند [۱۹ و ۲۲].

۴-۲-۴- سختی امولسیون های پر شده با ژل

نتایج میزان سختی بافت امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، فرمول B و فرمول C در جداول ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. در زمینه خصوصیت بافتی (سختی)، نتایج آنالیز آماری نشان داد که تمامی فاکتورها بصورت تنها و بر همکنش هایشان (دوتایی و کلی) بصورت مشترک برای تمامی امولسیون های بر پایه هیدروژلاتورها معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود. میزان سختی بافت مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، بصورت کمترین برای ۲ نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به

بافت کره تجاری و نمونه های پژوهش، نتایج نشان از بیشتر بودن میزان سختی کره تجاری بود (جدول ۴، ۵ و ۶).

یکی از خصوصیات تاثیرگذار در زمینه محصولات کره ای، سختی بافت می باشد [۲۳، ۲۴ و ۲۵]. Bobe و همکاران (۲۰۰۳) در بررسی مقایسه کره حیوانی و مقایسه خصوصیات آن با نمونه هایی بر پایه منابع گیاهی، گزارش دادند که میزان سختی بیشتر مربوط به نمونه های بر پایه منابع گیاهی بود [۲۶]. Bascuas و همکاران (۲۰۱۹) در تهیه اولئوژل خوراکی بر پایه روغن های غیر اشباع-هیدروکلوئیدها، دریافتند که محصولات جایگزین تهیه شده دارای سفتی کمتری در مقایسه با نمونه کره حیوانی بودند و میزان سختی در آنها تحت تاثیر نوع و میزان استفاده از عوامل سازنده بویژه ژلاتورها قرار داشت [۲۴].

در پژوهش تهیه اولئوژل خوراکی بر پایه منابع روغنی غیراشباع [۲۴]، نتایج نشان داد که نوع و درصد استفاده از اجزاء کمکی و همین طور میزان عوامل جایگزین اصلی (آب و روغن) بر سختی نمونه های تهیه شده تاثیر گذار بوده، بطوری که در زمینه تاثیر اجزای بکار رفته در تهیه نمونه ها، میان پژوهش مذکور با پژوهش حاضر شباهت وجود داشت. در پژوهش انجام شده در زمینه تهیه اولئوژل بعنوان محصولی پخش پذیر بر پایه دو نوع روغن و دو نوع موم [۱۱]، نتایج نشان داد که با وجود استفاده اولئوژلاتور مشابه، در صورت تغییر یک جزء (پایه روغنی) میزان سختی متفاوت بوده، بطوریکه پژوهش مذکور با پژوهش حاضر در زمینه تاثیر امولسیفایر G در تمامی نمونه ها دارای شباهت بود. بررسی نتایج سختی نمونه های مربوط به مارگارین بر اساس چند موم [۲۵] و همچنین اولئوژل های بر پایه روغن دانه کدو [۲۷]، نشان داد که نتایج این پژوهش ها، مشابه نتایج شاخص افت روغن و سختی نمونه ها بر پایه فرمول C پژوهش حاضر بودند.

روغن ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد و همچنین بصورت بیشترین برای نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول A، دو امولسیفایر (S و G) و نسبت آب به روغن ۳۵ به ۶۵ درصد بود (جدول ۴).

میزان کمترین سختی بافت مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغن ۴۰ به ۶۰ درصد و بیشترین میزان آن برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغن ۳۰ به ۷۰ درصد بود (جدول ۵). میزان کمترین سختی بافت مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C، برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد و همچنین میزان بیشترین آن مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت آب به روغن ۳۰ به ۷۰ درصد بود (جدول ۶). نتایج مربوط به سختی بافت بر پایه هر سه نوع هیدروژلاتور نشان داد که رابطه مستقیمی میان درصد استفاده از هیدروژلاتور و میزان سختی وجود داشت (جدول ۴، ۵ و ۶). میزان سختی نمونه های بر پایه ۳ درصد هیدروژلاتور بیشتر از نمونه های بر پایه ۱ درصد هیدروژلاتور بود (جدول ۴، ۵ و ۶).

در بررسی نقش امولسیفایرها در سختی نمونه ها، امولسیفایر G در نمونه های بر پایه فرمول A در میزان کمترین و امولسیفایر S در میزان بیشترین نقش داشته؛ در حالیکه برای نمونه های بر پایه فرمول B و فرمول C، در میزان کمترین، امولسیفایر S و در میزان بیشترین، امولسیفایر G نقش داشتند (جدول ۴، ۵ و ۶). در نمونه های بر پایه فرمول B و فرمول C، کاهش نسبت فاز آبی (۴۰ به ۳۰ درصد) به همراه بکارگیری ۳ درصد هیدروژلاتور منجر به افزایش میزان سختی شد (جدول ۵ و ۶). در مقایسه میزان سختی

جدول ۴- خصوصیات فیزیکی، پایداری های فیزیکی و اکسایشی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

پایداری های فیزیکی

نمونه

سختی بافت (gforce)	پایداری اکسایشی - اکسی متر (ساعت)	پایداری سانتیفریوژی (درصد)	افت روغن (درصد)	پایداری یخچالی (درصد)
1GeG30W	۵۴/۰۳±۰/۰۵	۲/۸۵±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۴۱±۰/۰۳
1GeS30W	۵۳/۴۰±۰/۰۱	۴/۰۱±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۶±۰/۰۵
2GeG30W	۶۷/۴۷±۲/۳۱	۸/۳۷±۰/۰۰	۸۳/۰۰±۱/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰
2GeS30W	۶۳/۱۰±۰/۰۱	۱۴/۱۷±۰/۰۰	۸۹/۰۰±۰/۲۵	۰/۰۰±۰/۰۰
3GeG30W	۶۹/۳۰±۰/۰۱	۱۲/۳۴±۰/۰۰	۹۵/۴۳±۱/۲۵	۱/۳۰±۰/۰۱
3GeS30W	۶۴/۴۲±۰/۰۲	۱۶/۱۴±۰/۰۰	۹۳/۴۴±۰/۴۸	۱/۴۴±۰/۰۴
1GeG35W	۴۹/۶۶±۰/۰۵	۲/۸۵±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۴۱±۰/۰۳
1GeS35W	۵۲/۴۴±۰/۰۰	۴/۰۱±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۷±۰/۰۴
2GeG35W	۶۳/۴۱±۰/۰۲	۸/۳۵±۰/۰۰	۸۲/۷۸±۱/۱۹	۰/۰۰±۰/۰۰
2GeS35W	۶۲/۱۰±۰/۰۱	۱۴/۱۷±۰/۰۱	۸۸/۹۳±۰/۲۴	۰/۰۰±۰/۰۰
3GeG35W	۶۸/۵۰±۰/۰۰	۱۲/۳۵±۰/۰۱	۹۵/۲۸±۱/۲۹	۱/۳۱±۰/۰۰
3GeS35W	۶۸/۵۰±۰/۰۰	۱۵/۴۸±۱/۱۵	۹۳/۴۱±۰/۴۷	۱/۴۵±۰/۰۵
1GeG40W	۴۹/۶۶±۰/۱۱	۲/۸۵±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۴۱±۰/۰۳
1GeS40W	۵۲/۴۴±۰/۰۰	۴/۰۰±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۷±۰/۰۴
2GeG40W	۶۳/۴۱±۰/۰۱	۸/۳۶±۰/۰۱	۸۲/۸۰±۱/۱۷	۰/۰۰±۰/۰۰
2GeS40W	۶۲/۱۰±۰/۰۱	۱۴/۱۵±۰/۰۱	۸۸/۹۴±۰/۲۴	۰/۰۰±۰/۰۰
3GeG40W	۶۸/۵۰±۰/۰۱	۱۲/۳۴±۰/۰۰	۹۱/۹۳±۰/۳۸	۱/۳۱±۰/۰۱
3GeS40W	۶۳/۳۳±۰/۰۰	۱۵/۴۸±۱/۱۴	۹۳/۴۰±۰/۴۸	۱/۴۴±۰/۰۴
کره تجاری	۱۹۳/۴۵±۰/۰۰	۴۱/۶۱±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰

نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار و بر پایه سه تکرار می باشند. GeG/SW = درصدهای مختلف ژلاتین (۱، ۲ و ۳ درصد) به همراه گلیسرول مونو استئارات یا سوریتان مونو استئارات و نسبت های مختلف فاز آبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد).

