

## تغییرات خواص حرارتی، بافتی، رنگ و ریزساختار اولئوژل ساخته شده از موم زنبورعسل با روغن هسته انگور تحت تأثیر نرخ سردکردن و غلظت اولئوژل کننده

زهرا براتیان قرقی<sup>۱</sup>، علی فائزین<sup>۲</sup>، سمیرا یگانه زاد<sup>۱\*</sup>، محمدعلی حصارى نژاد<sup>۱</sup>

۱- گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

\* نویسنده مسئول (s.yeganehzad@rifst.ac.ir)

۲- گروه ماشین آلات صنایع غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

### چکیده

در این پژوهش رفتار بلوره شدن موم زنبورعسل در روغن هسته انگور در دامنه گسترده نرخ‌های سردکردن ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۱۶، ۰/۳۳، ۰/۶۶ و (درجه سانتی‌گراد در دقیقه)، دمای ۸۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد و غلظت‌های موم ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد بررسی شد. ویژگی‌های رفتار حرارتی، بافت، رنگ و اشکال بلوری نمونه‌ها ارزیابی شدند. نتایج نشان داد با افزایش درصد موم در اولئوژل‌ها، دماهای شروع و ذوب در تیمارهای مختلف افزایش یافت. به طوری که بیشترین افزایش در نرخ سردکردن ۰/۱۶ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه نشان داده شد. دماهای،  $45/90 \pm 0/46$  و  $46/80 \pm 0/30$  برای غلظت ۱۰ درصد موم تا  $62/70 \pm 0/20$  و  $65/80 \pm 0/17$  برای غلظت ۲۰ درصد موم به ترتیب برای دماهای شروع و ذوب اندازه‌گیری شدند. با افزایش غلظت موم، فاکتورهای سفتی و چسبندگی نیز زیاد شدند و این افزایش در تیمار نرخ سردکردن ۰/۶۶ درجه سانتی‌گراد در دقیقه، مشهودتر بود، به صورتی که پارامتر سفتی و چسبندگی به ترتیب در غلظت‌های ۱۰ تا ۲۰ درصد بیشترین افزایش را داشتند. همچنین با سرعت سردکردن آهسته، نمونه‌هایی با بلورهای بزرگ‌تر به دست آمدند. ارزیابی رنگ نشان داد با افزایش غلظت موم، تمامی پارامترهای رنگی به جز پارامتر  $a^*$  که تفاوت معنی‌داری را نشان نداد در تمام تیمارهای نرخ سردکردن، افزایش یافت. در این تحقیق رویکرد مهندسی بلور چربی، چشم‌اندازهایی را برای به دست آوردن ساختارهای مستحکم‌تر در غلظت‌های اولئوژل کننده و ایجاد اولئوژل با خواص مطلوب را ارائه می‌دهد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳

تاریخ انتشار برخط: ۱۴۰۰/۱۰/۱۲

### واژه‌های کلیدی

اولئوژل

روغن هسته انگور

موم زنبورعسل

نرخ سردکردن



### مقدمه

نه تنها موجب تقلیل میزان لیپوپروتئین با دانسیته پایین ( $LDL^1$ ) می‌شود بلکه سبب افزایش میزان لیپوپروتئین با دانسیته بالا ( $HDL^2$ ) نیز می‌گردد (موحد و قوامی، ۱۳۸۶).

از لحاظ شیمیایی، مقادیر چشمگیر اسیدهای چرب

روغن هسته انگور به عنوان منبع خوبی برای تولید روغن نباتی، دارای مصارف غذایی گسترده‌ای است و مدت‌هاست مورد استقبال مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. روغن یادشده جهت پخت‌وپز، سرخ کردن و سالاد ایده‌آل است (موحد و قوامی، ۱۳۸۶). مطابق بررسی‌های به عمل آمده، مشخص گردید که مصرف روغن هسته انگور

<sup>1</sup> Low-density lipoprotein

<sup>2</sup> High-density lipoprotein

اولئوژل‌کننده‌ها منشأ لیپیدی دارند و به دو گروه پلیمری و مونومری تقسیم می‌شوند. از انواع ترکیبات ژل‌کننده می‌توان اتیل سلولز، مونوگلیسرید، دی‌گلیسرید، تری‌گلیسرید، اسیدهای چرب، فیتواسترول، اریزانول و موم‌ها را نامبرد (Rogers *et al.*, 2014). در حالت ایده‌آل ترکیبات مورد استفاده باید ویژگی‌هایی از قبیل منشأ طبیعی و زیست‌تخریب‌پذیری، شناخته‌شده به‌عنوان مادهٔ ایمن و داشتن درجهٔ غذایی، منابع پایدار و مقرون‌به‌صرفه، قابلیت ژل‌شدن در دمای پایین و غلظت کم و خصوصیات برگشت‌پذیر حرارتی را داشته باشند (Patel, Schatteman, De Vos, Lesaffer, & Dewettinck, 2013).

موم به‌عنوان یک مادهٔ چرب که شامل زنجیرهٔ هیدروکربنی با یا بدون گروه عاملی است، تعریف می‌شود. گروه‌های عاملی که در موم‌ها وجود دارند اغلب شامل الکل، استر، کتون و آلدئید می‌باشند. استرهای موم به‌دست‌آمده از گیاهان، حشرها و آبزیان اغلب کاربردهای صنعتی مختلفی مانند لوازم‌آرایشی، روان‌کننده‌ها، جلادهنده، پوشش‌دهندهٔ سطحی، جوهر و محصولات غذایی دارند (Dassanayake, Kodali, Ueno, & Sato, 2009). توانایی ژل‌کردن موم به‌طور قابل‌توجهی به خلوص و ترکیب آن بستگی دارد. یک استر موم با آلکیل بلندزنجیره توانایی ژل‌شدن بهتری را در مقایسه با آلکیل کوتاه‌زنجیره از خود نشان می‌دهد. بنابراین طول زنجیره در استر موم یک عامل مهم برای توانایی تشکیل ژل است. امروزه مصرف‌کنندگان تمایل دارند در صنعت غذا، دارو و لوازم‌آرایشی از موم‌های آلی به‌جای موم‌های معدنی استفاده شود. موم زنبورعسل یک موم آلی و طبیعی تولیدشده توسط زنبورهای عسل گونهٔ آپیس ملیفرا<sup>۴</sup> است. این موم به‌عنوان افزودنی غذایی در سراسر جهان مورد تأیید می‌باشد. کاربردهایی مثل پایدارکنندگی، بافت‌دهندگی به آدامس و به‌عنوان حامل مکمل‌های غذایی را دارا می‌باشد. اجزای مهم موم زنبورعسل ترکیبات الکلی منوهیدریک زنجیره‌بلند هستند (Martins *et al.*, 2016; Yilmaz & Dagdemir, 2012).

ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی، در روغن هستهٔ انگور وجود دارند. همچنین میزان اسیدهای چرب غیراشباع آن به ۹۰ درصد می‌رسد (موحد و قوامی، ۱۳۸۶). روغن هستهٔ انگور حاوی ۶۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E است که یکی از مؤثرترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشد. بنابراین، نیازی به افزودن آنتی‌اکسیدان مصنوعی نظیر ترت-بوتیل‌هیدروکوینون (TBHQ<sup>۱</sup>) و هیدروکسی‌تولوئن بوتیل‌دارشده (BHT<sup>۲</sup>) به روغن استخراجی از هستهٔ انگور وجود ندارد (Emmons, Peterson, & Paul, 1999).

ارگانوژل شبکهٔ ژلی حاوی مولکول‌های ایجادکنندهٔ ژل است که حلال‌های آلی مانند بنزن، هگزان و یا روغن‌های خوراکی را از طریق واکنش‌های بین زنجیری مانند پیوند هیدروژنی و واندروالسی<sup>۳</sup> درون‌شبکه به‌دام‌می‌اندازد. در صنعت غذا، ارگانوژل به‌عنوان اولئوژل نامیده می‌شود تا از سامانه‌های حاوی حلال‌های آلی جدا شود و در واقع اولئوژل شبکهٔ ژلی حاوی روغن‌های خوراکی مایع است که در طی فرایند سردکردن می‌توانند به روغن‌ها ساختار دهند (Dassanayake, Kodali, & Ueno, 2011).

ناجی طبسی، مهدیان، آریان‌فر و ناجی طبسی (۱۳۹۹) ویژگی‌های اولئوژل تهیه‌شده به روش قالب‌گیری امولسیون پیکرینگ را بررسی کردند و نتایج بهبود پارامترهای رئولوژیکی، بافتی و حسی را نشان دادند. برای تولید اولئوژل نیاز به اولئوژل‌کننده‌ای است که توانایی ایجاد شبکهٔ سه‌بعدی برای به‌دام‌انداختن روغن‌های خوراکی را داشته باشد (Rogers *et al.*, 2014). اولئوژل‌کننده‌ها به‌عنوان مواد چرب با غلظت پایین که تودهٔ روغن‌مایع را به‌دام‌می‌اندازند، تعریف می‌شوند (Dassanayake *et al.*, 2011). توانایی تشکیل ژل از روغن‌های خوراکی به‌همراه مقادیر خیلی کم از اولئوژل‌کننده‌ها مثل موم زنبورعسل، اتیل سلولز و مشتقات اسیدهای چرب، یکی از مهم‌ترین عملکردهای اولئوژل‌ها هستند (Cerqueira *et al.*, 2017; Martins, Cerqueira, Fasolin, Cunha, & Vicente, 2016; Ögütçü & Yilmaz, 2014).

<sup>۱</sup> Tert-butylhydroquinone

<sup>۲</sup> Butylated hydroxytoluene

<sup>۳</sup> Van der waals bonds

<sup>۴</sup> Apis Mellifera

## مواد و روش‌ها

### مواد و تهیه نمونه

روغن هسته انگور از شرکت مونی (ساخت ایتالیا) خریداری شد و موم زنبورعسل از شرکت زنبور کالا، (تهران، ساخت ایران) تهیه گردید. موم زنبورعسل از استرهای مومی (۳۵ درصد، به طور کلی C50)، استرهای هیدروکسیل (۲۴ درصد، به طور عمده استر اسیدهای ۱۵-هیدروکسی پالمیتیک و C34-C24)، هیدروکربن (۱۴ درصد)، دی استرها (۱۲ درصد)، اسیدهای آزاد (۱۲ درصد) و ترکیبات ناشناخته (۶ درصد) تشکیل شده است. نمونه‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد موم زنبورعسل در روغن هسته انگور استفاده شد. ۵ تیمار نرخ سردکردن متفاوت ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۱۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۶ (درجه سانتی‌گراد در دقیقه) برای درصدهای مختلف مخلوط کردن موم با روغن اعمال شد. در هر مرحله، روغن تا رسیدن به دمای ۱۴۰ درجه سانتی‌گراد روی هیتز، گرم شد و سپس موم زنبورعسل درون آن ریخته شد و تا زمان ذوب و انحلال کامل موم در روغن، مخلوط گردید. نمونه حاصله داخل ۴ ظرف یکسان تقسیم شد و سپس در انکوباتور (KBF 115، BINDER Co.) ساخت آلمان) با برنامه نرخ سردکردن موردنظر از پیش تنظیم شده، قرار گرفتند. بعد از گذراندن زمان لازم برای سرد شدن، نمونه‌های تمام تیمارها در انکوباتور در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد تا روز بعد جهت انجام آنالیزها نگهداری شدند.

### مورفولوژی بلورها

نمونه‌های به دست آمده از نرخ‌های سردکردن مختلف، جهت بررسی شکل و اندازه بلورها با استفاده از دستگاه میکروسکوپ پلاریزه (Olympus BH60، ساخت ژاپن) با بزرگ‌نمایی ۱۰۰ توسط نور پلاریزه عبوری، انعکاسی و زمینه تیره-روشن<sup>۲</sup> مورد آنالیز قرار گرفتند.

### آنالیز گرماسنجی افتراقی (DSC<sup>۳</sup>)

نمونه‌های بلوره شده در نرخ‌های سردکردن متفاوت، برای اندازه‌گیری خصوصیات پروفایل گرمایی آنها، توسط

موم زنبورعسل (BW<sup>۱</sup>) به عنوان مومی با درجه خوراکی دارای استقبال زیاد برای استفاده در تشکیل اولئوزل خوراکی است (Lim, Hwang, & Lee, 2017; Toro-Vazquez *et al.*, 2013; Toro-Vazquez, Morales-Rueda, Mallia, & Weiss, 2010; Toro-Vazquez *et al.*, 2007). مومها نقطه ذوب بالا (دمای اوج = ۵۰ تا ۸۰ درجه سانتی‌گراد) دارند. انحلال آنها در روغن‌های نباتی جزئی است بنابراین هنگامی که در دمای اتاق قرار می‌گیرند، به سرعت متبلور می‌شوند.

