

## 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

زهرة براتیان قرقی<sup>۱</sup>، علی فائزبان<sup>۲</sup>، سمیرا یگانهزاد<sup>۳\*</sup>، محمدعلی حصارى نژاد<sup>۴</sup>

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
- ۲- دانشیار، گروه ماشین‌آلات صنایع غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
- ۳- دانشیار، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران
- ۴- استادیار، گروه فرآوری مواد غذایی، مؤسسه پژوهشی علوم و صنایع غذایی، مشهد، ایران

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

### چکیده

در این پژوهش رفتار بلوره شدن موم زنبورعسل در روغن هسته انگور در دامنه گستردهٔ نرخ‌های سردکردن ۰/۰۴، ۰/۰۸، ۰/۱۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۶ (درجهٔ سانتی‌گراد در دقیقه)، دمای ۸۵ تا ۲۵ درجهٔ 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. به‌طوری‌که بیشترین افزایش در نرخ سردکردن ۰/۱۶ درجهٔ 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 به‌ترتیب 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 درجهٔ سانتی‌گراد در دقیقه، مشهودتر بود به‌صورتی‌که پارامتر سفتی و چسبندگی به‌ترتیب در غلظت‌های ۱۰ تا ۲۰ درصد بیشترین افزایش را داشتند. همچنین با سرعت سردکردن آهسته، نمونه‌هایی با بلورهای بزرگ‌تر به‌دست آمدند. ارزیابی رنگ نشان داد با افزایش غلظت موم، تمامی پارامترهای رنگی به‌جز پارامتر  $a^*$  که تفاوت معنی‌داری را نشان نداد در تمام تیمارهای نرخ سردکردن، افزایش یافت. در این تحقیق رویکرد مهندسی بلور چربی، چشم اندازهایی را برای به‌دست‌آوردن ساختارهای مستحکم‌تر در غلظت‌های اولئوژل‌کننده و ایجاد اولئوژل با خواص مطلوب را ارائه می‌دهد.

### واژه‌های کلیدی

اولئوژل  
روغن هسته انگور  
موم زنبورعسل  
نرخ سردکردن

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۱۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۳

### مقدمه

(موحد & قوامی، ۱۳۸۶). مطابق بررسی‌های به‌عمل‌آمده، مشخص گردید که مصرف روغن هسته انگور نه تنها موجب تقلیل میزان لیپوپروتئین با دانسیته پایین (LDL)<sup>۱</sup>

روغن هسته انگور به‌عنوان منبع خوبی برای تولید روغن نباتی، دارای مصارف غذایی گسترده‌ای است و مدت‌هاست مورد استقبال مصرف‌کنندگان قرار گرفته است. روغن یادشده جهت پخت‌وپز، سرخ‌کردن و سالاد ایده‌آل است

<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 ماده‌ایمن و داشتن درجه غذایی، منابع پایدار و مقرون‌به‌صرفه، قابلیت ژل شدن در دمای پایین و غلظت کم و خصوصیات برگشت‌پذیر حرارتی را داشته باشند (Patel, Schatteman, & Dewettinck, 2013).

موم به‌عنوان یک ماده چرب که شامل زنجیره 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، پوشش‌دهنده سطحی، جوهر و محصولات غذایی دارند (Dassanayake, Kodali, Ueno, & Sato, 2009). توانایی ژل کردن موم به‌طور قابل‌توجهی به خلوص و ترکیب آن بستگی دارد. یک استر موم با آلکیل بلندزنجیره توانایی ژل شدن 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 گونه *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., 2012; Yilmaz & Dagdemir, 2016).

موم زنبورعسل<sup>۲</sup> (BW) به‌عنوان مومی با درجه خوراکی دارای استقبال زیاد برای استفاده در تشکیل

می‌شود بلکه سبب افزایش میزان لیپوپروتئین با دانسیته بالا (HDL<sup>۱</sup>) نیز می‌گردد (موحد & قوامی, ۱۳۸۶). از لحاظ شیمیایی، مقادیر چشمگیر اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی، در روغن هسته انگور وجود دارند. همچنین، میزان اسیدهای چرب غیراشباع آن به ۹۰ درصد می‌رسد (موحد & قوامی, ۱۳۸۶). روغن هسته انگور حاوی ۶۰ تا ۱۲۰ میلی‌گرم ویتامین E است که یکی از مؤثرترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی می‌باشد. بنابراین، نیازی به افزودن آنتی‌اکسیدان مصنوعی نظیر ترت-بوتیل هیدروکینون (TBHQ<sup>۱</sup>) و هیدروکسی تولوئن بوتیل دار شده (BHT<sup>۲</sup>) به روغن استخراجی از هسته انگور وجود ندارد (Emmons, Peterson, & Paul, 1999).