جدول ۵- خصوصیات فیزیکی، پایداری های فیزیکی و اکسایشی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

نمونه	سختی بافت (gforce)	پایداری اکسایشی - اکسی متر (ساعت)	پایداری سانتیفریوژی (درصد)	افت روغن (درصد)	پایداری یخچالی (درصد)
1AgG30W	۶۲/۴۱±۰/۰۱	۱/۴۸±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۶۲±۰/۰۰
1AgS30W	۵۹/۰۳±۰/۰۵	۲/۲۳±۰/۰۰	۹۱/۰۰±۰/۷۵	۱/۱۰±۰/۰۱	۶/۲۵±۰/۰۱
2AgG30W	۶۸/۳۲±۰/۰۱	۷/۵۲±۰/۰۱	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۲±۰/۰۲	۰/۰۰±۰/۰۰
2AgS30W	۶۷/۰۳±۰/۰۵	۸/۲۱±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۲/۰۲±۰/۰۶	۰/۰۰±۰/۰۰
3AgG30W	۷۳/۰۰±۰/۰۱	۱۶/۴۰±۰/۰۰	۸۸/۰۰±۰/۳۷	۱/۰۳±۰/۰۷	۰/۰۰±۰/۰۰
3AgS30W	۷۲/۳۴±۰/۰۵	۱۷/۱۴±۰/۰۰	۸۷/۰۰±۰/۵۰	۱/۴۲±۰/۰۸	۰/۰۰±۰/۰۰
1AgG35W	۶۰/۹۱±۰/۰۱	۱/۵۰±۰/۰۱	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۵/۶۲±۰/۰۰
1AgS35W	۵۸/۴۸±۰/۰۳	۲/۲۴±۰/۰۰	۹۰/۹۴±۰/۸۲	۱/۱۰±۰/۱۰	۶/۲۳±۰/۰۱
2AgG35W	۶۷/۳۲±۰/۰۲	۷/۵۲±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۲±۰/۰۲	۰/۰۰±۰/۰۰

۰/۰۰±۰/۰۰	۲/۱۰±۰/۰۱	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۸/۲۱±۰/۰۰	۶۶/۸۴±۰/۰۱	2AgS35W
۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۰۷±۰/۰۶	۸۸/۱۶±۰/۴۷	۱۶/۴۴±۰/۰۴	۷۱/۴۰±۰/۰۲	3AgG35W
۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۴۳±۰/۱۰	۸۶/۷۶±۰/۵۵	۱۷/۱۵±۰/۰۱	۷۱/۲۲±۰/۰۲	3AgS35W
۵/۶۲±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۴۹±۰/۰۱	۵۹/۲۴±۰/۰۰	1AgG40W
۶/۲۳±۰/۰۲	۱/۰۶±۰/۱۱	۹۰/۹۸±۰/۸۱	۲/۳۰±۰/۱۰	۵۷/۷۹±۰/۰۰	1AgS40W
۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۲۲±۰/۰۲	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۷/۵۱±۰/۰۰	۶۶/۴۴±۰/۰۱	2AgG40W
۰/۰۰±۰/۰۰	۲/۰۶±۰/۱۱	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۸/۲۰±۰/۰۰	۶۵/۳۲±۰/۰۰	2AgS40W
۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۰۷±۰/۰۶	۸۸/۱۶±۰/۴۸	۱۶/۴۰±۰/۰۱	۷۰/۳۱±۰/۰۲	3AgG40W
۰/۰۰±۰/۰۰	۱/۴۲±۰/۰۸	۸۶/۷۳±۰/۴۹	۱۷/۱۴±۰/۰۱	۷۰/۷۹±۰/۰۱	3AgS40W
۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۴۱/۶۱±۰/۰۰	۱۹۳/۴۵±۰/۰۰	کره تجاری

نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار و بر پایه سه تکرار می باشند. AgG/SW = درصدهای مختلف آگار-آگار (۱، ۲ و ۳ درصد) به همراه گلیسرول مونو استئارات یا سوربیتان مونو استئارات و نسبت های مختلف فاز آبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد).

جدول ۶- خصوصیات فیزیکی، پایداری های فیزیکی و اکسایشی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

نمونه	سختی بافت (gforce)	پایداری اکسایشی - اکسی متر (ساعت)	پایداری های فیزیکی پایداری سانتیفریوژی (درصد)	افت روغن (درصد)	پایداری یخچالی (درصد)
1XaG30W	۷۹/۰۳±۰/۰۵	۶/۰۵±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۲۹±۰/۰۲	۰/۰۰±۰/۰۰
1XaS30W	۷۸/۲۱±۰/۰۱	۱۰/۲۱±۰/۰۰	۹۵/۷۰±۰/۱۶	۰/۲۴±۰/۰۱	۰/۰۰±۰/۰۰
2XaG30W	۸۲/۳۲±۰/۰۱	۶/۴۹±۰/۰۰	۹۱/۲۵±۰/۲۱	۰/۳۵±۰/۰۲	۶/۸۷±۰/۰۰
2XaS30W	۸۱/۸۴±۰/۰۰	۱۲/۳۸±۰/۰۰	۹۴/۶۲±۰/۰۶	۰/۳۳±۰/۰۵	۱۰/۱۷±۱/۰۴
3XaG30W	۹۱/۵۰±۰/۰۱	۱۶/۴۲±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۷/۵۰±۰/۰۱
3XaS30W	۸۹/۸۲±۰/۰۰	۱۷/۲۳±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۸/۱۲±۰/۰۰
1XaG35W	۷۸/۸۹±۰/۰۰	۶/۰۵±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۳۱±۰/۰۲	۰/۰۰±۰/۰۰
1XaS35W	۷۷/۹۰±۰/۰۱	۱۰/۲۲±۰/۰۰	۹۵/۶۸±۰/۱۵	۰/۲۴±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰
2XaG35W	۸۱/۹۶±۰/۰۰	۶/۴۹±۰/۰۱	۹۰/۸۸±۰/۷۶	۰/۳۶±۰/۰۱	۶/۸۷±۰/۰۰
2XaS35W	۸۱/۵۲±۰/۰۰	۱۲/۳۷±۰/۰۰	۹۴/۶۳±۰/۰۷	۰/۳۴±۰/۰۶	۹/۸۶±۰/۷۴
3XaG35W	۹۰/۷۴±۰/۰۱	۱۶/۴۱±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۷/۴۷±۰/۱۵
3XaS35W	۸۹/۶۸±۰/۰۰	۱۷/۲۴±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۸/۱۲±۰/۰۰
1XaG40W	۷۸/۷۲±۰/۰۱	۶/۰۵±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۳۰±۰/۰۱	۰/۰۰±۰/۰۰
1XaS40W	۷۷/۶۰±۰/۰۰	۱۰/۲۲±۰/۰۲	۹۵/۶۷±۰/۱۶	۰/۲۴±۰/۰۱	۰/۰۰±۰/۰۰
2XaG40W	۸۰/۹۰±۰/۰۰	۶/۴۹±۰/۰۱	۹۰/۸۷±۰/۶۷	۰/۳۵±۰/۰۲	۶/۸۷±۰/۰۰
2XaS40W	۸۱/۴۶±۰/۰۵	۱۲/۳۷±۰/۰۱	۹۴/۶۳±۰/۰۶	۰/۳۴±۰/۰۶	۹/۹۶±۰/۷۷
3XaG40W	۸۹/۷۸±۰/۰۰	۱۶/۴۰±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۷/۵۰±۰/۱۰
3XaS40W	۸۹/۱۴±۰/۰۰	۱۷/۲۳±۰/۰۱	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۸/۱۲±۰/۰۰
کره تجاری	۱۹۳/۴۵±۰/۰۰	۴۱/۶۱±۰/۰۰	۱۰۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰	۰/۰۰±۰/۰۰

نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار و بر پایه سه تکرار می باشند. XaG/SW = درصدهای مختلف زانتان (۱، ۲ و ۳ درصد) به همراه گلیسرول مونو استئارات یا سوربیتان مونو استئارات و نسبت های مختلف فاز آبی (۳۰، ۳۵ و ۴۰ درصد).

۴-۳-پایداری های اکسایشی و فیزیکی امولسیون

های پر شده با ژل

۴-۳-۱-پایداری اکسایشی امولسیون های پر شده با ژل-

اکسی تست

نتایج میزان پایداری اکسایشی بر پایه اکسی متر مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، فرمول B و فرمول C به ترتیب در جداول ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. آنالیز آماری مربوط به اکسی تست نشان داد که فاکتورهای هیدروژلاتور، نوع امولسیفایر و بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر بصورت مشترک برای امولسیون های پر پایه هیدروژلاتورها دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود. همچنین در زمینه اکسی تست امولسیون های پر پایه فرمول B، نتایج آنالیز آماری نشان داد که بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر در درصد فاز آبی نیز تاثیر معنی دار نشان داد (کمتر از ۰/۰۵) اگرچه آنالیز آماری اکسی تست، نشان از عدم تاثیر معنی دار (بیشتر از ۰/۰۵) برای فاکتور نسبت فاز آبی و سایر بر همکنش ها بود. پایداری اکسایشی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، برای نمونه های برپایه ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت های فاز آبی به روغن ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد دارای کمترین میزان؛ در صورتی که برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغن ۳۰ به ۷۰ درصد، بیشترین میزان بود (جدول ۴).