مطالعه‌های محدودی درخصوص تأثیر دامنه وسیع نرخ سردکردن بر رفتار تبلور اولئوزل‌ها صورت گرفته است. مقتدایی، سلطانی‌زاده و گلی (۱۳۹۸) تأثیر سرعت سردکردن در دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در اولئوزل‌های روغن‌کنجد حاوی موم زنبورعسل و اتیل سلولز را بررسی کردند، نتایج نشان دادند که سردکردن در دمای کمتر میزان نیروی لازم برای نفوذ را افزایش و نیروی لازم برای اکستروژن معکوس را کاهش داد. سرعت سردکردن (۰/۱، ۱ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه) بر رفتار تبلور موم زنبورعسل در ۵ روغن خوراکی مختلف توسط Jana و Martini (۲۰۱۴) انجام شد و جداسازی فاز به دلیل رسوب بلورها زمانی مشاهده شد که نمونه‌ها با سرعت سردکردن کند بلوره شدند. Carrín, Palla, Giacomozzi و Martini (۲۰۱۹) خواص فیزیکی اولئوزل‌های حاوی منوگلیسرید را با استفاده از غلظت منوگلیسرید، نرخ سردکردن و به کارگیری فراصوت اصلاح کردند. در رابطه با نرخ سردکردن، از دو سرعت ۰/۱ و ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه استفاده کردند و نتیجه نشان داد که سرعت سردکردن کندتر در مقایسه با سرعت سردکردن ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه، بعد از ۲۴ ساعت الاستیسیته پایین تری را موجب شدند. هدف از این مطالعه بررسی رفتار تبلور موم زنبورعسل در روغن هسته انگور تحت تأثیر دامنه گسترده نرخ‌های سردکردن (۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۱۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۶ درجه سانتی‌گراد در دقیقه از دمای ۸۵ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد) و غلظت‌های موم (۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد) می‌باشد.

<sup>۲</sup> Dark & Bright Field

<sup>۳</sup> Differential scanning calorimetry

<sup>۱</sup> Beeswax

کاملاً تصادفی با استفاده از آزمون فاکتوریل در سطح معنی‌داری ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Microsoft Excel نسخه ۲۰۱۰ انجام شد.

### نتایج و بحث

#### اثر نرخ سردکردن بر ویژگی مورفولوژی بلورها

**شکل (۱)** مورفولوژی بلورهای به‌دست‌آمده طی نرخ‌های سردکردن ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۱۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۶ (درجه سانتی‌گراد در دقیقه) را برای غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد موم زنبورعسل در روغن هسته انگور نشان می‌دهند.

همان‌طورکه انتظار می‌رفت، در تمام سه تیمار غلظتی، بلورهای بزرگ‌تر، از نمونه‌هایی به‌دست آمدند که با سرعت سردکردن آهسته (زمان طولانی‌تر)، بلوری شدند، این پدیده به‌این‌علت می‌باشد که در زمان‌های طولانی‌تر برای سردشدن یک ماده، اجزا در تشکیل اشکال بلوری منظم شرکت می‌کنند و هرچه این زمان بیشتر باشد، بلورها فرصت زیادتری برای تجمع و ایجاد بلورهای بزرگ‌تر را دارا می‌باشند. بدیهی است که با کاهش زمان سردکردن، اجزا فرصت لازم برای تجمع منظم و ایجاد آرایش‌های بلوری بزرگ‌تر را نخواهند داشت، از این‌رو تعداد بلورهای بیشتری و با اندازه‌های کوچک‌تری تشکیل می‌شوند برعکس چیزی که در زمان‌های طولانی‌تر سردکردن اتفاق می‌افتد. تحقیق‌های محققین نشان داده است که اندازه بلور در هنگام تبلور لیپیدها زمانی که از سرعت‌های سردکردن آهسته استفاده می‌شود، افزایش پیدا می‌کند (Martini, Herrera, & Hartel, 2002).

دستگاه DSC (DSC model SL 800 Irsa)، ساخت چین (ایران) مورد‌ارزیابی قرار گرفتند. پارامترهای پایه و دمایی DSC با یک ظرف استاندارد قلع خالص، کالیبره شدند. نزدیک به ۲۰ میلی‌گرم نمونه در ظروف آلومینیوم قرار داده شد و با درب‌های آلومینیوم پوشانده و مهروموم شدند. برای تجزیه‌وتحلیل مشخصات ذوبی، نمونه‌ها از ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد تحت یک روند شیب‌دار ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه گرم شدند. از نرم‌افزار SPICO نسخه ۱۰۰۰۰ برای تجزیه‌وتحلیل دمای شروع، دمای بیشینه و آنتالپی استفاده گردید.

### ارزیابی بافت

پارامترهای سفتی و چسبندگی بافت هرکدام از نمونه‌های تیمارهای نرخ سردکردن با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (Stable Micro System، مدل TaTx plus، ساخت انگلستان)، توسط پروب نفوذی ۲ میلی‌متری با وزن ۵۰ کیلوگرمی اندازه‌گیری شد. آزمون بافت‌سنجی حداقل در سه تکرار و با سرعت‌های قبل نفوذ، سرعت حین نفوذ و سرعت بعد از نفوذ به‌ترتیب ۱، ۲ و ۱۰ میلی‌متر بر ثانیه و عمق نفوذ ۵ میلی‌متر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در انجام تحلیل‌های آزمون‌های بافت‌سنجی از نرم‌افزار Exponent نسخه ۶.۱.۱۰.۰ استفاده شد (Afoakwa, Paterson, Fowler, & Vieira, 2008).