ارگانوژل شبکه ژلی حاوی مولکول‌های ایجادکننده 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> درون شبکه به‌دام می‌اندازد. در صنعت غذا، ارگانوژل به‌عنوان اولئوژل نامیده می‌شود تا از سامانه‌های حاوی حلال‌های آلی جدا شود و در واقع اولئوژل شبکه ژلی حاوی روغن‌های خوراکی مایع است که در طی فرایند سردکردن می‌توانند به روغن‌ها ساختار دهند (Dassanayake, Kodali, & Ueno, 2011).

(ناجی‌طیسی، مهدیان، آریان‌فر، & ناجی‌طیسی، 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 شبکه سه‌بعدی برای به‌دام‌انداختن روغن‌های خوراکی را داشته باشد (Rogers et al., 2014). اولئوژل‌کننده‌ها به‌عنوان مواد چرب با غلظت پایین که توده روغن‌مایع را به‌دام می‌اندازند، 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>1</sup> Tert-butylhydroquinone

<sup>2</sup> Butylated hydroxytoluene

<sup>3</sup> Van der waals bonds

<sup>4</sup> Apis Mellifera

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 C24-C34)، 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، 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 هیتر، 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 مورد نظر 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>۱</sup>)

نمونه‌های بلوره شده در نرخ‌های سردکردن متفاوت، برای اندازه‌گیری خصوصیات پروفایل گرمایی آنها، توسط دستگاه DSC (DSC model SL 800 Irsa، ساخت چین و ایران) مورد ارزیابی قرار گرفتند. پارامترهای پایه و دمایی DSC با یک ظرف استاندارد قلع خالص، کالیبره شدند. نزدیک به ۲۰ میلی‌گرم نمونه در ظروف آلومینیوم قرار

اولئوژل خوراکی است (Lim, Hwang, & Lee, 2017; Jorge F. Toro-Vazquez et al., 2013; Jorge F. Toro-Vazquez, Morales-Rueda, Mallia, & Weiss, 2010; J. F. 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 در خصوص تأثیر دامنه وسیع نرخ سردکردن بر رفتار بلوریزاسیون اولئوژل‌ها صورت گرفته است. (مقتدایی، سلطانی‌زاده، & گلی، ۱۳۹۸) تأثیر سرعت سردکردن در دمای ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد در اولئوژل‌های 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 و ۱۰ درجه سانتی‌گراد در دقیقه) بر رفتار بلوریزاسیون موم زنبورعسل در ۵ روغن خوراکی مختلف توسط (Jana & Martini, 2014) انجام شد و جداسازی فاز به دلیل رسوب بلورها زمانی مشاهده شد که نمونه‌ها با سرعت سردکردن کند بلوره شدند. (Giacomozzi, Palla, Carrín, & Martini, 2019) (۲۰۱۹) خواص فیزیکی اولئوژل‌های حاوی منوگلیسرید را با استفاده از غلظت منوگلیسرید، نرخ سردکردن و به کارگیری فواصل 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 پایین‌تری را موجب شدند. هدف از این مطالعه بررسی رفتار بلوریزاسیون 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.

#### مواد و روش‌ها

##### مواد و تهیه نمونه

روغن هسته انگور از شرکت مونی (ساخت ایتالیا)

<sup>1</sup> Dark & Bright Field

<sup>2</sup> Differential scanning calorimetry

<sup>5</sup> Beeswax

### اثر نرخ سردکردن بر ویژگی مورفولوژی بلورها

شکل (۱) مورفولوژی بلورهای به دست آمده 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. همان‌طور که انتظار می‌رفت، در تمام سه تیمار غلظتی، بلورهای بزرگ‌تر، از نمونه‌هایی به دست آمدند که با سرعت سردکردن آهسته (زمان طولانی‌تر)، بلوری شدند، این پدیده به این علت 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 این رو 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).