پایداری اکسایشی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغن ۳۰ به ۷۰ درصد دارای کمترین میزان؛ در صورتی که نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغن ۳۵ به ۶۵ درصد دارای بیشترین میزان بود (جدول ۵). پایین ترین میزان پایداری اکسایشی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول

C برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت های فاز آبی به روغن ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد و بیشترین میزان پایداری اکسایشی مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغن ۳۵ به ۶۵ درصد بود (جدول ۶).

نتایج پایداری اکسایشی بر پایه هر سه نوع هیدروژلاتور نشان داد استفاده از ۳ درصد هیدروژلاتور، منجر به افزایش میزان پایداری اکسایشی شد (جدول ۴، ۵ و ۶). استفاده از امولسیفایر S نسبت به امولسیفایر G، منجر به افزایش پایداری نمونه های پر پایه هر سه نوع هیدروژلاتور شد (جدول ۴، ۵ و ۶). بررسی پایداری اکسایشی بر پایه فرمول A و فرمول C نشان داد که نسبت فاز آبی به روغن ۶۰ به ۴۰ درصد منجر به ایجاد پایداری اکسایشی با کمترین میزان برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول A / فرمول C و امولسیفایر G شد (جدول ۴ و جدول ۶). کره تجاری پایداری اکسایشی بیشتری نسبت به نمونه های تهیه شده در پژوهش حاضر داشت (جدول ۴، ۵ و ۶).

Tinello و همکاران (۲۰۱۷) در ارزیابی پایداری اکسایشی روغن های سرخ کردنی، گزارش دادند که نوع روش اندازه گیری بر میزان نتایج مربوط به پایداری اکسایشی تاثیرگذار است [۲۸]. میزان پایداری اکسایشی نمونه ها تحت تاثیر دمای تیمار قرار دارد، بطوریکه میزان عددی بیشتر پایداری اکسایشی مربوط به تیمار تحت دمای 110°C نسبت به دمای کمتر ($97/8^{\circ}\text{C}$) می باشد [۲۸]. در پژوهش حاضر رابطه مستقیمی میان درصد هیدروژلاتور به همراه نسبت فاز آبی به روغن با نتایج پایداری اکسایشی وجود داشت (جدول ۴، ۵ و ۶). Kupiec و همکاران (۲۰۲۰) در تهیه یک نوع اولئوژل بر پایه روغن کلزا، گزارش دادند که رابطه مستقیمی میان میزان اشباعیت و پایداری اکسایشی نمونه ها وجود داشت [۲۹].

نتایج بدست آمده توسط Kupiec و همکاران (۲۰۲۰) با پایداری اکسایشی نمونه های پژوهش حاضر متفاوت بود [۲۹]. Naderi و همکاران (۲۰۱۸) به بررسی افزودن مونوآسیل گلیسرول به روغن کانولا پرداختند، نتایج نشان داد که افزودن مونوآسیل گلیسرول منجر به افزایش پایداری اکسایشی روغن کانولا شد [۳۰]. پژوهش انجام شده توسط Naderi و همکاران (۲۰۱۸) در زمینه تاثیر مونوآسیل گلیسرول دارای نتایج مشابه با تاثیر نمونه های حاوی امولسیفایر S مربوط به پژوهش حاضر بود [۳۰]. Hakimzadeh و همکاران (۲۰۲۰) به تهیه شورتینگ کم اشباع بر پایه اولئوزل پرداختند، نتایج نشان داد که در اثر استفاده از اجزای مختلف با درصد های متفاوت نتایج پایداری اکسایشی متفاوتی بدست خواهد آمد [۳۱]. پژوهش انجام شده توسط Hakimzadeh و همکاران (۲۰۲۰) نتایج متفاوتی با پژوهش حاضر داشت [۳۱].

۴-۳-۲- پایداری های فیزیکی امولسیون های پر شده با ژل

۴-۳-۱- پایداری سانتیفرژی امولسیون های پر شده با ژل

نتایج میزان پایداری سانتیفرژی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، فرمول B و فرمول C در جداول ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. آنالیز آماری مربوط به پایداری سانتیفرژی، بصورت مشترک برای تمامی امولسیون های پر پایه هر سه هیدروژلاتور نشان از تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) برای هیدروژلاتور، نوع امولسیفایر و بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر بود. طبق نتایج پایداری سانتیفرژی (جدول ۴، ۵ و ۶)، برخی نمونه ها دارای پایداری مناسب بوده (۱۰۰ درصد)؛ در صورتی که برخی دیگر پایداری کمتری داشتند. نمونه های دارای پایداری سانتیفرژی مناسب بر پایه ۱ درصد فرمول A به همراه هر دو نوع امولسیفایر (جدول ۴)؛ بر پایه ۱ و ۲ درصد فرمول B به

همراه هر دو نوع امولسیفایر (جدول ۵)، بر پایه ۲ درصد فرمول B با امولسیفایر S (جدول ۵)؛ بر پایه ۱ و ۲ درصد فرمول C به همراه امولسیفایر G (جدول ۶) و همچنین ۳ درصد فرمول C به همراه امولسیفایر S (جدول ۶) بود.

کمترین پایداری سانتیفرژی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد، ۸۲/۷۸ درصد بود (جدول ۴). پایداری سانتیفرژی مناسب (۱۰۰ درصد) مربوط به امولسیون های پر شده با ژل مربوط به ۶ نمونه بر پایه ۱ درصد فرمول A (نمونه های حاوی امولسیفایر G، امولسیفایر S و همچنین نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۴). کمترین پایداری سانتیفرژی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، در حد ۸۶/۷۳ درصد مربوط به نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول B (نمونه های حاوی امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) بود (جدول ۵). پایداری مناسب سانتیفرژی (۱۰۰ درصد) برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، مربوط به ۹ نمونه بوده که ۳ نمونه بر پایه ۱ درصد فرمول B (نمونه های حاوی امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) و ۶ نمونه بر پایه ۲ درصد فرمول B (نمونه های حاوی امولسیفایر G، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) می باشند (جدول ۵).

کمترین پایداری سانتیفرژی در حد ۹۰/۸۷ درصد مربوط به امولسیون پر شده با ژل بر پایه ۲ درصد فرمول C (نمونه حاوی امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۶). پایداری سانتیفرژی مناسب (۱۰۰ درصد) مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C مربوط به ۲ نمونه بر پایه ۱ درصد فرمول C (نمونه های حاوی امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) و همچنین ۶ نمونه بر پایه ۳ درصد فرمول C (نمونه های حاوی امولسیفایر G،

[۲۹]. نوع ژلاتور می تواند منجر به پایداری سانتیفوژی گردد، بطوری که اتیل سلولز در اولئوژل بر پایه روغن کلزا [۳۳]، منجر به پایداری سانتیفوژی اولئوژل ها شده و دارای شباهت با نتایج پژوهش حاضر بود. ژلاتور بطور کلی با ایجاد یک شبکه مستحکم منجر به پایداری مناسب اولئوژل می گردد، بطوری که این امر در اثر استفاده از ژلاتور مناسب با میزان مشخص می تواند ایجاد شود [۳۴]. da Silva و Danthine (۲۰۲۲) در بررسی تاثیر تیمار صوتی بر خصوصیات اولئوژل ها دریافتند که پایداری سانتیفوژی با میزان ژلاتور تا حدی رابطه مستقیم داشته، بطوری که عبور از درصد مناسب مصرفی منجر به ناپایداری نمونه ها شد [۳۵].

۴-۳-۲-۲-افت روغن امولسیون های پر شده با ژل

نتایج میزان افت روغن امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، فرمول B و فرمول C در جداول ۴، ۵ و ۶ ارائه شده است. آنالیز آماری افت روغن نشان داد که بصورت مشترک برای تمامی امولسیون های پر پایه هر سه هیدروژلاتور، فاکتور هیدروژلاتور و بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر دارای تاثیر معنی دار بود (کمتر از ۰/۰۵). همچنین فاکتور نوع امولسیفایر در آنالیز آماری برای هیدروژلاتورهای فرمول B و فرمول C، دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود. لازم به ذکر است میزان عددی این شاخص با پایداری رابطه ای معکوس دارد، بطوریکه عدد صفر بعنوان پایداری و افزایش میزان عددی نشان دهنده حالت ناپایداری می باشد [۱۵، ۲۲].