### آنالیز رنگ

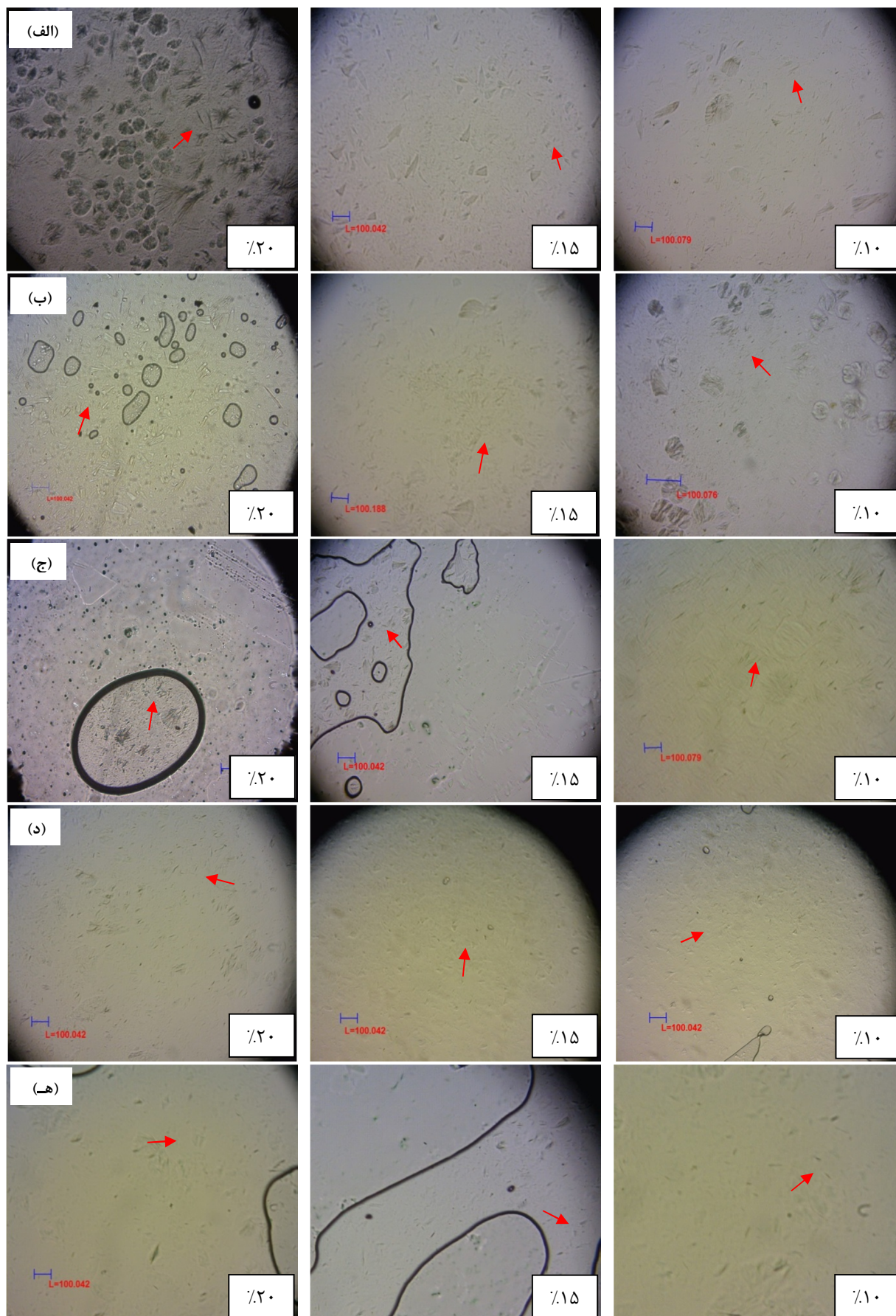
رنگ اولئوژل‌ها بر پایه موم، توسط دستگاه رنگ‌سنج WF32 (شرکت Iwave، ساخت چین)، اندازه‌گیری شدند. ارزش‌های رنگی در واحدهای کمیسیون بین‌المللی روشنایی (CIE<sup>1</sup>): L\* (سفید یا روشنی/تاریکی)، a\* (قرمزی/سبزی) و b\* (زردی/آبی) گزارش شدند.

### آنالیز آماری

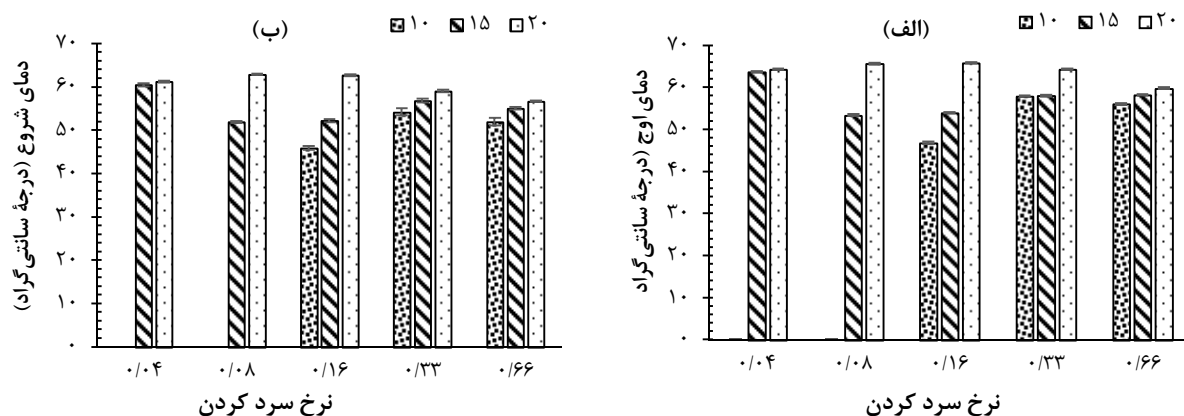
نمونه‌های بلوره حداقل در سه تکرار برای آزمون‌های DSC، بافت‌سنجی، مورفولوژی بلورها و آنالیز رنگ موردبررسی قرار گرفتند. طرح آماری مورد استفاده طرح

<sup>1</sup> International Commission on Illumination





شکل ۱- مورفولوژی بلورهای به دست آمده طی نرخ سرد کردن، الف) ۰/۰۴، ب) ۰/۰۸، ج) ۰/۱۶، د) ۰/۳۳ و هـ) ۰/۶۶ (درجه سانتی گراد در دقیقه) برای غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد موم زنبورعسل در روغن هسته انگور



شکل ۲- دمای بلورهای به دست آمده از مخلوط‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد موم زنبورعسل بلوره شده در روغن هسته انگور در نرخ‌های مختلف سرد کردن

### تأثیر نرخ سرد کردن بر خصوصیات حرارتی نمونه‌ها

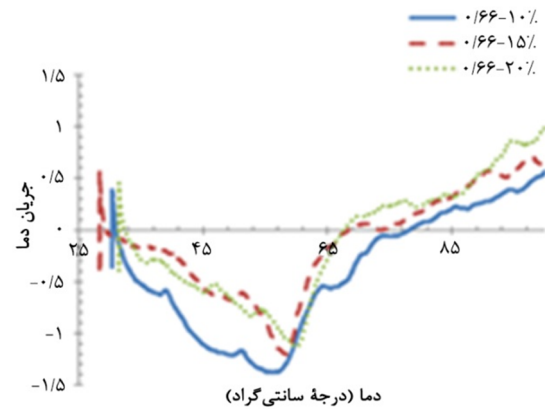
تجزیه و تحلیل بیشتر در مورد ویژگی‌های بلورهای تشکیل شده در سامانه روغن هسته انگور و موم زنبورعسل با استفاده از DSC انجام شد. در شکل (۲) دماهای شروع و ذوب بلورهای به دست آمده از مخلوط‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد موم زنبورعسل بلورینگی در روغن هسته انگور را در زمان‌های مختلف سرد کردن نشان می‌دهد.