داده شد و با درب‌های آلومینیوم پوشانده و مهروموم شدند. برای تجزیه و تحلیل مشخصات ذوبی، نمونه‌ها از ۳۰ تا ۹۰ درجه سانتی‌گراد تحت یک روند شیب‌دار ۵ درجه سانتی‌گراد در دقیقه گرم شدند. از نرم‌افزار SPICO نسخه ۱،۰،۰ برای تجزیه و تحلیل 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 به ترتیب 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 ۶.۱.۱.۰ استفاده شد (Afoakwa, Paterson, Fowler & Vieira, 2008).

### آنالیز رنگ

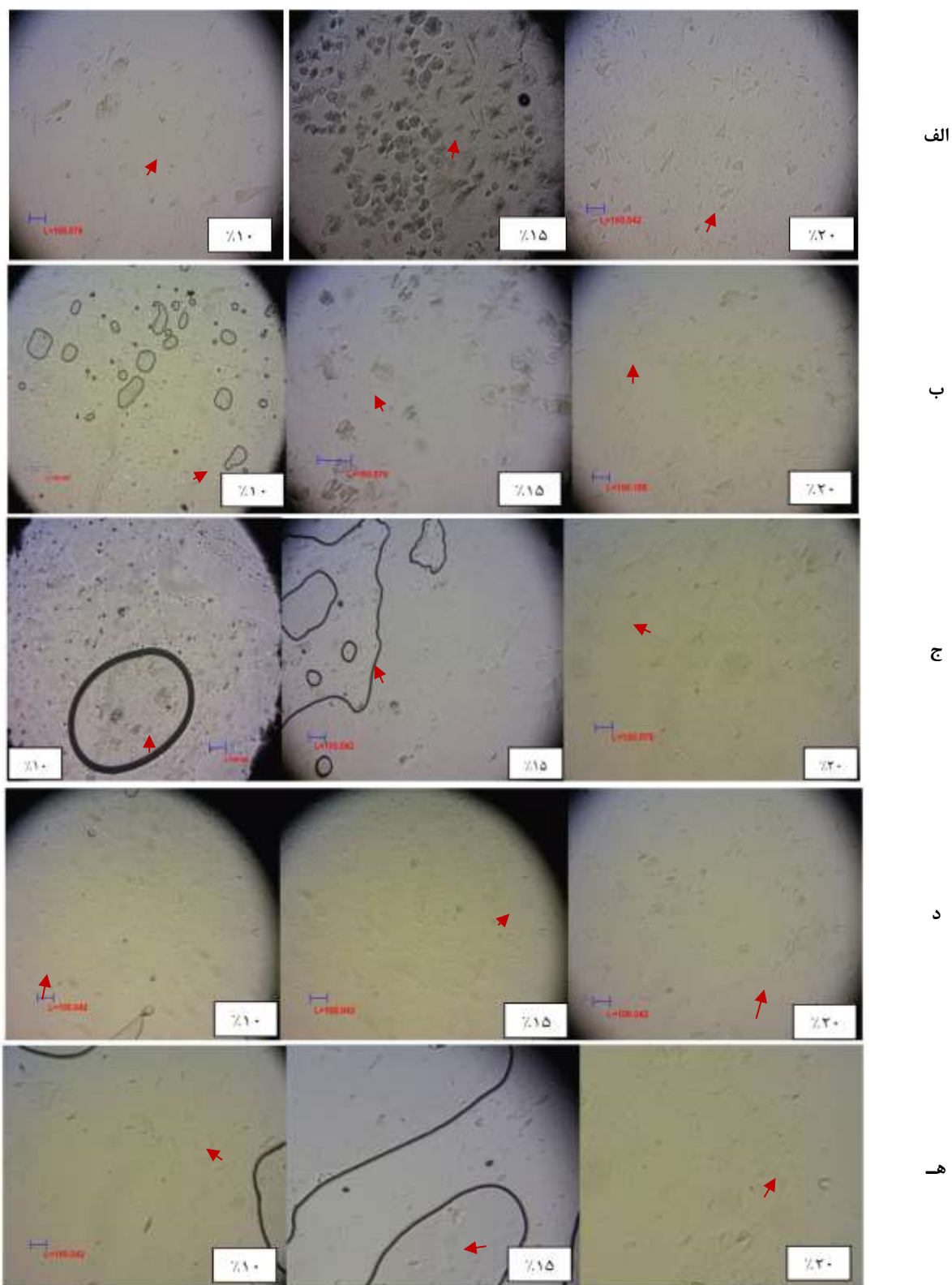
رنگ اولئوژل‌ها بر پایه موم، توسط دستگاه رنگ‌سنج WF32 (شرکت Iwave، ساخت چین)، اندازه‌گیری شدند. ارزش‌های رنگی در واحدهای کمیسیون بین‌المللی روشنایی (CIE)<sup>۱</sup>: L\* (سفید یا روشنی/تاریکی)، a\* (قرمزی/سبزی) و b\* (زردی/آبی) گزارش شدند.