میزان شاخص افت روغن بر حسب درصد برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، دارای کمترین پایداری و در حدود ۱/۴۵ درصد مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر S با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین میزان پایداری (عدد صفر) بصورت مشترک برای ۶ نمونه بر پایه ۲ درصد فرمول A، امولسیفایر G، امولسیفایر S با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵

امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۶). نتایج مربوط به پایداری سانتیفوژی بر پایه هیدروژلاتورها بطور کلی نشان داد که کمترین پایداری سانتیفوژی بر حسب درصد مربوط به ۲درصد فرمول A و فرمول C و همچنین ۳درصد فرمول B؛ بر حسب امولسیفایر، امولسیفایر G (برای فرمول A و C) و امولسیفایر S برای فرمول B بود (جدول ۴، ۵ و ۶). همچنین کمترین پایداری سانتیفوژی بر حسب نسبت فاز آبی به ترتیب در ۳۰ درصد برای فرمول B، ۳۵ درصد برای فرمول A و ۴۰ درصد برای فرمول C بود (جدول ۴، ۵ و ۶).

در ایجاد بیشترین میزان پایداری سانتیفوژی، هر دو امولسیفایر و هر سه نسبت فاز آبی نقش داشتند (جدول ۴، ۵ و ۶). درصد هیدروژلاتور در زمینه پایداری سانتیفوژی امولسیون ها بر پایه هیدروژلاتورها و ایجاد مقادیر بیشترین، شامل ۱ درصد در نمونه های بر پایه فرمول A، ۲۱ درصد بر پایه فرمول B و همچنین ۱ و ۳ درصد بر پایه فرمول C نقش داشتند (جدول ۴، ۵ و ۶). میزان پایداری سانتیفوژی نمونه کره تجاری مشابه با نتایج نمونه های پژوهش حاضر بود (جدول ۴، ۵ و ۶). بطور کلی تعداد نمونه های دارای پایداری سانتیفوژی بر پایه فرمول A شامل ۶ مورد (جدول ۴)، بر پایه فرمول B شامل ۹ مورد (جدول ۵) و بر پایه فرمول C شامل ۹ مورد (جدول ۶) بودند.

Nourbehesht و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی تاثیر تیمار صوتی بر امولسیون های پر شده با ژل حاوی روغن سبوس برنج و اینولین، در زمینه پایداری کمترنمونه ها دارای نتایج مشابه با پژوهش حاضر بودند [۳۲]. پژوهش انجام شده توسط Kupiec و همکاران (۲۰۲۰) در زمینه تاثیر اولئوژلاتور بر اولئوژل بر پایه روغن کلزا، نتایج حاکی از آن بود که نمونه های حاوی موم کاندلیلا دارای پایداری سانتیفوژی مناسبی بودند [۲۹]. پژوهش انجام شده توسط Kupiec و همکاران (۲۰۲۰) دارای نتایج مشابه با پژوهش حاضر در زمینه پایداری نمونه ها از نظر سانتیفوژی بود

و ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۴). میزان شاخص افت روغن بر حسب درصد برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، دارای کمترین پایداری در حدود ۲/۱۰ درصد برای نمونه حاوی ۲ درصد فرمول B، امولسیفایر S با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد بود. درحالیکه بیشترین پایداری (عدد صفر) بصورت مشترک مربوط به ۳ نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر G با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۵).

میزان شاخص افت روغن بر حسب درصد برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C، دارای کمترین پایداری در حدود ۰/۲۴ درصد بطور مشترک برای ۳ نمونه بر پایه ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر S با نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد بود؛ در صورتی که بیشترین پایداری (عدد صفر) بطور مشترک مربوط به نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول C، هر دو امولسیفایر و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۶). در زمینه شاخص افت روغن بر پایه هیدروژلاتورها، نتایج نشان داد که ناپایداری (بیشتر از نظر میزان عددی) برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول C، ۲ درصد فرمول B و ۳ درصد فرمول A مشاهده شد (جدول ۴، ۵ و ۶). پایداری مناسب از نظر شاخص افت روغن بر پایه هیدروژلاتورها (عدد صفر)، برای نمونه های حاوی ۲ درصد فرمول A، ۱ درصد فرمول B و ۳ درصد فرمول C مشاهده شد (جدول ۴، ۵ و ۶).

انتظار می رفت افزایش نسبت فاز آبی منجر به ایجاد ناپایداری و افزایش میزان شاخص افت روغن گردد؛ در حالی که در تمامی نمونه ها با توجه به نوع هیدروژلاتور، در اثر استفاده از درصد های مختلف هیدروژلاتور، پایداری های مختلفی مشاهده شد (جدول ۴، ۵ و ۶). امولسیفایر S در ایجاد میزان شاخص افت روغن در میزان بیشتر نقش داشته؛ درحالیکه هر دو نوع امولسیفایر در ایجاد پایداری از نظر شاخص افت روغن نقش داشتند (جدول ۴، ۵ و ۶).

نتایج افت روغن نشان داد که میزان افت روغن نمونه های فرمول B بیشتر از فرمول A و همچنین فرمول A بیشتر از فرمول C بود (جدول ۴، ۵ و ۶). جدا از اینکه چه نوع امولسیفایری و چه میزان نسبت فاز آبی استفاده شده باشد، میزان افت روغن نمونه های حاوی ۲ درصد فرمول A به میزان صفر بود (جدول ۴). همچنین افت روغن به میزان صفر نیز برای نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول C مشاهده شد (جدول ۵). نمونه های پایدار از نظر شاخص افت روغن در تشابه با نمونه کره تجاری بودند (جدول ۴، ۵ و ۶).

Choi و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهش تهیه اولئوژل بر پایه روغن هسته انگور دریافتند که نمونه های دارای بیشترین شاخص افت روغن، دارای پایداری کمتری در نگهداری روغن در ساختارشان هستند [۳۶]. نتایج مربوط به پژوهش Choi و همکاران (۲۰۲۰) دارای نتایج مشابه با پژوهش حاضر در زمینه شاخص افت روغن بود [۳۶]. پژوهش Silva و همکاران (۲۰۲۱) در زمینه تهیه مارگارین بر پایه اولئوژل های حاوی درصد چربی مختلف (۳۵ و ۶۰ درصد)، دارای نتایج مشابه در زمینه شاخص افت روغن با نتایج مربوط به نمونه های پژوهش حاضر برای ۱ و ۳ درصد فرمول A به همراه هر دو امولسیفایر و همچنین ۳ درصد فرمول B به همراه امولسیفایر S بود [۱۵]. نتایج برخی پژوهش های انجام شده در زمینه استفاده چربی جایگزین بر پایه اولئوژل در سوسیس [۲۲]، بررسی بر همکنش موم کاندلیلا و تری آسیل گلیسرول [۳۴] و همچنین تاثیر تیمار صوتی [۳۵]، حاکی از اینست که نمونه های حاوی کمترین میزان افت روغن، دارای حالت الاستیکی بیشتر (حالت شبه جامد زیاد) بوده و یکی از دلایل این امر می تواند استفاده از اجزای چربی سخت در تهیه این نوع نمونه ها باشد. علاوه بر نوع و میزان اجزای بکار رفته در تهیه نمونه ها، نوع تیمار مورد استفاده در تهیه اولئوژل ها (از جمله تیمار صوتی)، می تواند منجر به کاهش عددی میزان شاخص افت روغن شود [۳۶]. میان پژوهش انجام شده در زمینه استفاده اولئوژل برای ساختاردهی روغن هسته انگور [۳۶] با پژوهش حاضر در

به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد) بود (جدول ۵). پایداری یخچالی مناسب (عدد صفر) مربوط به ۱۲ نمونه بود، بطوری که شامل نمونه هایی بر پایه ۲ و ۳ درصد فرمول B (بطور مشترک نمونه های حاوی هر دو نوع امولسیفایر با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۵).

ڈل

میزان شاخص پایداری یخچالی بر حسب درصد برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C، کمترین پایداری در حد ۱۰/۱۷ درصد مربوط به نمونه حاوی ۲ درصد فرمول C، امولسیفایر S با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ بود (جدول ۶). پایداری یخچالی مناسب (عدد صفر) مربوط به ۶ نمونه بود، بطوری که شامل نمونه هایی بر پایه ۱ و ۲ درصد فرمول C (بطور مشترک حاوی هر دو نوع امولسیفایر و همچنین نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد) بود (جدول ۶). نتایج مربوط به پایداری یخچالی نمونه ها بر پایه هیدروژلاتورها نشان داد که بکارگیری ۱ درصد فرمول A، فرمول B و فرمول C منجر به ایجاد ناپایداری یخچالی در نمونه ها شد (جدول ۴، ۵ و ۶).