در مطالعه انجام شده توسط Jana و Martini (۲۰۱۴)، نشان داده شد که برخی شرایط فراوری می‌تواند بر جدایی فازی در سامانه‌های متشکل از موم/روغن تأثیر بگذارند. نرخ سرد کردن، غلظت موم و نوع روغن نقش مهمی در رفتار بلورینگی موم‌ها دارند. در این تحقیق نیز دیده شد همگام با نرخ سرد کردن‌های سریع‌تر (زمان‌های سرد کردن کمتر) از آنجایی که تعداد بلورهای بیشتری با اندازه کوچک‌تر تشکیل می‌شوند، کل سامانه نمونه یک دست شده، زیرا تعدد بالای بلورها و ریزبودن آنها می‌تواند فاز روغن بیشتری را در خود محبوس کنند و به صورت ماکروسکوپی ماده یکنواخت‌تری را تشکیل دهند. از سوی دیگر، استفاده از نرخ‌های سرد کردن آهسته‌تر (زمان‌های بیشتر) منجر به تولید بلورهای درشت‌تر با تعداد کمتر می‌شود که هم تشکیل بلورهای بزرگ فاز روغن را از درون شبکه بلوری به بیرون می‌راند و هم تعداد کم بلورها برای حفظ فاز روغن درون شبکه خود کافی نمی‌باشد، در نتیجه ظاهر ماده نهایی بعد از فرایند تشکیل اولئوزل، یکنواختی کمتری خواهد داشت. از سوی دیگر، افزایش غلظت موم در اولئوزل در نرخ‌های سرد کردن کمتر می‌تواند به دلیل افزایش تعداد مولکول‌های موم در مخلوط، تا حدی محصول نهایی اولئوزل را به سمت ایجاد ظاهری یکنواخت‌تر سوق دهد.

همان‌طور که در شکل (۲) نشان داده شده است (منحنی نرخ سرد کردن ۰/۶۶ درجه سانتی‌گراد در دقیقه) به عنوان نمونه در شکل (۳) گزارش شده است) با افزایش درصد موم در اولئوزل‌ها دماهای شروع و ذوب در تیمارهای مختلف افزایش یافت، که این نتیجه با نتایج محققان مختلف مطابقت دارد ( Ögütçü, Arifoğlu, & Yılmaz, 2015; Ögütçü & Yılmaz, 2014; Yılmaz & Ögütçü, 2014). علت این پدیده در نرخ سرد کردن یکسان (زمان‌های سرد کردن ثابت با غلظت‌های موم متفاوت) را می‌توان به خاطر همان افزایش تعداد بلورهای ناشی از زیاد شدن سطح مولکول‌های موم در مخلوط دانست، واضح است با افزایش تعداد بلورها، دماهای DSC برای نقاط شروع و ذوب افزایش می‌یابد. Yılmaz و Ögütçü (۲۰۱۴) از ترکیب روغن گردو با موم زنبورعسل و منوگلیسریدها استفاده کردند. نتایج نشان دادند دمای ذوب و آنتالپی اولئوزل‌ها به طور کلی شبیه نمونه شورتنینگ<sup>۱</sup> تجاری بود، از این رو، آنها می‌توانند جایگزین مناسبی برای کاربردهای مشابه باشند و مشکلی برای شرایط حرارتی محصولات غذایی ایجاد نکنند. از طرفی افزایش غلظت اولئوزل کننده سبب افزایش یافتن دمای ذوب و آنتالپی نمونه‌ها گردید که این یافته می‌تواند یک نکته مهم تکنولوژیکی را نشان دهد که بسته به کاربرد نهایی اولئوزل، می‌توان سطح مناسبی از افزودن اولئوزل کننده را بر اساس پارامترهای حرارتی و سایر اندازه‌گیری‌ها (یافت، مزه و غیره) انتخاب کرد ( Yılmaz & Ögütçü, 2014).

<sup>1</sup> Shortening

همین باعث سفت‌تر شدن بافت می‌گردد. این افزایش در تمام نرخ‌های سردکردن با زمان یکسان و غلظت متفاوت موم صادق بود. ازسوی دیگر بررسی پارامترهای بافتی در اولئوزل‌های متعلق به غلظت یکسان در نرخ‌های دمایی متفاوت، تنها برای غلظت ۲۰ درصد موم زنبورعسل همگام با افزایش نرخ سردکردن (زمان‌های کمتر برای تبلور) افزایش در هر دو پارامتر سفتی و چسبندگی را نشان دادند. توضیح این پدیده می‌تواند به‌صورتی که غلظت ۲۰ درصد، غلظتی کافی از تعداد مولکول‌های موجود در سامانه اولئوزل باشد که دیگر به‌عنوان متغیر در نرخ‌های سردکردن مختلف قرار نمی‌گیرد، از این رو سفتی و چسبندگی تنها تحت تأثیر سرعت سردکردن سامانه قرار گرفته و همان‌گونه که انتظار می‌رود هرچه یک سامانه سریع‌تر سرد گردد بلورهای ریزتر تشکیل شده و در نتیجه فضاهای خالی بین بلورها کمتر ایجاد می‌گردد، به عبارتی سامانه یکپارچه‌تر و فشرده‌تر می‌گردد. ایجاد چنین بافتی انتظار افزایش اعداد سفتی و چسبندگی را قابل‌تصور می‌سازد. بدیهی است با کاهش سرعت سردکردن سامانه و ایجاد بلورهای درشت‌تر، یکنواختی و فشردگی اولئوزل حاصله کاهش یافته و این پدیده منجر به کاهش پارامترهای بافتی نیز می‌گردد. اثبات چنین ادعایی را می‌توان در نمونه‌های با ۱۰ درصد موم مشاهده نمود که برای دو نرخ سردکردن ۰/۰۴ و ۰/۰۸ (درجه سانتی‌گراد در دقیقه) پارامترهای بافتی قابل اندازه‌گیری نبودند. زیرا به دلیل پایین بودن تعداد مولکول‌های موجود موم در سامانه که در نرخ‌های سردکردن کم همان مقدار موم نیز بلورهای درشت تشکیل داده و از آنجایی که تعداد آنها در ۱۰ درصد زیاد نیست، قادر به حفظ فاز روغن درون شبکه بلوری خود نبوده و در نتیجه ظاهر دو نمونه حالت نیمه‌جامد و خمیری مشاهده شد که با آزمون نفوذ قابل تعیین نبود. در نرخ‌های ۰/۱۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۶ (درجه سانتی‌گراد در دقیقه) سردکردن، در غلظت ۱۰ درصد موم پارامترهای بافتی به ترتیب کاهش یافت و این برخلاف نظریه مورد انتظار در غلظت ۲۰ درصد می‌باشد که توجیه این پدیده نیز به افزوده شدن متغیر غلظت موم در نرخ‌های سردکردن متفاوت است. زیرا غلظت موم به قدری پایین است که همگام با کاهش زمان سردکردن شبکه بلوری برای به‌دام‌انداختن فاز روغن فرصت تشکیل را نداشته و سامانه فشردگی کمتری را پیدا می‌کند. در غلظت ۱۵ درصد موم، به نظر می‌رسد متغیر بودن غلظت نیز مانند نمونه‌های تیمار