### آنالیز آماری

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

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



شکل ۱- مورفولوژی بلورهای به دست آمده طی نرخ سردکردن، (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

تأثیر نرخ سردکردن بر خصوصیات حرارتی نمونه‌ها  
تجزیه و تحلیل بیشتر در مورد ویژگی‌های بلورهای  
تشکیل شده در سامانه روغن هسته انگور و موم زنبورعسل

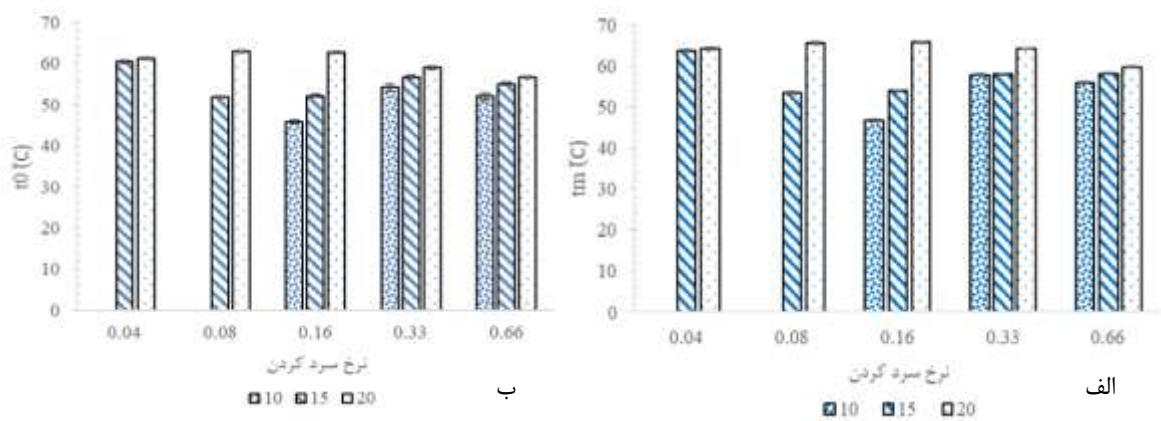
با استفاده از DSC انجام شد. در شکل (۲) دماهای شروع و  
ذوب بلورهای به دست آمده از مخلوط‌های ۱۰، ۱۵ و ۲۰



به صورت ماکروسکوپی ماده یکنواخت تری را تشکیل دهند. از سوی دیگر، استفاده از نرخ های سرد کردن آهسته تر (زمان های بیشتر) منجر به تولید بلورهای درشت تر با تعداد کمتر می شود که هم تشکیل بلورهای بزرگ فاز روغن را از درون شبکه بلوری به بیرون می راند و هم تعداد کم بلورها برای حفظ فاز روغن درون شبکه خود کافی نمی باشد، در نتیجه ظاهر ماده نهایی بعد از فرایند تشکیل اولئوژل، یکنواختی کمتری خواهد داشت. از سوی دیگر، افزایش غلظت موم در اولئوژل در نرخ های سرد کردن کمتر می تواند به دلیل افزایش تعداد مولکول های موم در مخلوط، تا حدی محصول نهایی اولئوژل را به سمت ایجاد ظاهری یکنواخت تر سوق دهد.

درصد موم زنبورعسل بلورینگی در روغن هسته انگور را در زمان های مختلف سرد کردن نشان می دهد.