امولسیفایر G در نمونه‌های بر پایه فرمول A و همچنین امولسیفایر S در نمونه‌های بر پایه فرمول B و فرمول C نقش داشتند؛ در حالی که در ایجاد پایداری مناسب از نظر یخچالی در تمامی نمونه‌ها هر دو نوع امولسیفایر نقش دارند (جدول ۴، ۵ و ۶). در بررسی نقش نسبت فاز آبی در تمامی نمونه‌ها بر خلاف پایداری، در بروز ناپایداری درصد‌های ۳۰ درصد (برای فرمول A، فرمول B و فرمول C)، ۳۵ درصد (برای فرمول A) و ۴۰ درصد (برای فرمول A) نقش داشتند (جدول ۴، ۵ و ۶). استفاده از درصد مناسب هیدروژلاتور، نوع امولسیفایر و نسبت فاز آبی منجر به ایجاد پایداری یخچالی شد (جدول ۴، ۵ و ۶). تشابه میان نمونه کره تجاری با نمونه‌های پایدار تهیه شده پژوهش حاضر در زمینه پایداری یخچالی وجود داشت (جدول ۴، ۵ و ۶).

در پژوهش انجام شده با هدف تهیه مارگارین از اولئوژل دارای درصد های مختلف چربی [۱۵]، نتایج نشان داد که تمامی نمونه ها در طول دوره نگهداری هیچ گونه ناپایداری نداشته و دارای شباهت با نتایج پژوهش حاضر در زمینه نمونه های پایدار از نظر شرایط یخچالی بر پایه هر سه نوع هیدروژلاتور بود. نتایج حاصل از برخی پژوهش های انجام شده نشان داد که عوامل موثر بر ناپایداری امولسیون ها می تواند شامل نوع و میزان اجزاء مصرفی، نوع ترکیب امولسیون و شرایط نگهداری امولسیون (دما و زمان) باشد [۳۸ و ۱۹]. Luo و همکاران (۲۰۱۹) در ساختاردهی روغن کاملیا در امولسیون آب در روغن با استفاده از پالمیتات پلی فنول جای، دریافتند که رابطه معکوسی میان درصد استفاده از هیدروژلاتور و میزان پایداری امولسیون ها وجود داشت [۱۹]. شباهت در زمینه نمونه های بر پایه فرمول C مربوط به پژوهش حاضر با پژوهش انجام شده در زمینه تاثیر صمغ فرمول C بر خصوصیات امولسیون های روغن در آب دارای ایزوله پروتئینی آب پنیر انجام شده توسط Sun و همکاران (۲۰۰۷) وجود داشت، بطوری که در پژوهش مذکور رابطه معکوسی میان درصد بکارگیری فرمول C با میزان پایداری امولسیون ها برقرار بود [۳۷]. شباهت در زمینه تاثیر اولئوژلاتورهای پژوهش حاضر (بجز فرمول C) بر پایداری یخچالی با پژوهش تهیه مارگارین بر پایه اولئوژل حاوی درصد چربی مختلف [۱۵] وجود داشت. Szumala و Luty (۲۰۱۶) گزارش دادند که ژلاتورها (با توجه به نوع و میزان مناسب مصرفی) از طریق سکون و ثابت سازی ذرات امولسیون می توانند منجر به بهبود پایداری امولسیون ها شوند [۳۸].

۴-۴- خصوصیات حسی امولسیون های پر شده با

ژل

۴-۴-۱- خصوصیات حسی امولسیون های پر شده با ژل

بر پایه فرمول A

نتایج خصوصیات حسی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A، در جدول ۳ ارائه شده است. آنالیز آماری خصوصیات حسی بر پایه فرمول A نشان داد که فاکتورهای هیدروژلاتور، نوع امولسیفایر، نسبت فاز آبی و همچنین بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر برای تمامی خصوصیات حسی دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود. لازم به ذکر است که آنالیز آماری مربوط به خصوصیت پخش پذیری نشان از معنی داری (کمتر از ۰/۰۵) برای فاکتور های تنها (نوع هیدروژلاتور، نوع امولسیفایر) و بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر بود. فاکتور نسبت فاز آبی برای خصوصیت پخش پذیری و همچنین سایر بر همکنش ها دارای تاثیر عدم معنی دار (بیشتر از ۰/۰۵) بود. خصوصیات حسی مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول A بصورت جداگانه توضیح داده شده است. ۱) سختی: کمترین میزان آن مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین میزان آن به نمونه های حاوی ۲ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد (جدول ۱) بود. ۲) پخش پذیری: کمترین میزان آن مربوط به نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد و بیشترین مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین مربوط به نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و ۴۰ به ۶۰ درصد (جدول ۱) بود. ۳) ذوب شدگی: بصورت کمترین مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین مربوط به نمونه های حاوی ۱ و ۳ درصد فرمول A، هر دو امولسیفایر و همچنین نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به

تاثیرگذار بودند (جدول ۱). نتایج خصوصیات حسی نمونه ها بر پایه فرمول A نشان داد که نسبت فاز آبی در ایجاد مقادیر کمترین و بیشترین نقش داشته و لازم به ذکر است علاوه بر نسبت فاز آبی، انتخاب نوع امولسیفایر و درصد فرمول A نیز در ایجاد خصوصیات موثر بودند (جدول ۱).

۴-۲- خصوصیات حسی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B

نتایج خصوصیات حسی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B، در جدول ۲ ارائه شده است. آنالیز آماری خصوصیات حسی بر پایه فرمول B نشان از عدم وجود تفاوت معنی دار (بیشتر از ۰/۰۵) برای خصوصیت سختی در زمینه فاکتورها بصورت تنها و بر همکنش هایشان (دوتایی و کلی) بود. همچنین آنالیز آماری فرمول B نشان داد که برای فاکتورهای هیدروژلاتور (خصوصیت های شیری و پوشش دهی دهانی)، نوع امولسیفایر (خصوصیت پوشش دهی دهانی) و همچنین نسبت فاز آبی (خصوصیت شیری) دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود. پارامترها بصورت تکی (بجز در زمینه شیری و پوشش دهی دهانی)، دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) در زمینه سایر خصوصیات حسی بر پایه فرمول B بودند. همچنین برهمکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر برای تمامی خصوصیات حسی بر پایه فرمول B دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود.

خصوصیات حسی مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول B بصورت جداگانه توضیح داده شده است. (۱) کمترین میزان سختی برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر G با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵، ۴۰ به ۶۰ و بیشترین سختی برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S با نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۲). (۲) کمترین میزان پخش پذیری برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین میزان پخش پذیری نمونه

۶۰ درصد (جدول ۱) بود. (۵) ترشیدگی: بصورت مربوط به نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آب به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد (جدول ۱) بود. (۶) چربی مانند: بصورت کمترین مربوط به نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین مربوط به نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد (جدول ۱) بود. (۷) پوشش دهی دهان: بصورت کمترین مربوط به نمونه حاوی ۱ درصد فرمول A، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین مربوط به نمونه حاوی ۳ درصد فرمول A، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد (جدول ۱) بود.

نتایج خصوصیات حسی بر حسب درصد فرمول A نشان داد که کمترین میزان خصوصیات حسی بر پایه ۱ درصد فرمول A برای سختی، پخش پذیری، ذوب شدگی، ترشیدگی و پوشش دهی دهان؛ ۲ درصد فرمول A برای شیری و ۳ درصد فرمول A برای چربی مانند قابل مشاهده بود (جدول ۱). در صورتی که ایجاد بیشترین میزان حسی، ۱ درصد فرمول A برای خصوصیات شیری، چربی مانند؛ ۲ درصد فرمول A برای سختی و ۳ درصد فرمول A برای پخش پذیری، ذوب شدگی، شیری، ترشیدگی و پوشش دهی دهان نقش داشتند (جدول ۱). در ایجاد کمترین میزان خصوصیات حسی، امولسیفایر G در بوجود آوردن برخی خصوصیات مانند: سختی، شیری تاثیر داشته؛ در حالیکه امولسیفایر S برای ویژگی هایی از قبیل پخش پذیری، ذوب شدگی نقش دارد (جدول ۱). در ایجاد بیشترین میزان خصوصیات حسی بر پایه فرمول A، امولسیفایر G برای سختی، ذوب شدگی، شیری؛ در صورتی که امولسیفایر S برای پخش پذیری، شیری، چربی مانند و پوشش دهی دهان

درصد فرمول B برای شیری در ایجاد کمترین نتایج نقش داشتند (جدول ۲). در زمینه ایجاد بیشترین میزان نتایج برای نمونه های بر پایه فرمول B، نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول B برای خصوصیت شیری و ۳ درصد فرمول B برای سایر خصوصیات نقش داشتند (جدول ۲). در زمینه خصوصیات حسی بر پایه فرمول B، امولسیفایر G در ایجاد میزان کمترین برای تمامی خصوصیات به جز پخش پذیری و شیری نقش داشته؛ در حالیکه امولسیفایر S تنها برای خصوصیت پخش پذیری، شیری، پوشش دهی دهانی منجر به کمترین میزان شد.