شکل ۳- منحنی DSC تیمار سردکردن ۰/۱۶۶ (درجه سانتی‌گراد در دقیقه) در غلظت‌های مختلف موم زنبورعسل در روغن هسته انگور

### اثر نرخ سردکردن بر ویژگی‌های بافتی بلورها

در برخی مواد غذایی مانند بستنی، شکلات و غیره خواص بافتی چربی جامد مهم‌ترین فاکتور کیفی تعیین‌کننده است (Yılmaz & Ögütçü, 2014). Ögütçü و Yılmaz (2014) در پژوهشی اندازه‌گیری خواص بافتی اولئوزل‌های روغن گردو با موم زنبورعسل را انجام دادند و فاکتورهای سفتی و چسبندگی را بعد از مدت زمان مشخص نگهداری نمونه‌ها در دو دمای مختلف یخچال و محیط، بررسی کردند. نتایج نشان دادند که تفاوت‌های معنی‌داری بین پارامترهای اندازه‌گیری شده وجود ندارد، اما این پارامترها به‌صورت ناچیزی در نمونه‌های نگهداری شده در یخچال مقادیر بالاتری را نشان دادند. در این گزارش نشان داده شد که همگام با افزایش غلظت اولئوزل‌کننده در ترکیب اولئوزل، پارامترهای سفتی و چسبندگی افزایش پیدا کردند. در گزارشی دیگر نتایج مشابهی را در اولئوزل‌های روغن سویا با موم آفتاب‌گردان، در خصوص پارامتر سفتی با افزایش غلظت موم نشان داد (Hwang, Kim, Singh, Winkler-Moser, & Liu, 2012). پارامترهای بافتی اولئوزل‌های روغن هسته انگور و موم زنبورعسل به‌دست‌آمده از غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد طی نرخ‌های مختلف سردکردن در شکل (۴) نشان داده شده است. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش در راستای نتایج Yılmaz و Ögütçü (2014) و Hwang و همکاران (2012)، به این صورت که با افزایش غلظت موم در روغن هسته انگور، فاکتورهای سفتی و چسبندگی افزایش یافتند. این افزایش را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که با بالا بردن میزان مولکول‌های موم در سامانه، میزان بیشتری از فاز مایع (روغن) به درون شبکه بلوری موم به‌دام‌می‌افتد و



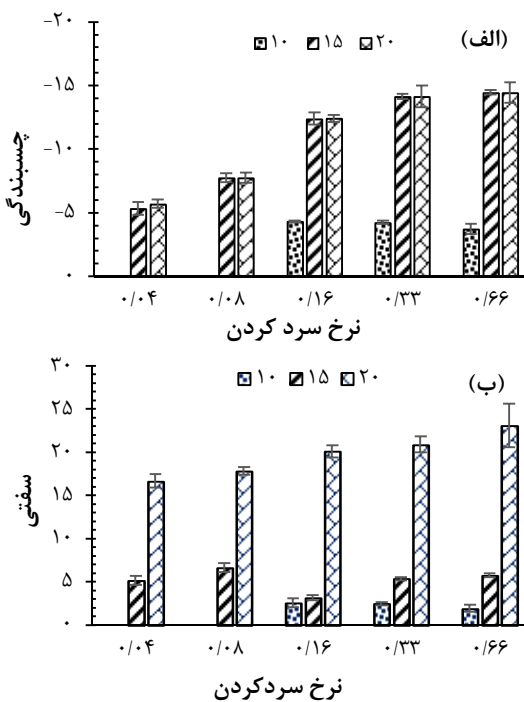
روشن تر خواهد داشت. ارزش‌های زردی ( $b^*$ ) در اولئوژل‌ها همگام با افزایش غلظت موم افزایش یافت درحالی‌که ارزش‌های قرمزی یا  $a^*$  تغییر معنی‌داری همگام با افزایش غلظت‌های موم نشان نداد.

جدول ۱- پارامترهای رنگی اولئوژل‌های روغن هسته انگور و موم زنبورعسل به‌دست‌آمده از غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد طی نرخ‌های مختلف سردکردن

نرخ‌های سردکردن	$L^*$					
	$a^*$		$b^*$		غلظت‌های مختلف (درصد)	
	۲۰	۱۵	۱۰	۲۰	۱۵	۱۰
۰/۰۴	۳۶/۸۹±۰/۸۶ <sup>a</sup>	۳۶/۰۵±۰/۰۰ <sup>ab</sup>	۳۲/۳۹±۰/۳۱ <sup>a</sup>	۱/۶۹±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱/۰۸±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱۲/۹۹±۰/۶۰ <sup>ef</sup>
۰/۰۸	۳۶/۹۷±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۳۶/۸۹±۰/۱۶ <sup>a</sup>	۱/۸۴±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۱/۹۵±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۰/۹۲±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۱۰/۹۷±۰/۵۶ <sup>f</sup>
۰/۱۶	۲۵/۱۷±۰/۹۷ <sup>d</sup>	۳۴/۱۶±۰/۱۹ <sup>abc</sup>	۱/۲۹±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۲/۱۹±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۱±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱۳/۱۶±۰/۱۰ <sup>e</sup>
۰/۳۳	۳۴/۳۳±۰/۲۱ <sup>abc</sup>	۳۳/۸۸±۰/۱۰ <sup>abc</sup>	۲/۱۱±۰/۳۰ <sup>a</sup>	۱/۳۹±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۱/۱۷±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۱۳/۷۸±۰/۳۶ <sup>e</sup>
۰/۶۶	۳۵/۲۲±۰/۱۰ <sup>abc</sup>	۳۴/۸۳±۰/۲۷ <sup>abc</sup>	۱/۸۷±۰/۱۳ <sup>a</sup>	۱/۵۵±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۱/۳۸±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱۳/۴۹±۰/۵۲ <sup>e</sup>

\* حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین نمونه‌ها می‌باشد (مقایسه میانگین با سطح اطمینان ۹۵ درصد).

۱۰ درصد در فرایندها دخیل است اما با شدت کمتر و اعداد اندازه‌گیری‌شده، بیشتر تمایل به سمت داده‌های موجود برای غلظت ۲۰ درصد موم را نشان دادند.



شکل ۴- پارامترهای بافتی اولئوژل‌های روغن هسته انگور و موم زنبورعسل در غلظت‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد طی نرخ‌های مختلف سردکردن

تأثیرهای نرخ سردکردن بر پارامترهای رنگی نمونه‌ها پارامترهای رنگی اولئوژل‌های روغن هسته انگور و موم زنبورعسل با غلظت‌های مختلف و نرخ‌های سردکردن متفاوت در جدول (۱) نشان داده است.