در مطالعه انجام شده توسط (Jana & Martini, 2014) (۲۰۱۴)، نشان داده شد که برخی شرایط فراوری می تواند بر جدایی فازی در سامانه های 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 کردن های سریع تر (زمان های سرد کردن کمتر) از آنجایی که تعداد بلورهای بیشتری با اندازه کوچک تر تشکیل می شوند، کل سامانه نمونه یک دست شده، زیرا تعدد بالای بلورها و ریزبودن آنها می تواند فاز روغن بیشتری را در خود محبوس کند و



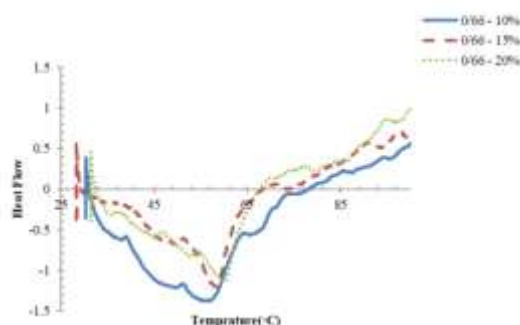
شکل ۲- دماهای الف) اوج (tm) و ب) شروع (t0) بلورهای به دست آمده از مخلوط های ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد موم زنبورعسل بلوره شده در روغن هسته انگور در نرخ های مختلف سرد کردن

کردند. نتایج نشان دادند دمای ذوب و آنتالپی اولئوژلها به طور کلی شبیه نمونه شورتنینگ تجاری بود، از این رو، آنها می توانند جایگزین مناسبی برای کاربردهای مشابه باشند و مشکلی برای شرایط حرارتی محصولات غذایی ایجاد نکنند. از طرفی افزایش غلظت اولئوژل کننده سبب افزایش یافتن دمای ذوب و آنتالپی نمونه ها گردید که این یافته می تواند یک نکته مهم تکنولوژیکی را نشان دهد که بسته به کاربرد نهایی اولئوژل، می توان سطح مناسبی از افزودن اولئوژل کننده را بر اساس پارامترهای حرارتی و سایر اندازه گیری ها (بافت، مزه و غیره) انتخاب کرد (Yılmaz & Ögütçü, 2014).

همان طور که در شکل (۲) نشان داده شده است (منحنی نرخ سرد کردن ۰/۶۶ درجه سانتی گراد در دقیقه) به عنوان نمونه در شکل (۳) گزارش شده است) با افزایش درصد موم در اولئوژلها 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 (زمان های سرد کردن ثابت با غلظت های موم متفاوت) را می توان به خاطر همان افزایش تعداد بلورهای ناشی از زیاد شدن سطح مولکول های موم در مخلوط دانست، واضح است با افزایش تعداد بلورها، دماهای DSC برای نقاط شروع و ذوب افزایش می یابد. (Yılmaz & Ögütçü, 2014) از ترکیب روغن گردو با موم زنبورعسل و منوگلیسریدها استفاده

<sup>1</sup> Shortening

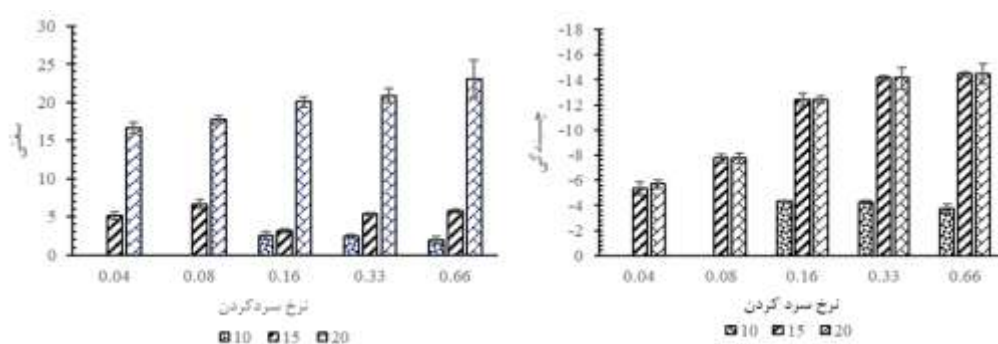
در اولئوزل‌های متعلق به غلظت یکسان در نرخ‌های دمایی متفاوت، تنها برای غلظت ۲۰ درصد موم زنبورعسل همگام با افزایش نرخ سردکردن (زمان‌های کمتر برای بلوریزاسیون) افزایش در هر دو پارامتر سفتی و چسبندگی را نشان دادند. توضیح این پدیده می‌تواند به‌صورتی که غلظت ۲۰ درصد، غلظتی کافی از تعداد مولکول‌های موجود در سامانه اولئوزل باشد که دیگر به‌عنوان متغییر 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، به‌عبارتی 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 فشرده‌گی 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 به‌دلیل 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 قابل‌تعیین نبود. در نرخ‌های ۰/۱۶، ۰/۳۳ و ۰/۶۶ (درجه سانتی‌گراد در دقیقه) سردکردن، در غلظت ۱۰ درصد موم پارامترهای بافتی به‌ترتیب کاهش یافت و این برخلاف نظریه موردانتظار در غلظت ۲۰ درصد می‌باشد که توجیه این پدیده نیز به افزوده شدن متغییر غلظت موم در نرخ‌های سردکردن متفاوت است. زیرا غلظت موم به‌قدری پایین است که همگام با کاهش زمان سردکردن شبکه بلوری برای به‌دام‌انداختن فاز روغن فرصت تشکیل را نداشته و سامانه فشرده‌گی کمتری را پیدا می‌کند. در غلظت ۱۵ درصد موم، به نظر می‌رسد متغییر بودن غلظت نیز مانند نمونه‌های تیمار ۱۰ درصد در فرایندها دخیل است اما با شدت کمتر و اعداد اندازه‌گیری شده بیشتر تمایل به سمت داده‌های موجود برای غلظت ۲۰ درصد موم را نشان دادند.