در بروز ایجاد بیشترین میزان خصوصیات حسی امولسیون های بر پایه فرمول B، امولسیفایر G در ایجاد خصوصیات پخش پذیری، شیری، چربی ماند و پوشش دهی دهانی نقش داشته؛ در حالیکه امولسیفایر S در ایجاد خصوصیات سختی، ذوب شدگی و ترشیدگی تاثیر داشت (جدول ۲). نتایج خصوصیات حسی بر پایه فرمول B بطور کلی نشان داد که در بروز ایجاد کمترین میزان هر ۳ نوع درصد فرمول B نقش داشته؛ در حالی که در ایجاد بیشترین میزان، ۱ و ۳ درصد فرمول B تاثیر داشت. انتخاب درصد مناسب فرمول B، نوع امولسیفایر و نسبت فاز آبی در ایجاد خصوصیات حسی بر پایه فرمول B نقش داشتند (جدول ۲).

۴-۳- خصوصیات حسی امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C

نتایج خصوصیات حسی برای امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C، در جدول ۳ ارائه شده است. آنالیز آماری خصوصیات حسی بر پایه فرمول C برای خصوصیت سختی نشان داد که فاکتورها بصورت تکی (بجز نسبت فاز آبی) و همچنین بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر دارای تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) بود. آنالیز آماری بر پایه خصوصیت شیری فرمول C نشان داد که فاکتورها (بجز نوع امولسیفایر) و بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر تاثیر معنی دار (کمتر از ۰/۰۵) داشتند. لازم به ذکر است آنالیز

حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۲). (۳) ذوب شدگی بعنوان یک خصوصیت حسی دارای میزان کمترین برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین میزان برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۲). (۴) خصوصیت حسی شیری برای نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد دارای کمترین میزان و برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰، ۳۵ به ۶۵ و ۴۰ به ۶۰ درصد دارای بیشترین میزان بود (جدول ۲). (۵) ترشیدگی دارای کمترین میزان برای نمونه های حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین میزان برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۲). (۶) برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد کمترین میزان خصوصیت چربی ماند و بیشترین میزان آن برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۲). کمترین پوشش دهی دهان برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و همچنین نمونه حاوی ۱ درصد فرمول B، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد و بیشترین میزان پوشش دهی دهانی برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول B، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۲).

در بروز خصوصیات حسی بر پایه فرمول B، نتایج نشان داد که درصدهای مختلف فرمول B شامل: ۱ درصد فرمول B برای سختی، پخش پذیری، ذوب شدگی و چربی ماند و پوشش دهی دهان؛ ۲ درصد فرمول B برای ترشیدگی و ۳

و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد بصورت بیشترین میزان بود (جدول ۳). پوشش دهی دهان: کمترین میزان برای نمونه حاوی ۲ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین میزان برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد بود (جدول ۳).

نتایج خصوصیات حسی نمونه های بر پایه فرمول C نشان داد که در ایجاد کمترین میزان نتایج: ۱ درصد فرمول C برای پخش پذیری، شیری و ترشیدگی؛ ۲ درصد فرمول C برای سختی، ذوب شدگی و پوشش دهی دهان و ۳ درصد فرمول C برای چربی نقش داشتند (جدول ۳). در حالی که در ایجاد بیشترین میزان نتایج خصوصیات حسی: ۱ درصد فرمول C برای چربی مانند؛ ۲ درصد فرمول C برای ترشیدگی و ۳ درصد فرمول C برای سایر خصوصیات (سختی، پخش پذیری، ذوب شدگی، شیری، ترشیدگی و پوشش دهی دهان) نقش داشتند (جدول ۳).

در زمینه خصوصیات حسی بر پایه فرمول C، امولسیفایر G در ایجاد مقادیر کمترین خصوصیات شامل سختی، ذوب شدگی، شیری، پوشش دهی دهانی؛ امولسیفایر S تنها در خصوصیات پخش پذیری، ترشیدگی، پوشش دهی دهانی منجر به کمترین میزان شد (جدول ۳).

امولسیفایر G برای ایجاد بیشترین میزان برای نمونه ها بر پایه فرمول C برای خصوصیات سختی، شیری، ترشیدگی و چربی مانند موثر بوده؛ درحالیکه امولسیفایر S برای سختی، پخش پذیری، ذوب شدگی و پوشش دهی دهان نقش داشت (جدول ۳). نتایج مربوط به برخی خصوصیات حسی (ترشیدگی و چربی مانند) برای نمونه های بر پایه فرمول C، نشان از تاثیر نسبت زیاد فاز آبی (۴۰ درصد فاز آبی) بوده؛ در صورتی که در بقیه خصوصیات و حتی مقادیر کمترین مربوط به ترشیدگی و چربی مانند، فاز آبی ۴۰ درصد نقش نداشت (جدول ۳).

آماری بر پایه فرمول C مربوط به سایر خصوصیات حسی (بجز سختی و شیری)، نشان از وجود تفاوت معنی داری (کمتر از ۰/۰۵) در زمینه های فاکتورها بصورت تکی، بر همکنش هیدروژلاتور در نوع امولسیفایر و همچنین بر همکنش نوع امولسیفایر در نسبت فاز آبی (برای ترشیدگی) بود.

خصوصیات حسی مربوط به امولسیون های پر شده با ژل بر پایه فرمول C بصورت جداگانه توضیح داده شده است. ۱) سختی: بصورت کمترین میزان برای نمونه حاوی ۲ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین میزان برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد بود (جدول ۳). ۲) پخش پذیری: کمترین میزان برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین میزان برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد بود (جدول ۳). ۳) ذوب شدگی: کمترین میزان برای نمونه حاوی ۲ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و بیشترین برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد بود (جدول ۳). ۴) شیری: بصورت کمترین میزان برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین میزان برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۵ به ۶۵ درصد بود (جدول ۳). ۵) ترشیدگی: کمترین میزان برای نمونه های حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر S و نسبت های فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ و ۳۵ به ۶۵ درصد و بیشترین میزان برای نمونه های حاوی ۲ و ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۴۰ به ۶۰ درصد بود (جدول ۳). ۶) چربی مانند: کمترین میزان برای نمونه حاوی ۳ درصد فرمول C، امولسیفایر G و نسبت فاز آبی به روغنی ۳۰ به ۷۰ درصد و برای نمونه حاوی ۱ درصد فرمول C، امولسیفایر G

۴-۴-۴- توضیحات مربوط خصوصیات حسی امولسیون

های پر شده با ژل

در مقایسه خصوصیات حسی نمونه های تهیه شده در مقایسه با نمونه کره تجاری، نتایج حاکی از بیشتر بودن خصوصیات حسی کره تجاری بود (جدول ۱، ۲ و ۳). عوامل مهمی در نتایج خصوصیات حسی تاثیر گذار می باشند، از جمله می توان به روش بررسی خصوصیات، انتخاب خصوصیات موردنظر و افراد بررسی کننده اشاره کرد [۳۹]. در زمینه خصوصیت پخش پذیری نتایج پژوهش تهیه امولسیون پر شده با ژل حاوی روغن زیتون فوق بکر-اینولین [۳۹]، با پژوهش حاضر شباهت وجود داشت. میان نتایج خصوصیات حسی بدست آمده توسط پژوهش های انجام شده برای تهیه جایگزین محصولات کره ای توسط Ögütçü و Yılmaz (۲۰۱۵) و همچنین Pandule و همکاران (۲۰۲۰) نتایج بدست آمده با نتایج پژوهش حاضر شباهت وجود داشت [۱۱ و ۴۰].

پژوهش انجام شده در زمینه بررسی تاثیر هیدروژلاتور (ایزوله پروتئینی آب پنیر و کاپا-کاراجینان) بر خصوصیات حسی امولسیون پر شده با ژل [۴۱] و همچنین پژوهش تهیه مارگارین بر پایه اولئوژل های حاوی روغن آفتابگردان با میزان اولئیک زیاد [۴۲]، نشان از تفاوت نتایج این پژوهش ها با پژوهش حاضر بود، بطوری که یکی از دلایل تفاوت اجزای بکار رفته مختلف در تهیه نمونه ها بخصوص ژلاتورها باشد. در پژوهش انجام شده در تهیه مارگارین با هدف بررسی تاثیر تغییرات میزان چربی و امولسیفایر، نتایج نشان داد که علاوه بر نوع چربی/ روغن بعنوان منبع جایگزین، نوع و میزان ژلاتور/ امولسیفایر نیز در بروز خصوصیات حسی تاثیرگذار بودند [۴۳، ۴۴]. نتایج خصوصیات حسی می تواند تحت تاثیر نوع اولئوژل، نوع و میزان اولئوژلاتور/ هیدروژلاتور قرار گیرد [۴۴، ۴۲]. تشابه میان پژوهش حاضر در زمینه تاثیر نوع و میزان هیدروژلاتور بر خصوصیات حسی با پژوهش بکارگیری روغن بزرک و

هیدروکلئیدها در تهیه امولسیون پر شده با ژل [۴۰] تشابه وجود داشت.