نتایج رنگ‌سنجی این پژوهش تا حدودی مشابه مقاله Lee, Kim, Yi و Lee (۲۰۱۷) مشاهده شد. به‌طوری‌که ارزش‌های روشنایی ( $L^*$ ) روغن شاهد بالاتر از اولئوژل‌های مشابه حاوی موم است و  $L^*$  با افزایش غلظت موم ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد افزایش یافتند هرچند که نسبت به نمونه‌های روغن‌های شاهد آنها ارزش‌های  $L^*$  کمتری داشتند که این نتایج همپوشانی بالایی با نتایج به‌دست‌آمده توسط Yi و همکاران (۲۰۱۷) داشت. دلیل افزایش  $L^*$  با افزایش غلظت موم را می‌توان چنین توجیه کرد که افزایش غلظت موم در روغن و سپس تشکیل اولئوژل، سبب ایجاد بافت همگن‌تر و سفت‌تری می‌شود که چنین ماده‌ای به‌دلیل عدم پدیده شکست نور در پیرامون‌های مختلف، ظاهری



## نتیجه گیری

با افزایش غلظت، نشان ندادند. نتایج امیدوارکننده این پژوهش نشان داد که با تغییر در غلظت اولئوژل کننده و سرعت سردکردن، امکان پیکربندی اولئوژل با بافتها و عملکردهای بالقوه متفاوت وجود خواهد داشت.

این تحقیق برهم کنشهای هم افزایی سرعت سردکردن و غلظت اولئوژل کننده موم طبیعی زنبورعسل را ارائه می دهد و بستری جدید برای تولید اولئوژل های درجه غذایی فراهم می کند. افزودن اولئوژل کننده و سرعت سردکردن بر تبلور، بافت ژل و توسعه ریزساختار تأثیر می گذارد. در این پژوهش سعی شده است بازه سردکردن گسترده ای به صورت نرخ های سردکردن متفاوت اعمال شود تا تأثیر آنها به صورت دقیق تر بر خواص محصول نهایی ارزیابی گردد.

## مشارکت نویسندگان

زهرا براتیان قرقی: جمع آوری داده، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده ها، نوشتن پیش نویس مقاله، آنالیز داده ها و تأیید نسخه نهایی؛ علی فائزبان: ارائه ایده پژوهشی و طراحی مطالعه، بازبینی و اصلاح مقاله، نظارت بر مطالعه و تأیید نسخه نهایی؛ سمیرا یگانه زاد: ارائه ایده پژوهشی و طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده ها، بازبینی و اصلاح مقاله، نظارت بر مطالعه و تأیید نسخه نهایی؛ محمدعلی حصاری نژاد: ارائه ایده پژوهشی و طراحی مطالعه، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده ها، بازبینی و اصلاح مقاله و تأیید نسخه نهایی.

استفاده از نرخ های سردکردن مختلف به همراه چندین غلظت متفاوت از موم زنبورعسل بر خواص اولئوژل مورد بررسی در این تحقیق، تأثیر معنی داری را نشان دادند. بدین صورت که با افزایش غلظت اولئوژل کننده و نرخ سردکردن، اولئوژل ها ظاهری منسجم تر را نشان دادند. ویژگی های حرارتی بیشتر متأثر از غلظت اولئوژل کننده تا نرخ سردکردن مورد استفاده بود. همبستگی بین تغییرات نرخ سردکردن و غلظت، در خصوصیات بافتی نیز تا حد معنی داری، اثر مستقیم را نشان دادند. در میان ارزش های رنگی تنها ارزش های قرمزی افزایش معنی داری را همگام

## تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، هیچ گونه تعارض منافی وجود ندارد.

## منابع

- مقتدایی، م.، سلطانی زاده، ن.، و گلی، س. (۱۳۹۸). بررسی اثر سرعت سرد کردن و غلظت ارگانوژلاتور بر ویژگی های بافتی اولئوژل روغن کنجد و مقایسه آن با چربی حیوانی. *مجله علوم و صنایع غذایی*، ۱۶(۹۰)، ۱-۱۴.
- موحد، س.، و قوامی، م. (۱۳۸۶). مقایسه و تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن هسته انگور ایرانی و وارداتی. *پژوهش و سازندگی*، ۲۰(۷۵)، ۸-۱۶.
- ناجی طبسی، س.، مهدیان، ا.، آریان فر، ا.، و ناجی طبسی، س. (۱۳۹۹). بررسی ویژگی های اولئوژل تهیه شده به روش قالب گیری امولسیون پیکرینگ پایدار شده با ذرات جامد کمپلکس صمغ دانه ریحان و ایزوله پروتئین سویا به عنوان جایگزین چربی در خامه. *پژوهش و نوآوری در علوم و صنایع غذایی*، ۹(۳)، ۲۶۹-۲۸۲. doi: <https://dx.doi.org/10.22101/jrifst.2020.229269.1168>
- Afoakwa, E. O., Paterson, A., Fowler, M., & Vieira, J. (2008). Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates. *Journal of Food Engineering*, 87(2), 181-190. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.11.025>
- Cerqueira, M. A., Fasolin, L. H., Picone, C. S., Pastrana, L. M., Cunha, R. L., & Vicente, A. A. (2017). Structural and mechanical properties of organogels: Role of oil and gelator molecular structure. *Food research international*, 96, 161-170. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.03.021>
- Dassanayake, L. S. K., Kodali, D. R., & Ueno, S. (2011). Formation of oleogels based on edible lipid materials. *Current opinion in colloid & interface science*, 16(5), 432-439. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2011.05.005>