شکل ۳- منحنی DSC تیمار سردکردن ۰/۶۶ (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). (Yılmaz & Ögütçü, 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 ذکر شده در بالا می‌باشد، به‌این‌صورت 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 همین باعث سفت‌تر شدن بافت می‌گردد. این افزایش در تمام نرخ‌های سردکردن با زمان یکسان و غلظت متفاوت موم صادق بود. از سوی دیگر بررسی پارامترهای بافتی



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

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*		
	۲۰	۱۵	۱۰	۲۰	۱۵	۱۰	۲۰	۱۵	۱۰
۰/۰۴	۳۶/۸۹±۰/۸۶ <sup>a</sup>	۳۶/۰۵±۳/۰۰ <sup>ab</sup>	۳۲/۲۹±۳/۰۰ <sup>abc</sup>	۱/۰۸±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱/۰۸±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۲/۳۹±۰/۲۱ <sup>a</sup>	۱/۶۹±۰/۰۴ <sup>a</sup>	۱۶/۰۷±۰/۰۷ <sup>d</sup>	۱۲/۹۹±۰/۱۶ <sup>ef</sup>
۰/۰۸	۳۶/۹۷±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۳۶/۸۹±۰/۱۶ <sup>a</sup>	۳۰/۲۵±۰/۱۶ <sup>c</sup>	۰/۹۷±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۰/۹۷±۰/۰۸ <sup>a</sup>	۱/۸۴±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۱/۹۵±۰/۰۶ <sup>a</sup>	۱۶/۸±۰/۰۷ <sup>d</sup>	۱۰/۹۷±۰/۱۵ <sup>f</sup>
۰/۱۶	۲۵/۱۷±۰/۹۷ <sup>d</sup>	۳۴/۱۶±۰/۱۹ <sup>abc</sup>	۳۱/۷۳±۰/۲۰ <sup>bc</sup>	۱±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱±۰/۰۹ <sup>a</sup>	۱/۲۹±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۲/۱۹±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۱۷/۵۲±۰/۰۹ <sup>d</sup>	۱۳/۱۶±۰/۱۰ <sup>e</sup>
۰/۳۳	۳۴/۳۳±۰/۲۱ <sup>abc</sup>	۳۳/۸۸±۰/۱۰ <sup>abc</sup>	۳۲/۲۸±۰/۲۰ <sup>abc</sup>	۱/۱۷±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۱/۱۷±۰/۰۱ <sup>a</sup>	۲/۱۱±۰/۲۰ <sup>a</sup>	۱/۲۹±۰/۱۰ <sup>a</sup>	۱۷/۳۸±۰/۰۳ <sup>d</sup>	۱۳/۷۸±۰/۰۳ <sup>e</sup>
۰/۶۶	۳۵/۲۲±۰/۳۵ <sup>ab</sup>	۳۴/۸۳±۰/۲۷ <sup>abc</sup>	۳۳/۲۶±۰/۱۸ <sup>abc</sup>	۱/۳۸±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱/۳۸±۰/۱۱ <sup>a</sup>	۱/۷۷±۰/۱۷ <sup>a</sup>	۱/۵۵±۰/۱۴ <sup>a</sup>	۱۷/۴۶±۰/۱۶ <sup>d</sup>	۱۳/۴۹±۰/۱۵ <sup>e</sup>

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

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 (Yi, Kim, Lee, & Lee, 2017) 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 et al., 2017) 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 روشن‌تر 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.