۵- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این پژوهش نشان داد که امولسیون های پر شده با ژل که بر پایه روغن کانولا، هیدروژلاتورهای مختلف و آب تهیه شده اند، می توانند بعنوان جایگزین کره حیوانی در محصولات غذایی بکار برده شوند. لازم به ذکر است که در امولسیون های این پژوهش، فاز آبی با هیدروژلاتورها مورد ساختاریافتگی قرار گرفته و در نقش جایگزین می تواند استفاده شود. افزایش میزان هیدروژلاتور و نسبت فاز آبی کل در این نوع امولسیون ها، باعث بهبود ویژگی های فیزیکی از جمله سختی شده است. انتخاب نوع امولسیفایر تاثیر معنی داری بر خصوصیات امولسیون ها داشت؛ بطوریکه نمونه های بر پایه هر سه نوع هیدروژلاتور حاوی امولسیفایر G، دارای میزان پایداری های فیزیکی، اکسایشی، حرارتی و حسی بیشتری نسبت به نمونه های حاوی امولسیفایر S بودند. همچنین در نمونه های بر پایه فرمول A، هر دو نوع امولسیفایر (G و S) در خصوصیات حرارتی و حسی تاثیر گذار بودند. از سوی دیگر، این امولسیون ها علاوه بر برخورداری از خصوصیات مطلوب بر پایه نوع هیدروژلاتور، دارای خصوصیات حسی مناسبی می باشند که می تواند بر نحوه پذیرش مصرف کنندگان تاثیرگذار باشد. به طور کلی، یافته های این پژوهش نشان داد که با استفاده از روغن های گیاهی مانند روغن کانولا، آب، هیدروژلاتورها و روش های ساختاردهی فاز آبی، می توان محصولاتی با ارزش تغذیه ای زیاد و همچنین خصوصیات مشابه و یا حتی برتر از محصولات کره ای ایجاد نمود. این موضوع می تواند منجر به تهیه محصولاتی شود که نه تنها میزان اسیدهای چرب اشباع و ترانس در آنها کم باشد، بلکه سالم و همچنین با کیفیت از نظر تغذیه ای باشند. پیشنهاد می شود که در زمینه پژوهش های بر پایه امولسیون پر شده با ژل با هدف تهیه جایگزین محصولات کره ای، مواردی مانند (۱) انتخاب ترکیبات هیدروژلاتوری جدید، (۲) انتخاب

ترکیبات امولسیفایری مناسب، ۳) انتخاب نسبت های مناسب اجزاء (هیدروژلاتوری، امولسیفایری، آبی و روغنی) مورد توجه قرار گیرد.

۶-منابع

- [1] Panchal, B., & Bhandari, B. (2020). Butter and Dairy Fat Spreads. Dairy Fat Products and Functionality, 509–532. https://doi.org/10.1007/978-3-030-41661-4_21
- [2] Silva, T. J., Barrera-Arellano, D., & Ribeiro, A. P. B. (2021). Margarines: Historical approach, technological aspects, nutritional profile, and global trends. Food research international (Ottawa, Ont.), 147, 110486. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110486>
- [3] Silva, T. J., Barrera-Arellano, D., & Ribeiro, A. P. B. (2021). Oleogel-based emulsions: Concepts, structuring agents, and applications in food. Journal of food science, 86(7), 2785–2801. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15788>
- [4] Martins, A. J., Vicente, A. A., Cunha, R. L., & Cerqueira, M. A. (2018). Edible oleogels: an opportunity for fat replacement in foods. Food & Function, 9(2), 758–773. <https://doi.org/10.1039/c7fo01641g>
- [5] Yang, X., Gong, T., Li, D., Li, A., Sun, L., & Guo, Y. (2019). Preparation of high viscoelastic emulsion gels based on the synergistic gelation mechanism of xanthan and konjac glucomannan. Carbohydrate Polymers, 226, 115278. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115278>
- [6] Kangchai, W., Sangsirimongkolying, R., & Methacanon, P. (2018). Feasibility study of margarine substitute based on gelatin-oil emulsion gel. Chiang Mai Journal of Science, 45(1), 505-514.
- [7] García-Ortega, M. L., Toro-Vazquez, J. F., & Ghosh, S. (2021). Development and characterization of structured water-in-oil emulsions with ethyl cellulose oleogels. Food Research International, 150, 110763. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110763>
- [8] Lumor, S. E., Jones, K. C., Ashby, R., Strahan, G. D., Kim, B. H., Lee, G.-C., Shaw, J.-F., Kays, S. E., Chang, S.-W., Foglia, T. A., & Akoh, C. C. (2007). Synthesis and Characterization of Canola Oil–Stearic Acid–Based Trans-Free Structured Lipids for Possible Margarine Application. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55(26), 10692–10702. <https://doi.org/10.1021/jf07010175>
- [9] Martini, S., Tan, C. Y., & Jana, S. (2015). Physical Characterization of Wax/Oil Crystalline Networks. Journal of Food Science, 80(5). Portico. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12853>
- [10] AOCS 1996. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists, Society, Champaign, AOCS Press.
- [11] Yılmaz, E., & Öğütçü, M. (2015). Oleogels as spreadable fat and butter alternatives: sensory description and consumer perception. RSC Advances, 5(62), 50259–50267. <https://doi.org/10.1039/c5ra06689a>
- [12] Soddu, E., Rassu, G., Cossu, M., Giunchedi, P., Cerri, G., & Gavini, E. (2014). The effect of formulative parameters on the size and physical stability of SLN based on “green” components. Pharmaceutical Development and Technology, 21(1), 98–107. <https://doi.org/10.3109/10837450.2014.971376>
- [13] Dibildox-Alvarado, E., Rodrigues, J. N., Gioielli, L. A., Toro-Vazquez, J. F., & Marangoni, A. G. (2004). Effects of Crystalline Microstructure on Oil Migration in a Semisolid Fat Matrix. Crystal Growth & Design, 4(4), 731–736. <https://doi.org/10.1021/cg049933n>
- [14] Wang, P., Cui, N., Luo, J., Zhang, H., Guo, H., Wen, P., & Ren, F. (2016). Stable water-in-oil emulsions formulated with polyglycerol polyricinoleate and glucono-δ-lactone-induced casein gels. Food Hydrocolloids, 57, 217–220. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.01.013>
- [15] Silva, T. J., Fernandes, G. D., Bernardinelli, O. D., Silva, E. C. da R., Barrera-Arellano, D., & Ribeiro, A. P. B. (2021). Organogels in low-fat and high-fat margarine: A study of physical properties and shelf life. Food Research International, 140, 110036. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110036>
- [16] Hwang, H., & Winkler-Moser, J. K. (2020). Properties of margarines prepared from soybean oil oleogels with mixtures of candelilla wax and beeswax. Journal of Food Science, 85(10), 3293–3302. Portico. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15444>