- Dassanayake, L. S. K., Kodali, D. R., Ueno, S., & Sato, K. (2009). Physical properties of rice bran wax in bulk and organogels. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86(12), 1163. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-009-1464-6>
- Emmons, C. L., Peterson, D. M., & Paul, G. L. (1999). Antioxidant Capacity of Oat (*Avena sativa* L.) Extracts. 2. In Vitro Antioxidant Activity and Contents of Phenolic and Tocol Antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(12), 4894-4898. doi:<https://doi.org/10.1021/jf990530i>
- Giacomozzi, A. S., Palla, C. A., Carrín, M. E., & Martini, S. (2019). Physical properties of monoglycerides oleogels modified by concentration, cooling rate, and high-intensity ultrasound. *Journal of food science*, 84(9), 2549-2561. doi:<https://doi.org/10.1111/1750-3841.14762>
- Hwang, H. S., Kim, S., Singh, M., Winkler-Moser, J. K., & Liu, S. X. (2012). Organogel formation of soybean oil with waxes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 89(4), 639-647. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-011-1953-2>
- Jana, S., & Martini, S. (2014). Effect of High-Intensity Ultrasound and Cooling Rate on the Crystallization Behavior of Beeswax in Edible Oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 62(41), 10192-10202. doi:<https://doi.org/10.1021/jf503393h>
- Lim, J., Hwang, H.-S., & Lee, S. (2017). Oil-structuring characterization of natural waxes in canola oil oleogels: rheological, thermal, and oxidative properties. *Applied Biological Chemistry*, 60(1), 17-22. doi:<https://doi.org/10.1007/s13765-016-0243-y>
- Martini, S., Herrera, M. L., & Hartel, R. W. (2002). Effect of cooling rate on crystallization behavior of milk fat fraction/sunflower oil blends. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 79(11), 1055-1062. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-002-0603-6>
- Martins, A. J., Cerqueira, M. A., Fasolin, L. H., Cunha, R. L., & Vicente, A. A. (2016). Beeswax organogels: Influence of gelator concentration and oil type in the gelation process. *Food research international*, 84, 170-179. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.035>
- Moghtadaei, M., Soltanizadeh, N., & Goli, S. A. H. (2019). Evaluating the Effect of Cooling Rate and Organogelator Concentration on the Textural Properties of Sesame oil Oleogels and Comparison with Animal Fat. *Food Science and Technology*, 16(90), 1-14. (in Persian)
- Movahed, S., & Ghavami, M. (2007). Comparative and identification of fatty acid composition of Iranian and importing grape seed oil. *Pajouhesh and Sazandegi*, 20(2(75)), 8-16. (in Persian)
- Naji-Tabasi, S., Mahdian, E., Arianfar, A., & Naji-Tabasi, S. (2020). Investigation of Oleogel Properties Prepared by Pickering Emulsion-Templated Stabilized with Solid Particles of Basil Seed Gum and Isolated Soy Protein as a Fat Substitute in Cream. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 9(3), 267-280. doi:<https://dx.doi.org/10.22101/jrifst.2020.229269.1168> (in Persian)
- Öğütçü, M., Arifoğlu, N., & Yılmaz, E. (2015). Storage stability of cod liver oil organogels formed with beeswax and carnauba wax. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(2), 404-412. doi:<https://doi.org/10.1111/ijfs.12612>
- Öğütçü, M., & Yılmaz, E. (2014). Oleogels of virgin olive oil with carnauba wax and monoglyceride as spreadable products. *Grasas y Aceites*, 65(3), e040. doi:<https://doi.org/10.3989/gya.0349141>
- Patel, A. R., Schatteman, D., De Vos, W. H., Lesaffer, A., & Dewettinck, K. (2013). Preparation and rheological characterization of shellac oleogels and oleogel-based emulsions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 411, 114-121. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2013.08.039>
- Rogers, M. A., Strober, T., Bot, A., Toro-Vazquez, J. F., Stortz, T., & Marangoni, A. G. (2014). Edible oleogels in molecular gastronomy. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 2(1), 22-31. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2014.05.001>
- Toro-Vazquez, J. F., Mauricio-Pérez, R., González-Chávez, M. M., Sánchez-Becerril, M., Ornelas-Paz, J. d. J., & Pérez-Martínez, J. D. (2013). Physical properties of organogels and water in oil emulsions structured by mixtures of candelilla wax and monoglycerides. *Food research international*, 54(2), 1360-1368. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.09.046>

- Toro-Vazquez, J. F., Morales-Rueda, J., Mallia, V. A., & Weiss, R. G. (2010). Relationship Between Molecular Structure and Thermo-mechanical Properties of Candelilla Wax and Amides Derived from (R)-12-Hydroxystearic Acid as Gelators of Safflower Oil. *Food Biophysics*, 5(3), 193-202. doi:<https://doi.org/10.1007/s11483-010-9159-y>
- Toro-Vazquez, J. F., Morales-Rueda, J. A., Dibildox-Alvarado, E., Charó-Alonso, M., Alonzo-Macias, M., & González-Chávez, M. 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>
- Yi, B., Kim, M.-J., Lee, S. Y., & Lee, J. (2017). Physicochemical properties and oxidative stability of oleogels made of carnauba wax with canola oil or beeswax with grapeseed oil. *Food Science and Biotechnology*, 26(1), 79-87. doi:<https://doi.org/10.1007/s10068-017-0011-8>
- Yılmaz, E., & Ögütçü, 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>
- Yılmaz, F., & Dagdemir, E. (2012). The effects of beeswax coating on quality of Kashar cheese during ripening. *International Journal of Food Science & Technology*, 47(12), 2582-2589. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03137.x>

## Changes in Thermal, Textural, Color and Microstructure Properties of Oleogel Made from Beeswax with Grape Seed Oil under the Effect of Cooling Rate and Oleogelator Concentration

Zohreh BaratianGhorghi<sup>1</sup>, Ali Faezian<sup>2</sup>, Samira Yeganehzad<sup>1\*</sup>,  
Mohammad Ali Hesarinejad<sup>1</sup>

1- Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

\* Corresponding author (s.yeganehzad@rifst.ac.ir)

2- Department of Food Machineries, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

### Abstract

In this study, the crystallization behavior of beeswax in grape seed oil in a wide range of cooling rates of 0.04, 0.08, 0.16, 0.33 and 0.66 (°C/min), from 85 to 25 °C and wax concentrations of 10, 15 and 20% were examined. Thermal behavior characteristics, texture, color and the crystal shapes of the samples were evaluated. The results showed that with increasing the percentage of wax in oleogel, the onset and melting temperatures increased in different treatments, so that the greatest increase was shown in the cooling rate of 0.16 °C/min. Temperatures of 45.90±0.46 and 46.8±0.30 for 10 wax concentration up to 62.70±0.2 and 65.80±0.17 for 20% wax concentration for onset and melting temperatures, respectively were measured. With increasing wax concentration, the factors of stiffness and adhesiveness also increased and this increase was more evident in the cooling rate of 0.66 °C/min, so that the stiffness and adhesiveness parameters increased the most at concentrations of 10% to 20%, respectively. Also, with slow cooling rate, samples with larger crystals were obtained. Color evaluation revealed that with increasing wax concentration, all color parameters except parameter a\*, which did not show a significant difference, increased in all cooling rate treatments. The fat crystal engineering approach followed here offers the prospect of obtaining stronger structures at oleogelator concentrations and creating oleogel with desirable properties.

**Keywords:** Beeswax, Cooling rate, Grape seed oil, Oleogel

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY 4.0). To view a copy of this license, visit (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