## نتیجه گیری

این تحقیق برهم کنش‌های هم‌افزایی سرعت سرد کردن و غلظت اولئوزل‌کننده موم طبیعی زنبورعسل را ارائه می‌دهد و بستری جدید برای تولید اولئوزل‌های درجه غذایی فراهم می‌کند. افزودن اولئوزل‌کننده و سرعت سرد کردن بر تبلور، بافت ژل و توسعه ریزساختار تأثیر می‌گذارد. در این پژوهش سعی شده است بازه سرد کردن گسترده‌ای به صورت نرخ‌های سرد کردن متفاوت اعمال شود تا تأثیر آنها به صورت دقیق‌تر بر خواص محصول نهایی ارزیابی گردد. استفاده از نرخ‌های سرد کردن مختلف به همراه چندین غلظت متفاوت از موم زنبورعسل بر خواص اولئوزل مورد بررسی در این تحقیق، تأثیر

معنی‌داری را نشان دادند. بدین صورت که با افزایش غلظت اولئوزل‌کننده و نرخ سرد کردن، اولئوزل‌ها ظاهری منسجم‌تر را نشان دادند. ویژگی‌های حرارتی بیشتر متأثر از غلظت اولئوزل‌کننده تا نرخ سرد کردن مورد استفاده بود. همبستگی بین تغییرات نرخ سرد کردن و غلظت، در خصوصیات بافتی نیز تا حد معنی‌داری، اثر مستقیم را نشان دادند. در میان ارزش‌های رنگی تنها ارزش‌های قرمزی افزایش معنی‌داری را همگام با افزایش غلظت، نشان ندادند. نتایج امیدوارکننده این پژوهش نشان داد که با تغییر در غلظت اولئوزل‌کننده و سرعت سرد کردن، امکان پیکربندی اولئوزل با بافت‌ها و عملکردهای بالقوه متفاوت وجود خواهد داشت.

## منابع

- مقتدایی، م.، سلطانی‌زاده، ن.، & گلی، س. (۱۳۹۸). بررسی اثر سرعت سرد کردن و غلظت ارگانوژلاتور بر ویژگی‌های بافتی اولئوزل روغن کنجد و مقایسه آن با چربی حیوانی. *مجله علوم و صنایع غذایی*, ۱۶(۹۰), ۱-۱۴.
- موحد، س.، & قوامی، م. (۱۳۸۶). مقایسه و تعیین ترکیب اسیدهای چرب روغن هسته انگور ایرانی و وارداتی. *پژوهش و سازندگی*, ۲۲(۷۵), ۸-۱۶.
- ناجی‌طیسی، س.، مهدیان، ا.، آریان‌فر، ا.، & ناجی‌طیسی، س. (۱۳۹۹). بررسی ویژگی‌های اولئوزل تهیه شده به روش قالب‌گیری امولسیون پیکرینگ پایدار شده با ذرات جامد کمپلکس صمغ دانه ریحان و ایزوله پروتئین سویا به‌عنوان 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. Paterson, A. Fowler M. and Vieira, J. 2008. Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolate. *Journal of Food engineering*, 87:181-190. 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., & Öğütçü, M. (2014). Properties and Stability of Hazelnut Oil Organogels with Beeswax and Monoglyceride. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(6), 1007-1017. doi:<https://doi.org/10.1007/s11746-014-2434-1>
- 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>3\*</sup>, MohammadAli Hesarinejad<sup>4</sup>

- 1- PhD. Student, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Food Industry Machinery Design, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
- 3- Associate Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran
- \* Corresponding author (s.yeganehzad@rifst.ac.ir)
- 4- Assistant Professor, Department of Food Processing, Research Institute of Food Science and Technology, Mashhad, Iran

### Abstract

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

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