- [17] Pang, M., Shi, Z., Lei, Z., Ge, Y., Jiang, S., & Cao, L. (2020). Structure and thermal properties of beeswax-based oleogels with different types of vegetable oil. *Grasas y Aceites*, 71(4), 380. <https://doi.org/10.3989/gya.0806192>
- [18] Qiu, H., Qu, K., Zhang, H., & Eun, J.-B. (2023). Characterization and comparison of physical properties and in vitro simulated digestion of multi-component oleogels with different molecular weights prepared by the direct method. *Food Hydrocolloids*, 142, 108850. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108850>
- [19] Luo, S.-Z., Hu, X.-F., Pan, L.-H., Zheng, Z., Zhao, Y.-Y., Cao, L.-L., Pang, M., Hou, Z.-G., & Jiang, S.-T. (2019). Preparation of camellia oil-based W/O emulsions stabilized by tea polyphenol palmitate: Structuring camellia oil as a potential solid fat replacer. *Food Chemistry*, 276, 209–217. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.161>
- [20] Cheong, L., Tan, C., Long, K., Suria Affandi Yusoff, Mohd., & Lai, O. (2009). Physicochemical, Textural and Viscoelastic Properties of Palm Diacylglycerol Bakery Margarine During Storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(8), 723–731. Portico. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1413-4>
- [21] Naeli, M. H., Milani, J. M., Farmani, J., & Zargaraan, A. (2022). Developing and optimizing low-saturated oleogel shortening based on ethyl cellulose and hydroxypropyl methyl cellulose biopolymers. *Food Chemistry*, 369, 130963. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130963>
- [22] da Silva, S. L., Amaral, J. T., Ribeiro, M., Sebastião, E. E., Vargas, C., de Lima Franzen, F., Schneider, G., Lorenzo, J. M., Fries, L. L. M., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2019). Fat replacement by oleogel rich in oleic acid and its impact on the technological, nutritional, oxidative, and sensory properties of Bologna-type sausages. *Meat science*, 149, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.020>
- [23] Alvarez-Ramirez, J., Vernon-Carter, E. J., Carrera-Tarela, Y., Garcia, A., & Roldan-Cruz, C. (2020). Effects of candelilla wax/canola oil oleogel on the rheology, texture, thermal properties and in vitro starch digestibility of wheat sponge cake bread. *LWT*, 130, 109701. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109701>
- [24] Bascuas, S., Hernando, I., Moraga, G., & Quiles, A. (2019). Structure and stability of edible oleogels prepared with different unsaturated oils and hydrocolloids. *International Journal of Food Science & Technology*, 55(4), 1458–1467. Portico. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14469>
- [25] Chai, X., Zhang, Y., Shi, Y., & Liu, Y. (2022). Crystallization and Structural Properties of Oleogel-Based Margarine. *Molecules*, 27(24), 8952. <https://doi.org/10.3390/molecules27248952>
- [26] Bobe, G., Hammond, E. G., Freeman, A. E., Lindberg, G. L., & Beitz, D. C. (2003). Texture of Butter from Cows with Different Milk Fatty Acid Compositions. *Journal of Dairy Science*, 86(10), 3122–3127. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(03\)73913-7](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(03)73913-7)
- [27] Borriello, A., Masi, P., & Cavella, S. (2021). Novel pumpkin seed oil-based oleogels: development and physical characterization. *LWT*, 152, 112165. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112165>
- [28] Tinello, F., Lante, A., Bernardi, M., Cappiello, F., Galgano, F., Caruso, M. C., & Favati, F. (2017). Comparison of OXITEST and RANCIMAT methods to evaluate the oxidative stability in frying oils. *European Food Research and Technology*, 244(4), 747–755. <https://doi.org/10.1007/s00217-017-2995-y>
- [29] Kupiec, M., Zbikowska, A., Marciniak-Lukasiak, K., & Kowalska, M. (2020). Rapeseed Oil in New Application: Assessment of Structure of Oleogels Based on their Physicochemical Properties and Microscopic Observations. *Agriculture*, 10(6), 211. <https://doi.org/10.3390/agriculture10060211>
- [30] Naderi, M., Farmani, J., & Rashidi, L. (2018). The impact of saturated monoacylglycerols on the oxidative stability of Canola oil under various time/temperature conditions. *Grasas y Aceites*, 69(3), 267. <https://doi.org/10.3989/gya.0346181>
- [31] Hakimzadeh, V., Mahjoob, R., & Farmani, J. (2020). Production and evaluation of physicochemical and rheological properties of sorbitan mono-stearate and sorbitan tri-stearate based Oleogels as low SFA shortening. *Authorea Preprints*.
- [32] Nourbehesht, N., Shekarchizadeh, H., & Soltanizadeh, N. (2018). Investigation of stability, consistency, and oil oxidation of emulsion filled gel prepared by inulin and rice bran oil using ultrasonic radiation. *Ultrasonics sonochemistry*, 42, 585–593. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.12.029>
- [33] Kim, M., Hwang, H.-S., Jeong, S., & Lee, S. (2022). Utilization of oleogels with binary oleogelator blends for filling creams low in saturated fat. *LWT*, 155, 112972. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112972>
- [34] da Silva, T. L. T., Arellano, D. B., & Martini, S. (2019). Interactions between candelilla wax and saturated triacylglycerols in oleogels. *Food Research International*, 121, 900–909. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.018>

- [35] da Silva, T. L. T., & Danthine, S. (2022). Influence of sonocrystallization on lipid crystals multicomponent oleogels structuration and physical properties. *Food Research International*, 154, 110997. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.110997>
- [36] Choi, K., Hwang, H., Jeong, S., Kim, S., & Lee, S. (2020). The thermal, rheological, and structural characterization of grapeseed oil oleogels structured with binary blends of oleogelator. *Journal of Food Science*, 85(10), 3432–3441. Portico. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15442>
- [37] Sun, C., Gunasekaran, S., & Richards, M. P. (2007). Effect of xanthan gum on physicochemical properties of whey protein isolate stabilized oil-in-water emulsions. *Food Hydrocolloids*, 21(4), 555–564. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.06.003>
- [38] Szumala, P., & Luty, N. (2016). Effect of different crystalline structures on W/O and O/W/O wax emulsion stability. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 499, 131–140. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2016.04.022>
- [39] Paradiso, V. M., Giannetti, M., Summo, C., Pasqualone, A., Minervini, F., & Caponio, F. (2015). Production and characterization of emulsion filled gels based on inulin and extra virgin olive oil. *Food Hydrocolloids*, 45, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.10.027>
- [40] Pandule, V. S., Sharma, M., HC, D., & B, S. N. (2020). Omega-3 fatty acid-fortified butter: Preparation and characterisation of textural, sensory, thermal and physico-chemical properties. *International Journal of Dairy Technology*, 74(1), 181–191. Portico. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12750>
- [41] Nasirpour-Tabrizi, P., Azadmard-Damirchi, S., Hesari, J., Khakbaz Heshmati, M., & Savage, G. P. (2020). Production of a spreadable emulsion gel using flaxseed oil in a matrix of hydrocolloids. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8). Portico. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14588>
- [42] Sala, G., de Wijk, R. A., van de Velde, F., & van Aken, G. A. (2008). Matrix properties affect the sensory perception of emulsion-filled gels. *Food Hydrocolloids*, 22(3), 353–363. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.12.009>
- [43] da Silva, T. L. T., Chaves, K. F., Fernandes, G. D., Rodrigues, J. B., Bolini, H. M. A., & Arellano, D. B. (2018). Sensory and Technological Evaluation of Margarines With Reduced Saturated Fatty Acid Contents Using Oleogel Technology. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 95(6), 673–685. Portico. <https://doi.org/10.1002/aocs.12074>
- [44] Dadalı, C., & Elmacı, Y. (2019). Characterization of Volatile Release and Sensory Properties of Model Margarines by Changing Fat and Emulsifier Content. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(6). Portico. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201900003>



Journal of Food Science and Technology (Iran)

Homepage: www.fsct.modares.ir

Scientific Research

Preparation of Gel-filled Emulsion Based on Canola Oil-Different Hydrogelators (Gelatin, Agar-agar and Xanthan) as Butter Substitute

Mohammad Razmpour^{1*}, Jamshid Farmani², Jafar.M Milani³, Teimoor Mohammadi⁴

1- Ph.D. Student of the Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

3- Full Professor of the Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

3- Full Professor of the Department of Food Industry Science and Engineering, Faculty of Agricultural Engineering, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

4- PhD in Food Science and industry, Vice Chairman of the Board of Directors and Managing Director of Khorramshahr Oil Company, Tehran, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2024/9/7 Accepted: 2025/7/1 Keywords: Canola oil, Emulsion, Gel, Gelatin, Agar-agar, Xanthan DOI: 10.22034/FSCT.22.165.86. *Corresponding Author E- Mh_razmpour@yahoo.com	This study was investigated the production and evaluation of gel-filled emulsions based on canola oil, water, and hydrogelators as commercial butter substitutes. Given the growing need, this research attempted to create emulsions that are similar or even superior to commercially available butter samples in terms of functional and nutritional value, by utilizing aqueous phase structuring with the help of various hydrogelators and canola oil. In this study, hydrogelators (gelatin, agar-agar, and xanthan) used as aqueous phase structuring agents and two types of emulsifiers (sorbitan monostearate and glycerol monostearate). Various variables (amount of hydrogelator, type of emulsifier, and water-to-oil ratio) considered in the preparation of emulsions, and finally that investigated properties of the emulsions, including thermal, oxidative, physical, sensory, and textural stability. The results showed that increasing the hydrogelator led to an increase in the hardness of the samples based on all three types of hydrogelators. While the choice of emulsifier type had different effects on other properties depending on the type of hydrogelator. Agar-agar and xanthan-based samples containing glycerol monostearate compared to sorbitan monostearate had better properties than gelatin-based samples. The results of this study generally indicate that the prepared gel-filled emulsions can be used to a suitable substitute for butter products in the food industry, without having any effect on the sensory and functional quality of the final product.